



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Μηχανικών  
Χωροταξίας, Πολεοδομίας &  
Περιφερειακής Ανάπτυξης

# Αυτόνομα Οδικά οχήματα, Επιπτώσεις και Απαιτήσεις για τις Υποδομές σε Αστικές Περιοχές

Όνομα Φοιτητή: Δουγαλής Παναγιώτης  
Επιβλέπων καθηγητής: Γαβανάς Νικόλαος

Φεβρουάριος, 2025

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ  
ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

Βεβαιώνω 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 ΤΜΧΠΠΑ και ότι στο πλαίσιο αυτού έχουν τηρηθεί όλοι οι κανόνες κατά την ακαδημαϊκή δεοντολογία, σχετικά με αναφορές, βιβλιογραφία, κλπ., τόσο από έντυπες όσο και από ηλεκτρονικές πηγές. Σε περίπτωση λογοκλοπής αποδέχομαι όλες ανεξαιρέτως τις ποινές που προβλέπουν οι εκάστοτε Κανονισμοί του ΠΘ ή και του ΤΜΧΠΠΑ.

Ο Δηλών  
Δουγαλής Παναγιώτης

# Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τα αυτόνομα οχήματα μέσα από μία πολυδιάστατη προσέγγιση αφού εστιάζει στην ιστορική τους αναδρομή, τα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματά τους, το θεσμικό τους πλαίσιο και τη διεθνή εμπειρία, ενώ επικεντρώνεται στις υποδομές που είναι αναγκαίες για την ομαλή λειτουργία τους στο οδικό δίκτυο. Δόθηκε έμφαση στη μελλοντική ενσωμάτωση των αυτόνομων οχημάτων στην πόλη του Βόλου στοχεύοντας στην αξιολόγηση της ευκολίας ή δυσκολίας ενός τέτοιου εγχειρήματος λαμβάνοντας υπόψιν τις ιδιαίτερες προϋποθέσεις και ανάγκες της αυτόνομης μετακίνησης.

Η έρευνα διεξήχθη με τη μέθοδο Delphi, ενώ χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια που διανεμήθηκαν σε 20 εμπειρογνώμονες εκ των οποίων οι 12 απάντησαν στον πρώτο γύρο και οι 10 στον δεύτερο. Το πρώτο ερωτηματολόγιο περιλάμβανε εννιά ερωτήσεις εκ των οποίων στις τέσσερις επήλθε ομοφωνία από τον πρώτο γύρο με ποσοστό  $\geq 50\%$  και τυπική απόκλιση  $\leq 1$ . Οι υπόλοιπες πέντε ερωτήσεις συμπεριλήφθηκαν στον επόμενο γύρο επιτρέποντας στους ειδικούς να αιτιολογήσουν την απάντησή τους.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τους δύο γύρους όσον αφορά τις επιλογές των συμμετεχόντων στις απαντήσεις τύπου Likert αναλύθηκαν με στατιστική ανάλυση, για την ποσοτική διατύπωση των απόψεων και για την επίτευξη συναίνεσης ανάμεσα στους ειδικούς. Επιπρόσθετα, θεματική ανάλυση εφαρμόστηκε στα δεδομένα που συλλέχθηκαν στον δεύτερο γύρο μέσω των αιτιολογήσεων των ειδικών για την ποιοτική κατανόηση των θεμάτων που προέκυψαν. Έτσι, το εγχείρημα της ένταξης των αυτόνομων οχημάτων στον Βόλο κρίθηκε με μία σχετική δυσκολία κυρίως λόγω της αναγκαιότητας αναβάθμισης των υποδομών της πόλης.

Λέξεις κλειδιά: Αυτόνομα Οχήματα, Επιπτώσεις και Απαιτήσεις στις Υποδομές, Μέθοδος Delphi, Μελέτη Περίπτωσης

# Abstract

This thesis examines autonomous vehicles through a multidimensional approach, focusing on their historical background, their disadvantages and advantages, their institutional framework and international experience, while focusing on the appropriate infrastructure for their correct operation on the road network. Emphasis was placed on the future integration of autonomous vehicles in the city of Volos, aiming to evaluate the feasibility or difficulty of such a project, considering the specific conditions and needs of autonomous mobility.

The survey was conducted using the Delphi method and questionnaires were used, distributed to 20 experts of which 12 responded in the first round and 10 in the second round. The first questionnaire included nine questions of which four reached consensus from the first round with a percentage of  $\geq 50\%$  and a standard deviation of  $\leq$ . The remaining five questions were included in the next round, allowing experts to justify their answer.

Data collected from the two rounds regarding participants' choices of Likert-scale responses were analyzed by statistical analysis to quantify opinions and to reach consensus among experts. In addition, thematic analysis was applied to the data collected in the second round through the experts' justifications for a qualitative understanding of the emerging themes. Thus, the project of integrating autonomous vehicles in Volos was considered relatively difficult mainly due to the need to upgrade the city's infrastructure.

Key words: Autonomous Vehicles, Impacts and Requirements on Infrastructure, Delphi Method, Case Study

### Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω την βαθιά μου ευγνωμοσύνη στον καθηγητή μου, Νικόλαο Γαβανά, για την καθοδήγηση, τη στήριξη και τις πολύτιμες γνώσεις που μοιράστηκε μαζί μου σε όλη τη διάρκεια αυτής της πορείας.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους γονείς μου, που με στήριξαν αδιάκοπα όλα αυτά τα χρόνια, παρά τις δυσκολίες, και στάθηκαν δίπλα μου με αγάπη και αυτοθυσία. Την αδερφή μου, για τη σταθερή της παρουσία και την ενθάρρυνση, και, τέλος, την κοπέλα μου Μάρω, που με υπομονή, κατανόηση και απεριόριστη στήριξη, ήταν δίπλα μου σε κάθε πρόκληση.

Σε όλους εσάς, αφιερώνω αυτή την προσπάθεια με ευγνωμοσύνη και αγάπη.

## Πίνακας Θεμάτων

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Εισαγωγή .....                                                                 | 10 |
| 1.1 Αντικείμενο και στόχοι της εργασίας .....                                     | 10 |
| 1.2 Δομή της εργασίας .....                                                       | 11 |
| 2. Μεθοδολογία .....                                                              | 13 |
| 2.1 Ερευνητική μέθοδος και Ερευνητικά Εργαλεία .....                              | 13 |
| 2.1.1 Ιστορική ανασκόπηση της Delphi .....                                        | 13 |
| 2.2.2 Η Delphi ως Μέθοδος Διαβούλευσης .....                                      | 15 |
| 2.2 Συλλογή και ανάλυση δεδομένων .....                                           | 15 |
| 2.3 Συμμετέχοντες .....                                                           | 18 |
| 2.4 Δυσκολίες και Περιορισμοί .....                                               | 18 |
| 3. Αυτόνομα Οδικά Οχήματα .....                                                   | 20 |
| 3.1 Ορισμός των Αυτόνομων Οδικών Οχημάτων .....                                   | 20 |
| 3.2 Ιστορική Ανασκόπηση των Αυτόνομων Οδικών Οχημάτων .....                       | 20 |
| 3.3 Δομή των Αυτόνομων Οδικών Οχημάτων .....                                      | 25 |
| 3.4 Επίπεδα Αυτοματοποιημένης Οδήγησης .....                                      | 26 |
| 3.5 Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών των Αυτόνομων Οδικών Οχημάτων .....               | 28 |
| 4. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της χρήσης των Αυτόνομων Οδικών Οχημάτων ..... | 34 |
| 4.1 Πλεονεκτήματα Χρήσης Αυτόνομων Οχημάτων .....                                 | 34 |
| 4.1.1 Ασφάλεια και ατυχήματα .....                                                | 34 |
| 4.1.2 Κυκλοφοριακή συμφόρηση και χωρητικότητα του οδικού δικτύου .....            | 35 |
| 4.1.3 Χρήσεις γης και επανασχεδιασμός της πόλης .....                             | 35 |
| 4.1.4 Αξία του χρόνου .....                                                       | 36 |
| 4.1.5 Περιβάλλον .....                                                            | 36 |
| 4.2 Μειονεκτήματα και Κίνδυνοι .....                                              | 41 |
| 5. Υποδομές των Αυτόνομων Οχημάτων .....                                          | 44 |
| 5.1 Φυσικές υποδομές και αυτόνομα οχήματα .....                                   | 47 |
| 5.2 Ψηφιακές υποδομές .....                                                       | 57 |
| 6. Θεσμικό πλαίσιο εφαρμογής – Διεθνής εμπειρία .....                             | 63 |
| 6.1 Ευρώπη .....                                                                  | 63 |
| 6.2 Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής .....                                             | 70 |
| 6.3 Ασία .....                                                                    | 71 |
| 6.4 Ρωσία .....                                                                   | 73 |
| 6.4 Ωκεανία .....                                                                 | 73 |
| 7. Μελέτη Περίπτωσης του Βόλου .....                                              | 75 |

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1 Περιγραφή της περιοχής μελέτης.....                        | 75  |
| 7.2 Μεθοδολογικό πλαίσιο .....                                 | 81  |
| 7.2.1 Δειγματοληψία.....                                       | 81  |
| 7.2.2 Ερευνητικός σχεδιασμός .....                             | 84  |
| 7.2.3 Μέθοδος συλλογής δεδομένων .....                         | 86  |
| 7.3 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων.....                              | 89  |
| 7.3.1 Στατιστική ανάλυση.....                                  | 89  |
| 7.3.2 Θεματική ανάλυση .....                                   | 90  |
| 7.4 Ανάλυση δεδομένων .....                                    | 92  |
| 7.4.1 Στατιστική ανάλυση του 'Α Γύρου Ερωτηματολογίου .....    | 92  |
| 7.4.2 Στατιστική ανάλυση του 'Β Γύρου Ερωτηματολογίου .....    | 99  |
| 7.4.3 Θεματική ανάλυση του 'Β Γύρου Ερωτηματολογίου .....      | 104 |
| 7.4.3.1 1 <sup>η</sup> Θεματική: Υποδομές Οδικού Δικτύου ..... | 104 |
| 7.4.3.2 2 <sup>η</sup> Θεματική: Υποδομές Τηλεπικοινωνιών..... | 112 |
| 7.4.3.3 3 <sup>η</sup> Θεματική: Υποδομές Ηλεκτροδότησης ..... | 115 |
| 7.4.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ανάλυσης .....                | 118 |
| 8. Συμπεράσματα .....                                          | 123 |
| 9. Βιβλιογραφία .....                                          | 126 |
| 10. Παραρτήματα.....                                           | 149 |
| 10.1 Ερωτηματολόγιο 'Α Γύρου .....                             | 149 |
| 10.2 Ερωτηματολόγιο 'Β Γύρου.....                              | 159 |
| 10.3 Απαντήσεις/Αιτιολογήσεις Ερωτηματολογίου 'Β Γύρου.....    | 164 |

## Κατάλογος Εικόνων

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Εικόνα 1 Σύστημα Διαχείρισης των Α.Ο. (Vishwakarma, 2019).....                                                            | 25 |
| Εικόνα 2. Επίπεδα αυτοματοποιημένης οδήγησης (Ahangar et al., 2021). ....                                                 | 27 |
| Εικόνα 3. Δομή συστήματος τηλεπικοινωνιών V2I (Stephens, Schroeder, and Klein, 2015)..                                    | 29 |
| Εικόνα 4. Το Cellular Vehicle-to-Everything (Alsudani and Ozturk, 2023) .....                                             | 31 |
| Εικόνα 5. Το Wi-Fi 802.11p (Alsudani and Ozturk, 2023).....                                                               | 31 |
| Εικόνα 6. Παράδειγμα ερώτησης από το Moral Machine πείραμα που σχετίζεται με το «το δίλλημα του τραίνου» (MIT, 2014)..... | 43 |
| Εικόνα 7. 13 στοιχεία των φυσικών οδικών υποδομών (Finn et al., 2017).....                                                | 48 |
| Εικόνα 8. Παγκόσμιες νομοθεσίες και δοκιμές στην τεχνολογία της αυτόματης οδήγησης (SyncedReview, 2018). ....             | 63 |
| Εικόνα 9. Αυτόνομα οχήματα: Επίπεδο αυτοματοποίησης ανά ευρωπαϊκή περιφέρεια (ioiki, 2023). ....                          | 64 |
| Εικόνα 10. Οι νομοθετικοί κανονισμοί για τα αυτόνομα οχήματα στις ΗΠΑ (KLRD, 2023).....                                   | 71 |
| Εικόνα 11. Γεωμορφολογικός Χάρτης Ν. Μαγνησίας (Τερκενλή and Ζούρος, 2004).....                                           | 75 |
| Εικόνα 12. Δίκτυο εξυπηρέτησης του Αστικού ΚΤΕΛ στον Βόλο (Σαββελίδη, 2024). ....                                         | 79 |
| Εικόνα 13. Στάδια της έρευνας.....                                                                                        | 84 |

## Κατάλογος Πινάκων

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Πίνακας 1. Τα έξι στάδια της θεματικής ανάλυσης (Braun and Clarke, 2006).                | 17  |
| Πίνακας 2. Τεχνολογικές εξελίξεις ανά εταιρεία (Pan et al., 2024).                       | 24  |
| Πίνακας 3. Επίπεδα αυτοματισμού της SAE (SAE, 2021).                                     | 27  |
| Πίνακας 4. Προφίλ συμμετεχόντων                                                          | 82  |
| Πίνακας 5. 1 <sup>ος</sup> Θεματικός Άξονας-Υποδομές Οδικού Δικτύου.                     | 87  |
| Πίνακας 6. 2 <sup>ος</sup> Θεματικός Άξονας Υποδομές Τηλεπικοινωνιών.                    | 87  |
| Πίνακας 7. 3 <sup>ος</sup> Θεματικός Άξονας-Υποδομές Ηλεκτροδότησης.                     | 88  |
| Πίνακας 8. Δημιουργία του «θεματικού χάρτη».                                             | 91  |
| Πίνακας 9. Θέμα Α Υποδομές Οδικού Δικτύου.                                               | 91  |
| Πίνακας 10. Θέμα Β Υποδομές Τηλεπικοινωνιών.                                             | 92  |
| Πίνακας 11. Θέμα Γ Υποδομές Ηλεκτροδότησης.                                              | 92  |
| Πίνακας 12. Ερώτηση 1- Στατιστική ανάλυση                                                | 93  |
| Πίνακας 13. Ερώτηση 2- Στατιστική ανάλυση                                                | 94  |
| Πίνακας 14. Ερώτηση 3- Στατιστική ανάλυση                                                | 94  |
| Πίνακας 15. Ερώτηση 4- Στατιστική ανάλυση                                                | 95  |
| Πίνακας 16. Ερώτηση 5- Στατιστική ανάλυση                                                | 96  |
| Πίνακας 17. Ερώτηση 6- Στατιστική ανάλυση                                                | 97  |
| Πίνακας 18. Ερώτηση 7- Στατιστική ανάλυση                                                | 97  |
| Πίνακας 19. Ερώτηση 8- Στατιστική ανάλυση                                                | 98  |
| Πίνακας 20. Ερώτηση 9- Στατιστική ανάλυση                                                | 99  |
| Πίνακας 21. 2 <sup>ος</sup> Γύρος- Ερώτηση 1                                             | 100 |
| Πίνακας 22. 2 <sup>ος</sup> Γύρος- Ερώτηση 2                                             | 101 |
| Πίνακας 23. 2 <sup>ος</sup> Γύρος- Ερώτηση 3                                             | 101 |
| Πίνακας 24. 2 <sup>ος</sup> Γύρος- Ερώτηση 4                                             | 102 |
| Πίνακας 25. 2 <sup>ος</sup> Γύρος- Ερώτηση 5                                             | 103 |
| Πίνακας 26. Α1 Σταθμοί επιβίβασης & αποβίβασης για ανθρώπους με κινητικές ιδιαιτερότητες | 105 |
| Πίνακας 27. Α2 Προοπτικές αναβάθμισης του οδικού δικτύου                                 | 108 |
| Πίνακας 28. Α3 Ενσωμάτωση των Α.Ο. στο σύστημα Δ.Σ.                                      | 110 |
| Πίνακας 29. Β1 Αναβάθμιση & εκσυγχρονισμό των υποδομών τηλεπικοινωνιών                   | 113 |
| Πίνακας 30. Γ1 Αναβάθμιση δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας                                   | 116 |
| Πίνακας 31. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης Α και Β Γύρου                | 119 |
| Πίνακας 32. Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων των θεμάτων της θεματικής ανάλυσης  | 120 |

# Αυτόνομα Οδικά Οχήματα, Επιπτώσεις και Απαιτήσεις για τις Υποδομές σε Αστικές Περιοχές

## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Αντικείμενο και στόχοι της εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η λεπτομερής εξέταση της νέας πραγματικότητας που δημιουργείται λόγω της ένταξης των αυτόνομων οδικών οχημάτων στο αστικό οδικό δίκτυο. Είναι σημαντικό να μελετηθούν διεξοδικώς οι επιπτώσεις της χρήσης των αυτόνομων οχημάτων (Α.Ο.) αλλά και οι απαιτήσεις που προκύπτουν όσον αφορά τις υποδομές στα αστικά κέντρα, και στην συγκεκριμένη περίπτωση, τον Βόλο.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η πολύπλευρη διερεύνηση του θέματος μέσω της διεξαγωγής μεικτής μεθόδους έρευνας με σκοπό την κάλυψη των υπάρχοντων κενών στην βιβλιογραφία και την εξαγωγή νέων στοιχείων για την υποστήριξη του σχεδιασμού. Η συγκεκριμένη έρευνα σκοπεύει στην ολιστική διερεύνηση του θέματος αναλύοντας τις ποικίλες πτυχές του μέσω των πολύπλευρων ερευνητικών ερωτημάτων που αναλύονται παρακάτω:

- Ποιες είναι οι δυσκολίες στον σχεδιασμό των κατάλληλων υποδομών στο οδικό δίκτυο για την κυκλοφορία των αυτόνομων οχημάτων;

Αυτό το βασικό ερώτημα επιτρέπει την διαμόρφωση πολλαπλών υπό-ερωτημάτων:

- 1) Ποιες είναι οι δυσκολίες στον σχεδιασμό των κατάλληλων υποδομών στους σταθμούς/θέσεις επιβίβασης των αυτόνομων οχημάτων;
- 2) Ποιες είναι οι δυσκολίες στον σχεδιασμό των κατάλληλων υποδομών στους διαδρόμους κίνησης των αυτόνομων οχημάτων;

- Ποιες είναι οι δυσκολίες στην ενσωμάτωση των αυτόνομων οχημάτων Δημόσιων Συγκοινωνιών (ΔΣ);

Παρόμοια με το 1ο ερευνητικό ερώτημα, το 2ο ερευνητικό ερώτημα επιτρέπει περαιτέρω ανάλυση:

- 1) Ποια είναι τα προβλήματα στον ανασχεδιασμό των υποδομών ΔΣ μιας πόλης;
- 2) Ποια είναι τα προβλήματα στην ενσωμάτωση των αυτόνομων οχημάτων στο Σύστημα Μέσων Μεταφοράς (MMM);

- Ποια μέτρα θα πρέπει να παρθούν στην αναδιοργάνωση του χώρου της πόλης για να υποστηριχθεί η χρήση αυτόνομων οχημάτων;

- Ποιες αλλαγές θα πρέπει να γίνουν στις υποδομές του οδικού δικτύου όσον αφορά:
  - 1) Το δίκτυο τηλεπικοινωνιών προκειμένου να υπάρχει ανταλλαγή δεδομένων των οχημάτων και των αισθητήρων μεταξύ τους;
  - 2) Τις νέες ανάγκες ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της αυξημένης χρήσης των ηλεκτροκίνητων αυτόνομων οχημάτων;
- Με ποιον τρόπο θα επιτευχθεί η ομαλή συνύπαρξη οχημάτων διάφορων επιπέδων αυτοματοποιημένης οδήγησης;
- Πώς θα διασφαλιστεί η μη χρήση των αυτόνομων οχημάτων για παράνομους σκοπούς;

## 1.2 Δομή της εργασίας

Η εισαγωγή στο αντικείμενο, τους στόχους, την μεθοδολογία και τη δομή της εργασίας γίνεται στο πρώτο εισαγωγικό κεφάλαιο.

Ακολουθεί η περιγραφή της μεθοδολογίας της έρευνας. Συγκεκριμένα, περιγράφεται η ερευνητική μέθοδος που επιλέχθηκε ώστε να διερευνηθούν διεξοδικά τα ερευνητικά ερωτήματα. Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος Delphi έχει εφαρμοστεί με σκοπό τη σύγκλιση απόψεων ειδικών επί του θέματος.

Έπειτα, ακολουθεί η ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας σχετικά με τις ανάγκες και απαιτήσεις των υποδομών για την χρήση Α.Ο.. Επιπλέον, γίνεται συσχετισμός των δεδομένων που προκύπτουν από την έρευνα όσον αφορά την πόλη του Βόλου με τα δεδομένα των βιβλιογραφικών αναφορών που αναλύθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια της εργασίας.

Στα κεφάλαια 3, 4, 5, και 6 με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία, αναλύονται διεξοδικά οι όροι που αφορούν την συγκεκριμένη διπλωματική εργασία. Πιο αναλυτικά, στο κεφάλαιο 3 γίνεται βιβλιογραφική αναφορά των αυτόνομων οδικών οχημάτων δίνοντας τον ορισμό τους, την ιστορική ανασκόπηση και τις τεχνολογίες τηλεπικοινωνιών τους.

Στο κεφάλαιο 4 γίνεται διεθνή ανασκόπηση των εφαρμογών και πρακτικών χρήσης των αυτόνομων οχημάτων. Έμφαση δίνεται στις υποδομές που είναι αναγκαίες για την ομαλή χρήση και λειτουργία των Α.Ο. με σκοπό τον συσχετισμό τους με την μελέτη περίπτωσης της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, τον Βόλο.

Στο κεφάλαιο 5 περιγράφονται τα πλεονεκτήματα της χρήσης των αυτόνομων οδικών οχημάτων. Σύμφωνα με επιστημονικές δημοσιεύσεις, ο θετικός τους αντίκτυπος είναι πολύπλευρος, ξεκινώντας με την οδική ασφάλεια των επιβατών, των πεζών αλλά και των υπόλοιπων οχημάτων του οδικού δικτύου. Έπειτα γίνεται αναφορά στα κοινωνικά-οικονομικά και βέβαια περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από την χρήση των Α.Ο.. Για να διερευνηθεί

ολιστικά το θέμα, είναι σημαντικό να συζητηθούν και τα μειονεκτήματα ή και πιθανοί κίνδυνοι της χρήσης Α.Ο..

Στο κεφάλαιο 6 περιγράφονται λεπτομερώς τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των δικτύων των Α.Ο. όσον αφορά την οδική υποδομή και το περιβάλλον της οδού. Έτσι προκύπτουν οι ανάγκες αναπροσαρμογής των υφιστάμενων υποδομών αλλά και η δημιουργία νέων. Για την αναδιοργάνωση του χώρου, είναι σημαντικό να διερευνηθεί η προσαρμογή και ο σχεδιασμός του οδικού δικτύου σε δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους.

Η διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με τα συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα που περιγράφονται στο κεφάλαιο 7.

## 2. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία της διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνει την βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικών ορολογιών, με σκοπό την αποσαφήνισή τους και την περιγραφή τους. Η αναζήτηση και η συλλογή πληροφοριών για την ιστορική αναδρομή των αυτόνομων οχημάτων, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των Α.Ο. και του περιβάλλοντός τους, επιτρέπει στον ερευνητή να διερευνήσει τον συσχετισμό τους με τα αποτελέσματα της έρευνάς του. Επομένως, εφαρμόστηκε ένας συνδυασμός βιβλιογραφικής ανασκόπησης ορολογιών με την χρήση της μεικτής μεθόδου έρευνας Delphi.

Έχοντας πραγματοποιήσει βιβλιογραφική ανασκόπηση, είναι σκόπιμο να γίνει αναφορά στην εφαρμογή της Delphi. Η Delphi, ως μεικτή μέθοδος έρευνας, απαντά στα ερωτήματα της εργασίας που αφορούν πιθανές δυσκολίες α) στο σχεδιασμό των υποδομών και β) στην ενσωμάτωση των Α.Ο. στο σύστημα Δημόσιων Συγκοινωνιών αλλά και στο οδικό δίκτυο γενικότερα. Για την απάντηση των παραπάνω ερωτημάτων αξιοποιήθηκαν οι υπάρχουσες βιβλιογραφικές πηγές, οι οποίες συνδυάστηκαν με τις απαντήσεις, που συλλέχθηκαν μέσω των ερωτηματολογίων. Τα δεδομένα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και της Delphi τοποθετήθηκαν έπειτα σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο αυτό της μελέτης περίπτωσης του Βόλου.

### 2.1 Ερευνητική μέθοδος και Ερευνητικά Εργαλεία

#### 2.1.1 Ιστορική ανασκόπηση της Delphi

Η μεθοδολογία Delphi χρησιμοποιήθηκε αρχικά στο "Project Delphi", μία έρευνα που διεξάχθηκε κατά τη διάρκεια του Ψυχρού Πολέμου από την RAND Corporation, με σκοπό να διερευνηθεί η ανθεκτικότητα πιθανών αμερικάνικων βιομηχανικών στόχων απέναντι στα σοβιετικά πυρομαχικά (Dalkey and Helmer, 1963). Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιήθηκε ώστε να επιτευχθεί αξιόπιστη σύγκλιση απόψεων ενός αριθμού εμπειρογνομόνων μέσω ερωτηματολογίων. Η διαδικασία της διεξαγωγής της Delphi εξελίσσεται με την ακολουθία επαναλαμβανόμενων γύρων ερωτηματολογίων σε συνδυασμό με συνεχή ανατροφοδότηση των συμμετεχόντων από τον ερευνητή (Dalkey and Helmer, 1963). Είναι σύνηθες η Delphi να περιλαμβάνει τουλάχιστον δύο γύρους ερωτηματολογίων, εκ των οποίων ο πρώτος, γνωστός και ως "διερευνητική φάση", εμπεριέχει πιο γενικές και ανοιχτού-τύπου ερωτήσεις (Ziglio, 1995, p.9). Οι επακόλουθοι γύροι αποτελούν μέρος της "φάσης αξιολόγησης", οι οποίοι βασίζονται στους προηγούμενους και χρησιμοποιούνται για την αναδιαμόρφωση των ερωτηματολογίων που ακολουθούν (Ziglio, 1995). Τα ερευνητικά εργαλεία της Delphi παραδοσιακά είναι τα ερωτηματολόγια, τα οποία είναι τελείως ανώνυμα. Η ανωνυμία επιτρέπει στους ερωτηθέντες να απαντούν με ειλικρίνεια χωρίς τον φόβο να επηρεαστούν οι απόψεις από σχέσεις εξουσίας ή διαπροσωπικές σχέσεις (Bolger and Wright, 1994). Η μορφή των

ερωτήσεων, ανοιχτού- και κλειστού-τύπου, διαφέρει ανάλογα τις υπάρχουσες πληροφορίες για το εκάστοτε θέμα (Skulmoski, Hartman and Kran, 2007). Συνοψίζοντας τα βασικά στοιχεία της μεθόδου Delphi αποτελούν η διατήρηση της ανωνυμίας των συμμετεχόντων, η στατιστική ανάλυση των δεδομένων, ο έλεγχος της ανατροφοδότησης και η επανάληψη της διαδικασίας (Hwang and Lin, 2012).

Έκτοτε, η μέθοδος Delphi έχει χρησιμοποιηθεί για την διεξαγωγή έρευνας σε ποικίλους κλάδους, όπως ο γάμος και η οικογενειακή συμβουλευτική θεραπεία (Blow and Sprenkle, 2001), τα συστήματα πληροφοριών (Okoli and Pawlowski, 2004), η διαχείριση έργων (Chan *et al.*, 2001) και πιθανόν πιο συχνά η έρευνα για θέματα υγείας. Με το πέρασμα του χρόνου η Delphi έχει τροποποιηθεί, ώστε να εξυπηρετεί την έρευνα σε ποικίλους κλάδους. Για τον λόγο αυτό, ο όρος “προσέγγιση” θεωρείται καταλληλότερος απ’ τον όρο “μέθοδος” για να χαρακτηρίσουμε την Delphi (Mead and Moseley, 2001). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η Delphi μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις τύπους: (α) την κλασσική Delphi, η οποία ακολουθεί τη δομή της αρχικής έρευνας RAND και συχνά έχει σκοπό να ταξινομήσει με ιεραρχική σειρά ζητήματα και να βρει λύσεις, (β) την real-time Delphi, κατά την οποία πολλοί γύροι ερωτηματολογίων συγκεντρώνονται ώστε να προκύψει σύγκλιση απόψεων, και (γ) την πολιτική Delphi, η οποία δημιουργεί ένα πλαίσιο όπου απόψεις και ιδέες παρουσιάζονται στους φορείς λήψης αποφάσεων, οι οποίοι εν τέλει επιλέγουν την λύση από μία σειρά επιλογών (de Villiers, de Villiers and Kent, 2005).

Η υπάρχουσα βιβλιογραφία έχει περιγράψει τις στρατηγικές, τα πλεονεκτήματα, και τα μειονεκτήματα της χρήσης της Delphi (Adler and Ziglio, 1995; Powell, 2003; Keeney, Hasson and McKenna, 2006). Ορισμένοι υποστηρίζουν, ότι η Delphi προωθεί την ομοφωνία αδιαφορώντας για πιθανές διαφωτιστικές πληροφορίες που προκύπτουν από εναλλακτικές ή και λιγότερο δημοφιλείς απόψεις (Goodman, 1987). Ωστόσο, βασικό πλεονέκτημα της Delphi είναι ότι, επειδή οι συμμετέχοντες μπορούν να πάρουν μέρος στην έρευνα ατομικά, μπορούν να έρθουν σε “επαφή” ειδικοί από διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες διατηρώντας την ανωνυμία τους (Linstone and Turoff, 1975). Μολονότι, η ανωνυμία μπορεί να μειώσει την υπευθυνότητα της κρίσης (Sackman, 1974), ταυτόχρονα απομακρύνει την επιρροή των σχέσεων εξουσίας και της κυρίαρχης άποψης ενός ατόμου ή κλάδου (Fletcher and Marchildon, 2014).

Η Delphi έχει σχεδιαστεί για πρακτικές έρευνες που αποσκοπούν στην ενημέρωση των πρακτικών, σύμφωνα με τον πραγματισμό του Dewey (Dalkey and Helmer, 1963). Επιπλέον, τα ζητήματα των μελετών που εφαρμόζουν την συγκεκριμένη μέθοδο αφορούν άμεσα τους φορείς που είναι υπεύθυνοι για τις πρακτικές, τις στρατηγικές και τις διαδικασίες λήψης

απόφασης (Dietz, 1987). Επομένως, ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας να συλλέξει πληροφορίες σχετικά με την χρήση των αυτόνομων οχημάτων στον Βόλο σκοπεύοντας να αξιοποιηθούν τα δεδομένα για περαιτέρω έρευνα ή και λήψη αποφάσεων σχετικά με το θέμα, οδήγησε τον ερευνητή στην επιλογή της χρήσης της Delphi.

### 2.2.2 Η Delphi ως Μέθοδος Διαβούλευσης

Η διαδικασία λήψης συναινετικών αποφάσεων αφορά την αναζήτηση μιας λογικής ομοφωνίας ανάμεσα στους λήπτες αποφάσεων, οι οποίοι έχουν επεξεργαστεί το σύνολο των εναλλακτικών λύσεων, με σκοπό την επιλογή της εναλλακτικής λύσης που πληροί όλα τα κριτήρια (Herrera-Viedma, *et al.*, 2005). Η διαδικασία που ακολουθείται ώστε να επιτευχθεί συμφωνία ορισμένου βαθμού ανάμεσα στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων αναφέρεται ως «οικοδόμηση συναίνεσης» και είναι μια πολύπλοκη διαδικασία γεμάτη προκλήσεις (Muralidharan, Anantharaman and Deshmukh, 2002). Η πολυπλοκότητά της έγκειται στην υποκειμενικότητα των απόψεων ή εκτιμήσεων των συμμετεχόντων (Ben-Arieh and Chen, 2006).

Κατά των Bousset κ.ά. (2005) η Delphi ανήκει στις διαβουλευτικές μεθόδους με στόχο την σύγκλιση απόψεων. Το Διαβουλευτικό Μοντέλο (Consultation) βασίζεται στην συναίνεση, την επίτευξη ενός ορισμένου βαθμού συμφωνίας. Έτσι ορίζει ότι οι συμμετέχοντες στη διαδικασία λήψης αποφάσεων έχουν συμβουλευτικό ρόλο ώστε να επιτευχθεί ένας κοινός στόχος με βασική προϋπόθεση την σύγκλιση απόψεων (Bousset, MacOmbe and Taverne, 2005). Για να καθοριστεί η συναίνεση απαιτούνται σύνθετοι μαθηματικοί υπολογισμοί (Wibowo and Deng, 2013). Τα χαρακτηριστικά της διαβούλευσης τα οποία συνάδουν με την Delphi είναι η εξασφάλιση της ελευθερίας της έκφρασης και της ισοτιμίας ανάμεσα στους συμμετέχοντες, η τεκμηρίωση των απόψεων μέσω λογικών επιχειρημάτων και η επιδίωξη σύγκλισης απόψεων. Επιπλέον, η εφαρμογή της Delphi καλύπτει ένα μεγάλο φάσμα τομέων καθώς τα θέματα που μπορεί να επεξεργαστεί τόσο με στόχο την πρόβλεψη όσο και την ανάλυση πολιτικής είναι ποικίλα.

## 2.2 Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Η συλλογή δεδομένων ακολουθώντας τη μέθοδο Delphi γίνεται μέσω ερωτηματολογίων. Η χρήση ερωτηματολογίων δίνει στον ερευνητή τη δυνατότητα να ορίσει ένα κοινό σημείο προέλευσης των ιδεών περιορίζοντας τις ποικίλες κατευθύνσεις που μπορεί να προκύψουν από έναν ανοιχτό διάλογο. Ο περιορισμός του θέματος στηρίζεται στην ικανότητα του ερευνητή να αναγνωρίσει και να προσδιορίσει τα θεμελιώδη ζητήματα του εκάστοτε θέματος (Simmonds, 1977). Η παρούσα έρευνα ολοκληρώθηκε σε δύο φάσεις ερωτηματολογίων. Τα ερωτηματολόγια, που χρησιμοποιήθηκαν, αποτελούνταν από εννιά ερωτήσεις κλειστού τύπου,

στις οποίες δεν τροποποιήθηκε το περιεχόμενο των ερωτήσεων κατά τη διάρκεια των γύρων αλλά μειώθηκε ο αριθμός τους στις πέντε καθώς επιτεύχθηκε ομοφωνία από το πρώτο γύρο. Επιπλέον, οι αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στη δεύτερη φάση αφορούσαν την δυνατότητα τεκμηρίωσης της εκάστοτε επιλογής, ενώ παράλληλα παρουσιάζονταν σε μορφή πίτας οι απαντήσεις του προηγούμενου γύρου. Το περιεχόμενο των ερωτηματολογίων και οι απαντήσεις των συμμετεχόντων θα παρουσιαστούν αναλυτικά στο κεφάλαιο 7.

Οι ερωτήσεις διαμορφώθηκαν με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα και οι πιθανές απαντήσεις διαμορφώθηκαν με την κλίμακα Likert 4. Η κλίμακα Likert είναι μία κλίμακα εκτίμησης απόψεων και τοποθετείται κάτω από τον όρο τακτική κλίμακα (Arnold, McCroskey and Prichard, 1967). Οι κλίμακες τεσσάρων σημείων χρησιμοποιούνται όταν οι ερευνητές επιθυμούν να αποφύγουν την “ουδέτερη” στάση (Campbell *et al.*, 2018). Οι ερευνητές που έχουν εφαρμόσει τη μέθοδο Delphi δεν έχουν συμφωνήσει σε ένα ποσοστό σύγκλισης ως το πιο ορθό. Ορισμένοι έχουν ορίσει ότι τουλάχιστον το 70% των ερωτηθέντων θα πρέπει να συμφωνούν για να θεωρηθεί πως έχει επέλθει σύγκλιση απόψεων (Green, 1982), ενώ άλλοι αναφέρουν ότι η χρήση ποσοστού σύγκλισης δεν είναι επαρκής (Scheibe, Skutsch and Schofer, 1975). Λαμβάνοντας υπόψιν του το μεγάλο εύρος αποδεκτού ποσοστού σύγκλισης (Jünger *et al.*, 2017), ο ερευνητής όρισε ως επαρκές το  $\geq 50\%$ , δεδομένης της εφαρμογής τριγωνοποίησης για την ανάλυση των απαντήσεων.

Η Delphi χαρακτηρίστηκε μεικτή μέθοδος καθώς για την ανάλυση των δεδομένων εφαρμόστηκε ένας συνδυασμός αυτής της στατιστικής και της θεματικής ανάλυσης. Στο τομέα της έρευνας η “τριγωνοποίηση” δίνει την δυνατότητα στον ερευνητή να εξετάσει το εκάστοτε φαινόμενο από διαφορετικές γωνίες ή χρησιμοποιώντας ποικίλες μεθόδους που προσδίδει μεγαλύτερη εγκυρότητα και αξιοπιστία στην έρευνα (Heale and Forbes, 2013). Στη συγκεκριμένη μελέτη ο ερευνητής χρησιμοποίησε δύο μεθόδους ανάλυσης δεδομένων: την στατιστική ανάλυση, η οποία επιτρέπει την αντικειμενική μέτρηση των απαντήσεων και την θεματική ανάλυση, η οποία εφαρμόστηκε στην δεύτερη φάση των ερωτηματολογίων όπου οι συμμετέχοντες καλέστηκαν να τεκμηριώσουν τις απαντήσεις τους.

Βασικό στοιχείο της Delphi είναι η συναίνεση, για την διερεύνηση του σχηματισμού της συναίνεσης στην παρούσα εργασία ο ερευνητής εφάρμοσε στατιστική ανάλυση με βάση τη συνάρτηση του Cook & Seiford. Οι Cook & Seiford (1978) μελέτησαν το ζήτημα στο συνδυασμό προτιμήσεων με σκοπό τη συναίνεση. Έτσι, δημιούργησαν μία αξιωματική δομή, η οποία αφορά την έννοια της απόστασης ανάμεσα στις ταξινομήσεις των προτιμήσεων, επιβεβαιώνοντας την μοναδικότητα του μέτρου απόστασης. Ως συναίνεση ορίστηκε η διάμεση κατάταξη, που σε περίπτωση πλήρους κατάταξης μπορεί να προσδιοριστεί με την λύση ενός συγκεκριμένου

προβλήματος ανάθεσης ευρέως διαδεδομένο ως «Cook & Seiford συνάρτηση» (Cook and Seiford, 1978). Λίγο αργότερα οι ίδιοι, ερευνώντας τη μέθοδο Borda-Kendall, η οποία σε περίπτωση ισοπαλίας δεν εφαρμόζονταν με τον τρόπο που ισχυριζόταν, ανέπτυξαν μία μέθοδο «ελάχιστης διακύμανσης» για να προσδιοριστεί η συναινετική κατάταξη και να εξεταστούν οι ιδιότητες της (Cook and Seiford, 1982).

Έχοντας ολοκληρώσει τη στατιστική ανάλυση, ο ερευνητής προχωρά στην θεματική ανάλυση, την επιστημονική δηλαδή μέθοδο που αποσκοπεί στην διερεύνηση των θεμάτων ή μοτίβων νοήματος στα δεδομένα της μελέτης. Η θεματική ανάλυση στηρίζεται στη «θεματοποίηση» των δεδομένων σε επαναλαμβανόμενα νοηματικά μοτίβα, τα οποία στην θεματική ανάλυση ονομάζονται θέματα (Ίσαρη and Πουρκός, 2015). Τα τρία βασικά στοιχεία της είναι ο κωδικός, η λέξη ή φράση που αντιπροσωπεύει μία ιδέα, η κατηγορία που αφορά μία ομάδα κωδικών που έχουν κοινή θεματολογία και το θέμα που είναι ο γενικότερος όρος για να κατηγοριοποιηθούν οι κωδικοί εφόσον συνδέονται νοηματικά. Το θέμα είναι συνδεδεμένο με τα ερευνητικά ερωτήματα και αντιπροσωπεύει έως κάποιο επίπεδο ένα μοντέλο απαντήσεων ή νοήματος που υπάρχει σε ολόκληρο το σύνολο των δεδομένων (Braun and Clarke, 2006). Επιπρόσθετα, μπορούν να διερευνηθούν τυχόν ομοιότητες και διαφορές δημιουργώντας περαιτέρω πληροφορίες για τα δεδομένα (Braun and Clarke, 2012). Η θεματική έρευνα έχει δεχτεί κριτική λόγω της ελλιπής σαφήνειας και ανεπαρκούς λεπτομέρειας στην εφαρμογή της. Τα θέματα ωστόσο προκύπτουν μέσα από μία λεπτομερή κωδικοποίηση, η οποία είναι αποτέλεσμα της ενεργής και δημιουργικής εμπλοκής του ερευνητή με τα δεδομένα (Τσιώλης, 2016) και μπορεί να χωριστεί σε έξι φάσεις βάσει των Braun & Clarke (2006) (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Τα έξι στάδια της θεματικής ανάλυσης (Braun and Clarke, 2006).

| Φάση                                           | Περιγραφή                                                                                    |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Φάση 1</b><br>Εξοικείωση με τα δεδομένα     | Κριτική και αναλυτική ανάγνωση των δεδομένων<br>Καταγραφή σημειώσεων σημαντικών λεπτομερειών |
| <b>Φάση 2</b><br>Δημιουργία αρχικών κωδικών    | Δημιουργία κωδικών με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα                                           |
| <b>Φάση 3</b><br>Αναζήτηση κατηγοριών          | Κατηγοριοποίηση των κωδικών σε ομάδες βάσει των κοινών τους χαρακτηριστικών                  |
| <b>Φάση 4</b><br>Αξιολόγηση πιθανών κατηγοριών | Εξέταση των κατηγοριών ώστε να αντικατοπτρίζουν το σύνολο των δεδομένων                      |

|                                                |                                                                                                          |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Φάση 5</b><br>Ορισμός και αναζήτηση θεμάτων | Ορισμός των θεμάτων που αντιπροσωπεύουν τα ερευνητικά ερωτήματα και ομαδοποίηση των κατηγοριών σε θέματα |
| <b>Φάση 6</b><br>Παραγωγή της έκθεσης          | Παραγωγή μιας αναλυτικής έκθεσης των δεδομένων επιχειρηματολογώντας βάση των ερευνητικών ερωτημάτων      |

### 2.3 Συμμετέχοντες

Οι ερωτηθέντες επιλέγονται βάση των γνώσεων και των εμπειριών τους στο θέμα που διερευνάται και συχνά αποκαλούνται συμμετέχοντες (Julsrud and Uteng-Priya, 2015). Η υψηλή εκπαίδευση και ενασχόληση με τον εξειδικευμένο τομέα γνώσεων που αφορά το θέμα-στόχο της έρευνας αποτελεί βασική προϋπόθεση επιλογής τους από τον ερευνητή (Hsu and Sandford, 2007). Πέρα από το γνωστικό και εμπειρικό υπόβαθρο σημαντικός παράγοντας είναι η προθυμία των ειδικών να αναθεωρήσουν τις πρωταρχικές τους ιδέες με στόχο την επίτευξη συναίνεσης (Gkelameris, 2019). Ο αριθμός των συμμετεχόντων δεν είναι συγκεκριμένος και βασίζεται στο θέμα της έρευνας και τον χρόνο διεξαγωγής της (van Zolingen and Klaassen, 2003). Είναι επιθυμητό, ο τομέας εξειδίκευσης των ερωτηθέντων να είναι ποικίλος ώστε να δημιουργούν μία ετερογενή ομάδα (Powell, 2003). Μία από τις πιο σημαντικές φάσεις της Delphi είναι αυτή της επιλογής των κατάλληλων υποψήφιων μελών για την ομάδα καθώς η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της έρευνας εξαρτάται άμεσα από τις γνώσεις των συμμετεχόντων (Powell, 2003).

Οι βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με τον κατάλληλο αριθμό συμμετεχόντων στη Delphi ποικίλει. Ορισμένοι υποστηρίζουν ότι έξι έως δώδεκα ερωτηθέντες είναι ο ιδανικός αριθμός (Hogarth, 1978), ενώ όταν επικρατεί ποικιλομορφία στο πεδίο ενασχόλησης των συμμετεχόντων ο αριθμός αυτός διαμορφώνεται στους πέντε έως δέκα (Clayton, 1997). Ταυτοχρόνως, άλλοι ερευνητές αρκούνται σε λιγότερο από δέκα συμμετέχοντες (Strasser, London and Kortenboud, 2005) και άλλοι συμπεριλαμβάνουν στην έρευνά τους περισσότερο από εκατό (Babbie, 2002).

### 2.4 Δυσκολίες και Περιορισμοί

Βασική δυσκολία στην διεξαγωγή της παρούσας έρευνας ήταν ο εντοπισμός των κατάλληλων συμμετεχόντων με σκοπό να παρουσιαστούν αξιόπιστα δεδομένα. Επομένως, η αναζήτηση μηχανικών (α) εκπαιδευμένων σε θέματα συγκοινωνιών, (β) με εμπειρία στην έρευνα και μελέτη της περιοχής του Βόλου, και (γ) διαθέσιμο χρόνο για να συμμετέχουν στην έρευνα, αποτέλεσε σημαντική δυσκολία. Επιπρόσθετα, η έλλειψη προηγούμενων ερευνών με παρόμοια

θεματολογία, που να ερευνά την πόλη του Βόλου, στάθηκε εμπόδιο. Η απουσία δεδομένων και πληροφοριών βασισμένων σε μελέτες σχετικά με τη χρήση των Α.Ο. στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στο Βόλο, οδήγησε τον ερευνητή σε αναζήτηση ξένων πηγών με σκοπό τη σύγκριση και αναμόρφωσή τους ώστε να συμπληρώσουν τα αποτελέσματα της έρευνάς του.

## 3. Αυτόνομα Οδικά Οχήματα

### 3.1 Ορισμός των Αυτόνομων Οδικών Οχημάτων

Παγκοσμίως καταναλωτές δείχνουν ενδιαφέρον σχετικά με την εμφάνιση αυτόνομων οδικών οχημάτων διαθέσιμων για το κοινό. Ένα αυτόνομο όχημα είναι σε θέση να λειτουργήσει χωρίς τον ανθρώπινο έλεγχο και δεν προϋποθέτει παρέμβαση από αυτόν (Bimbraw, 2015). Ερευνητές έχουν δηλώσει ότι τα σύγχρονα αυτόνομα οχήματα μπορούν να αντιληφθούν το περιβάλλον τους, να αναγνωρίσουν και να διαχωρίσουν διαφόρων ειδών αντικείμενα που συναντούν, και να μεταφράσουν αισθητηριακές πληροφορίες, ώστε να επιλέξουν τη καταλληλότερη διαδρομή πλοήγησης τηρώντας τον κώδικα οδικής κυκλοφορίας (Bimbraw, 2015). Συνοψίζοντας, τα αυτόνομα οδικά οχήματα είναι φορητά ρομπότ τα οποία ακολουθούν σημάνσεις ή καλώδια στο έδαφος, μαγνήτες, ή lasers για την πλοήγησή τους (Vishwakarma, 2019).

### 3.2 Ιστορική Ανασκόπηση των Αυτόνομων Οδικών Οχημάτων

Έχοντας αναφερθεί στον ορισμό των αυτόνομων οδικών οχημάτων είναι σημαντικό να πραγματοποιηθεί μία επισκόπηση της εξέλιξης των Α.Ο. τον περασμένο και τον τρέχοντα αιώνα σύμφωνα με τον Bimbraw (2015).

Ουσιαστικά βήματα προς την αυτόματη οδήγηση, όπως τη γνωρίζουμε σήμερα, πραγματοποιήθηκαν τη δεκαετία του 80 από την Mercedes-Benz, η οποία κυκλοφόρησε ένα ρομποτικό βαν κατευθυνόμενο μέσω εικόνων, από τότε έχει δοθεί έμφαση στη χρήση LIDAR, Radar και GPS. Όμως ήδη από το 1925 εμφανίστηκε το πρώτο όχημα με λειτουργία ασύρματου ελέγχου ονόματι 'Linriccan Wonder', δημιουργία του Houdina. Επρόκειτο για ένα ημι-αυτόνομο όχημα με δύο κεραίες ενσωματωμένες στο πίσω μέρος του αμαξιού, το οποίο λειτουργούσε με τη βοήθεια ενός δεύτερου οχήματος που έστελνε ραδιοπαλμούς. Οι κεραίες είχαν την δυνατότητα να λάβουν τα ραδιοσήματα να τα οδηγήσουν στους διακόπτες κυκλώματος και έτσι να κινηθεί το όχημα. Μια παραλλαγή του Linriccan Wonder γνωστή ως "Phantom Auto" παρουσιάστηκε ένα χρόνο αργότερα στο Milwaukee, από το Achen Motors.

Λίγα χρόνια αργότερα το 1953 η RCA Labs σχεδίασε μία μινιατούρα αυτοκινήτου, το οποίο λειτουργούσε μέσω καλωδίων που ήταν τοποθετημένα στο πάτωμα ενός εργοστασίου. Η ιδέα αυτή πραγματοποιήθηκε σε ρεαλιστικές συνθήκες το 1958 από τον Leland Hancock και τον L. N. Ress. Οι ίδιοι πειραματίστηκαν σε πραγματικές εγκαταστάσεις αυτοκινητόδρομου μήκους 121,92 μέτρων έξω από την πόλη Lincoln. Τοποθετώντας μία σειρά από κυκλώματα ανιχνευτών στο οδόστρωμα, στη συγκεκριμένη περίπτωση, φώτα κατά μήκος του δρόμου, τα οποία έστελναν ερεθίσματα μπορούσαν να οδηγούν το όχημα και να αναγνωρίζουν την παρουσία και τη ταχύτητα άλλων μεταλλικών οχημάτων που βρίσκονταν στην επιφάνειά του.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 60' σχεδιάστηκαν ποικίλα αμάξια σε πειραματικό στάδιο, τα οποία είχαν ενσωματωμένο ηλεκτρονικό σύστημα πλοήγησης που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε αυτοκινητόδρομους χωρίς την εμπλοκή οδηγού (Pressnell, 1999; Cranswick, 2013). Φτάνοντας στη δεκαετία των 80, ο Ernst Dickmanns σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Bundeswehr του Μονάχου σχεδίασαν μία Mercedes Benz χωρίς οδηγό με οπτική καθοδήγηση φτάνοντας την ταχύτητα των 63 χλμ./ώρα σε δρόμο χωρίς κίνηση. Ποικίλα προγράμματα σε παγκόσμια κλίμακα ασχολήθηκαν με την αυτόνομη οδήγηση όπως τα EUREKA και DARPA. Το πρόγραμμα αυτόνομου οχήματος εδάφους (ALV) στις ΗΠΑ χρησιμοποίησε νέες τεχνολογίες, που δημιουργήθηκαν από ποικίλα Πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα. Το πρόγραμμα ALV κατάφερε την πρώτη οδική επίδειξη που εφαρμόστηκε ηλεκτρονική όραση, LIDAR και αυτόνομος έλεγχος για την καθοδήγηση ρομποτικού οχήματος με ταχύτητα 31 χλμ./ώρα (Lowrie *et al.*, 1985).

Επιπλέον, τα εργαστήρια HRL, πρώην Hughes Research Labs, σχεδίασε τον πρώτο αυτόνομο χάρτη και αισθητήρα πλοήγησης εκτός δρόμου στο πρόγραμμα ALV. Το αυτοκίνητο κατάφερε να κινηθεί για περίπου 600 μ. με ταχύτητα 3,1 χλμ./ώρα σε ιδιόμορφο έδαφος με μεγάλες κλίσεις, χαράδρες, βράχους, βλάστηση και άλλα φυσικά εμπόδια (Resende *et al.*, 2013).

Με το πέρασμα του χρόνου και έπειτα από έρευνες τα νεότερα αυτόνομα οχήματα έγιναν πιο λειτουργικά. Τα πανομοιότυπα ρομποτικά οχήματα VaMP και Vita-2 σχεδιάστηκαν από την Daimler-Benz και τον Ernst Dickmanns του Πανεπιστημίου Bundeswehr στο Μονάχο. Τα δύο ημιαυτόνομα οχήματα ήταν σε θέση να διανύσουν παραπάνω από χίλια χιλιόμετρα σε αυτοκινητόδρομο του Παρισιού με ιδιαίτερη κυκλοφοριακή συμφόρηση με ταχύτητα έως και 130 χλμ./ώρα (Behringer and Muller, 1998).

Το 1995 ο Dickmanns δημιούργησε μία αυτόνομη S-Class Mercedes-Benz, η οποία πραγματοποίησε ένα ταξίδι 1.590 χιλιομέτρων από την Γερμανία έως τη Δανία και πίσω χρησιμοποιώντας jolting computer vision και μικροεπεξεργαστές που εμπεριείχαν μνήμη. Οι εν λόγω μηχανισμοί ήταν σχεδιασμένοι με αυτόν τον τρόπο ώστε να υλοποιείται ταυτόχρονη επεξεργασία και άρα η αντίδραση να συμβαίνει σε πραγματικό χρόνο (Wenger, 2005).

Την ίδια χρονολογία, το Πανεπιστήμιο Carnegie Mellon οργάνωσε το πρόγραμμα Navlab, το οποίο αφορούσε μια προσπάθεια αυτόνομης οδήγησης κατά 98,2% για ένα ταξίδι 5.000 χιλιομέτρων κατά μήκος της χώρας γνωστό ως 'No Hands Across America' ή NHOA. Το όχημα που πραγματοποίησε αυτό το ταξίδι ήταν ημιαυτόνομο αφού χρησιμοποιούσε νευρωνικά δίκτυα που έλεγχαν το τιμόνι, ενώ τα φρένα και το γκάζι εξαρτιόνταν από τον οδηγό (Pomerleau, 1993).

Προχωρώντας στο 1996, ο Alberti Broggi του Πανεπιστημίου της Πάρμας λάνσαρε το πρόγραμμα ARGO, το οποίο αφορούσε την κατασκευή ενός τροποποιημένου Lancia Thema που θα ακολουθεί της ζωγραφισμένες λωρίδες σε έναν κοινό αυτοκινητόδρομο. Το όχημα πραγματοποίησε ένα ταξίδι 1,900 χλμ. διάρκειας παραπάνω από έξι μέρες στην Ιταλία με μέση ταχύτητα 90 χλμ./ώρα. Το αμάξι ταξίδευε σε πλήρη αυτόματη λειτουργία για το 94% της διαδρομής. Είχε ενσωματωμένες δύο ευρείας κατανάλωσης κάμερες και χρησιμοποιούσε αλγόριθμους στερεοτυπικής όρασης για να αντιληφθεί το περιβάλλον του (Broggi, Bertozzi and Fascioli, 2000).

Την δεκαετία του 2000 κάποιες χώρες ξεκίνησαν να χρησιμοποιούν αυτόνομα συστήματα δημόσιας συγκοινωνίας όπως η Σουηδία με το οδικό σύστημα συγκοινωνίας ParkShuttle (Shladover, 2007). Επιπρόσθετα, η κυβέρνηση των ΗΠΑ ξεκίνησε να ασχολείται με τα αυτόνομα οχήματα ιδίως για στρατιωτική χρήση. Τα Demo I (US Army), Demo II (DARPA), and Demo III (US Army) είχαν χρηματοδοτηθεί από την αμερικάνικη κυβέρνηση (Hong *et al.*, 2000). Τα συγκεκριμένα οχήματα ήταν σε θέση να διανύουν χιλιόμετρα σε ιδιόμορφα εδάφη εκτός του δρόμου, αναγνωρίζοντας και αποφεύγοντας πιθανά εμπόδια (Bellutta *et al.*, 2000).

Τα σύγχρονα αυτόνομα οχήματα εμφανίζουν ολοένα και νεότερα αυτόνομα χαρακτηριστικά λόγω της τεχνολογικής προόδου στους τομείς της τεχνολογίας πληροφοριών, επικοινωνίας, ανάλυσης δεδομένων κ.ά.. Οι κατασκευαστές των αυτόνομων οχημάτων όπως η εταιρεία Volvo δημιούργησαν και έθεσαν σε λειτουργία πλήρως αυτόνομα οχήματα 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> επιπέδου αυτοματισμού από το 2006 (Shladover, 2018). Παρομοίως, το 2009 η Google σε συνεργασία με άλλες τεχνολογικές εταιρείες δημιούργησαν ένα αυτόνομο όχημα 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> επιπέδου αυτοματισμού.

Οι Segway Incorporated και General Motors συνεργάστηκαν ώστε να κατασκευάσουν ένα ηλεκτρικό αμάξι δύο θέσεων, σχεδιασμένο για χρήσης στην πόλη, το οποίο μπορούσε να οδηγηθεί φυσιολογικά αλλά και αυτόνομα. Το συγκεκριμένο όχημα, ευρέως γνωστό ως GM's EN-V (General Motor's Electric Networked Vehicle), παρουσιάστηκε στην έκθεση EXPO στη Σανγκάη τον Μάιο του 2010 έως τον Οκτώβριο της ίδιας χρονιάς (Eberle and von Helholt, 2010). Το EN-V διαχωρίστηκε σε τρεις τύπους οχημάτων το Jiao (Pride), Miao (Magic), and Xiao (Laugh), ενσωματώνοντας αυτόνομα χαρακτηριστικά όπως την αποφυγή σύγκρουσης και το self-parking. Πρόκειται για ένα όχημα που αποτελεί κομβικό σημείο προόδου στον κλάδο της αυτόνομης οδήγησης (Mudalige, 2011).

Οι εξελίξεις αυτές οδήγησαν στην οργάνωση του διαγωνισμού VIAC Intercontinental Autonomous Challenge (VisLab), ο οποίος συνέβαλε δραματικά στην βελτίωση των ελέγχων και αναλύσεων πάνω στα αυτόνομα οχήματα. Ο διαγωνισμός αφορούσε ένα ταξίδι 13.000 χλμ.,

σχεδόν 3 μηνών από την Ιταλία στην Κίνα, που πραγματοποιήθηκε το 2010. Πήραν μέρος 4 αυτόματα οχήματα με μηδενική ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης και υψηλά επίπεδα αυτονομίας. Ήταν το πρώτο εγχείρημα μετακίνησης προϊόντων από την μία ήπειρο στην άλλη χρησιμοποιώντας τέτοιου είδους οχήματα (Laugier, Martinet and Nunes, 2014).

Το ίδιο χρόνο, ένα αυτόνομο Audi TTS ολοκλήρωσε την ορεινή διαδρομή Pike's Peak 20 χιλιομέτρων σε 27 λεπτά, ενώ η πιο σύντομη διάρκεια της ίδιας διαδρομής που πραγματοποιήθηκε από οδηγό ήταν 17 λεπτά. Ένα σημαντικό κατόρθωμα που απέδειξε πόσο κοντά είναι η αυτόνομη οδήγηση στην ανθρώπινη. Το Audi TTS λειτουργούσε με αναδυόμενο λογισμικό, αλγόριθμους και ηλεκτρονικά συστήματα όπως αυτό το αυτόματου πιλότου παρόμοια με τα αεροπλάνα και τα αεροσκάφη (Okuda, Kajiwara and Terashima, 2014).

Στην Γερμανία, τα πρώτα αυτόνομα οχήματα για χρήση σε δρόμους και αυτοκινητόδρομους ήταν τα MadeInGermany και Spirit of Berlin σχεδιασμένα από τα εργαστήρια AutoNoMOS. Το πρόγραμμα είχε αναλάβει το Ανεξάρτητο Πανεπιστήμιο του Βερολίνου και χρηματοδοτήθηκε από το Γερμανικό Υπουργείο Παιδείας και Έρευνας. Το σύστημα των οχημάτων περιλάμβανε τρεις laser ανιχνευτές στο μπροστινό μέρος και τρεις στο πίσω μέρος για την ανίχνευση τυχόν αμαξιών ή πεζών γύρω από το όχημα. Επιπλέον, ήταν σε θέση να ανιχνεύσουν και να αναγνωρίσουν τις σημάσεις των φαναριών και τους κόμβους (Reuschenbach *et al.*, 2011).

Η Toyota το δικό της αυτόνομο μοντέλο για την εξάλειψη των ατυχημάτων που είναι η βασική αιτία θανάτων τα οποία έχουν προκληθεί από σφάλματα αυτοματισμού. Η Toyota χρησιμοποίησε την τεχνολογία ITS (Intelligent Transport Systems). Η συγκεκριμένη τεχνολογία αποσκοπούσε στην αποφυγή σύγκρουσης σε περίπτωση βλάβης του συστήματος. Το όχημα ήταν ημι-αυτόνομο αφού ο οδηγός είχε την δυνατότητα να αναλάβει την οδήγηση ανά πάσα στιγμή. Η Toyota προώθησε την ενεργή και ασφαλή έρευνα των οχημάτων οδηγώντας την βιομηχανία της αυτοματοποίησης σε νέα εποχή (Guizzo, 2013).

Μία ακόμα εταιρεία οχημάτων που δημιούργησε το δικό της αυτόνομο όχημα είναι η Nissan, η οποία κυκλοφόρησε το 2014 Infiniti Q50 το 2013. Επρόκειτο για το πιο αποτελεσματικό αυτόνομο όχημα της εταιρείας καθώς περιλάμβανε κάμερες, ανιχνευτές και τεχνολογία επόμενης γενιάς όπως διατήρηση λωρίδας, αποφυγή σύγκρουσης και σύστημα διατήρησης ταχύτητας (cruise control). Το 2014 Infiniti Q50 ήταν ένα από τα πρώτα οχήματα που παρείχαν ηλεκτρική διαχείριση συστήματος τιμονιού, επιτρέποντας γρηγορότερη και ακριβέστερη ανταπόκριση. Ο οδηγός του οχήματος δεν χρειαζόταν να χειρίζεται χειροκίνητα το γκάζι, τα φρένα και το τιμόνι (Elzbieta, 2014).

Το Navia είναι ένα ρομποτικά οδηγούμενο ηλεκτρικό λεωφορείο το οποίο δημιουργήθηκε από την Induct Technology στην Γαλλία. Το όχημα μπορεί να μεταφέρει 10 επιβάτες κινούμενο με μέγιστη ταχύτητα 20 χλμ./ώρα. Για να κινηθεί το Navia χρησιμοποιεί τέσσερις αισθητήρες LIDAR και στερεοσκοπικές κάμερες, τα οποία δημιουργούν ένα τρισδιάστατο χάρτη του περιβάλλοντος. Παράλληλα, δεν χρειάζεται κάποια παρέμβαση στο περιβάλλον της οδού. Επιτυχείς έλεγχοι του οχήματος έχουν πραγματοποιηθεί σε διάφορα πανεπιστήμια της Ευρώπης και της Αυστραλίας (Zhang, Rossi and Pavone, 2019).

Στα τέλη του 2020 η WAYWO, θυγατρική της Alphabet Inc, παρουσίασε τα δικά της εμπορικά αυτόματα οχήματα, που διένυσαν παραπάνω από τρία μίλια σε τέσσερες ώρες στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Η TESLA ήδη από το 2014 έβγαλε στην αγορά ηλεκτρικά οχήματα με ικανότητα οδήγησης χωρίς οδηγό στο 90% της λειτουργίας του (Shladover, 2018). Σημαντική πρόοδος στο τομέα της αυτόνομης οδήγησης αποτελούν τα αυτόνομα οχήματα 4<sup>ου</sup> επιπέδου αυτονομίας όπως το NHTSA (Aldana, 2013). Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται σημαντικές κατασκευαστικές εταιρείες οχημάτων και οι τεχνολογικές τους εξελίξεις όσον αφορά την αυτοματική οδήγηση στα σύγχρονα χρόνια.

Πίνακας 2. Τεχνολογικές εξελίξεις ανά εταιρεία (Pan et al., 2024).

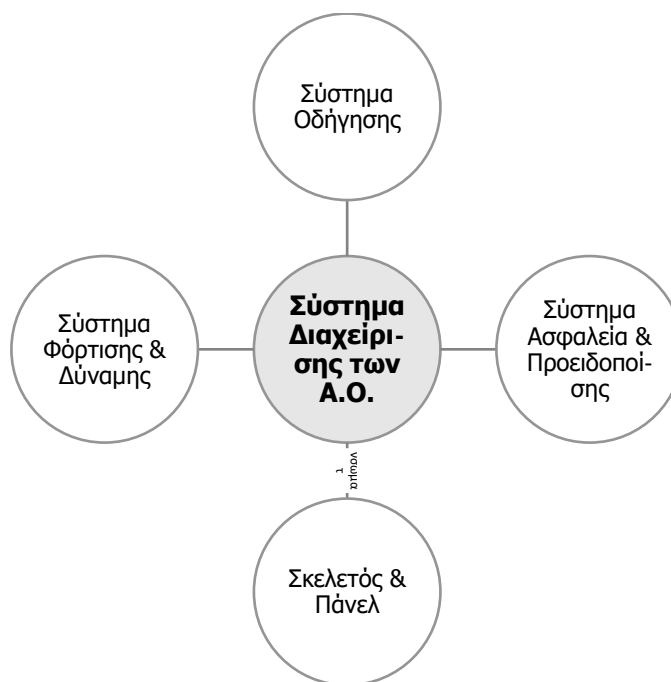
| Εταιρεία      | Σημαντική Εξέλιξη                                                                                                                                                                                   |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Waymo         | Απέκτησε άδεια κυκλοφορίας χωρίς οδηγό από την Επιτροπή Δημόσιων Υπηρεσιών της Καλιφόρνια τον Αύγουστο 10 2023.                                                                                     |
| Tesla         | Ανακοίνωσε μία επένδυση 1 δισεκατομμυρίου το 2023 για την δημιουργία του προγράμματος Dojo, σχεδιασμένο για την διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων, κυρίως βίντεο καταγεγραμμένο από οχήματα Tesla. |
| Nissan        | Έθεσε σε λειτουργία ένα δίκτυο ταξί χωρίς οδηγό σε σημεία της Κίνας το 2023, με την τεχνική υποστήριξης της Wenyuan Zhixing.                                                                        |
| Pony ai       | Pony ai σε συνεργασία με την Toyota χρησιμοποιώντας την τεχνολογία αυτόνομης οδήγησης και τις υπηρεσίες μετακίνησης σχεδιάζει την μαζική παραγωγή ρομποτικών ταξί στην Κίνα.                        |
| Mercedes-Benz | Κυκλοφορία του ανεπτυγμένου λειτουργικού συστήματος MB.OS για την αναβάθμιση των έξυπνων χαρακτηριστικών της υποβοηθούμενης οδήγησης ή των δυνατοτήτων αυτόνομης οδήγησης επιπέδου 3.               |

|                  |                                                                                                                                                                     |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Volkswagen Group | Σχεδιάζει να βγάλει σε κυκλοφορία έως 10 ID Buzz ηλεκτρικά οχήματα με σύστημα αυτόνομης οδήγησης σχεδιασμένα σε συνεργασία με την Mobileye μέχρι το τέλος του 2023. |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 3.3 Δομή των Αυτόνομων Οδικών Οχημάτων

Έχοντας αναφέρει τον ορισμό και την ιστορική ανασκόπηση των αυτόνομων οδικών οχημάτων, ακολουθεί η διάσπαση και ανάλυση των μελών που τα δομούν. Τα βασικά αποτελούμενα μέλη των αυτόνομων οδικών οχημάτων περιγράφονται στο παρακάτω διάγραμμα.

Εικόνα 1 Σύστημα Διαχείρισης των Α.Ο. (Vishwakarma, 2019).



#### Σύστημα Ασφαλείας των αυτόματων οχημάτων

Το σύστημα ασφαλείας των αυτόνομων οχημάτων έχει άμεση σχέση με άλλα μέρη του εξοπλισμού του, ενώ αποτελείται από ποικίλα E-stops, αισθητήρα ανίχνευσης σύγκρουσης, αισθητήρες κίνησης (drive contactors) και φρένα συνδεδεμένα με συσκευή ελέγχου ασφαλείας (Vishwakarma, 2019).

Το σύστημα ασφαλείας περιλαμβάνει εξοπλισμό δομημένο με τέτοιο τρόπο ώστε να πληρούνται τα απαραίτητα πρότυπα ασφαλείας. Πιο συγκεκριμένα, διάφορες συσκευές είναι τοποθετημένες στο εξωτερικό περίβλημα του οχήματος με σκοπό την προστασία από συγκρούσεις και την ακινητοποίησή του σε περίπτωση που η συμπεριφορά του αποτελεί κίνδυνο για τους επιβάτες ή το περιβάλλον του (Zhang, 2005). Περαιτέρω, κουμπιά έκτακτης ανάγκης βρίσκονται σε κάθε πλευρά του οχήματος σε συνδυασμό με τα E-stops, τα οποία χρησιμοποιούνται σε παρόμοιες

καταστάσεις. Προειδοποιητικά φώτα έχουν ενσωματωθεί και λάμπουν με διαφορετική συχνότητα υποδεικνύοντας τις διάφορες λειτουργίες χρήσης (Schulze, Wüllner, 2006).

Στο σύστημα ασφαλείας είναι ενσωματωμένο το υποσύστημα αποφυγής σύγκρουσης, το οποίο ανιχνεύει πιθανά εμπόδια μεταβάλλοντας τη ταχύτητα του οχήματος. Η επαναφορά της αρχικής λειτουργίας πραγματοποιείται περίπου δύο δευτερόλεπτα μετά την απομάκρυνση του εμποδίου (Vishwakarma, 2019).

### **Σύστημα Φόρτισης & Δύναμης των αυτόματων οχημάτων**

Το σύστημα φόρτισης των αυτόνομων οχημάτων εμπεριέχει ενσωματωμένο φορτιστή ο οποίος συνδέεται με την μπαταρία. Ο τρόπος φόρτισης πραγματοποιείται μέσω εντοιχισμένης πρίζας. Το όχημα δεν είναι σε θέση να κινηθεί όταν βρίσκεται σε φόρτιση αφού μπλοκάρεται η κίνηση και ενεργοποιούνται τα φρένα. Κατά τη διάρκεια της φόρτισης εμφανίζεται αντίστοιχη προειδοποίηση ή ένδειξη (Zhang, 2005).

### **Σύστημα οδήγησης των αυτόματων οχημάτων**

Αυτό είναι το κύριο σύστημα διαχείρισης των Α.Ο. ώστε να κινούνται σε λωρίδες κυκλοφορίας. Η πρόσφυση και η οδήγηση των οχημάτων αυτών είναι υποβοηθούμενες από ένα σύστημα ελέγχου ηλεκτροκινητήρων γνωστό ως PMDC. Το PMDC είναι τοποθετημένο στις δύο πλευρές παρέχοντας ηλεκτρικά ελεγχόμενη κίνηση. Οι κινητήρες διαθέτουν ενσωματωμένα φρένα και κιβώτιο ταχυτήτων αναλογίας 1:32 (Vishwakarma, 2019). Παράλληλα, το σύστημα οδήγησης εμπεριέχει έναν ελεγκτή κίνησης διπλού καναλιού με υψηλή απόδοση, σχεδιασμένος να μετατρέπει τις εντολές σε έξοδο υψηλής τάσης και ρεύματος για την κίνηση των κινητήρων. Η ισχύς εισόδου στον ελεγκτή κίνησης και στα φρένα είναι προσαρμοσμένη με σκοπό την επίτευξη και διατήρηση των αναγκαίων επιπέδων ασφαλείας (Zhang, 2005).

### **Αμάξωμα**

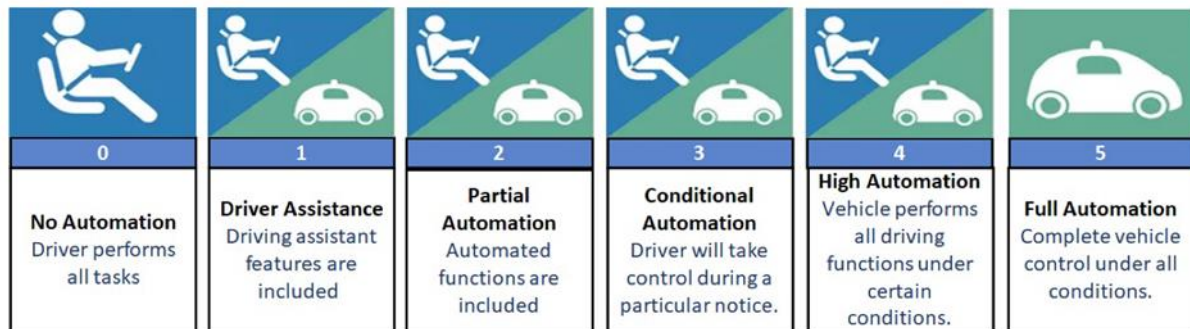
Τα αυτόματα οχήματα αποτελούνται από τον σκελετό ο οποίος πλαισιώνεται από πάνελ. Η χρήση των πάνελ είναι διπλή· αφενός είναι αναγκαία για τη προστασία των εξαρτημάτων του Α.Ο., αφετέρου για την προστασία των επιβατών και των πεζών (Behling, Schulze, 2008).

## **3.4 Επίπεδα Αυτοματοποιημένης Οδήγησης**

Έχοντας μελετήσει την ιστορική αναδρομή των αυτόνομων οχημάτων και έχοντας αναφερθεί το σύστημα διαχείρισής τους, ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή των διαφορετικών επιπέδων αυτοματοποιημένης οδήγησης. Το 2013, η Εθνική Υπηρεσία Ασφάλειας Οδικής Κυκλοφορίας (NHTSA) των ΗΠΑ ταξινόμησε τα επίπεδα αυτοματισμού των ΑΟ σε τέσσερα επίπεδα (Wadud, MacKenzie and Leiby, 2016). Ένα χρόνο αργότερα το 2014, η Διεθνής Ένωση Μηχανικών Αυτοκίνησης (SAE), πρόσθεσε ένα επιπλέον επίπεδο αυτοματισμού, το οποίο το 2016

αναβαθμίστηκε (Milakis, von Arem and von Wee, 2017). Την ίδια χρονολογία, η NHTSA υιοθέτησε την ταξινόμηση των επιπέδων αυτοματισμού της SAE (NHTSA, 2016), όπως αυτά αναγράφονται στον πίνακα 3 και την εικόνα 2.

Εικόνα 2. Επίπεδα αυτοματοποιημένης οδήγησης (Ahangar et al., 2021).



Πίνακας 3. Επίπεδα αυτοματισμού της SAE (SAE, 2021).

| Επίπεδο Αυτοματισμού                         | Επεξήγηση                                                                                                                            | Υποκείμενο Οδήγησης |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Επίπεδο 0<br>(Καθόλου αυτοματισμός)          | Ο οδηγός εκτελεί όλες τις λειτουργίες.                                                                                               | Οδηγός              |
| Επίπεδο 1<br>(Υποβοήθηση οδηγού)             | Υπό συνθήκες, το σύστημα ελέγχει μερικώς τα φρένα, το τιμόνι ή την επιτάχυνση/επιβράδυνση.                                           | Οδηγός              |
| Επίπεδο 2<br>(Μερικός αυτοματισμός)          | Υπό συνθήκες, το σύστημα ελέγχει ολικώς τα φρένα, το τιμόνι και την επιτάχυνση.                                                      | Οδηγός              |
| Επίπεδο 3<br>(Αυτοματισμός υπό προϋποθέσεις) | Υπό συνθήκες, το σύστημα χειρίζεται όλες τις λειτουργίες και ο οδηγός παρεμβαίνει σε περίπτωση αδυναμίας λειτουργίας του συστήματος. | Οδηγός + Σύστημα    |
| Επίπεδο 4<br>(Υψηλός αυτοματισμός)           | Υπό συνθήκες, το σύστημα χειρίζεται όλες τις λειτουργίες.                                                                            | Σύστημα             |
| Επίπεδο 5<br>(Απόλυτος αυτοματισμός)         | Το σύστημα χειρίζεται όλες τις λειτουργίες ανεξαρτήτως συνθηκών.                                                                     | Σύστημα             |

Σύμφωνα με την Ομοσπονδία των Αυτόνομων Οχημάτων του Υπουργείου Μεταφορών των ΗΠΑ, ένα όχημα μπορεί να θεωρηθεί αυτόνομο εάν διαθέτει σύστημα αυτοματοποίησης επιπέδου 3 (Dot, 2016). Ωστόσο, υπάρχει μια επιφύλαξη όσον αφορά τα επίπεδα αυτονομίας, η οποία έγκειται στην μη επαρκή διατήρηση αυτών των επιπέδων, ενώ οι ερευνητές έχουν χαρακτηρίσει όλα αυτά τα επίπεδα αυτονομίας ως αυτόνομα (Shladover, 2018).

### 3.5 Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών των Αυτόνομων Οδικών Οχημάτων

Οι εξελίξεις στην αυτοκινητοβιομηχανία δημιούργησαν την ανάγκη για καινοτόμα προγράμματα και νέες τεχνολογίες, οδηγώντας στην ψηφιοποίηση του οδικού δικτύου. Η ψηφιοποίηση των λειτουργιών των οχημάτων πραγματοποιείται μέσω μιας διαδικασίας που περιλαμβάνει τρία βασικά στοιχεία: αυτοματοποίηση, ψηφιακά δεδομένα, ψηφιακή διεπαφή χρηστών και δια-συνδεσιμότητα του συστήματος (Albini, Tokody and Rajnai, 2018). Οι τεχνολογίες της έξυπνης κινητικότητας περιγράφονται ως εξής:

- Αυτοματοποίηση- αισθητήρες και συστήματα (πλοήγηση, έλεγχος ταχύτητας)
- Ψηφιακά δεδομένα- διανομή πληροφοριών, διαχείριση δεδομένων οχημάτων, σύστημα πληροφοριών οδηγού
- Ψηφιακή επαφή χρηστών (οδηγός, χειριστής, όχημα) - αλληλεπίδραση οδηγού-οχήματος, βελτιστοποίηση εργασιών, συντήρηση
- Δια-συνδεσιμότητα- συστήματα διαχείρισης οχημάτων, ομότιμη δικτύωση, τεχνητή νοημοσύνη, συλλογή γνώσης.

Για την ομαλή και ασφαλή λειτουργία των αυτόνομων οχημάτων, είναι αναγκαία η χρήση των νέων τεχνολογιών τηλεπικοινωνίας οι οποίες δίνουν την δυνατότητα στα οχήματα να επικοινωνούν μεταξύ τους, με το περιβάλλον τους αλλά και με άλλους παράγοντες του οδικού δικτύου. Πιο συγκεκριμένα:

#### **Vehicle-to-Everything (V2X)**

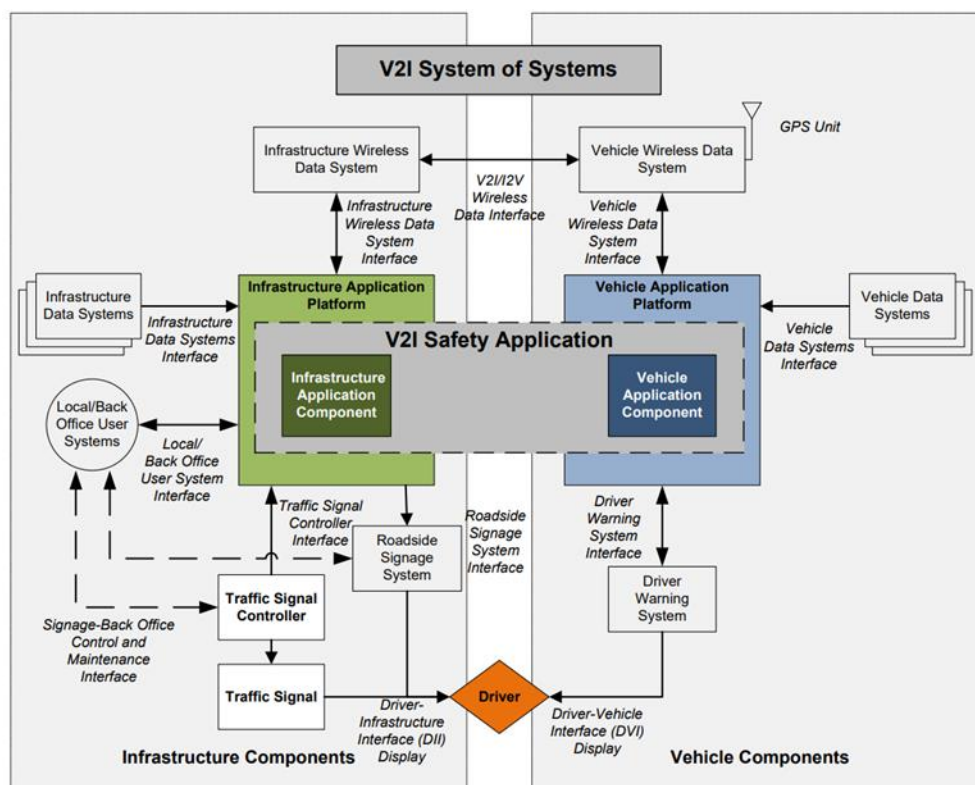
Πρόκειται για τη συνολική επικοινωνία που επιτρέπει στα οχήματα να ανταλλάσσουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σε άλλα Α.Ο., άλλους οδηγούς, ποδηλάτες, πεζούς ή φωτεινούς σηματοδότες του περιβάλλοντος κ.ά.. (Yusuf, Khan and Souissi, 2024). Η V2V επικοινωνία περιλαμβάνει τις υποκατηγορίες επικοινωνιών (Weber, Misener and Park, 2019):

- 1) Vehicle-to-Vehicle (V2V) Επικοινωνία: Τα οχήματα επικοινωνούν μεταξύ ανταλλάσσοντας πληροφορίες σχετικά με την ταχύτητα, τη θέση, και άλλες παραμέτρους που αφορούν την κίνηση (Liang, Ye and Li, 2018). Η V2V επικοινωνία είναι απαραίτητη για την βελτίωση της ασφάλειας και της απόδοσης της κυκλοφορίας.

Το σύστημα επικοινωνίας V2V χρησιμοποιεί την ιδέα “διαδίκτυο των πραγμάτων” γνωστό ως internet of things (IoTs) και τις τεχνολογίες των υπολογιστών (Mughal *et al.*, 2020). Το πρωτόκολλο της επικοινωνίας V2V περιλαμβάνει το DSRC (Dedicated Short Range Communication) και το GPS (Tawalbeh *et al.*, 2016), τα οποία κατατάσσονται στην ασύρματη επικοινωνία.

- 2) Vehicle-to-Infrastructure (V2I) Επικοινωνία: Τα Α.Ο. επικοινωνούν με τις οδικές υποδομές, όπως φωτεινούς σηματοδότες και κάμερες, για να λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον τους και την κυκλοφορία (Κ. Chandra *et al.*, 2016). Πρόκειται για ένα περίπλοκο δικτυωμένο περιβάλλον το οποίο στοχεύει στην ασφάλεια και την αποδοτικότητα των Α.Ο.. Πιο συγκεκριμένα, η τεχνολογία V2I έγκειται σε α) πρωτόκολλα επικοινωνίας (DSRC) (Wang *et al.*, 2016), β) αισθητήρες με σκοπό την διαχείριση της κυκλοφορίας και την αλληλεπίδραση με τα φανάρια, γ) συνδεσιμότητα ώστε να πραγματοποιείται ανταλλαγή δεδομένων, δ) μονάδες κυκλοφορίας (RSUs) (Biswas, Mišić and Mišić, 2012), ε) σύνδεση με το Cloud (Shojafar, Cordeschi, and Baccarelli, 2019).

Εικόνα 3. Δομή συστήματος τηλεπικοινωνιών V2I (Stephens, Schroeder, and Klein, 2015)



Βασικό στοιχείο της V2V και V2I επικοινωνίας είναι τα VANET (Vehicular Ad Hoc Networks) (Sheikh and Liang, 2019). Πρόκειται για δίκτυα σχηματισμένα από αυτοκίνητα που επικοινωνούν αναμεταξύ τους αλλά και με άλλες υποδομές επικοινωνίας

(Hartenstein and Laberteaux, 2008). Έχουν δημιουργηθεί ώστε να βελτιστοποιήσουν την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα της οδήγησης επιτρέποντας στα οχήματα να ανταλλάσσουν σημαντικές πληροφορίες (Harri, Filali and Bonnet, 2009). Τα αποτελούμενα μέλη των VANET είναι:

- a) Η On Board Unit (OBU), ένα ηλεκτρονικό σύστημα εντοπισμού που τοποθετείται στο εσωτερικό του οχήματος και επιτρέπει την επικοινωνία των οχημάτων μεταξύ τους και με τα RSU (Toor *et al.*, 2008) μέσω ασύρματης σύνδεσης (Sheikh and Liang, 2019).
  - b) Το Roadside Unit (RSU), ένα εξωτερικό σύστημα τοποθετημένο σε συγκεκριμένα σημεία του οδικού δικτύου (Zhang *et al.*, 2017), το οποίο χρησιμοποιείται για την V2I επικοινωνία, τον εντοπισμό των οχημάτων αλλά και την διασύνδεση τους με άλλα RSUs (Sheikh and Liang, 2019).
  - c) Η Trusted Authority (TA), είναι η αρχή που διευθύνει την διαδικασία των VANETs, για να χρησιμοποιούν μόνο έγκυρα RSUs και OBUs να έχουν την δυνατότητα να εγγραφούν και να επικοινωνούν (Ferrag, Maglaras and Ahmim, 2017). Προσφέρει ασφάλεια καθώς επιβεβαιώνει την OBU ταυτότητα ενώ εντοπίζει κακόβουλα μηνύματα και ύποπτες συμπεριφορές (Sheikh and Liang, 2019).
- 3) Vehicle-to-Pedestrian (V2P) Επικοινωνία: Η V2P τεχνολογία έγκειται στη συμβατική ασύρματη επικοινωνία των οχημάτων με τους πεζούς ή/και το αντίστροφο μέσω WiFi ή κινητής επικοινωνίας (Bagheri, Siekkinen and Nurminen, 2014). Αφενός, έρευνες έχουν δείξει ότι οι πεζοί τείνουν να αγνοούν επείγουσες ειδοποιήσεις στα κινητά τους τηλέφωνα (Kar and Cochran, 2016), ενώ η στάση αυτή επιβεβαιώνεται και από πρόσφατες έρευνες (Rahimian *et al.*, 2018). Αφετέρου, οι οδηγοί δείχνουν ελλιπή εμπιστοσύνη ως προς τους συναγερμούς (Cummings, Huang and Clamann, 2019).

### **Ασύρματη Επικοινωνία (Wireless Communication)**

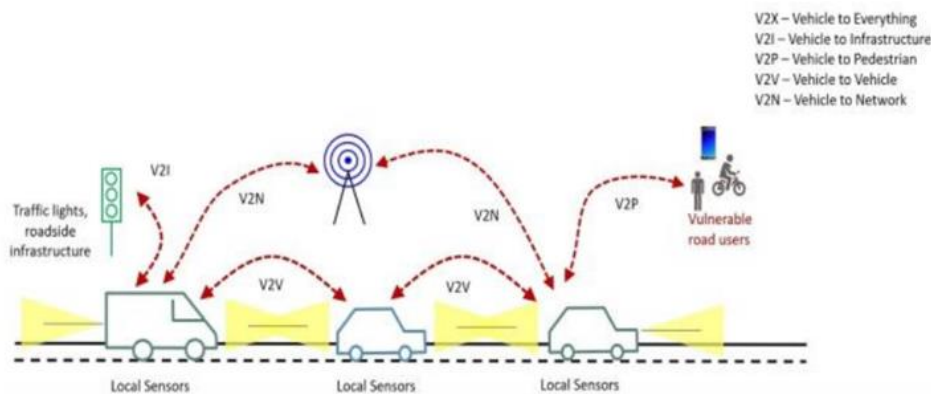
Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, σημαντική τεχνολογική πρόοδος για την βέλτιστη επικοινωνία των Α.Ο. είναι η ασύρματη επικοινωνία η οποία ταξινομείται σε τέσσερα είδη: DSRC, C-V2X, 5G NR, Wi-Fi

- a) Όσον αφορά την V2V και την V2I επικοινωνία γίνεται χρήση του Dedicated Short-Range Communications (DSRC) που είναι μία μορφή ασύρματης επικοινωνίας (Kenney, 2011). Η DSRC εφαρμόζεται σε θέματα οδικής ασφάλειας, ενημέρωσης

της οδικής κυκλοφορίας, την συνεργατική Α.Ο., και τις πληρωμές που σχετίζονται με την οδήγηση (Kenney, 2011).

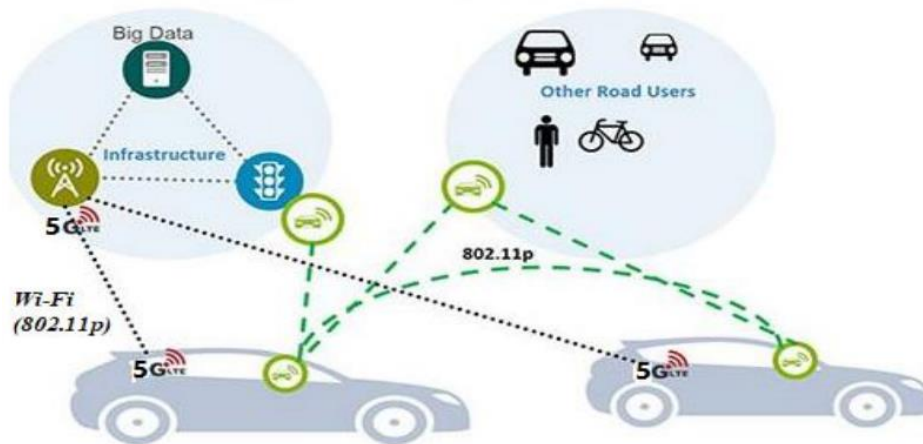
- b) Ένα άλλο είδος ασύρματης επικοινωνίας που παρέχει παρόμοιες εφαρμογές είναι το Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X) (Εικόνα 4). Πρόκειται για ένα ασύρματο είδος κινητής επικοινωνίας παρόμοια με αυτή των κινητών τηλεφώνων το οποίο προσφέρει υψηλή χωρητικότητα, χαμηλή καθυστέρηση στην μετάδοση πληροφοριών, υποστήριξη για ασφαλή οδήγηση κ.ά.. (Chen *et al.*, 2023).

Εικόνα 4. Το Cellular Vehicle-to-Everything (Alsudani and Ozturk, 2023)



- c) Ακολουθεί η τεχνολογία 5G New Radio (NR) προσφέροντας αξιόπιστη, με χαμηλή καθυστέρηση επικοινωνίας, η οποία χρήζει υψηλής σημασίας για την V2X επικοινωνία. Με την υψηλή ταχύτητα δεδομένων η 5G NR δημιουργεί τις προϋποθέσεις για προηγμένες εφαρμογές στην αυτόνομη οδήγηση όπως η ενημέρωση χαρτών υψηλής ευκρίνειας και η υποστήριξη μαζικών ποσοτήτων δεδομένων (Serizawa *et al.*, 2019). Το 5G επιτρέπει στα οχήματα να συνδέονται μεταξύ τους προσφέροντάς τους μηδενική καθυστέρηση ανταπόκρισης, ασταμάτητη επικοινωνία, και κάλυψη ανεξαρτήτως τοποθεσίας (Dahlman, Parkvall and Skold, 2020).
- d) Το τελευταίο είδος ασύρματης επικοινωνίας είναι το Wi-Fi χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο 802.11p, το οποίο αποτελεί διαφοροποίηση το πρότυπου IEEE 802.11 για ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN). Το διαφοροποιημένο αυτό πρωτόκολλο εφαρμόζεται συγκεκριμένα σε περιβάλλοντα αυτοκινήτων καθώς παρέχει άμεση και αξιόπιστη επικοινωνία V2I (Cecchini *et al.*, 2017) όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.

Εικόνα 5. Το Wi-Fi 802.11p (Alsudani and Ozturk, 2023).



## Αισθητήρες

Αισθητήρες όπως RADAR, κάμερες και LiDAR χρησιμοποιούνται με σκοπό την ανίχνευση αντικειμένων και την παρακολούθηση του περιβάλλοντος.

- a) Αρχικά, το RADAR (Radio Detection and Ranging) στα Α.Ο. χρησιμοποιείται για να επεξεργαστεί το περιβάλλον και να εντοπίσει την παρουσία και την τοποθεσία οχημάτων και αντικειμένων. Οι ζώνες συχνοτήτων των RADARs διαφέρουν από 24, 60, 77, και 79 GHz και μπορούν να μετρήσει ένα εύρος από 5 έως και 200 μέτρα (Farooq, Ahmed and Alade, 2019). Τα RADARs λειτουργούν χρησιμοποιώντας μικρο-κεραίες οι οποίες δημιουργούν ένα σύνολο από λοβούς ώστε να επιτευχθούν διάφοροι στόχοι όπως η ανίχνευση πολλαπλών στόχων (Li *et al.*, 2020). Ορισμένες από τις λειτουργίες των RADARs στα Α.Ο. είναι η προειδοποίηση εμπρόσθιας κυκλοφοριακής συμφόρησης (Forward Cross Traffic Alert), υποβοήθηση αλλαγής λωρίδας, εντοπισμός τυφλού σημείου, και προειδοποίηση οπίσθιας κυκλοφορίας (Rear Cross Traffic Alert) (Alluhaibi *et al.*, 2017).
- b) Επιπλέον, οι κάμερες είναι απαραίτητο στοιχείο των Α.Ο. και μπορούν να διαχωριστούν σε κάμερες ορατού φωτός και σε κάμερες υπέρυθρων ανάλογα με το μήκος κύματος της κάθε συσκευής. Τα κύρια πλεονεκτήματα των καμερών είναι ότι μπορούν να συγκεντρώσουν και να καταγράψουν την υφή και τα χρώματα του περιβάλλοντος με ακρίβεια. Ωστόσο, η γωνία θέασης των καμερών είναι περιορισμένη λόγω στενής οπτικής των φακών (Swief and El-Habrouk, 2018). Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η χρήση και η τοποθέτηση πολλαπλών καμερών στο όχημα (Delavarian *et al.*, 2020). Η λειτουργία των καμερών βασίζεται στους αισθητήρες εικόνας που είναι σχεδιασμένοι με βάση την τεχνολογία CCD (charge-coupled device) και τον συμπληρωματικό ημιαγωγό μεταλλοξειδίου CMOS (complementary metal-oxide semiconductor) (Rosique

*et al.*, 2019). Η μέγιστη ακτίνα που μπορεί να καλύψει μία κάμερα είναι γύρω στα 250 μέτρα αναλόγως με την ποιότητα των φακών της (Wang, Wu and Niu, 2020).

- c) Προχωρώντας, το LiDAR (Light Detection and Ranging) είναι ένα σύστημα αποστολής και λήψης φωτεινών σημάτων για την ανίχνευση, απόσταση και δημιουργία 3D χάρτη του περιβάλλοντος (Kim *et al.*, 2015). Η λειτουργία του συστήματος αυτού πραγματοποιείται μέσω ενός λέιζερ που εκπέμπει υπέρυθρο συνεκτικό φως έως 85 W που συγκρούεται με τα αντικείμενα του περιβάλλοντος. Έπειτα ο LiDAR μετρά τον χρόνο που χρειάζεται το φως για να γυρίσει, μετρώντας με αυτό το τρόπο την απόσταση από το αντικείμενο. Η απόσταση υπολογίζεται ως γινόμενο του μισού χρόνου εκτέλεσης και της ταχύτητας του φωτός. Ο χαρακτηρισμός ενός αντικειμένου ως πιθανό αίτιο σύγκρουσης εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες όπως η απόσταση και το μέγεθος του αντικειμένου (Winner, Hakuli and Wolf, 2015). Καθώς αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται με τη συνεχή λήψη δεδομένων, τα Α.Ο. είναι σε θέση να δημιουργήσουν περιγραφικό χάρτη του περιβάλλοντος τους με σκοπό την ανίχνευση και την αποφυγή διαφόρων εμποδίων (Babahajiani *et al.*, 2016).

## 4. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της χρήσης των Αυτόνομων Οδικών Οχημάτων

Το δίκτυο μεταφορών αποσκοπεί στη φυσική σύνδεση των τόπων όπου λαμβάνουν χώρα οι διάφορες δραστηριότητες και στην ικανοποίηση των αναγκών μετακίνησης με στόχο τη βελτίωση και την πρόοδο των κοινωνιών, ωστόσο είναι αναπόφευκτα συνδεδεμένο με αρνητικές επιπτώσεις όπως η ρύπανση, τα οδικά ατυχήματα και οι ανθρώπινες απώλειες. Έρευνες έχουν μελετήσει τις συνέπειες και τα κόστη των ατυχημάτων από οχήματα που κατευθύνονται από τον άνθρωπο (Parry, Walls and Harrington, 2007). Τα κόστη που προκύπτουν από τις επιπτώσεις αυτές διαφέρουν από το άμεσο κόστος του καυσίμου ή της συντήρησης του οχήματος, καθώς βαραίνουν συνολικά τη κοινωνία και συνήθως δεν λαμβάνονται υπόψη από τον μετακινούμενο που τα προκαλεί (εξωτερικά κόστη). Σχετίζονται γενικότερα με την κυκλοφοριακή συμφόρηση, την οικολογική καταστροφή, τα ατυχήματα και την οδική ασφάλεια (Bagloee *et al.*, 2016).

### 4.1 Πλεονεκτήματα Χρήσης Αυτόνομων Οχημάτων

Η τεχνολογία των αυτόματων οχημάτων θεωρείται σε μεγάλο βαθμό ότι είναι σε θέση να μειώσει σημαντικά αν όχι να εξαλείψει πολλές από τις παραπάνω συνέπειες. Εκτός αυτού, η χρήση των Α.Ο. μπορεί να επιφέρει επιπλέον οφέλη όπως η αύξηση της προσβασιμότητας και της κινητικότητας ακόμη και βελτίωση της χρήσης γης (Bagloee *et al.*, 2016).

#### 4.1.1 Ασφάλεια και ατυχήματα

Παγκοσμίως, τα αυτοκινητιστικά ατυχήματα αποτελούν μία από τις κύριες αιτίες θνησιμότητας, με 1.3 εκατομμύρια ανθρώπους να σκοτώνονται ετησίως (WHO, 2018), και σχεδόν το 90% των θανάτων να συγκεντρώνεται σε χώρες χαμηλού ή μεσαίου εισοδήματος (Luttrell, Weaver and Harris, 2015). Παρόλα αυτά, οι συγκεκριμένες χώρες κατέχουν το 48% των επισήμων δηλωθέντων οχημάτων (WHO, 2018). Έρευνες έχουν δείξει ότι το ποσοστό ατυχημάτων εξαιτίας ανθρώπινου λάθους φτάνει το 90% (Maddox, 2012). Η βιομηχανία των Α.Ο. και οι φορείς πολιτικής υποστηρίζουν πως η βελτίωση της ασφάλειας στο δρόμο είναι ένα από τους πρωταρχικούς στόχους και μία από τις βασικές θετικές επιπτώσεις της χρήσης τους. (Mueller *et al.*, 2017). Έχει υπολογιστεί ότι εάν το 90% των κινούμενων οχημάτων στις ΗΠΑ μετατραπεί σε αυτόνομα περίπου 25.000 ανθρώπινες ζωές θα σώζονται ετησίως, ενώ η εξοικονόμηση κόστους θα ξεπεράσει τα 200 δισεκατομμύρια (Luttrell, Weaver and Harris, 2015). Έχοντας συζητήσει για την μείωση των ατυχημάτων, είναι σημαντικό να αναλυθεί ο τρόπος που θα προωθηθεί η γενικότερη ασφάλεια και προστασία των οδηγών, των επιβατών αλλά και όλων εκείνων που βρίσκονται στο οδικό δίκτυο όπως είναι οι πεζοί. Η απόλυτη τήρηση του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας και ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών που συναντά κανείς στα διάφορα

επίπεδα αυτοματοποίησης οδηγεί στη διατήρηση της οδικής ασφάλειας (Pisarov and Mester, 2020).

#### 4.1.2 Κυκλοφοριακή συμφόρηση και χωρητικότητα του οδικού δικτύου

Τα αυτόνομα οχήματα είναι σε θέση να λειτουργήσουν με πιο αποτελεσματικό και ασφαλές τρόπο, βελτιώνοντας την κυκλοφοριακή ροή στους δρόμους και επομένως μειώνοντας έτσι την συμφόρηση. Δύο τρόποι με τους οποίους η χρήση των Α.Ο. επηρεάζει την κυκλοφοριακή συμφόρηση είναι α) η μείωση της κυκλοφορικής καθυστέρησης λόγω της ελάττωσης των ατυχημάτων, και β) η ενίσχυση της αποδοτικότητας της μετακίνησης των οχημάτων (Anderson *et al.*, 2016). Ερευνητές υποστηρίζουν ότι η ενσωμάτωση των Α.Ο. επιφέρουν θεμιτά αποτελέσματα τόσο στην χωρητικότητα των αυτοκινητόδρομων (Y. Liu *et al.*, 2017) όσο και των διασταυρώσεων/κόμβων (Fakharmoosavi *et al.*, 2020). Η χρήση των Α.Ο. ακόμα και σε χαμηλότερο βαθμό ενισχύει τη σταθερότητα της κυκλοφορικής ροής μειώνοντας τα κύμα stop-and-go (Stern *et al.*, 2018). Επομένως, η αποφυγή των διακυμάνσεων στην ταχύτητα των οχημάτων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης ταχύτητας των οχημάτων στο σύνολό τους (Zheng *et al.*, 2020).

Η μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την χωρητικότητα και την κυκλοφοριακή ικανότητα του οδικού δικτύου. Οι τεχνολογίες των Α.Ο. προσφέρουν μία ομαλά συντονισμένη πλοήγηση καθ' όλη τη διάρκεια ενώ ταυτόχρονα ελέγχουν το περιβάλλον του. Εκ τούτου, τα Α.Ο. έχουν τη δυνατότητα να ταξιδεύουν χρησιμοποιώντας υψηλότερες ταχύτητες διατηρώντας μικρότερες αποστάσεις. Έρευνες έχουν δείξει ότι η ενσωμάτωση των Α.Ο. θα οδηγήσει σε αύξηση της χωρητικότητας του οδικού δικτύου σημαντικά (Fernandes and Nunes, 2012). Παράλληλα, το γεγονός ότι τα Α.Ο. είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους αλλά και με τις υποδομές έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της καθυστέρησης στους σηματοδότες και άρα την αύξηση της χωρητικότητας της οδού (Fajardo *et al.*, 2011).

#### 4.1.3 Χρήσεις γης και επανασχεδιασμός της πόλης

Ενσωματώνοντας τα αυτόνομα οχήματα στο οδικό δίκτυο, οι χώροι στάθμευσης εντός των ορίων της πόλης θα μειωθούν δραματικά αγγίζοντας το 90%, εάν τα Α.Ο. χρησιμοποιούνται ως διαμοιραζόμενα οχήματα (Soteropoulos, Berger and Ciari, 2019). Επιπλέον, η δυνατότητα των Α.Ο. να βελτιώσουν την κυκλοφοριακή ικανότητα, άρα και τη χρήση της υφιστάμενης δομής, μπορεί να απελευθερώσει δημόσιο χώρο και να επιτρέψει τον επανασχεδιασμό του μετατρέποντας μέρος των υποδομών των οχημάτων σε πράσινους και μπλε χώρους κατάλληλους για τη σωματική άσκηση και την κοινωνική αλληλεπίδραση των πολιτών της πόλης (Vert *et al.*, 2019). Στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, η μαζική κατασκευή και χρήση οχημάτων

είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία των προαστιακών χώρων των πόλεων. Η σχέση ανάμεσα στα Α.Ο. και την χρήση γης είναι περίπλοκη και παράδοση μιας και προκύπτουν δύο σενάρια. Στο πρώτο, κατά το οποίο τα Α.Ο. χρησιμοποιούνται από ιδιώτες, μπορούν να οδηγήσουν στην περαιτέρω ανάπτυξη και την προέκταση των προαστίων. Στο ακριβώς αντίθετο σενάριο, τα Α.Ο. μέσω της διαμοιρασμένης κινητικότητας (*shared mobility*) προλαμβάνουν την ανάγκη χώρων στάθμευσης, επομένως οι χώροι αυτοί στο κέντρο της πόλης είναι διαθέσιμοι για άλλες χρήσεις. Εκτιμάται ότι ο συνολικός χώρος που είναι αφιερωμένος για στάθμευση οχημάτων αντιστοιχεί στο 31% της πόλης (Shoup, 2005).

#### 4.1.4 Αξία του χρόνου

Διερευνώντας ολιστικά τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση των Α.Ο. είναι σημαντικό να αναφερθεί η απαλλαγή των οδηγών από τις νοητικές και πρακτικές ενέργειες που σχετίζονται με την οδήγηση, δίνοντάς τους έτσι την επιλογή να αξιοποιήσουν τον χρόνο που βρίσκονται εν κινήσει με διαφορετικό τρόπο όπως με την εκπόνηση άλλων παραγωγικών δραστηριοτήτων. Με άλλα λόγια, τα Α.Ο. συνεισφέρουν στην εξοικονόμηση χρόνου των επιβατών που θα αφιέρωναν σε εκτός τροχού δραστηριότητες (Anderson *et al.*, 2014).

#### 4.1.5 Περιβάλλον

##### 4.1.5.1 Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Η ποιότητα του αέρα και διαφοροποιήσεις των εκπομπών αερίων είναι η πιο μελετημένη περιβαλλοντική επίπτωση των Α.Ο. και τα αποτελέσματά της θα διαχωριστούν σε τρεις ομάδες. Η πρώτη ομάδα αφορά τις έρευνες που έχουν γίνει σε περιπτώσεις όπου το κυκλοφορικό περιβάλλον αποτελείται αποκλειστικά από Α.Ο., η δεύτερη αναφέρεται σε μεικτό κυκλοφορικό περιβάλλον με διαφοροποιήσεις όσον αφορά το επίπεδο ενσωμάτωσης των Α.Ο., και η τρίτη ομάδα που απαντάει στα αποτελέσματα κοινόχρηστη κινητικότητα (*shared mobility*).

##### Επιπτώσεις λόγω του σχεδιασμού και της λειτουργίας των Α.Ο.

Ανάμεσα στις ποικίλες μεταβλητές που επηρεάζουν την κατανάλωση και τις εκπομπές ρύπων τα Α.Ο., είναι απαραίτητο να εξεταστούν αρχικά αυτές που προέρχονται από τον ίδιο τους τον σχεδιασμό, το σύστημα οδήγησης και τον απαραίτητο εξοπλισμό. Η επιτάχυνση και η δύναμη της τριβής καταναλώνουν το 53,4% της συνολικής κατανάλωσης ενός ηλεκτρικού αυτόνομου οχήματος, επομένως οποιαδήποτε βελτίωση στην οδηγική συμπεριφορά θα είχε ως αποτέλεσμα να μειωθεί η κατανάλωση και άρα οι εκπομπές (Zhang *et al.*, 2019). Πράγματι, τα αποτελέσματα που έχουν εκτιμηθεί μαζί με την MOVES (Motor Vehicle Emission Simulator of the US Environmental Protection Agency) αποδεικνύουν ότι μόνο με την αντικατάσταση των οχημάτων που οδηγούνται από ανθρώπους με Α.Ο. θα μειωθούν οι εκπομπές ρύπων έως και

14% (Liu, Kockelman and Nichols, 2017). Μεγάλο μέρος της αποδοτικότητας θα επιτευχθεί της μείωσης της κυκλοφοριακής συμφόρησης, η οποία έγκειται στα συστήματα συνεργατικής οδήγησης (cooperative driving system) όπως η συνεργατική οικολογική οδήγηση σε σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις και ο συνεργατικός προσαρμοστικός έλεγχος ταχύτητας και Platooning. Ο όρος συνεργατική οδήγηση των Α.Ο. έχει ερευνηθεί παγκοσμίως. Η συνεργατικότητα αφορά την διαδικασία λήψης αποφάσεων των οχημάτων αποσκοπώντας στο συντονισμό των κινήσεών τους ώστε να επιτευχθεί ο στόχος που δεν μπορεί να συμβεί λειτουργώντας το κάθε όχημα ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα (Mariani, Gabri and Zambonelli, 2021). Το συνεργατικό στοιχείο στην αυτοματοποίηση των οχημάτων αφορά τη χρήση του συστήματος επικοινωνίας V2V και V2I η οποία βασίζεται στο DSRC ή στο Διαδίκτυο 5<sup>ης</sup> γενιάς ή αλλιώς 5G (Voegelé and Zhivon, 2018). Η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών επιτρέπουν στα οχήματα να κατακτήσουν ένα επίπεδο αυτοματισμού αλλά και να ταξιδεύουν σε ένα μοτίβο διμοιρίας (Platooning) (Lu, Li and Huang, 2017). Ο όρος αυτός αναφέρεται σε μία στενά διατεταγμένη σειρά οχημάτων τα οποία ακολουθούν τον ίδιο αρχηγό-όχημα διατηρώντας στενή εγγύτητα και επικοινωνία αναμεταξύ τους, ενώ η κίνησή τους είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και ελεγχόμενη κατά μήκος και ύψος της διμοιρίας (Li. and Wang, 2007). Τα εν λόγω υποσυστήματα επιφέρουν τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά οφέλη (Wang, Dai and Xia, 2020).

Πολλές έρευνες αναλύουν την βελτίωση της κυκλοφορίας σε διασταυρώσεις με την χρήση των Α.Ο. λόγω της επικοινωνίας Όχημα-με-Υποδομές (V2I), με αποτέλεσμα την μείωση στις εκπομπές από 13,8% έως 59% (Filocamo, Ruiz and Sotelo, 2020; Wang, Wu and Barth, 2020). Πολλοί ερευνητές προτείνουν βελτίωση μέσω διαφόρων συνεργατικών μοντέλων (Ma *et al.*, 2019) και στρατηγικές μεταβαλλόμενων ταχυτήτων με δυνατότητα μείωσης των εκπομπών έως και 44,62% (Guo *et al.*, 2020).

Άλλες μελέτες αναλύουν την ενσωμάτωση ποικίλων δυναμικών συστημάτων δρομολόγησης και στρατηγικών οικολογικής οδήγησης ώστε να αποσυμφορηθεί η κυκλοφορία στους δρόμους (Djavadian *et al.*, 2020). Σχετικά με τις λειτουργίες οδήγησης, ερευνητές μελετούν τις διακυμάνσεις των εκπομπών λόγω των κυκλοφοριακών συνθηκών και των οδηγικών συμπεριφορών. Η έκβαση των μελετών τους δείχνουν ότι οι εκπομπές μπορούν να μειωθούν κατά 26% αλλά και να αυξηθούν 35% αναλόγως αν τα οχήματα είναι προγραμματισμένα στην επιθετική ή προσεκτική οδήγηση (Stogios *et al.*, 2019).

Τέλος, κάποιες έρευνες επικεντρώνονται σε όλη τη διάρκεια ζωής των οχημάτων και όχι μόνο στη λειτουργική τους φάση. Σε επίπεδο οχήματος (φάση κατασκευής, συντήρησης και το τέλος ζωής) τα ηλεκτρικά αυτόνομα οχήματα παράγουν 35% περισσότερες εκπομπές από ένα

συμβατικό όχημα εσωτερικής καύσης, παρόλο που, σε φάση λειτουργίας, τα Α.Ο. θα μπορούσαν να επιτύχουν εξοικονόμηση έως 60% σε ένα σενάριο όπου χρησιμοποιούνται αποκλειστικά μόνο αυτά (Patella *et al.*, 2019).

#### Επιπτώσεις της μεικτής (αυτόνομα/συμβατικά οχήματα) κυκλοφορίας και των διαφορετικών επιπέδων ενσωμάτωσης των Α.Ο.

Η ενσωμάτωση των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο κυκλοφορίας γίνεται σταδιακά, άρα για ένα χρονικό διάστημα είναι εύλογο να συνυπάρχουν τα συμβατικά και τα αυτόνομα οχήματα. Σε πειράματα κλειστού βρόγχου, η παρουσία των Α.Ο. ακόμα και σε χαμηλό επίπεδο ενσωμάτωσης (5%), είναι σε θέση να σταθεροποιήσει τη κυκλοφορία και να εξομαλύνει τα διαστήματα διακοπής-επιτάχυνσης, με αποτέλεσμα να συμβάλλει στην μείωση των εκπομπών σε μεγάλο βαθμό (Stern *et al.*, 2019). Παρά ταύτα, σε ρεαλιστικό πρότυπο η παρουσία αυτόνομων οχημάτων σε συνδυασμό με οχήματα οδηγούμενα από άνθρωπο δεν βελτιώνουν πάντα τις συνθήκες κυκλοφορίας. Σε συνθήκες κυκλοφορίας με υψηλή πυκνότητα, τα μη διασυνδεδεμένα Α.Ο. τείνουν να επιβραδύνουν λόγω παραμέτρων ασφάλειας παράγοντας έτσι 11% περισσότερες εκπομπές, αλλά εάν τα Α.Ο. ήταν διασυνδεδεμένα τότε θα μπορούσε να επιτευχθεί μείωση των εκπομπών έως και 5% (Mattas *et al.*, 2018). Έρευνες δείχνουν ότι η παρουσία συνδεδεμένων Α.Ο. σε σενάριο μεικτής κυκλοφορίας μπορεί να αυξήσει την εκπομπή CO<sub>2</sub> κατά 4%, όμως μπορεί και να την μειώσει κατά 18% αναλόγως με το τύπο του δρόμου, τις ρυθμίσεις οδήγησης και το βαθμό ενσωμάτωσής τους (Bandeira *et al.*, 2021).

Μελέτες που ερευνούν το αντίκτυπο των Α.Ο. στην ποιότητα του αέρα σε αστικά περιβάλλοντα παρουσιάζουν ότι με ποσοστό ενσωμάτωσης 30% υπάρχει μία μικρή αύξηση κατά 0,7% στην εκπομπή CO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub> ως αποτέλεσμα της αυξημένης ζήτησης και των επιταχύνσεων μετά από στάσεις (Rafael *et al.*, 2020). Παρομοίως, ορισμένες μελέτες δείχνουν ότι η μέγιστη ενεργειακή απόδοση επιτυγχάνεται με ποσοστό ενσωμάτωσης των ηλεκτρονικών Α.Ο. 20% σε μεικτή platoon ηλεκτρικών οχημάτων οδηγούμενα από άνθρωπο συνδυαστικά με ορισμένες συνεργατικές στρατηγικές καθώς σε μεγαλύτερα ποσοστά στην αγορά, η ανάκτηση ενέργειας των οχημάτων τείνει να μειώνεται (Lu, Dong and Hu, 2019). Ο όρος μεικτή platoon (mixed platoon) δεν έχει οριστεί συγκεκριμένα από τους ερευνητές, ωστόσο αναφέρεται στη συνύπαρξη συμβατικών οχημάτων οδηγούμενα από ανθρώπους και Α.Ο.. Ερευνητές έχουν ονομάσει αυτή την συνύπαρξη ως το μοντέλο «1+ n», όπου 1 αφορά τα συμβατικά οχήματα και n τα Α.Ο.. (Chen *et al.*, 2021). Επομένως, μία μεικτή διμοιρία αποτελούμενη από συμβατικά οχήματα και Α.Ο. χρήζει την αντιμετώπιση και τον έλεγχο ως μιας οντότητας (Orki and Arogeti, 2019).

Διαφορετικές μελέτες δείχνουν ότι η αναλογία των Α.Ο. στην κυκλοφορία επηρεάζει δύο σημαντικές παραμέτρους: την οδική χωρητικότητα και το όριο ταχύτητας. Αυτό συμβαίνει διότι όταν αυξάνεται η παρουσία των Α.Ο. στο δρόμο, βελτιώνεται η οδική χωρητικότητα, ενώ μπορούν να μειωθούν οι εκπομπές κατά 30%, εάν η ταχύτητα δεν ξεπεράσει το βέλτιστο επίπεδο (Hwang and Song, 2019).

Εξίσου σημαντική είναι και η τοποθέτηση των Α.Ο. εντός της ουράς των κινούμενων οχημάτων. Τα συμβατικά οχήματα χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να ανταποκριθούν και ως εκ τούτου αποσταθεροποιούν την κυκλοφορία. Αντιθέτως, η ενσωμάτωση των συνδεδεμένων Α.Ο. μπορούν να βελτιώσουν την αποδοτικότητα και μειώσουν τις εκπομπές καθώς επεξεργάζονται τις πληροφορίες που τους δίνουν τα προπορευόμενα οχήματα (Jin *et al.*, 2020). Για παράδειγμα, ένα Α.Ο. που βρίσκεται στο μπροστινό μέρος μιας σειράς μεικτής κυκλοφορίας, είναι σε θέση να καθοδηγήσει όλη τη σειρά επιτυγχάνοντας μία πρόσθετη εξοικονόμηση καυσίμου έως και 2% και μειώνοντας γραμμικά τις εκπομπές (Lu *et al.*, 2019).

Με το τρόπο που αναπτύσσεται η βελτιστοποίηση των κινήσεων στις διασταυρώσεις με αποκλειστική κυκλοφορία Α.Ο., έτσι και οι περιπτώσεις μεικτής κυκλοφορίας σε διασταυρώσεις αρχίζουν να μελετιούνται, οδηγώντας σε βελτίωση της χρήσης των διασταυρώσεων και επομένως σε μειωμένες εκπομπές (Kamal, Imura and Hayakawa, 2020). Τα χαμηλά επίπεδα ενσωμάτωσης των συνδεδεμένων Α.Ο. είναι πιθανό να αυξήσουν τις εκπομπές λόγω της αναποτελεσματικής συμπεριφοράς των συμβατικών οχημάτων (McConky and Rungta, 2019). Η εφαρμογή συστημάτων συνεργατικού προσαρμοστικού ελέγχου ταχύτητας (CACC) και στρατηγικών ταχύτητας επιδρούν θετικά σε περιβάλλοντα μεικτής κυκλοφορίας (Huang *et al.*, 2020).

#### Επιπτώσεις της διαμοιρασμένης κινητικότητας και των διαμοιρασμένων Α.Ο.

Οι πλατφόρμες υπηρεσιών διαμοιρασμένης κινητικότητας δίνουν την δυνατότητα να βελτιωθεί η σχέση προσφοράς-ζήτησης στις μετακινήσεις. Έρευνα προτείνει ότι στη μελέτη περίπτωσης του Τέξας η χρήση αυτόνομων ταξί μπορεί να πετύχει μείωση εκπομπών έως και 60% με παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και άλλως ειδών τροποποιήσεις (Gawron *et al.*, 2019). Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν ερευνητές που υποστηρίζουν ότι, εφόσον τα ναύλα για αυτού του είδους τις υπηρεσίες παραμείνουν χαμηλά, μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των εκπομπών από 16,8% έως 42,7% (Liu *et al.*, 2017).

Στη περίπτωση της Νέας Υόρκης, έχει εκτιμηθεί ότι με η χρήση κοινών αυτόνομων ταξί μπορούν να διατηρήσουν το ίδιο βαθμό εξυπηρέτησης των συμβατικών ταξί χρησιμοποιώντας κατά 59% λιγότερα οχήματα και μειώνοντας τις εκπομπές κατά 725 τόνους CO<sub>2</sub> ημερησίως

(Lokhandwala and Cai, 2018). Το μέγεθος του στόλου των οχημάτων και τα πρωτόκολλα επαναφόρτισης είναι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαφοροποίηση του ποσοστού εκπομπών (Zhang *et al.*, 2020). Ως εκ τούτου, στοχεύοντας στην μείωση των εκπομπών κατά 42% προτείνεται η ενσωμάτωση αυτόνομων ταξί με σωστή εκτίμηση των υπηρεσιών βάση γεωγραφικής περιοχής και σωστή αναλογία οχημάτων ανά σημείο φόρτισης (Miao *et al.*, 2019).

Μία μέθοδος για να μειωθούν οι εκπομπές είναι η θέσπιση τελών εκπομπών καυσαερίων με σκοπό την προώθηση της διαμοιρασμένης κινητικότητας. Οι εκπομπές θα μπορούσαν να εξαλειφθούν τελείως εάν οι φόροι εκπομπών είχαν εφαρμοστεί (Jones and Leibowicz, 2019). Το 20% των αυτόνομων διαμοιρασμένων οχημάτων επαρκεί ώστε να παρέχει τις ίδιες υπηρεσίες με όλο το στόλο των ιδιωτικών οχημάτων που προορίζεται για μετακινήσεις. Με αυτό το τρόπο, παρουσιάζεται μία αύξηση των εκπομπών κατά 20% λόγω των «κενών» διαδρομών με σκοπό την εύρεση του επόμενου πελάτη (Lu *et al.*, 2018). Γενικότερα, εξετάζοντας τις υπηρεσίες διαμοιρασμένης κινητικότητας μεγάλης κλίμακας με οδηγό άνθρωπο αλλά και τα Α.Ο., τα δεδομένα δείχνουν ότι η αντικατάσταση των συμβατικών οχημάτων με Α.Ο. οδηγούν στη μείωση των εκπομπών έως και 12,3% (Yao *et al.*, 2020).

#### 4.1.5.2 Ηχορύπανση

Η ηχορύπανση και η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελούν τους δύο πιο υψηλούς κινδύνους της υγείας των πολιτών σε αστικές περιοχές και είναι υπεύθυνες για παραπάνω από 75% των ασθενειών που αποδίδονται σε περιβαλλοντικούς παράγοντες (Hänninen *et al.*, 2014). Οι άνθρωποι οι οποίοι ζούνε στα αστικά κέντρα βιομηχανοποιημένων χωρών είναι εκτεθειμένοι κατά τη διάρκεια της ημέρας σε ήχους που αγγίζουν τα 50 dB (Silva *et al.*, 2022). Υπάρχουν επαρκή στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η έκθεση σε τόσο υψηλά επίπεδα dB μπορεί να προκαλέσει ορισμένες ασθένειες (Passchier-Vermeer and Passchier, 2000). Πρώιμες μελέτες δείχνουν ότι σε σενάριο που τα Α.Ο. έχουν ενσωματωθεί πλήρως στο αστικό οδικό δίκτυο μπορεί να υπάρξει βελτίωση της ηχορύπανσης κατά 24% λόγω της μείωσης της κυκλοφοριακής συμφόρησης κατά 5% (Patella, Aletta and Mannini, 2019).

#### 4.1.5.3 Φωτορύπανση

Ένα άλλο είδος ρύπανσης που σχετίζεται με το αστικό περιβάλλον και τις διαδρομές μεταφορών είναι το τεχνητό φως κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το τεχνητό φως έχει αρνητικό αντίκτυπο στα οικοσυστήματα (Gaston *et al.*, 2015). Πέρα από το κίνδυνο που αποτελεί για τους διάφορους πληθυσμούς, τα τεχνητό φως καταναλώνει μεγάλες ποσότητες ενέργειας παράγοντας 1900 εκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub> ετησίως (International Energy Agency, 2006). Η βιβλιογραφία σχετικά με την σύνδεση των Α.Ο. και την φωτορύπανση είναι περιορισμένη. Ωστόσο, έρευνες δείχνουν ότι τα Α.Ο. είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να

ταξιδεύουν με ασφάλεια υπό συνθήκες χαμηλού φωτισμού, μειώνοντας έτσι την ανάγκη φωτισμού (Stone, Santoni De Sio and Vermaas, 2020). Αντίστοιχα, σε προσομοίωση ενός πραγματικού τμήματος ενός αυτοκινητόδρομου με σχετικά αυξημένη κυκλοφοριακή συμφόρηση (70% με 90% της χωρητικότητας του δρόμου), η εισαγωγή των Α.Ο. έχει θετικές επιπτώσεις όσον αφορά την εκπομπή ρύπων κατά 2% έως 58%. Ωστόσο, σε ένα ακραίο σενάριο έντονης συμφόρησης (3 φορές τη χωρητικότητα του δρόμου), αφενός βελτιώνεται η ροή των οχημάτων, αφετέρου δεν αποφεύγεται η περιβαλλοντική υποβάθμιση (Li and Wagner, 2019) μιας και αυξάνεται η πυκνότητα της κυκλοφορίας και άρα παράγονται περισσότεροι ρύποι (Makridis *et al.*, 2020).

## 4.2 Μειονεκτήματα και Κίνδυνοι

### 4.2.1 Επιπτώσεις στις χρήσεις γης

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω η ενσωμάτωση των Α.Ο. θα έχει ως συνέπεια την πιθανή εξάπλωση των ορίων της πόλης. Η επιτάχυνση της αστικής εξάπλωσης είναι μία από τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις της εφαρμογής των Α.Ο. καθώς επηρεάζει άμεσα το περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένης και της κατάληψης και χρήσης της γης (Silva *et al.*, 2022). Κάποια από τα αποτελέσματα αυτής της εξάπλωσης είναι η απώλεια περιβαλλοντικά ευάλωτων περιοχών, μικρότεροι και λιγότεροι ανοιχτοί χώροι, απώλεια γεωργικών εκτάσεων, μείωση της βιοποικιλότητας, και, ως εκ τούτου, αύξηση των πλημμυρών, και καταστροφή των οικοσυστημάτων (Johnson, 2001). Βέβαια, πολλές από τις παραπάνω επιπτώσεις στη γη είναι πιο εύκολα ορατά από ότι μετρήσιμα, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η μελέτη τους. Είναι επίσης πιθανό, αυτά τα αποτελέσματα να μην ληφθούν υπόψη από τους αρμόδιους μελετητές έως ότου να περάσει ένα μεγάλο χρονικό διάστημα και έτσι να είναι πιο ορατός ο κίνδυνος που αυτά ελλοχεύουν (Silva *et al.*, 2022). Γενικά, δεν έχουν ακόμη μελετηθεί επαρκώς τα προβλήματα που σχετίζονται με την αστική εξάπλωση λόγω της ενσωμάτωσης των Α.Ο..

### 4.2.2 Επιπτώσεις στους υδάτινους πόρους

Η αλλαγή χρήσης γης είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που συμβάλλουν στην υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η εξάπλωση των προαστίων είναι ένα από τα πιθανά αποτελέσματα της ενσωμάτωσης των Α.Ο., ως εκ τούτου, αναγνωρίζεται ότι οι αστικές και βιομηχανικές χρήσεις γης είναι καθοριστικός παράγοντας που επιδρά στη ποιότητα των υδάτινων ρευμάτων (Wang, Kim and Li, 2021). Η αστικοποίηση προκαλεί σημαντικές αλλαγές στο υδρογεωλογικό σύστημα καθώς αυξάνοντας τη δομημένη έκταση, πληθαίνουν οι εμφανίσεις και η ένταση των πλημμυρών, μειώνεται η αναπλήρωση του υδροφόρου ορίζοντα, εξαλείφονται τα μικρά επιφανειακά υδατορεύματα, αυξάνεται το φορτίο των ρύπων και παράλληλα μεγαλώνει η ζήτηση νερού (Silva *et al.*, 2022). Ορισμένες

μελέτες υποδηλώνουν ότι υπάρχει μια συνδεσιμότητα ανάμεσα στη πιθανή αύξηση της αστικής εξάπλωσης χαμηλής πυκνότητας και τη μαζική ενσωμάτωση των Α.Ο.. Οι επιπτώσεις της αλλαγής του αστικού χώρου θα είναι ορατές και στο υδάτινο περιβάλλον (Milakis, Kroesen and Van Wee, 2018).

#### *4.2.3 Ασφάλεια ηλεκτρονικών και κυβερνο-φυσικών συστημάτων*

Ιδιαίτερης σημασίας είναι η ασφάλεια των Α.Ο., καθώς χάκερς μπορούν να παραβιάσουν την ασφάλεια των αυτοκινήτων ή τα συστήματά τους και να προκαλέσουν σημαντικό πρόβλημα. Παραδείγματος χάριν, το 2015 χάκερς κατάφεραν να ελέγξουν εξ αποστάσεως ένα Jeep Cherokee ενώ βρισκόταν σε κυκλοφορία (Greenberg, 2015). Τα οχήματα μπορούν να αναπρογραμματιστούν με σκοπό να προκαλέσουν ατύχημα. Η οδική ασφάλεια εξαρτάται έως ένα μεγάλο βαθμό από την ηλεκτρονική ασφάλεια λόγω της εξάρτησης των Α.Ο. από το διαδίκτυο. Αυτή η σχέση καθιστά τα δεδομένα που προκύπτουν από τα Α.Ο. ευάλωτα σε κυβερνοεπιθέσεις (Collingwood, 2017) και τρομοκρατικές επιθέσεις προκαλώντας έτσι προβλήματα στο οδικό δίκτυο (Fagnant and Kockelman, 2015). Για αυτό το λόγο, είναι αναγκαίο να εξοπλιστούν με σύστημα ασφαλείας τελευταίας τεχνολογίας ώστε να είναι όσον το δυνατόν πιο ασφαλή (Bartneck *et al.*, 2021).

#### *4.2.4 Θέματα ιδιωτικότητας*

Το ζήτημα της ιδιωτικότητας έχει έρθει στο προσκήνιο από το 2018 έπειτα από εξελίξεις όπως τον Ευρωπαϊκό γενικό κανονισμό για την προστασία των δεδομένων, ο οποίος σχετίζεται με τα Α.Ο.. Τα Α.Ο. συλλέγουν ένα τεράστιο αριθμό δεδομένων κάθε δευτερόλεπτο που κινούνται, το οποίο είναι απαραίτητο για την αξιολόγηση της λειτουργία τους και την βελτίωση της ασφάλειας. Από την άλλη πλευρά, τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι προσωπικά και ευαίσθητα δεδομένα, παρακολουθώντας την τοποθεσία των επιβατών και τη συμπεριφορά του οδηγού. Τέτοιου είδους πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς για τους οποίους δεν προορίζονταν αρχικά. Επιπλέον, για να ενεργοποιηθεί η μηχανή ενός Α.Ο. απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο οδηγός ή/και οι επιβάτες να αποδέχονται τους όρους του κατασκευαστή του αυτοκινήτου, ο οποίος θα έχει πρόσβαση σε αυτά (Bartneck *et al.*, 2021). Συμπερασματικά, για την προστασία των προσωπικών δεδομένων των χρηστών των Α.Ο. είναι σημαντικό να απαντηθούν τα εξής ερωτήματα: α) Ποιος πρέπει να συλλέγει και να ελέγχει τα δεδομένα του Α.Ο.;, β) Τί είδους δεδομένα αποθηκεύονται;, γ) Σε ποιους κοινοποιούνται και ποιοι έχουν πρόσβαση σε αυτά;, δ) Με ποιους τρόπους διατίθενται τα δεδομένα;, και τέλος ε) Για ποιους σκοπούς χρησιμοποιούνται; (Fagnant and Kockelman, 2015)

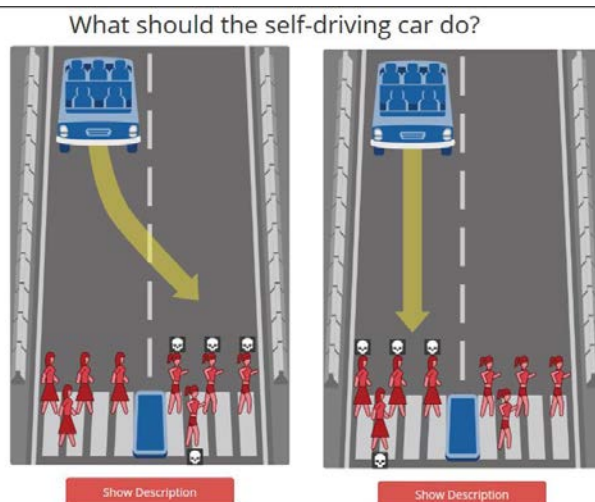
#### 4.2.5 Κατάλληλος σχεδιασμός της διεπαφής ανθρώπου- μηχανής

Ένα ζήτημα μείζονος σημασίας είναι η διεπαφή ανάμεσα στον άνθρωπο οδηγό και το Α.Ο. καθώς σε κατάσταση κυκλοφορίας ο χρόνος είναι εξαιρετικά κρίσιμος (Carsten and Martens, 2019). Πρέπει να είναι σαφές σε οποιαδήποτε στιγμή ποιος έχει το έλεγχο, ενώ η διαδικασία εναλλαγής των λειτουργιών μεταξύ του οχήματος και του ανθρώπου πρέπει να είναι σαφώς καθορισμένη. Εξίσου σημαντικό είναι να είναι προγραμματισμένος ο διαρκής και δυναμικός έλεγχος του οχήματος και η καταγραφή της συμπεριφοράς του (Bartneck *et al.*, 2021).

#### 4.2.6 Καταστάσεις αναπόφευκτων ατυχημάτων

Έρευνες σχετικά με την ηθική των Α.Ο. περιστρέφεται γύρω από ζητήματα όπως «το δίλλημα του τραίνου», όπου ένα ατύχημα είναι αναπόφευκτο και το Α.Ο. πρέπει να αποφασίσει ανάμεσα σε δύο κακά (Bonnefon, Shariff and Rahwan, 2016) (Εικόνα 6). Το ηθικό δίλλημα είναι αν πρέπει ένα όχημα να επιλέξει να στρίψει για να αποφύγει να χτυπήσει τέσσερα άτομα και να χτυπήσει ένα ή αν έχει σημασία η ηλικία ή η οικονομική και κοινωνική κατάσταση των εν δυνάμει τραυματιών. Ορισμένοι υποστηρίζουν ότι τέτοιου είδους περιπτώσεις είναι εξαιρετικά σπάνιες, αλλά όχι απίθανες. Έτσι προκύπτει το ζήτημα αφενός να αποφευχθεί η δημιουργία ενός αλγόριθμου που θα επιλέγει στόχους ανάλογα με τα προσωπικά του χαρακτηριστικά (κάτι που απαγορεύεται π.χ. από τον Γερμανικό κώδικα δεοντολογίας), αφετέρου να επιτραπεί σε εταιρείες να προγραμματίσουν κώδικες που μειώνουν τον αριθμό των θανάτων και των τραυματισμών. Να σημειωθεί ότι τα Α.Ο. μέχρι στιγμής δεν είναι σε θέση να μεταβούν σε υπολογισμούς όπως το πρόβλημα του τραίνου, ενώ προσπαθούν να αποφύγουν όλα τα εμπόδια δίχως να τα αναγνωρίζουν παρά μόνο δίνοντας σημασία στο μέγεθός τους (Bartneck *et al.*, 2021).

Εικόνα 6. Παράδειγμα ερώτησης από το Moral Machine πείραμα που σχετίζεται με το «το δίλλημα του τραίνου» (MIT, 2014).



## 5. Υποδομές των Αυτόνομων Οχημάτων

Σήμερα τα αυτόνομα οχήματα χρησιμοποιούνται σε ελεγχόμενο περιβάλλον, αυτό θα αλλάξει αφού στο μέλλον πρόκειται να παίξουν μεγαλύτερο ρόλο στην μετακίνηση παγκοσμίως. Η αυτοματοποιημένη μετακίνηση πιθανολογείται να αποτελέσει την μεγαλύτερη πρόκληση και αλλαγή στο τρόπο που λειτουργεί και αναπτύσσεται το οδικό δίκτυο μεταφορών μετά από την εμφάνιση των αυτοκινούμενων οχημάτων (ITF, 2015).

Έτσι, η αυτοματοποιημένη μετακίνηση θα είναι αναπόσπαστο κομμάτι του μελλοντικού συστήματος μετακίνησης και μεταφοράς και θα έχει μεγάλη επιρροή στο τρόπο μετακίνησης (ITF, 2018a). Η ένταξη των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο μπορεί να επιφέρει διφορούμενα αποτελέσματα όπως έχει αναλυθεί στο κεφάλαιο 4. Από την μία πλευρά, η αυτοματοποιημένη μετακίνηση επιδρά θετικά στην επίτευξη κοινωνικών στόχων όπως η αποτελεσματική και βιώσιμη μετακίνηση στις πόλεις. Επιπλέον, τα Α.Ο. έχουν την δυνατότητα να αλλάξουν την χωρική οργάνωση των μεταφορών που έχει ως επακόλουθο την αναδιαμόρφωση του κέντρου των πόλεων. Ένα ακόμα πλεονέκτημα της ενσωμάτωσης των Α.Ο. είναι η μείωση του κινδύνου ατυχημάτων. Από την άλλη μεριά, υπάρχουν και πιθανά μειονεκτήματα που μπορούν να προκληθούν από την ένταξη της αυτοματοποιημένης οδήγησης όπως οι νέες πηγές κυκλοφοριακής συμφόρησης και η γενικότερη τάση προς αστική εξάπλωση (ITF, 2018b).

### **Η σύνδεση των υποδομών με την αυτοματοποιημένη οδήγηση**

Γενικότερα, η εξάπλωση των Α.Ο. πραγματοποιείται σε πολύ πιο αργούς ρυθμούς από αυτούς που αρχικά είχαν προταθεί (Burns, 2018). Η ρεαλιστική χρήση της αυτοματοποιημένης οδήγησης περιορίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές και οδούς υψηλών προοπτικών. Δεν θεωρείται σκόπιμη η γενικευμένη ανάπτυξη νέων υποδομών ειδικά διαμορφωμένων αποκλειστικά για τη κίνηση Α.Ο.. Για αυτό το λόγο, η δυνατότητα ασφαλούς και αποτελεσματικής αξιοποίησης των υπάρχοντων υποδομών για τη αυτοκινούμενη και αυτοματοποιημένη κίνηση θα καθορίσει τον βαθμό ενσωμάτωσης των Α.Ο..

Ο όρος «υποδομή» χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει όχι μόνο τον φυσικό οδό αλλά και τα ψηφιακά στοιχεία και δεδομένα που υποστηρίζουν την αυτοματοποίηση. Εξίσου μεγάλης σημασίας είναι το νομικό και θεσμικό πλαίσιο που διέπει τη διαχείριση τη χρήση των Α.Ο.. Οι συμβατικές φυσικές υποδομές σε συνδυασμό με τις «αόρατες» υποδομές που σχετίζονται με τα δεδομένα, την συνδεσιμότητα και τους κανονισμούς παίζουν καθοριστικό ρόλο στο τι είναι πιθανό και τι όχι όσον αφορά την τεχνολογία που ήδη υπάρχει. Αυτό αποτελεί ταυτοχρόνως εμπόδιο που πρέπει να ξεπερασθεί αλλά και ευκαιρία που πρέπει να χρησιμοποιηθεί (ITF, 2023).

### **Βασικοί φορείς που συνδέουν την αυτοματοποιημένη οδήγηση με τις υποδομές**

Η τεχνική εξέλιξη των Α.Ο. εξαρτάται από δύο βασικές ομάδες φορέων. Η πρώτη ομάδα αφορά τις παραδοσιακές κατασκευαστικές εταιρείες αυτοκινήτων, η οποία θεωρεί ότι η αυτοματοποίηση της κίνησης αποτελεί λογική εξέλιξη των υπάρχοντων συστημάτων, όπως το σύστημα αυτόματου πιλότου (cruise control). Η δεύτερη ομάδα σχετίζεται με τον τομέα της τεχνολογίας, και πρόκειται είτε για ευρέως γνωστές εταιρείες του χώρου, είτε για νεότερες start-up επιχειρήσεις που επικεντρώνονται στην τεχνολογία της αυτό-οδήγησης ή στην κατασκευή βασικών τμημάτων και εξαρτημάτων του εξοπλισμού. Οι δραστηριότητες των δύο ομάδων πολλές φορές επικαλύπτονται λόγω των συγχωνεύσεων και των εξαγορών διαφορετικών παρόχων, ενώ ενισχύονται από ένα ευρύ φάσμα πιο συμβατικών προμηθευτών και προγραμματιστών. Αυτή η διαδικασία λαμβάνει χώρα στο πλαίσιο του ιδιωτικού τομέα καθώς ο σκοπός είναι η δημιουργία και η πώληση εμπορικά βιώσιμων προϊόντων ή υπηρεσιών. Συνεπώς, δημιουργούνται πιέσεις ώστε οι δύο ομάδες να δράσουν γρήγορα αλλά και αποτελεσματικά (ITF, 2023).

Αντιθέτως, οι οδικές υποδομές εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τις τεχνικές και διοικητικές υπηρεσίες των τοπικών, περιφερειακών και εθνικών κυβερνήσεων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, εξιδεικευμένοι φορείς/πρακτορεία έχουν την αποκλειστική ευθύνη για τη διαχείριση των υποδομών του οδικού δικτύου των αυτοκινητόδρομων, ενώ σε άλλες περιπτώσεις, κατά βάση σε τοπικές οδούς, η συντήρηση του οδικού δικτύου αποτελεί μέρος ενός γενικότερου σχεδίου υπηρεσιών που παρέχονται από την τοπική αυτοδιοίκηση. Οι αιρετοί συνήθως οφείλουν να ελέγχουν την πορεία των φορέων διαχείρισης των αυτοκινητόδρομων (ITF, 2017a).

Ένας άλλος βασικός φορέας που επηρεάζει το δίκτυο υποδομών αυτόνομης οδήγησης είναι το δίκτυο τηλεπικοινωνιών. Το δίκτυο τηλεπικοινωνιών είναι υπεύθυνο για τη ψηφιακή συνδεσιμότητα των Α.Ο. και βρίσκεται κυρίως στα χέρια ιδιωτικών εταιρειών που εξυπηρετούν την γενικότερη αγορά τηλεπικοινωνιών. Τα δεδομένα των Α.Ο. παρέχονται από ποικίλους δημόσιους και ιδιωτικούς οργανισμούς όπως για παράδειγμα τις εταιρείες χαρτογράφησης. Ταυτόχρονα τα δεδομένα γεωχωρικού εντοπισμού παρέχονται μέσω δορυφορικών δικτύων που διαχειρίζονται από κυβερνήσεις ή διεθνείς φορείς. Πέρα από τις οδικές και τηλεπικοινωνιακές υποδομές, εξίσου σημαντικές είναι οι νομικές/θεσμικές υποδομές, οι οποίες είναι ευθύνη των κυβερνήσεων και παίζουν σημαντικό ρόλο για τους αναγνωρισμένους οργανισμούς πιστοποιήσεων (ITF, 2017b). Φυσικά κάθε ομάδα υποκινείται από τις δικές της προτεραιότητες και σκοπούς.

Παλαιότερα, οι φορείς διαχείρισης των αυτοκινητόδρομων δεν είχαν ιδιαίτερη ανάμειξη με τους φορείς ανάπτυξης των Α.Ο. ή παροχής σχετικών υποστηρικτικών υπηρεσιών. Λόγω του σχετικά σταθερού τρόπου διαχείρισης της φυσικής οδού αλλά και των ποικίλων αντιμαχόμενων

προτεραιοτήτων, οι προαναφερόμενες ομάδες δεν ήταν σε θέση να ανταλλάξουν απόψεις. Επιπλέον, υπάρχει μία ευρύτερη ανεπάρκεια δεξιοτήτων και τεχνογνωσίας που απαιτούνται για την κριτική αντιμετώπιση των νεότερων τεχνικών ζητημάτων. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψιν τις συνεχείς εξελίξεις πολλές από τις παραδοσιακές αρμοδιότητες των φορέων διαχείρισης των υποδομών πλέον χρήζουν διεπιστημονικής αντιμετώπισης από άλλους φορείς όπως οι προγραμματιστές, οι πάροχοι δεδομένων και οι φορείς διαχείρισης άλλων δικτύων υποδομής (ITF, 2023).

### **Πως η υποδομή επηρεάζει τα αυτόνομα οχήματα**

Τα Α.Ο. συχνά περιγράφονται από το επίπεδο αυτοματοποίησης όπως έχει οριστεί από την SAE, το οποίο καθορίζει τις δυνατότητες του οχήματος να εκτελέσει όλες ή κάποιες από τις λειτουργίες οδήγησης χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση (SAE, 2021). Εκτός από τα επίπεδα αυτοματοποίησης υπάρχει μία έννοια ίσης σημασίας, αυτή του τομέα επιχειρησιακού σχεδιασμού (Operational Design Domain). Ο όρος αυτός έχει χρησιμοποιηθεί από την SAE (2021) για να περιγράψει τις συνθήκες λειτουργίας κάτω από τις οποίες ένα σύστημα αυτοματοποιημένης οδήγησης ή ένα χαρακτηριστικό του είναι ειδικά σχεδιασμένο ώστε να λειτουργεί ομαλά λαμβάνοντας υπόψιν τους περιβαλλοντικούς, γεωγραφικούς ή χρονικούς περιορισμούς, εν απουσία ή παρουσία ορισμένων οδικών και κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών. Με άλλα λόγια το ODD των Α.Ο. καθορίζει σε ένα μεγάλο βαθμό που μπορεί να λειτουργήσουν ομαλά οι αυτόματες λειτουργίες τους. Αυτό εξαρτάται από τις οδικές συνθήκες, τους χρήστες του οδικού περιβάλλοντος, τους κυκλοφοριακούς κανονισμούς και τις καιρικές συνθήκες. Οι παραπάνω παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την ικανότητα ενός Α.Ο. να αντιλαμβάνεται ή να κατανοεί με ακρίβεια το περιβάλλον του και ως εκ τούτου να λειτουργεί με ασφάλεια (ITF, 2023).

Πολλές εταιρείες τεχνολογίας αλλά και πιο παραδοσιακές κατασκευαστικές εταιρείες τείνουν προς μία νέα τάση: “everything everywhere”, η οποία χαρακτηρίζει το κοινό μοντέλο δημιουργίας αυτόνομων οχημάτων που θα λειτουργούν σε πιο περίπλοκα πλαίσια (ITF, 2015). Αυτό σημαίνει, ότι η νέα τάση στοχεύει σε πλήρη αυτοματοποίηση των οχημάτων εντός περιορισμένου ODD και στην επέκταση της αυτοματοποιημένης πλοήγησης σε πιο περίπλοκες καταστάσεις (Madadi, 2021).

Μία βασική λειτουργία των Α.Ο. είναι να είναι σε θέση να παραμείνει εντός των ορίων του φυσικού δρόμου. Στενά συνδεδεμένο με αυτό είναι η ικανότητα να ερμηνεύει και να ενεργεί ακολουθώντας την σήμανση που βρίσκεται στο οδικό δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι τα Α.Ο. θα πρέπει να μπορούν να μετρήσουν τη φυσική γεωμετρία του περιβάλλοντός τους, ενώ ταυτοχρόνως να ερμηνεύουν τα χαρακτηριστικά του δρόμου, όπως οι πινακίδες και οι

κυκλοφοριακές σημάνσεις. Άλλα στοιχεία του φυσικού οδικού δικτύου ενισχύουν την χρησιμότητα των αισθητήρων με τους οποίους είναι εξοπλισμένα τα Α.Ο.. Για παράδειγμα, ο φωτισμός του δρόμου δεν είναι απαραίτητης σημασίας για ένα Α.Ο., αλλά μπορεί να επηρεάσει τη χρησιμότητα των καμερών που είναι ενσωματωμένες στα οχήματα αυτοματοποιημένης οδήγησης (Tennant *et al.*, 2021).

Έχοντας αναφέρει τη σχέση των Α.Ο. με κάποια από τα στοιχεία του φυσικού δρόμου, πρέπει να αναφερθούν και οι «αόρατες υποδομές», οι οποίες είναι απαραίτητες για την ομαλή λειτουργία των Α.Ο.. Αρχικά ο όρος σχετίζεται άμεσα με τη συνδεσιμότητα με ένα μεγάλο εύρος ψηφιακών δικτύων (ITF, 2023). Η αυτοματοποιημένη οδήγηση χρησιμοποιείται στην ψηφιακή συνδεσιμότητα ώστε να ενισχύσει την αποτελεσματικότητά της. Στο πλαίσιο των Α.Ο., η χρήση της συνδεσιμότητας γίνεται με σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών και την επικοινωνία με άλλα οχήματα (V2V), με τις υποδομές (V2I) αλλά και με το γενικότερο διαδίκτυο (V2N) συμπεριλαμβανομένου και του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού (GPS). Συμπερασματικά, τα δεδομένα που συλλέγουν και ανταλλάσσουν τα Α.Ο. ώστε να κατανοήσουν το περιβάλλον τους συγκαταλέγεται στις «αόρατες υποδομές».

Μία άλλη παράμετρος των «αόρατων υποδομών» είναι οι οδικοί κώδικες και οι κανονισμοί των χωρών οι οποίοι αντιπροσωπεύουν ένα τμήμα των υποδομών, αφού για παράδειγμα είναι σε θέση να καθορίσουν την ορθή συμπεριφορά των οχημάτων και των χρηστών της οδού. Οι νόμοι αποτελούν το σύστημα με βάση το οποίο υφίστανται και χρησιμοποιούνται οι φυσικές οδικές σημάνσεις και τα μέτρα ελέγχου της κυκλοφορίας (ITF, 2017b). Παράλληλα, οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων είναι αυτοί που καθορίζουν το σύνολο των θεσμικών ρυθμίσεων. Έτσι η τήρηση των προδιαγραφών των ελέγχων και της ασφάλειας είναι απαραίτητη για να επιτραπεί η χρήση ενός Α.Ο. στο δρόμο. Η διαθεσιμότητα ορισμένων υπηρεσιών του ιδιωτικού τομέα, όπως η ασφάλιση, αποτελούν αναπόσπαστο μέρος αυτών των υποδομών και χωρίς αυτές τις υποστηρικτικές υπηρεσίες δεν θα ήταν σε θέση τα Α.Ο. να τεθούν σε λειτουργία.

### 5.1 Φυσικές υποδομές και αυτόνομα οχήματα

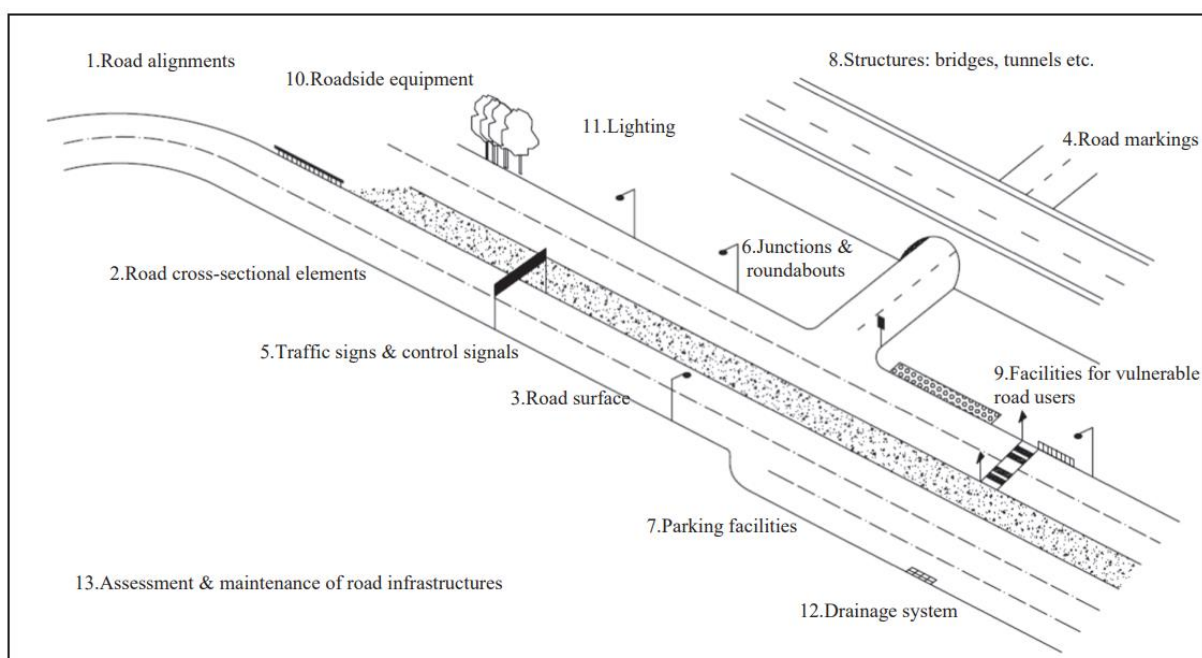
Προηγουμένως, έγινε αναφορά στις υποδομές που υποστηρίζουν τα Α.Ο., οι οποίες διαχωρίστηκαν με βάση τα χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες τους. Ξεκινώντας από τις φυσικές υποδομές που είναι και πιο εύκολο να εντοπιστεί, οι οδοί πιθανόν να αποτελούν το μεγαλύτερο σύστημα των φυσικών υποδομών παγκοσμίως (Milakis, Kroesen and Van Wee, 2018). Κατασκευαστές των Α.Ο. αναφέρουν ότι η αυτοματοποιημένη οδήγηση θα πρέπει να μπορεί να εφαρμοστεί στο ήδη υπάρχον οδικό δίκτυο καθώς το τελευταίο σχεδιάστηκε για να εξυπηρετεί τις ανάγκες των χρηστών πριν την είσοδο των Α.Ο. στην αγορά. Επιπλέον, για την αναβάθμιση και ανακατασκευή ενός συστήματος τέτοιου μεγέθους θα χρειαστούν πολλές

δεκαετίες (ITF, 2023). Με αυτόν τον τρόπο, προκύπτει η ανάγκη να διερευνηθεί το ζήτημα των φυσικών υποδομών και της επιρροής που έχει στην ομαλή και ασφαλή λειτουργία των Α.Ο., σε αντίθεση με προηγούμενες δεκαετίες που υπήρχε ελλιπές ενδιαφέρον επί του θέματος (KPMG International, 2020). Ένας μεγάλος αριθμός ερευνών δείχνουν ότι είναι αναγκαία η ένταξη ολοκληρωμένων σχεδιασμών όσον αφορά τις υποδομές ώστε να υποστηριχθούν τα Α.Ο. (Amelink *et al.*, 2020).

Σύμφωνα με το ITF (2023) οι φυσικές υποδομές του δρόμου μπορούν να κατηγοριοποιηθούν και να παρουσιαστούν σε τέσσερα επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο των φυσικών υποδομών περιλαμβάνει το σχέδιο της οδού, τις γεωμετρικές διαμορφώσεις και τον διαχωρισμό των εγκαταστάσεων. Το δεύτερο επίπεδο αφορά τις συσκευές ελέγχου της κυκλοφορίας που παρέχουν ασφαλή κυκλοφορία και διαχείριση την κινητικότητας. Στο τρίτο επίπεδο περιλαμβάνονται τα μέρη και συστήματα που είναι απαραίτητα στους φορείς διαχείρισης ώστε να ελέγχουν την απόδοση του συστήματος οχήματος-οδού καθώς επίσης και τα στοιχεία και συστήματα που χρειάζονται για την συνδεσιμότητα των οχημάτων με τις υποδομές. Το τέταρτο επίπεδο αφορά τους πόρους που απαιτούνται για τη συντήρηση και τη λειτουργία των υποδομών.

Στα παραπάνω τέσσερα επίπεδα των φυσικών υποδομών του δρόμου, έχουν αναγνωριστεί δεκατρία χαρακτηριστικά «κλειδιά», απαραίτητα για την αρχική φάση ανάπτυξης ή κατά τη διάρκεια της μεταβατικής φάσης προς την πλήρη αυτοματοποίηση (Finn *et al.*, 2017), όπως αυτά απεικονίζονται στην εικόνα 7.

Εικόνα 7. 13 στοιχεία των φυσικών οδικών υποδομών (Finn *et al.*, 2017).



### 5.1.1 Χάραξη οδού

Οι αρχές γεωμετρικού σχεδιασμού των δρόμων έχουν σημειώσει πρόοδο ανά τα χρόνια λόγω των ερευνών και των εμπειριών. Τα περισσότερα εγχειρίδια σχεδιασμού στηρίζονται στα χαρακτηριστικά των ανθρώπων/οδηγών, όπως είναι ο χρόνος αντίληψης-αντίδρασης και το ύψος των ματιών (Othman, 2021). Ορισμένοι θεωρούν ότι τα υπάρχοντα οδικά γεωμετρικά πρότυπα μπορούν να υποστηρίξουν την αυτοματοποιημένη κίνηση, με την προϋπόθεση να αναγνωριστεί ο κίνδυνος της οδήγησης με μεγαλύτερη ή ίση ταχύτητα σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα με τη βοήθεια των αισθητήρων, των συστημάτων σάρωσης και της συνδεσιμότητας (Colonna *et al.*, 2018). Αντιθέτως, άλλοι πιστεύουν ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό ενσωμάτωσης των Α.Ο. στην αγορά, οι παράμετροι σχεδιασμού των οδών που έχουν άμεση σχέση με τα χαρακτηριστικά των ανθρώπινων οδηγών θα πρέπει να επανεξεταστούν (Khoury, Amine and Abi Saad, 2019). Συμπερασματικά, οι αρχές γεωμετρικού σχεδιασμού του δρόμου και οι σχετικές κατευθυντήριες γραμμές είναι αναγκαίο να αναθεωρηθούν αφού οι κάποιες προδιαγραφές που βασίζονται στον άνθρωπο-οδηγό πιθανόν να χάσουν την σημασία τους λόγω της αυτοματοποιημένης οδήγησης (Othman, 2021).

### 5.1.2 Διατομή οδού

Οι διαστάσεις των στοιχείων της διατομής όπως είναι οι λωρίδες και τα ερείσματα καθορίζονται με βάση τα πρότυπα του τύπου της οδού και τον όγκο της κυκλοφορίας (Intini *et al.*, 2019).

Τα ισχύοντα οδικά πρότυπα σχεδιασμού που καθορίζουν το πλάτος του οδοστρώματος και των λωρίδων κυκλοφορίας εξαρτώνται από το πλάτος και το μήκος των οχημάτων λαμβάνοντας ταυτοχρόνως υπόψη την οδική συμπεριφορά των οδηγών. Η ανεκτικότητα για τη συμπεριφορά του οδηγού αφορά την αλλαγή της οριζόντιας θέσης του οχήματος στη λωρίδα κυκλοφορίας αλλά και τον χώρο που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί στροφή εντός της οδού χωρίς να περάσει το όχημα στην αντίθετη κυκλοφοριακή λωρίδα (Garcia and Camacho-Torregrosa, 2020). Η τεχνολογία εντοπισμού θέσης που είναι ενσωματωμένη στα Α.Ο., τους επιτρέπει να έχουν ακριβέστερο έλεγχο του τιμονιού και έτσι να παρακολουθούν την λωρίδα κυκλοφορίας με μεγαλύτερη ακρίβεια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι λωρίδες κυκλοφορίας να μπορούν να περιοριστούν σε πλάτος (Finn *et al.*, 2017). Με άλλα λόγια, είναι πιθανό να δημιουργηθεί μία επιπλέον λωρίδα στο υπάρχον οδόστρωμα, γεγονός που θα προωθούσε αύξηση της αποδοτικότητας του δρόμου. Στην πραγματικότητα, το πλάτος των υφιστάμενων οδοστρωμάτων επιτρέπουν την μετασκευή και την αναδιαμόρφωση των σημάτων των λωρίδων (Sayed, Sunna and Moore, 2020).

Τα ερείσματα είναι ένα από τα βασικά στοιχεία σχεδιασμού των δρόμων διότι αφενός παρέχουν επιπλέον χώρο για ορατότητα και αφετέρου σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης επιτρέπουν την ανάκτηση λωρίδας μετά από παρέκκλιση ή ελιγμό για αποφυγή σύγκρουσης. Επιπλέον, η Λ.Ε.Α. (Λωρίδα Έκτακτης Ανάγκης) χρησιμοποιείται από τα αντίστοιχα οχήματα ως πέρασμα αποφυγής της κυκλοφοριακής συμφόρησης ώστε να φτάσουν στην τοποθεσία του ατυχήματος. Τα ερείσματα και η Λ.Ε.Α. χρησιμοποιούνται από τα οχήματα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ως προσωρινή στάθμευση για να μην δημιουργηθεί κυκλοφοριακή συμφόρηση ή κάποιο πιθανό ατύχημα (Saeed, 2019). Έρευνες δείχνουν ότι τα Α.Ο. χρειάζονται ερείσματα και Λ.Ε.Α ειδικά κατά τη μεταβατική περίοδο προς την πλήρη αυτοματοποίηση (Gopalakrishna *et al.*, 2021). Τα ερείσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από Α.Ο. που αντιμετωπίζουν βλάβες στο λογισμικό ή το υλικό χωρίς να δημιουργούν πρόβλημα στην κυκλοφορία των υπόλοιπων οχημάτων (Saeed, 2019).

Το κεντρικό διαχωριστικό έρεισμα, δηλαδή η οδική υποδομή που διαχωρίζει τις αντίθετες κατευθύνσεις, είναι απαραίτητο ιδίως σε αυτοκινητόδρομους υψηλής ταχύτητας αφού συμβάλλει στην αποτροπή μετωπικών συγκρούσεων (Kim, Muennig and Rosen, 2017). Κατά την περίοδο μεικτής κυκλοφορίας τα διαχωριστικά θα είναι απαραίτητα για τη διατήρηση της ασφάλειας του οδικού δικτύου λόγω της ύπαρξης συμβατικών οχημάτων (Ye and Yamamoto, 2018). Μακροπρόθεσμα, έρευνες δείχνουν ότι τα διαχωριστικά μπορούν να περιοριστούν σε πλάτος ή και να αφαιρεθούν διότι ένα ρυθμιστικό πλαίσιο ασφαλείας μεταξύ της κυκλοφορίας σε αντίθετες κατευθύνσεις μπορεί να μην είναι απαραίτητο για Α.Ο. επιπέδου αυτοματοποίησης 4-5. Έτσι, ο χώρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλους λόγους, όπως μία πρόσθετη λωρίδα, πεζοδρόμια, ποδηλατοδρόμοι ή και χώρος στάθμευσης (NACTO, 2020).

### **5.1.3 Οδόστρωμα/ επιφάνεια δρόμου**

Τα οχήματα αυτοματοποιημένης οδήγησης πιθανόν να έχουν πιο ακριβή έλεγχο του τιμονιού και έτσι να είναι σε θέση να διατηρήσουν μία πλευρική θέση κεντρικά της λωρίδας (Finn *et al.*, 2017). Η τεχνολογία διατήρησης της λωρίδας επιτρέπει ακριβέστερη χωροθέτηση του οχήματος, με αποτέλεσμα ένα συγκεκριμένο σημείο του οδοστρώματος να δέχεται μεγαλύτερο φορτίο και άρα περισσότερη και ταχύτερη φθορά. Η αυλάκωση, δηλαδή η μόνιμη παραμόρφωση που προκαλείται από το φορτίο σε μια εύκαμπτη επιφάνεια οδοστρώματος, είναι μία από τις πιθανές συνέπειες της χρήσης Α.Ο. και πρέπει να βρίσκεται στο επίκεντρο της προσοχής κατά το σχεδιασμό του οδοστρώματος καθώς μπορεί να οδηγήσει σε ολίσθηση ή απώλεια ελέγχου των οχημάτων (Yeganeh, Vandoren and Pirdavani, 2022). Από την αντίθετη πλευρά, ερευνητές υποστηρίζουν ότι τα Α.Ο. θα μπορούσαν να σχεδιαστούν έτσι ώστε να κινούνται ομοιόμορφα στο χώρο της λωρίδας για να αποφευχθεί η φθορά του οδοστρώματος.

Μία πιο «ριζοσπαστική» ιδέα είναι ότι σε ένα πλήρως αυτοματοποιημένο οδικό δίκτυο οι λωρίδες κυκλοφορίας δεν είναι αναγκαίες και άρα δεν υπάρχει ζήτημα ταχείας φθοράς συγκεκριμένου σημείου (Carsten and Kulmala, 2015).

Η πρόσφυση σχετίζεται με τη δύναμη που αναπτύσσεται όταν ένα ελαστικό εμποδίζεται να περιστραφεί και άρα ολισθαίνει κατά μήκος της επιφάνειας του δρόμου (Zhao *et al.*, 2021). Τα περισσότερα οχήματα πλέον διαθέτουν ηλεκτρονικό σύστημα ευστάθειας, το οποίο επιτρέπει στους οδηγούς να αποφύγουν ένα ατύχημα καθώς ανιχνεύουν και μειώνουν την ολίσθηση ή την απώλεια πρόσφυσης (Weeratunga and Somers, 2015). Πολλά από τα ατυχήματα που πραγματοποιούνται σε αγροτικούς δρόμους προκαλούνται εξαιτίας της απώλειας τριβής. Με την αυτοματοποιημένη κίνηση υπάρχει μεγάλη δυνατότητα αποφυγής τέτοιου είδους ατυχημάτων διότι τα Α.Ο. πιθανόν να έχουν την ικανότητα να προβλέπουν την ολίσθηση πριν συμβεί λαμβάνοντας υπόψιν τις εκτιμήσεις τριβής (Montanaro *et al.*, 2019). Είναι αναγκαίο να διερευνηθεί περαιτέρω τόσο το ζήτημα του απαιτούμενου συντελεστή πρόσφυσης όσο και η ταχύτητα και ο μέγιστος τιμές επιτάχυνσης και επιβράδυνσης των Α.Ο.. Οι Zhao *et al.* (2021) αναφέρουν ότι δεν υπάρχει επείγουσα ανάγκη αύξησης των προδιαγραφών τριβής σε ατυχήματα οπίσθιας σύγκρουσης που εμπλέκονται τα Α.Ο.. Μέσω των τεχνολογιών επικοινωνίας V2I και V2V τα Α.Ο. θα μπορούν να ρυθμίζουν την ταχύτητά τους και να αποφεύγεται η απότομη πέδηση βάσει των δεδομένων που λαμβάνουν (Johnson, 2017). Επιπλέον, χρειάζεται να αξιολογηθεί ο τρόπος με τον οποίον μειώνεται η πρόσφυση του οδοστρώματος με την ένταξη πολλών Α.Ο. υπό ποικίλα πλάτη πλευρικής κίνησης και πρότυπα κατανομής (Zhou *et al.*, 2019).

#### 5.1.4 Οριζόντια Σήμανση

Η οδική σήμανση αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς τομείς έρευνας σχετικά με τα φυσικά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου, δεδομένου ότι τα σημερινά και μελλοντικά καινοτόμα συστήματα υποβοήθησης του οδηγού στηρίζονται σε μεγάλο βαθμό στις οδικές σημάνσεις (Gupta and Choudhary, 2018). Τα Α.Ο. χρησιμοποιούν κάμερες, αισθητήρες και τεχνητή νοημοσύνη ώστε να εντοπίσουν τις άκρες του δρόμου και να αναγνωρίσουν τις οδικές σημάνσεις για να κινηθούν (Easa *et al.*, 2021). Για αυτό τον λόγο η ακατάλληλη οριοθέτηση της οδικής σήμανσης μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στους αισθητήρες όρασης των Α.Ο. (Konstantinopoulou, Jamieson and Cartolano, 2020). Οι περισσότερες έρευνες επικεντρώνονται στο λογισμικό (software) και το υλικό (hardware) των Α.Ο. (Favarò, Eurich and Nader, 2018) και όχι τόσο στη δημιουργία ενός αλγορίθμου, ο οποίος θα επιτρέπει στην αναγνώριση των ορίων της λωρίδας σε πραγματικό χρόνο (Eskandarian, Wu and Sun, 2021). Ο παράγοντας της υποδομής παίζει σημαντικό ρόλο σε αυτό το ζήτημα (García *et al.*, 2021).

Οι ανάγλυφες διαγραμμίσεις είναι βασικά στοιχεία του φυσικού οδικού δικτύου και συμβάλλουν στην ασφάλεια του χρήστη αφού έχουν την ικανότητα να οδηγούν σε μείωση ταχύτητας (Department for Transport, 2019). Επιπλέον, οι ανακλαστήρες οδοστρώματος αποτελούν ένα ακόμα στοιχείο που προωθεί τη διατήρηση των ορίων εντός του δρόμου. Τέτοιου είδους στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση και ταξινόμηση των διαγραμμίσεων του δρόμου από συστήματα μηχανικής όρασης (Shahar, Brémond and Villa, 2018).

#### **5.1.5 Πινακίδες σήμανσης και κυκλοφορίας**

Οι πινακίδες σήμανσης και κυκλοφορίας είναι ένα θέμα ευρέως διαδεδομένο στον τομέα της έρευνας, καθώς τα Α.Ο. όπως και οι άνθρωποι-οδηγοί πρέπει να εντοπίζουν, να αναγνωρίζουν και να κατανοούν τις σημάνσεις που βασίζονται στον Κ.Ο.Κ. για να κινούνται με ασφάλεια στο οδικό δίκτυο. Η υφιστάμενη τεχνολογία αναγνώρισης των σημάνσεων λειτουργεί μέσω των καμερών που είναι ενσωματωμένες στα Α.Ο. και παρατηρούν και αναγνωρίζουν τις σημάνσεις κυκλοφορίας βάσει του χρώματος, του σχήματος και του μηνύματος που αναγράφεται πάνω τους (Bruno *et al.*, 2018). Βέβαια, η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν έχει φτάσει ακόμα στο επιθυμητό επίπεδο (Nowakowski, Shladover and Chan, 2016), για τον λόγο αυτό ερευνητές δείχνουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το ζήτημα και κάνουν μεγάλες προσπάθειες να αναβαθμίσουν το σύστημα αναγνώρισης των σημάνσεων (Koorman, 2019). Ένα από τα ζητήματα της σήμανσης είναι το γεγονός ότι, παρόλο που υπάρχουν κάποιες κοινές προδιαγραφές για τα σήματα και τους σηματοδότες, κάποια οδικά χαρακτηριστικά, όπως οι σημάνσεις κυκλοφορίας, διαφέρουν από κράτος σε κράτος (Huggins *et al.*, 2017). Οι έρευνες πρέπει να καθορίσουν το είδος των σημάνσεων που μπορούν να «διαβαστούν» από τα Α.Ο.. Παραδείγματος χάριν, οι Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων (ΠΜΜ) είναι δύσκολο να επεξεργαστούν και να διαβαστούν από τις κάμερες των Α.Ο. καθώς χρησιμοποιούν τεχνολογίες και συστήματα ελέγχου που είναι σχεδιασμένα για το ανθρώπινο μάτι (PIARC, 2021). Αντιθέτως, η σήμανση τύπου 'QR code' μπορεί να διαβαστεί από τα Α.Ο. αλλά θα είναι πρόκληση για τους ανθρώπους (Ozan, 2019). Συνεπώς, η συνεργασία ανάμεσα στην αυτοκινητοβιομηχανία και τις αρχές είναι απαραίτητη ώστε να δημιουργηθούν οι κατάλληλες προδιαγραφές για να εξυπηρετηθεί η χρήση της αυτοματοποιημένης και μη οδήγησης (Tengilimoglu, Carsten and Wadud, 2023).

#### **5.1.6 Διασταυρώσεις και κυκλικόι κόμβοι**

Οι προσομοιώσεις έχουν δείξει ότι τα Α.Ο. έχουν θετικό αντίκτυπο στην ομαλότητα της κυκλοφοριακής ροής ενώ μειώνουν τον χρόνο αναμονής στις διασταυρώσεις (Elliott, Keen and Miao, 2019). Ωστόσο, τρέχουσες δοκιμές των Α.Ο. σε συνθήκες μεικτής κυκλοφορίας δείχνουν ότι οι διασταυρώσεις αποτελούν την μεγαλύτερη πρόκληση και αυτό αποδεικνύεται από το

μεγάλο ποσοστό ατυχημάτων της τάξεως του 89% που έχουν συμβεί σε διασταυρώσεις (Favarò *et al.*, 2017). Οι μεγάλες ταχύτητες και ο περιορισμός στην ακτίνα κάλυψης των αισθητήρων είναι πιθανόν να προκαλέσουν προβλήματα στις διασταυρώσεις. Έρευνες πραγματοποιούνται και αναζητούν την λύση τέτοιου είδους ζητημάτων επικεντρώνοντας στην επικοινωνία V2V και V2I (Martínez-Díaz, Soriguera and Pérez, 2019). Για να βρεθεί η αποτελεσματικότερη λύση είναι σημαντικό να αναβαθμιστούν οι υποδομές κατά την μεταβατική περίοδο (Tengilimoglu, Carsten and Wadud, 2023). Ορισμένες μελέτες δείχνουν ότι καθώς ο αριθμός των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο θα αυξάνεται, οι σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις βαθμιαία θα αντικατασταθούν από κυκλικούς κόμβους δεδομένου ότι οι τελευταίοι είναι πιο αποτελεσματικοί για τα Α.Ο. (Morando *et al.*, 2018).

### **5.1.7 Εγκαταστάσεις στάθμευσης**

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι, καθώς η χρήση των Α.Ο. διαδίδεται παγκοσμίως, θα μειωθεί η ιδιωτική ιδιοκτησία οχημάτων και οι ανάγκες για χώρους στάθμευσης (Litman, 2023). Βέβαια, βασική προϋπόθεση για να υλοποιηθεί αυτό το σενάριο είναι τα επίπεδα ενσωμάτωσης και χρήσης των κοινόχρηστων μοντέλων αυτοματοποιημένης οδήγησης να είναι ιδιαίτερα υψηλά (Currie, 2018), διαφορετικά η ανάγκη για χώρους στάθμευσης θα παραμείνει ίδια ή θα αυξηθεί (Duarte and Ratti, 2018). Τα αυτοματοποιημένα συστήματα στάθμευσης που είναι ενσωματωμένα στα Α.Ο. επιτρέπουν τη στάθμευση σε χώρους στάθμευσης αφού οι επιβάτες εγκαταλείψουν το όχημα (Shladover, 2018). Η εν λόγω πρακτική μπορεί να έχει διπτά αποτελέσματα (Transport Systems Catapult, 2017). Σε περιοχές όπου η γη έχει υψηλό κόστος, οι χώροι στάθμευσης μπορεί να επανασχεδιαστούν για να είναι πιο περιορισμένοι με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η χρήση του ελεύθερου χώρου για άλλους σκοπούς, ή να τοποθετηθούν οι χώροι στάθμευσης σε μεγαλύτερη απόσταση από τα κτίρια που εξυπηρετούν (Stead and Vaddadi, 2019). Οι υπάρχοντες χώροι στάθμευσης δεν είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν τις εγκαταστάσεις αυτόματης στάθμευσης, για τον λόγο αυτό χρήζουν ανασχεδιασμό (Liu *et al.*, 2019). Επιπλέον, η πλειοψηφία των χωρών στάθμευσης στις αστικές περιοχές βρίσκεται υπόγεια, όπου τα συστήματα πλοήγησης τύπου GPS δεν είναι ισχυρά προκαλώντας συνεπώς δυσκολίες στην κίνηση των Α.Ο. (UK Autodrive and Gowing WLG, 2018). Η στάθμευση στην οδό (παρόδια στάθμευση) μπορεί να προκαλέσει περιορισμούς στην κυκλοφορία των Α.Ο.. Στην περίπτωση της αυτοματοποιημένης οδήγησης είναι απαραίτητο να εξεταστούν διάφορες επιλογές όπως είναι η απαγόρευση της παρόδιας στάθμευσης ή άλλες κυκλοφοριακές ρυθμίσεις (Transport Systems Catapult, 2017).

### **5.1.8 Γέφυρες, σήραγγες και λοιπές υποδομές**

Πολλές έρευνες δείχνουν ότι η ενσωμάτωση των Α.Ο. θα έχει αντίκτυπο στις υπάρχουσες γέφυρες και είναι πιθανόν να χρειαστεί ανασχεδιασμός τους για την ομαλή χρήση από αυτά. (Liu *et al.*, 2019). Ενώ, τα σύγχρονα μοντέλα γεφυρών προδιαγράφουν τον αριθμό των οχημάτων που θα βρίσκονται στην γέφυρα αλλά και τα φυσικά χαρακτηριστικά όπως είναι η σύνθεση των οχημάτων και οι αποστάσεις μεταξύ των αξόνων (Ulrich *et al.*, 2020), οι πιθανές επιπτώσεις του platooning των Α.Ο. θα πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω (Sayed, Sunna and Moore, 2020).

Ομοίως με τους υπόγειους χώρους στάθμευσης, οι σήραγγες και οι υπόγειες διαβάσεις μπορεί να αποτελέσουν εμπόδιο στην ομαλή και ασφαλή πλοήγηση των Α.Ο.. Αρχικά, τα δορυφορικά σήματα μπορεί να μην είναι ισχυρά με αποτέλεσμα να είναι προβληματικός ο ακριβής εντοπισμός των Α.Ο. (Wevolver, 2020). Επομένως, είναι απαραίτητο να διαμορφωθεί μία εξειδικευμένη υποδομή εντοπισμού θέσης για την λειτουργία των Α.Ο. (Huggins *et al.*, 2017). Επιπροσθέτως, ο φωτισμός που υπάρχει σε αυτά τα τμήματα του οδικού δικτύου μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα για τα Α.Ο. που βασίζονται σε συστήματα όρασης. Οι δρόμοι αυτοί είναι πιθανόν να χρειάζονται περισσότερο ή διαφορετικό φωτισμό για να είναι σε θέση τα Α.Ο. να λειτουργήσουν με ασφάλεια (Konstantinopoulou, Jamieson and Cartolano, 2020). Σχετικό ζήτημα είναι ότι τα συστήματα όρασης των Α.Ο. μπορεί να αποτύχουν να εντοπίσουν την είσοδο ή την έξοδο των σηράγγων εξαιτίας της ταχείας αλλαγής του φωτισμού (Rosique *et al.*, 2019).

### **5.1.9 Εγκαταστάσεις για τους ευάλωτους χρήστες του δρόμου**

Οι ευάλωτοι χρήστες του δρόμου όπως για παράδειγμα οι πεζοί, οι ποδηλάτες ή οι χρήστες συσκευών/οχημάτων μικρο-κινητικότητας όπως τα ηλεκτρικά σκούτερς αποτελούν το μεγαλύτερο εμπόδιο για την επιτυχία των συστημάτων αποφυγής σύγκρουσης δεδομένου του αυξημένου κινδύνου τραυματισμού και θνησιμότητας κατά την εμπλοκή τους σε τροχαία ατυχήματα (Tengilimoglu, Carsten and Wadud, 2023). Για να ενσωματωθούν τα Α.Ο. στα αστικά περιβάλλοντα είναι απαραίτητο να αποδειχθεί ότι η τεχνολογία της αυτοματοποιημένης οδήγησης είναι σε θέση να ανιχνεύσει και να ανταποκριθεί με ασφάλεια απέναντι στους ευάλωτους χρήστες του δρόμου (Parkin *et al.*, 2016). Σύμφωνα με μία πρόσφατη έρευνα, οι υφιστάμενες τεχνολογίες ανίχνευσης διαφέρουν σημαντικά όσον αφορά τις δυνατότητές τους να ανιχνεύσουν και να αποφύγουν μία θανατηφόρα σύγκρουση με πεζούς, από λιγότερο από 30% χρησιμοποιώντας μόνο κάμερες φωτός έως και 90% συνδυάζοντας κάμερες, ανιχνευτές και lidar (Combs *et al.*, 2019). Συμπερασματικά, η πιο προσιτή τεχνολογία ανίχνευσης δηλαδή οι κάμερες, δεν είναι επαρκείς ώστε να υπάρξει ουσιαστική μείωση της θνησιμότητας των πεζών. Η ανάπτυξη και εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης θεωρείται ιδιαίτερα βοηθητική για

την ενίσχυση των δυνατοτήτων αναγνώρισης εμποδίων (Gwak *et al.*, 2019). Κατά τη μεταβατική περίοδο πιθανόν να χρειαστούν αλλαγές στο σχεδιασμό του οδικού δικτύου όσον αφορά τις διασταυρώσεις και τις διαβάσεις με σκοπό να εξυπηρετηθούν καλύτερα τα Α.Ο. (Kulmala *et al.*, 2020). Ο Johnson (2017) υποστηρίζει ότι εάν τα Α.Ο. δεν λειτουργήσουν σε εντελώς ξεχωριστές υποδομές, οι υπόλοιποι χρήστες του δικτύου θα πρέπει είτε να απομονωθούν είτε να εκπαιδευτούν ώστε να προσαρμοστούν αναλόγως με την συμπεριφορά των Α.Ο..

#### **5.1.10 Αστικός εξοπλισμός**

Τα αυτόνομα συστήματα οδήγησης πρέπει να είναι σε θέση να εντοπίσουν και να αντιδράσουν όχι μόνο στα δυναμικά εμπόδια όπως οι πεζοί αλλά και στα στατικά όπως οι κάδοι απορριμμάτων, τα δέντρα, οι φράχτες ασφαλείας, οι στάσεις λεωφορείων κ.ά. (Tengilimoglu, Carsten and Wadud, 2023). Όσο πιο πολλά είναι τα αντικείμενα-εμπόδια τόσο πιο περίπλοκα θα γίνουν τα συστήματα αυτοματοποιημένης οδήγησης αφού θα πρέπει να μπορούν να τα εντοπίσουν, να τα αναγνωρίσουν και να καθορίσουν την συμπεριφορά τους (Soteropoulos *et al.*, 2020).

#### **5.1.11 Οδικός φωτισμός**

Ο επαρκής φωτισμός στον δρόμο ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι απαραίτητος για την εξασφάλιση της ασφάλειας όλων των χρηστών του οδικού δικτύου. Η ενίσχυση της ορατότητας της οδικής σήμανσης, των σημάτων και των πινακίδων που επιτρέπουν στα Α.Ο. να κινούνται με επιτυχία απαιτεί βελτιωμένο οδικό φωτισμό είτε μέσω υψηλότερου φωτισμού είτε μέσω πλησιέστερα τοποθετημένων στύλων φωτισμού (Shladover and Bishop, 2015). Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ορισμένα τμήματα του δρόμου όπως οι σήραγγες χρειάζονται περισσότερο φωτισμό, αφού η ανίχνευση των γραμμών με βάση την εικόνα δεν γίνεται να πραγματοποιηθεί στις σήραγγες εξαιτίας του ανεπαρκούς φωτισμού (Konstantinopoulou, Jamieson and Cartolano, 2020).

#### **5.1.12 Συστήματα απορροής υδάτων**

Ένα από τα βασικά οδικά στοιχεία, τα οποία επηρεάζουν την ασφάλεια του δρόμου ειδικότερα σε περιοχές με ισχυρές βροχοπτώσεις, είναι τα συστήματα απορροής. Η ανεπαρκής απορροή υδάτων οδηγεί στην συσσώρευση του νερού στην επιφάνεια του οδοστρώματος προκαλώντας το φαινόμενο της μερικής υδρολίσθησης στις στροφές, όταν το όχημα κινείται με υψηλές ταχύτητες, ενώ παράλληλα μειώνεται η τριβή ανάμεσα στα λάστιχα του οχήματος και το οδόστρωμα (AASHTO, 2011). Δεν είναι ακόμα ξεκάθαρος ο τρόπος που θα αντιδράσουν τα Α.Ο. σε περίπτωση που η επιφάνεια του οδοστρώματος καλυφθεί με νερό (Johnson, 2017).

Επιπλέον, η ανεπαρκής απορροή και η καλυμμένη με λάσπη επιφάνεια μπορεί να προκαλέσουν πρόβλημα στα Α.Ο. στην ανίχνευση της οδικής σήμανσης (Lawson, 2018). Για τους παραπάνω λόγους είναι σημαντικό να δοθεί περισσότερη σημασία στον σχεδιασμό και τη συντήρηση των συστημάτων απορροής (Johnson, 2017).

### **5.1.13 Αξιολόγηση και συντήρηση των οδικών υποδομών**

Η συντήρηση των υποδομών του οδικού δικτύου είναι σημαντική όχι μόνο για να καλυφθούν οι ανάγκες που προκύπτουν από την ανάπτυξη και διάδοση των Α.Ο. αλλά για να ανταποκριθούν στις προδιαγραφές ασφαλείας για όλους τους χρήστες του δικτύου (Tengilimoglu, Carsten and Wadud, 2023). Έρευνες δείχνουν ότι στο πρώιμο στάδιο ενσωμάτωσης της αυτοματοποιημένης οδήγησης βασικότερο ρόλο θα παίξει η συντήρηση των υπάρχοντων δομών παρά η δραματική μεταρρύθμιση των υποδομών (Liu *et al.*, 2019). Πράγματι, τα Α.Ο. χρήζουν περισσότερης και σε πιο υψηλά επίπεδα συντήρησης των υποδομών όπως οι οδικές σήμανσεις, οι πινακίδες κ.ά. από ότι χρειάζονται τα συμβατικά οχήματα (Lawson, 2018).

Οι φορείς διαχείρισης των οδικών δικτύων θα πρέπει να διαθέτουν επαρκή κονδύλια για την διαμόρφωση των δρόμων για τα Α.Ο.. Ωστόσο, δεν είναι ακόμα σαφές ο τρόπος που θα μπορέσουν να καλυφθούν οι μεγάλες αυτές ανάγκες χρηματοδότησης (Tengilimoglu, Carsten and Wadud, 2023). Επιπρόσθετα, οι παράμετροι συντήρησης και οι υπάρχουσες πολιτικές διαχείρισης των περιουσιακών στοιχείων είναι πιθανόν να αλλάξουν δεδομένου ότι η ψηφιακός εξοπλισμός των υποδομών πρέπει και αυτοί να δέχονται συστηματική συντήρηση. Συμπερασματικά, το είδος και η συχνότητα των αναγκαιών προσπάθειών συντήρησης για τις διάφορες τεχνολογίες που σχετίζονται με τα Α.Ο. θα πρέπει να εξεταστούν (Ødegård and Klein-Paste, 2021).

Όπως έχει αναφερθεί και σε άλλα κεφάλαια, τα Α.Ο. είναι σε θέση να συλλέγουν δεδομένα σχετικά με τη κατάσταση του δρόμου μέσω των καμερών και των αισθητήρων που διαθέτουν (Osichenko and Spielhofer, 2018). Τα διαθέσιμα αυτά δεδομένα αναφορικά με τις οδικές συνθήκες που συλλέγονται μέσω των αισθητήρων και της επικοινωνίας V2X μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους αρμόδιους φορείς με σκοπό την πιο αποτελεσματική συντήρηση του οδικού δικτύου αλλά και την διατήρηση της οδικής ασφάλειας (Ehrlich *et al.*, 2016). Με τον τρόπο αυτό θα επιτραπεί η αυτοματοποιημένη εξέταση, ο γεωγραφικός εντοπισμός και η ιεράρχηση των δρόμων ή των ευρύτερων περιοχών που χρειάζονται συντήρηση ή επισκευή, όπως επίσης και η ενημέρωση των οδηγών ή των Α.Ο. για τις οδικές συνθήκες που αποσκοπεί στην πρόληψη ατυχημάτων (Kulmala *et al.*, 2020).

## 5.2 Ψηφιακές υποδομές

Παραδοσιακά, η σχέση ανάμεσα στα οχήματα και τις υποδομές αφορούσαν τα φυσικά οχήματα στον φυσικό δρόμο. Εδώ και κάποιες δεκαετίες η σχέση αυτή έχει αλλάξει λόγω της αυξημένης σημασίας των δεδομένων και της ψηφιακής συνδεσιμότητας. Η ανάπτυξη των Α.Ο. δίνει έμφαση στην διαχείριση των ψηφιακών δεδομένων καθώς είναι εξίσου απαραίτητη για την ασφαλή μετακίνηση όσο και οι φυσικές υποδομές του οδικού δικτύου. Έρευνες έχουν επικεντρωθεί στον όρο «ψηφιακές υποδομές», ο οποίος αναφέρεται στις τεχνολογίες επικοινωνίας και μεταφοράς δεδομένων που απαιτούνται για την υποστήριξη των συστημάτων μεταφοράς και των αντίστοιχων εφαρμογών (ITF, 2023).

Σύμφωνα με το ITF (2023), ο όρος ψηφιακές υποδομές συμπεριλαμβάνει τα συστήματα και τα δίκτυα τα οποία παρέχουν συνδεσιμότητα ανάμεσα στους χρήστες με τα άλλα συστήματα επικοινωνίας και δεδομένων, όπως:

- Ενσύρματα και ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας
- Συστήματα και συσκευές που είναι απαραίτητα για τη διαχείριση της επικοινωνίας και των δεδομένων
- Συλλογή, επεξεργασία, ανταλλαγή, πρόσβαση και αποθήκευση δεδομένων σχετικά με τα αναγνωρισμένα πρωτόκολλα και προδιαγραφές δεδομένων
- Αλληλεπίδραση ανάμεσα στους παρόχους και χρήστες δεδομένων
- Πρόσβαση σε υπηρεσίες πληροφοριών για εντοπισμό θέσης, πλοήγησης και χρονομέτρησης
- Ασφάλεια του συστήματος που παρέχει υποστήριξη για τη διατήρηση της εμπιστοσύνης, προστασίας και αποκατάσταση από επιθέσεις στον κυβερνοχώρο.

Οι υποδομές δεδομένων αφορούν τις πληροφορίες που παρέχονται από και προς ένα όχημα όσο αυτό κινείται στο οδικό δίκτυο, όπως πληροφορίες:

- χαρτογράφησης ποικίλων προτύπων, όπως αυτά διαμορφώνονται από τις ενημερώσεις
- σχετικές με τις υποδομές του δρόμου (π.χ. σήματα κυκλοφορίας)
- από και προς έναν χρήστη Α.Ο. ή από άλλα οχήματα κοντινής απόστασης
- δημόσιων οδικών υπηρεσιών και αρχών (π.χ. για κατασκευαστικά έργα) σε πραγματικό χρόνο
- στρατηγικές για την διασφάλιση της ασφάλειας ή τον προγραμματισμό της επίδοσης του δικτύου.

Η ανάπτυξη και εξέλιξη των Α.Ο. στηρίζεται όχι μόνο στα στοιχεία που τοποθετούνται εντός του οχήματος αλλά και στις ψηφιακές υποδομές του οδικού δικτύου που απαιτούνται για την

κάλυψη των διαφόρων απαιτήσεων συνδεσιμότητας. Οι ψηφιακές υποδομές είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την επικοινωνία V2X (Guanetti, Kim and Borrelli, 2018) και μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες τις «υβριδικές» και τις «αμιγώς» ψηφιακές υποδομές. Η πρώτη κατηγορία αφορά τις υποδομές που ενσωματώθηκαν εκ των υστέρων στις παραδοσιακά φυσικές υποδομές, όπως οι αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι στους δρόμους. Η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται στις εγγενείς ψηφιακές υποδομές όπως οι οπτικές ίνες, τα δίκτυα αισθητήρων και οι συνδεδεμένες συσκευές (AV America, 2024). Έτσι, οι αισθητήρες και η σύνδεση στο διαδίκτυο παίζουν καθοριστικό ρόλο στην επιτυχή εφαρμογή των ψηφιακών υποδομών. Ένας μεγάλος αριθμός αισθητήρων εντός (π.χ. μαγνητικοί ανιχνευτές) και εκτός (π.χ. κάμερες) δρόμου θα μπορούσαν να βοηθήσουν το κέντρο διαχείρισης της κυκλοφορίας στην παρακολούθηση των κυκλοφοριακών απαιτήσεων και στην κατανομή των οχημάτων μέσω της επικοινωνίας I2V (Finn *et al.*, 2017), ώστε να αποφευχθεί η κυκλοφοριακή συμφόρηση (Guanetti, Kim and Borrelli, 2018). Πέρα από τους αισθητήρες, η σύνδεση στο διαδίκτυο σχετίζεται με τις ψηφιακές υποδομές που είναι απαραίτητες για την ασφαλή ένταξη των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο. Η σύνδεση στο διαδίκτυο μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας (4G/5G) είτε μέσω εγκαταστάσεων που βασίζονται στο ασύρματο δίκτυο WiFi (ITS-G5) (TSC, 2017). Ενώ, ο Johnson (2017) υποστηρίζει ότι η εκ των προτέρων κάλυψη μεγάλων τμημάτων του οδικού δικτύου με καλώδια οπτικών ινών θα επιφέρει θεμιτά αποτελέσματα, καθώς είναι πιο εύκολη η μεταγενέστερη ενσωμάτωση ψηφιακών υποδομών.

### **5.2.1 Αισθητήρες οδοστρώματος**

Οι αισθητήρες οδοστρώματος είναι τοποθετημένοι κατά μήκος του δρόμου και χρησιμοποιούνται για να συλλέξουν και να μεταφέρουν πληροφορίες για την κυκλοφορία ή τους ταξιδιώτες στους χρήστες του οδικού δικτύου και τους συνδεδεμένους μηχανισμούς διαχείρισης. Οι αισθητήρες οδοστρώματος είναι αναπόσπαστο τμήμα κάθε ευφυούς συστήματος ελέγχου της κυκλοφορίας διότι παρέχουν την δυνατότητα παρακολούθησης της κυκλοφορίας και των καιρικών συνθηκών του οδικού δικτύου. Τέτοιου είδους αισθητήρες τοποθετούνται μέσα ή πάνω από την επιφάνεια του δρόμου για να επιτευχθεί η κατάλληλη τοποθεσία, κατάσταση και χρονική κάλυψη. Οι αισθητήρες έχουν ποικίλες μορφές και είναι μη παρεμβατικές συσκευές ανίχνευσης και καταγραφής (Kimmel *et al.*, 2021).

### **5.2.2 Υποδομές οδικής επικοινωνίας**

Οι υποδομές οδικής επικοινωνίας αναπτύχθηκαν με σκοπό να υποστηρίξουν τις διάφορες λειτουργίες που χρησιμοποιούνται από τους διαχειριστές των υποδομών, ώστε να επικρατεί ασφάλεια και αποτελεσματικότητα στους δρόμους. Οι Kimmel *et al.* (2021) αναφέρουν ότι οι υποδομές οδικής επικοινωνίας αποτελούνται από εξοπλισμό ευρέως διαδεδομένο ως οδικές

μονάδες (roadside units, RSU) εγκατεστημένες σε στύλους σηματοδότησης ή άλλες κατασκευές που είναι εξοπλισμένες με ασύρματη σύνδεση επιτρέποντας την ανταλλαγή μηνυμάτων με οχήματα που χρησιμοποιούν τα ITS. Αυτού του είδους η επικοινωνία είναι γνωστή στη βιβλιογραφία ως V2I και αντιστρόφως (European ITS Platform, 2022).

Για τη βελτίωση της ασφάλειας και της κινητικότητας της οδού, οι RSU εκπέμπουν μηνύματα προς και για τα κοντινά οχήματα τα οποία είναι σε θέση να τα λάβουν. Οι RSU αποτελούν πομπούς δεδομένων που αποστέλλονται σε άλλους δέκτες ή είναι οι ίδιοι αποδέκτες δεδομένων από άλλες συσκευές όπως τα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας και καιρικών συνθηκών. Τα μηνύματα μπορούν να αποστέλλονται και από άλλα οχήματα και στην συνέχεια οι RSU αφού τα λάβουν προχωρούν στην καταγραφή και αποστολή τους είτε σε συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας είτε σε κεντρικό διακομιστή του δικτύου (Kimmel *et al.*, 2021).

### 5.2.3 Εντοπισμός θέσης και χρονισμού μέσω δορυφόρου

Το κάθε Α.Ο. είναι εξοπλισμένο με τους δικούς του αισθητήρες, πολλοί εκ των οποίων χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό της ακριβούς θέσης του οχήματος. Παρόλα αυτά, και οι εξωτερικές πληροφορίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση αυτού του σκοπού. Το πιο γνωστό σύστημα είναι ο δορυφορικός εντοπισμός θέσης με βάση το GNSS. Το δορυφορικό σύστημα πλοήγησης χρησιμοποιεί δορυφόρους, έναν δέκτη και αλγορίθμους για το συγχρονισμό της τοποθεσίας, της ταχύτητας, και των χρονικών δεδομένων του ταξιδιού (Kimmel *et al.*, 2021). Τα συστήματα GNSS σχετίζονται άμεσα με την αυτοματοποιημένη οδήγηση καθώς τα Α.Ο. στηρίζονται σε μεγάλο βαθμό στον γεωγραφικό εντοπισμό για την πλοήγηση, τη διατήρηση του ODD (Operational Design Domain), και την ενημέρωση των ψηφιακών χαρτών υψηλής ευκρίνειας (ITF, 2023). Ο όρος ODD (Τομέας Επιχειρησιακού Σχεδιασμού) αναφέρεται στο συγκεκριμένο πλαίσιο λειτουργίας των Α.Ο., όπως είναι οι περιβαλλοντικές και οι γεωγραφικές συνθήκες (Smart, Stetson and Jesudesan, 2022).

Αυτή τη χρονική στιγμή υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά συστήματα GNSS (Galileo, GLONASS, BeiDou, GPS) τα οποία παρέχουν παγκοσμίως υπηρεσίες εντοπισμού θέσης με ακρίβεια εντοπισμού από 1,5 έως 10 μέτρα (EUSPA, 2024). Τα συστήματα GNSS ή κινηματικού εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο γνωστά ως TRK λειτουργούν με βάση τοπικούς σταθμούς αναφοράς. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα SBA μπορούν να καλύψουν ολόκληρες ηπείρους, όμως τα GNSS και TRK είναι πιο αποτελεσματικά για χρήση εντός πόλεων. Στη πλειοψηφία των χωρών τα Δορυφορικά Συστήματα Επαυξησεως (Satellite-based Augmentation Systems, SBA) είναι συνήθως ενσωματωμένα στα συστήματα GNSS που βρίσκονται στην αγορά. Τα SBA είναι αρκετά ακριβή δορυφορικά συστήματα, ενώ η κάλυψή τους είναι περιφερειακή και όχι

παγκόσμια. Και τα δύο συστήματα ανήκουν και διαχειρίζονται από τις εθνικές κυβερνήσεις (ITF, 2023).

#### 5.2.4 Χαρτογράφηση υψηλής ευκρίνειας

Οι κλασσικοί χάρτες συνδυαστικά με ένα σύστημα γεωγραφικού εντοπισμού βοηθούν ήδη τους οδηγούς να προηγηθούν, αλλά στην περίπτωση των Α.Ο. υπάρχει πολύ μεγαλύτερη ανάγκη για ακρίβεια. Για τον λόγο αυτό η χαρτογράφηση παίζει καθοριστικό ρόλο στην ομαλή και ασφαλή πλοήγηση των Α.Ο.. Οι χάρτες υψηλής ευκρίνειας έχουν δημιουργηθεί μέσω λεπτομερούς καταγραφής του οδικού δικτύου με τη χρήση οχημάτων εξοπλισμένα με αισθητήρες όπως και τα Α.Ο.. Τα ερευνητικά οχήματα χρησιμοποιούν κάμερες υψηλής ευκρίνειας, συστήματα ανίχνευσης φωτός, LIDAR και άλλων ειδών αισθητήρες ώστε να αποκτήσουν μια λεπτομερή και ακριβή εικόνα του περιβάλλοντος. Στη συνέχεια, τα δεδομένα αυτά συγκεντρώνονται, αναλύονται και δομούνται ώστε να δημιουργηθεί μία εικόνα υψηλής ακρίβειας του δρόμου και του επιμέρους περιβάλλοντος. Τα Α.Ο. χρησιμοποιώντας χάρτες υψηλής ευκρίνειας επιβεβαιώνουν μία εικόνα που τους είναι ήδη κατανοητή (ITF, 2023).

Σύμφωνα με τους Kimmel *et al.* (2021) οι χάρτες υψηλής ευκρίνειας αποτελούνται από πέντε επίπεδα πληροφοριών, τέσσερα εκ των οποίων έχουν δομηθεί βάσει πληροφοριών που βρίσκονται στους υπάρχοντες βασικούς χάρτες. Τα επίπεδα αυτά αφορούν τον βασικό χάρτη, τον γεωμετρικό χάρτη, τον σημασιολογικό χάρτη, τα προγνωστικά του χάρτη (map priors) και η σε πραγματικό χρόνο γνώση. Πιο αναλυτικά:

1. Το επίπεδο του βασικού χάρτη περιλαμβάνει τις πληροφορίες ενός παραδοσιακού δισδιάστατου χάρτη όπως οι δρόμοι, τα σύνορα, οι υδάτινες οδούς κ.ά..
2. Το επίπεδο του γεωμετρικού χάρτη αποτελείται από αναλυτικές τρισδιάστατες πληροφορίες του περιβάλλοντος. Ακατέργαστα δεδομένα που καταγράφηκαν από τους αισθητήρες των LIDAR, τις κάμερες και το GPS επεξεργάζονται χρησιμοποιώντας ταυτοχρόνως εντοπισμό και χαρτογράφηση αλγορίθμων με σκοπό να δημιουργηθεί μία τρισδιάστατη απεικόνιση της περιοχής ενδιαφέροντος.
3. Το επίπεδο του σημασιολογικού χάρτη είναι ένας συνδυασμός του προηγούμενου επιπέδου προσθέτοντας σημασιολογικά στοιχεία. Διάφορα δισδιάστατα και τρισδιάστατα αντικείμενα κυκλοφορίας όπως τα όρια των λωρίδων, οι διασταυρώσεις, οι διαβάσεις πεζών κ.ά. καταχωρούνται σε αυτό το επίπεδο.
4. Το τέταρτο επίπεδο που αφορά τα προγνωστικά του χάρτη περιέχει πληροφορίες για τα δυναμικά στοιχεία. Οι πληροφορίες που καταχωρούνται σε αυτό το επίπεδο μπορούν να περιέχουν γεωμετρικά και σημασιολογικά δεδομένα. Για παράδειγμα σε αυτό το

επίπεδο κωδικοποιούνται οι προηγούμενες εντολές των φωτεινών σηματοδοτών στις διασταυρώσεις.

5. Το επίπεδο του πραγματικού χρόνου είναι το ανώτερο επίπεδο του χάρτη υψηλής ευκρίνειας καθώς είναι το μοναδικό επίπεδο που έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιείται και να ανανεώνεται ενώ βρίσκεται σε χρήση. Οι πληροφορίες που περιέχει είναι σε πραγματικό χρόνο, όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση και έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει την συλλογή και ανταλλαγή πληροφοριών από και προς τα Α.Ο..

### **5.2.5 Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και 5G**

Μεγάλη ερευνητική προσπάθεια διοχετεύεται γύρω από τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και πως αυτά υποστηρίζουν τα Α.Ο. αφού πολλοί θεωρούν ότι τα Α.Ο. χρειάζονται τις δυνατότητες που παρέχονται από τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας. Τα δίκτυα αυτά διαθέτουν σταθερούς σταθμούς βάσης, οι οποίοι επιτρέπουν την αμφίδρομη επικοινωνίας ανάμεσα στο δίκτυο και τους χρήστες του και ένα βοηθητικό σύστημα οπτικών ινών για την σύνδεση των επιμέρους σταθμών με το ευρύτερο δίκτυο (ITF, 2023).

Με την ενσωμάτωση των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο το 5G αποτελεί το πιο προηγμένο πρότυπο επικοινωνιών σε ευρεία χρήση. Το 5G είναι όρος «ομπρέλα» καθώς καλύπτει μια σειρά από διαφορετικά συστήματα επικοινωνιών (χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων) που εφαρμόζονται συνδυαστικά για να προσφέρουν συνδεσιμότητα δεδομένων (Rabbi, 2020). Είναι απαραίτητο να συνδυαστούν τα παραπάνω συστήματα, ώστε η χωρητικότητα του 5G να είναι επαρκής και να ανταποκρίνεται στο προσδοκώμενο επίπεδο χρήσης (Serizawa *et al.*, 2019).

### **5.2.6 Το θεσμικό πλαίσιο για τα Α.Ο.**

Η αυτοματοποιημένη οδήγηση δημιουργεί νέες προκλήσεις για τους φορείς λήψης αποφάσεων καθώς προϋποθέτει μία ευέλικτη προσέγγιση αντιμετώπισης αγνώστων κινδύνων σε πολλούς τομείς και απαιτεί συνεργασία με άγνωστους εταίρους. Για τον λόγο αυτό, τα θεσμικά όργανα θα χρειαστεί να αναπτύξουν νέες αποτελεσματικές δεξιότητες (ITF, 2023).

Πιο αναλυτικά, η ITF (2023) στην έκθεσή της επικεντρώνεται στην αναγκαιότητα επαρκών δοκιμών για την ασφάλεια των Α.Ο.. Οι δοκιμές στα Α.Ο. διαφέρουν από τα άλλα οδικά οχήματα και εξαρτώνται σημαντικά από μεγάλο ποσοστό μοντελοποίησης και προσομοίωσης, δοκιμές σε πίστες, και στο δρόμο. Η αξιολόγηση των διεθνών στοιχείων που προκύπτουν από τις δοκιμές σε συνεργασία με τις αντίστοιχες βιομηχανίες είναι σε θέση να επιταχύνουν τη ρυθμιστική και νομική υιοθέτηση των Α.Ο..

Το θεσμικό πλαίσιο καθορίζει τη χρήση των υποδομών και τη συμπεριφορά των οχημάτων, ενώ στην περίπτωση των Α.Ο. μπορεί να χρειάζεται ερμηνεία ή επικαιροποίηση των υφιστάμενων νόμων. Ο εκσυγχρονισμός του νομικού πλαισίου, ιδανικά με κοινό χαρακτήρα θα προωθήσει την εισαγωγή των Α.Ο. σε νέες περιοχές. Για την επίτευξη αυτού του στόχου βασικό βήμα αποτελεί η σύνταξη ενός εννοιολογικού χάρτη της τρέχουσας νομοθεσίας σχετικά με την οδήγηση (ITF, 2023).

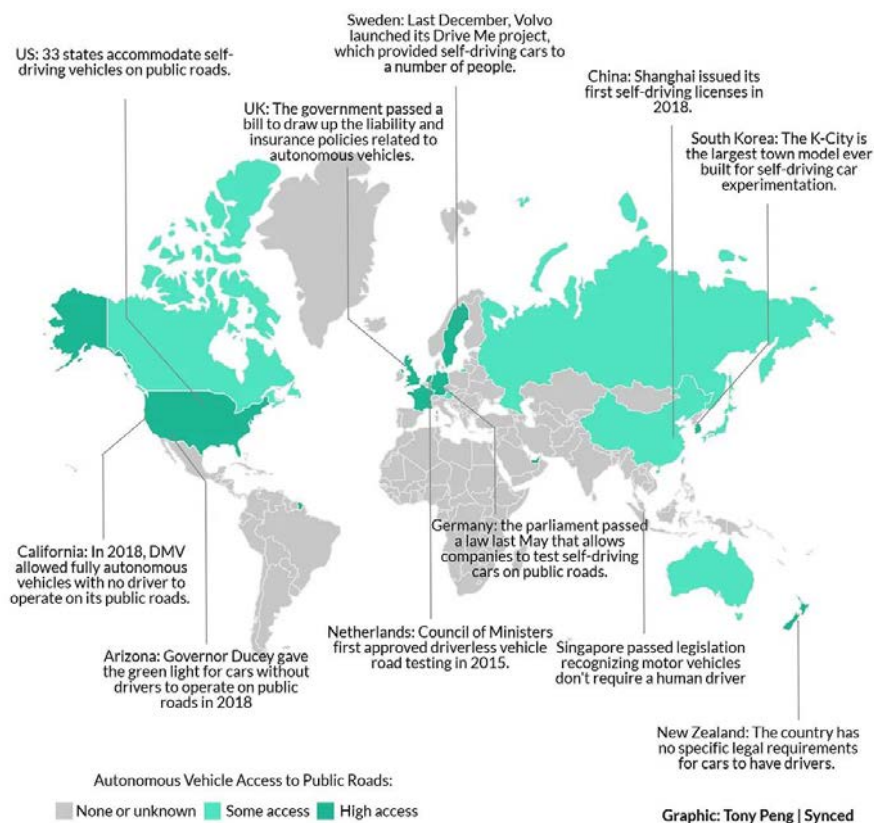
Στο άμεσο μέλλον, η συνύπαρξη των Α.Ο. με τα συμβατικά οχήματα θα είναι ακόμα πιο συχνή. Επομένως, είναι βοηθητικό οι άνθρωποι-οδηγοί να εκπαιδεύονται, με αποτέλεσμα να είναι σε θέση να κατανοήσουν τον τρόπο συμπεριφοράς των Α.Ο.. Με τον καιρό, οι νομοθεσίες και οι πρακτικές θα πρέπει να προοδεύουν για να αντιμετωπίζουν τις νέες ανάγκες που προκύπτουν από την μεικτή κυκλοφορία στο οδικό δίκτυο (ITF, 2023).

Περισσότερα στοιχεία για το θεσμικό πλαίσιο και την εφαρμογή των Α.Ο. παρουσιάζεται λεπτομερώς στο επόμενο κεφάλαιο.

## 6. Θεσμικό πλαίσιο εφαρμογής – Διεθνής εμπειρία

Η πρόοδος και η διάδοση της χρήσης των Α.Ο. είναι ραγδαία, ενώ παγκοσμίως πολλά κράτη έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν αυτοματοποιημένη οδήγηση συνδυαστικά με τα συμβατικά οχήματα. Στην συνέχεια, θα αναλυθεί το ζήτημα της αυτοματοποιημένης οδήγησης ανά ήπειρο αλλά και κάποιες από τις επιμέρους χώρες τόσο όσον αφορά το νομοθετικό όσο και το ερευνητικό τους πλαίσιο. Στην παρακάτω εικόνα, έχουν επιλεγεί ορισμένες από τις χώρες οι οποίες σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν συμβάλει στην ένταξη των τεχνολογιών της αυτόματης οδήγησης στους δημόσιους δρόμους και έχουν προωθήσει μέσω καινοτόμων προγραμμάτων τις δοκιμές (SyncedReview, 2018).

Εικόνα 8. Παγκόσμιες νομοθεσίες και δοκιμές στην τεχνολογία της αυτόματης οδήγησης (SyncedReview, 2018).



### 6.1 Ευρώπη

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, στις 14 Απριλίου 2016 διοργανώθηκε το Ανεπίσημο Συμβούλιο Μεταφοράς και Περιβάλλοντος στο Άμστερνταμ, στο οποίο παραβρέθηκαν 28 Ευρωπαίοι Υπουργοί Μεταφορών ώστε να συνταχθεί η «Διακήρυξη του Άμστερνταμ» (2016). Η συγκεκριμένη διακήρυξη προϋποθέτει την συνεργασία μεταξύ των κρατών μελών, της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και των εταιρών της βιομηχανίας. Έτσι, η Διακήρυξη του Άμστερνταμ (2016) για τη συνδεδεμένη και αυτόνομη οδήγηση αποτέλεσε το πρώτο βήμα προς τη κατεύθυνση της Ευρώπης προς την χρήση των Α.Ο., αφού καθιερώθηκε μία κοινή πολιτική

στратηγική σχετικά με το συγκεκριμένο ζήτημα. Στα ίδιο πλαίσιο, διεξάχθηκαν τέσσερα συνέδρια τα επόμενα δύο χρόνια στο Άμστερνταμ, τη Φρανκφούρτη, το Γκέτεμποργκ και τη Βιέννη με σκοπό τα κράτη μέλη να αντιμετωπίσουν τα νομικά και πρακτικά εμπόδια στις δοκιμές και την ανάπτυξη των Α.Ο.. Επιπλέον, κρίθηκε απαραίτητη η καθιέρωση διαλόγου ανάμεσα στα κράτη μέλη για να ανταλλάσσουν απόψεις και τις καλές πρακτικές για τη χρήση των Α.Ο. και την παρακολούθηση της εξέλιξης.

Γενικότερα, η Ευρώπη είναι ιδιαίτερα ενεργή αναφορικά με τις πολιτικές και τους κανονισμούς για τα Α.Ο.. Προσφάτως η Ευρώπη επανεξέτασε τον Γενικό Κανονισμό Ασφαλείας του 2019 μετά από δέκα χρόνια ισχύος (Council of the EU, 2019). Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το επίπεδο αυτοματοποίησης που είναι σε θέση να υποστηρίξουν οι χώρες της Ευρώπης (Εικόνα 9).

Εικόνα 9. Αυτόνομα οχήματα: Επίπεδο αυτοματοποίησης ανά ευρωπαϊκή περιφέρεια (ioki, 2023).



## Ολλανδία

Η κυβέρνηση της Ολλανδίας έχει δημιουργήσει νέους καινοτόμους νόμους, ώστε να εφαρμόζονται σε μεγάλη κλίμακα δοκιμές για τα Α.Ο. στους δημόσιους δρόμους της χώρας, επιτρέποντας τις δοκιμές τύπου FOTs (Field Operational Tests).

Το επόμενο βήμα στη νομοθεσία της Ολλανδίας αποτελεί η θέσπιση των «νόμων για τα πειράματα», σύμφωνα με τους οποίους επιτρέπονται τα πειράματα με αυτοματοποιημένα οχήματα χωρίς οδηγό. Η επίβλεψη από άνθρωπο γίνεται εκτός του οχήματος. Η Ολλανδία είναι πρωτοπόρα χώρα αναφορικά με την αυτόνομη οδήγηση και μεταφορά, ενώ είναι ανοιχτή σε συνεργείες με άλλα κράτη, εταιρείες και κατασκευαστές προς όφελος της οδικής ασφάλειας.

Βασικές προϋποθέσεις της ολλανδικής προσέγγισης είναι η υπεύθυνη ενσωμάτωση και το υψηλό επίπεδο προδιαγραφών ασφαλείας, με αποτέλεσμα τη δημιουργία εγχειρημάτων όπως τα WePod, Appelscha Pod, Daimler Future Bus City Pilot (ERTRAC, 2019).

### **Γαλλία**

Το 2018, ο τότε Υπουργός και Επικεφαλής της Εθνικής Στρατηγική για την Ανάπτυξη των Αυτόνομων Οχημάτων, εξέδωσε το πλαίσιο πολιτικής το οποίο θα αποτελούσε την βάση των δράσεων της γαλλικής κυβέρνησης σχετικά με την πρόοδο της αυτοματοποιημένης οδήγησης (Idrac, 2018).

Προκειμένου να δημιουργήσει μία σταθερή βάση και ένα οικοσύστημα μεταφορών που επιτρέπει την ενσωμάτωση των Α.Ο. έως το 2020-2022, η Γαλλία δεσμεύτηκε για ένα σύστημα ελεγχόμενης και αξιόπιστης ανάπτυξης. Οι αλλαγές που θα ορίζει το νέο αυτό σύστημα θα πρέπει να είναι συμβατές με μεταρρυθμίσεις στον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας όπως αυτός ρυθμίζεται από το Υπουργείο Εσωτερικών, Δικαιοσύνης και Μεταφορών και Βιομηχανίας (AVENUE, 2018).

### **Γερμανία**

Το Υπουργείο Μεταφορών και Ψηφιακών Υποδομών δημιούργησε το 2013 ένα συμβουλευτικό όργανο με το όνομα «Αυτοματοποιημένη Οδήγηση», το οποίο προωθεί την ανταλλαγή απόψεων και εμπειριών μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων της αντίστοιχης βιομηχανίας, των εμπειρογνομόνων, των ομοσπονδιών και της δημόσιας διοίκησης. Το συμβουλευτικό όργανο αποτελούμενο από ένα σύνολο ειδικών συγκεντρώνει και την απαιτούμενη γνώση για να επιτευχθεί μία γενικότερη κοινωνική συναίνεση σε διάφορες πτυχές της αυτοματοποιημένης και συνδεδεμένης οδήγησης. Η ομάδα ειδικών πραγματοποιεί συναντήσεις δύο φορές τον χρόνο αποφασίζοντας για ποικίλα ζητήματα σχετικά με το θέμα όπως τους τομείς έρευνας που είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των Α.Ο. (ERTRAC, 2019).

Ακολουθώντας τις προτάσεις του συμβουλευτικού οργάνου, το 2015 το Υπουργείο δημοσίευσε μία σειρά από στρατηγικές που επικεντρώνονταν στις υποδομές, τους κανονισμούς, τις καινοτομίες, την συνδεσιμότητα, τον κοινωνικό διάλογο και την προστασία δεδομένων και την ασφάλεια του κυβερνοχώρου (Die Bundesregierung, 2015).

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε τροποποίηση του νόμου περί οδικής κυκλοφορίας του 2017, στην οποία ορίζονται τα δικαιώματα και οι ευθύνες των οδηγών κατά την διάρκεια αυτοματοποιημένης κίνησης και η δημιουργία ηθικών κατευθυντήριων γραμμών για τον σχεδιασμό των συστημάτων αυτοματοποιημένης οδήγησης (ERTRAC, 2019).

Αξίζει να γίνει αναφορά στο πρόγραμμα PEGASUS, το οποίο στοχεύει στην παραγωγή προτύπων για την υλοποίηση λειτουργιών οδήγησης υψηλής αυτοματοποίησης. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα χρηματοδοτείται από το Υπουργείο Οικονομίας και Τεχνολογίας, ενώ θεωρείται ότι το PEGASUS θα επιτρέψει την κάλυψη ουσιαστικών κενών στις δομικές και τις επαληθεύσεις των λειτουργιών έως τα μέσα του 2019 (Winner *et al.*, 2019).

Τα Υπουργεία Τεχνολογία, Μεταφορών και Έρευνας χρηματοδοτούν έρευνες ποικίλων θεματολογιών όπως η δοκιμή και η επικύρωση οχημάτων και συστημάτων τεχνολογίας. Και στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης σημειώνονται χρηματοδοτούμενες μελέτες. Σε όλη τη χώρα έχουν κατασκευαστεί μεγάλος αριθμός ειδικά σχεδιασμένων δοκιμαστικών χώρων για την επικύρωση διαφόρων λειτουργιών των Α.Ο. και των αντίστοιχων υποδομών σε πραγματικές κυκλοφοριακές συνθήκες (ERTRAC, 2019). Τέλος, το 2018 η Γερμανία σε συνεργασία με το Λουξεμβούργο και η Γαλλία δημιούργησαν ένα διασυνοριακό πεδίο δοκιμών με την ονομασία «Franco-German-Luxemburgish cooperation on automated and connected driving Concept for the Cross-border Digital Test Bed» (Ministère de l'Économie, 2018).

### **Ηνωμένο Βασίλειο**

Το 2015 το Ηνωμένο Βασίλειο ίδρυσε το Κέντρο για τα Συνδεδεμένα και Αυτόνομα Οχήματα (CCAV) για τα διασφαλίσει την θέση του Ηνωμένου Βασιλείου ως πρωτοπόρα απέναντι στην αλλαγή αυτή δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην ασφαλή ανάπτυξη, παραγωγή και χρήση των Α.Ο. και συναφών τεχνολογιών (Centre for Connected and Autonomous Vehicles, 2018).

Το Ηνωμένο Βασίλειο διατηρεί ένα ρυθμιστικό περιβάλλον ανοιχτό στις αλλαγές, το οποίο στοχεύει στην ενίσχυση της καινοτομίας και της ασφάλειας. Ο Κώδικας Πρακτικής για τις δημόσιες δοκιμές των τεχνολογιών των αυτοματοποιημένων οχημάτων που ενημερώθηκε πρόσφατα επιτρέπει τις δομικές οποιασδήποτε σχετικής τεχνολογίας, εφόσον είναι σύμφωνη με την νομοθεσία. Επιπρόσθετα, ο ανανεωμένος Κώδικας Πρακτικής περιλαμβάνει σχέδια για να εξελιχθεί η διαδικασία των δοκιμών ώστε να επιταχυνθεί η διαδικασία αναμονής για την πραγματική δοκιμή της αυτοκινούμενων οχημάτων στους δρόμους του Ηνωμένου Βασιλείου (Department for Transport *et al.*, 2023).

Τον Μάιο του 2024, εφαρμόστηκε ο Νόμος για τα Αυτόνομα Οχήματα, σύμφωνα με τον οποίο τα αυτοκινούμενα οχήματα θα μπορούν να κινούνται στο οδικό δίκτυο της Μ. Βρετανίας έως το 2026. Η οδική ασφάλεια βρίσκεται στο επίκεντρο του νόμου, καθώς η χρήση των Α.Ο. θεωρείται ότι θα βελτιώσει την οδική ασφάλεια μειώνοντας τα ατυχήματα που προκαλούνται από ανθρώπους (gov.uk, 2024).

Όσον αφορά τις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στο Ηνωμένο Βασίλειο, το 2014 το «Four Cities Trials» παρουσίασε τα Α.Ο. και την ενσωμάτωσή τους σε αληθινό περιβάλλον. Το CCAV έπαιξε σημαντικό ρόλο στη δοκιμαστική περίοδο αφού χρηματοδότησε έρευνες σχετικά με την αυτόνομη οδήγηση και συνεργάστηκε με παραπάνω από 200 εταιρίες (Centre for Connected and Autonomous Vehicles, 2018). Το 2018 το CCAV ανακοίνωσε την έναρξη δημόσιων εφαρμογών μεγάλης κλίμακας όπως το CAVForth και το Apollo (ERTRAC, 2019).

Το πρώτο πρόγραμμα έργων υποδομής ξεκίνησε το 2017, κατασκευάζοντας δύο ελεγχόμενες δοκιμαστικές πλατφόρμες και δύο δημόσια, ανοιχτά πεδία σε δύο πόλεις. Η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου ίδρυσε και το Meridian Mobility για να διευκολυνθεί η συνεργασία των διαφόρων εμπλεκόμενων φορέων και να διασφαλισθεί παγκοσμίως η δράση του Ηνωμένου Βασιλείου αναφορικά με τις δοκιμές και την ανάπτυξη σε αυτό το νέο ζήτημα (ERTRAC, 2019).

Δύο τομείς που έδωσε ιδιαίτερη σημασία η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου αποτελούν η ασφάλεια του κυβερνοχώρου και της δημόσιας βούλησης. Σχετικά με τον πρώτο, εκδόθηκε το 2017 από μια κατευθυντήρια γραμμή με το όνομα «Principles of Cyber Security for Connected and Autonomous Vehicle», ενώ ένα χρόνο αργότερα το Βρετανικό Ινστιτούτο Προτύπων δημοσίευσε ένα ανανεωμένο σύνολο προτάσεων βασισμένο στο προηγούμενο έγγραφο. Όσον αφορά την διασφάλιση της δημόσιας βούλησης, το Ηνωμένο Βασίλειο δίνει έμφαση στη κοινωνική και συμπεριφορική έρευνα προκειμένου να κατανοήσει την στάση των πολιτών απέναντι στα Α.Ο.. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τέτοιου είδους έρευνες αποτελούν εργαλεία για τους φορείς λήψης αποφάσεων σχετικά με την αυτόνομη οδήγηση (ERTRAC, 2019).

## **Νορβηγία**

Τον Ιανουάριο του 2016, η Νορβηγική κυβέρνηση εξουσιοδότησε τη Νορβηγική Διοίκηση Δημόσιων Οδών να μελετήσει και να συντάξει τους κανονισμούς που θα καθιστούσαν εφικτές τις δοκιμές με αυτοκινούμενα οχήματα σε δημόσιους δρόμους έως τον Απρίλιο του ίδιου χρόνου (SVV, 2016). Τον Δεκέμβριο του 2016 δόθηκε η αντίστοιχη πρόταση για τους νόμους (Norwegian Government, 2016).

Τον Δεκέμβριο του 2017, η Κυβέρνηση της Νορβηγίας καθιέρωσε νέα νομοθεσία που επιτρέπει τις δοκιμές αυτοκινούμενων οχημάτων σε δημόσιους δρόμους (Norwegian Parliament, 2017). Για την σύνταξη αυτής της νομοθεσίας η Σουηδική έκθεση για τα αυτοκινούμενα οχήματα λειτούργησε ως βάση (SOU, 2016). Βέβαια, η Νορβηγία πέρασε στον επόμενο επίπεδο, αφού ο κανονισμός δεν απαιτούσε την ύπαρξη οδηγού ούτε εντός αλλά ούτε εκτός του οχήματος σε αντίθεση με την Σουηδία (TU, 2017).

## Σουηδία

Το 2015 το η Σουηδική κυβέρνηση ανέθεσε σε ειδικό ερευνητή να μελετήσει και να κατονομάσει τις νομοθετικές αλλαγές που έκρινε αναγκαίες για την εισαγωγή τεχνολογίας υποστήριξης του οδηγού και πλήρως ή εν μέρει αυτοκινούμενων οχημάτων στο οδικό δίκτυο. Η συγκεκριμένη μελέτη περιλάμβανε την εξέταση και υποβολή νομοθετικών προτάσεων ώστε να δημιουργηθούν οι βέλτιστες νομικές συνθήκες τόσο για τις δοκιμές όσο και την ενσωμάτωση αυτοκινούμενων οχημάτων στους δημόσιους δρόμους (Hansson, 2020). Η προθεσμία για το πρώτο μέρος της μελέτης ήταν ο Απρίλιος του 2016, και του δεύτερου μέρους ο Νοέμβριος του 2017 (Swedish Government, 2015). Το πρώτο μέρος παρουσιάστηκε το 2016 και περιλάμβανε μία σειρά από δοκιμές αυτοκινούμενων οχημάτων (SOU, 2016). Ωστόσο, η Σουηδική Επιθεώρηση Δεδομένων είχε ισχυρές απόψεις σχετικά με την ακεραιότητα της πρότασης και για αυτό το λόγο η θέσπιση κανονιστικών ρυθμίσεων πραγματοποιήθηκε σε μεταγενέστερο χρόνο (NyTeknik, 2017). Το 2018, ένας ειδικός ερευνητής παρουσιάζει και το δεύτερο μέρος, την τελική πρόταση 1298 σελίδων σχετικά με τα αυτοκινούμενα οχήματα στον Υπουργό Υποδομών, με ένα σχέδιο κανονισμού που ήταν απαραίτητο για τη σταδιακή εισαγωγή των αυτόματων οχημάτων (SOU, 2018).

Το 2017, η Σουηδική κυβέρνηση ψήφισε ένα διάταγμα που επέτρεπε τις δοκιμές αυτοκινούμενων οχημάτων με τη επιχορήγηση των αδειών από τη Σουηδική Υπηρεσία Μεταφορών (SFS, 2017). Ένα χρόνο αργότερα το 2018, ξεκίνησαν αντίστοιχα πειράματα και σε δημόσιους δρόμους. Μέχρι και σήμερα δεν έχει θεσπιστεί κάποια σχετική νομοθεσία (Hansson, 2020) όμως αξίζει να αναφερθούν κάποια από τα προγράμματα και πλατφόρμες που έχουν πραγματοποιηθεί. Ένα από αυτά είναι το «FFI partnership program» που αποτελεί το βασικό πρόγραμμα υπεύθυνο για της έρευνες στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας στην Σουηδία όπως και το «DriveSweden», μία πλατφόρμα χρηματοδοτούμενη από την κυβέρνηση, που βρισκόταν σε λειτουργία τη περίοδο 2016-2017 και είχε στόχευε στον σχεδιασμό και τη πιλοτική εφαρμογή καινούργιων υπηρεσιών κινητικότητας βασισμένες στα συνδεδεμένα, αυτοματοποιημένα και κοινόχρηστα οχήματα (ERTRAC, 2019).

## Φιλανδία

Με βάση μια εθνική στρατηγική για την αυτοματοποίηση όλων των μεταφορικών μέσων που υπογράφηκε το 2015, δημοσιεύθηκε στις αρχές του 2016 ένας Οδικός Χάρτης και ένα Σχέδιο Δράσης σχετικά με την αυτοματοποίηση των οδικών μεταφορών για το διάστημα 2016-2020. Στο έγγραφο αυτό περιγράφονται οι διοικητικές δράσεις αναφορικά με τις μεταφορές στους τομείς των υποδομών, του οδικού εξοπλισμού, τις δοκιμαστικές δραστηριότητες κ.ά. (ERTRAC, 2019).

Το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών σε συνεργασία με το Φινλανδικό Οργανισμό Ασφάλειας Μεταφορών μελέτησαν τις υπάρχουσες νομοθετικές και κανονιστικές διατάξεις που σχετίζονται με την αυτοματοποιημένη οδήγηση στην Φινλανδία. Το Υπουργείο συμπέρανε ότι η ισχύουσα νομοθεσία καθιστά εφικτή τη χρήση και δοκιμή των αυτοκινούμενων οχημάτων στους δημόσιους χώρους χωρίς να κρίνεται αναγκαία η ύπαρξη ανθρώπου/οδηγού εντός του οχήματος (Kulmala, Jämskeläinen and Pakarinen, 2019). Λαμβάνοντας υπόψιν την μη αναγκαιότητα θέσπισης νέων νόμων, το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών συνεργατικά με άλλες αρχές, φορείς και πόλεις είναι σε θέση να προωθήσει τις δοκιμές τέτοιων οχημάτων σε ποικίλα περιβάλλοντα σε όλη τη Φινλανδία. Για παράδειγμα το «Aurora Arctic Challenge» είναι ένα δοκιμαστικό τμήμα 75 χλμ. με ένα ειδικά εξοπλισμένο μέρος απόστασης 10 χλμ. στην Βόρεια Φινλανδία που είναι ενεργό. Τέτοιου είδους εγχειρήματα επιτρέπουν στους ενδιαφερόμενους να διερευνήσουν τις επιδόσεις των τεχνολογιών των αυτοματοποιημένων οχημάτων και την δημιουργία νέων καινοτομιών που επιτρέπουν την χρήση αυτοματοποιημένων οχημάτων σε διάφορες καιρικές συνθήκες (FTA, 2018).

Τέλος, η Φινλανδία ασχολείται ενεργά με τον εκσυγχρονισμό των συμβάσεων της UNECE για την οδική κυκλοφορία, ώστε μελλοντικά να είναι πιθανές οι δοκιμές σε μεγαλύτερη κλίμακα και η χρήση αυτοκινούμενων οχημάτων (Kulmala, Jämskeläinen and Pakarinen, 2019).

## **Σλοβενία**

Ακολουθώντας την προσπάθεια «C-Roads Slovenia», το οποίο προωθεί τη μελλοντική εξάπλωση της αυτοματοποίησης σε επίπεδο μεταφοράς, η πιλοτική εφαρμογή συστημάτων C-ITS βρίσκεται υπό εξέλιξη από το 2016 (C-Roads, no date).

Επιπρόσθετα, μία εφαρμογή βασισμένη στη δοκιμή «Ημέρα 3», κατά την οποία το αυτόνομο όχημα θα πρέπει να είναι έτοιμο για χρήση, έχει επιβεβαιωθεί από το Υπουργείο Υποδομών της χώρας. Στόχος αυτού του έργου είναι η δημιουργία αυτοματοποιημένης οδήγησης επιπέδου 4 που θα χρησιμοποιεί προηγμένες ITS υποδομές επικοινωνίας κατά μήκος της χώρας συνδέοντας την Γερμανία με την Αυστρία και τη Σλοβενία. Παρόλο που το έργο δεν έχει επιβεβαιωθεί το Υπουργείο της Σλοβενίας έχει θετική στάση απέναντι σε τέτοιου είδους εγχειρήματα καθώς προωθούν την ανάπτυξη της CCAM (ERTRAC, 2019).

Ειδικότερα, το Υπουργείο Υποδομών της Δημοκρατίας της Σλοβενίας έχει υπογράψει το Μνημόνιο Κατανόησης για τη διασυνοριακή συνεργασία στην ανάπτυξη και δοκιμή υπηρεσιών ηλεκτρικής, συνδεδεμένης και αυτόνομης κινητικότητας σε συνεργασία με το Ομοσπονδιακό Υπουργείο Μεταφορών, Καινοτομίας και Τεχνολογίας της Δημοκρατίας της Αυστρίας, το

Υπουργείο Εθνικής Ασφάλειας της Σλοβενίας και το Υπουργείο Εθνικής Ανάπτυξης της Ουγγαρίας (ERTRAC, 2019).

## **Ελλάδα**

Η Ελλάδα επέτρεψε την χρήση πλήρως αυτοματοποιημένων οχημάτων χωρίς οδηγό σε αστικές περιοχές και δημόσιους δρόμους για ερευνητικές εφαρμογές. Έπειτα από υπουργική απόφαση που δημοσιεύθηκε τον Ιούνιο του 2015 καθορίστηκε και το πλαίσιο για την ενσωμάτωση της αυτοματοποιημένης οδήγησης. Το πλαίσιο λοιπόν έχρηζε αναγκαία την ανάλυση των προτεινόμενων διαδρομών, τη πιστοποίηση των οχημάτων, την εκπαίδευση των χειριστών, την εποπτεία των μελετών από αρμόδιους φορείς, και την ενεργή στήριξη από τις τοπικές αρχές (ERTRAC, 2019).

Το πρόγραμμα CityMobil2 ξεκίνησε το 2012 και είχε διάρκεια 4 έτη, ενώ συμμετείχαν 45 Ευρωπαίοι Εταίροι (Alessandrini *et al.*, 2014). Τα πρώτα πλήρως αυτοματοποιημένα οχήματα κυκλοφόρησαν επισήμως τον Οκτώβρη του 2015 στην πόλη των Τρικάλων. Το εγχείρημα CityMobil2 εφαρμόστηκε στα Τρίκαλα τον Νοέμβριο του ίδιου έτος και ολοκληρώθηκε τον Φεβρουάριο του 2016. Στα πλαίσια της πιλοτικής εφαρμογής CityMobil2 υλοποιήθηκαν με επιτυχία 1500 διαδρομές με περισσότερους από 12.000 επιβάτες (ERTRAC, 2019).

## **6.2 Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής**

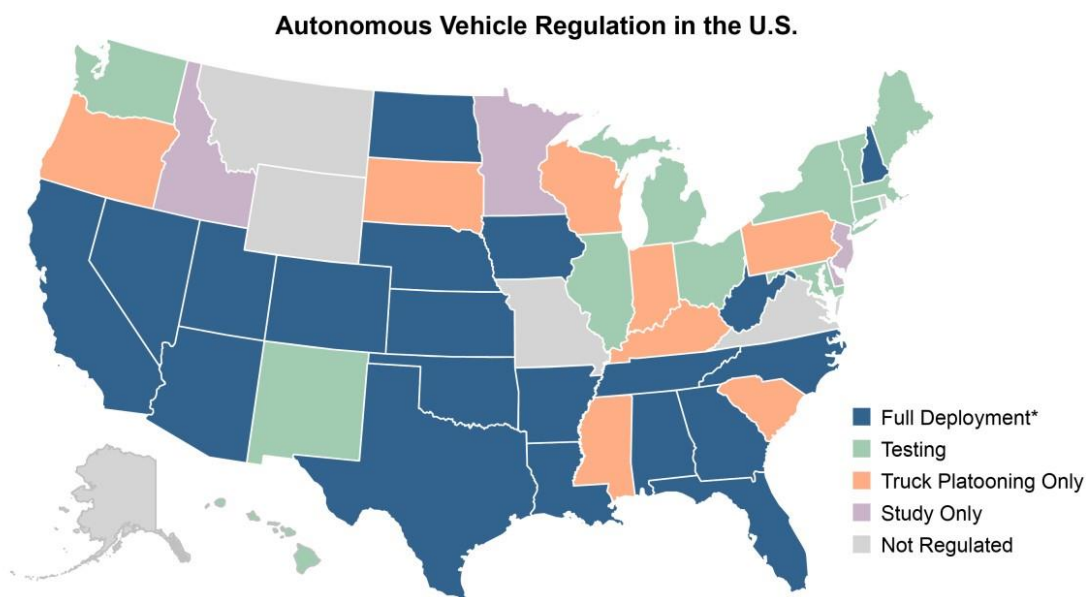
Σε πολλές περιπτώσεις που αφορούν τις τεχνολογικές εξελίξεις οι ΗΠΑ αποτελούν την αφετηρία από όπου ξεκινούν τέτοιου είδους προοδευτικές συζητήσεις και πρακτικές. Δίνοντας έμφαση στο επί μέρους ζήτημα της αυτόνομης οδήγησης, σύμφωνα με τα κριτήρια ετοιμότητας για τα αυτόνομα οχήματα της KPMG (2019), οι ΗΠΑ βρίσκονται στην 4<sup>η</sup> θέση της κατάταξης. Η θέση αυτή δικαιολογείται κυρίως λόγω την τεχνολογικής ανάπτυξης και των καινοτομιών. Συγκριτικά με άλλες χώρες, οι ΗΠΑ υστερούν στον τομέα της πολιτικής και των νομοθεσιών όπως επίσης και στις υποδομές (KPMG International, 2019).

Όσον αφορά την πολιτική ατζέντα των ΗΠΑ, η ίδια βασίζεται στην ομοσπονδιακή πολιτική όπως αυτή ορίζεται από τη NHTSA (2016). Το 2018 το Υπουργείο Μεταφορών των ΗΠΑ έβγαλε σε κυκλοφορία μία σειρά από κατευθυντήριες προτάσεις για την εξέλιξη των Α.Ο. με τίτλο «Preparing for the Future of Transportation: Automated Vehicles 3.0» με βάση το «Automated Driving Systems 2.0: A Vision for Safety (ADS 2.0). ADS 2.0», που είχε εκδοθεί από την NHTSA την προηγούμενη χρονιά (U.S. Department of Transportation, 2018). Η συγκεκριμένη έκδοση δημιουργήθηκε με την εμπλοκή ποικίλων συμμετεχόντων σε όλη την επικράτεια επεκτείνοντας το πεδίο εφαρμογής σε όλα τα συστήματα οδικών μεταφορών.

Οι επιμέρους πολιτείες έχουν την δυνατότητα να θεσπίσουν τους δικούς τους νόμους σχετικά με την χρήση των Α.Ο., ώστε να διαχειρίζονται τις επιπτώσεις τέτοιου είδους οχημάτων, ωστόσο η αρχική πολιτικής της NHTSA αλλά και οι επακόλουθες εκδόσεις επιδιώκουν να παρέχουν μία εθελοντική καθοδήγηση τόσο όσον αφορά τις καταλληλότερες πρακτικές για την νομοθεσία όσο και για την πιθανή άρση κανονιστικών εμποδίων (NHTSA, 2016).

Αρχικά, η εθνική νομοθεσία εστίασε στην δυνατότητα δοκιμής των Α.Ο. αλλά μετέπειτα εξελίχθηκε προσπαθώντας να στηριχθεί στη υιοθέτηση της τεχνολογίας των ηλεκτρικών οχημάτων ενώ ταυτοχρόνως αναπτύσσεται η τεχνολογία των Α.Ο.. Ορισμένες πολιτείες όπως η Αριζόνα έχουν υιοθετήσει αυστηρούς νόμους σχετικά με την χρήση του οδικού δικτύου εξαιτίας θανατηφόρας σύγκρουσης ενός αυτόνομου οχήματος Uber με ένα πεζό τον Μάρτιο του 2018 (Kennedys, 2020). Από την άλλη πλευρά, οι πολιτείες του Ντιτρόιτ και του Βίρτσμπουργκ τίθεται ευνοϊκά αναφορικά με την ενσωμάτωση της αυτοματοποιημένης οδήγησης (KPMG International, 2019). Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το νομοθετικό πλαίσιο της κάθε πολιτείας των ΗΠΑ σχετικά με την αυτόματη οδήγηση.

Εικόνα 10. Οι νομοθετικοί κανονισμοί για τα αυτόνομα οχήματα στις ΗΠΑ (KLRD, 2023).



### 6.3 Ασία

Η Ασία αποτελεί παράδειγμα τεχνολογικής ανάπτυξης σε ποικίλους τομείς ανά τα έτη, για αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να εξεταστεί η θέση της αναφορικά με την χρήση της αυτοματοποιημένης οδήγησης. Το μέλλον της κινητικότητας εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες όπως οι νομοθεσίες, η τεχνολογική ετοιμότητα κ.ά.. Στην περίπτωση της Ασίας είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι εξαιτίας της ποικιλομορφίας σε οικονομικό, μορφωτικό, πολιτικό επίπεδο η αυτόνομη οδήγηση δεν έχει εξεταστεί και εφαρμοστεί με ομοιόμορφο

τρόπο. Για παράδειγμα, η Σιγκαπούρη αποτελεί παράδειγμα πόλης όσον αφορά την έρευνα και τις δοκιμές στα αυτόνομα οχήματα, ενώ το Λάος παρουσιάζει περιορισμένη πρόοδο σε αυτό το τομέα (Ananto, 2021).

Συγκεκριμένα η Κίνα έχει στόχο να θέσει σε εφαρμογή την τεχνολογία της αυτόνομης οδήγησης σε όλα τα ιδιωτικά οχήματα σε μια υπερσύγχρονη μεγαλούπολη κοντά στο Πεκίνο έως το 2035 (Tabeta, 2018). Υπάρχει μια αλληλουχία προγραμμάτων που έχει δημοσιεύσει η Κίνα ανά τα χρόνια σχετικά με τα Α.Ο.. Στο 14<sup>ο</sup> Πενταετές Πλάνο της, η Κίνα δήλωσε ότι είναι ανάγκη να δημιουργηθεί ένα ενιαίο πολιτικό περιβάλλον που θα ρυθμίζει τα Α.Ο. που θα περιλαμβάνει σχετικούς νόμους και κανονισμούς. Στο ίδιο πλαίσιο, το 2020 το Υπουργείο Μεταφορών της Κίνας έκδωσε ορισμένες κατευθυντήριες θέσεις αναφορικά με την πρόοδο της χρήσης της τεχνολογίας της αυτόνομης οδήγησης, θέτοντας παράλληλα κάποιους σχετικούς στόχους (ESCAP, 2022). Προσφάτως, περισσότερες από 300 πόλεις και περιοχές σχεδιάζουν έξυπνες πόλεις στην Κίνα, 586 πόλεις έχουν ήδη κατασκευάσει έξυπνα κέντρα δημόσιας ασφάλειας και κυκλοφορίας και 280 πόλεις διαθέτουν πλατφόρμα παρακολούθησης της κυκλοφορίας μέσω βίντεο (UN ESCAP, 2017).

Παράλληλα, στο Ξιονγκάν σχεδιάζεται ένα καινούργιο σχέδιο «ευφυούς πόλης» που προορίζεται για την εξέλιξη της τεχνολογίας των Α.Ο. έχοντας ως βάση την τεχνητή νοημοσύνη στηρίζοντας σχετικές βιομηχανίες (Tabeta, 2018). Η Ιαπωνία ξεκίνησε δοκιμές ελέγχου σε αυτόνομα ταξί και είχε ως στόχο τα αυτόνομα ταξί να δοθούν για εμπορική χρήση μέχρι τους Ολυμπιακούς και Παραολυμπιακούς Αγώνες που έλαβαν χώρα στο Τόκιο το 2020 (The Japan Times, 2018). Στη Δημοκρατία της Κορέας, το Υπουργείο Γης, Υποδομών, και Μεταφορών κατασκεύασε ένα περιβάλλον ειδικά διαμορφωμένο για δοκιμές με το όνομα K-City (Republic of Korea, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2017). Οι σχεδιασμοί ξεκίνησαν το 2015 και ολοκληρώθηκαν τρία χρόνια αργότερα το 2018. Το δοκιμαστικό αυτό περιβάλλον έχει σχεδιαστεί προκειμένου να δοκιμάζονται τα Α.Ο. σε πραγματικούς δρόμους και βρίσκεται στο πεδίο δοκιμών του Ινστιτούτου Δοκιμών και Ερευνών της Κορέας (KATRI). Για την City-K χρειάστηκε 12,5 δισεκατομμύρια κορεάτικα γουόν, το οποία δόθηκαν από το MOLIT (Ki, 2020). Μέσω του προγράμματος K-City Enhancement Project 2019-2021, το MOLIT επικεντρώνεται στις δοκιμές σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες όπως οι κυκλοφοριακή συμφόρηση και οι διαταραχές επικοινωνίας (Kim, 2019). Σε μία προσπάθεια εξέλιξης της τεχνολογία των Α.Ο. το MOLIT χορήγησε άδεια προσωρινής λειτουργίας για αυτόνομο όχημα χωρίς άνθρωπο/οδηγό που κατασκευάστηκε από εγχώρια νεοσύστατη εταιρεία σε οριοθετημένο τμήμα του οδικού δικτύου (MOLIT, 2024).

## 6.4 Ρωσία

Ένα ακόμα κράτος που εντάσσεται στην Ασία και παρουσιάζει ενδιαφέρον σχετικά με το υπό συζήτηση θέμα είναι η Ρωσία. Η ρωσική εταιρεία Yandex αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες κατασκευαστικές βιομηχανίες στον χώρο της αυτόνομης οδήγησης. Η Yandex έχει συνεργαστεί και με άλλους κολοσσούς της αυτοκινητοβιομηχανίας όπως η Hyundai Mobis για την δημιουργία μίας πλατφόρμας για τα οχήματα χωρίς οδηγό (Yandex, 2020). Το γεγονός ότι εταιρείες που έχουν έδρα τους την Ρωσία επηρεάζουν την πορεία της αυτόνομης οδήγησης παγκοσμίως, καθιστά αναγκαία την θέσπιση του νομικού πλαισίου που θα καθορίζει την ενσωμάτωση και την εξέλιξη των Α.Ο. στην χώρα (Begishev *et al.*, 2022).

Σύμφωνα με την Ρωσική νομοθεσία, τα Α.Ο. κατηγοριοποιούνται με βάση το επίπεδο αυτοματοποίησής τους 1-5 (Serobyann and Yakovenko, 2021). Η ρύθμιση της χρήσης Α.Ο. υψηλού επιπέδου αυτοματοποίησης ακολουθεί το διάταγμα της Κυβέρνησης της Ρωσικής Ομοσπονδίας στις 26 Νοεμβρίου το 2018, Αρ. 1415 (όπως αυτός αναδιαμορφώθηκε στις 22 Φεβρουαρίου το 2020, Αρ. 200) (Russia, 2018). Αυτή η νομοθετική πράξη αναφέρεται στις εφαρμογή δοκιμών με οχήματα εξοπλισμένα με συσκευές ελέγχου χωρίς οδηγό στους δημόσιους δρόμους της Ρωσίας. Επιπλέον, ορίζει ότι οι ιδιοκτήτες αυτών των οχημάτων είναι και τα νομικά πρόσωπα κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Το έγγραφο αυτό καθορίζει και τη χρονική διάρκεια των δοκιμών ξεκινώντας από τη 1 Δεκεμβρίου του 2018 έως τη 1 Μαρτίου του 2022, ενώ στο πείραμα πήραν μέρος συνολικά 13 πολιτείες της Ρωσικής Ομοσπονδίας. Παράλληλα, σε μία προσπάθεια να διευκολυνθεί η ανάπτυξη των κατάλληλων υποδομών για τα οχήματα χωρίς οδηγό λαμβάνοντας υπόψιν αφενός τους υπάρχοντες κανονισμούς και αφετέρου την ανάγκη θέσπισης νέων νομοθεσιών, δημιουργήθηκε το Διάταγμα της Κυβέρνησης της Ρωσικής Ομοσπονδίας στις 25 Μαρτίου το 2020, Αρ. 725-r (Russia, 2020).

Σε αντίθεση με άλλα κράτη, όπως ορισμένες πολιτείες της Αμερικής που εφάρμοσαν συγκεκριμένες πολιτικές σχετικά με την αυτόνομη οδήγηση ήδη από το 2011 και κάποιες ευρωπαϊκές χώρες από το 2014 (Bellet *et al.*, 2019), η Ρωσία καθυστέρησε να οργανώσει το νομοθετικό πλαίσιο για την χρήση των Α.Ο. (Karustin and Berezovsky, 2021). Ένα νομοθετικό κενό βρίσκεται στην υπευθυνότητα των Α.Ο. (Ananenkov, 2021) και πιο συγκεκριμένα στην νομοθεσία σχετικά με την οδική κυκλοφορία τόσο των συμβατικών οχημάτων όσο και τον Α.Ο. (Shestikov and Tsaregorodtseva, 2021).

## 6.4 Ωκεανία

Οι κυβερνητικές νομοθεσίες έχουν ζωτική σημασία στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών (Hooks *et al.*, 2022). Το ίδιο ισχύει και στο ζήτημα της αυτόνομης οδήγησης καθώς η εφαρμογή κατάλληλων πολιτικών και κανονισμών έχουν την δυνατότητα να επηρεάσουν θετικά την

πορεία των Α.Ο. (Fagnant and Kockelman, 2015). Πριν ενσωματωθούν τα Α.Ο. στο οδικό δίκτυο είναι απαραίτητη η δοκιμή τους στους δημόσιους δρόμους υπό πραγματικές συνθήκες, ώστε οι κατασκευαστές να βελτιστοποιήσουν το σύστημά τους (Kalra and Paddock, 2016). Στην Αυστραλία οι δοκιμές πραγματοποιούνται καθημερινά, όμως η κάθε πολιτεία έχει θεσπίσει τους δικούς της κανονισμούς και διαδικασίες (Lim *et al.*, 2023). Γενικότερα τα πλήρως αυτοματοποιημένα οχήματα δεν επιτρέπεται να κυκλοφορούν στους δημόσιους δρόμους χωρίς άδεια ή εξαιρέσεις. Το γεγονός ότι δεν υφίσταται ένα κοινό κανονιστικό πλαίσιο, επιτρέπει στην κάθε πολιτεία να εφαρμόζει διαφορετικές εξαιρέσεις και άδειες, εμποδίζοντας την διασυνοριακή (μεταξύ πολιτειών) δοκιμαστική χρήση των Α.Ο. και την ανταλλαγή σχετικών πληροφοριών (National Transport Commission, 2022). Ένα παράδειγμα αυτόνομης οδήγησης στην Αυστραλία αποτελεί το «IntelliBus», το πρώτο λεωφορείο χωρίς οδηγό που δημιουργήθηκε από την εταιρεία RAC το 2016. Το αυτοκινούμενο ηλεκτρικό λεωφορείο μπορεί να μεταφέρει 11 επιβάτες σε μία ώρα και δοκιμάζεται στη πόλη Περθ, με μέγιστη ταχύτητα τα 45 χλμ./ώρα με την οποία μπορεί να κινηθεί σε ελεγχόμενο περιβάλλον (RAC, 2016).

Προχωρώντας στην περίπτωση της Νέας Ζηλανδίας, όπου το Υπουργείο Μεταφορών του κράτους έδειξε ιδιαίτερο ενδιαφέρον την τελευταία δεκαετία για την ένταξη των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο, δημοσιεύοντας μία σειρά από πολιτικές και επίσημα έγγραφα που διερευνούν τις κανονιστικές απαιτήσεις και τις προδιαγραφές των υποδομών για την μελλοντική ενσωμάτωση της αυτόνομης οδήγησης (MOT, 2014, 2016). Τελευταία, το Υπουργείο Μεταφορών έχει διατηρήσει «ουδέτερη» στάση απέναντι στο ρυθμιστικό πλαίσιο που χρειάζεται για την ένταξη των Α.Ο. παρά του αρχικού του ενδιαφέροντος (MOT, 2021). Παρόλο που δεν χρησιμοποιούνται Α.Ο. επιπέδου 4 και 5 στην Νέα Ζηλανδία, το αεροδρόμιο του Κράιστσερτς (Christchurch) έχει υιοθετήσει αυτόνομα λεωφορεία μεταφοράς επιβατών από και προς τα αεροπλάνα (Christchurch Airport, 2019), ενώ σε επίπεδο τοπικής αυτοδιοίκησης η πόλη Όκλαντ (Auckland) έχει θεωρηθεί κατάλληλη για την ένταξη των Α.Ο. (Faisal *et al.*, 2019).



σύνδεση, δηλαδή η επικοινωνία μεταξύ δύο σημείων, η πρόσβαση στις παρόδιες χρήσεις γης, και η παραμονή, δηλαδή η στάθμευση (Φραντζεσκάκης and Γιαννόπουλος, 1986).

Οι αστικές οδοί κατηγοριοποιούνται και κατατάσσονται ιεραρχικά. Πιο αναλυτικά, οι πιο υψηλά ιεραρχικά οδοί αφορούν τις κύριες αρτηριακές οδούς αφού αυτές είναι υπεύθυνες για την εξυπηρέτηση μετακινήσεων μεγάλου μήκους, ενώ χαμηλότερα ιεραρχικά βρίσκονται οι τοπικοί οδοί που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για τη πρόσβαση σε χρήσεις γης. Έτσι προκύπτει ο διαχωρισμός του οδικού δικτύου στο κύριο οδικό δίκτυο και τους τοπικούς δρόμους. Το κύριο οδικό δίκτυο (ΚΟΔ) συμπεριλαμβάνει τις οδούς που επιτρέπουν αστικές και υπεραστικές μετακινήσεις. Το ΚΟΔ αποτελείται από:

1. Αυτοκινητόδρομους, τις αστικές οδούς πολλών λωρίδων που κεντρικά βρίσκεται η διαχωριστική νησίδα και παρουσιάζουν ιδιαίτερες διατάξεις για την είσοδο και έξοδο.
2. Κύριες αρτηρίες, οδοί με ή χωρίς διαχωριστική νησίδα που αφορούν τις τοπικές μετακινήσεις εντός της πόλης με πρόσβαση σε παρόδιες ιδιοκτησίες.
3. Δευτερεύουσες αρτηρίες, οδοί με πολλαπλές λωρίδες και διαχωριστική νησίδα.
4. Κύριες συλλεκτήριες, οδοί με δύο λωρίδες κυκλοφορίας για την μετακίνηση εντός της πόλης (Φραντζεσκάκης and Γιαννόπουλος, 1986).

Οι τοπικοί οδοί χρησιμοποιούνται για την μετακίνηση και πρόσβαση στις σε κατοικίες ή άλλες χρήσεις γης μικρής κυκλοφορίας. Για τον λόγο αυτό δεν χρησιμοποιούνται συνήθως από τα δημόσια μέσα μαζικής μεταφοράς και χαρακτηρίζονται από χαμηλό όριο ταχύτητας, ενώ η χρήση τους για διαμπερείς μετακινήσεις δεν είναι επιθυμητή (Φραντζεσκάκης and Γιαννόπουλος, 1986).

Όσον αφορά τη μελέτη περίπτωσης, η βασική είσοδος στον Βόλο είναι η Λαμπράκη, η οποία αποτελεί αφηγηρία των δύο κύριων υπεραστικών οδικών αξόνων. Ο ένας άξονας αφορά την είσοδο στην πόλη από Θεσσαλονίκη- Λάρισα μέσω της οδού Λαρίσης και ο άλλος από Αθήνα- Λαμία- Αλμυρό μέσω της οδού Αθηνών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η είσοδος Λαμπράκη να επιβαρύνεται καθώς εξυπηρετεί το μεγαλύτερο μέρος της οδικής κίνησης ανάμεσα στον Βόλο και την υπόλοιπη Ελλάδα.

Το αστικό οδικό δίκτυο του Βόλου θεωρείται ακτινωτό λόγω των τεσσάρων υπερτοπικών αξόνων που κινούνται προς Θεσσαλονίκη- Λάρισα, Αθήνα- Λαμία- Αλμυρό, Αγριά- Νοτιοδυτικό Πήλιο και Πορταριά- Βορειοανατολικό Πήλιο. Η οδός 2ας Νοεμβρίου αποτελεί τον 5° άξονα διότι ενώνει το κέντρο της πόλης με τον Δήμο Νέας Ιωνίας συμπληρώνοντας το βασικό αρτηριακό δίκτυο που επεκτείνεται ακτινικά, σε εγκάρσια διάταξη ή ως προέκταση της οδού Δημητριάδος. Η ακτινική αυτή δομή διαταράσσεται από τον αρτηριακό άξονα Παγασών-

Αναλήψεως, ο οποίος παρακάμπει βόρεια και ανατολικά τον κεντρικό άξονα Μπότσαρη- Β. Σοφίας- Μαιάνδρου που βρίσκεται στην Νέα Ιωνία και την ενώνει με τον υπερτοπικό άξονα Θεσσαλονίκη- Λάρισα (Παπαγιάννης and Συνεργάτες, 1984: 120).

Στα πλαίσια του ισχύοντος Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου του Βόλου διακρίνονται οι εξής διαβαθμίσεις στο οδικό δίκτυο της πόλης:

- Κύριες Αρτηρίες
- Δευτερεύουσες Αρτηρίες
- Συλλεκτικές Οδοί
- Τοπικοί Οδοί
- Πεζόδρομοι

Οι κύριες αρτηρίες έχουν σχεδιαστεί για την εξυπηρέτηση μεγάλης κλίμακας μετακινήσεων με αυξημένες ταχύτητες. Οι προτεινόμενες κύριες αρτηρίες σύμφωνα με το ΓΠΣ είναι:

- Σταδίου - Μελίνας Μερκούρη - Αναπαύσεως – Επτά Πλατανιών (από Περιφερειακό μέχρι Παγασών)
- Ν. Μανδηλαρά - διάνοιξη εντός στρατοπέδου Γεωργούλα - Κυρίλλου - Εθνικών Αγώνων - Βυζαντίου - διάνοιξη μέχρι Λαρίσης
- Ελ. Βενιζέλου - Λ. Δημοκρατίας - Λ. Ειρήνης - 2ας Νοεμβρίου (από διασταύρωση με Κυρίλλου μέχρι Δημητριάδος)
- Ζάχου - Παγασών - Αναλήψεως - Αγ. Δημητρίου - Απόλλωνος - Διάνοιξη μέχρι Σταδίου (από διασταύρωση με Λαρίσης μέχρι Σταδίου)
- Ιωλκού
- Κ. Καρτάλη (από Ιάσωνος μέχρι Γ. Δήμου)
- Σέκερη - Γ. Λαμπράκη - Ιάσωνος - Δημητριάδος - Πολυμέρη (από διασταύρωση με Λ. Αθηνών μέχρι διασταύρωση με Σταδίου)

Οι δευτερεύουσες αρτηρίες συνδέουν τις τοπικές οδούς με τις κύριες αρτηρίες. Πρόκειται για δρόμους με μέτρια κυκλοφοριακή ροή όπου οι ταχύτητες δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές. Κάποιες από δευτερεύουσες αρτηρίες του Βόλου είναι:

- Ε. Βενιζέλου (από περιφερειακό μέχρι Κυρίλλου)
- Αγ. Διονυσίου - Δοξοπούλου - Ε. Βενιζέλου - Περίνθου - Μυτηλίνης - Ναυπλίου (μέχρι διασταύρωση με Κυρίλλου)

- Ναυπλίου (από Λαρίσης μέχρι Ιερολοχιτών)
- Μπότσαρη - Μαιάνδρου (από Λαρίσης μέχρι Παρασκευοπούλου)
- Παρασκευοπούλου - Γ. Δήμου - Ορμινίου (μέχρι διασταύρωση με Απόλλωνος) κ.ά..

Οι συλλεκτήριες λειτουργούν ως ενδιάμεσος σύνδεσμος ανάμεσα στις τοπικές οδούς και τις κύριες ή δευτερεύουσες αρτηρίες. Έτσι οι συλλεκτήριες οδοί συγκεντρώνουν την κυκλοφορία από δρόμους μικρότερης κυκλοφορίας και την μεταφέρουν σε μεγαλύτερες αρτηρίες ώστε να διευκολυνθεί η μεταβίβαση των οχημάτων από τις γειτονιές στους κεντρικούς δρόμους και αντιστρόφως. Το ΓΠΣ προτείνει τις εξής συλλεκτήριες οδούς:

- Κοραή (από Ιάσωνος μέχρι Αναλήψεως)
- Σπυρίδη (από Δημητριάδος μέχρι Αναλήψεως)
- Γκλαβάνη (από Δημητριάδος μέχρι Αναλήψεως)
- Ογλ (από διασταύρωση με Αναλήψεως μέχρι διασταύρωση με Εθν. Αντιστάσεως)
- Γαμβέττα (μέχρι διασταύρωση με Εθν. Αντίστασης) κ.ά..

Σύμφωνα με το ΓΠΣ, οι δρόμοι που δεν αναφέρονται στις προηγούμενες κατηγορίες είναι τοπικοί οδοί (ΦΕΚ 237/ΑΑΠ/4-11-2016).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως το οδικό δίκτυο της παλαιάς πόλης του Βόλου που δημιουργήθηκε σύμφωνα με τα πρώτα ρυμοτομικά σχέδια του 20<sup>ου</sup> αιώνα (Κραυσίδωνας-Αναλήψεως- Άναυρος) παρουσιάζει διαφορές συγκριτικά με το οδικό δίκτυο της περιοχής όπως αυτή αναπτύχθηκε σε μεταγενέστερο χρόνο. Η νέα αυτή περιοχή θεωρείται προβληματική σε επίπεδο πολεοδομικού σχεδιασμού αφού το ιπποδάμειο σύστημα της πόλης συνδυαστικά με τη μικρή έκταση των οικοδομικών τετραγώνων και την απουσία γεωμετρικής διάκρισης μεταξύ του τοπικού και του αρτηριακού δικτύου ενισχύει την κυκλοφοριακή συμφόρηση που χαρακτηρίζει τον Βόλο (Παπαγιάννης and Συνεργάτες, 1984: 121).

### **Υπάρχουσες και προβλεπόμενες υποδομές μεταφορών και υπηρεσίες Δημόσιων Συγκοινωνιών του Βόλου**

Η ιδιωτική εταιρεία Αστικό ΚΤΕΛ, καλύπτει τις επιβατικές ανάγκες των πολιτών της πόλης αναφορικά με την χρήση δημόσιων συγκοινωνιών. Το Αστικό ΚΤΕΛ κατέχει έναν στόλο οχημάτων που κινούνται εντός 12 γραμμών ενώ οι διαδρομές που πραγματοποιούνται κατηγοριοποιούνται σε δύο ζώνες. Η ζώνη Α αφορά τις μετακινήσεις εντός των ορίων του πολεοδομικού συγκροτήματος του Βόλου. Κατ' επέκταση η Ζώνη Β καλύπτει τις μεταφορές που γίνονται σε περιοχές εκτός της πόλης. Παρακάτω αναγράφονται αναλυτικά οι 12 γραμμές

με την αφετηρία και τον προορισμό τους όπως αναγράφεται και στην επίσημη ιστοσελίδα του Αστικού ΚΤΕΛ Βόλου (Αστικό ΚΤΕΛ Βόλου, n.d.):

Γραμμή 1: Άναυρος- Νέα Ιωνία

Γραμμή 2: Αφετηρία- Αμπελόκηποι Πανεπιστήμιο

Γραμμή 3: Άναυρος- Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)

Γραμμή 4: ΟΑΕΔ – Αηδονοφωλιές

Γραμμή 5: Αφετηρία – Τέρμα Λεχώνια/ Πλατανίδια

Γραμμή 6: Άνω Βόλος – ΟΑΕΔ - Αλυκές/Άγιος Στέφανος

Γραμμή 7: Άλλη Μεριά – Αφετηρία

Γραμμή 8: ΟΑΕΔ – Διμήνι

Γραμμή 9: Αφετηρία – Αλιβέρι – Μελισσιάτικα

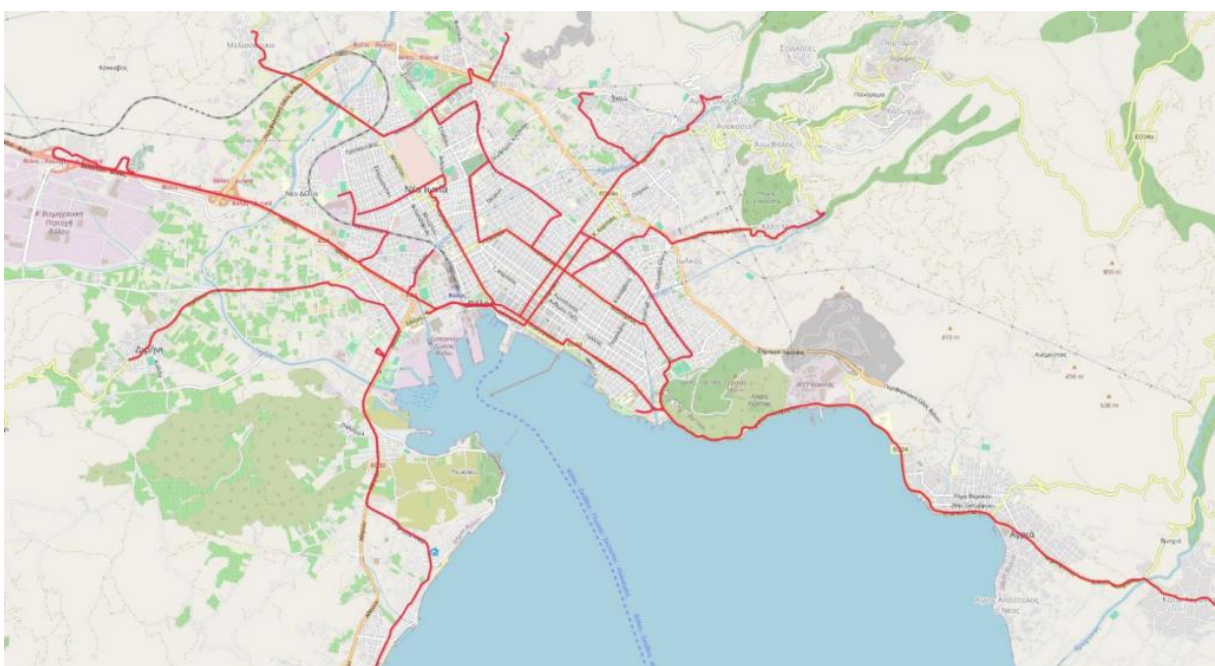
Γραμμή 11: Αφετηρία – Νέο Κοιμητήριο

Γραμμή 15: Άναυρος – Παλαιά

Γραμμή 49: Αφετηρία – Αγία Παρασκευή

Στην εικόνα 8 παρουσιάζεται ο χάρτης της πόλης του Βόλου και το δίκτυο εξυπηρέτησης για αστικές μετακινήσεις αποτυπώνοντας το σύνολο των γραμμών.

Εικόνα 12. Δίκτυο εξυπηρέτησης του Αστικού ΚΤΕΛ στον Βόλο (Σαββελίδη, 2024).



Στα πλαίσια του ειδικού προγράμματος ενίσχυσης Δήμων «Φιλόδημος», ο Δήμος Βόλου προχώρησε σε αναβάθμιση 42 υπαρχόντων στάσεων (Δήμος Βόλου, Φιλόδημος II, n.d.), ενώ το Αστικό ΚΤΕΛ έχει αναπτύξει και ενσωματώσει ένα σύστημα τηλεματικής στην ιστοσελίδα CityBus Volos, το οποίο επιτρέπει στους χρήστες να ενημερώνονται σε πραγματικό χρόνο για την πορεία των διαδρομών (CityBusVolos, n.d.).

Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα του Δήμου Βόλου (2020-2023) (Δήμος Βόλου, αρ. απόφαση 286/2021) στοχεύει στην καλυτέρευση της ποιότητας ζωής των πολιτών μέσω της προστασίας του περιβάλλοντος, την αντίσταση στις δυσκολίες που προκύπτουν από την κλιματική κρίση, και την ενίσχυση της τοπικής ταυτότητας. Για την πραγματοποίηση των παραπάνω στόχων, στο ΕΠ αναγράφονται και τρεις επιμέρους στόχοι που σχετίζονται με τις δημόσιες συγκοινωνίες. Πιο συγκεκριμένα:

- Στόχος 1: προώθηση ήπιων και ισότιμων μορφών μετακίνησης
- Στόχος 2: ανάπτυξη της βιώσιμης αστικής κινητικότητας και την αναβάθμιση των κυκλοφοριακών συνθηκών
- Στόχος 3: εξέλιξη των μεταφορικών υποδομών.

Επιπρόσθετα, το Σχέδιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) του Δήμου Βόλου 2021-2027 έχει θέσει ορισμένους στόχους για την γενικότερη ανάπτυξη της πόλης. Αναλυτικότερα οι στόχοι που τέθηκαν συνδυαστικά με τις ανάλογες δράσεις είναι οι εξής:

- Στόχος 1: Προστασία φυσικού περιβάλλοντος και αναβάθμιση του δημόσιου χώρου μέσω της ανάπτυξης πράσινων υποδομών/ Δράση 1: Δημιουργία νέων πράσινων υποδομών (079)
- Στόχος 2: Μέτρα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής/ Δράση 2: Ενεργειακή αναβάθμιση υποδομών και πρόληψη κινδύνων που συνδέονται με το κλίμα (045,058)
- Στόχος 3: Αναβάθμιση υποδομών και δικτύων για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής/ Δράση 3: Βελτίωση της κυκλοφορίας και δημιουργία νέων τεχνικών υποδομών (169, 063)
- Στόχος 4: Ενίσχυση του πολιτισμού μέσω νέων ενεργειακά αποδοτικών υποδομών/ Δράση 4: Δημιουργία νέων ενεργειακά αποδοτικών πολιτιστικών υποδομών (043)
- Στόχος 5: Ενίσχυση της κοινωνικής ενσωμάτωσης και της απασχόλησης/ Δράση 5: Κοινωνική ενδυνάμωση και προώθηση της απασχόλησης (043)

Η βελτίωση των υποδομών της πόλης υιοθετώντας τα πρότυπα του ΣΒΑΚ έχουν ποικίλα αποτελέσματα. Αφενός οδηγούν στην κυκλοφοριακή αποσυμφόρηση του οδικού δικτύου του

Βόλου, αφετέρου επιτρέπουν την ενσωμάτωση των Α.Ο.. Αυτές οι επιπτώσεις επηρεάζουν τόσο το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της πόλης όσο και την ποιότητα ζωής των πολιτών.

## 7.2 Μεθοδολογικό πλαίσιο

Είναι έντονη η ανάγκη διερεύνησης της νέας τάξης πραγμάτων που δημιουργείται λόγω της ενσωμάτωσης των Α.Ο. σε παγκόσμιο επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα, ο Βόλος είναι μία πόλη που βασίζεται στις οδικές μεταφορές αλλά και με έντονη παρουσία ποδηλασίας και περπατήματος. Ενδιαφέρον παρουσιάζεται στην οδική 'φυσιογνωμία' της, δηλαδή την πυκνή δόμηση και τις υφιστάμενες υποδομές της. Οι παραπάνω παράγοντες αποτελούν πρόκληση για την μελλοντική ενσωμάτωση των Α.Ο. στον Βόλο. Επιπλέον, το πρόσφατο ΣΒΑΚ προτείνει τρόπους αναβάθμισης της αστικής κινητικότητας της πόλης χωρίς όμως να γίνεται κάποια αναφορά στα Α.Ο.. Για τους παραπάνω λόγους ο ερευνητής οδηγήθηκε στην μελέτη περίπτωσης του Βόλου. Η έρευνα αφορά τις επιπτώσεις, τις ανάγκες αλλά και τις απαιτήσεις που προκύπτουν μέσα από την χρήση των αυτόνομων οχημάτων στη συγκεκριμένη πόλη της Ελλάδας, επομένως για να πραγματοποιηθεί η μελέτη αυτή χρειάζεται να βρεθεί το κατάλληλο δείγμα. Η τόσο τεχνική φύση του θέματος κατεύθυνε τον ερευνητή στη επιλογή ενός δείγματος σχετικά περιορισμένου αριθμητικά που θα αποτελούσαν από ειδικούς γνώστες του θέματος. Γενικότερα υπάρχουν ελλιπή δεδομένα αναφορικά με τις επιπτώσεις της ένταξης των Α.Ο. στην πραγματική ζωή που θα προέρχονται από την εφαρμογή τους σε ευρύτερη κλίμακα (Gavanas, 2019). Έτσι και στην περίπτωση του Βόλου, η απουσία εφαρμογής των Α.Ο. οδηγεί στην έλλειψη εμπειρικών δεδομένων προς ανάλυση εμποδίζοντας την αξιολόγηση των προβλεπόμενων αλλαγών. Αφενός η φύση του θέματος της έρευνας, αφετέρου ο περιορισμός στον τρόπο διεξαγωγής της έρευνας λόγω της πανδημίας covid-19, έπαιξαν καταλυτικό ρόλο στην επιλογή χρήσης ερωτηματολογίων ως μέσο συλλογής δεδομένων. Η Delphi αποτέλεσε την πιο κατάλληλη ερευνητική μέθοδο καθώς συνδυάζει το δείγμα της έρευνας (εμπειρογνώμονες) και το μέσο συλλογής δεδομένων (ερωτηματολόγιο) απαντώντας όμως στον σκοπό της έρευνας.

### 7.2.1 Δειγματοληψία

Η επιλογή του κατάλληλου δείγματος αποτελεί σημαντικό βήμα της έρευνας διότι οι συμμετέχοντες σχετίζονται άμεσα με την ποιότητα των απαντήσεων και άρα των αποτελεσμάτων που θα συλλεχθούν. Ως εκ τούτου, βασικό κριτήριο επιλογής του κάθε ειδικού είναι η εμπειρία σε θέματα σχεδιασμού στην πόλη ή/και σε ζητήματα που αφορούν τις νέες τεχνολογίες στον τομέα της αστικής κινητικότητας και στα Α.Ο. ειδικότερα. Αρχικά ο ερευνητής σε συνεργασία με τον επιβλέποντα καθηγητή αναζήτησαν και έπειτα κατέληξαν σε 22 εμπειρογνώμονες σχετικούς με τη θεματολογία της συγκεκριμένης μελέτης. Ακολούθησε το πρώτο ηλεκτρονικό μήνυμα επικοινωνίας με τους πιθανούς συμμετέχοντες με σκοπό να

ενημερωθούν για το θέμα της έρευνας και να ερωτηθούν για την συμμετοχή τους. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι από τους 22 ερωτηθέντες, οι 12 ολοκλήρωσαν τον πρώτο γύρο της Delphi και οι 10 τον δεύτερο. Συνεπώς, η τελική σύνθεση της ομάδας περιορίζεται σε δέκα εμπειρογνώμονες μηχανικούς. Η επιλογή διαμόρφωσης μιας ομογενούς και όχι ετερογενούς ομάδας επιλέχθηκε λόγω της φύσης της έρευνας. Συγκεκριμένα, καθώς το θέμα της διπλωματικής εργασίας περιορίζεται στην διαμόρφωση των υποδομών στο οδικό δίκτυο με σκοπό την ενσωμάτωση και την ομαλή λειτουργία των Α.Ο. στον Βόλο, επιλέχθηκαν μηχανικοί οι οποίοι είναι γνώστες της πόλης και του αντικειμένου. Ο τελικός αριθμός των δέκα συμμετεχόντων θεωρείται επαρκής όταν πρόκειται για σύνθεση ομογενούς ομάδας (Mafi *et al.*, 2015). Το προφίλ των συμμετεχόντων αναγράφεται πιο αναλυτικά στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4. Προφίλ συμμετεχόντων

| Συμμετέχοντες | Τομέας Εξειδίκευσης                                               |
|---------------|-------------------------------------------------------------------|
| Συμμετέχων 1  | Πολιτικός Μηχανικός                                               |
| Συμμετέχων 2  | Αρχιτέκτονας Μηχανικός                                            |
| Συμμετέχων 3  | Πολιτικός Μηχανικός                                               |
| Συμμετέχων 4  | Αρχιτέκτονας Μηχανικός                                            |
| Συμμετέχων 5  | 1) Πολιτικός Μηχανικός<br>2) Συγκοινωνιολόγος                     |
| Συμμετέχων 6  | Πολιτικός Μηχανικός                                               |
| Συμμετέχων 7  | 1) Χωροτάκτης-<br>Πολυεοδόμος<br>Μηχανικός<br>2) Συγκοινωνιολόγος |
| Συμμετέχων 8  | 1) Πολιτικός Μηχανικός<br>2) Συγκοινωνιολόγος                     |
| Συμμετέχων 9  | Πολιτικός Μηχανικός                                               |
| Συμμετέχων 10 | Πολιτικός Μηχανικός                                               |
| Συμμετέχων 11 | Πολιτικός Μηχανικός                                               |

|               |                                               |
|---------------|-----------------------------------------------|
| Συμμετέχων 12 | Πολιτικός Μηχανικός                           |
| Συμμετέχων 13 | Αγρονόμος- Τοπογράφος<br>Μηχανικός            |
| Συμμετέχων 14 | 1) Πολιτικός Μηχανικός<br>2) Συγκοινωνιολόγος |
| Συμμετέχων 15 | Χωροτάκτης- Πολεοδόμος<br>Μηχανικός           |
| Συμμετέχων 16 | Χωροτάκτης- Πολεοδόμος<br>Μηχανικός           |
| Συμμετέχων 17 | Αρχιτέκτονας Μηχανικός                        |
| Συμμετέχων 18 | 1) Πολιτικός Μηχανικός<br>2) Οικονομολόγος    |
| Συμμετέχων 19 | Αρχιτέκτονας Μηχανικός                        |
| Συμμετέχων 20 | Αρχιτέκτονας Μηχανικός                        |
| Συμμετέχων 21 | Αρχιτέκτονας Μηχανικός                        |
| Συμμετέχων 22 | 1) Συγκοινωνιολόγος<br>2) Πολιτικός Μηχανικός |

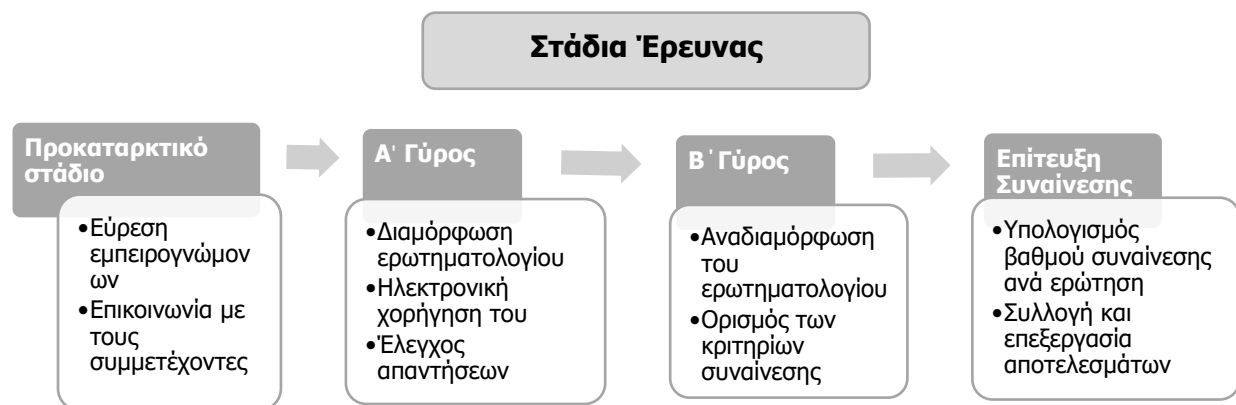
Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι προϋποθέσεις επιλογής των συμμετεχόντων στην έρευνα Delphi σχετίζονται με το γνωστικό υπόβαθρο και τις εμπειρίες, την επιθυμία τους να συμβάλλουν στην έρευνα παρέχοντας πληροφορίες, και την προθυμία τους να αναστοχαστούν ώστε να επιτευχθεί συναίνεση στο βαθμό που έχει οριστεί (Gkelameris, 2019). Οι συμμετέχοντες επιλέχθηκαν με βάση τον γνωστικό τους κλάδο, ενώ ο στόχος ήταν να καλυφθούν όσον το δυνατόν περισσότεροι τομείς σχετικοί με την έρευνα ώστε να δημιουργηθεί μία ετερογενής ομάδα. Ενδεικτικά, κάποιοι από τους κλάδους εξειδίκευσης που συμπεριλήφθηκαν ήταν η μηχανική, η οικονομία και η συγκοινωνιολογία. Πολλοί από τους εμπειρογνώμονες που έλαβαν μέρος στην έρευνα εξειδικεύονταν σε παραπάνω από έναν τομέα. Έτσι προκύπτει ότι από τους 22 συμμετέχοντες οι 12 αυτοχαρακτηρίζονταν ως πολιτικοί μηχανικοί, ενώ ο αμέσως επόμενος πιο συνήθης κλάδος ήταν αυτός της αρχιτεκτονικής με

6/22. Ακολουθεί ο τομέας της συγκοινωνιολογίας στον οποίο ειδικεύονταν 5/22 εμπειρογνώμονες, 3/22 ήταν επιστήμονες χωροτάκτες-πολεοδόμοι μηχανικοί και τέλος 1/22 δραστηριοποιούνταν ως αγρονόμος- τοπογράφος μηχανικός και 1/22 ως οικονομολόγος.

### 7.2.2 Ερευνητικός σχεδιασμός

Η έρευνα δομήθηκε σε τέσσερα στάδια, το προκαταρκτικό στάδιο, τον Α' γύρο, τον Β' γύρο, και την επίτευξη συναίνεσης. Ωστόσο, πριν από το προκαταρκτικό στάδιο, αφιερώθηκε χρόνος στη δημιουργία του ερωτηματολογίου, το οποίο θα παρουσιαστεί αργότερα στο κεφάλαιο αυτό. Η διαδικασία διεξαγωγής της έρευνας βασίστηκε στα θεμελιώδη στοιχεία της μεθόδου Delphi δηλαδή την ανωνυμία, την στατιστική ανάλυση, τον έλεγχο της ανατροφοδότησης και την επανάληψη της διαδικασίας (Hwang and Lin, 2012). Ειδικότερα, η πορεία του ερευνητικού σχεδιασμού ακολούθησε τα βήματα που αναγράφονται στο παρακάτω σχήμα.

Εικόνα 13. Στάδια της έρευνας.



Ξεκινώντας με το προκαταρκτικό στάδιο, ο ερευνητής σε συνεργασία με τον επιβλέποντα καθηγητή αναζήτησαν και στη συνέχεια επέλεξαν τους ειδικούς με βάση τα κριτήρια που έχουν προαναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια. Ακολούθησε γραπτή επικοινωνία με τον κάθε συμμετέχοντα προσωπικά μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, προκειμένου να ενημερωθεί για το θέμα της έρευνας. Ο ερευνητής επεξήγησε την ερευνητική διαδικασία τονίζοντας την διατήρηση της ανωνυμίας και απάντησε σε πιθανές ερωτήσεις των συμμετεχόντων.

Ακολούθησε ο Α' γύρος της έρευνας, κατά τον οποίο διαμοιράστηκε το πρώτο ερωτηματολόγιο. Το ερωτηματολόγιο περιείχε εννιά ερωτήσεις κλειστού τύπου της κλίμακας Likert 4. Το ερωτηματολόγιο της Α' φάσης εστάλη σε 22 ερωτηθέντες μέσω του ηλεκτρονικού τους ταχυδρομείου. Η συμπλήρωση του μπορούσε να γίνει ηλεκτρονικά μέσω της ηλεκτρονικής

πλατφόρμας Google form, εξασφαλίζοντας την ανωνυμία τους. Στους συμμετέχοντες δόθηκε το χρονικό περιθώριο των 2 εβδομάδων. Έπειτα από έναν μήνα θεωρώντας ότι οι ενδιαφερόμενοι ειδικοί θα έχουν ολοκληρώσει τη διαδικασία συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου, ο ερευνητής προχώρησε στην στατιστική ανάλυση των απαντήσεων.

Στον Β' Γύρο ερωτηματολογίων, ο ερευνητής μελέτησε και επεξεργάστηκε τα δεδομένα του πρώτου κύκλου. Με βάση λοιπόν τα αποτελέσματα που σύλλεξε, όρισε τα κριτήρια συναίνεσης και αναδιαμόρφωσε το ερωτηματολόγιο. Το πρώτο μέλημα ήταν να αφαιρεθούν οι ερωτήσεις στις οποίες είχε προκύψει συναίνεση ήδη από τον πρώτο γύρο. Έτσι από τις εννιά ερωτήσεις σε αυτή τη φάση συμπεριλαμβάνονται οι πέντε. Έπειτα συμπεριέλαβε τα ποσοστά των απαντήσεων για τις συγκεκριμένες ερωτήσεις του προηγούμενου γύρου σε μορφή πίτας, ενώ σε αυτό το ερωτηματολόγιο δίνονταν η δυνατότητα στους συμμετέχοντες να αιτιολογήσουν την απάντησή τους μέσω ερωτήσεων ανοιχτού τύπου. Για την χορήγηση του δεύτερου ερωτηματολογίου ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με την Α' Φάση, δηλαδή το νέο ερωτηματολόγιο στάλθηκε σε ψηφιακή μορφή προς ολοκλήρωσή του. Σε αυτή τη φάση οι εμπειρογνώμονες είχαν την ευκαιρία να αναστοχαστούν όσον αφορά τις προηγούμενες απαντήσεις τους και να διατηρήσουν ή να αλλάξουν τις απόψεις τους με βάση την ανατροφοδότηση για τις συνολικές επιλογές της Α' φάσης.

Είναι αναγκαίο να αναφερθεί ότι ο ερευνητής επικοινωνήσε με έναν μεγάλο αριθμό εμπειρογνομόνων εκ των οποίων οι 22 ανταποκρίθηκαν θετικά στο αρχικό ηλεκτρονικό μήνυμα επικοινωνίας μαζί τους. Καθώς προχωρούσε η διαδικασία από τους 22 ειδικούς στην Α' φάση ολοκλήρωσαν επιτυχώς το ερωτηματολόγιο οι 12, ενώ στη Β' φάση οι 10. Η μείωση στον αριθμό των συμμετεχόντων σε συνδυασμό με τον περιορισμό στην εύρεση νέων ειδικών λόγω της τεχνικής φύσης του θέματος και της μικρής κλίμακας ενδιαφέροντος (μελέτη περίπτωσης Βόλου), οδήγησαν τον ερευνητή να ολοκληρώσει το κομμάτι της συλλογής δεδομένων έπειτα από δύο φάσεις ερωτηματολογίων.

Η τέταρτη και τελευταία φάση της έρευνας σχετίζεται με τον έλεγχο συναίνεσης των συμμετεχόντων. Έχοντας συλλέξει τις απαντήσεις των ειδικών, πραγματοποιήθηκε εκ νέου στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Με τον τρόπο αυτό υπολογίστηκε ο τελικός βαθμός συναίνεσης των συμμετεχόντων για κάθε ερώτηση. Συνδυαστικά, ο ερευνητής προχώρησε στην θεματική ανάλυση των απαντήσεων που δόθηκαν στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου προκειμένου να εντοπιστούν κοινά μοτίβα νοήματος και να παραχθούν τα τελικά συμπεράσματα που απαντούν στα ερευνητικά ερωτήματα της μελέτης.

### 7.2.3 Μέθοδος συλλογής δεδομένων

Η συλλογή δεδομένων ολοκληρώθηκε μέσα από την συμπλήρωση των ερωτηματολογίων που πραγματοποιήθηκε σε δύο γύρους. Ακολουθώντας την μέθοδο Delphi όπως ορίζεται από τη βιβλιογραφία, συνήθως το πρώτο ερωτηματολόγιο στοχεύει στην συλλογή των ποσοτικών δεδομένων μέσω ερωτήσεων τύπου likert, τις οποίες οι εμπειρογνώμονες καλούνται να επιλέξουν τον βαθμό συμφωνίας τους. Έτσι και στη συγκεκριμένη έρευνα το αρχικό ερωτηματολόγιο περιλάμβανε εννιά ερωτήσεις κλειστού τύπου ώστε οι συμμετέχοντες να επιλέξουν όχι τον βαθμό συμφωνίας ή διαφωνίας αλλά τον βαθμό ευκολίας ή δυσκολίας για την κάθε ερώτηση, που αφορά στην προσαρμογή των υποδομών και δικτύων για την ενσωμάτωση των αυτόνομων οδικών οχημάτων. Ο λόγος που επέλεξε ο ερευνητής να δομήσει τις ερωτήσεις με τρόπο κατάταξης και όχι διαφωνίας ή συμφωνίας ήταν γιατί σε αυτή τη μελέτη βαρύτητα δόθηκε στην κατάταξη που προκύπτει μέσα από τη σύγκριση των επιλογών των ειδικών και τον βαθμό συναίνεσής τους.

Ο ίδιος τρόπος εφαρμόστηκε και στον δεύτερο γύρο ερωτηματολογίων, στον οποίο δεν περιλάμβανε τέσσερις ερωτήσεις όπου είχε επιτευχθεί συμφωνία ήδη από τον πρώτο κύκλο. Παράλληλα, τα ερωτηματολόγια περιείχαν συνδυαστικά ερωτήσεις κλειστού τύπου με κλίμακα likert και ανοιχτού τύπου όπου οι συμμετέχοντες καλούνταν να αιτιολογήσουν τις απόψεις τους επί του θέματος. Σε αυτόν τον γύρο προέκυψαν νέα δεδομένα με ποιοτική διάσταση, τα οποία επεξεργάστηκαν και αναλύθηκαν μέσω της θεματικής ανάλυσης.

Το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους εμπειρογνώμονες στον Α' Γύρο περιείχε εννιά ερωτήσεις (Παράρτημα 10.1) που αναφέρονταν σε τρεις θεματικούς άξονες. Το ερωτηματολόγιο στάλθηκε μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου στις ηλεκτρονικές διευθύνσεις των συμμετεχόντων οι οποίοι κλήθηκαν να το συμπληρώσουν.

Πιο αναλυτικά, ο 1<sup>ος</sup> θεματικός άξονας των ερωτήσεων αφορά τις υποδομές του οδικού δικτύου. Η 1<sup>η</sup> θεματική αποτελεί ζήτημα μεγάλου ερευνητικού ενδιαφέροντος, ενώ σχετίζεται άμεσα με τα ερευνητικά ερωτήματα της συγκεκριμένης μελέτης. Ο ερευνητής στόχευσε στην αναζήτηση των αναγκών και των δυσκολιών στον σχεδιασμό των κατάλληλων υποδομών ή στην αναδιαμόρφωσή τους, ώστε να επέλθει η ομαλή ενσωμάτωση των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο. Η 1<sup>η</sup> θεματική περιλαμβάνει 3 ερωτήσεις οι οποίες κάλυπταν ένα εύρος ζητημάτων σχετικά με τις υποδομές του οδικού δικτύου (Πίνακας 5). Πιο συγκεκριμένα η 1<sup>η</sup> ερώτηση του ερωτηματολογίου αφορά την ανάγκη δημιουργίας σταθμών επιβίβασης και αποβίβασης για ανθρώπους με κινητικές ιδιαιτερότητες και η 2<sup>η</sup> ερώτηση καλύπτει την δημιουργία προοπτικών αναβάθμισης του οδικού δικτύου λόγω της αποσυμφόρρησής του από τον μεγάλο όγκο οχημάτων. Με την ενσωμάτωση των Α.Ο. στο δίκτυο Δημόσιων Συγκοινωνιών προκύπτει και

το ζήτημα ανασχεδιασμού των υποδομών και των δικτύων Δημόσιων Συγκοινωνιών, το οποίο τίθεται υπό συζήτηση στην 3<sup>η</sup> ερώτηση.

Πίνακας 5. 1<sup>ος</sup> Θεματικός Άξονας- Υποδομές Οδικού Δικτύου.

| Θέμα 1 <sup>ο</sup> Υποδομές Οδικού Δικτύου                               |                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Κατηγορία                                                                 | Ερώτηση                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Σταθμοί επιβίβασης & αποβίβασης για ανθρώπους με κινητικές ιδιαιτερότητες | Ερώτηση 1 <sup>η</sup> | Τα αυτόνομα οδικά οχήματα όπως προδίδει και η λέξη είναι αυτόνομα διότι ο επιβάτης δεν χρειάζεται να κάνει τίποτα παραπάνω από το να επιβιβαστεί στο όχημα έτσι ώστε να μεταβεί στον προορισμό του. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα χρήσης τους από άτομα διάφορων ηλικιών και ιδιαιτεροτήτων. Έτσι ένα αυτόνομο όχημα θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ανθρώπους με μειωμένη κινητικότητα, υπερήλικες και ανθρώπους κάθε μορφής αναπηρίας. Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος θα πρέπει να γίνει ο απαραίτητος σχεδιασμός των υποδομών στους σταθμούς επιβίβασης και αποβίβασης των αυτόνομων οχημάτων έτσι ώστε να εξυπηρετούνται οι άνθρωποι αυτοί στην καθημερινότητα τους και να έχουν πρόσβαση παντού. Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου; Παρακαλώ αιτιολογήστε την απάντησή σας. |
| Προοπτικές αναβάθμισης του οδικού δικτύου                                 | Ερώτηση 2 <sup>η</sup> | Με τα αυτόνομα οχήματα πετυχαίνουμε ομαλότερη κυκλοφοριακή ροή καθώς κινούνται σε μικρότερες αποστάσεις μεταξύ τους και σταθερότερες ταχύτητες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση χώρου λόγω της μείωσης της συμφόρησης και των καθυστερήσεων, κι έτσι προκύπτει η προοπτική αναβάθμισης του περιβάλλοντος της οδού (π.χ. δίκτυα ήπιας μετακίνησης, φυτεύσεις κλπ.). Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου; Παρακαλώ αιτιολογήστε την απάντησή σας.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Ενσωμάτωση των Α.Ο. στο σύστημα Δ.Σ.                                      | Ερώτηση 3 <sup>η</sup> | Τα αυτόνομα οχήματα Δημόσιων Συγκοινωνιών (ΔΣ) έχουν ειδικές απαιτήσεις σε υποδομές και εξοπλισμό της οδού για τη σωστή και ασφαλή λειτουργία τους. Έτσι, για την ενσωμάτωσή τους σε ένα αστικό οδικό δίκτυο απαιτείται στρατηγικός σχεδιασμός με σαφή χρονικό ορίζοντα αλλά και δημόσιες επενδύσεις για τον ανασχεδιασμό των υποδομών και δικτύων Δημόσιων Συγκοινωνιών. Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επενδύσεις στην πόλη του Βόλου; Παρακαλώ αιτιολογήστε την απάντησή σας.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Ο 2<sup>ος</sup> θεματικός άξονας αφορά την αναβάθμιση και τον εκσυγχρονισμό των υποδομών επικοινωνιών. Και αυτή η θεματική σχετίζεται με τα ερευνητικά ερωτήματα καθώς ένα εκ των οποίων στοχεύει στη αλλαγές που θα πρέπει να γίνουν στις υποδομές του δικτύου τηλεπικοινωνιών. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια βασική λειτουργία και ανάγκη των Α.Ο. είναι η ανταλλαγή δεδομένων των οχημάτων και των αισθητήρων μεταξύ τους. Η 4<sup>η</sup> ερώτηση θέτει το ζήτημα της ανάγκης αναβάθμισης και εκσυγχρονισμού των υποδομών τηλεπικοινωνιών και της ολοκλήρωσης του ευζωνικού δικτύου ώστε να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότερη λειτουργία της συνδεδεμένης και αυτοματοποιημένης κινητικότητας δεδομένων των υψηλών αναγκών της.

Πίνακας 6. 2<sup>ος</sup> Θεματικός Άξονας Υποδομές Τηλεπικοινωνιών.

| Θέμα 2 <sup>ο</sup> Υποδομές Τηλεπικοινωνιών |         |
|----------------------------------------------|---------|
| Κατηγορία                                    | Ερώτηση |

|                                                         |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Αναβάθμιση & εκσυγχρονισμό των υποδομών τηλεπικοινωνιών | Ερώτηση 4 | Για τη διασφάλιση της σωστής λειτουργίας των αυτόνομων οχημάτων απαιτούνται μεγάλο εύρος συνδεσιμότητας και υψηλές ταχύτητες επικοινωνίας για ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων. Έτσι προκύπτει η ανάγκη αναβάθμισης και εκσυγχρονισμού των υποδομών τηλεπικοινωνιών και της ολοκλήρωσης του δικτύου κάλυψης της πόλης. Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου; |
|---------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Ο 3<sup>ος</sup> θεματικός άξονας του ερωτηματολογίου αναφέρεται στις υποδομές ηλεκτροδότησης. Ένα από τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας είναι οι νέες ανάγκες ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας που δημιουργούνται λόγω της αυξημένης χρήσης ηλεκτρονικών αυτόνομων οχημάτων. Ο 3<sup>ος</sup> θεματικός άξονας περιλαμβάνει 1 ερώτηση μέσω της οποίας ερευνώνται οι υποδομές ηλεκτροδότησης όπως περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα. Ειδικότερα, η 5<sup>η</sup> ερώτηση θέτει το ζήτημα της ανάγκης αναβάθμισης και εκσυγχρονισμού των υποδομών τηλεπικοινωνιών και της ολοκλήρωσης του ευρυζωνικού δικτύου ώστε να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότερη λειτουργία της συνδεδεμένης και αυτοματοποιημένης κινητικότητας δεδομένων των υψηλών αναγκών της. Η 5<sup>η</sup> ερώτηση αναφέρεται στην αναγκαιότητα αναβάθμισης του υπάρχοντος δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας μέσω «έξυπνων» υποδομών.

Πίνακας 7. 3<sup>ος</sup> Θεματικός Άξονας-Υποδομές Ηλεκτροδότησης.

| Θέμα 3 <sup>ο</sup> Υποδομές Ηλεκτροδότησης |                        |
|---------------------------------------------|------------------------|
| Κατηγορία                                   | Ερώτηση                |
| Αναβάθμιση δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας     | Ερώτηση 5 <sup>η</sup> |

Στην 2<sup>η</sup> φάση της έρευνας, ο ερευνητής αφού σύλλεξε έναν ικανοποιητικό αριθμό απαντήσεων και έχοντας λάβει υπόψιν του το χρονικό περιθώριο που είδε δοθεί στους συμμετέχοντες, προχώρησε με την επεξεργασία των δεδομένων. Έπειτα διαμορφώθηκε το Ερωτηματολόγιο Β' Γύρου (Παράρτημα 10.2). Το δεύτερο ερωτηματολόγιο περιείχε τις ίδιες θεματικές, ενώ περιλάμβανε το ποσοστό συναίνεσης σε κάθε ερώτηση. Ο αριθμός των ερωτήσεων που δεν επιτεύχθηκε συναίνεση στον πρώτο γύρο ήταν πέντε στις οποίες οι συμμετέχοντες εκτός της επιλογής της κλίμακας που θεωρήσαν κατάλληλη, καλούνταν να αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Στην φάση αυτή επιτεύχθηκε συναίνεση στο σύνολο των ερωτήσεων και όπως αναφέρθηκε προηγουμένως στο ίδιο κεφάλαιο δεδομένης της μείωσης του αριθμού συμμετοχής στον δεύτερο γύρο ερωτηματολογίων ο ερευνητής αποφάσισε να ορίσει ως ικανοποιητικό βαθμό συναίνεσης το ποσοστό μεγαλύτερο (>) ή και ίσο (=) του 50%.

### 7.3 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Προκειμένου να παρουσιαστούν τα δεδομένα των αποτελεσμάτων της έρευνας πρέπει να αναφερθεί ότι ο ερευνητής για την ανάλυση των δεδομένων εφάρμοσε τόσο ποσοτικές όσο και ποιοτικές/περιγραφικές μεθόδους ανάλυσης διότι το μέσο συλλογής των δεδομένων, δηλαδή τα ερωτηματολόγια με τις κλειστού και ανοιχτού-τύπου ερωτήσεις, επέτρεπαν την επεξεργασία τους με ποικίλους τρόπους.

#### 7.3.1 Στατιστική ανάλυση

Οι απαντήσεις του ερωτηματολογίου της Α' Φάσης επεξεργάστηκαν μέσω της στατιστικής ανάλυσης. Στις ερωτήσεις τύπου likert εφαρμόστηκε ο μέσος όρος των απαντήσεων συνδυαστικά με την τυπική απόκλιση, της οποίας η εξίσωση είναι η εξής:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

Όπου:

$\sigma$  = Τυπική απόκλιση

N = Πλήθος συμμετεχόντων

$x_i$  = Οι παρατηρούμενες τιμές του συνόλου δεδομένων. Το i είναι ο δείκτης που αντιπροσωπεύει κάθε διαφορετική παρατήρηση στο δείγμα.

$\bar{x}$  = Μέσος όρος

$\sum_{i=1}^n$  : Το άθροισμα όλων των διαφορών που υψώνονται στο τετράγωνο για κάθε παρατήρηση.

Το κριτήριο συναίνεσης καθορίστηκε από την τυπική απόκλιση της τάξεως του <1 και την συμφωνία των συμμετεχόντων σε μία απάντηση σε ποσοστό ≥50%.

Ο Cook & Seiford (1978) μελέτησαν το ζήτημα του προσδιορισμού μιας συναινετικής κατάταξης η οποία καθορίζεται με τον καταλληλότερο τρόπο και είναι σύμφωνη με το σύνολο των κατατάξεων που έχουν δημιουργηθεί βάσει των απαντήσεων των συμμετεχόντων (Li, Guo and Zhou, 2015). Η συναινετική κατάταξη είναι αυτή που μειώνει στο μέγιστο δυνατό βαθμό τη συνολική «απόλυτη τιμή» των αποστάσεων. Η τεχνική της συναινετικής κατάταξης επιτρέπει στον ερευνητή να μελετήσει τις ποικίλες κατατάξεις και να βρει την πιο «δημοκρατική» ανάμεσά τους, αφού στόχος είναι να αποδοθεί η κατάταξη με το ελάχιστο άθροισμα αποστάσεων δηλαδή διαφωνιών (Cook, Kress and Seiford, 1997).

Οι απαντήσεις του Α' ερωτηματολογίου μεταφέρθηκαν και αναλύθηκαν στο excel, εφαρμόζοντας την συνάρτηση μέσω αλγόριθμου γραμμικού προγραμματισμού. Παρακάτω παρουσιάζεται η διαδικασία καταγραφής και ανάλυσης των δεδομένων:

- Καταγραφή δεδομένων σε φύλλο Excel
- Εφαρμογή της εξίσωσης της Τυπικής Απόκλισης
- Υπολογισμός Μέσου Όρου για κάθε ερώτηση
- Υπολογισμός Διαμέσου για κάθε ερώτηση
- Υπολογισμός Τυπικής Απόκλισης για κάθε ερώτηση

Καθώς ο στόχος είναι η ελαχιστοποίηση της απόστασης, επεξεργάστηκε ως πρόβλημα ανάθεσης (Hwang and Lin, 2012). Η προσέγγιση του Cook & Seiford, διατηρώντας την ανωνυμία των εμπειρογνομόνων και έχοντας ως βάση την «δημοκρατία» που προκύπτει από την κατάταξη των δεδομένων, είναι σε θέση να λύσει τις αποκλίσεις ανάμεσα στις επιλογές κατάταξης. Ο ερευνητής επέλεξε την συγκεκριμένη μέθοδο ανάλυσης λόγω της συνέπειάς της αναφορικά με την δόμηση κατατάξεων που προκύπτουν από πολλούς συμμετέχοντες (Cook, Kress and Seiford, 1997).

### 7.3.2 Θεματική ανάλυση

Η θεματική ανάλυση επιλέχθηκε ως μέθοδο ανάλυσης δεδομένων συνδυαστικά με την στατιστική ανάλυση προκειμένου ο ερευνητής να εντοπίσει, να αναλύσει και αναφέρει τα μοτίβα-θέματα στα δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσω των ερωτηματολογίων της δεύτερης φάσης (Παράρτημα 10.2). Επιπλέον η συγκεκριμένη μέθοδος επιτρέπει στον ερευνητή να κατανοήσει και να αξιοποιήσει τα ποιοτικά δεδομένα που απορρέουν από τις αιτιολογήσεις των απαντήσεων των συμμετεχόντων. Η ευελιξία της θεματικής ανάλυσης και το γεγονός ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ευκολία από έναν αρχάριο ερευνητή αποτέλεσαν σημαντικό παράγοντα επιλογής της.

Τα βήματα που ακολούθησε ο ερευνητής για την ανάλυση των ερωτήσεων ανοιχτού τύπου του δεύτερου γύρου είναι αυτά που όρισαν οι Braun & Clarke (2006) για τη συγκεκριμένη μεθοδολογία ανάλυσης δεδομένων. Μετά την ολοκλήρωση των ερωτηματολογίων από τους συμμετέχοντες, ο ερευνητής επεξεργάστηκε τα δεδομένα διαβάζοντάς τα πολλαπλές φορές με σκοπό την εξοικείωσή του με αυτά. Μέσα από την εξοικείωση, προέκυψε και η αρχική αναζήτηση επαναλαμβανόμενων νοημάτων που έχουν σημασία για την μετέπειτα κατηγοριοποίησή τους. Στο πρώτο αυτό στάδιο ο ερευνητής σύγκρινε τις απαντήσεις των συμμετεχόντων. Στην επόμενη φάση η πρωταρχική σύγκριση που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιήθηκε ως βάση για την κωδικοποίηση των απαντήσεων παράγοντας έτσι τους αρχικούς κώδικες. Έπειτα εντοπίστηκαν τα επαναλαμβανόμενα μοτίβα νοήματος και

επιχειρήθηκε η σύνδεση και η οργάνωσή τους σε κατηγορίες με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα. Ακολούθησε η επανεξέταση των αρχικών θεμάτων για να προβούν σε πιθανές αλλαγές. Σημαντικό βήμα ήταν η δημιουργία ενός «θεματικού χάρτη», ο οποίος περιλαμβάνει τα τελικά θέματα και τις κατηγορίες δηλαδή τις ομαδοποιημένες ιδέες (Πίνακας 8).

Πίνακας 8. Δημιουργία του «θεματικού χάρτη».

| Θέμα                       | Κατηγορία                                                                     |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Α Υποδομές Οδικού Δικτύου  | A1. Σταθμοί επιβίβασης & αποβίβασης για ανθρώπους με κινητικές ιδιαιτερότητες |
|                            | A2. Προοπτικές αναβάθμισης του οδικού δικτύου                                 |
|                            | A3. Ενσωμάτωση των Α.Ο. στο σύστημα Δ.Σ.                                      |
| Β Υποδομές Τηλεπικοινωνιών | B1. Αναβάθμιση & εκσυγχρονισμό των υποδομών τηλεπικοινωνιών                   |
| Γ Υποδομές Ηλεκτροδότησης  | Γ1. Αναβάθμιση δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας                                   |

Έχοντας οργανώσει τα θέματα και τις κατηγορίες, ο ερευνητής ενσωμάτωσε και τους κωδικούς δηλαδή τις προτάσεις-δηλώσεις που περιλάμβανε η κάθε κατηγορία όπως επίσης και τον αριθμό των συμμετεχόντων που ενστερνίζονται την ίδια ιδέα. Κατά αυτό το τρόπο οργάνωσε τα δεδομένα του δημιουργώντας τρεις διαφορετικούς πίνακες έναν για κάθε θέμα (Πίνακας 9,10,11).

Πίνακας 9. Θέμα Α Υποδομές Οδικού Δικτύου.

| ΘΕΜΑ Α. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ                                                                           |                                                                     |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Κατηγορία                                                                                                 | Κωδικός                                                             | Αριθμός Απαντήσεων |
| Α1. Σταθμοί επιβίβασης & αποβίβασης για ανθρώπους με κινητικές ιδιαιτερότητες (ΕΡΩΤΗΣΗ 1 ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΓΙΟ Α) | A1.1 Ανάγκη ολιστικού σχεδιασμού                                    | 7/10               |
|                                                                                                           | A1.2 Αυξημένος απαιτούμενος χρόνος                                  | 3/10               |
|                                                                                                           | A1.3 Έλλειψη τεχνογνωσίας                                           | 2/10               |
|                                                                                                           | A1.4 Έλλειψη σχετικού ενδιαφέροντος                                 | 1/10               |
|                                                                                                           | A1.5 Γραφειοκρατία                                                  | 1/10               |
| Α2. Προοπτικές αναβάθμισης του οδικού δικτύου (ΕΡΩΤΗΣΗ 2 ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΓΙΟ Α)                                 | A2.1 Ανάγκη επανασχεδιασμού του οδικού δικτύου                      | 4/10               |
|                                                                                                           | A2.2 Έλλειψη σχετικού ενδιαφέροντος σε πολιτικό & συλλογικό επίπεδο | 4/10               |
|                                                                                                           | A2.3 Ανάγκη ενσωμάτωσης των Α.Ο. σε ικανοποιητικό επίπεδο           | 2/10               |
|                                                                                                           | A2.4 Έλλειψη εμπειρίας και τεχνογνωσίας                             | 2/10               |
|                                                                                                           | A3.1 Ανάγκη χρηματοδότησης                                          | 4/10               |

|                                                                             |                                           |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------|
| Α3. Ενσωμάτωση των Α.Ο. στο σύστημα Δ.Σ.<br>(ΕΡΩΤΗΣΗ 3<br>ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α) | Α3.2 Ανάγκη σχεδιασμού του οδικού δικτύου | 4/10 |
|                                                                             | Α3.3 Επαρκές Ενδιαφέρον τοπικής διοίκησης | 2/10 |
|                                                                             | Α3.4 Ελλιπές ενδιαφέρον τοπικής διοίκησης | 1/10 |
|                                                                             | Α3.5 Γραφειοκρατία                        | 1/10 |

Πίνακας 10. Θέμα Β Υποδομές Τηλεπικοινωνιών.

| ΘΕΜΑ Β. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ                                                               |                                      |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| Κατηγορία                                                                                      | Κωδικός                              | Αριθμός Απαντήσεων |
| Β1. Αναβάθμιση & εκσυγχρονισμό των υποδομών τηλεπικοινωνιών<br>(ΕΡΩΤΗΣΗ 4<br>ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α) | Β1.1 Ανάγκη ιδιωτικής χρηματοδότησης | 4/10               |
|                                                                                                | Β1.2 Ανάγκη κρατικής πρωτοβουλίας    | 3/10               |
|                                                                                                | Β1.3 Αυξημένο κόστος                 | 3/10               |
|                                                                                                | Β1.4 Σχεδιασμός κατάλληλων υποδομών  | 3/10               |

Πίνακας 11. Θέμα Γ Υποδομές Ηλεκτροδότησης.

| ΘΕΜΑ Γ. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗΣ                                                |                                    |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------|
| Κατηγορία                                                                      | Κωδικός                            | Αριθμός Απαντήσεων |
| Γ1. Αναβάθμιση δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας<br>(ΕΡΩΤΗΣΗ 6<br>ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α) | Γ1.1 Ζήτημα παραγωγής              | 4/10               |
|                                                                                | Γ1.2 Αναβάθμιση δικτύου            | 4/10               |
|                                                                                | Γ1.3 Ανεπάρκεια πολιτικού πλαισίου | 3/10               |
|                                                                                | Γ1.4 Υψηλό κόστος                  | 2/10               |
|                                                                                | Γ1.5 Ερευνητικές ανάγκες           | 1/10               |

## 7.4 Ανάλυση δεδομένων

### 7.4.1 Στατιστική ανάλυση του Ά Γύρου Ερωτηματολογίου

Έχοντας προωθήσει στους συμμετέχοντες τον Ερωτηματολόγιο Ά Γύρου και ξεπερνώντας το χρονικό περιθώριο των δύο εβδομάδων για την συλλογή των απαντήσεων, ο αριθμός των εμπειρογνομόνων που συμμετείχαν στον Ά Γύρο ήταν συνολικά 12. Στη συνέχεια, ο ερευνητής προχώρησε στην στατιστική ανάλυση των κλειστού-τύπου ερωτήσεων που περιείχε το ερωτηματολόγιο. Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων ο ερευνητής ακολούθησε την συνάρτηση Cook & Seiford (1978), ορίζοντας ως κριτήριο συναίνεσης την τυπική απόκλιση  $\leq 1$  και την συμφωνία συμμετεχόντων σε μία απάντηση στις τάξεις του  $\geq 50\%$ . Ακολουθεί η αναλυτική επεξεργασία στις στατιστική ανάλυσης ανά ερώτηση.

### Ερώτηση 1

Στα αυτόνομα οδικά οχήματα ο μετακινούμενος δεν χρειάζεται να οδηγήσει το όχημα έτσι ώστε να μεταβεί στον προορισμό του. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα χρήσης στις από άτομα διάφορων ηλικιών και χαρακτηριστικών. Έτσι ένα αυτόνομο όχημα θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άτομα με μειωμένη κινητικότητα, υπερήλικες και ανθρώπους με κάθε μορφή αναπηρίας. Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος θα πρέπει να γίνει ο απαραίτητος σχεδιασμός των υποδομών στις σταθμούς επιβίβασης και αποβίβασης των αυτόνομων οχημάτων και στις διαδρόμους κίνησης που συνδέουν στις σταθμούς στις με στις πόλεις έλξης ή γένεσης των μετακινήσεων, έτσι ώστε να εξυπηρετούνται οι άνθρωποι αυτοί στην καθημερινότητα στις και να έχουν πρόσβαση παντού. Κατά τη γνώμη στις, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;

Πίνακας 12. Ερώτηση 1- Στατιστική ανάλυση

| 1 <sup>ος</sup> Γύρος  | ΕΡΩΤΗΣΗ 1 | ΣΚΟΡ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|------------------------|-----------|------|---------|
| 1. Εύκολο (4)          | 1         | 4    | 8,30%   |
| 2. Σχετικά Δύσκολο (3) | 5         | 15   | 41,70%  |
| 3. Δύσκολο (2)         | 4         | 8    | 33,30%  |
| 4. Πολύ Δύσκολο (1)    | 2         | 2    | 16,70%  |
| ΔΕΙΚΤΕΣ                |           |      |         |
| ΔΙΑΜΕΣΟΣ               | 2,4       |      |         |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ        | 0,86      |      |         |

Με βάση την παραπάνω στατιστική ανάλυση, προκύπτει ότι το 41.70% των συμμετεχόντων θεωρεί «σχετικά δύσκολο» να πραγματοποιηθούν αναγκαία παρεμβάσεις στον Βόλο αναφορικά με στις υποδομές των σταθμών επιβίβασης και αποβίβασης των Α.Ο. αλλά και στους διαδρόμους κίνησης. Το ποσοστό αυτό δεν καλύπτει ένα από τα κριτήρια συναίνεσης στις ορίστηκαν παραπάνω. Λαμβάνοντας υπόψιν το κριτήριο συναίνεσης Τυπική Απόκλιση  $\leq 1$ , στην συγκεκριμένη ερώτηση έχει επιτευχθεί αφού η τυπική απόκλιση είναι 0,86. Παρόλο που υπάρχει μερική συναίνεση μεταξύ των ερωτηθέντων βάσει του ποσού στις τυπικής απόκλισης, ωστόσο δεν είναι ικανοποιητικό το ποσοστό συμφωνίας σε μία ερώτηση. Για τον λόγο αυτό θεωρήθηκε ότι δεν έχει επιτευχθεί συναίνεση στον Α' Γύρο και η ερώτηση συμπεριλήφθηκε και στον επόμενο γύρο.

## Ερώτηση 2

Με τα αυτόνομα οχήματα πετυχαίνουμε ομαλότερη κυκλοφοριακή ροή καθώς κινούνται σε μικρότερες αποστάσεις μεταξύ στις και με πιο σταθερές ταχύτητες σε σχέση με τα οχήματα χαμηλού επιπέδου αυτοματοποιημένης οδήγησης. Με την παραδοχή ότι η ευρεία εφαρμογή των αυτόνομων οχημάτων δεν θα οδηγήσει σε ραγδαία αύξηση των μετακινήσεων με αυτοκίνητο, αυτό θα έχει ως πιθανό αποτέλεσμα την απελευθέρωση δημόσιου χώρου με

προοπτική για την αναβάθμιση του περιβάλλοντος στις οδούς και την αξιοποίηση για στις (π.χ. δίκτυα ήπιας μετακίνησης, φυτεύσεις, γραμμικά πάρκα κλπ.). Κατά τη γνώμη στις, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;

Πίνακας 13. Ερώτηση 2- Στατιστική ανάλυση

| 1 <sup>ος</sup> Γύρος  | ΕΡΩΤΗΣΗ 2 | ΣΚΟΡ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|------------------------|-----------|------|---------|
| 1. Εύκολο (4)          | 2         | 8    | 16,70%  |
| 2. Σχετικά Δύσκολο (3) | 2         | 6    | 16,70%  |
| 3. Δύσκολο (2)         | 5         | 10   | 41,70%  |
| 4. Πολύ Δύσκολο (1)    | 3         | 3    | 25%     |
| ΔΕΙΚΤΕΣ                |           |      |         |
| ΔΙΑΜΕΣΟΣ               | 2,2       |      |         |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ        | 1         |      |         |

Στην ερώτηση 2, που σχετίζεται με την απελευθέρωση χώρου λόγω της χρήσης Α.Ο. και στην αξιοποίησή του για στις μετακινήσεις, οι συμμετέχοντες θεώρησαν ότι ένα τέτοιου είδους εγχείρημα θα ήταν «δύσκολο» να υλοποιηθεί έγκαιρα στον Βόλο με ποσοστό 41,70%. Το ποσοστό αυτό είναι χαμηλότερο του 50% που έχει οριστεί ως αποδεκτό. Η Τυπική Απόκλιση (1) είναι εντός του αποδεκτού ορίου. Όπως και στην προηγούμενη ερώτηση, έτσι και σε αυτήν δεδομένου ότι το ποσοστό συμφωνίας σε μια ερώτηση είναι μικρότερου του 50%, δεν έχει επιτευχθεί συναίνεση και άρα η ερώτηση 2 συμπεριλήφθηκε και στον Γύρο Β'.

### Ερώτηση 3

Τα αυτόνομα οχήματα Δημόσιων Συγκοινωνιών (ΔΣ) έχουν ειδικές απαιτήσεις σε υποδομές και εξοπλισμό στις οδούς για τη σωστή και ασφαλή λειτουργία στις. Έτσι, για την ενσωμάτωση στις σε ένα αστικό οδικό δίκτυο απαιτείται στρατηγικός σχεδιασμός με σαφή χρονικό ορίζοντα αλλά και δημόσιες επενδύσεις για τον ανασχεδιασμό των υποδομών και δικτύων Δημόσιων Συγκοινωνιών. Κατά τη γνώμη στις, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;

Πίνακας 14. Ερώτηση 3- Στατιστική ανάλυση

| 1 <sup>ος</sup> Γύρος  | ΕΡΩΤΗΣΗ 3 | ΣΚΟΡ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|------------------------|-----------|------|---------|
| 1. Εύκολο (4)          |           |      |         |
| 2. Σχετικά Δύσκολο (3) | 5         | 15   | 41,70%  |
| 3. Δύσκολο (2)         | 4         | 8    | 33,30%  |
| 4. Πολύ Δύσκολο (1)    | 3         | 3    | 25%     |
| ΔΕΙΚΤΕΣ                |           |      |         |
| ΔΙΑΜΕΣΟΣ               | 2,1       |      |         |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ        | 0,8       |      |         |

Προχωρώντας στην ερώτηση 3, ο ερευνητής είχε παρόμοια στοιχεία στις προηγούμενες δύο ερωτήσεις. Η ερώτηση 3 αφορούσε κατά πόσο εύκολα ή δύσκολα μπορούν να σχεδιαστούν οι κατάλληλες υποδομές για την ενσωμάτωση των Α.Ο. στο σύστημα Δημόσιων Συγκοινωνιών. Το μέγιστο ποσοστό συμφωνίας σε μία ερώτηση ήταν το 41,70% στην επιλογή «σχετικά δύσκολο» που θεωρείται μη επαρκές. Η Τυπική Απόκλιση είναι 0,8, η οποία βρίσκεται εντός των επιθυμητών ορίων. Θεωρώντας μη αποδεκτό το ποσοστό συμφωνίας (41,70%) στην ερώτηση 3 δεν επιτεύχθηκε συναίνεση και για το λόγο αυτό συμπεριλήφθηκε στον Β' Γύρο.

#### Ερώτηση 4

Οι οδικές υποδομές με τα σημερινά δεδομένα περιλαμβάνουν σηματοδότες, κατακόρυφη και οριζόντια σήμανση και διαγραμμίσεις, για τη διαχείριση και τον έλεγχο στις κυκλοφορίες. Για την ενσωμάτωση και την ομαλή κυκλοφορία των αυτόνομων οχημάτων στο οδικό δίκτυο θα πρέπει να υπάρξουν αναβαθμίσεις και μετατροπές στις υποδομές διαχείρισης και ελέγχου στις κυκλοφορίες. Κατά τη γνώμη στις, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;

Πίνακας 15. Ερώτηση 4- Στατιστική ανάλυση

| 1ος Γύρος              | ΕΡΩΤΗΣΗ 4 | ΣΚΟΡ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|------------------------|-----------|------|---------|
| 1. Εύκολο (4)          | 2         | 8    | 16,70%  |
| 2. Σχετικά Δύσκολο (3) | 5         | 15   | 41,70%  |
| 3. Δύσκολο (2)         | 4         | 8    | 33,30%  |
| 4. Πολύ Δύσκολο (1)    | 1         | 1    | 8,30%   |
| <b>ΔΕΙΚΤΕΣ</b>         |           |      |         |
| ΔΙΑΜΕΣΟΣ               | 2,6       |      |         |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ        | 0,84      |      |         |

Βασική προϋπόθεση για την ομαλή κίνηση των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο αποτελούν οι υποδομές διαχείρισης και ελέγχου στις κυκλοφορίες. Οι ερωτηθέντες θεώρησαν «σχετικά δύσκολο» να αναβαθμιστούν ή ανασχεδιαστούν οι υπάρχουσες υποδομές με ποσοστό 41,70%. Έτσι, το πρώτο κριτήριο συναίνεσης δεν έχει τηρηθεί. Το δεύτερο κριτήριο στις Τυπικής Απόκλισης αναμεταξύ των απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση 4 είναι 0,84 που θεωρείται αποδεκτό. Ωστόσο, για να επιτευχθεί συναίνεση είναι απαραίτητη η τήρηση και των δύο κριτηρίων. Για αυτό το λόγο η ερώτηση 4 συμπεριλήφθηκε στον επόμενο γύρο.

#### Ερώτηση 5

Για τη διασφάλιση στις αποτελεσματικής λειτουργίας στις συνδεδεμένης και αυτοματοποιημένης κινητικότητας με τη χρήση αυτόνομων οχημάτων απαιτούνται μεγάλο εύρος συνδεσιμότητας και υψηλές ταχύτητες επικοινωνίας για ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων. Έτσι

προκύπτει η ανάγκη αναβάθμισης και εκσυγχρονισμού των υποδομών τηλεπικοινωνιών και της ολοκλήρωσης του ευρυζωνικού δικτύου με κάλυψη όλης της πόλης. Κατά τη γνώμη στις, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;

Πίνακας 16. Ερώτηση 5- Στατιστική ανάλυση

| 1 <sup>ος</sup> Γύρος  | ΕΡΩΤΗΣΗ 5 | ΣΚΟΡ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|------------------------|-----------|------|---------|
| 1. Εύκολο (4)          | 3         | 12   | 25%     |
| 2. Σχετικά Δύσκολο (3) | 6         | 18   | 50%     |
| 3. Δύσκολο (2)         | 2         | 4    | 16,70%  |
| 4. Πολύ Δύσκολο (1)    | 1         | 1    | 8,30%   |
| ΔΕΙΚΤΕΣ                |           |      |         |
| ΔΙΑΜΕΣΟΣ               | 2,9       |      |         |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ        | 0,86      |      |         |

Η ερώτηση 5 μελετά κατά πόσο είναι δυνατόν να αναβαθμιστούν και να εκσυγχρονιστούν οι υποδομές τηλεπικοινωνιών λόγω της ενσωμάτωσης συνδεδεμένων Α.Ο. στον Βόλο. Το 50% των ερωτηθέντων συμφώνησε στην απάντηση «σχετικά δύσκολο». Το ποσοστό συμφωνίας 50% έχει θεωρηθεί απαραίτητο κριτήριο συνδυαστικά με Τυπική Απόκλιση  $\leq 1$ . Στην ερώτηση 5 η τιμή στις Τυπικής Απόκλισης είναι 0,86, άρα διαπιστώνεται πως υπάρχει μερική συναίνεση μεταξύ των ειδικών για αυτό το λόγο δεν συμπεριλήφθηκε η συγκεκριμένη ερώτηση στο δεύτερο ερωτηματολόγιο.

## Ερώτηση 6

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η τάση στα επόμενα χρόνια φαίνεται να είναι θετική στις τα ηλεκτροκίνητα αυτόνομα οχήματα για πολλούς λόγους, με συνέπεια στις αυξημένες ανάγκες για ολοκληρωμένη διαχείριση στις ηλεκτρικής ενέργειας: Για την κάλυψη των αναγκών που θα προκύψουν πιθανώς να απαιτηθούν αναβαθμίσεις στο υφιστάμενο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας στις πόλης αλλά και νέες «έξυπνες» υποδομές ενέργειας ώστε να υπάρχει επαρκής κάλυψη των αναγκών, ιδιαίτερα σε περιόδους αιχμής στις ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια. Κατά τη γνώμη στις, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;

Πίνακας 17. Ερώτηση 6- Στατιστική ανάλυση

| 1 <sup>ος</sup> Γύρος  | ΕΡΩΤΗΣΗ 6 | ΣΚΟΡ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|------------------------|-----------|------|---------|
| 1. Εύκολο (4)          | 1         | 4    | 8,30%   |
| 2. Σχετικά Δύσκολο (3) | 5         | 15   | 41,70%  |
| 3. Δύσκολο (2)         | 4         | 8    | 33,30%  |
| 4. Πολύ Δύσκολο (1)    | 2         | 2    | 16,70%  |
| <b>ΔΕΙΚΤΕΣ</b>         |           |      |         |
| ΔΙΑΜΕΣΟΣ               | 2,4       |      |         |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ        | 0,86      |      |         |

Η ερώτηση 6 ερευνά στις νέες ανάγκες ενέργειας που προκύπτουν από την ένταξη των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο. Οι συμμετέχοντες καλούνταν να απαντήσουν πόσο δύσκολο είναι να αναβαθμιστεί το υπάρχον δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας του Βόλου, ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες των χρηστών του. Τα αποτελέσματα στις ερωτήσεις 7 είναι κοινά με την ερώτηση 1, έτσι το μεγαλύτερο ποσοστό συμφωνίας σε μία ερώτηση είναι 41,70, το οποίο δεν θεωρείται επαρκές. Αντιθέτως, η Τυπική Απόκλιση είναι  $\leq 1$  (0,86), ωστόσο αυτή η τιμή αποτελεί ένα από τα δύο κριτήρια συναίνεσης με το δεύτερο να είναι το ποσοστό συμφωνίας  $\geq 50\%$ . Δεδομένης στις ελλιπής κάλυψης και των δύο κριτηρίων η ερώτηση 6 συμπεριλήφθηκε στο ερωτηματολόγιο του Β' Γύρου.

### Ερώτηση 7

Τα αυτόνομα οχήματα είτε είναι δημόσια είτε ιδιωτικά θα χρειάζονται σταθμούς ανεφοδιασμού-φόρτισης-συντήρησης που μπορεί να χωροθετηθούν σε απόσταση από στις τελικούς προορισμούς των μετακινούμενων (π.χ. εκτός κεντρικών περιοχών) ή/και να συνδυαστούν με στις λειτουργίες (στις στάση εξυπηρέτησης επιβατών σε πλατφόρμες συνεπιβατισμού). Έτσι προκύπτει η ανάγκη (ανα)σχεδιασμού και χωροθέτησης των σταθμών αυτών. Κατά τη γνώμη στις, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;

Πίνακας 18. Ερώτηση 7- Στατιστική ανάλυση

| 1 <sup>ος</sup> Γύρος  | ΕΡΩΤΗΣΗ 7 | ΣΚΟΡ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|------------------------|-----------|------|---------|
| 1. Εύκολο (4)          | 6         | 24   | 50%     |
| 2. Σχετικά Δύσκολο (3) | 3         | 9    | 25%     |
| 3. Δύσκολο (2)         | 3         | 6    | 25%     |
| 4. Πολύ Δύσκολο (1)    |           |      |         |
| <b>ΔΕΙΚΤΕΣ</b>         |           |      |         |
| ΔΙΑΜΕΣΟΣ               | 3,2       |      |         |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ        | 0,83      |      |         |

Συνεχίζοντας με την ερώτηση 7, με την οποία ο ερευνητής επιθυμεί να μελετήσει την άποψη των συμμετεχόντων αναφορικά με την ευκολία ή δυσκολία στις προσπάθειες διαμόρφωσης κατάλληλων σταθμών ανεφοδιασμού-φόρτισης-συντήρησης των Α.Ο. στον Βόλο. Τα αποτελέσματα του Α' Γύρου δείχνουν ότι το 50% των συμμετεχόντων επέλεξαν την απάντηση «εύκολο», ενώ οι υπόλοιποι ισάριθμα επέλεξαν στις απαντήσεις «σχετικά δύσκολο» και «δύσκολο». Το ποσοστό συμφωνίας 50% θεωρήθηκε αποδεκτό, τηρώντας ένα από τα δύο κριτήρια συναίνεσης. Το δεύτερο κριτήριο συναίνεσης δηλαδή η Τυπική Απόκλιση είναι 0,83 που στις θεωρείται επιθυμητό. Έτσι, στην ερώτηση 7 έχει επιτευχθεί συναίνεση και δεν συμπεριλήφθηκε στον επόμενο γύρο.

## Ερώτηση 8

Μέχρι την ευρεία εξάπλωση στις χρήσεις των αυτόνομων οχημάτων θα υπάρξει μια περίοδος μεικτής κυκλοφορίας οχημάτων διάφορων επιπέδων αυτοματοποιημένης οδήγησης. Κατά τη μεταβατική αυτή περίοδο, αναμένεται να χρειαστούν επεμβάσεις για να συνυπάρξουν οι οδηγοί των οχημάτων αυτών, αλλά και των μετακινούμενων με μέσα ήπιας κινητικότητας και μικροκινητικότητας, κάτω από ικανοποιητικές συνθήκες ασφαλείας και άνεσης. Έτσι προκύπτει η ανάγκη ευέλικτου σχεδιασμού και σταδιακής υλοποίησης με σαφές χρονοδιάγραμμα «έξυπνων υποδομών» διαχείρισης, ελέγχου και αστυνόμευσης της κυκλοφορίας αλλά και εξυπηρέτησης στις πρόσβασης/στάσης-στάθμευσης/ανεφοδιασμού-φόρτισης ώστε να διασφαλιστεί η ομαλή μετάβαση. Κατά τη γνώμη στις, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;

Πίνακας 19. Ερώτηση 8- Στατιστική ανάλυση

| 1ος Γύρος              | ΕΡΩΤΗΣΗ 8 | ΣΚΟΡ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|------------------------|-----------|------|---------|
| 1. Εύκολο (4)          | 1         | 4    | 8,30%   |
| 2. Σχετικά Δύσκολο (3) | 4         | 12   | 33,30%  |
| 3. Δύσκολο (2)         | 6         | 12   | 50%     |
| 4. Πολύ Δύσκολο (1)    | 1         | 1    | 8,30%   |
| <b>ΔΕΙΚΤΕΣ</b>         |           |      |         |
| ΔΙΑΜΕΣΟΣ               | 2,4       |      |         |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ        | 0,75      |      |         |

Η περίοδος μεικτής κυκλοφορίας ερευνάται στην ερώτηση 8 αφού οι ειδικοί καλούνται να απαντήσουν πόσο εύκολο ή δύσκολο είναι το εγχείρημα στις υλοποίησης των κατάλληλων επεμβάσεων στον Βόλο. Το 50% των εμπειρογνομόνων θεώρησε «δύσκολο» αυτό το εγχείρημα. Λαμβάνοντας υπόψιν την τήρηση του κριτηρίου του ποσοστού συμφωνίας σε μία ερώτηση και εφαρμόζοντας το δεύτερο κριτήριο συναίνεσης με την Τυπική Απόκλιση  $\leq 1$ , που

έχει υιοθετηθεί, στην ερώτηση 8 η τιμή στις Τυπικής Απόκλισης είναι 0,75. Με βάση τα δεδομένα αυτά έχει επιτευχθεί συναίνεση.

### Ερώτηση 9

Η λειτουργία των συνδεδεμένων αυτόνομων οχημάτων εξαρτάται από διάφορα τηλεπικοινωνιακά, ηλεκτρονικά και υπολογιστικά συστήματα με αποτέλεσμα τα συγκεκριμένα οχήματα να είναι πιθανώς τρωτά με διάφορους τρόπους ως στις τη διασφάλιση προσωπικών δεδομένων αλλά και την χρήση για εγκληματικές και τρομοκρατικές ενέργειες. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητη η ανάπτυξη και διαρκής αναβάθμιση στις κατάλληλης φυσικής και ψηφιακής υποδομής για την προστασία από στις ενέργειες αυτές. Κατά τη γνώμη στις, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;

Πίνακας 20. Ερώτηση 9- Στατιστική ανάλυση

| 1 <sup>ος</sup> Γύρος  | ΕΡΩΤΗΣΗ 9 | ΣΚΟΡ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|------------------------|-----------|------|---------|
| 1. Εύκολο (4)          | 2         | 8    | 16,70%  |
| 2. Σχετικά Δύσκολο (3) | 2         | 6    | 16,70%  |
| 3. Δύσκολο (2)         | 7         | 14   | 58,30%  |
| 4. Πολύ Δύσκολο (1)    | 1         | 1    | 8,30%   |
| ΔΕΙΚΤΕΣ                |           |      |         |
| ΔΙΑΜΕΣΟΣ               | 2,4       |      |         |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ        | 0,83      |      |         |

Τέλος, στην ερώτηση 9 τίθεται το ζήτημα στις ασφάλειας των προσωπικών δεδομένων των χρηστών των Α.Ο.. Το μεγαλύτερο ποσοστό συμφωνίας σε μία ερώτηση είναι 58,30%, το οποίο θεώρησε «δύσκολο» το εγχείρημα ανάπτυξης και αναβάθμισης των φυσικών και ψηφιακών υποδομών του Βόλου. Η χαμηλή τιμή στις Τυπικής Απόκλισης που είναι 0,83 δείχνει ότι τα σημεία των δεδομένων έχουν την τάση να είναι σχετικά κοντά στον μέσο όρο και άρα αφού έχουν τηρηθεί και τα δύο κριτήρια συναίνεσης έχει επιτευχθεί συναίνεση. Συνεπώς, το ερωτηματολόγιο του Β' Γύρου δεν περιλάμβανε την ερώτηση 9.

#### 7.4.2 Στατιστική ανάλυση του 'Β Γύρου Ερωτηματολογίου

Το επόμενο στάδιο της έρευνας αφορά την αποστολή του Ερωτηματολογίου 'Β Γύρου, στο οποίο περιλαμβάνονταν οι ερωτήσεις στις οποίες το ποσοστό σύγκλισης ήταν <50% στον Α Γύρο. Κατά αυτό τον τρόπο, ο ερευνητής τροποποίησε το Ερωτηματολόγιο Α Γύρου ενσωματώνοντας πέντε ερωτήσεις στις οποίες αναγράφονταν τα αποτελέσματα των απαντήσεων του Α Γύρου. Πιο συγκεκριμένα, οι ερωτήσεις που συμπεριλήφθηκαν στο ερωτηματολόγιο του 'Β Γύρου σύμφωνα με την αρίθμηση του πρώτου ήταν η 1<sup>η</sup>, 2<sup>η</sup>, 3<sup>η</sup>, 4<sup>η</sup>,

και η 6<sup>η</sup> όπως παρουσιάζεται στο παράρτημα 10.2. Ο αριθμός των συμμετεχόντων μειώθηκε αφού ολοκλήρωσαν με επιτυχία το ερωτηματολόγιο αυτού του γύρου δέκα εμπειρογνώμονες.

### Ερώτηση 1

Στα αυτόνομα οδικά οχήματα ο μετακινούμενος δεν χρειάζεται να οδηγήσει το όχημα έτσι ώστε να μεταβεί στον προορισμό του. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα χρήσης στις από άτομα διάφορων ηλικιών και χαρακτηριστικών. Έτσι ένα αυτόνομο όχημα θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άτομα με μειωμένη κινητικότητα, υπερήλικες και ανθρώπους με κάθε μορφή αναπηρίας. Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος θα πρέπει να γίνει ο απαραίτητος σχεδιασμός των υποδομών στις σταθμούς επιβίβασης και αποβίβασης των αυτόνομων οχημάτων και στις διαδρόμους κίνησης που συνδέουν στις σταθμούς στις με στις πόλεις έλξης ή γένεσης των μετακινήσεων, έτσι ώστε να εξυπηρετούνται οι άνθρωποι αυτοί στην καθημερινότητα στις και να έχουν πρόσβαση παντού. Κατά τη γνώμη στις, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;

Πίνακας 21. 2<sup>ος</sup> Γύρος- Ερώτηση 1

| 2 <sup>ος</sup> Γύρος | ΕΡΩΤΗΣΗ 1 | ΣΚΟΡ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|-----------------------|-----------|------|---------|
| 1.Εύκολο (4)          |           |      |         |
| 2.Σχετικά Δύσκολο (3) | 3         | 9    | 30%     |
| 3.Δύσκολο (2)         | 6         | 12   | 60%     |
| 4.Πολύ Δύσκολο (1)    | 1         | 1    | 10%     |
| ΔΕΙΚΤΕΣ               |           |      |         |
| ΔΙΑΜΕΣΟΣ              | 2.2       |      |         |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ       | 0.6       |      |         |

Στην 1<sup>η</sup> ερώτηση του 'Β Γύρου, οι ερωτηθέντες απέρριψαν την επιλογή «εύκολο», ενώ μειώθηκε κατά μία μονάδα ο αριθμός των ειδικών που συμφώνησαν με την επιλογή «πολύ δύσκολο». Η πλειοψηφία κατευθύνθηκε προς την επιλογή «δύσκολο» με ποσοστό 60% πληρώνοντας το ένα από τα δύο κριτήρια συναίνεσης. Παρατηρώντας τον δείκτη της τυπικής απόκλισης με τιμή 0,6, όπου είναι αποδεκτός αφού είναι  $\leq 1$ , συμπεραίνουμε ότι υπάρχει μικρή διασπορά των απαντήσεων. Ο δείκτης αυτός συνδυαστικά με το ποσοστό συναίνεσης αποδεικνύουν την επίτευξη σύγκλισης ανάμεσα στις απαντήσεις των ειδικών.

### Ερώτηση 2

Με τα αυτόνομα οχήματα πετυχαίνουμε ομαλότερη κυκλοφοριακή ροή καθώς κινούνται σε μικρότερες αποστάσεις μεταξύ στις και με πιο σταθερές ταχύτητες σε σχέση με τα οχήματα χαμηλού επιπέδου αυτοματοποιημένης οδήγησης. Με την παραδοχή ότι η ευρεία εφαρμογή των αυτόνομων οχημάτων δεν θα οδηγήσει σε ραγδαία αύξηση των μετακινήσεων με

αυτοκίνητο, αυτό θα έχει ως πιθανό αποτέλεσμα την απελευθέρωση δημόσιου χώρου με προοπτική για την αναβάθμιση του περιβάλλοντος στις οδούς και την αξιοποίηση για στις (π.χ. δίκτυα ήπιας μετακίνησης, φυτεύσεις, γραμμικά πάρκα κλπ.). Κατά τη γνώμη στις, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;

Πίνακας 22. 2<sup>ος</sup> Γύρος- Ερώτηση 2

| 2 <sup>ος</sup> Γύρος | ΕΡΩΤΗΣΗ 2 | ΣΚΟΡ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|-----------------------|-----------|------|---------|
| 1.Εύκολο (4)          |           |      |         |
| 2.Σχετικά Δύσκολο (3) | 2         | 6    | 20%     |
| 3.Δύσκολο (2)         | 8         | 16   | 80%     |
| 4.Πολύ Δύσκολο (1)    |           |      |         |
| ΔΕΙΚΤΕΣ               |           |      |         |
| ΔΙΑΜΕΣΟΣ              |           | 2.2  |         |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ       |           | 0.4  |         |

Στην ερώτηση 2 παρατηρήθηκε ένα μεγάλο ποσοστό ομοφωνίας στην επιλογή «δύσκολο», καθώς απορρίφθηκαν οι επιλογές «εύκολο» και «πολύ δύσκολο». Επιπλέον, δύο συμμετέχοντες συμφώνησαν με την επιλογή «σχετικά δύσκολο», όπως συνέβη και στον Ά Γύρο. Το ποσοστό σύγκλισης των απόψεων σε μία απάντηση είναι 80%, που θεωρείται αποδεκτό, οδηγώντας σε μία αρκετά μικρή τιμή τυπικής απόκλισης (0,4). Κατά αυτό τον τρόπο και τα δύο κριτήρια συναίνεσης επιβεβαιώθηκαν θεωρώντας ότι έχει επιτευχθεί μία σχετική ομοφωνία στην απόψεων.

### Ερώτηση 3

Τα αυτόνομα οχήματα Δημόσιων Συγκοινωνιών (ΔΣ) έχουν ειδικές απαιτήσεις σε υποδομές και εξοπλισμό στις οδούς για τη σωστή και ασφαλή λειτουργία στις. Έτσι, για την ενσωμάτωση στις σε ένα αστικό οδικό δίκτυο απαιτείται στρατηγικός σχεδιασμός με σαφή χρονικό ορίζοντα αλλά και δημόσιες επενδύσεις για τον ανασχεδιασμό των υποδομών και δικτύων Δημόσιων Συγκοινωνιών. Κατά τη γνώμη στις, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;

Πίνακας 23. 2<sup>ος</sup> Γύρος- Ερώτηση 3

| 2 <sup>ος</sup> Γύρος | ΕΡΩΤΗΣΗ 3 | ΣΚΟΡ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|-----------------------|-----------|------|---------|
| 1.Εύκολο (4)          | 1         | 4    | 10%     |
| 2.Σχετικά Δύσκολο (3) | 5         | 15   | 50%     |
| 3.Δύσκολο (2)         | 3         | 6    | 30%     |

|                            |   |     |     |
|----------------------------|---|-----|-----|
| 4.Πολύ Δύσκολο<br>(1)      | 1 | 1   | 10% |
| <b>ΔΕΙΚΤΕΣ</b>             |   |     |     |
| <b>ΔΙΑΜΕΣΟΣ</b>            |   | 2.6 |     |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ<br/>ΑΠΟΚΛΙΣΗ</b> |   | 0.8 |     |

Στην ερώτηση 3 παρατηρήθηκαν αρκετές αλλαγές ανάμεσα στις επιλογές τύπου κλίμακας likert. Πιο συγκεκριμένα, ένας συμμετέχοντας επέλεξε την απάντηση «εύκολο» σε αντίθεση με τον προηγούμενο γύρο που δεν την είχε επιλέξει κανένας από τους ειδικούς. Η απάντηση «σχετικά δύσκολο» επιλέχθηκε από τον ίδιο αριθμό εμπειρογνομώνων (5). Μία μονάδα αφαιρέθηκε από την επιλογή «δύσκολο» (3) και δύο από την επιλογή «πολύ δύσκολο» (1). Η διασπορά ανάμεσα στις απαντήσεις των ειδικών οδήγησαν την τιμή της τυπικής απόκλισης σε 0,8. Επιπροσθέτως, το ποσοστό συμφωνίας σε μία απάντηση είναι 50%, το οποίο παρόλο που είναι αποδεκτό είναι το μικρότερο ποσοστό αυτού του γύρου. Επομένως, και τα δύο κριτήρια συναίνεσης έχουν τηρηθεί και άρα έχει επιτευχθεί σύγκλιση απόψεων.

#### Ερώτηση 4

Τα αυτόνομα οχήματα είτε είναι δημόσια είτε ιδιωτικά θα χρειάζονται σταθμούς ανεφοδιασμού-φόρτισης-συντήρησης που μπορεί να χωροθετηθούν σε απόσταση από στις τελικούς προορισμούς των μετακινούμενων (π.χ. εκτός κεντρικών περιοχών) ή/και να συνδυαστούν με στις λειτουργίες (στις στάση εξυπηρέτησης επιβατών σε πλατφόρμες συνεπιβατισμού). Έτσι προκύπτει η ανάγκη (ανα)σχεδιασμού και χωροθέτησης των σταθμών αυτών. Κατά τη γνώμη στις, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;

Πίνακας 24. 2<sup>ος</sup> Γύρος- Ερώτηση 4

| 2 <sup>ος</sup> Γύρος      | ΕΡΩΤΗΣΗ 4 | ΣΚΟΡ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|----------------------------|-----------|------|---------|
| 1.Εύκολο (4)               | 2         | 8    | 20%     |
| 2.Σχετικά Δύσκολο<br>(3)   | 7         | 21   | 70%     |
| 3.Δύσκολο (2)              | 1         | 2    | 10%     |
| 4.Πολύ Δύσκολο<br>(1)      |           |      |         |
| <b>ΔΕΙΚΤΕΣ</b>             |           |      |         |
| <b>ΔΙΑΜΕΣΟΣ</b>            |           | 3.1  |         |
| <b>ΤΥΠΙΚΗ<br/>ΑΠΟΚΛΙΣΗ</b> |           | 0.53 |         |

Στην ερώτηση 4 ο αριθμός των συμμετεχόντων που επέλεξαν την απάντηση «εύκολο» παρέμεινε ο ίδιος (2). Η απάντηση «σχετικά δύσκολο» επιλέχθηκε από περισσότερους ειδικούς (7). Λιγότεροι ειδικοί συμφώνησαν με την επιλογή «δύσκολο» μειώνοντας τον αριθμό στην μονάδα και κανένας συμμετέχων δεν επέλεξε την τέταρτη απάντηση. Το ποσοστό συμφωνίας σε μία απάντηση είναι 70% και η τιμή της τυπικής απόκλισης 0,53, τα οποία θεωρούνται αποδεκτά. Συνεπώς, επιτεύχθηκε ομοφωνία ανάμεσα στους ειδικούς σε αυτή την ερώτηση.

### Ερώτηση 5

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η τάση στα επόμενα χρόνια φαίνεται να είναι θετική στις τα ηλεκτροκίνητα αυτόνομα οχήματα για πολλούς λόγους, με συνέπεια στις αυξημένες ανάγκες για ολοκληρωμένη διαχείριση στις ηλεκτρικής ενέργειας: Για την κάλυψη των αναγκών που θα προκύψουν πιθανώς να απαιτηθούν αναβαθμίσεις στο υφιστάμενο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας στις πόλεις αλλά και νέες «έξυπνες» υποδομές ενέργειας ώστε να υπάρχει επαρκής κάλυψη των αναγκών, ιδιαίτερα σε περιόδους αιχμής στις ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια. Κατά τη γνώμη στις, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;

Πίνακας 25. 2<sup>ος</sup> Γύρος- Ερώτηση 5

| 2 <sup>ος</sup> Γύρος | ΕΡΩΤΗΣΗ 5 | ΣΚΟΡ | ΠΟΣΟΣΤΟ |
|-----------------------|-----------|------|---------|
| 1.Εύκολο (4)          |           |      |         |
| 2.Σχετικά Δύσκολο (3) | 6         | 18   | 60%     |
| 3.Δύσκολο (2)         | 4         | 8    | 40%     |
| 4.Πολύ Δύσκολο (1)    |           |      |         |
| ΔΕΙΚΤΕΣ               |           |      |         |
| ΔΙΑΜΕΣΟΣ              |           | 2.6  |         |
| ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ       |           | 0.49 |         |

Στην ερώτηση 5 τα δεδομένα του Α Γύρου διαφέρουν αρκετά συγκριτικά με αυτά του Β Γύρου. Πιο αναλυτικά, ο αριθμός συμμετεχόντων που επέλεξαν την απάντηση «σχετικά δύσκολο» αυξήθηκε κατά 1 μονάδα (6). Η επιλογή «δύσκολο» διατηρήθηκε από των ίδιων αριθμό ειδικών και στον Β Γύρο. Οι επιλογές «εύκολο» και «πολύ δύσκολο» δεν επιλέχθηκαν από κανέναν ειδικό σε αντίθεση με τον Α Γύρου που είχαν επιλεχθεί συνολικά από 3 ερωτηθέντες. Σύμφωνα με τα νέα δεδομένα, το ποσοστό συμφωνίας σε μία απάντηση είναι 60% και η τυπική απόκλιση 0,49 που θεωρούνται αποδεκτά. Δεδομένου ότι έχουν τηρηθεί και τα δύο κριτήρια συναίνεσης έχει επιτευχθεί ομοφωνία.

### 7.4.3 Θεματική ανάλυση του 'Β Γύρου Ερωτηματολογίου

Σε αυτό το στάδιο της μελέτης ο ερευνητής αφού σύλλεξε έναν ικανοποιητικό αριθμό απαντήσεων (10) προχώρησε στην ανάλυση των δεδομένων. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στον Β' Γύρο (Παράρτημα 10.3) αναλύθηκαν με δύο τρόπους, μέσω της στατιστικής και θεματικής ανάλυσης. Η θεματική ανάλυση εφαρμόστηκε στις αιτιολογήσεις των επιλογών των ειδικών. Πιο αναλυτικά, απαντώντας στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου οι εμπειρογνώμονες είχαν την δυνατότητα να επεξηγήσουν τις επιλογές τους. Έπειτα ο ερευνητής αποκωδικοποίησε τις απαντήσεις του ακολουθώντας τα βήματα των Braun & Clarke (2006).

#### 7.4.3.1 1<sup>η</sup> Θεματική: Υποδομές Οδικού Δικτύου

Τα ερευνητικά ερωτήματα αποτέλεσαν τον άξονα για την δόμηση του ερωτηματολογίου. Βασικός παράγοντας του υπό μελέτη θέματος περιγράφεται στην 1<sup>η</sup> θεματική που σχετίζεται με τις υποδομές του οδικού δικτύου (Α). Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι για την ομαλή και αποτελεσματική ένταξη των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο είναι αναγκαίο να διαμορφωθεί καταλλήλως το οδικό δίκτυο. Για τον λόγο αυτό, ο ερευνητής ένταξε στο ερωτηματολόγιο Β' Γύρου τρεις ερωτήσεις (πίνακας 5) μέσω των οποίων διερευνάται εις βάθος αυτός ο βασικός θεματικός άξονας. Το κεφάλαιο αυτό επικεντρώνεται στις απαντήσεις που δόθηκαν ως επεξήγηση της επιλογής στην απάντηση τύπου likert.

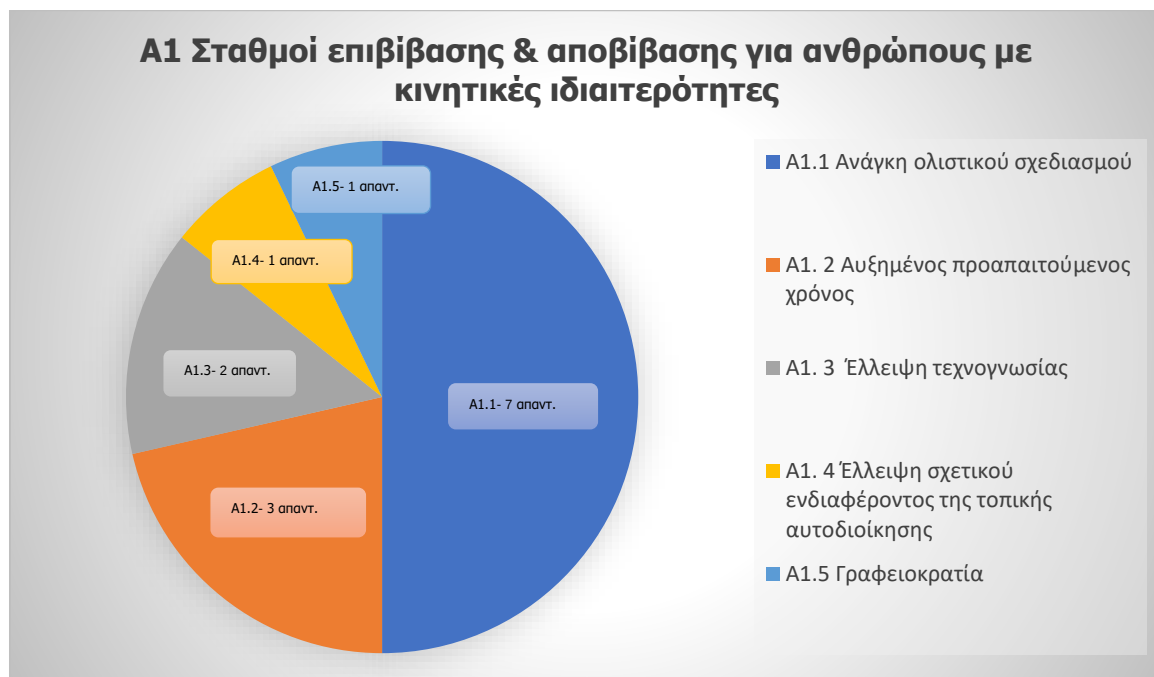
#### **A1 Σταθμοί επιβίβασης & αποβίβασης για ανθρώπους με κινητικές ιδιαιτερότητες**

Η 1<sup>η</sup> ερώτηση του ερωτηματολογίου του Β' Γύρου αφορά την αναγκαιότητα σχεδιασμού κατάλληλων σταθμών επιβίβασης και αποβίβασης για ανθρώπους με κινητικές ιδιαιτερότητες που αποτελεί και την 1<sup>η</sup> κατηγορία (Α1) του θέματος (Α). Οι συμμετέχοντες καλούνταν να επιλέξουν ανάμεσα στις τέσσερις επιλογές: Εύκολο, σχετικά δύσκολο, δύσκολο και πολύ δύσκολο και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Από την αποκωδικοποίηση και ομαδοποίηση των δεδομένων προέκυψαν πέντε κωδικοί/ιδέες. Οι κωδικοί που συμπεριλαμβάνονται στην κατηγορία Α1 μέσω της διαδικασίας επεξεργασίας δεδομένων όπως ορίζεται για την θεματική ανάλυση είναι οι εξής:

1. Ανάγκη ολιστικού σχεδιασμού (Α1.1)
2. Αυξημένος προαπαιτούμενος χρόνος (Α1.2)
3. Έλλειψη τεχνογνωσίας (Α1.3)
4. Έλλειψη σχετικού ενδιαφέροντος της τοπικής αυτοδιοίκησης (Α1.4)
5. Γραφειοκρατία (Α1.5)

Σημαντική παρατήρηση αποτελεί το γεγονός ότι οι συμμετέχοντες δεν περιορίστηκαν αναφέροντας έναν μόνο παράγοντα αλλά σε περισσότερους παράγοντες που διαμόρφωσαν την επιλογή τους στην απάντησή τους. Έτσι προκύπτει ότι ένας κωδικός μπορεί να έχει χρησιμοποιηθεί από παραπάνω από έναν συμμετέχοντες. Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζονται συνολικά οι πέντε κωδικοί της κατηγορίας Α1, ώστε να είναι ευκρινές σε μορφή ποσοστού επί τις εκατό ο αριθμός των συμμετεχόντων που επέλεξαν τον κάθε κωδικό ως αιτιολόγηση της επιλογής απάντησης likert.

Πίνακας 26. Α1 Σταθμοί επιβίβασης & αποβίβασης για ανθρώπους με κινητικές ιδιαιτερότητες



Το μεγαλύτερο ποσοστό που αντιπροσωπεύει μία από τις πέντε ιδέες είναι ο κωδικός Α1.1 που επιλέχθηκε από 7/10 συμμετέχοντες. Λαμβάνοντας υπόψιν την ερώτηση οι συμμετέχοντες απάντησαν ότι συγκεκριμένα στην πόλη του Βόλου είναι αναγκαία η αναδιαμόρφωση του οδικού δικτύου ώστε να είναι τα Α.Ο. προσβάσιμα από όλους τους πολίτες. Η πλειοψηφία των ερωτηθέντων συμφώνησε ότι ένα τέτοιο εγχείρημα θα ήταν δύσκολο. Στα πλαίσια ανασχεδιασμού του οδικού δικτύου της πόλης δύο συμμετέχοντες θεώρησαν ότι αν και αναγκαίο είναι δύσκολο έως πολύ δύσκολο να πραγματοποιηθεί δεδομένου του ιδιαίτερου αστικού δικτύου του Βόλου με την πυκνοκατοικημένη δόμηση και τις πολλές διασταυρώσεις. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η απάντηση ενός από τους ειδικούς, ο οποίος θεωρεί ότι απαραίτητο βήμα αποτελεί η διαμόρφωση του ευρύτερου αστικού δικτύου, το οποίο λόγω του μεγέθους της πόλης θεωρήθηκε σχετικά δύσκολο.

*«Η πόλη του Βόλου έχει ένα αρκετά πυκνά δομημένο περιβάλλον, γεγονός που κάνει δύσκολη την κατασκευή, έστω και μικρών, σημειακών, υποδομών.»*

## Συμμετέχων 1

Η επόμενη ιδέα που αναφέρθηκε από 3/10 συμμετέχοντες σχετίζεται με τον αυξημένο προαπαιτούμενο χρόνο (A1.2) για την ολοκλήρωση του σχεδιασμού και διαμόρφωσης του οδικού δικτύου της πόλης. Ο κωδικός A1.2 αναφέρεται συνδυαστικά από έναν συμμετέχοντα με την γραφειοκρατία η οποία αποτελεί τον τελευταίο κωδικό της κατηγορίας, ενώ και οι δύο συμμετέχοντες, ανάμεσα στις απαντήσεις τύπου likert, επέλεξαν ότι λόγω των μεγάλων χρονικών διαστημάτων ο στόχος είναι σχετικά δύσκολο να επιτευχθεί.

*«Η μερική δυσκολία έγκειται στη γραφειοκρατία αλλά και τα μεγάλα χρονικά διαστήματα που προκύπτουν από αυτήν.»*

## Συμμετέχων 6

Ο 3<sup>ος</sup> κωδικός της κατηγορίας είναι η ελλιπής τεχνογνωσία (A1.3). Ο κωδικός A1.3 σημειώθηκε ως παράγοντας που καθιστά δύσκολη τη διαμόρφωση του οδικού δικτύου για να εξυπηρετούνται άτομα με κινητικές δυσκολίες χρησιμοποιώντας τα Α.Ο.. Ένας από τους δύο συμμετέχοντες που ανέφερε τον κωδικό A1.3, συμπεριέλαβε στην απάντησή του και τον κωδικό A1.1. Ως αποτέλεσμα, ο συγκεκριμένος ειδικός συσχέτισε την δυσκολία στην ολοκλήρωση του σχεδιασμού του οδικού δικτύου αφενός λόγω της ανάγκης αναβάθμισης του ευρύτερου αστικού σχεδιασμού αφετέρου λόγω της ελλιπής γνώσης των ενδιαφερόμενων για τα αυτόνομα οχήματα.

*«Απαιτείται ολιστικός σχεδιασμός/ λίγη γνώση έως τώρα για τα αυτόνομα.»*

## Συμμετέχων 1

Ακολουθεί ο κωδικός A1.4 ο οποίος σχετίζεται με το ελλιπές ενδιαφέρον ως προς το συγκεκριμένο ζήτημα τόσο από τους φορείς αυτοδιοίκησης του Βόλου όσο και από τους ίδιους τους πολίτες της πόλης, οι οποίοι κατά τον ειδικό αντικατοπτρίζοντας την κοινωνία εκφράζουν φόβο ως προς το καινούργιο. Η απάντηση αυτή δόθηκε από έναν ειδικό, ο οποίος θεώρησε ότι είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί έγκαιρα αυτή η δράση.

*«Αρνητική συγκυρία συγκριτικής έλλειψης σχετικού ενδιαφέροντος από τους φορείς αυτοδιοίκησης του Βόλου,[...] έλλειψη συλλογικής συνείδησης από μέρους της πλειοψηφίας των πολιτών του Βόλου, σχετικός φόβος του μεγαλύτερου μέρους της τοπικής κοινωνίας για κάθε νέο ή καινούργιο στοιχείο που θα μπει στη ζωή της.»*

## Συμμετέχων 7

Τέλος, η γραφειοκρατία αποτελεί τον 5<sup>ο</sup> και τελευταίο κωδικό της κατηγορίας (A1.5). Ο κωδικός A1.5 αποτέλεσε την αιτιολογία της επιλογής ως σχετικά δύσκολο του ενός από τους δέκα συμμετέχοντες. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η γραφειοκρατία σχετίστηκε με τον μεγάλο προαπαιτούμενο χρόνο τέτοιου είδους εγχειρημάτων. Ωστόσο, σύμφωνα με τον συγκεκριμένο ειδικό, για την υλοποίηση του στόχου το υπό εξέταση ζήτημα πρέπει να ενταχθεί στο Σχέδιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ), το οποίο βρίσκεται υπό εξέλιξη.

*«Η μερική δυσκολία έγκειται στη γραφειοκρατία αλλά και τα μεγάλα χρονικά διαστήματα που προκύπτουν από αυτήν. Προκειμένου να είναι εφικτή η έγκαιρη υλοποίηση του στόχου, τα αυτόνομα οχήματα και οι υποδομές πρέπει να ενταχθούν στο ΣΒΑΚ το οποίο είναι σε εξέλιξη.»*

Συμμετέχων 1

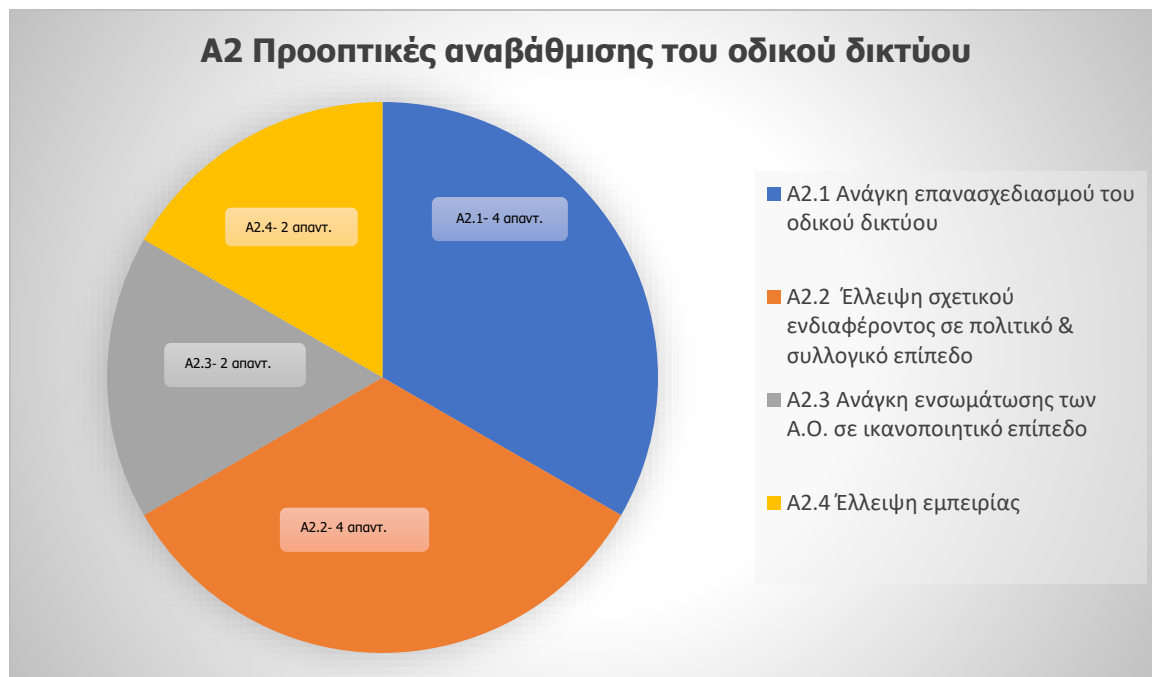
## **A2 Προοπτικές αναβάθμισης του οδικού δικτύου**

Η δεύτερη ερώτηση του ερωτηματολογίου του Β' Γύρου επικεντρώνεται στις θετικές επιπτώσεις της ένταξης των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο. Ένα από τα αποτελέσματα μιας τέτοιας καινοτομίας θα είναι και η απελευθέρωση δημόσιου χώρου με προοπτική αναβάθμισης και αξιοποίησής του για άλλους σκοπούς. Η ένταξη των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο έχει θετικά αποτελέσματα στην διαχείριση του χώρου όπως αυτά περιγράφονται στο κεφάλαιο 4.1. Η ερώτηση που τέθηκε στους ειδικούς ήταν πόσο δύσκολο είναι να πραγματοποιηθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι ανάλογες επεμβάσεις. Οι αιτιολογήσεις των απαντήσεων που έδωσαν οι συμμετέχοντες ομαδοποιήθηκαν σε τέσσερις κωδικούς όπως αναφέρονται παρακάτω:

1. Ανάγκη επανασχεδιασμού του οδικού δικτύου (A2.1)
2. Έλλειψη σχετικού ενδιαφέροντος σε πολιτικό & συλλογικό επίπεδο (A2.2)
3. Ανάγκη ενσωμάτωσης των Α.Ο. σε ικανοποιητικό επίπεδο (A2.3)
4. Έλλειψη εμπειρίας (A2.4)

Η κατηγορία A2 απαρτίζεται από τέσσερις κωδικούς. Η σχέση αυτή φαίνεται στην παρακάτω πίνα, ενώ οι επιμέρους κωδικοί παρουσιάζονται με τη μορφή ποσοστού επί τις εκατό. Και σε αυτή τη κατηγορία όπως και στην προηγούμενη, οι συμμετέχοντες μπορούσαν να αναφερθούν σε παραπάνω από έναν κωδικούς στην αιτιολόγησή τους.

Πίνακας 27. Α2 Προοπτικές αναβάθμισης του οδικού δικτύου



Ο πρώτος κωδικός A2.1 αφορά την ανάγκη επανασχεδιασμού του οδικού δικτύου. Τέσσερις στους δέκα συμμετέχοντες ανέφεραν πως είναι σχετικά δύσκολο έως δύσκολο να χρησιμοποιηθεί ο χώρος που απελευθερώνεται μέσω της μαζικής χρήσης των Α.Ο. για άλλους σκοπούς όπως είναι οι χώροι αναψυχής. Τοποθέτησαν αυτή τη δυσκολία στην ανάγκη αναδιαμόρφωσης του οδικού δικτύου. Ένας από τους συμμετέχοντες θεώρησε ότι ένα τέτοιο εγχείρημα δεν θα συναντήσει ιδιαίτερα προβλήματα μιας και έχει αρχίσει να αποτελεί τάση στον αστικό σχεδιασμό. Ο κωδικός αυτός σχετίζεται με τον κωδικό A1.1 της προηγούμενης κατηγορίας.

*«Έλλειψη επανασχεδιασμού και προσαρμοστικότητας σχεδιασμού/ υπηρεσιών κλπ.»*

#### Συμμετέχων 1

Ο ίδιος αριθμός ειδικών αναφέρθηκε και στον επόμενο κωδικό A2.2 που σχετίζεται με την έλλειψη ενδιαφέροντος. Σύμφωνα με τις απαντήσεις τους η βιώσιμη αστική ανάπτυξη δεν αποτελεί προτεραιότητα τόσο σε πολιτικό επίπεδο όσο και σε ατομικό. Η σχετική απουσία ενδιαφέροντος των φορέων και των πολιτών αποτέλεσε κωδικό και στην κατηγορία A1. Σε αντίθεση με τους 4 ειδικούς που ανέφεραν τον κωδικό A2.2 ως πρόβλημα, ένας συμμετέχων ανέφερε πως μία τέτοια αλλαγή στον δημόσιο χώρο γίνεται ολοένα και πιο επιθυμητή από την ευρύτερη κοινωνία.

*«Είναι και ζήτημα φορέων όπως πχ Δήμων»*

#### Συμμετέχων 3

*«Ο ντόπιος οδηγός θέλει να έχει τον απόλυτο έλεγχο της οδήγησής του και αντιτίθεται σε μέτρα συλλογικής εφαρμογής.»*

Συμμετέχων 9

*«[...] αυτή καθίσταται ολοένα και περισσότερο τάση στον αστικό σχεδιασμό (βλ. Μεγάλος περίπατος στην Αθήνα) και γίνεται ιδιαίτερα επιθυμητή από σημαντικό ποσοστό της κοινωνίας. Συνεπώς η μετατροπή τμήματος του οδικού χώρου σε χώρο ήπιας κινητικότητας ή αναψυχής δεν αναμένεται να συναντήσει σημαντικές δυσκολίες.»*

Συμμετέχων 5

Ο κωδικός Α2.3 στηρίζεται στο περιορισμένο βαθμό ένταξης των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο της Ελλάδας γενικότερα και του Βόλου ειδικότερα. Δύο από τους δέκα συμμετέχοντες ισχυρίζονται ότι η αξιοποίηση του ελεύθερου χώρου για άλλους σκοπούς συναντά δυσκολίες εξαιτίας της ελλιπούς υιοθέτησης των Α.Ο..

*«[...] αν η υιοθέτηση των αυτόνομων οχημάτων αγγίζει ένα ικανοποιητικό επίπεδο».*

Συμμετέχων 7

Ο ίδιος αριθμός συμμετεχόντων υποστήριξε και το γεγονός ότι δεν υπάρχει η επιθυμητή ικανότητα σχεδιασμού ή και εμπειρίας ώστε να αξιοποιηθεί ο χώρος καταλλήλως. Έτσι, ο τελευταίος κωδικός της κατηγορίας αφορά την απουσία σχετικής τεχνογνωσίας επί του θέματος αποτελώντας των κωδικό Α2.4.

*«Απαιτείται ολοκληρωμένος στρατηγικός σχεδιασμός, στον οποίο δεν υπάρχει αρκετή εμπειρία.»*

Συμμετέχων 4

### **A3 Ενσωμάτωση των Α.Ο. στο σύστημα Δ.Σ.**

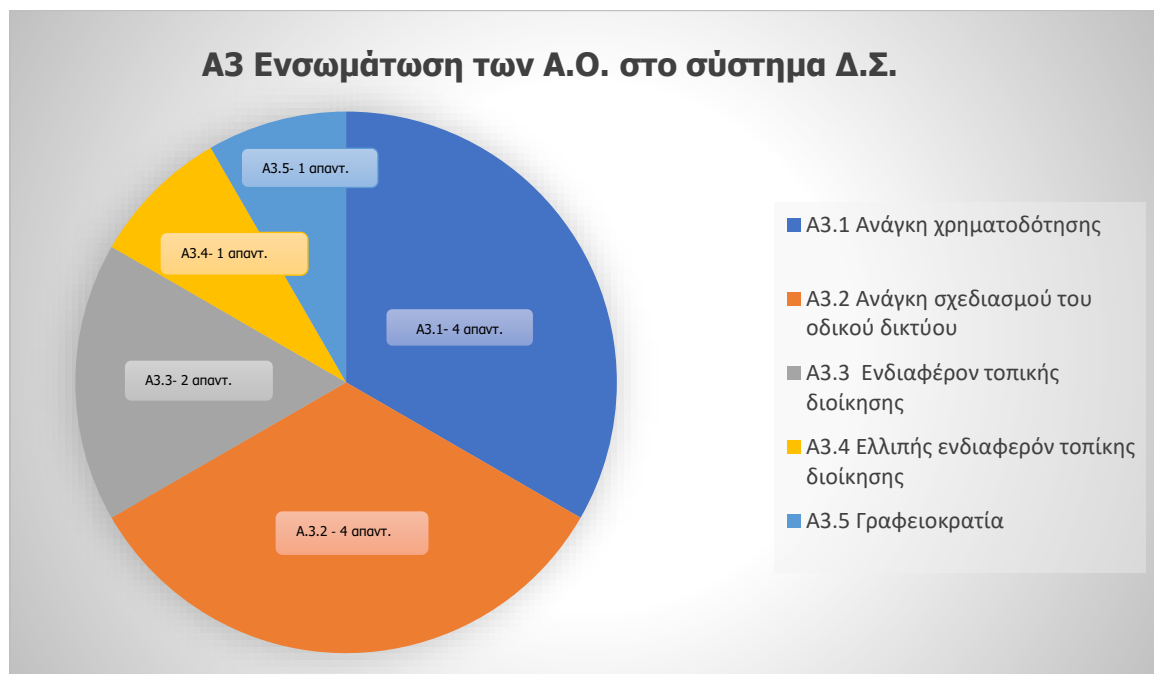
Οι δύο πρώτες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου του Β' Γύρου αφορούσαν την αναδιαμόρφωση του οδικού δικτύου ώστε να ενταχθούν τα Α.Ο. και την διαχείρισή του λόγω της απελευθέρωσης χώρου που προκύπτει από την ένταξή τους. Η τρίτη ερώτηση επικεντρώνεται στο σύστημα Δημόσιων Συγκοινωνιών (Δ.Σ.) και πως το δίκτυό του χρήζει ανασχεδιασμό για την αποτελεσματική ενσωμάτωση των Α.Ο.. Η τρίτη κατηγορία αυτής της θεματικής είναι η ενσωμάτωση των Α.Ο. στο σύστημα Δημόσιων Συγκοινωνιών (A3) και σχετίζεται με το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα του τέθηκε στον Κεφάλαιο 1 και αναφέρεται στις πιθανές δυσκολίες που μπορεί να παρουσιαστούν όσον αφορά την ενσωμάτωση των Α.Ο. στο Δ.Σ.. Για την κατηγορία A3 οι συμμετέχοντες επέλεξαν και τις 4 πιθανές απαντήσεις τύπου likert. Από την επεξεργασία

και αποκωδικοποίηση των απαντήσεων των ειδικών τα δεδομένα ομαδοποιήθηκαν στους εξής πέντε κωδικούς:

1. Ανάγκη χρηματοδότησης (A3.1)
2. Ανάγκη σχεδιασμού του οδικού δικτύου (A3.2)
3. Ενδιαφέρον της τοπικής διοίκησης (A3.3)
4. Ελλιπής ενδιαφέρον της τοπικής διοίκησης (A3.4)
5. Γραφειοκρατία (A3.5)

Οι έξι κωδικοί παρουσιάζονται σε μορφή πίτας στο παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνοντας το ποσοστό επί τις εκατό των συμμετεχόντων που μοιράστηκαν την ίδια ιδέα.

Πίνακας 28. A3 Ενσωμάτωση των Α.Ο. στο σύστημα Δ.Σ.



Ένας μεγάλο ποσοστό των συμμετεχόντων αναφέρθηκε στην ανάγκη εύρεσης χρηματικών πόρων ως ένα από τα βασικά εμπόδια στην πραγματοποίησή του. Έτσι η ανάγκη χρηματοδότησης αποτελεί τον πρώτο κωδικό (A3.1) της κατηγορίας A3. Ένας από τους τέσσερις συμμετέχοντες που χρησιμοποίησαν τον κωδικό A3.1 ανάμεσα στις 4 επιλογές τύπου likert, επέλεξε το «εύκολο». Ωστόσο, δεν προχώρησε σε περαιτέρω αιτιολόγηση της απάντησής του. Αντιθέτως, οι υπόλοιποι τρεις ειδικοί που αναφέρθηκαν στον κωδικό A3.1 θεώρησαν ότι η διάθεση επαρκών κονδυλίων, η οποία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό τόσο από την εθνική όσο και την ευρωπαϊκή πολιτική, καθιστά δύσκολη ή σχετικά δύσκολη μία τέτοια προσπάθεια.

*«Εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την εθνική στρατηγική και την Ευρωπαϊκή πολιτική. Λογικά θα υπάρξουν προγράμματα, χρηματοδοτικά εργαλεία [...]»*

## Συμμετέχων 3

Το ίδιο ποσοστό αναφέρθηκε και στην αναγκαιότητα ανασχεδιασμού του οδικού δικτύου αποτελώντας τον κωδικό A3.2. Φυσικά όπως και στις προηγούμενες δύο κατηγορίες, οι συμμετέχοντες θεωρούν ότι για την ένταξη των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο του Βόλο χρειάζεται αναδιαμόρφωσή του. Έτσι και στην περίπτωση του δικτύου των Δημόσιων Συγκοινωνιών απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η επανεξέταση του υπάρχοντος οδικού δικτύου, το οποίο σχεδόν από την πλειοψηφία δημιουργεί πρόβλημα στην ένταξη των Α.Ο. στο σύστημα Δ.Σ.. Ενδιαφέρον έχει ο συνδυασμός στην επιλογή της απάντησης τύπου likert και της χρήσης του κωδικού A3.2. Όσον αφορά τις πρώτες ποικίλουν, αφού αποτελούνται από τις επιλογές σχετικά δύσκολο, δύσκολο και πολύ δύσκολο. Ξεκινώντας με την επιλογή σχετικά δύσκολο, ένας συμμετέχων αναφέρει ότι η ένταξη και η κυκλοφορία Α.Ο. ως δημόσια μέσα μεταφοράς θα καταστεί σχετικά εύκολο εφόσον αρχικά πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες παρεμβάσεις για τα ιδιωτικά και κοινόχρηστα Α.Ο..

*«Με την υλοποίηση των παρεμβάσεων για τα αυτόνομα ιδιωτικά /κοινόχρηστα οχήματα θα καταστεί δυνατή και η κυκλοφορία των δημοσίων μέσων.»*

## Συμμετέχων 4

Ένας άλλος ειδικός χρησιμοποίησε τον κωδικό A3.3 συνδυαστικά με την απάντηση likert «δύσκολο», αιτιολογώντας την επιλογή του με τον ισχυρισμό ότι υπάρχει αδυναμία και καθυστερήσεις στον σχεδιασμό του οδικού δικτύου.

*«Ξεκινώντας από τις καθυστερήσεις στο σχεδιασμό [...]και καταλήγοντας στην αδυναμία στρατηγικού σχεδιασμού διαχρονικά σε τοπικό επίπεδο, εκτιμώ ότι θα είναι δύσκολο να επιτευχθεί κάτι τέτοιο.»*

## Συμμετέχων 9

Ως πολύ δύσκολο χαρακτήρισε ένας άλλος ειδικός τον ανασχεδιασμό του οδικού δικτύου ώστε να ενταχθούν τα Α.Ο. στο σύστημα Δ.Σ., αναφέροντας πως απλούστερες περιπτώσεις δεν είχαν επιτυχία σε εθνικό επίπεδο.

*«Θα ήταν δύσκολο στις περισσότερες ελληνικές πόλεις, όπως και στον Βόλο, βάσει και απλούστερων περιπτώσεων του παρελθόντος στον τομέα της αστικής κινητικότητας, και ειδικά σε όρους προσβασιμότητας, στην Ελλάδα»*

## Συμμετέχων 2

Το ενδιαφέρον της τοπικής αυτοδιοίκησης αναφέρθηκε από τους συμμετέχοντες ως παράγοντας που επηρεάζει τον βαθμό επίτευξης της κατηγορίας Α3, αποτελώντας τους επόμενους δύο κωδικούς Α3.3 και Α3.4. Ο τρόπος που χρησιμοποιήθηκε εκφράζει μία αντίθεση απόψεων αφού ορισμένοι ισχυρίζονται ότι υπάρχει επαρκές ενδιαφέρον από το Δ.Σ. του Βόλου (Α3.3), ενώ άλλοι διαφωνούν υποστηρίζοντας ότι οι τοπικοί πολιτικοί φορείς δεν δίνουν στο θέμα την έμφαση που του αρμόζει (Α3.4). Και οι τρεις συμμετέχοντες συνδύασαν τους κωδικούς Α3.3 και Α3.4 με την επιλογή τύπου likert «σχετικά δύσκολο».

Πιο συγκεκριμένα, δύο από τους δέκα ερωτηθέντες ισχυρίστηκαν ότι υπάρχει σχετικό ενδιαφέρον σε επίπεδο τοπικό (Α3.3) αφού οι τοπικές αρχές της πόλης κατευθύνονται προς αυτή την κατεύθυνση.

*«Το σύστημα ΔΣ του Βόλου έχει εξορθολογιστεί και αναβαθμιστεί σε σημαντικό βαθμό τα τελευταία χρόνια. Αυτό υποδεικνύει ότι υφίστανται σε συγκεκριμένο βαθμό η υποδομή και οι δεξιότητες για περαιτέρω αναβάθμιση του σε ένα στόλο αυτόνομων οχημάτων.»*

Συμμετέχων 7

Αντιθέτως, ένας συμμετέχων τον χρησιμοποίησε τονίζοντας την αρνητική στάση των τοπικών αρχών της πόλης σχετικά με τέτοιου είδους καινοτομίες συγκριτικά με άλλες πόλεις (Α3.4).

*« Όμως οι τοπικοί φορείς που έχουν ήδη την καινοτομία ψηλά στις προτεραιότητές τους θα αξιοποιήσουν πιο εύκολα τις ευκαιρίες. Αυτό δεν φαίνεται να συμβαίνει στην περίπτωση των ΔΣ του Βόλου.»*

Συμμετέχων 4

Η γραφειοκρατία αναφέρθηκε και σε αυτή την ερώτηση, με σκοπό να αιτιολογηθεί η σχετική δυσκολία που μπορεί να κατευθύνει αυτή τη προσπάθεια. Ο συμμετέχων που ανέφερε το ζήτημα της γραφειοκρατίας υποστήριξε βέβαια ότι το γενικότερο θέμα των Α.Ο. πρέπει να ενταχθεί στο ΣΒΑΚ που βρίσκεται υπό εξέλιξη.

*«Η μερική δυσκολία έγκειται στη γραφειοκρατία. Προκειμένου να είναι εφικτή η έγκαιρη υλοποίηση του στόχου, τα αυτόνομα οχήματα και οι υποδομές πρέπει να ενταχθούν στο ΣΒΑΚ το οποίο είναι σε εξέλιξη.»*

Συμμετέχων 6

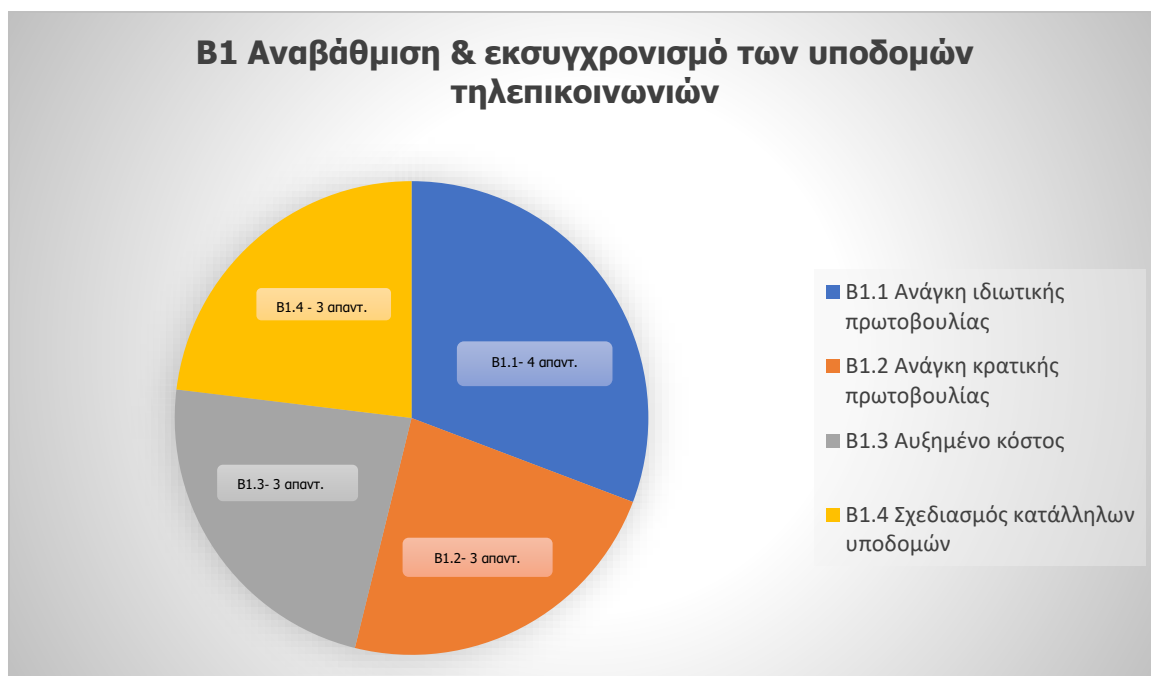
#### 7.4.3.2 2η Θεματική: Υποδομές Τηλεπικοινωνιών

Το κεφάλαιο 3.5 με τίτλο «Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών των Αυτόνομων Οδικών Οχημάτων» περιγράφει αναλυτικά τον τρόπο λειτουργίας και επικοινωνίας των Α.Ο. τόσο αναμεταξύ τους

όσο και με το περιβάλλον τους. Έτσι απαραίτητη προϋπόθεση για την ομαλή λειτουργία των Α.Ο. αποτελεί η επικοινωνία που βασίζεται στην ασύρματη επικοινωνία και τους αισθητήρες. Το σύνολο αυτών των καινοτόμων τεχνολογιών συγκροτούν τον δεύτερο θεματικό άξονα (Β) του ερωτηματολογίου του Β'. Το θέμα Β, δηλαδή οι υποδομές τηλεπικοινωνιών των Α.Ο. σχετίζεται με το προηγούμενο θέμα Α, αλλά επικεντρώνεται σε μία άλλη παράμετρο και απαντά στο υποερώτημα «Ποιες αλλαγές θα πρέπει να γίνουν στις υποδομές του δικτύου τηλεπικοινωνιών προκειμένου να υπάρχει ανταλλαγή δεδομένων των οχημάτων και των αισθητήρων μεταξύ τους;». Το ερωτηματολόγιο του Β' Γύρου αναφέρεται στο εν λόγω θέμα και καλεί τους συμμετέχοντες να το εξετάσουν μέσα από την τέταρτη ερώτηση. Η ερώτηση αυτή αποτελεί την κατηγορία Β1 που περιγράφει την αναγκαιότητα αναβάθμισης και εκσυγχρονισμού των υποδομών τηλεπικοινωνίας, για να διασφαλιστεί η αποτελεσματική λειτουργία της συνδεδεμένης και αυτοματοποιημένης κινητικότητας μέσω των Α.Ο.. Από τις απαντήσεις των ειδικών δημιουργήθηκαν οι παρακάτω κωδικοί:

1. Ανάγκη ιδιωτικής πρωτοβουλίας (Β1.1)
2. Ανάγκη κρατικής πρωτοβουλίας (Β1.2)
3. Αυξημένο κόστος (Β1.3)
4. Σχεδιασμός κατάλληλων υποδομών (Β1.4)

Πίνακας 29. Β1 Αναβάθμιση & εκσυγχρονισμό των υποδομών τηλεπικοινωνιών



Η πλειοψηφία των ερωτηθέντων αιτιολόγησαν την επιλογή στην απάντηση κλίμακας likert επιχειρηματολογώντας υπέρ της αναγκαιότητας ιδιωτικών πρωτοβουλιών, που αποτελεί τον πρώτο κωδικό (Β1.1) της κατηγορίας Β1. Βέβαια, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι επιλογές

κλίμακας likert ποικίλουν καθώς ορισμένοι θεωρούν ότι ο κωδικός B1.1 καθιστά ευκολότερη ή αποτελεί εμπόδιο στην αναβάθμιση του δικτύου τηλεπικοινωνιών. Αναλυτικότερα, ένας από τους συμμετέχοντες θεώρησε εύκολη την αναβάθμιση και τον εκσυγχρονισμό του δικτύου τηλεπικοινωνιών αφού εξαρτάται αφού ιδιωτικές χρηματοδοτήσεις.

*«Ιδιωτική πρωτοβουλία»*

Συμμετέχων 1

Ένας άλλος ειδικός αναφέρει ότι είναι σχετικά δύσκολο να υλοποιηθεί αυτή η παρέμβαση καθώς εξαρτάται τόσο από τους ιδιωτικούς όσο και από τους κρατικούς φορείς. Επίσης, ο ίδιος αναφέρει ότι η πρωτοβουλία αυτή υποστηρίζεται από μία γενικότερη τάση αναβάθμισης των δικτύων τηλεπικοινωνιών.

*«Απαιτείται γενικότερη επένδυση και επέμβαση για την επίτευξη αυτού του στόχου είτε από ιδιωτικούς είτε από κρατικούς φορείς, η οποία όμως θα υποστηριχθεί από τη γενικότερη στρατηγική αναβάθμισης των δικτύων τηλεπικοινωνιών και την επίτευξη των στόχων για το 5G.»*

Συμμετέχων 4

Σχετικά με τον κωδικό B1.1 ένας άλλος εμπειρογνώμων υποστηρίζει ότι είναι δύσκολη η πραγματοποίηση του εγχειρήματος αφού οι τηλεπικοινωνιακές υποδομές στην χώρα και άρα και στον Βόλο είναι ιδιωτικές και δεδομένων των μεγάλων επενδύσεων που έγιναν στο παρελθόν δεν υπάρχει προοπτική για νέα κονδύλια στο άμεσο μέλλον.

*«Με δεδομένο ότι ό τηλεπικοινωνιακές υποδομές στη χώρα είναι εξ ολοκλήρου ιδιωτικές και πρόσφατα έχουν κάνει μεγάλες επενδύσεις για την (σχετική) αναβάθμιση των δικτύων τους, καθιστά απίθανη την προοπτική για νέες επενδύσεις βραχυπρόθεσμα.»*

Συμμετέχων 9

Αντιθέτως, τρεις από τους δέκα συμμετέχοντες θεωρούν ότι είναι απαραίτητη η κρατική πρωτοβουλία (B1.2) για την επιτυχημένη ολοκλήρωση της παρέμβασης. Όπως αναφέρθηκε και στον κωδικό B1.1 από τον συμμετέχοντα 3, σε κάποιες περιπτώσεις η κρατική πρωτοβουλία χρησιμοποιείται συνδυαστικά με την κρατική δράση και επιχορήγηση.

*«Η αναβάθμιση των τηλεπικοινωνιακών υποδομών (π.χ. για τη δημιουργία δικτύων 5G) αποτελεί έναν από τους στόχους του Ταμείου Ανάκαμψης.»*

Συμμετέχων 4

Ο τρίτος κωδικός αφορά το μεγάλο κόστος (B1.3) που θα χρειαστεί για την πραγματοποίηση των απαραίτητων παρεμβάσεων. Ο κωδικός B1.3 σχετίζεται με την αναγκαιότητα ιδιωτικής ή/και κρατικής πρωτοβουλίας και χρηματοδότησης.

*«Το κόστος και η τεχνική δυσκολία της επαρκούς τηλεπικοινωνιακής κάλυψης της πόλης του Βόλου μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν την καθιστούν ανέφικτη.»*

Συμμετέχων 5

Τέλος, πέρα από το κόστος τρεις από τους δέκα ειδικούς ανέφεραν πως θα πρέπει να υλοποιηθούν σημαντικές αλλαγές στο υπάρχον δίκτυο υποδομών για να είναι σε θέση να υποστηρίξει αποτελεσματική την ύπαρξη των Α.Ο.. Σύμφωνα με έναν από τους συμμετέχοντες, που επέλεξε την απάντηση «σχετικά δύσκολο», οι υποδομές τηλεπικοινωνιών του Βόλου έχουν ήδη υποστεί κάποιες αλλαγές γεγονός που προωθεί την ολοκλήρωση του προγράμματος ένταξης των Α.Ο..

*«Ο Δήμος Βόλου έχει πρόσφατα αναβαθμίσει τις υποδομές του στις τηλεπικοινωνίες και την ευρυζωνικότητα, οπότε το εγχείρημα δεν θα είναι πολύ δύσκολο.»*

Συμμετέχων 8

Παράλληλα, ένας άλλος συμμετέχων αναφέρει σχετικά με τον κωδικό B1.5, ότι ο Βόλος βρίσκεται ήδη σε διαδικασία αναβάθμισης του δικτύου τηλεπικοινωνιών του σε 5G. Συνεπώς, μία τέτοιου είδους παρέμβαση δεν χρήζει μεγάλης δυσκολίας.

*«Τα έργα αναβάθμισης δικτύου σε 5G είναι ήδη σε εξέλιξη και θα προηγηθούν των αυτόνομων οχημάτων.»*

Συμμετέχων 6

#### 7.4.3.3 3<sup>η</sup> Θεματική: Υποδομές Ηλεκτροδότησης

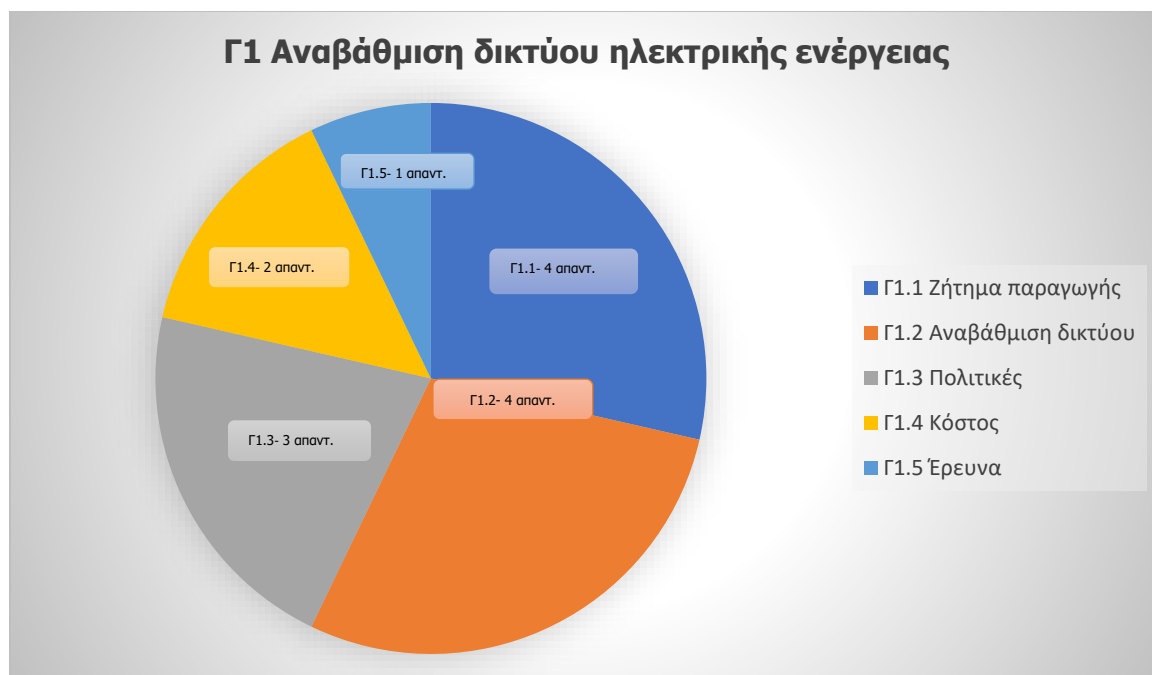
Η τρίτη και τελευταία θεματική της θεματικής ανάλυσης αφορά τις υποδομές ηλεκτροδότησης (Γ). Η συνεχώς αυξανόμενη παραγωγή και χρήση των ηλεκτρικών αυτόνομων οχημάτων δημιουργεί αλλαγές στην ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Το σύστημα PMDC που είναι τοποθετημένο στις δύο πλευρές των ηλεκτρικών Α.Ο. παρέχουν στο όχημα ηλεκτρικά ελεγχόμενη κίνηση. Για την κάλυψη των νέων αναγκών/ζήτησης που προκύπτουν από την αυξημένη χρήση ηλεκτρικών Α.Ο. θα χρειαστεί να πραγματοποιηθούν μεταρρυθμίσεις στις υποδομές του οδικού δικτύου. Ο ερευνητής στοχεύοντας στην ανάλυση και διερεύνηση των υποδομών ηλεκτροδότησης ενσωμάτωσε μία ερώτηση στο ερωτηματολόγιο Β' Γύρου. Με βάση αυτήν την ερώτηση διαμορφώθηκε και μία κατηγορία για το θέμα Γ.

## Γ1 Αναβάθμιση δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας

Παγκοσμίως υπάρχει μία γενικότερη θετική τάση προς τα ηλεκτροκίνητα Α.Ο., αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται νέες αυξημένες ανάγκες για την κατάλληλη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να καλυφθούν αποτελεσματικά οι απαιτήσεις της αγοράς. Η ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου αποσκοπεί στην διερεύνηση των αλλαγών στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να υλοποιηθούν ώστε να μην δημιουργηθεί πρόβλημα στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στα εν λόγω οχήματα. Συνεπώς, η πρώτη κατηγορία του θέματος Γ αφορά την αναγκαιότητα αναβάθμισης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας του Βόλο για να αντιμετωπιστεί καταλλήλως η ένταξη των ηλεκτρικών Α.Ο. στο οδικό δίκτυο της πόλης. Με βάση της ιδέες των ειδικών δημιουργήθηκαν οι εξής κωδικοί:

1. Ζήτημα παραγωγής (Γ1.1)
2. Αναβάθμιση δικτύου (Γ1.2)
3. Πολιτικές (Γ1.3)
4. Κόστος (Γ1.4)
5. Έρευνα (Γ1.5)

Πίνακας 30. Γ1 Αναβάθμιση δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας



Στη συζήτηση του θέματος της αυξημένης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και στην κάλυψή της, τέσσερις στους δέκα συμμετέχοντες αναφέρουν ότι προκύπτει πρόβλημα στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος ώστε να καλυφθούν οι νέες ανάγκες. Ο πρώτος κωδικός της κατηγορίας Γ1 είναι το ζήτημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τους παρόχους (Γ1.1). Οι ειδικοί που

ενστερνίστηκαν τον κωδικό Γ1.1 επέλεξαν τις επιλογές «σχετικά δύσκολο» και «δύσκολο» από τις επιλογές κλίμακας likert του ερωτηματολογίου.

*« [...] δεν ξέρουμε αν ο πάροχος μπορεί να ανταποκριθεί στις ανάγκες ρευματοδότησης σε επίπεδο παραγωγής.»*

Συμμετέχων 1

Ο δεύτερος κωδικός αφορά την ανάγκη αναβάθμισης του υπάρχοντος δικτύου (Γ1.2) και έχει διαμορφωθεί μέσα από τις απαντήσεις τεσσάρων από τους δέκα ειδικούς. Όπως είναι φυσικό, για να καλυφθούν οι ανάγκες ηλεκτροδότησης των οχημάτων που θα κινούνται στο οδικό δίκτυο, τα οποία σε αυτή τη περίπτωση θα είναι ηλεκτροκίνητα, είναι απαραίτητο να αναδιαμορφωθούν οι υποδομές του οδικού δικτύου. Η αναβάθμιση ή δημιουργία νέων υποδομών θα πρέπει να καλύπτουν ευρέως τόσο τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όσο και την αποθήκευση και αξιοποίησή της. Ένας από τους συμμετέχοντες επικεντρώθηκε στις εγκαταστάσεις φόρτισης, οι οποίες έχουν ήδη εγκατασταθεί σε αρκετά σημεία της χώρας και αναμένεται να αυξηθεί ο αριθμός του σταδιακά.

*«Η εξάπλωση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και η σχετική πολιτική της ΕΕ, θα δημιουργήσουν πιέσεις και προϋποθέσεις αναβάθμισης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.»*

Συμμετέχων 8

Ο επόμενος κωδικός (Γ1.3) της κατηγορίας σχετίζεται με την αναγκαιότητα να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα από τους φορείς εξουσίας. Σύμφωνα λοιπόν με τρεις στους δέκα συμμετέχοντες υποστηρίζουν ότι η ολοκλήρωση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να βρίσκεται στο προσκήνιο συζήτησης σε πολιτικό επίπεδο. Ένας από τους τρεις μάλιστα ανέφερε ότι υφίσταται νομοθεσία περί ηλεκτροκίνησης γεγονός που πιθανόν να δράσει θετικά στο εν λόγω εγχείρημα.

*«Χρειάζεται πολιτικό ενδιαφέρον»*

Συμμετέχων 3

*«[...] Παρόλα αυτά, η πρόσφατη νομοθεσία περί ηλεκτροκίνησης μπορεί να δράσει ως επιταχυντής.»*

Συμμετέχων 4

Το κόστος υλοποίησης τέτοιου είδους παρεμβάσεων συντελεί τον επόμενο κωδικό (Γ1.4). Δύο από τους δέκα εμπειρογνώμονες ανέφεραν ότι το υψηλό κόστος επένδυσης αποτελεί βασικό

παράγοντα στην μη πραγματοποίηση των αναγκαίων αλλαγών. Ο συγκεκριμένος κωδικός συνδυάζεται με τον κωδικό Γ1.2, αφού ο τελευταίος αποτελεί την αιτία του πρώτου, όπως αναφέρεται και παρακάτω στην αιτιολόγηση ενός από τους ειδικούς. Ωστόσο, και οι δύο συμμετέχοντες επέλεξαν την επιλογή «δύσκολο» από τις τέσσερις απαντήσεις κλίμακας τύπου likert.

*«Θεωρώ ότι θα είναι δύσκολο για τις περισσότερες ελληνικές πόλεις, όπως και για τον Βόλο, καθώς είναι μεγάλο το κόστος μιας τέτοιας επενδύσεις και λόγω των σημαντικών αλλαγών που πρέπει να γίνουν στο δίκτυο»*

Συμμετέχων 2

Τέλος, το ζήτημα των Α.Ο. είναι σχετικά νέο στο ερευνητικό πεδίο, για το λόγο αυτό χρήζει περαιτέρω έρευνας. Ένας από τους συμμετέχοντες ανέφερε την αναγκαιότητα εφαρμοσμένης έρευνας ειδικότερα όσον αφορά το δίκτυο μεταφορών-ενέργειας στην επιχειρηματολόγηση της απάντησης κλίμακας likert σχετικά δύσκολο. Συνεπώς, ο πέμπτος και τελευταίος κωδικός της κατηγορίας Γ1 είναι η αναγκαιότητα περαιτέρω έρευνας (Γ1.5).

*«Η ολοκλήρωση των δικτύων μεταφορών-ενέργειας αποτελεί αντικείμενο αιχμής τόσο σε επίπεδο πολιτικών όσο και εφαρμοσμένης έρευνας.»*

Συμμετέχων 4

#### 7.4.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ανάλυσης

Έχοντας συγκεντρώσει και αναλύσει τα δεδομένα των δύο γύρων, προσεγγίζοντάς τα μέσω της στατιστικής και θεματικής ανάλυσης, ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των ερωτήσεων των Α και Β Γύρων. Στον πίνακα 12 παρουσιάζονται συνολικά τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των δύο γύρων αφού επιτεύχθηκε ομοφωνία σε όλες τις ερωτήσεις. Στις ερωτήσεις 5, 7, 8, και 9 υπήρξε ομοφωνία αφού η πλειοψηφία των συμμετεχόντων επέλεξαν την ίδια απάντηση με ποσοστό  $\geq 50$ . Αντιθέτως, οι ερωτήσεις 1, 2, 3, 4 και 6 προχώρησαν στον Β Γύρο αφού δεν επιτεύχθηκε συναίνεση ανάμεσα στους ερωτηθέντες στον Α Γύρο. Για αυτόν τον λόγο, με πορτοκαλί χρώμα έχουν σημειωθεί οι ερωτήσεις στις οποίες επιτεύχθηκε συναίνεση στον Α Γύρο, ενώ με μαύρο χρώμα αναγράφονται οι ερωτήσεις του Β Γύρου.

Πίνακας 31. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης Α και Β Γύρου

| ΕΡΩΤΗΣΗ               | 1 | ΣΚΟΡ | 2 | ΣΚΟΡ | 3 | ΣΚΟΡ | 4 | ΣΚΟΡ | 5 | ΣΚΟΡ | 6 | ΣΚΟΡ | 7 | ΣΚΟΡ | 8 | ΣΚΟΡ | 9 | ΣΚΟΡ |
|-----------------------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|
| 1.Εύκολο (4)          |   |      |   |      | 1 | 4    | 2 | 8    | 3 | 12   |   |      | 6 | 24   | 1 | 4    | 2 | 8    |
| 2.Σχετικά Δύσκολο (3) | 3 | 9    | 2 | 6    | 5 | 15   | 7 | 21   | 6 | 18   | 6 | 18   | 3 | 9    | 4 | 12   | 2 | 6    |
| 3.Δύσκολο (2)         | 6 | 12   | 8 | 16   | 3 | 6    | 1 | 2    | 2 | 4    | 4 | 8    | 3 | 6    | 6 | 12   | 7 | 14   |
| 4.Πολύ Δύσκολο (1)    | 1 | 1    |   |      | 1 | 1    |   |      | 1 | 1    |   |      |   |      | 1 | 1    | 1 | 1    |

## Α Γύρος

Στην ερώτηση 5 του Α Γύρου σχετικά με την ανάγκη αναβάθμισης των υποδομών διαχείρισης και ελέγχου του οδικού δικτύου του Βόλου λόγω της ενσωμάτωσης των Α.Ο. επιτεύχθηκε ομοφωνία αφού 6 συμμετέχοντες συμφώνησαν με την επιλογή «σχετικά δύσκολο». Το σκορ της ερώτησης 5 είναι 18 αφού η επιλογή «σχετικά δύσκολο» βαθμολογείται με 3 μονάδες στην κλίμακα 1-4.

Στην ερώτηση 7 που αφορά την ανάγκη ανασχεδιασμού των σταθμών ανεφοδιασμού-φόρτισης-συντήρησης σημειώθηκε το μεγαλύτερο σκορ με τιμή 24. Αυτό συνέβη διότι 6 ερωτηθέντες επέλεξαν την επιλογή «εύκολο» που βαθμολογείται με 4 μονάδες στην κλίμακα likert.

Προχωρώντας στην ερώτηση 8, η οποία αναφέρεται στην περίοδο μεικτής κυκλοφορίας και στις ανάγκες που προκύπτουν από αυτή τη νέα συνθήκη στο οδικό δίκτυο, υπήρξε ομοφωνία στην επιλογή «δύσκολο» με 6 ειδικούς να το επιλέγουν. Ωστόσο, το σκορ της επιλογής αυτής είναι κοινό με την επιλογή «σχετικά δύσκολο», αφού το πρώτο έχει τιμή 2 μονάδες και επιλέχθηκε από 6, ενώ το δεύτερο έχει τιμή 3 μονάδες και επιλέχθηκε από 4 ειδικούς.

Η ερώτηση 9 αναφέρεται στην ανάγκη αναβάθμισης των φυσικών και ψηφιακών υποδομών εξαιτίας πιθανών αθέμητων ενεργειών ώστε να προστατευτούν τα προσωπικά δεδομένα των χρηστών των Α.Ο. Στην ερώτηση 9 υπήρξε ομοφωνία αφού 7 ειδικοί επέλεξαν την επιλογή «δύσκολο» που βαθμολογείται με 2 μονάδες και επομένως το συνολικό σκορ ήταν 14.

## Β Γύρος

Τα αποτελέσματα της θεματικής ανάλυσης περιγράφονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 13 και αφορούν τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου του Β Γύρου καθώς σε αυτές δεν επιτεύχθηκε ομοφωνία στον Α Γύρο. Σύμφωνα με την θεματική ανάλυση των ερωτήσεων που περιγράφεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 7.3.3, προκύπτουν τρία θέματα τα οποία σχετίζονται τόσο με τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου όσο και με τα ερευνητικά ερωτήματα. Το πρώτο θέμα αφορά

τις υποδομές του οδικού δικτύου του Βόλου και σχετίζεται με τις ερωτήσεις 1,2,3 του ερωτηματολογίου του 'Β Γύρου (1<sup>η</sup>, 2<sup>η</sup>, 3<sup>η</sup> 'Α Γύρου). Το δεύτερο θέμα αναφέρεται στις υποδομές των τηλεπικοινωνιών και διερευνάται στην ερώτηση 4 του 'Β Γύρου ( 4<sup>η</sup> 'Β Γύρου), ενώ το τρίτο θέμα είναι σχετικό με τις υποδομές ηλεκτροδότησης που μελετάται στην ερώτηση 5 του 'Β Γύρου (6<sup>η</sup> 'Α Γύρου).

Πίνακας 32. Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων των θεμάτων της θεματικής ανάλυσης

| <b>ΘΕΜΑ Α. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ</b>                                                                     |                                                                     |                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| <b>Κατηγορία</b>                                                                                           | <b>Κωδικός</b>                                                      | <b>Αριθμός Απαντήσεων</b> |
| Α1. Σταθμοί επιβίβασης & αποβίβασης για ανθρώπους με κινητικές ιδιαιτερότητες (ΕΡΩΤΗΣΗ 1 ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α) | A1.1 Ανάγκη ολιστικού σχεδιασμού                                    | 7/10                      |
|                                                                                                            | A1.2 Αυξημένος απαιτούμενος χρόνος                                  | 3/10                      |
|                                                                                                            | A1.3 Έλλειψη τεχνογνωσίας                                           | 2/10                      |
|                                                                                                            | A1.4 Έλλειψη σχετικού ενδιαφέροντος                                 | 1/10                      |
|                                                                                                            | A1.5 Γραφειοκρατία                                                  | 1/10                      |
| Α2. Προοπτικές αναβάθμισης του οδικού δικτύου (ΕΡΩΤΗΣΗ 2 ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α)                                 | A2.1 Ανάγκη επανασχεδιασμού του οδικού δικτύου                      | 4/10                      |
|                                                                                                            | A2.2 Έλλειψη σχετικού ενδιαφέροντος σε πολιτικό & συλλογικό επίπεδο | 4/10                      |
|                                                                                                            | A2.3 Ανάγκη ενσωμάτωσης των Α.Ο. σε ικανοποιητικό επίπεδο           | 2/10                      |
|                                                                                                            | A2.4 Έλλειψη εμπειρίας και τεχνογνωσίας                             | 2/10                      |
| Α3. Ενσωμάτωση των Α.Ο. στο σύστημα Δ.Σ. (ΕΡΩΤΗΣΗ 3 ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α)                                      | A3.1 Ανάγκη χρηματοδότησης                                          | 4/10                      |
|                                                                                                            | A3.2 Ανάγκη σχεδιασμού του οδικού δικτύου                           | 4/10                      |
|                                                                                                            | A3.3 Επαρκές Ενδιαφέρον τοπικής διοίκησης                           | 2/10                      |
|                                                                                                            | A3.4 Ελλιπές ενδιαφέρον τοπικής διοίκησης                           | 1/10                      |
|                                                                                                            | A3.5 Γραφειοκρατία                                                  | 1/10                      |
| <b>ΘΕΜΑ Β. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b>                                                                    |                                                                     |                           |
| <b>Κατηγορία</b>                                                                                           | <b>Κωδικός</b>                                                      | <b>Αριθμός Απαντήσεων</b> |
| Β1. Αναβάθμιση & εκσυγχρονισμό των υποδομών τηλεπικοινωνιών (ΕΡΩΤΗΣΗ 4 ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α)                   | B1.1 Ανάγκη ιδιωτικής χρηματοδότησης                                | 4/10                      |
|                                                                                                            | B1.2 Ανάγκη κρατικής πρωτοβουλίας                                   | 3/10                      |
|                                                                                                            | B1.3 Αυξημένο κόστος                                                | 3/10                      |
|                                                                                                            | B1.4 Σχεδιασμός κατάλληλων υποδομών                                 | 3/10                      |
| <b>ΘΕΜΑ Γ. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗΣ</b>                                                                     |                                                                     |                           |
| <b>Κατηγορία</b>                                                                                           | <b>Κωδικός</b>                                                      | <b>Αριθμός Απαντήσεων</b> |
|                                                                                                            | Γ1.1 Ζήτημα παραγωγής                                               | 4/10                      |

|                                                                          |                                    |      |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------|
| Γ1. Αναβάθμιση δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας (ΕΡΩΤΗΣΗ 6 ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α) | Γ1.2 Αναβάθμιση δικτύου            | 4/10 |
|                                                                          | Γ1.3 Ανεπάρκεια πολιτικού πλαισίου | 3/10 |
|                                                                          | Γ1.4 Υψηλό κόστος                  | 2/10 |
|                                                                          | Γ1.5 Ερευνητικές ανάγκες           | 1/10 |

#### ΘΕΜΑ Α. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Στην πρώτη ερώτηση που αναφέρεται στον σχεδιασμό σταθμών επιβίβασης & αποβίβασης για ανθρώπους με κινητικές ιδιαιτερότητες, η επιλογή «δύσκολο» ήταν η επικρατέστερη με σκορ 12. Η επιλογή «δύσκολο» όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω βαθμολογείται με 2 μονάδες. Οι περισσότεροι συμμετέχοντες έκριναν αυτό το εγχείρημα δύσκολο καθώς σύμφωνα με την αιτιολόγηση της επιλογής του υπάρχει ανάγκη ολιστικού σχεδιασμού του οδικού δικτύου. Η αναγκαιότητα ανασχεδιασμού του οδικού δικτύου του Βόλου χρησιμοποιήθηκε από 7/10 συμμετέχοντες.

Η δεύτερη ερώτηση του ερωτηματολογίου σχετίζεται με τις προοπτικές αναβάθμισης του οδικού δικτύου του Βόλου καθώς για την ενσωμάτωση των Α.Ο. είναι απαραίτητο να πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις. Έτσι 8/10 ερωτηθέντες επέλεξαν την επιλογή «δύσκολο» συγκεντρώνοντας 16 μονάδες και επιχειρηματολόγησαν υπέρ της αναφέροντας την ανάγκη επανασχεδιασμού του οδικού δικτύου και την έλλειψη σχετικού πολιτικού και συλλογικού ενδιαφέροντος. Στην ερώτηση 2, στην θεματική ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ισαριθμία ανάμεσα στα παραπάνω δύο επιχειρήματα αφού 4/10 ειδικούς τα ανέφεραν.

Στην ερώτηση 3, που περιγράφει την ανάγκη ένταξης των Α.Ο. στο δημόσιο δίκτυο συγκοινωνιών, οι μισοί από τους ερωτηθέντες έκριναν ότι αυτή η προσπάθεια είναι «σχετικά δύσκολο» με σκορ 15 έναντι της λιγότερο επικρατέστερης επιλογής «πολύ δύσκολο» με σκορ 1. Με βάση τη κλίμακα likert 1-4 η επιλογή «σχετικά δύσκολο» βαθμολογείται με 3 μονάδες, ενώ η επιλογή «πολύ δύσκολο» με 1. Όπως και στην δύο προηγούμενες ερωτήσεις, το πιο σύνηθες επιχείρημα είναι η ανάγκη να σχεδιαστεί το οδικό δίκτυο καταλλήλως ώστε να επιτραπεί η ομαλή χρήση των Α.Ο.. Το συγκεκριμένο επιχείρημα χρησιμοποιήθηκε από 4/10 συμμετέχοντες. Ο ίδιος αριθμός ειδικών ανέφερε ότι είναι σχετικά δύσκολο να υλοποιηθεί η ένταξη των Α.Ο. στο Δ.Σ του Βόλου εξαιτίας του ανεπαρκούς ενδιαφέροντος της τοπικής αυτοδιοίκησης.

#### ΘΕΜΑ Β. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Το θέμα Β αποτελείται από την ερώτηση 4 που αφορά τις νέες ανάγκες ηλεκτροδότησης λόγω του μεγάλου εύρους συνδεσιμότητας που είναι απαραίτητο για τη σωστή λειτουργία των Α.Ο.. 7/10 συμμετέχοντες θεώρησαν «σχετικά δύσκολη» την αναβάθμιση και εκσυγχρονισμό των

υποδομών τηλεπικοινωνιών και την ολοκλήρωση του δικτύου κάλυψης του Βόλου εξαιτίας του ιδιωτικού κεφαλαίου που πρέπει να επενδυθεί (4/10). Η επιλογή «σχετικά δύσκολο» βαθμολογείται με 3 μονάδες και για αυτό το λόγο το συνολικό σκορ σε αυτή την επιλογή είναι 21.

#### ΘΕΜΑ Γ. ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗΣ

Η πέμπτη ερώτηση του ερωτηματολογίου του 'Β Γύρου (ερώτηση 6 'Α Γύρου) αναφέρεται στην ανάγκη αναβάθμισης του δικτύου ηλεκτροδότησης λόγω της αυξημένης ζήτησης ενέργειας που προκύπτει από τη θετική στάση απέναντι στα ηλεκτροκίνητα Α.Ο.. 6/10 ερωτηθέντες απάντησαν πως αυτό το εγχείρημα είναι «σχετικά δύσκολο» με σκορ 18 καθώς είναι ζήτημα παραγωγής και ο παραγωγός θα πρέπει να ανταποκριθεί στις ανάγκες ρευματοδότησης (4/10), ενώ απαιτείται αναβάθμιση των υποδομών του δικτύου ηλεκτροδότησης (4/10).

## 8. Συμπεράσματα

Η ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη του προηγούμενου και του τρέχοντος αιώνα οδηγεί σε καινοτομίες σε ποικίλους τομείς. Όπως είναι φυσικό και ο τομέας της αυτοκινητοβιομηχανίας κάνει σημαντικά βήματα ως προς την αυτόνομη οδήγηση αναπτύσσοντας αυτόνομα οχήματα δηλαδή οχήματα χωρίς οδηγό.

Η ασφαλής λειτουργία των Α.Ο. απαιτεί την αποτελεσματική χρήση ποικίλων συστημάτων. Η συνδυαστική χρήση αυτών των συστημάτων εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο. Αναλυτικότερα, τα Α.Ο. περιλαμβάνουν συστήματα πλοήγησης όπως το GPS και η χαρτογράφηση, αισθητήρες (LIDAR, Radar, κάμερες) οι οποίοι βοηθούν στην ανίχνευση, παρακολούθηση και την ανάλυση του περιβάλλοντος και συστήματα επικοινωνίας. Τα συστήματα επικοινωνίας επιτρέπουν στο Α.Ο. να επικοινωνεί και να ανταλλάσσει πληροφορίες με άλλα οχήματα (V2V), με τις υποδομές του (V2I), και με τους πεζούς (V2P).

Η κατάσταση των αυτόνομων οχημάτων παγκοσμίως διαφέρει αφού η ενσωμάτωσή τους εξαρτάται από παράγοντες όπως η τεχνολογική πρόοδος της χώρας, η νομοθεσία, οι υποδομές και η αποδοχή από το κοινό. Ευρέως διαδεδομένη είναι η αυτόνομη οδήγηση στις ΗΠΑ, την Ασία, την Ευρώπη και την Ωκεανία. Πιο συγκεκριμένα, στην Ευρώπη η Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο αποτελούν τις ηγέτιδες χώρες στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας αφού οι πολιτικές τους υποστηρίζουν την έρευνα και τις δοκιμές των αυτόνομων οχημάτων.

Όσον αφορά την Ελλάδα, η κατάσταση των αυτόνομων οχημάτων βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο συγκριτικά με χώρες της Βόρειας και Κεντρικής Ευρώπης. Παρόλο που η τεχνολογία εξελίσσεται σε παγκόσμιο επίπεδο, η υιοθέτηση των ανάλογων νόμων και οι δοκιμές στην Ελλάδα προχωρούν με πιο αργούς ρυθμούς. Επιπλέον, οι προκλήσεις που σχετίζονται με την ένταξη των Α.Ο. στην Ελλάδα αφορούν τις υποδομές και την αποδοχή από τους πολίτες.

Οι απαραίτητες υποδομές για την υποστήριξη της ένταξης και χρήσης των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο ομάδες, τις φυσικές και τις ψηφιακές. Στις φυσικές υποδομές περιλαμβάνονται η διατομή της οδού δηλαδή τα στοιχεία που την συνθέτουν (λωρίδες κυκλοφορίας, ερείσματα κ.ά.), το οδόστρωμα/επιφάνεια του δρόμου, και η οριζόντια σήμανση όπως οι γραμμές διαχωρισμού των λωρίδων και τα σήματα κυκλοφορίας. Άλλα στοιχεία των φυσικών υποδομών είναι οι εγκαταστάσεις για ευάλωτους χρήστες του δρόμου όπως οι πεζοί, ο αστικός εξοπλισμός (κάδοι απορριμμάτων, φράχτες ασφαλείας), ο οδικός φωτισμός και τα συστήματα απορροής των υδάτων. Τέλος, αναγκαία είναι η αξιολόγηση και η συντήρηση των παραπάνω οδικών υποδομών μέσω τακτικής επιθεώρησης και συντήρησης. Στις ψηφιακές υποδομές κατατάσσονται οι αισθητήρες του οδοστρώματος, οι υποδομές οδικής

επικοινωνίας (V2V, V2I), ο εντοπισμός θέσης και χρονισμού μέσω δορυφόρου, η χαρτογράφηση υψηλής ευκρίνειας, και τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και 5G. Τέλος, η ρύθμιση και το θεσμικό πλαίσιο είναι απαραίτητα για την χρήση των Α.Ο..

Η ένταξη των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο μίας πόλης μπορεί να έχει θεμιτά και αθέμιτα αποτελέσματα. Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα της χρήσης των Α.Ο. είναι η αυξημένη ασφάλεια, αφού τα περισσότερα αυτοκινητιστικά ατυχήματα οφείλονται σε ανθρώπινα λάθη και επομένως τα Α.Ο. είναι σε θέση να μειώσουν την πιθανότητά τους. Επιπλέον, οι χρήστες των Α.Ο. μπορούν να εξοικονομήσουν χρόνο ολοκληρώνοντας άλλες δραστηριότητες κατά την μεταφορά τους. Η μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης αποτελεί ένα σημαντικό πλεονεκτήματα της ενσωμάτωσης των Α.Ο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της επικοινωνίας των οχημάτων μεταξύ τους (Vehicle-to-Vehicle) αλλά και με τις υποδομές (Vehicle-to-Infrastructure). Η χωρητικότητα του οδικού δικτύου συνδυαστικά με τις χρήσεις γης έχουν ως αποτέλεσμα τον επανασχεδιασμό της πόλης και την δημιουργία νέων χώρων όπως οι μπλε και πράσινοι χώροι. Τέλος, το θετικό αποτύπωμα των Α.Ο. είναι εμφανές και στο περιβάλλον, τόσο στην μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όσο και στην ηχορύπανση αλλά και την φωτορύπανση.

Ως αρνητική επίπτωση της χρήσης των Α.Ο. μπορεί να θεωρηθεί η εξάπλωση των ορίων της πόλης οδηγώντας σε απώλεια περιβαλλοντικά ευάλωτων περιοχών, την μείωση των ανοιχτών χώρων και της βιοποικιλότητας. Η αλλαγή χρήσης γης επηρεάζει και τους υδάτινους πόρους υποβαθμίζοντάς τους, το οποίο μπορεί να προκαλέσει πλημμύρες σε περίπτωση ισχυρής βροχόπτωσης. Επιπρόσθετα, προκύπτουν ζητήματα ιδιωτικότητας και ασφάλειας από κυβερνοεπιθέσεις. Ενώ, οι αποφάσεις που χρειάζεται να παρθούν σε κρίσιμες καταστάσεις μπορεί να είναι ηθικά περίπλοκες.

Η συγκεκριμένη έρευνα μελετά την ένταξη των Α.Ο. στην πόλη του Βόλου. Τα ερευνητικά ερωτήματα πάνω στα οποία στηρίζεται η έρευνα στοχεύουν στην αναζήτηση των δυσκολιών α) στον σχεδιασμό των φυσικών και ψηφιακών υποδομών για την χρήση των Α.Ο. και β) στην ενσωμάτωσή τους στο σύστημα Δημόσιων Συγκοινωνιών. Επιπρόσθετα, ένα ακόμα ερευνητικό ερώτημα αφορά τον τρόπο συνύπαρξης διαφόρων επιπέδων αυτοματοποιημένης οδήγησης. Τέλος, στην συγκεκριμένη μελέτη διερευνάται και το ζήτημα χρήσης των Α.Ο. για παράνομους σκοπούς. Τα παραπάνω ερευνητικά ερωτήματα επιτρέπουν στον ερευνητή να μελετήσει αναλυτικά το ζήτημα της ένταξης των Α.Ο. στον Βόλο εξετάζοντας τους ποικίλους παράγοντες που επηρεάζουν την ομαλή λειτουργία τους.

Ο ερευνητής επέλεξε την μέθοδο έρευνας Delphi καθώς ο στόχος του είναι να επιτευχθεί συναίνεση στα ερωτήματα που τέθηκαν στους ειδικούς. Η Delphi επιτρέπει την συλλογή

δεδομένων από ένα σχετικά μικρό ετερογενές δείγμα αφού αυτό αποτελείται από εμπειρογνώμονες που εξειδικεύονται σε ποικίλους τομείς. Ορισμένοι ειδικοί αυτοχαρακτηρίζονταν ως πολιτικοί μηχανικοί, άλλοι ως αρχιτέκτονες, οικονομολόγοι και συγκοινωνιολόγοι. Ενώ κάποιοι δραστηριοποιούνται στον τομέα της χωροταξίας-πολεοδομίας και της αγρονομίας- τοπογραφίας.

Από την στατιστική ανάλυση διαπιστώθηκε ότι γενικότερα οι ειδικοί που έλαβαν μέρος στην έρευνα θεωρούν σχετικά δύσκολο έως δύσκολο εγχείρημα την ένταξη των Α.Ο. στην πόλη του Βόλου. Οι αιτιολογήσεις που χρησιμοποίησαν οι συμμετέχοντες στον 'Β Γύρο για να επιχειρηματολογήσουν υπέρ των επιλογών τους, επεξεργάστηκαν και αναλύθηκαν μέσω της θεματικής ανάλυσης. Όσον αφορά το πρώτο θέμα δηλαδή τις υποδομές του οδικού δικτύου ο πιο σύνθητες κωδικός ήταν η ανάγκη ανασχεδιασμού του. Το εγχείρημα αυτό χρησιμοποιήθηκε από τους ειδικούς για να υποστηρίξουν την δυσκολία αυτού του εγχειρήματος. Στο δεύτερο θέμα που σχετίζεται με τις υποδομές τηλεπικοινωνιών, οι ειδικοί ανέφεραν ανάγκη ιδιωτικής χρηματοδότησης ως βασικό παράγοντα, ενώ στο τρίτο θέμα δηλαδή τις υποδομές ηλεκτροδότησης ο κύριος κωδικός που προέκυψε σχετιζόταν με το ζήτημα της παραγωγής.

Στο πλαίσιο της συγκριμένης μελέτης περίπτωσης, επισημαίνεται η αναγκαιότητα της διεπιστημονικής αξιολόγησης της ένταξης των αυτόνομων οχημάτων στον Βόλο. Η παρούσα μελέτη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως βάση μίας μελλοντικής έρευνας που στοχεύει στην δημιουργία μίας τυπολογίας των πόλεων της Ελλάδας και πως αυτή θα πρέπει να αναδιαμορφωθεί ώστε να είναι καταλληλότερη για την υποστήριξη των Α.Ο.. Μία ακόμα πρόταση θα ήταν η χρήση της συνδυαστικά με πιλοτικές εφαρμογές των Α.Ο. σε πραγματικές συνθήκες, ώστε να συλλεχθούν οι πληροφορίες που θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση των προκλήσεων και των δυνατοτήτων των Α.Ο. στο οδικό δίκτυο της Ελλάδας.

## 9. Βιβλιογραφία

- AASHTO (2011) *A policy on geometric design of highways and streets*. 6. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials. Available at: [https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/GDHS-6\\_ToC.pdf](https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/GDHS-6_ToC.pdf).
- Adler, M. and Ziglio, E. (1995) *Gazing into the oracle: The Delphi method and its application to social policy and public health*. Bristol, PA: Jessica Kingsley Publishers.
- Adnan Yusuf, S., Khan, A. and Souissi, R. (2024) 'Vehicle-to-everything (V2X) in the autonomous vehicles domain – A technical review of communication, sensor, and AI technologies for road user safety', *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 23, p. 100980. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100980>.
- Ahangar, M.N. *et al.* (2021) 'A Survey of Autonomous Vehicles: Enabling Communication Technologies and Challenges', *Sensors*, 21(3), p. 706. Available at: <https://doi.org/10.3390/s21030706>.
- Albini, A., Tokody, D. and Rajnai, Z. (2018) 'The Categorization and Information Technology Security of Automated Vehicles', *Interdisciplinary Description of Complex Systems (INDECS)*, 16, pp. 327–332.
- Aldana, K. (2013) *US Department of Transportation Releases Policy on Automated Vehicle Development. National Highway Traffic Safety Administration New Release*. Washington DC.
- Alessandrini, A. *et al.* (2014) 'CityMobil2: Challenges and Opportunities of Fully Automated Mobility', in, pp. 169–184. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-05990-7\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-05990-7_15).
- Alluhaibi, O. *et al.* (2017) 'Hybrid Digital-to-Analog Beamforming Approaches to Maximise the Capacity of mm-Wave Systems.', In *Proceedings of the IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, Sydney, NSW, Australia, 4–7 June 2017; Australia, pp. 1–5.
- Alsudani, M. and Ozturk, T. (2023) 'Wireless Communication Between Vehicles: Exploring the Potential of V2V and V2X Communication for Improved Efficiency, Safety, and Sustainability', *JOM*, 3(1).
- Amelink, M. *et al.* (2020) *EU EIP SA4.2: Road map and action plan to facilitate automated driving on TEN road network – version 2020*. European ITS Platform.
- Ananenkov, A.O. (2021) 'Legal responsibility in the field of the use of unmanned vehicles Bulletin of the O.E.', *Kutafin University*, 6(82), pp. 155–161. Available at: <https://doi.org/10.17803/2311-5998.2021.82.6.155-161>.
- Ananto, A.H. (2021) *This Southeast Asian Country Tops Autonomous Vehicle*.
- Anderson, J.M. *et al.* (2014) 'Autonomous vehicle technology: A guide for policymakers.', *Rand Corporation* [Preprint].
- Anderson, J.M. *et al.* (2016) 'Autonomous vehicle technology: A guide for policymakers.', *RAND Corporation*, p. 214. Available at: <https://doi.org/10.7249/RR443-2>.
- Arnold, W.E., McCroskey, J.C. and Prichard, S.V.O. (1967) 'The Likert-type scale', *Today's Speech*, 15(2), pp. 31–33.
- AV America (no date) *Digital Infrastructure for Autonomous Vehicles Requirements, Deployment and Plans*. Available at: <https://globalmasstransit.net/wp->

content/uploads/2021/08/report-sample-digital-infrastructure-for-autonomous-vehicles-2020.pdf.

AVENUE (2018) *Autonomous Vehicles to Evolve to a New Urban Experience*. 5010151. CORDIS - EU. Available at: <https://h2020-avenue.eu/wp-content/uploads/2020/07/D2-10-First-report-on-regulatory-requirements-and-compliance-plan.pdf>.

Babahajiani, P. *et al.* (2016) 'Comprehensive automated 3d urban environment modelling using terrestrial laser scanning point cloud.', In *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*. c2016

Babbie, E. (2002) *The basics of social research*. 2nd edn. Wadsworth/Thomson Learning.

Bagheri, M., Siekkinen, M. and Nurminen, J.K. (2014) 'Cellular-based vehicle to pedestrian (V2P) adaptive communication for collision avoidance', in. *International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE)*., Vienna, Austria.

Bagloee, S.A. *et al.* (2016) 'Autonomous vehicles: challenges, opportunities, and future implications for transportation policies', *Journal of Modern Transportation*, 24(4), pp. 284–303. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40534-016-0117-3>.

Bandeira, J.M. *et al.* (2021) 'Potential pollutant emission effects of connected and automated vehicles in a mixed traffic flow context for different road types.', *Open J. Intell. Transp. Syst.*, 2, pp. 364–383. Available at: <https://doi.org/10.1109/OJITS.2021.3112904>.

Bartneck, C. *et al.* (2021) *An Introduction to Ethics in Robotics and AI*. Cham: Springer International Publishing (SpringerBriefs in Ethics). Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-51110-4>.

Begishev, I. *et al.* (2022) 'Regulation of highly automated vehicles in the Russian Federation: problems, state and development prospects', *Transportation Research Procedia*, 63, pp. 648–655. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.058>.

Behling, S. and Schulze, L. (2008) "Automated Guided Vehicle System: A Driver for Increased Business Performance" IMECS 2008 19-21 Hongkong.

Behringer, R. and Muller, N. (1998) *Autonomous Road vehicle guidance from autobahnen to narrow curves*. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 14(5), pp. 810-815.

Bellet, T. *et al.* (2019) 'From semi to fully autonomous vehicles: New emerging risks and ethico-legal challenges for human-machine interactions', *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 63, pp. 153–164. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.04.004>.

Bellutta, P. *et al.* (2000) 'Terrain perception for DEMO III', In *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2000 (Cat. No.00TH8511)*, pp. 326–331.

Ben-Arieh, D. and Chen, Z. (2006) 'Linguistic-labels aggregation and consensus measure for autocratic decision making using group recommendations.', *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 36(3), pp. 558–568.

Bimbraw, K. (2015) 'Autonomous Cars: Past, Present and Future - A Review of the Developments in the Last Century, the Present Scenario and the Expected Future of Autonomous Vehicle Technology', In *2015 12th International Conference on Informatics in*

*Control, Automation and Robotics (ICINCO)*, pp. 191–198. Available at: <https://doi.org/10.5220/0005540501910198>.

Biswas, S., Mišić, J. and Mišić, V. (2012) 'DDoS attack on WAVE-enabled VANET through synchronization', In *Global Communications Conference (GLOBECOM)*, Anaheim, CA, USA: IEEE, pp. 1079–1084. Available at: <https://doi.org/10.1109/GLOCOM.2012.6503256>.

Blow, A.J. and Sprenkle, D.H. (2001) 'Common factors across theories of marriage and family therapy: A modified Delphi study.', *Journal of Marital and Family Therapy*, 27(3), pp. 385–401.

Bolger, F. and Wright, G. (1994) 'Assessing the quality of expert judgment: Issues and analysis', *Decision Support Systems*, 11, pp. 1–24.

Bonnefon, J.F., Shariff, A. and Rahwan, I. (2016) 'The social dilemma of autonomous vehicles.', *Science*, 352(6293), pp. 1573–1576. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.aaf2654>.

Bousset, J.P., MacOmbe, C. and Taverne, M. (2005) 'Participatory methods, guidelines and good practice guidance to be applied throughout the project to enhance problem definition, co-learning, synthesis and dissemination'.

Braun, V. and Clarke, V. (2006) 'Using Thematic Analysis in Psychology', *Qualitative Research in Psychology*, 3, pp. 77–101.

Braun, V. and Clarke, V. (2012) 'Thematic Analysis', in *APA Handbook of Research Methods in Psychology: Research Designs*. American Psychological Association.

Broggi, A., Bertozzi, M. and Fascioli, A. (2000) *Architectural issues on vision-based automatic vehicle guidance: the experience of the ARGO project*. Real-Time Imaging 6 (4).

Bruno, D.R. *et al.* (2018) 'Analysis and fusion of 2D and 3D images applied for detection and recognition of traffic signs using a new method of features extraction in conjunction with Deep Learning', *2018 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, pp. 1–8. Available at: <https://doi.org/10.1109/IJCNN.2018.8489538>.

Burns, L. (2018) *Autonomy: The quest to build a driverless car and how it will shape our world*. Eco Press.

Campbell, M. *et al.* (2018) 'Improving conduct and reporting of narrative synthesis of quantitative data (ICONS-Quant): Protocol for a mixed methods study to develop a reporting guideline', *BMJ Open*, 8(2).

Carsten, O. and Kulmala, R. (2015) 'Road Transport Automation as a Societal Change Agent', in *Transportation Research Board Conference Proceedings. Third EU-U.S. Transportation Research Symposium*, pp. 65–76. Available at: <http://www.trb.org/Main/Blurbs/173640.aspx>.

Carsten, O. and Martens, M.H. (2019) 'How can humans understand their automated cars? hmi principles, problems and solutions.', *Cognition, Technology & Work*, 21(1), pp. 3–20. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0484-0>.

Cecchini, G. *et al.* (2017) 'Performance comparison between IEEE 802.11 p and LTE-V2V in coverage and out-of-coverage for cooperative awareness', in *2017 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC)*, IEEE, pp. 109–114.

Centre for Connected and Autonomous Vehicles (2018) *Connected and autonomous vehicle research and development projects*, GOV.UK. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/connected-and-autonomous-vehicle-research-and-development-projects>.

Chan, A.P.C. *et al.* (2001) 'Application of Delphi method in selection of procurement systems for construction projects.', *Construction Management and Economics*, 19(7), pp. 699–718.

Chen, C. *et al.* (2021) 'Mixed platoon control of automated and human-driven vehicles at a signalized intersection: Dynamical analysis and optimal control', *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 127, p. 103138. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103138>.

Chen, S. *et al.* (2023) *Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X)*. Springer Nature.

Christchurch Airport (2019) *First New Zealand autonomous shuttle debuts at Christchurch Airport*, Christchurch Airport. <https://www.christchurchairport.co.nz/aboutus/who-we-are/media/2019/first-new-zealand-autonomous-shuttle-debuts-at-christchurch-airport/>.

Clayton, M.J. (1997) 'Delphi: A technique to harness expert opinion for critical decision-making tasks in education.', *Educational Psychology*, 17(4), pp. 373–386.

Collingwood, L. (2017) 'Privacy implications and liability issues of Autonomous Vehicles', *Taylor & Francis*, 26(1), pp. 32–45. Available at: <https://doi.org/10.1080/13600834.2017.1269871>.

Colonna, P. *et al.* (2018) 'Connecting Rural Road Design to Automated Vehicles: The Concept of Safe Speed to Overcome Human Errors', in *Stanton, N.A. (Ed.), Advances in Human Aspects of Transportation*, pp. 571–582. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1\\_56](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1_56).

Combs, T.S. *et al.* (2019) 'Automated Vehicles and Pedestrian Safety: Exploring the Promise and Limits of Pedestrian Detection', *American Journal of Preventive Medicine*, 56(1), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2018.06.024>.

Cook, W.D., Kress, M. and Seiford, L.M. (1997) 'A general framework for distance-based consensus in ordinal ranking models.', *European Journal of Operational Research*, 96(2), pp. 392–397.

Cook, W.D. and Seiford, L.M. (1978) 'Priority ranking and consensus formation', *Management Science*, 24(16), pp. 1721–1732.

Cook, W.D. and Seiford, L.M. (1982) 'On the Borda-Kendall consensus method for priority ranking problems.', *Management Science*, 28(6), pp. 621–637.

Council of the EU (2019) *Safer cars in the EU*. PRESS RELEASE 682/19. Available at: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2019/11/08/safer-cars-in-the-eu/pdf/>.

Cranswick, M. (2013) *Pontiac Firebird: The Auto-Biography*. Veloce Publishing Ltd.

C-Roads (no date) *C-Roads Slovenia*. Available at: <https://www.c-roads.eu/deployments/core-members/slovenia/Partner/project/show/c-roads-slovenia.html>.

Cummings, M., Huang, L. and Clamann, M. (2019) *Development and Evaluation of Vehicle to Pedestrian (V2P) Safety Interventions*. HAL2019-01. Durham: Humans and Autonomy Laboratory, Duke University.

Currie, G. (2018) 'Lies, Damned Lies, AVs, Shared Mobility, and Urban Transit Future', *Journal of Public Transportation*, 21(1), pp. 19–30. Available at: <https://doi.org/10.5038/2375-0901.21.1.3>.

Dahlman, E., Parkvall, S. and Skold, J. (2020) '5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology.', *Academic Press* [Preprint].

Dalkey, N. and Helmer, O. (1963) 'An experimental application of the Delphi method to the use of experts.', *Management Science*, 9(3), pp. 458–467.

Declaration of Amsterdam (2016) 'Cooperation in the field of connected and automated driving'. Available at: [https://www.connectedautomateddriving.eu/wp-content/uploads/2023/06/Declaration-of-Amsterdam-on-cooperation-in-the-field-of-connected-and-automated-driving\\_15-04-2016\\_EC.pdf](https://www.connectedautomateddriving.eu/wp-content/uploads/2023/06/Declaration-of-Amsterdam-on-cooperation-in-the-field-of-connected-and-automated-driving_15-04-2016_EC.pdf).

Delavarian, M. *et al.* (2020) 'Multi-camera multiple vehicle tracking in urban intersections based on multilayer graphs', 14(12), pp. 1673–1690. Available at: <https://doi.org/10.1049/iet-its.2020.0086>.

Denny Stephens, Jeremy Schroeder, and Rachel Klein (2015) *Vehicle-to-Infrastructure (V2I) Safety Applications, Performance Requirements, Vol. 1, Introduction and Common Requirements*. FHWA-JPO-16-248. U.S. Department of Transportation.

Department for Transport (2019) *Manual for Streets*. London: Thomas Telford Publishing.

Department for Transport *et al.* (2023) *Guidance Code of Practice: automated vehicle trialling*, GOV.UK. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/trialling-automated-vehicle-technologies-in-public/code-of-practice-automated-vehicle-trialling>.

Die Bundesregierung (2015) *Strategy for Automated and Connected Driving - Remain a lead provider, become a lead market, introduce regular operations*. Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure. Available at: [https://bmdv.bund.de/SharedDocs/EN/publications/strategy-for-automated-and-connected-driving.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://bmdv.bund.de/SharedDocs/EN/publications/strategy-for-automated-and-connected-driving.pdf?__blob=publicationFile).

Dietz, T. (1987) 'Methods for analyzing data from Delphi panels: Some evidence from a forecasting study', *Technological Forecasting and Social Change*, 31, pp. 79–85.

Djavadian, S. *et al.* (2020) 'Multi-objective eco-routing for dynamic control of connected & automated vehicles', *Transp. Res. Part D: Transp. Environ.*, 87. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102513>.

Dot, U. (2016) *Federal Automated Vehicles Policy-Accelerating the Next Revolution in Roadway Safety*. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.

Duarte, F. and Ratti, C. (2018) 'The Impact of Autonomous Vehicles on Cities: A Review', *Journal of Urban Technology*, 25(4), pp. 3–18. Available at: <https://doi.org/10.1080/10630732.2018.1493883>.

- Easa, S. *et al.* (2021) 'Visibility-Based Technologies and Methodologies for Autonomous Driving', in: *Self-Driving Vehicles and Enabling Technologies [Working Title]*. IntechOpen. [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.5772/intechopen.95328>.
- Eberle, U. and von Helmolt, R. (2010) *Sustainable transportation based on electric vehicle concepts: a brief overview*. Energy & Environmental Science 3 (6).
- Ehrlich, J. *et al.* (2016) 'Autonomous Vehicle: The Concept of High Quality of Service Highway', in: *FISITA World Automotive Congress*, Korea.
- Elliott, D., Keen, W. and Miao, L. (2019) 'Recent advances in connected and automated vehicles', *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 6(2), pp. 109–131. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.09.005>.
- Elżbieta, G. (2014) 'Communication in automotive networks illustrated with an example of Vehicle Stability Program. Part I - Control Area Network', *GSTF Journal of Engineering Technology*, 2(4). Available at: [https://doi.org/10.5176/2251-3701\\_2.4.100](https://doi.org/10.5176/2251-3701_2.4.100).
- ERTRAC (2019) *Connected Automated Driving Roadmap*, final for publication Version: 8 Date: 08.03.2019 ERTRAC Working Group "Connectivity and Automated Driving, available at: [https://www.ertrac.org/index.php?mact=DocumentSearch,cntnt01,default,1&cntnt01documentsearch\\_id=57&cntnt01returnid=88&page=88](https://www.ertrac.org/index.php?mact=DocumentSearch,cntnt01,default,1&cntnt01documentsearch_id=57&cntnt01returnid=88&page=88)
- Eskandarian, A., Wu, C. and Sun, C. (2021) 'Research Advances and Challenges of Autonomous and Connected Ground Vehicles', *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(2), pp. 683–711. Available at: <https://doi.org/10.1109/TITS.2019.2958352>.
- European ITS Platform (2022) *Recommendations for continuation of C-ITS deployment*. Available at: <https://www.its-platform.eu/wp-content/uploads/ITS-Platform/AchievementsDocuments/IntegratingC-ITS/EU%20EIP-44-D8-C-ITS%20Recommendations-v1.0.pdf>.
- EUSPA (2024) *What is GNSS? Market Report 2*. Available at: [https://www.euspa.europa.eu/sites/default/files/external/publications/euspa\\_market\\_report\\_2024.pdf](https://www.euspa.europa.eu/sites/default/files/external/publications/euspa_market_report_2024.pdf).
- Fagnant, D. and Kockelman, K. (2015) 'Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations', *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, pp. 167–181. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.003>.
- Faisal, A. *et al.* (2019) 'Understanding autonomous vehicles: A systematic literature review on capability, impact, planning and policy', *Journal of Transport and Land Use*, 12(1). Available at: <https://doi.org/10.5198/jtlu.2019.1405>.
- Fajardo, D. *et al.* (2011) 'Automated intersection control: Performance of future innovation versus current traffic signal control.', *Transp Res Rec*, 1, pp. 223–232.
- Fakhrmoosavi, F. *et al.* (2020) 'Impacts of Connected and Autonomous Vehicles on Traffic Flow with Heterogeneous Drivers Spatially Distributed over Large-Scale Networks.', *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, pp. 817–830.
- Farooq, A., Ahmed, Q.Z. and Alade, T. (2019) 'Indoor Two-Way Ranging using mm-Wave for Future Wireless Networks', In *Proceedings of the Emerging Tech (EMIT) Conference 2019*, Huddersfield, UK, 9–11 April 2019; University of Huddersfield: Huddersfield, UK, 2019.

Favarò, F., Eurich, S. and Nader, N. (2018) 'Autonomous vehicles' disengagements: Trends, triggers, and regulatory limitations', *Accident Analysis & Prevention*, 110, pp. 136–148. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.11.001>.

Favarò, F.M. *et al.* (2017) 'Examining accident reports involving autonomous vehicles in California', *PLOS ONE*, 12(9), p. e0184952. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184952>.

Ferrag, M.A., Maglaras, L. and Ahmim, A. (2017) 'Privacy-Preserving Schemes for Ad Hoc Social Networks: A Survey', *IEEE*, 19(4), pp. 2015–3045. Available at: <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2718178>.

Filocamo, B., Ruiz, J.A. and Sotelo, M.A. (2020) 'Efficient management of road intersections for automated vehicles-the FRFP system applied to the various types of intersections and roundabouts', *Appl. Sci. Basel*, 10(1), p. 316. Available at: <https://doi.org/10.3390/app10010316>.

Finn, D. *et al.* (2017) *Automated vehicles. Do we know which road we take?* Infrastructure Partnerships Australia.

Fletcher, A.J. and Marchildon, G.P. (2014) 'Using the Delphi Method for Qualitative, Participatory Action Research in Health Leadership', *International Journal of Qualitative Methods*, 13(1), pp. 1–18. Available at: <https://doi.org/10.1177/160940691401300101>.

FTA (2018) *Arctic Challenge.*, Finnish Transport Agency. Available at: <https://www.liikennevirasto.fi/web/en/e8-aurora/r-d/arctic-challenge#.W0tHt9UzbX4>.

García, A. *et al.* (2021) *Smart Roads Classification*. Special Project 391. Paris: World Road Association - PIARC. Available at: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/189900/GarciaCamacho-TorregrosaLlopis-Castello%20-%20Smart%20Roads%20Classification.pdf?sequence=1>.

Garcia, A. and Camacho-Torregrosa, F.J. (2020) 'Influence of Lane Width on Semi-Autonomous Vehicle Performance', *Transportation Research Record*, 2674(9), pp. 279–286. Available at: <https://doi.org/10.1177/0361198120928351>.

Gaston, K.J. *et al.* (2015) 'Benefits and costs of artificial nighttime lightning of the environment.', *Environ. Rev.*, 23, pp. 14–23. Available at: <https://doi.org/10.1139/er2014-0041>.

Gavanas, N. (2019) 'Autonomous Road Vehicles: Challenges for Urban Planning in European Cities', *Urban Science*, 3(2). Available at: <https://doi.org/10.3390/urbansci3020061>.

Gawron, J.H. *et al.* (2019) 'Deep decarbonization from electrified autonomous taxi fleets: life cycle assessment and case study in Austin', *TX. Transp. Res. Part D: Transp. Environ.*, 73, pp. 130–141. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.06.007>.

Gkelameris, D. (2019) *Οι μελλοντικές τάσεις στην αξιολόγηση του εκπαιδευτικού έργου και των εκπαιδευτικών: Έρευνα πεδίου με τη μέθοδο Delphi.*

Goodman, C.M. (1987) 'The Delphi technique: A critique.', *Journal of Advanced Nursing*, 12(6), pp. 729–734.

Gopalakrishna, D. *et al.* (2021) *Impacts of Automated Vehicles on Highway Infrastructure*. FHWA-HRT-21-015. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.

gov.uk (2024) *Automated Vehicles Act 2024*, *legislation.gov.uk*. Available at: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2024/10/contents/enacted>.

Green, P. (1982) 'The content of a college-level outdoor leadership course', In *Conference of the Northwest District Association for the American Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance*, Spokane, WA.

Greenberg, A. (2015) 'Hackers remotely kill a jeep on the highway—with me in it.', *Wired* [Preprint]. Available at: <https://www.wired.com/2015/07/hackers-remotely-kill-jeep-highway/>.

Guanetti, J., Kim, Y. and Borrelli, F. (2018) 'Control of connected and automated vehicles: State of the art and future Challenges.', *Annual reviews in control*, 45, pp. 18–40.

Guizzo, E. (2013) Toyota's Semi-Autonomous Car Will Keep You Safe. *IEEE Spectrum Automation*, Jan. 8, 2013. <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/artificial-intelligence/toyota-semi-autonomous-lexus-car-will-keep-you-safe>. Accessed January 14, 2024.

Guo, Y.Q. *et al.* (2020) 'Integrated variable speed limits and lane changing control for freeway lane-drop bottlenecks', *IEEE Access* 8, pp. 54710–54721. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2981658>.

Gupta, A. and Choudhary, A. (2018) 'A Framework for Camera-Based Real-Time Lane and Road Surface Marking Detection and Recognition', *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 3(4), pp. 476–485. Available at: <https://doi.org/10.1109/TIV.2018.2873902>.

Gwak, J. *et al.* (2019) 'A Review of Intelligent Self-Driving Vehicle Software Research', *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, 13(11), pp. 5299–5320. Available at: <https://doi.org/10.3837/tiis.2019.11.002>.

Hänninen, O. *et al.* (2014) 'Environmental Burden of Disease in Europe: Assessing Nine Risk Factors in Six Countries', *Environmental Health Perspectives*, 122(5), pp. 439–446. Available at: <https://doi.org/10.1289/ehp.1206154>.

Hansson, L. (2020) 'Regulatory governance in emerging technologies: The case of autonomous vehicles in Sweden and Norway', *Research in Transportation Economics*, 83, p. 100967. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100967>.

Harri, J., Filali, F. and Bonnet, C. (2009) 'Mobility models for vehicular ad hoc networks: a survey and taxonomy', *IEEE*, 11(4), pp. 19–41. Available at: <https://doi.org/10.1109/SURV.2009.090403>.

Hartenstein, H. and Laberteaux, L.P. (2008) 'A tutorial survey on vehicular ad hoc networks.', *IEEE Communications Magazine*, 46(6), pp. 164–171. Available at: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2008.4539481>.

Heale, R. and Forbes, D. (2013) 'Understanding triangulation in research', *Evid Based Nurs*, 16(98).

Herrera-Viedma, E. *et al.* (2005) 'A consensus support system model for group decision-making problems with multigranular linguistic preference relations', *IEEE Transactions on fuzzy Systems*, 13(5), pp. 644–658.

- Hogarth, R.M. (1978) 'A note on aggregating opinions', *Organizational Behavior & Human Performance*, 21(1), pp. 40–46.
- Hong, T. *et al.* (2000) 'An intelligent world model for autonomous off-road driving', in. *Computer Vision and Image Understanding*.
- Hooks, D. *et al.* (2022) 'Exploring factors influencing technology adoption rate at the macro level: A predictive model', *Technology in Society*, 68, p. 101826. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101826>.
- Hsu, C. and Sandford, B. (2007) 'The Delphi Technique: Making Sense of Consensus.', *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 12, pp. 1–8.
- Huang, L. *et al.* (2020) 'Cooperative adaptive cruise control and exhaust emission evaluation under heterogeneous connected vehicle network environment in urban city.', *Journal of Environmental Management*, 256. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109975>.
- Huggins, R. *et al.* (2017) 'Assessment of Key Road Operator Actions to Support Automated Vehicles', in. Sydney: Austroads.
- Hwang, C.-L. and Lin, M.-J. (2012) *Group decision making under multiple criteria: methods and applications*. Springer Science & Business Media.
- Hwang, H. and Song, C.H.-K. (2019) 'Changes in air pollutant emissions from road vehicles due to autonomous driving technology: a conceptual modeling approach', *Environ. Eng. Res.*, 25(3), pp. 366–373. Available at: <https://doi.org/10.4491/eer.2019.117>.
- Idrac, A.-M. (2018) *Développement des véhicules autonomes*. Republique Francaise. Available at: [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/15-18029\\_vehic.auto\\_Flyer\\_4p\\_Pour%20BAT-3.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/15-18029_vehic.auto_Flyer_4p_Pour%20BAT-3.pdf).
- International Energy Agency (2006) *Light's labour's lost: Policies for Energy-Efficient Lighting*. OECD (Energy Efficiency Policy Profiles). Available at: <https://doi.org/10.1787/9789264109520-en>.
- Intini, P. *et al.* (2019) 'Rethinking the main road design concepts for future Automated Vehicles Native Roads', *European Transport - Trasporti Europei*, 73, pp. 1–28.
- ioki (2023) *Autonomous vehicles: turning point in European regional and local transport*, ioki. Available at: <https://ioki.com/en/autonomous-vehicles-turning-point-in-european-regional-and-local-transport/>.
- ITF (2015) *Automated and Autonomous Driving: Regulation under uncertainty*. International Transport Forum Policy Papers 7. Paris: OECD Publishing. Available at: <https://doi.org/10.1787/5jlwvzdfk640-en>.
- ITF (2017a) *Automation of the Driving Task: Some possible consequences and governance challenges*. ITF Discussion Papers 7. Available at: <https://doi.org/10.1787/b44b0242-en>.
- ITF (2017b) *Select Legal Considerations for Shared Automated Driving*. ITF Discussion Papers 8. Available at: <https://doi.org/10.1787/db3cb621-en>.
- ITF (2018a) *Co-operative Mobility Systems and Automated Driving: Summary and Conclusions*. International Transport Forum Roundtable Reports 7. Paris: OECD Publishing. Available at: <https://doi.org/10.1787/5ca48905-en>.

ITF (2018b) *Safer Roads with Automated Vehicles?* International Transport Forum Policy Papers 55. Paris: OECD Publishing. Available at: <https://doi.org/10.1787/b2881ccb-en>.

ITF (2023) *Preparing Infrastructure for Automated Vehicles*. ITF Research Report. Paris: OECD Publishing.

Jin, S. *et al.* (2020) 'Modeling and stability analysis of mixed traffic with conventional and connected automated vehicles from cyber physical perspective', *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 551. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2020.124217>.

Johnson, C. (2017) *Readiness of the road network for connected and autonomous vehicles*. RAC Foundation.

Johnson, M.P. (2001) 'Environmental impacts of urban sprawl: a survey of the literature and proposed research agenda', *Environ. Plan.*, pp. 717–735. Available at: <https://doi.org/10.1068/a3327>.

Jones, E.C. and Leibowicz, B.D. (2019) 'Contributions of shared autonomous vehicles to climate change mitigation.', *Transp. Res. Part D: Transp. Environ.*, 72, pp. 279–298. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.05.005>.

Julsrud, T.E. and Uteng-Priya, T. (2015) 'Technopolis, shared resources or controlled mobility? A net-based Delphi-study to explore visions of future urban daily mobility in Norway', *European Journal of Futures Research*, 3(1).

Jünger, S. *et al.* (2017) 'Guidance on Conducting and REporting DElphi Studies (CREDES) in palliative care: Recommendations based on a methodological systematic review.', *Palliat Med*, 31, pp. 684–706.

K. Chandra *et al.* (2016) 'Vehicle-to-vehicle (V2V) and vehicle-to-infrastructure (V2I) communication in a heterogeneous wireless network Performance evaluation', *Transport. Res. C Emerg. Technol.* 68 (July 2016)

Kalra, N. and Paddock, S.M. (2016) 'Driving to safety: How many miles of driving would it take to demonstrate autonomous vehicle reliability?', *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, pp. 182–193. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.09.010>.

Kamal, M.A.S., Imura, J.-I. and Hayakawa, T. (2020) 'Development and evaluation of an adaptive traffic signal control scheme under a mixed-automated traffic scenario.', *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 21(2), pp. 590–602. Available at: <https://doi.org/10.1109/TITS.2019.2896943>.

Kapustin, A.V. and Berezovsky, Yu.A. (2021) 'Questions of the use of artificial intelligence in the operation of highly automated vehicles.', *Modern Science* 4, pp. 21–24. Available at: <https://doi.org/10.53039/2079-4401.2021.6.4.003>.

Kar, B. and Cochran, D. (2016) *An Integrated Approach to Geo-Target At-Risk Communities and Deploy Effective Crisis Communication Approaches*. Final Report. Washington DC: Department of Homeland Security.

Keeney, S., Hasson, F. and McKenna, H. (2006) 'Consulting the oracle: Ten lessons from using the Delphi technique in nursing research', *Journal of Advanced Nursing*, 53(2), pp. 205–212.

Kennedys (2020) *Autonomous vehicles the future of transport in the United States: A brave new world?* Available at: <https://as-s01-uks-cm-04.azurewebsites.net/media/ceebivb0/us-autonomous-vehicles-the-future-of-transport-report.pdf>.

Kenney, J.B. (2011) 'Dedicated short-range communications (DSRC) standards in the United States', *Proceedings of the IEEE*, 99(7), pp. 1162–1182.

Khoury, J., Amine, K. and Abi Saad, R. (2019) 'An Initial Investigation of the Effects of a Fully Automated Vehicle Fleet on Geometric Design', *J. Adv. Transp.*, pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.1155/2019/6126408>.

Ki, J. (2020) 'A Comparative Analysis of Autonomous Vehicle Policies among Korea, Japan, and France'. Available at: <https://hal.science/hal-02562482v1/file/FFJDP-20-02.pdf>.

Kim, E., Muennig, P. and Rosen, Z. (2017) 'Vision zero: a toolkit for road safety in the modern era'. Available at: [https://visionzero.ca/vision-zero-a-toolkit-for-road-safety-in-the-modern-era/#median\\_barriers](https://visionzero.ca/vision-zero-a-toolkit-for-road-safety-in-the-modern-era/#median_barriers).

Kim, J.K. *et al.* (2015) 'Experimental studies of autonomous driving of a vehicle on the road using lidar and dgps', in: *2015 15th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)*, pp. 1366–1369.

Kim, S. (2019) 'Government status report of Republic of Korea', In *26th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles*, Eindhoven, Netherlands. Available at: <http://indexsmart.mirasmart.com/26esv/PDFfiles/26ESV-000352.pdf>.

Kimmel, S. *et al.* (2021) *physical and Digital Infrastructure for Connected and Automated Vehicles (CAV)*. Code Framework. Canadian Standards Association.

KLRD (2023) *Autonomous Vehicle Regulation, Providing objective research and fiscal analysis for the Kansas Legislature*. Available at: <https://klrd.org/2023/01/25/autonomous-vehicle-regulation/>.

Konstantinopoulou, L., Jamieson, P. and Cartolano, P.P. (2020) 'D7.1: Quality of horizontal and vertical signs Saving Lives Assessing and Improving TEN-T Road Network Safety', *Slain* [Preprint].

Koopman, P. (2019) 'Edge Cases and Autonomous Vehicle Safety.', in *Safety-Critical Systems Symposium*. Bristol.

KPMG International (2019) '2019 Autonomous Vehicles Readiness Index'. Available at: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2019/02/2019-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf>.

KPMG International (2020) *2020 Autonomous Vehicles Readiness Index*.

Kulmala, R. *et al.* (2020) 'D5.2 Road map for developing road operator core business utilising connectivity and automation. MANTRA: Making full use of Automation for National Transport and Road Authorities – NRA Core Business.'

Kulmala, R., Jääskeläinen, J. and Pakarinen, S. (2019) *The impact of automated transport on the role, operations and costs of road operators and authorities in Finland*. 6/2019. Finnish Transport and Communications Agency Traficom, p. 137.

- L. A. Tawalbeh *et al.* (2016) 'Greener and Smarter Phones for Future Cities: Characterizing the Impact of GPS Signal Strength on Power Consumption', *IEEE Access*, 4, pp. 858–868. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2532745>.
- Laugier, C., Martinet, P. and Nunes, U. (2014) 'Editorial for special issue on Perception and Navigation for Autonomous Vehicles.', *IEEE Robotics and Automation Magazine*.
- Lawson, S. (2018) *Tackling the Transition to Automated Vehicles*. 3. European Road Assessment Association.
- Li, D. and Wagner, P. (2019) 'Impacts of gradual automated vehicle penetration on motorway operation: a comprehensive evaluation.', *European Transport Research Review*, 11. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0375-3>.
- Li, L. and Wang, F.-Y. (2007) *Advanced motion control and sensing for intelligent vehicles*. Springer Science & Business Media.
- Li, W., Guo, G. and Zhou, X. (2015) 'Generalizing and Integrating TOPSIS and Cook-Seiford Method for Multicriteria Group Decision-Making with Both Cardinal and Ordinal Data.', *Mathematical Problems in Engineering* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1155/2015/154848>.
- Li, Z. *et al.* (2020) 'Latency and Reliability of mm Wave multi-hop V2V Communications Under Relay Selections', *IEEE*, 69(9), pp. 9807–9821. Available at: <https://doi.org/10.1109/TVT.2020.3002903>.
- Liang, L., Ye, H. and Li, G.Y. (2018) 'Toward intelligent vehicular networks: A machine learning framework', *IEEE Internet of Things Journal*, 6(1), pp. 124–135.
- Lim, W. *et al.* (2023) 'Is Australia Ready for Autonomous Vehicles? Examining the Factors Influencing AV Adoption through Expert Interviews', *Australasian Marketing Journal*, p. 144135822311751. Available at: <https://doi.org/10.1177/14413582231175152>.
- Linstone, H.A. and Turoff, M. (1975) *The Delphi method*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Litman, T. (2023) 'Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning', *Victoria Transport Policy Institute* [Preprint].
- Liu, J., Kockelman, K. and Nichols, A. (2017) *Anticipating the emissions impacts of smoother driving by connected and autonomous vehicles, using the MOVES model*. Available at: [https://www.caee.utexas.edu/prof/kockelman/public\\_html/TRB17CAVEmissions.pdf](https://www.caee.utexas.edu/prof/kockelman/public_html/TRB17CAVEmissions.pdf).
- Liu, P.Q. *et al.* (2017) 'Autonomous vehicle-intersection coordination method in a connected vehicle environment.', *Intell. Transp. Syst. Mag.*, 9(4), pp. 37–47.
- Liu, Y. *et al.* (2017) 'Characteristic Analysis of Mixed Traffic Flow of Regular and Autonomous Vehicles Using Cellular Automata.', *J. Adv. Transp.* [Preprint].
- Liu, Y. *et al.* (2019) 'A systematic review: Road infrastructure requirement for Connected and Autonomous Vehicles (CAVs)', *Journal of Physics: Conference Series*, 1187(4), p. 042073. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1187/4/042073>.
- Lokhandwala, M. and Cai, H. (2018) 'Dynamic ride sharing using traditional taxis and shared autonomous taxis: a case study of NYC.', *Transp. Res. Part C: Emerg. Technol.*, 97, pp. 45–60. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.10.007>.

- Lowrie, J.W. *et al.* (1985) 'The autonomous land vehicle (ALV) preliminary road-following demonstration', In *1985 Cambridge Symposium*. International Society for Optics and Photonics, pp. 336–350.
- Lu, C., Dong, J. and Hu, L. (2019) 'Energy-Efficient Adaptive Cruise Control for Electric Connected and Autonomous Vehicles', *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 11(3), pp. 42–55. Available at: <https://doi.org/10.1109/MITS.2019.2919556>.
- Lu, C.R. *et al.* (2019) 'An ecological adaptive cruise control for mixed traffic and its stabilization effect.', *IEEE Access*, 7. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2923741>.
- Lu, D., Li, Z. and Huang, D. (2017) *Platooning as a service of autonomous vehicles*, p. 6. Available at: <https://doi.org/10.1109/WoWMoM.2017.7974353>.
- Lu, M. *et al.* (2018) 'Multiagent Spatial Simulation of Autonomous Taxis for Urban Commute: Travel Economics and Environmental Impacts', *Journal of Urban Planning and Development*, 144(4).
- Luttrell, K., Weaver, M. and Harris, M. (2015) 'The effect of autonomous vehicles on trauma and health care.', *J. Trauma Acute Care Surg.*, 79(4), pp. 678–682.
- M. Shojafar, N. Cordeschi, and E. Baccarelli (2019) 'Energy-Efficient Adaptive Resource Management for Real-Time Vehicular Cloud Services', *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 7(1), pp. 196–209, Available at: <https://doi.org/10.1109/TCC.2016.2551747>.
- Ma, F. *et al.* (2019) 'Predictive energy saving optimization based on nonlinear model predictive control for cooperative connected vehicles platoon with V2V communication.', *Energy*, p. 189. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116120>.
- Madadi, B. (2021) *Design and Optimization of Road Networks for Automated Vehicles*. TU Delft University of Technology.
- Maddox, J. (2012) 'Improving driving safety through automation, congressional robotics caucus', *National Highway Traffic Safety Administration* [Preprint].
- Mafi, D. *et al.* (2015) 'Classification and Prioritization of Negative Factors Affecting on Mangrove Forests Using Delphi Method (a Case Study: Mangrove Forests of Hormozgan Province, Iran)', *Biores*, 6(3), pp. 78–92.
- Makridis, M. *et al.* (2020) 'The impact of automation and connectivity on traffic flow and CO2 emissions. A detailed microsimulation study', *Atmospheric Environment*, 226. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117399>.
- Mariani, G., Gabri, G. and Zambonelli, F. (2021) 'Coordination of autonomous vehicles: taxonomy and survey', *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(1), pp. 1–33.
- Martínez-Díaz, M., Soriguera, F. and Pérez, I. (2019) 'Autonomous driving: a bird's eye view', *IET Intelligent Transport Systems*, 13(4), pp. 563–579.
- Mattas, K. *et al.* (2018) 'Simulating deployment of connectivity and automation on the Antwerp ring road', *IET Intell. Transp. Syst.*, 12, pp. 1036–1044. Available at: <https://doi.org/10.1049/iet-its.2018.5287>.

McConky, K. and Rungta, V. (2019) 'Don't pass the automated vehicles!: System level impacts of multi-vehicle CAV control strategies', *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 100, pp. 289–305. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.01.024>.

Mead, D. and Moseley, L. (2001) 'The use of Delphi as a research approach.', *Nurse Researcher*, 8(4), pp. 4–23.

Miao, H. *et al.* (2019) 'Autonomous connected electric vehicle (ACEV)-based car-sharing system modeling and optimal planning: A unified two-stage multi-objective optimization methodology', *Energy*, 169, pp. 797–818. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.066>.

Milakis, D., von Arem, B. and von Wee, B. (2017) 'Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research', *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21(4), pp. 324–348. Available at: <https://doi.org/10.1080/15472450.2017.1291351>.

Milakis, D., Kroesen, M. and Van Wee, B. (2018) 'Implications of automated vehicles for accessibility and location choices: Evidence from an expert-based experiment', *Journal of Transport Geography*, 68, pp. 142–148. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.03.010>.

Ministère de l'Économie (2018) *Franco-German-Luxembourgish cooperation on automated and connected driving Concept for the Cross-border Digital Test Bed*. Reference document, p. 142. Available at: [https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/testfeld-deutschland-frankreich-luxemburg-konzept-fuer-das-grenzueberschreitende-digitale-testfeld.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/testfeld-deutschland-frankreich-luxemburg-konzept-fuer-das-grenzueberschreitende-digitale-testfeld.pdf?__blob=publicationFile).

MIT (2014) 'Moral Machine'. Available at: <https://www.moralmachine.net/>.

MOLIT, M. of L., Infrastructure and Transport (2024) *Unmanned Automated Driving Vehicles to Run in Korea*, pp. 1–3.

Montanaro, U. *et al.* (2019) 'Towards connected autonomous driving: review of use-cases', *Vehicle System Dynamics*, 57(6), pp. 779–814. Available at: <https://doi.org/10.1080/00423114.2018.1492142>.

Morando, M.M. *et al.* (2018) 'Studying the Safety Impact of Autonomous Vehicles Using Simulation-Based Surrogate Safety Measures', *Journal of Advanced Transportation*, pp. 1–11. Available at: <https://doi.org/10.1155/2018/6135183>.

MOT (2014) *Intelligent Transport Systems Technology Action Plan 2014-18*. Ministry of Transport. Available at: <https://www.mcguinnessinstitute.org/wp-content/uploads/2021/04/24d.-Intelligent-Transport-Systems-Action-Plan-2014-2018-Transport-in-the-Digital-Age.pdf>.

MOT (2016) *Regulation 2025: Scenarios summary and key findings*. Ministry of Transport. Available at: <https://www.transport.govt.nz/assets/Uploads/Report/Reg-2025-Scenarios-and-Findings.pdf>.

MOT (2021) *Government Policy Statement on Land Transport 2021*. Ministry of Transport. Available at: <https://www.transport.govt.nz/assets/Uploads/Paper/GPS2021.pdf>.

Mudalige, P. (2011) 'Connected autonomous driving: Electric networked vehicle (EN-V) technology.', in. *In 18th ITS World Congress*.

- Mueller, N. *et al.* (2017) 'Urban and Transport Planning Related Exposures and Mortality: A Health Impact Assessment for Cities', *Environmental Health Perspectives*, 125(1), pp. 89–96. Available at: <https://doi.org/10.1289/EHP220>.
- Mughal, U. *et al.* (2020) 'Cooperative resource management for CV2I communications in a dense urban environment', *Vehicular Communications* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2020.100282>.
- Muralidharan, C., Anantharaman, N. and Deshmukh, S. (2002) 'A multi-criteria group decision making model for supplier rating.', *Journal of supply chain management*, 38(3), pp. 22–33.
- NACTO (2020) *Blueprint for Autonomous Urbanism*. 2nd edn. National Association of City Transportation Officials.
- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) (2016) *Federal Automated Vehicles Policy*. 12507-091216-v9. U.S. Department of Transportation. Available at: <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/AV%20policy%20guidance%20PDF.pdf>.
- National Transport Commission (2022) *The regulatory framework for automated vehicles in Australia*. Policy paper. Available at: <https://www.ntc.gov.au/sites/default/files/assets/files/NTC%20Policy%20Paper%20-%20regulatory%20framework%20for%20automated%20vehicles%20in%20Australia.pdf>.
- NHTSA, 2016. Federal Automated Vehicles Policy. Available at: <https://www.transportation.gov/AV/federal-automatedvehicles-policy-september-2016> (Accessed 12 March 2023)
- Norwegian Government (2016) *Høring - forslag til ny lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy på veg, 12 December*. Samferdselsdepartementet. [Government inquiry report] <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/horing—forslag-til-ny-lov-omutproving-av-selvkjorende-kjoretoy-pa-veg/id2523663/>.
- Norwegian Parliament (2017) *Vedtak til lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy. Lovvedtak*. The Norwegian Parliament, 2017–2018. Available at: <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Vedtak/Beslutninger/Lovvedtak/2017-2018/vedtak-201718-001/>.
- Nowakowski, C., Shladover, S.E. and Chan, C.-Y. (2016) 'Determining the Readiness of Automated Driving Systems for Public Operation: Development of Behavioral Competency Requirements.', *Transportation Research Record*, 2559(1), pp. 65–72. Available at: <https://doi.org/10.3141/2559-08>.
- NyTeknik (2017) 'Racet mot första autonoma fordonet', 10 April. [Newspaper article] <https://www.nyteknik.se/fordon/racet-mot-forsta-autonoma-fordonet-6838237>.
- Ødegård, I. and Klein-Paste, A. (2021) 'Do We Need a Change in Road Winter Maintenance to Accommodate for Automated Vehicles? A State-of-the-Art Literature Review Considering Automated Vehicle Technology's Usage of Road Infrastructure During Winter', *Transportation Research Record*, 2675(10), pp. 656–666. Available at: <https://doi.org/10.1177/03611981211012415>.

Okoli, C. and Pawlowski, S.D. (2004) 'The Delphi method as a research tool: An example, design considerations and applications.', *Information & Management*, 42(1), pp. 15–29.

Okuda, R., Kajiwar, Y. and Terashima, K. (2014) 'A survey of technical trend of ADAS and autonomous driving.', in *VLSI Technology, Systems and Application (VLSI-TSA)*. In *Proceedings of Technical Program-2014 International Symposium on*, pp. 1–4.

Orki, O. and Arogeti, S. (2019) 'Control of Mixed Platoons Consist of Automated and Manual Vehicles', in. *2019 IEEE International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE)*, pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICCVE45908.2019.8965243>.

Osichenko, D. and Spielhofer, R. (2018) 'Future challenges for the Road Asset Management', in *Lakusic, S. (Ed.), Road and Rail Infrastructure V*, pp. 979–985.

Othman, K. (2021) 'Impact of Autonomous Vehicles on the Physical Infrastructure: Changes and Challenges.', *Designs*, 5(40). Available at: <https://doi.org/10.3390/designs5030040>.

Ozan, E. (2019) 'QR Code Based Signage to Support Automated Driving Systems on Rural Area Roads', in J. Reis, S. Pinelas, and N. Melão (eds) *Industrial Engineering and Operations Management II*. Cham: Springer International Publishing, pp. 109–116.

Pan, Y. *et al.* (2024) 'The impacts of connected autonomous vehicles on mixed traffic flow: A comprehensive review', *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 635, p. 129454. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2023.129454>.

Parkin, J. *et al.* (2016) *Understanding interactions between autonomous vehicles and other road users: A literature review*. Technical Report. University of the West of England.

Parry, I.W., Walls, M. and Harrington, W. (2007) 'Automobile externalities and policies', *J Econom Lit*, 45, pp. 373–399.

Passchier-Vermeer, W. and Passchier, W.F. (2000) 'Noise exposure and public health', *Environ. Health Perspect.*, 108(1), pp. 123–131. Available at: <https://doi.org/10.1289/ehp.00108s1123>.

Patella, S.M. *et al.* (2019) 'Carbon footprint of autonomous vehicles at the urban mobility system level: a traffic simulation-based approach.', *Transp. Res. Part D: Transp. Environ.*, 74(189–200). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.08.007>.

Patella, S.M., Aletta, F. and Mannini, L. (2019) 'Assessing the impact of autonomous vehicles on urban noise pollution', *Noise Mapping*, 6(1), pp. 72–82. Available at: <https://doi.org/10.1515/noise-2019-0006>.

PIARC (2021) *Automated Vehicles: Challenges and Opportunities for Road Operators and Road Authorities*. World Road Association (PIARC).

Pisarov, J. and Mester, G. (2020) 'The Impact of 5G Technology on Life in 21st Century', *IPSI BgD Transactions on Advanced Research (TAR)*, 16(2), pp. 11–14.

Pomerleau, D.A. (1993) 'Knowledge-based training of artificial neural networks for autonomous robot driving', in *Robot learning*. Springer, pp. 19–43.

Powell, C. (2003) 'The Delphi technique: Myths and realities.', *Journal of Advanced Nursing*, 41(4), pp. 376–382.

Pressnell, J. (1999) *Citroen DS: The complete story*. Crowood.

Rabbi, N. (2020) *Introduction to 5G*. Available at: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14027.00804>.

RAC (2016) *Australia's first driverless bus is on the open road*. Media Release. Available at: <https://bccm.coop/wp-content/uploads/2016/09/MEDIA-RELEASE-Australias-first-driverless-bus-is-on-the-open-road.pdf>.

Rafael, S. *et al.* (2020) 'Autonomous vehicles opportunities for cities air quality', *Sci. Total Environ.*, 712. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136546>.

Rahimian, P. *et al.* (2018) 'Harnessing Vehicle-to Pedestrian (V2P) Communication Technology: Sending Traffic Warnings to Texting Pedestrians', *Human Factors*, 60(6), pp. 883–843.

Republic of Korea, Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2017) *Autonomous vehicle test bed, K-City*. Available at: <http://www.molit.go.kr/portal.do>.

Resende, P. *et al.* (2013) 'Low speed automation: Technical feasibility of the driving sharing in urban areas', In "*16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013)*", pp. 442–448.

Reuschenbach, A. *et al.* (2011) 'iDriver-Human Machine Interface for Autonomous Cars', in *Information Technology: New Generations (ITNG). 2011 Eighth International Conference on, IEEE*, pp. 435–440.

Rosique, F. *et al.* (2019) 'A Systematic Review of Perception System and Simulators for Autonomous Vehicles Research', *Sensors*, 19(3), p. 648. Available at: <https://doi.org/10.3390/s19030648>.

Russia (2020) 'Decree of the Government of the Russian Federation'. No. 724-r Collection of Legislation of the Russian Federation 13, 1995.

Russia (2019). Resolution of the Government of the Russian Federation No. 1415 "On conducting an experiment on pilot operation of highly automated vehicles on Public Roads". Collection of Legislation of the Russian Federation 49(VI), 7619.

Sackman, H. (1974) *Delphi critique: Expert opinion, forecasting, and group process*. Lexington Books.

SAE, (2021). 'SAE Levels of Driving Automation TM Refined for Clarity and International Audience [WWW Document].'

Saeed, T.U. (2019) *Road Infrastructure Readiness for Autonomous Vehicles*. Purdue University. Available at: <https://doi.org/10.25394/PGS.8949011.v1>.

Sayed, M., Sunna, H.N. and Moore, P.R. (2020) 'Truck Platooning Impact on Bridge Preservation', *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 34(3). Available at: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0001423](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0001423).

Scheibe, M., Skutsch, M. and Schofer, J. (1975) 'Experiments in Delphi methodology', in Linstone H. A. & Turoff M. (Eds.). *The Delphi method: Techniques and applications*. Addison-Wesley Publishing Company. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company

Schulze, L.; Wüllner, A. (2006), "The Approach of Automated Guided Vehicle Systems", presented at 2006 IEEE International Conference on Service Operations, Logistics and Informatics, 21.-23.06.2006, Shanghai, China

- Serizawa, K. *et al.* (2019) 'Field trial activities on 5G NR V2V direct communication towards application to truck platooning', in: *2019 IEEE 90th Vehicular Technology Conference (VTC2019-Fall)*, IEEE, pp. 1–5.
- Serobyan, G.A. and Yakovenko, A.A. (2021) 'SOME ANSWERS TO QUESTIONS ABOUT THE RESPONSIBILITY OF HIGHLY AUTOMATED VEHICLES', *BALTIC HUMANITARIAN JOURNAL*, 10(35). Available at: <https://doi.org/10.26140/bgz3-2021-1002-0099>.
- SFS (2017) *Forordning (2017:309) om forsöksverksamhet med självk orande fordon t.o.m.* SFS 2018:916. The Swedish Parliament [Government bill]. Available at: [https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-201730-9-om-forsoksverksamhet-med\\_sfs-2017-309](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-201730-9-om-forsoksverksamhet-med_sfs-2017-309).
- Shahar, A., Brémond, R. and Villa, C. (2018) 'Can light emitting diode-based road studs improve vehicle control in curves at night? A driving simulator study.', *Lighting Research & Technology*, 50(2), pp. 226–281. Available at: <https://doi.org/10.1177/1477153516660146>.
- Sheikh, M.S. and Liang, J. (2019) 'A Comprehensive Survey on VANET Security Services in Traffic Management System', *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1155/2019/2423915>.
- Shestikov, N.A. and Tsaregorodtseva, E.A. (2021) 'Software and hardware control complex of a highly automated vehicle: methods of legal regulation', *Journal «Road safety»*, 4, pp. 60–64.
- Shladover, S.E. (2007) *Lane assist systems for bus rapid transit, Volume I: Technology Assessment*. Washington, DC: " Publication RTA 65A0160, US Department of Transportation.
- Shladover, S.E. (2018) 'Connected and automated vehicle systems: introduction and overview.', *Journal of Intelligent Transport Systems*, 22(3), pp. 190–200.
- Shladover, S.E. and Bishop, R. (2015) 'Road Transport Automation as a Public–Private Enterprise', in *Transportation Research Board Conference Proceedings*. Transportation Research Board, pp. 40–64.
- Shoup, D.C. (2005) *The high cost of free parking*. Planners Press.
- Silva, Ó. *et al.* (2022) 'Environmental impacts of autonomous vehicles: A review of the scientific literature', *Science of The Total Environment*, 830, p. 154615. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154615>.
- Simmonds, C. (1977) 'The Nature of Futures Problems', in *Futures Research: New Directions* Linstone H. and Simmonds C. Addison-Wesley Publishing Company.
- Skulmoski, G., Hartman, F.T. and Kran, J. (2007) 'The Delphi method for graduate research.', *Journal of Information Technology Education*, 6, pp. 1–21.
- Smart, A., Stetson, C. and Jesudesan, K. (2022) 'Autonomous Vehicle Safety Assessment with Fully Quantified ODDs', *SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility*, 4(1), pp. 270–277. Available at: <https://doi.org/10.4271/2021-01-1011>.
- Soteropoulos, A. *et al.* (2020) 'Automated drivability: Toward an assessment of the spatial deployment of level 4 automated vehicles', *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 136, pp. 64–84. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.03.024>.

Soteropoulos, A., Berger, M. and Ciari, F. (2019) 'Impacts of automated vehicles on travel behaviour and land use: an international review of modelling studies.', *Transp. Rev.*, 39, pp. 29–49.

SOU (2016) *Vagen till självkörande fordon - forsöksverksamhet*. Government inquiry report SOU 2016:28. Stockholm: Norstedts juridik.

SOU (2018) *Vagen till självkörande fordon: Introduktion*. Government inquiry report SOU 2018:16. Stockholm: Norstedts juridik.

Stead, D. and Vaddadi, B. (2019) 'Automated vehicles and how they may affect urban form: A review of recent scenario studies.', *Cities*, 92, pp. 125–133. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.03.020>.

Stern, R.E. *et al.* (2019) 'Quantifying air quality benefits resulting from few autonomous vehicles stabilizing traffic', *Res. Part D: Transp. Environ.*, 67, pp. 351–365. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.12.008>.

Stogios, C. *et al.* (2019) 'Stimulating impacts of automated driving behavior and traffic conditions on vehicle emissions', *Transp. Res. Part D: Transp. Environ.*, 76, pp. 176–192. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.09.020>.

Stone, T., Santoni De Sio, F. and Vermaas, P.E. (2020) 'Driving in the Dark: Designing Autonomous Vehicles for Reducing Light Pollution', *Science and Engineering Ethics*, 26(1), pp. 387–403. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11948-019-00101-7>.

Strasser, S., London, L. and Kortenbout, E. (2005) 'Developing a competence framework and evaluation tool for primary care nursing in South Africa', *Education for Health*, 18(2), pp. 133–144.

SVV (2016) 'Prøveordning med selvkjørende kjøretøy er på vei. Vegnett.no. The Norwegian Public Roads Administration.' Retrieved 13 February 2024 from <https://vegnett.no/2017/02/proveordning-med-selvkjorende-kjoretoy-er-pa-vei/> [News article, Government agency].

Swedish Government (2015) *Kommittédirektiv 2015:114. Självkörande fordon på väg*. Retrieved 20 January 2024 from <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/kommittedirektiv/2015/11/dir.-2015114/> [Government Instruction to inquiry report].

Swief, A. and El-Habrouk, M. (2018) 'A survey of automotive driving assistance systems technologies.', In *Proceedings of the 2018 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP)*. Malatya, Turkey, 28–30 September 2018; pp. 1–12.

SyncedReview (2018) *Global Survey of Autonomous Vehicle Regulations*, Medium. Available at: <https://medium.com/syncedreview/global-survey-of-autonomous-vehicle-regulations-6b8608f205f9>.

Tabeta, S. (2018) *China intends for self-driving cars to propel smart megacity*, NIKKEI ASIA. Available at: <https://asia.nikkei.com/Economy/China-intends-for-self-driving-cars-to-propel-smart-megacity>.

Tengilimoglu, O., Carsten, O. and Wadud, Z. (2023) 'Implications of automated vehicles for physical road environment: A comprehensive review', *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 169, p. 102989. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102989>.

Tennant, C. *et al.* (2021) 'Code, Culture, and Concrete: Self-Driving Vehicles and the Rules of the Road', *Frontiers in Sustainable Cities*, 3, p. 710478. Available at: <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.710478>.

the japan times (2018) *Autonomous taxi, the japan times*. Available at: <https://www.japantimes.co.jp/news/2018/08/27/>.

Toor, Y. *et al.* (2008) 'Vehicle Ad Hoc networks: Applications and related technical issues.', *IEEE*, 10(3), pp. 71–88. Available at: <https://doi.org/10.1109/COMST.2008.4625806>.

Transport Systems Catapult (2017) *Future Proofing Infrastructure for Connected and Automated Vehicles*. Technical report.

TSC (2017) *Future Proofing Infrastructure for Connected and Autonomous Vehicles*. Available at: [https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/media.ts.catapult/wp-content/uploads/2017/04/251153\\_13/ATS40-Future-Proofing-Infrastructure-for-CAVs.pdf](https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/media.ts.catapult/wp-content/uploads/2017/04/251153_13/ATS40-Future-Proofing-Infrastructure-for-CAVs.pdf).

TU (2017) 'Nå blir det lov å teste ut selvkjørende kjøretøy på norske veier, Retrieved 28 June 2024 from <https://www.tu.no/artikler/na-blir-detlov-a-teste-ut-selvkjorende-kjoretoy-pa-norske-veier/413029> [Newspaper article] 28 December.

UK Autodrive and Gowling WLG (2018) 'Paving the Way: Building the Road Infrastructure of the Future for the Connected and Autonomous Vehicles.'

Ulrich, S. *et al.* (2020) *MANTRA: Making full use of Automation for National Transport and Road Authorities -NRA Core Business Consequences of automation functions to infrastructure*. Available at: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15343.05285>.

UN ESCAP (2017) *Development of model Intelligent Transport Systems. Deployments for the Asian Highway network*. Bangkok. Available at: <https://www.unescap.org/sites/default/d8files/4-Model%20ITS%20deployment%20study%20report.pdf>.

United Nations. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP) (2022) *Facilitating the deployment of highly and fully automated vehicles in road traffic along the Asian Highway Network*. Publication 01844683, p. 92. Available at: <https://www.unescap.org/kp/2022/facilitating-deployment-highly-and-fully-automated-vehicles-road-traffic-along-asian>.

U.S. Department of Transportation (2018) *U.S. Department of Transportation Public Listening Summit on Automated Vehicle Policy*. Summary Report. U.S. Department of Transportation. Available at: <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/policy-initiatives/automated-vehicles/314091/usdot-public-listening-summit-automated-vehicle-policy-summary-report.pdf>.

Vert, C. *et al.* (2019) 'Health benefits of physical activity related to an urban riverside regeneration.', *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16(3), p. 462.

de Villiers, M.R., de Villiers, P.J.T. and Kent, A.P. (2005) 'The Delphi technique in health sciences education research.', *Medical Teacher*, 27(7), pp. 639–643. Available at: <https://doi.org/doi:10.1080/13611260500069947>.

Vishwakarma, S. (2019) 'Components of Automated Guided Vehicle: A Review', *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 7(1), pp. 373–375. Available at: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.1065>.

- Voegelé, T. and Zhivov, N. (2018) 'Cooperative Mobility Systems and Automated Driving', *OECD/ITF*, pp. 1–35.
- Wadud, Z., MacKenzie, D. and Leiby, P. (2016) 'Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles', *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 86, pp. 1–18. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.12.001>.
- Wang, R., Kim, J.H. and Li, M.-H. (2021) 'Predicting stream water quality under different urban development pattern scenarios with an interpretable machine learning approach', *Science of The Total Environment*, 761. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144057>.
- Wang, Y. *et al.* (2016) 'A DSRC-Based Vehicular Positioning Enhancement Using a Distributed Multiple-Model Kalman Filter', *IEEE Access*, 4, pp. 8338–8350. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2630708>.
- Wang, Z., Dai, Y. and Xia, J.A. (2020) 'A CAV Platoon Control Method for Isolated Intersections: Guaranteed Feasible Multi-Objective Approach with Priority', *Energies*, 13(3), p. 625. Available at: <https://doi.org/10.3390/en13030625>.
- Wang, Z., Wu, G. and Barth, M.J. (2020) 'Cooperative eco-driving at signalized intersections in a partially connected and automated vehicle environment', *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 21(5), pp. 2029–2038. Available at: <https://doi.org/10.1109/TITS.2019.2911607>.
- Wang, Z., Wu, Y. and Niu, Q. (2020) 'Multi-Sensor Fusion in Automated Driving: A Survey.', *IEEE*, 8, pp. 2847–2868. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2962554>.
- Weber, R., Misener, J. and Park, V. (2019) 'C-V2X - A Communication Technology for Cooperative, Connected and Automated Mobility', in *Mobile Communication - Technologies and Applications*, 24. ITG-Symposium, pp. 1–6.
- Weeratunga, K. and Somers, A. (2015) 'Connected vehicles: are we ready?', *Main Roads Western Australia* [Preprint]. Available at: <https://www.mainroads.wa.gov.au/Documents/Connect%20Vehicles%20Web.RCN-D15%5E23413758.PDF>.
- Wenger, J. (2005) 'Automotive radar - status and perspectives', in *IEEE Compound Semiconductor Integrated Circuit Symposium, 2005. CSIC '05*. IEEE, pp. 4–pp.
- Wevolver (2020) *2020 Autonomous Vehicle Technology Report*.
- WHO (World Health Organisation) (2018) 'Global status report on road safety 2018'. World Health Organization. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>.
- Wibowo, S. and Deng, H. (2013) 'Consensus-based decision support for multicriteria group decision making.', *Computers & Industrial Engineering*, 66(4), pp. 625–633.
- Winner, H. *et al.* (2019) 'PEGASUS—First Steps for the Safe Introduction of Automated Driving', in *Road Vehicle Automation*. (5), pp. 185–195. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94896-6\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94896-6_16).
- Winner, H., Hakuli, S. and Wolf, G. (2015) *Handbuch fahrerassistenz-systeme*. Technical report. Springer.

Yandex (2020) *What the new3 generation of self-driving Yandex cars look like*. Available at: <https://yandex.ru/blog/company/kak-vyglyadyat-bespilotnye-avtomobili-yandeksa-novogo-pokole>.

Yao, F. *et al.* (2020) 'Hybrid operations of human driving vehicles and automated vehicles with data-driven agent-based simulation.', *Transp. Res. Part D: Transp. Environ.*, 86. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102469>.

Ye, L. and Yamamoto, T. (2018) 'Impact of dedicated lanes for connected and autonomous vehicle on traffic flow throughput', *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 512, pp. 588–597. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.08.083>.

Yeganeh, A., Vandoren, B. and Pirdavani, A. (2022) 'Impacts of load distribution and lane width on pavement rutting performance for automated vehicles', *International Journal of Pavement Engineering*, 23(12), pp. 4125–4135.

Zhang, C. *et al.* (2019) 'Predictive modeling of energy consumption and greenhouse gas emissions from autonomous electric vehicle operations.', *Appl. Energy* 254 [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113597>.

Zhang, H. *et al.* (2020) 'Charging infrastructure demands of shared-use autonomous electric vehicles in urban areas.', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 78. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.102210>.

Zhang, R. *et al.* (2017) 'An Optimal Roadside Unit Placement Method for VANET Localization.', In *Proceedings of the Global Communications Conference (GLOBECOM)*, Singapore, pp. 1–6.

Zhang, R., Rossi, F. and Pavone, M. (2019) 'Analysis, Control, and Evaluation of Mobility-on-Demand Systems: A Queueing-Theoretical Approach', *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, 6(1), pp. 115–126.

Zhao, G. *et al.* (2021) 'Assessing Pavement Friction Need for Safe Integration of Autonomous Vehicles into Current Road System', *Journal of Infrastructure Systems* [Preprint]. Available at: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000615](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000615).

Zheng, F. *et al.* (2020) 'Analyzing the impact of automated vehicles on uncertainty and stability of the mixed traffic flow.', *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, pp. 203–219.

Zhou, F. *et al.* (2019) *Optimizing the Lateral Wandering of Automated Vehicles to Improve Roadway Safety and Pavement Life*. Texas A&M Transportation Institute.

Ziglio, E. (1995) 'The Delphi method and its contribution to decision-making', in M. Adler & E. Ziglio (Eds.), *Gazing into the oracle: The Delphi method and its application to social policy and public health*. PA: Jessica Kingsley Publishers.

van Zolingen, S. and Klaassen, C.A. (2003) 'Selection Processes in a Delphi Study about Key Qualifications in Senior Secondary Vocational Education', *Technological Forecasting and Social Change*, 70(4), pp. 317–340.

Ίσαρη, Φ. and Πουρκός, Μ. (2015) 'Ποιοτική Μεθοδολογία Έρευνας'.

Παπαγιάννης, Θ. and Συνεργάτες (1984) *ΕΠΑ ΠΣ Βόλου, Φάση Α2: Αναγνώριση - Ανάλυση*, Αθήνα: ΥΠΕΧΩΔΕ, ΕΠΑ 1982-1984,.

Σαββελίδη, Μ.Ε. (2024) *Η ένταξη του τραμ στον αστικό ιστό και οι χωρικές επιπτώσεις του. Η περίπτωση του Βόλου*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας Και Περιφερειακής Ανάπτυξης. Available at:

file:///C:/Users/MARO/Desktop/CCAM/%CE%9A%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%207/%CE%BC%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CF%84%CE%B7%20%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%AF%CF%80%CF%84%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82/%CE%A3%CE%91%CE%92%CE%92%CE%95%CE%9B%CE%99%CE%94%CE%97\_%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97.pdf.

Τερκενλή, Θ. and Ζούρος, Ν. (2004) 'ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ'. Βιβλιοθήκη Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Τσιώλης, Γ. (2016) 'Ανάλυση ποιοτικών δεδομένων: διλήμματα, δυνατότητες, διαδικασίες', in *Πυργιωτάκης Γ. & Θεοφιλίδης Χρ. (Επιμ.) Ερευνητική Μεθοδολογία στις Κοινωνικές Επιστήμες και στην Εκπαίδευση. Συμβολή στην επιστημολογική θεωρία και την ερευνητική πράξη*. Πεδίο, pp. 437–498.

Φραντζεσκάκης, Ι. and Γιαννόπουλος, Γ. (1986) *Σχεδιασμός των Μεταφορών και Κυκλοφοριακή Τεχνική*, Παρατηρητής.

Φραντζής, Χ. (1985) *Οδοποιία*. Ιδιωτική.

## 10. Παραρτήματα

### 10.1 Ερωτηματολόγιο Ά Γύρου

#### **Έρευνα για τα αυτόνομα οχήματα και τις απαιτήσεις οδικών υποδομών.**

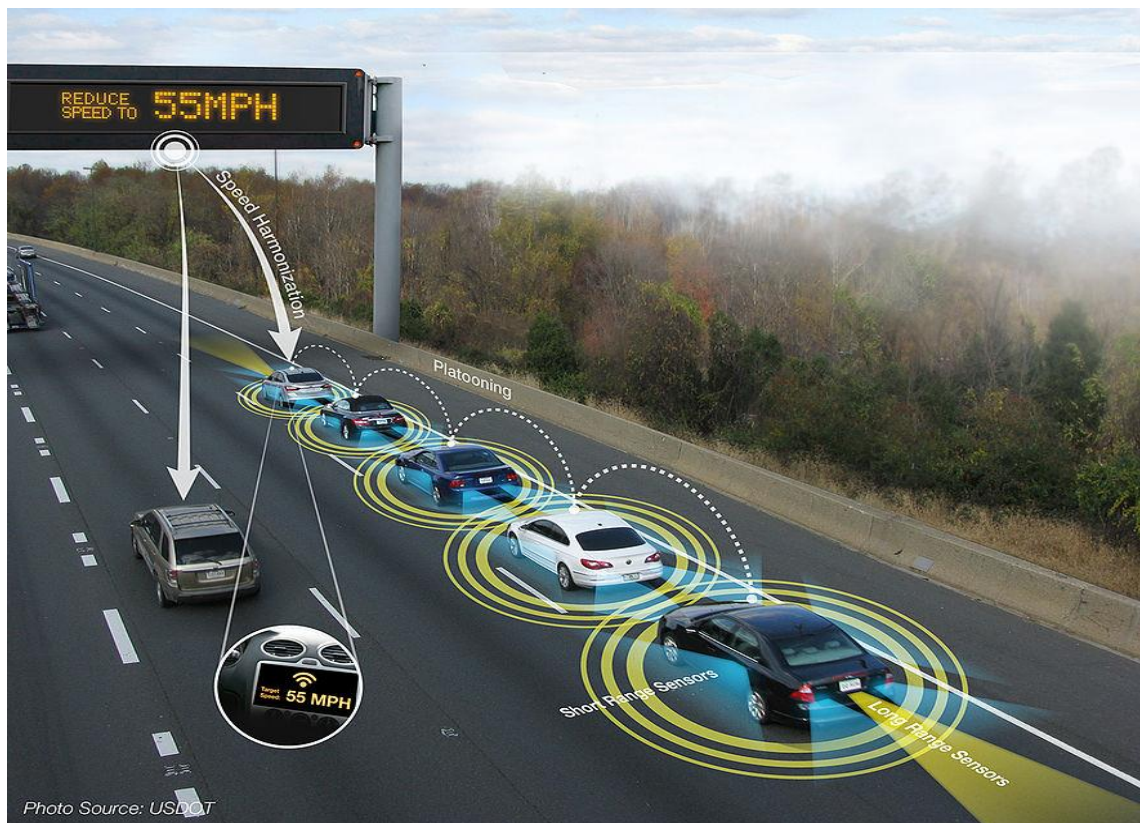
Σύμφωνα με το SAE International (Society of Automotive Engineers) διακρίνονται 6 Επίπεδα Αυτοματοποιημένης Οδήγησης, ανάλογα με τις δυνατότητες αυτοματοποίησης της οδήγησης και των σχετικών λειτουργιών στο όχημα. Το Επίπεδο 5 αντιστοιχεί στο πλήρως Αυτόνομο Όχημα που είναι ικανό να αναλάβει με αυτοματοποιημένο τρόπο όλες τις λειτουργίες που σχετίζονται με την οδήγηση σε όλες τις πιθανές συνθήκες, ενώ στο επίπεδο 0 ανήκουν τα οχήματα χωρίς καμία αυτοματοποίηση στον τρόπο οδήγησης τους. Η διεθνής βιβλιογραφία προβλέπει την ευρεία εφαρμογή των πλήρως Αυτόνομων Οχημάτων έως το 2050. Η ένταξή τους στα αστικά οδικά δίκτυα απαιτεί επεμβάσεις στην οδική υποδομή και στο ευρύτερο περιβάλλον της οδού οι οποίες θα διευκολύνουν την χρήση αυτόνομων οχημάτων στο μέλλον. Στη συνέχεια παρατίθενται οι κρίσιμότερες επεμβάσεις στην οδική υποδομή και το ευρύτερο περιβάλλον της οδού για την προσαρμογή τους στην μελλοντική χρήση από τα αυτόνομα οχήματα. Το αντικείμενο μελέτης είναι η πόλη του Βόλου και κατά πόσο είναι εφικτό να υπάρξουν αυτόνομα οχήματα τα επόμενα χρόνια με τις κατάλληλες παρεμβάσεις στις υποδομές. Αξιολογήστε με τις απαντήσεις τον βαθμό δυσκολίας της κάθε παρέμβασης στο περιβάλλον της πόλης του Βόλου με τις παρακάτω επιλογές.

1. Τα αυτόνομα οδικά οχήματα όπως προδίδει και η λέξη είναι αυτόνομα διότι ο επιβάτης δεν χρειάζεται να κάνει τίποτα παραπάνω από το να επιβιβαστεί στο όχημα έτσι ώστε να μεταβεί στον προορισμό του. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα χρήσης τους από άτομα διάφορων ηλικιών και ιδιαιτεροτήτων. Έτσι ένα αυτόνομο όχημα θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ανθρώπους με μειωμένη κινητικότητα, υπερήλικες και ανθρώπους κάθε μορφή αναπηρίας. Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος θα πρέπει να γίνει ο απαραίτητος σχεδιασμός των υποδομών στους σταθμούς επιβίβασης και αποβίβασης των αυτόνομων οχημάτων έτσι ώστε να εξυπηρετούνται οι άνθρωποι αυτοί στην καθημερινότητα τους και να έχουν πρόσβαση παντού. Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;



- **Πολύ Δύσκολο**
- **Δύσκολο**
- **Εύκολο**
- **Πολύ Εύκολο**

2. Με τα αυτόνομα οχήματα πετυχαίνουμε ομαλότερη κυκλοφοριακή ροή καθώς κινούνται σε μικρότερες αποστάσεις μεταξύ τους και σταθερότερες ταχύτητες, Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση χώρου λόγω της μείωσης της συμφόρησης και των καθυστερήσεων, κι έτσι προκύπτει η προοπτική αναβάθμισης του περιβάλλοντος της οδού (π.χ. δίκτυα ήπιας μετακίνησης, φυτεύσεις κλπ.). Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;



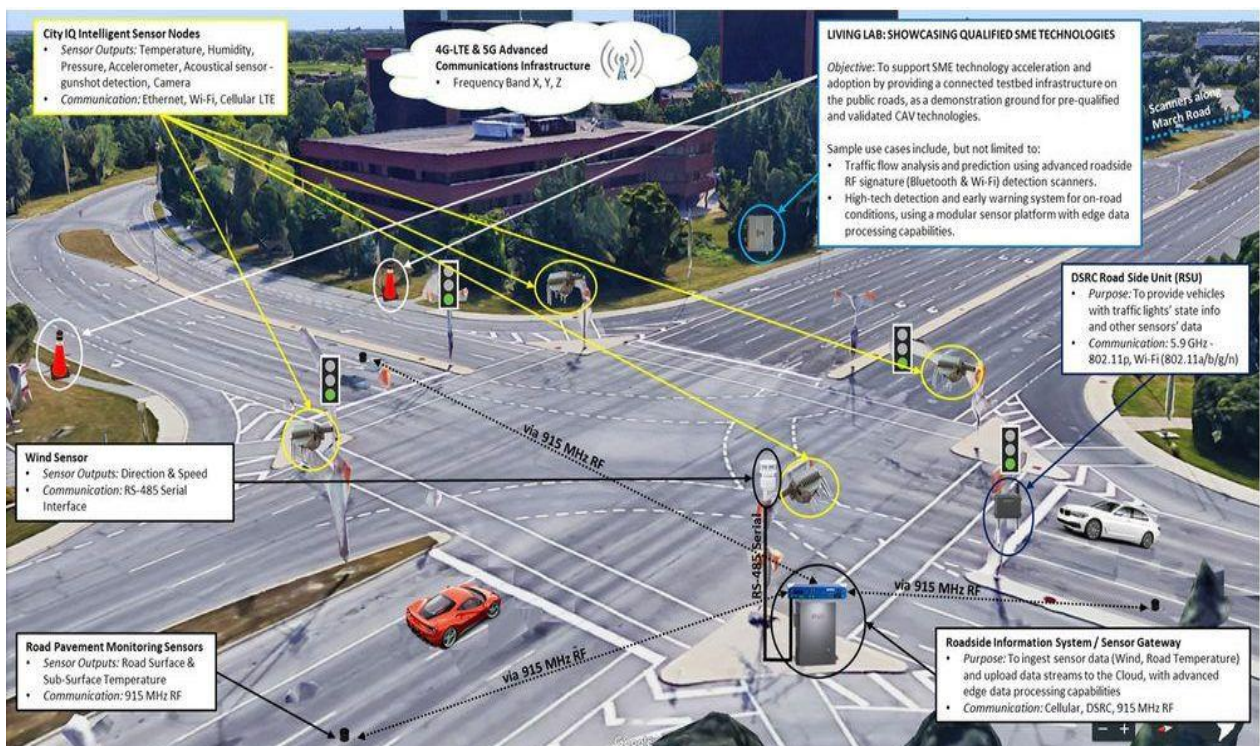
- **Πολύ Δύσκολο**
- **Δύσκολο**
- **Εύκολο**
- **Πολύ Εύκολο**

3. Οι απαιτήσεις των αυτόνομων οχημάτων Δημόσιων Συγκοινωνιών (ΔΣ) σε υποδομές για τη σωστή και ασφαλή λειτουργία τους είναι αυξημένες. Συγκεκριμένα για την ενσωμάτωση τους σε ένα αστικό οδικό δίκτυο απαιτείται χρόνος, στρατηγικός σχεδιασμός αλλά και δημόσιες επενδύσεις για τον ανασχεδιασμό των υποδομών και δικτύων Δημόσιων Συγκοινωνιών. Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;



- **Πολύ Δύσκολο**
- **Δύσκολο**
- **Εύκολο**
- **Πολύ Εύκολο**

4. Οι οδικές υποδομές με τα σημερινά δεδομένα περιλαμβάνουν σηματοδότες, κατακόρυφη και οριζόντια σήμανση και διαγραμμίσεις, τα οποία κατευθύνουν τον οδηγό έτσι ώστε να υπάρχει ομαλή και ασφαλής κυκλοφορία. Για την ενσωμάτωση των αυτόνομων οχημάτων θα πρέπει να υπάρξουν αναβαθμίσεις στις υποδομές ελέγχου και καθοδήγησης της κυκλοφορίας. Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;



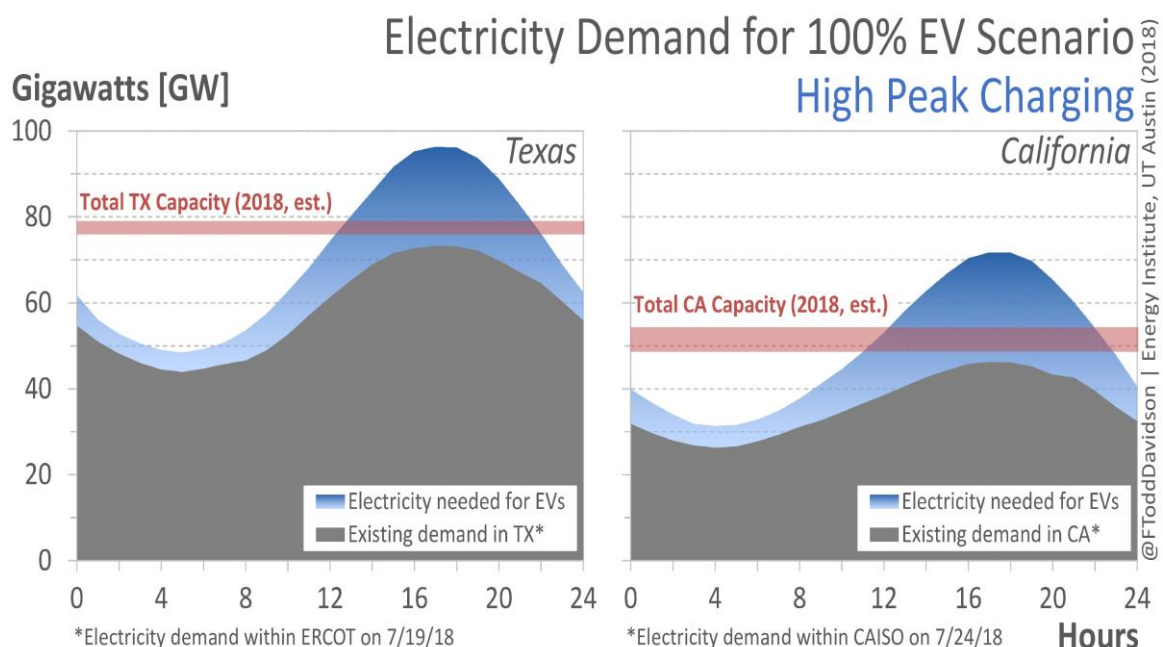
- **Πολύ Δύσκολο**
- **Δύσκολο**
- **Εύκολο**
- **Πολύ Εύκολο**

5. Για τη διασφάλιση της σωστής λειτουργίας των αυτόνομων οχημάτων απαιτούνται μεγάλο εύρος συνδεσιμότητας και υψηλές ταχύτητες επικοινωνίας για ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων. Έτσι προκύπτει η ανάγκη αναβάθμισης και εκσυγχρονισμού των υποδομών τηλεπικοινωνιών και της ολοκλήρωσης του δικτύου κάλυψης της πόλης. Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;



- Πολύ Δύσκολο
- Δύσκολο
- Εύκολο
- Πολύ Εύκολο

6. Λαμβάνοντας υπόψη τα οχήματα που ήδη υπάρχουν με αυτόνομες λειτουργίες η τάση στα επόμενα χρόνια φαίνεται να είναι θετική προς τα ηλεκτροκίνητα αυτόνομα οχήματα για πολλούς λόγους, με συνέπεια την αυξημένη ζήτηση ενέργειας. Για την κάλυψη των αναγκών που θα προκύψουν πιθανώς να απαιτηθούν αναβαθμίσεις στο υφιστάμενο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της πόλης αλλά και νέες «έξυπνες» υποδομές ενέργειας ώστε να υπάρχει επαρκής κάλυψη των αναγκών, ιδιαίτερα σε περιόδους αιχμής της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια. Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;



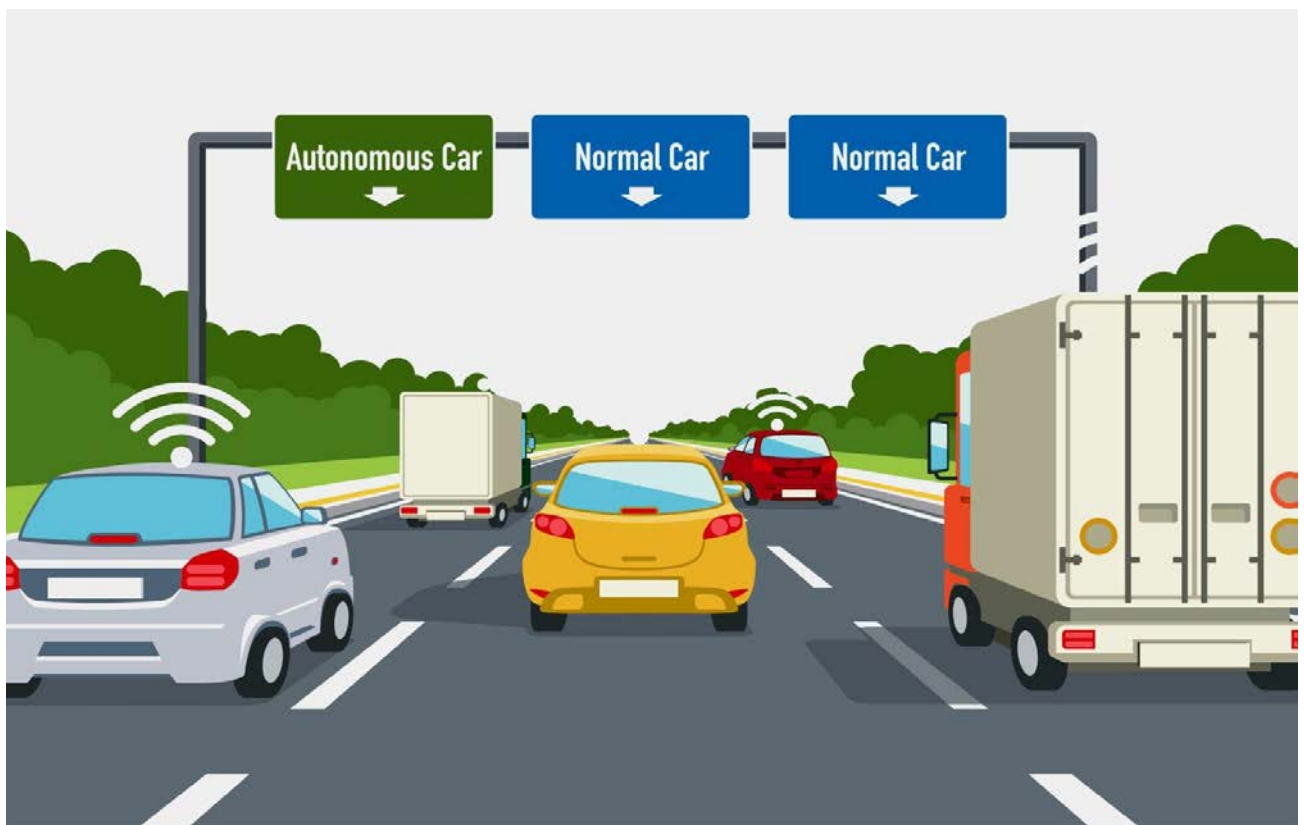
- **Πολύ Δύσκολο**
- **Δύσκολο**
- **Εύκολο**
- **Πολύ Εύκολο**

7. Τα αυτόνομα οχήματα είτε είναι δημόσια είτε ιδιωτικά θα χρειάζονται σταθμούς ανεφοδιασμού-φόρτισης-συντήρησης που μπορεί να χωροθετηθούν σε απόσταση από τους τελικούς προορισμούς των μετακινούμενων ( π.χ. εκτός κεντρικών περιοχών) ή/και να συνδυαστούν με άλλες λειτουργίες (όπως στάση εξυπηρέτησης επιβατών σε πλατφόρμες συνεπιβατισμού). Έτσι προκύπτει η ανάγκη σχεδιασμού και χωροθέτησης των σταθμών αυτών. Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;



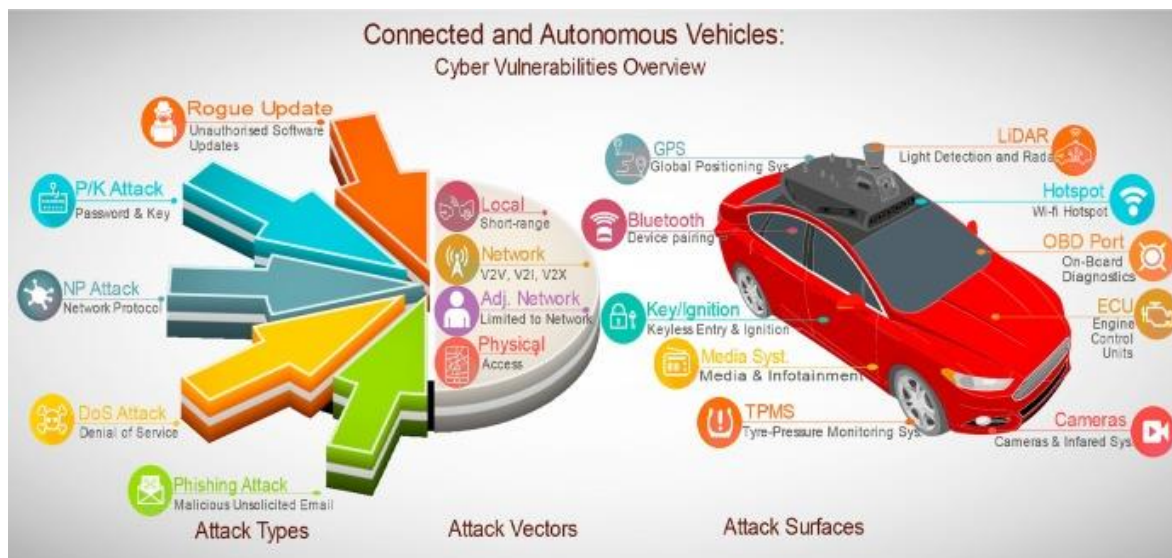
- **Πολύ Δύσκολο**
- **Δύσκολο**
- **Εύκολο**
- **Πολύ Εύκολο**

8. Μέχρι την ευρεία εξάπλωση της χρήσης των αυτόνομων οχημάτων θα υπάρξει μια περίοδος μεικτής κυκλοφορίας οχημάτων διάφορων επιπέδων αυτοματοποιημένης οδήγησης. Κατά τη μεταβατική αυτή περίοδο, θα είναι δύσκολο να συνυπάρξουν οι οδηγοί των οχημάτων αυτών κάτω από ικανοποιητικές συνθήκες ασφαλείας και άνεσης. Έτσι προκύπτει η ανάγκη ευέλικτου σχεδιασμού και σταδιακής υλοποίησης έξυπνων υποδομών διαχείρισης, ελέγχου και αστυνόμευσης της κυκλοφορίας αλλά και εξυπηρέτησης της πρόσβασης/στάσης-στάθμευσης/ανεφοδιασμού-φόρτισης ώστε να διασφαλιστεί η ομαλή και ασφαλής κυκλοφορία στην πόλη. Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;



- **Πολύ Δύσκολο**
- **Δύσκολο**
- **Εύκολο**
- **Πολύ Εύκολο**

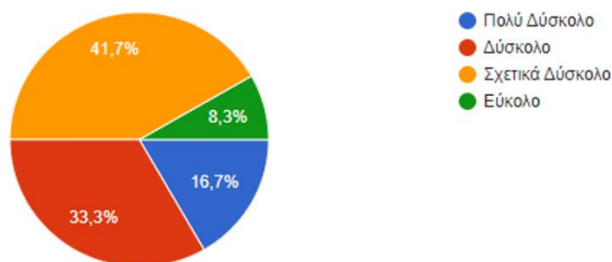
9. Η λειτουργία των συνδεδεμένων αυτόνομων οχημάτων εξαρτάται από διάφορα τηλεπικοινωνιακά, ηλεκτρονικά και υπολογιστικά συστήματα με αποτέλεσμα να είναι τρωτά με διάφορους τρόπους ως προς τη διασφάλιση προσωπικών δεδομένων αλλά και την χρήση για εγκληματικές και τρομοκρατικές ενέργειες. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητη η ανάπτυξη και διαρκής αναβάθμιση της κατάλληλης φυσικής και ψηφιακής υποδομής για την προστασία από τις ενέργειες αυτές. Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;



- **Πολύ Δύσκολο**
- **Δύσκολο**
- **Εύκολο**
- **Πολύ Εύκολο**

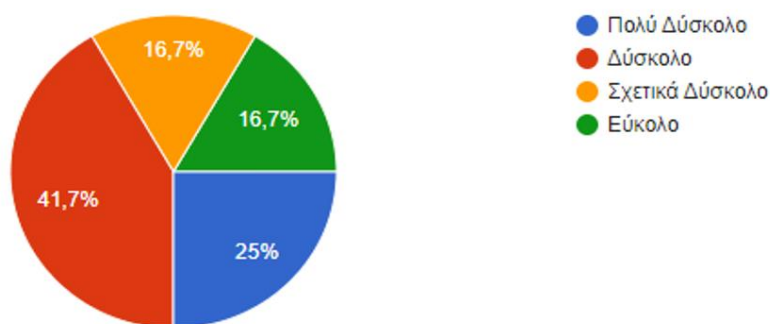
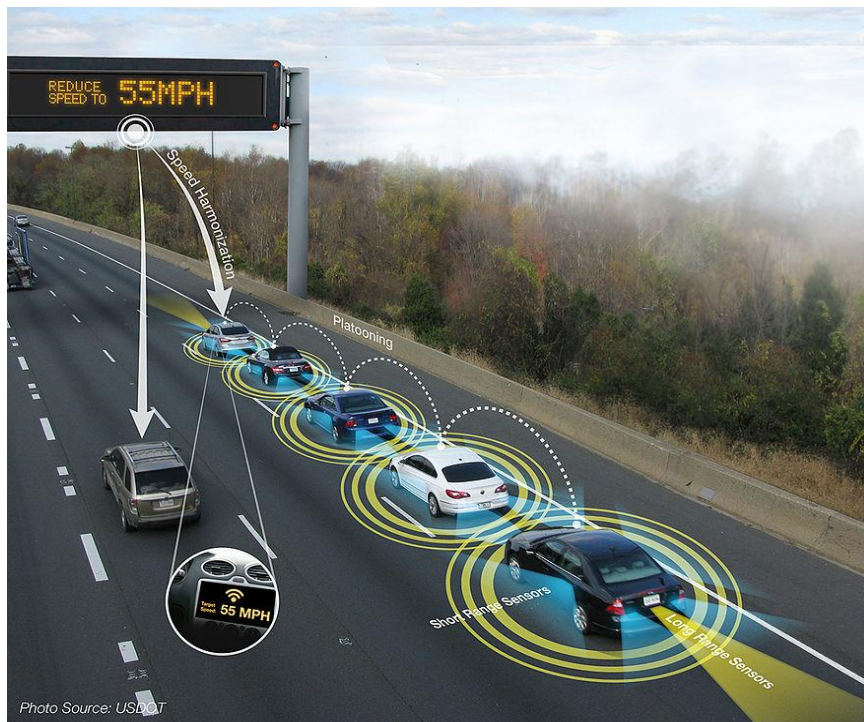
## 10.2 Ερωτηματολόγιο 'Β Γύρου

1. Τα αυτόνομα οδικά οχήματα όπως προδίδει και η λέξη είναι αυτόνομα διότι ο επιβάτης δεν χρειάζεται να κάνει τίποτα παραπάνω από το να επιβιβαστεί στο όχημα έτσι ώστε να μεταβεί στον προορισμό του. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα χρήσης τους από άτομα διάφορων ηλικιών και ιδιαιτεροτήτων. Έτσι ένα αυτόνομο όχημα θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ανθρώπους με μειωμένη κινητικότητα, υπερήλικες και ανθρώπους κάθε μορφή αναπηρίας. Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος θα πρέπει να γίνει ο απαραίτητος σχεδιασμός των υποδομών στους σταθμούς επιβίβασης και αποβίβασης των αυτόνομων οχημάτων έτσι ώστε να εξυπηρετούνται οι άνθρωποι αυτοί στην καθημερινότητα τους και να έχουν πρόσβαση παντού. Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου; Παρακαλώ αιτιολογήστε την απάντησή σας.



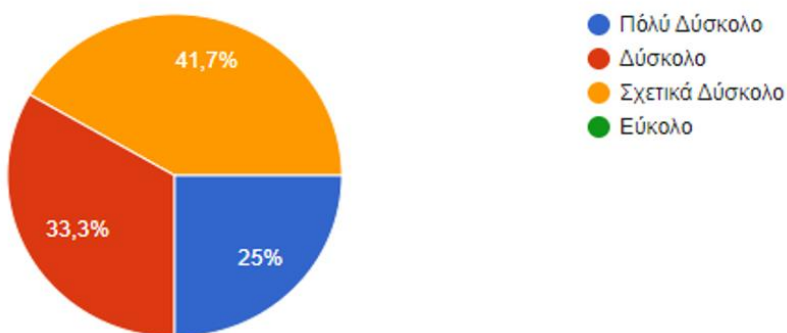
- **Πολύ Δύσκολο**
- **Δύσκολο**
- **Εύκολο**
- **Πολύ Εύκολο**

2. Με τα αυτόνομα οχήματα πετυχαίνουμε ομαλότερη κυκλοφοριακή ροή καθώς κινούνται σε μικρότερες αποστάσεις μεταξύ τους και σταθερότερες ταχύτητες, Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση χώρου λόγω της μείωσης της συμφόρησης και των καθυστερήσεων, κι έτσι προκύπτει η προοπτική αναβάθμισης του περιβάλλοντος της οδού (π.χ. δίκτυα ήπιας μετακίνησης, φυτεύσεις κλπ.). Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου; Παρακαλώ αιτιολογήστε την απάντησή σας.



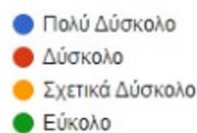
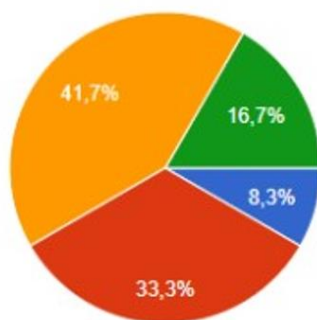
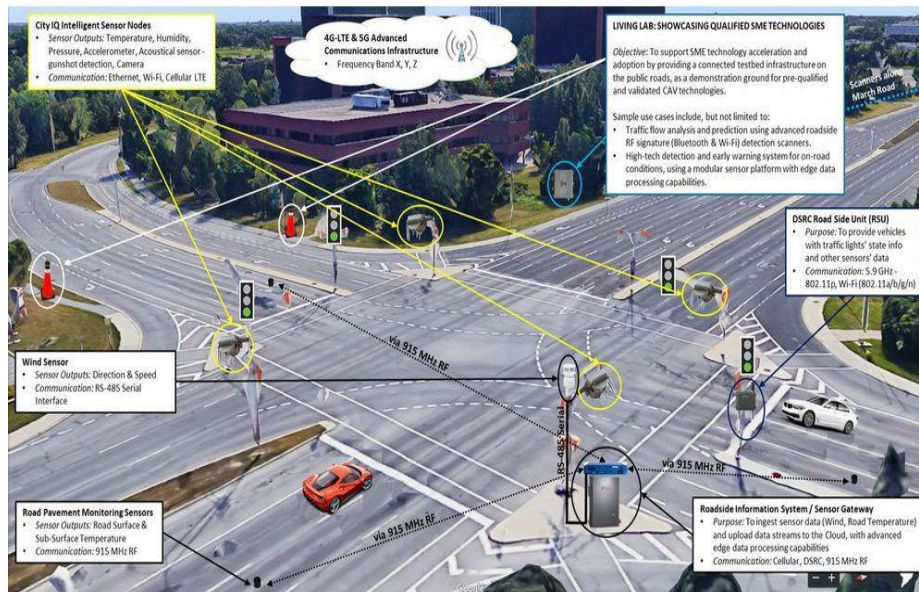
- **Πολύ Δύσκολο**
- **Δύσκολο**
- **Εύκολο**
- **Πολύ Εύκολο**

3. Τα αυτόνομα οχήματα Δημόσιων Συγκοινωνιών (ΔΣ) έχουν ειδικές απαιτήσεις σε υποδομές και εξοπλισμό της οδού για τη σωστή και ασφαλή λειτουργία τους . Έτσι, για την ενσωμάτωση τους σε ένα αστικό οδικό δίκτυο απαιτείται στρατηγικός σχεδιασμός με σαφή χρονικό ορίζοντα αλλά και δημόσιες επενδύσεις για τον ανασχεδιασμό των υποδομών και δικτύων Δημόσιων Συγκοινωνιών .Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες επεμβάσεις στην πόλη του Βόλου; Παρακαλώ αιτιολογήστε την απάντησή σας.



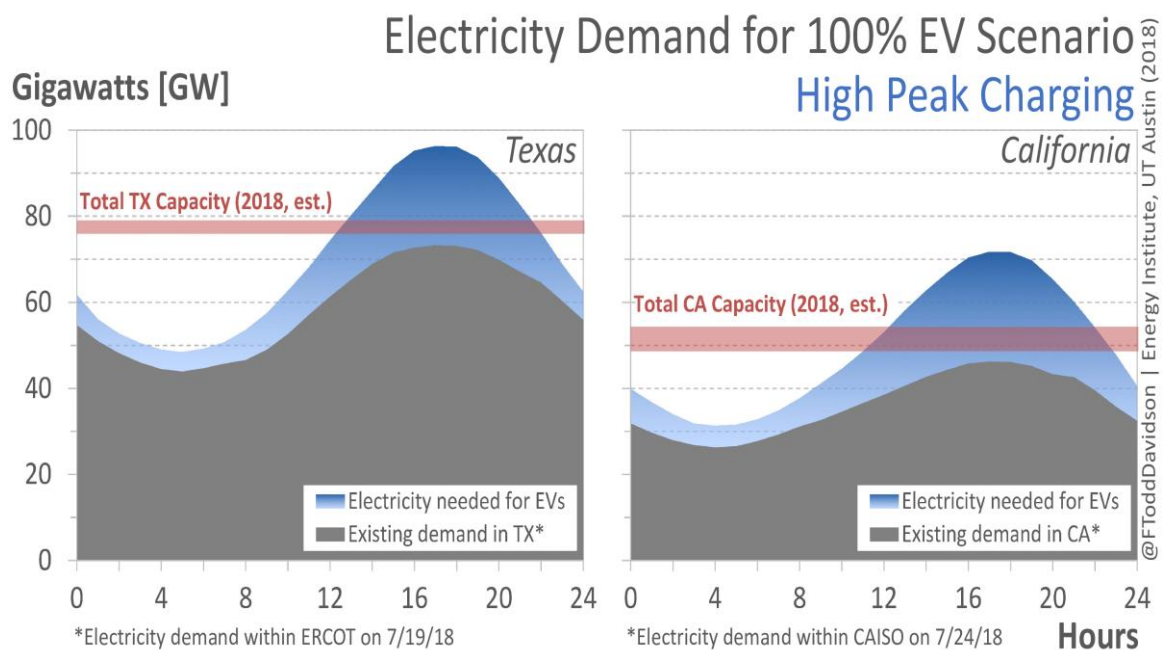
- **Πολύ Δύσκολο**
- **Δύσκολο**
- **Εύκολο**
- **Πολύ Εύκολο**

4. Για τη διασφάλιση της σωστής λειτουργίας των αυτόνομων οχημάτων απαιτούνται μεγάλο εύρος συνδεσιμότητας και υψηλές ταχύτητες επικοινωνίας για ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων. Έτσι προκύπτει η ανάγκη αναβάθμισης και εκσυγχρονισμού των υποδομών τηλεπικοινωνιών και της ολοκλήρωσης του δικτύου κάλυψης της πόλης. Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;



- **Πολύ Δύσκολο**
- **Δύσκολο**
- **Εύκολο**
- **Πολύ Εύκολο**

5. Λαμβάνοντας υπόψη τα οχήματα που ήδη υπάρχουν με αυτόνομες λειτουργίες η τάση στα επόμενα χρόνια φαίνεται να είναι θετική προς τα ηλεκτροκίνητα αυτόνομα οχήματα για πολλούς λόγους, με συνέπεια την αυξημένη ζήτηση ενέργειας. Για την κάλυψη των αναγκών που θα προκύψουν πιθανώς να απαιτηθούν αναβαθμίσεις στο υφιστάμενο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της πόλης αλλά και νέες «έξυπνες» υποδομές ενέργειας ώστε να υπάρχει επαρκής κάλυψη των αναγκών, ιδιαίτερα σε περιόδους αιχμής της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια. Κατά τη γνώμη σας, πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να επιτευχθούν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι αντίστοιχες παρεμβάσεις στην πόλη του Βόλου;



- **Πολύ Δύσκολο**
- **Δύσκολο**
- **Εύκολο**
- **Πολύ Εύκολο**

### 10.3 Απαντήσεις/Αιτιολογήσεις Ερωτηματολογίου ' Β Γύρου

#### Ερώτηση 1

Δύσκολο 6/10

Σχετικά Δύσκολο 3/10

Πολύ Δύσκολο 1/10

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Δύσκολο         | απαιτείται ολιστικός σχεδιασμός/ λίγη γνώση έως τώρα για τα αυτόνομα                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Δύσκολο         | Θα ήταν δύσκολο στις περισσότερες ελληνικές πόλεις, όπως και στον Βόλο, βάσει και απλούστερων περιπτώσεων του παρελθόντος στον τομέα της αστικής κινητικότητας, και ειδικά σε όρους προσβασιμότητας δεδομένης της ελλιπής γνώσης, στην Ελλάδα.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Σχετικά Δύσκολο | It takes time                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Δύσκολο         | Οι επεμβάσεις που απαιτούνται είναι <u>σχετικά μικρού κόστους</u> και <u>υπάρχουν οι απαραίτητες τεχνικές προδιαγραφές</u> . Όμως η πόλη του Βόλου έχει χαμηλή ποιότητα σε αντίστοιχες υποδομές ειδικά εκτός κέντρου και θα απαιτηθεί μεγάλος αριθμός επεμβάσεων.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Σχετικά Δύσκολο | Η διαμόρφωση των απαιτούμενων σταθμών απο/επιβίβασης από τα αυτόνομα οχήματα σε μια πόλη μικρού-μεσαίου μεγέθους, όπως ο <u>Βόλος μπορεί να υλοποιηθεί χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία ή δαπάνη</u> . Η διαμόρφωση των διαδρόμων πρόσβασης σε αυτούς απαιτεί αισθητά περισσότερη προσπάθεια, καθώς αφορά στο σύνολο των πεζοδρόμων/πεζοδρομίων της πόλης. Ωστόσο, μια τέτοια ενέργεια δεν θα εξυπηρετούσε αποκλειστικά τη λειτουργία των αυτόνομων οχημάτων αλλά το σύνολο των λειτουργιών της πόλης, συνεπώς θα εντασσόταν στο πλαίσιο του ευρύτερου αστικού σχεδιασμού. |
| Σχετικά Δύσκολο | Η μερική δυσκολία έγκειται στη γραφειοκρατία αλλά και τα μεγάλα χρονικά διαστήματα που προκύπτουν από αυτήν. Προκειμένου να είναι εφικτή η έγκαιρη υλοποίηση του στόχου, τα αυτόνομα οχήματα και οι υποδομές πρέπει να ενταχθούν στο ΣΒΑΚ το οποίο είναι σε εξέλιξη.                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Δύσκολο         | Θεωρώ ότι η υφιστάμενη υποδομή χρήζει περαιτέρω βελτίωσης έτσι ώστε να παρέχει ένα υψηλότερο επίπεδο εξυπηρέτησης προς τους χρήστες και σε δεύτερο επίπεδο θα μπορεί να αναβαθμιστεί για να μπορέσει να εξυπηρετήσει μελλοντικά αυτόνομα οχήματα. Για αυτό θεωρώ ότι είναι δύσκολο να γίνουν έγκαιρα και αποτελεσματικά οι επεμβάσεις που αναφέρονται στο ερώτημα.                                                                                                                                                                                                 |
| Δύσκολο         | Αρνητική συγκυρία συγκριτικής έλλειψης σχετικού ενδιαφέροντος από τους φορείς αυτοδιοίκησης του Βόλου, έλλειψης δεκτικότητας καινοτομικών δράσεων, και έλλειψη συλλογικής συνείδησης από μέρους της πλειοψηφίας των πολιτών του Βόλου, σχετικός φόβος του μεγαλύτερου μέρους της τοπικής κοινωνίας για κάθε νέο ή καινούργιο στοιχείο που θα μπει στη ζωή της.                                                                                                                                                                                                     |
| Δύσκολο         | Η πόλη του Βόλου έχει ένα αρκετά πυκνά δομημένο περιβάλλον, γεγονός που κάνει δύσκολη την κατασκευή, έστω και μικρών, σημειακών, υποδομών. Αυτό δυσκολεύει το σχεδιασμό, ο οποίος, συχνά, απαιτεί μεγάλα χρονικά διαστήματα για να ολοκληρωθεί.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Πολύ Δύσκολο    | Με την δηλωμένη πρόθεση "να έχουν πρόσβαση παντού" με τρομοκρατεί η ιδέα της κίνησης αυτοματοποιημένων οχημάτων στα άπειρα σταυροδρόμια του οδικού δικτύου του Βόλου.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

**Ερώτηση 2**

Δύσκολο 8/10

Σχετικά Δύσκολο 2/10

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Δύσκολο         | έλλειψη επανασχεδιασμού και προσαρμοστικότητας σχεδιασμού/ υπηρεσιών κλπ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Δύσκολο         | <p>Το ίδιο με το προηγούμενο.</p> <p>Θα ήταν δύσκολο στις περισσότερες ελληνικές πόλεις, όπως και στον Βόλο, βάσει και απλούστερων περιπτώσεων του παρελθόντος στον τομέα της αστικής κινητικότητας, και ειδικά σε όρους προσβασιμότητας, στην Ελλάδα.</p>                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Σχετικά Δύσκολο | Είναι και ζήτημα φορέων όπως πχ Δήμων                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Δύσκολο         | Απαιτείται ολοκληρωμένος στρατηγικός σχεδιασμός, στον οποίο δεν υπάρχει αρκετή εμπειρία, και μια ουσιαστική ενσωμάτωση των αυτόνομων στη συνολική ατζέντα της βιώσιμης αστικής ανάπτυξης σε πολιτικό επίπεδο.                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Σχετικά Δύσκολο | Η αφαίρεση δημοσίου χώρου από το αυτοκίνητο και η απόδοσή του στον πεζό/ποδηλάτη ή η μετατροπή του σε χώρο αναψυχής κατά το παρελθόν έχει συναντήσει αρκετές δυσκολίες. Τελευταία ωστόσο, αυτή καθίσταται ολοένα και περισσότερο τάση στον αστικό σχεδιασμό (βλ. Μεγάλος περίπατος στην Αθήνα) και γίνεται ιδιαίτερα επιθυμητή από σημαντικό ποσοστό της κοινωνίας. Συνεπώς η μετατροπή τμήματος του οδικού χώρου σε χώρο ήπιας κινητικότητας ή αναψυχής δεν αναμένεται να συναντήσει σημαντικές δυσκολίες. |
| Δύσκολο         | Δεδομένου του ότι πρέπει πρώτα να υλοποιηθεί το πλαίσιο της αυτόνομης οδήγησης, τα αποτελέσματά του θα διαφανούν αρκετά αργότερα.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Δύσκολο         | Συνδέεται αρκετά με το προηγούμενο ερώτημα. Συμφωνώ βέβαια με τη παραδοχή που γίνεται και τη θεωρώ ιδιαίτερα πιθανή αν η υιοθέτηση των αυτόνομων οχημάτων αγγίξει ένα ικανοποιητικό επίπεδο                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Δύσκολο         | Ο ντόπιος οδηγός θέλει να έχει τον απόλυτο έλεγχο της οδήγησής του και αντιτίθεται σε μέτρα συλλογικής εφαρμογής.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Δύσκολο         | Η πιθανότητα απελευθέρωσης δημόσιου χώρου δεν σημαίνει αυτόματα ότι υπάρχει η βούληση ή η ετοιμότητα/ικανότητα σχεδιασμού για να αξιοποιηθεί ο χώρος αυτός, ή ότι θα αξιοποιηθεί με τον επιθυμητό τρόπο.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Δύσκολο         | Μόνο σε μερικές αρτηρίες υπάρχει το απαιτούμενο πλάτος.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

**Ερώτηση 3**

Δύσκολο 3/10

Πολύ Δύσκολο 1/10

Σχετικά Δύσκολο 5/10

Εύκολο 1/10

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Σχετικά Δύσκολο | απουσία αποκλειστικών λωρίδων λεωφορείων                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Πολύ Δύσκολο    | <p>Το ίδιο με το προηγούμενο.</p> <p>Θα ήταν δύσκολο στις περισσότερες ελληνικές πόλεις, όπως και στον Βόλο, βάσει και απλούστερων περιπτώσεων του παρελθόντος στον τομέα της αστικής κινητικότητας, και ειδικά σε όρους προσβασιμότητας, στην Ελλάδα</p>                                                                                                                                                                                  |
| Εύκολο          | χρήματα                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Σχετικά Δύσκολο | Εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την εθνική στρατηγική και την Ευρωπαϊκή πολιτική. Λογικά θα υπάρξουν προγράμματα, χρηματοδοτικά εργαλεία και τρόποι μετάδοσης της τεχνογνωσίας που θα είναι διαθέσιμα για υιοθέτηση από τους τοπικούς φορείς. Όμως οι τοπικοί φορείς που έχουν ήδη την καινοτομία ψηλά στις προτεραιότητές τους θα αξιοποιήσουν πιο εύκολα τις ευκαιρίες. Αυτό δεν φαίνεται να συμβαίνει στην περίπτωση των ΔΣ του Βόλου. |
| Σχετικά Δύσκολο | Με την υλοποίηση των παρεμβάσεων για τα αυτόνομα ιδιωτικά /κοινόχρηστα οχήματα θα καταστεί δυνατή και η κυκλοφορία των δημοσίων μέσων. ??                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Σχετικά Δύσκολο | <p>Ισχύει ό,τι έχω απαντήσει και στην πρώτη ερώτηση.</p> <p>Η μερική δυσκολία έγκειται στη γραφειοκρατία. Προκειμένου να είναι εφικτή η έγκαιρη υλοποίηση του στόχου, τα αυτόνομα οχήματα και οι υποδομές πρέπει να ενταχθούν στο ΣΒΑΚ το οποίο είναι σε εξέλιξη.</p>                                                                                                                                                                      |
| Σχετικά Δύσκολο | Το σύστημα ΔΣ του Βόλου έχει εξορθολογιστεί και αναβαθμιστεί σε σημαντικό βαθμό τα τελευταία χρόνια. Αυτό υποδεικνύει ότι υφίστανται σε συγκεκριμένο βαθμό η υποδομή και οι δεξιότητες για περαιτέρω αναβάθμιση του σε ένα στόλο αυτόνομων οχημάτων                                                                                                                                                                                        |
| Δύσκολο         | Η διάθεση επαρκών κονδυλίων για την δημιουργία υποδομής κατάλληλης για αυτόνομα οχήματα Δημοσίων Συγκοινωνιών, αλλά και της λειτουργίας του συστήματος φαίνεται δύσκολη λόγω έλλειψης επάρκειας μέσων και πόρων.                                                                                                                                                                                                                           |
| Δύσκολο         | Ξεκινώντας από τις καθυστερήσεις στο σχεδιασμό και την έλλειψη χρηματοδοτικών πόρων σε εθνικό επίπεδο και καταλήγοντας στην αδυναμία στρατηγικού σχεδιασμού διαχρονικά σε τοπικό επίπεδο, εκτιμώ ότι θα είναι δύσκολο να επιτευχθεί κάτι τέτοιο.                                                                                                                                                                                           |
| Δύσκολο         | Στρατηγικός σχεδιασμός και δημόσιες επενδύσεις, δύο άγνωστες λέξεις.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

**Ερώτηση 4**

Δύσκολο 1/10

Σχετικά Δύσκολο 7/10

Εύκολο 2/10

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Εύκολο          | ιδιωτική πρωτοβουλία                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Σχετικά Δύσκολο | Είναι πολύ μεγάλο το κόστος                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Σχετικά Δύσκολο | Το ζήτημα ξεπερνά τα όρια της πόλης αφού εξαρτάται από την κρατική ατζέντα                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Σχετικά Δύσκολο | Απαιτείται γενικότερη επένδυση και επέμβαση για την επίτευξη αυτού του στόχου είτε από ιδιωτικούς είτε από κρατικούς φορείς, η οποία όμως θα υποστηριχθεί από τη γενικότερη στρατηγική αναβάθμισης των δικτύων τηλεπικοινωνιών και την επίτευξη των στόχων για το 5G.                                                                                                                                                                            |
| Σχετικά Δύσκολο | Το κόστος και η τεχνική δυσκολία της επαρκούς τηλεπικοινωνιακής κάλυψης της πόλης του Βόλου μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν την καθιστούν ανέφικτη. Επιπλέον η ολοκλήρωση της ευρυζωνικής κάλυψης της πόλης θα επιφέρει σημαντικά οφέλη σε πληθώρα άλλων τομέων, όπως η εργασία, το εμπόριο, η εκπαίδευση κ.ά.. Η αναβάθμιση των τηλεπικοινωνιακών υποδομών (π.χ. για τη δημιουργία δικτύων 5G) αποτελεί έναν από τους στόχους του Ταμείου Ανάκαμψης. |
| Εύκολο          | Τα έργα αναβάθμισης δικτύου σε 5G είναι ήδη σε εξέλιξη και θα προηγηθούν των αυτόνομων οχημάτων.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Σχετικά Δύσκολο | Σε σχέση με τις προηγούμενες, θεωρώ κάποιος πιο εύκολη αυτή τη παρέμβαση δεδομένου ωστόσο ότι θα εξασφαλιστούν οι αναγκαίες επενδύσεις που θα καλύψουν το κόστος. Καθώς αυτό δεν είναι πάντα εύκολο, συνολικά κρίνω τις παρεμβάσεις αυτές ως σχετικά δύσκολο να υλοποιηθούν                                                                                                                                                                      |
| Σχετικά Δύσκολο | Ο Δήμος Βόλου έχει πρόσφατα αναβαθμίσει τις υποδομές του στις τηλεπικοινωνίες και την ευρυζωνικότητα, οπότε το εγχείρημα δεν θα είναι πολύ δύσκολο.                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Δύσκολο         | Με δεδομένο ότι ο τηλεπικοινωνιακές υποδομές στη χώρα είναι εξ ολοκλήρου ιδιωτικές και πρόσφατα έχουν κάνει μεγάλες επενδύσεις για την (σχετική) αναβάθμιση των δικτύων τους, καθιστά απίθανη την προοπτική για νέες επενδύσεις βραχυπρόθεσμα. Ταυτόχρονα δεν έχουν σχετικές πιέσεις από το χώρο της παραγωγής, κάτι που σημαίνει ότι μόνο με γενναία κρατική χρηματοδότηση θα μπορούσε να υπάρξει η αναγκαία αναβάθμιση των σχετικών υποδομών.  |
| Σχετικά Δύσκολο | Δεν είναι δύσκολο αλλά εξαρτάται από παρόχους αυτών των υπηρεσιών, που στην Ελλάδα δρουν τελείως ανεξέλεγκτα μιας και οι περισσότεροι έχουν ιδιωτικοποιηθεί.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

**Ερώτηση 5**

Δύσκολο 4/10

Σχετικά Δύσκολο 6/10

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Δύσκολο         | υψηλό κόστος επένδυσης/ δεν ξέρουμε αν ο πάροχος μπορεί να ανταποκριθεί στις ανάγκες ρευματοδότησης σε επίπεδο παραγωγής.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Δύσκολο         | Θεωρώ ότι θα είναι δύσκολο για τις περισσότερες ελληνικές πόλεις, όπως και για τον Βόλο, καθώς είναι μεγάλο το κόστος μιας τέτοιας επένδυσης και λόγω των σημαντικών αλλαγών που πρέπει να γίνουν στο δίκτυο..                                                                                                                                                                                                   |
| Σχετικά Δύσκολο | Χρειάζεται πολιτικό ενδιαφέρον                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Σχετικά Δύσκολο | Η ολοκλήρωση των δικτύων μεταφορών-ενέργειας αποτελεί αντικείμενο αιχμής τόσο σε επίπεδο πολιτικών όσο και εφαρμοσμένης έρευνας. Νομίζω ότι η εξέλιξη θα συμπαρασύρει και τον Βόλο αλλά διατηρώ αμφιβολίες για το εάν αυτό γίνει έγκαιρα σε σχέση με την ευρεία δυνατότητα χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων και ηλεκτρικών AVs. Παρόλα αυτά, η πρόσφατη νομοθεσία περί ηλεκτροκίνησης μπορεί να δράσει ως επιταχυντής. |
| Σχετικά Δύσκολο | Η δημιουργία των υποδομών για την παραγωγή, αποθήκευση και αξιοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας με βιώσιμο τρόπο αποτελεί προς το παρόν ένα δύσκολο εγχείρημα, ιδιαίτερα όσον αφορά στην παραγωγή της. Εφόσον ωστόσο επιτευχθεί η ανάπτυξη και η εφαρμογή τους σε ευρεία κλίμακα, η υλοποίησή τους στις πόλεις μικρού-μεσαίου μεγέθους, όπως στην πόλη του Βόλου δεν απαιτεί ιδιαίτερη δυσκολία.                  |
| Δύσκολο         | Η διαχείριση της ενέργειας αφορά το εθνικό σύστημα, οπότε θα πρέπει να πλαισιωθούν απαραίτητοι νόμοι εξισορρόπησης σε όλη τη χώρα.                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Σχετικά Δύσκολο | Το κρίνω ως σχετικά εύκολο αν υπάρξει η υποδομή για τα αυτόνομα οχήματα, καθώς σχετικές εγκαταστάσεις (ηλεκτρικοί φορτιστές) ήδη έχουν εγκατασταθεί σε πολλά σημεία της χώρας και ο αριθμός τους αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια                                                                                                                                                               |
| Σχετικά Δύσκολο | Η εξάπλωση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και η σχετική πολιτική της ΕΕ, θα δημιουργήσουν πιέσεις και προϋποθέσεις αναβάθμισης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Δύσκολο         | Και στην περίπτωση της ενέργειας θα πρέπει να υπάρξει ιδιωτική πρωτοβουλία των παρόχων για την κάλυψη των αναγκών η οποία να ανταποκριθεί στην αυξημένη ζήτηση, κάτι που δεν σημαίνει αυτόματα ότι αυτή η ανταπόκριση θα είναι έγκαιρη ή αποτελεσματική. Χωρίς ισχυρή πίεση/ζήτηση από το χώρο της παραγωγής είναι δύσκολο να προβλεφθεί ποια θα είναι η αντίδραση της αγοράς ενέργειας.                         |

|                    |                                                                                                                                                                                  |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Σχετικά<br>Δύσκολο | Δεν ξέρω ποιες μπορεί να είναι οι "έξυπνες" υποδομές ενέργειας και με φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες δεν θα αισθανόμουν ασφαλής σε περιόδους ζήτησης ότι θα καλυφθεί η ζήτηση. |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

