



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



**Ανάπτυξη Πολυκριτηριακής Μεθοδολογίας  
Για Την Επιλογή Της βέλτιστης Περιοχής  
(Δήμου) Εγκ/σης Σταθμών Φόρτισης Οχημάτων  
Ολοκληρωμένης Διαχείρισης**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

του

**ΚΑΦΕΤΖΗ ΝΙΚΟΛΑΟΥ**

**Επιβλέπων :** Χρυσόστομος Δούκας  
Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2022





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



**Ανάπτυξη Πολυκριτηριακής Μεθοδολογίας  
Για Την Επιλογή Της Βέλτιστης Περιοχής (Δήμου)  
Εγκ/σης Σταθμών Φόρτισης Οχημάτων  
Ολοκληρωμένης Διαχείρισης**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

του

**ΚΑΦΕΤΖΗ ΝΙΚΟΛΑΟΥ**

**Επιβλέπων :** Χρυσόστομος Δούκας  
Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την..... 2022.

(Υπογραφή)

.....  
.....  
.....

(Υπογραφή)

.....  
.....  
.....

(Υπογραφή)

.....  
.....  
.....

Αθήνα, Οκτώβριος 2022

Copyright © ΚΑΦΕΤΖΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, 2022. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

© 2022 – All rights reserved

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του διαπανεπιστημιακού προγράμματος.

Στους Γονείς μου και στην γυναίκα μου Έλενα,  
για την βοήθεια και την υποστήριξη

## Περίληψη

Οι ευκαιρίες που δημιουργεί η παρούσα κατάσταση στην Ελλάδα στον τομέα της ηλεκτροκίνησης, δίνουν τη δυνατότητα σε υποψήφιους επενδυτές να συμμετάσχουν στον εθνικό χάρτη σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων της χώρας.

Η διαδικασία της απόφασης για στρατηγικές επενδύσεις περιλαμβάνει τον εντοπισμό, την αξιολόγηση και την επιλογή μεταξύ εναλλακτικών προγραμμάτων, τα οποία είναι πιθανό να έχουν μεγάλο αντίκτυπο στο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της επιχείρησης.

Η επιλογή της βέλτιστης περιοχής – Δήμου για την εγκατάσταση Σταθμών φόρτισης σύμφωνα με το Σ.Φ.Η.Ο. των δήμων, είναι λοιπόν ένα σημαντικό πρόβλημα το οποίο καλείται να αντιμετωπίσει ένας ενδιαφερόμενος υποψήφιος επενδυτής.

Στην παρούσα διπλωματική επιχειρείται η μοντελοποίηση του προβλήματος που καλείται να αντιμετωπίσει ένας υποψήφιος επενδυτής όσον αφορά την επιλογή του καταλληλότερου Δήμου για την υλοποίηση της επένδυσης ανάμεσα σε δέκα, για τους οποίους έχουμε διαθέσιμα τα Σ.Φ.Η.Ο.

Στόχος της παρούσας, είναι η Ανάπτυξη πολυκριτήριας Μεθοδολογίας για την επιλογή της βέλτιστης περιοχής (Δήμου) εγκατάστασης Σταθμών φόρτισης ηλ. οχημάτων, παρουσιάζοντας την χρησιμότητα των εργαλείων αξιολόγησης, να δώσει μια συνολική εικόνα των μεθόδων των Π.Σ.Υ.Α., να παρουσιάσει τα οφέλη της μεθόδου που θα χρησιμοποιηθεί καθώς και να εξάγει συμπεράσματα ως προς τη χρήση και τις προοπτικές της.

**Λέξεις Κλειδιά:** <<Ηλεκτρικά οχήματα, Σταθμοί φόρτισης, PROMETHEE, VISUAL PROMETHEE>>

## Abstract

The opportunities created by the current situation in Greece in the field of electric mobility, enable prospective investors to participate in the country's national map of electric vehicle charging stations.

The strategic investment decision process involves identifying, evaluating, and choosing among alternative programs that are likely to have a major impact on the firm's competitive advantage.

The selection of the best area - Municipality for the installation of Charging Stations according to the Σ.Φ.Η.Ο. of the municipalities, is therefore an important problem that an interested prospective investor must face.

In this diploma thesis, an attempt is made to model the problem that a prospective investor has to face in terms of choosing the most suitable Municipality for the implementation of the investment among ten, for which we have available the Σ.Φ.Η.Ο.

The aim of this dissertation is the Development of a multi-criteria Methodology for the selection of the optimal area (Municipality) for the installation of Electric Vehicle Charging Stations, presenting the usefulness of the evaluation tools, to give an overall picture of the multi-criteria decision-making (MCDM) methods, to present the benefits of the method to be used as well as draw conclusions regarding its use and prospects.

**Keywords:**<<electric vehicles, charging stations, PROMETHEE, VISUAL PROMETH>>

## Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον κ. Χρυσόστομο Δούκα, Αναπληρωτή Καθηγητή της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Ε.Μ.Π., για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση του θέματος της διπλωματικής εργασίας.

Να ευχαριστήσω θερμά τον υποψήφιο διδάκτορα, Ελισσαίο Σαρμά, για την πολύτιμη βοήθεια, την καθοδήγηση και τις συμβουλές προκειμένου να ολοκληρωθεί με επιτυχία η παρούσα διπλωματική εργασία.

Τέλος, ένα ιδιαίτερα μεγάλο ευχαριστώ, σε όλους τους καθηγητές και το προσωπικό για την πολύτιμη βοήθεια και την υποστήριξη κατά την διάρκεια του Διατμηματικού προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών.



## Πίνακας περιεχομένων

<b>1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>1</b>
1.1	ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ .....	1
1.2	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	2
1.3	ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	3
<b>2</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ</b> .....	<b>5</b>
2.1	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	5
2.2	Η ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ ΣΤΗΝ ΝΕΑ ΕΠΟΧΗ ΕΞΥΠΝΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ .....	7
2.3	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ .....	8
2.3.1	<i>Battery Electric Vehicle (BEV)</i> .....	9
2.3.2	<i>Hybrid Electric Vehicle (HEV)</i> .....	10
2.3.3	<i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)</i> .....	11
2.3.4	<i>Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)</i> .....	12
2.4	ΦΟΡΤΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	14
2.4.1	<i>Δημόσια Φόρτιση</i> .....	14
2.4.2	<i>Ιδιωτική Φόρτιση</i> .....	15
2.4.3	<i>Οικιακή Φόρτιση</i> .....	16
2.5	ΤΥΠΟΙ ΦΟΡΤΙΣΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ .....	16
2.5.1	<i>Φόρτιση AC mode 1</i> .....	16
2.5.2	<i>Φόρτιση AC mode 2</i> .....	17
2.5.3	<i>Φόρτιση AC mode 3</i> .....	18
2.5.4	<i>Φόρτιση DC mode 4</i> .....	18
2.5.5	<i>Πίνακας εκτιμήσεων φόρτισης</i> .....	20
2.6	ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΚΑΙ ΠΡΙΖΩΝ .....	20
2.7	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ VEHICLE-TO-GRID (V2G) .....	24
2.8	ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ .....	25
<b>3</b>	<b>ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ</b> .....	<b>27</b>
3.1	ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ.....	27
3.2	ΚΥΡΙΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	28
3.2.1	<i>Νόμος 4233/2014</i> .....	28
3.2.2	<i>Νόμος 4439/2016</i> .....	29
3.2.3	<i>Νόμος 4513/2018</i> .....	30
3.2.4	<i>Γνωμοδότηση υπ' αριθμόν 7/2019</i> .....	30

3.2.5	Κοινή Υπουργική Απόφαση 42863/438/2019 .....	31
3.2.6	Νόμος 4643/2019 .....	31
3.2.7	Νόμος 4710/2020 .....	32
3.3	ΕΘΝΙΚΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ .....	37
3.4	ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΧΩΡΕΣ.....	40
<b>4</b>	<b>ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ .....</b>	<b>42</b>
4.1	ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΛΗΨΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ .....	42
4.2	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	43
4.3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ .....	44
4.3.1	Αντικείμενο της Απόφασης.....	45
4.3.2	Συνεπής Οικογένεια Κριτηρίων .....	46
4.3.3	Μοντέλο ολικής Προτίμησης .....	47
4.3.4	Υποστήριξη της απόφασης .....	48
4.4	ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	49
4.4.1	AHP - Analytical Hierarchy Process .....	49
4.4.2	ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalite) .....	50
4.4.3	MAUT - Multi Attribute Utility Theory .....	50
4.4.4	PROMETHEE - Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations... 50	
4.4.5	TOPSIS - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution .....	51
4.4.6	VIKOR - ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje.....	51
4.4.7	UTA - Utilités Additives .....	51
<b>5</b>	<b>ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ .....</b>	<b>53</b>
5.1	ΜΙΑ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΝΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ .....	53
5.2	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΕΩΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ CLOUD MODEL ΚΑΙ PROMETHEE .....	55
5.3	ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	56
5.4	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΕΩΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ TOPSIS ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ .....	57
5.5	ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ FUZZY DELPHI ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΩΝ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΩΝ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΜΙΑ ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΛΕΙΦΟΡΙΑΣ. ...	59
5.6	Ένα Πλαίσιο Απόφασης Για Την Επιλογή Τοποθεσίας Σταθμού Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων Για Οικιστικές Κοινότητες Κατω Από Ενα Διαισθητικό Ασαφές Περιβάλλον: Μια Περίπτωση Του Πεκίνου .....	60
<b>6</b>	<b>ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ .....</b>	<b>62</b>
6.1	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ.....	62

6.2	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ .....	63
6.3	ΚΡΙΤΗΡΙΑ .....	65
6.3.1	Τεχνικά κριτήρια .....	66
6.3.2	Οικονομικά .....	68
6.3.3	Κοινωνικά .....	70
6.3.4	Περιβαλλοντικά .....	71
6.4	ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΙΜΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΒΑΡΩΝ .....	72
6.5	ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ .....	72
6.6	ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ .....	78
6.7	ΕΠΙΛΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ VISUAL PROMETHEE .....	87
<b>7</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>96</b>
<b>8</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>99</b>

# 1

## *Εισαγωγή*

### *1.1 Το πρόβλημα*

Η είσοδος των καθαρά ηλεκτρικών οχημάτων στην ελληνική αγορά είναι αρκετά πρόσφατη, με τα πρώτα μοντέλα να κάνουν την εμφάνισή τους τα τελευταία μόλις χρόνια. Σήμερα οι περισσότερες αυτοκινητοβιομηχανίες προωθούν τα ηλεκτρικά τους οχήματα στην ελληνική αγορά, χωρίς να έχουν ωστόσο μεγάλη ανταπόκριση προς το παρόν. Εξαιρώντας τα υβριδικά οχήματα που είναι σχετικά δημοφιλή, τα καθαρά ηλεκτρικά οχήματα που συναντώνται στους ελληνικούς δρόμους είναι αριθμητικά πολύ λίγα. Τα αίτια αυτής της περιορισμένης χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων στον ελληνικό χώρο είναι πολλαπλά [3].

Εκτός από την έλλειψη ενημέρωσης για τα οφέλη της ηλεκτροκίνησης και την προτίμηση συμβατικών οχημάτων, υπάρχουν και πρακτικοί λόγοι, όπως [3]:

- Υψηλό κόστος αγοράς
- Περιορισμένη αυτονομία
- Έλλειψη υποδομών φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων

Η δημιουργία ενός επαρκούς δημοσίου δικτύου φόρτισης είναι επιβεβλημένη, εάν λάβει υπόψη του κανείς το μεγάλο ποσοστό των αυτοκινητιστών, οι οποίοι δεν έχουν πρόσβαση σε ιδιωτικό χώρο στάθμευσης, ιδιαίτερα στα μεγάλα αστικά κέντρα. Σημαντικό και ενεργό ρόλο εδώ, θα πρέπει να διαδραματίσουν οι δημοτικές και περιφερειακές αρχές για την ορθή και

ομαλή ανάπτυξη ενός τέτοιου δημοσίου συστήματος με βάση τις τοπικές περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητες, τις ανάγκες των κατοίκων ανά περιοχή, τη ρυμοτομία και την επάρκεια των ηλεκτρικών δικτύων διανομής [1].

Με χρηματοδότηση από το Πράσινο Ταμείο, οι δήμοι της χώρας καταρτίζουν μελέτες (Σ.Φ.Η.Ο.) για να εντοπίσουν τα καταλληλότερα σημεία φόρτισης. Το μοντέλο ανάπτυξης σημείων φόρτισης στους δήμους δεν έχει ακόμη αποφασιστεί, αν και επικρατέστερο φαίνεται να είναι αυτό της δημοπρασίας για την ανάθεσή τους σε ιδιώτες έναντι ανταλλάγματος [2].

Τα Σχέδια Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (Σ.Φ.Η.Ο) στοχεύουν στη χωροθέτηση δημόσιων προσβάσιμων φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων έτσι ώστε να παρέχονται οι απαραίτητες υποδομές για την ενθάρρυνση αγοράς περισσότερων ηλεκτρικών οχημάτων, τα οποία θα συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα εντός των αστικών κέντρων και οικιστικών ιστών [3].

Οι ευκαιρίες που δημιουργεί η παρούσα κατάσταση στην Ελλάδα στον τομέα της ηλεκτροκίνησης, δίνουν τη δυνατότητα σε υποψήφιους επενδυτές να συμμετάσχουν στον εθνικό χάρτη σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων της χώρας. Η διαδικασία της απόφασης για στρατηγικές επενδύσεις περιλαμβάνει τον εντοπισμό, την αξιολόγηση και την επιλογή μεταξύ εναλλακτικών προγραμμάτων, τα οποία είναι πιθανό να έχουν μεγάλο αντίκτυπο στο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της επιχείρησης.

Η επιλογή της βέλτιστης περιοχής – Δήμου για την εγκατάσταση Σταθμών φόρτισης σύμφωνα με το Σ.Φ.Η.Ο. των δήμων, είναι λοιπόν ένα σημαντικό πρόβλημα το οποίο καλείται να αντιμετωπίσει ένας ενδιαφερόμενος υποψήφιος επενδυτής.

## ***1.2 Αντικείμενο και στόχος της διπλωματικής εργασίας***

Τέσσερις είναι οι παράγοντες που επιδρούν στην τελική απόφαση του προβλήματος μας και αυτοί είναι: Οικονομικός παράγοντας, Περιβαλλοντικός παράγοντας, Κοινωνικός παράγοντας και Τεχνολογικός παράγοντας. Έχοντας ως δεδομένο το Σ.Φ.Η.Ο. των δήμων, αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι η μοντελοποίηση του παραπάνω προβλήματος. Η πολυδιάστατη μορφή του, μας οδηγεί στην πλέον επιστημονικά ορθή μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Οι μέθοδοι ΠΣΥΑ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να φιλτράρουν εναλλακτικές λύσεις και να προσδιορίσουν ιδανικά ένα σύνολο βέλτιστων λύσεων, έτσι ώστε καμία άλλη εφικτή επιλογή να μην υπάρχει που να είναι εξίσου καλή στο σύνολο των στόχων που έχουν τεθεί. Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, οι εκτιμήσεις που γίνονται για την αποτίμηση μιας πολιτικής μπορούν να συμπεριλάβουν κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές ιδιότητες. Επομένως, οι μέθοδοι ΠΣΥΑ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιορίσουν

τις ανταλλαγές, τα οφέλη και τις λύσεις συμβιβασμού στα σύνθετα προβλήματα πολιτικής και σχεδιασμού [4].

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η Ανάπτυξη πολυκριτηριακής μεθοδολογίας για την επιλογή της βέλτιστης περιοχής (Δήμου) εγκατάστασης Σταθμών φόρτισης ηλ. οχημάτων, παρουσιάζοντας την χρησιμότητα των εργαλείων αξιολόγησης, να δώσει μια συνολική εικόνα των μεθόδων των Π.Σ.Υ.Α., να παρουσιάσει τα οφέλη της μεθόδου που θα χρησιμοποιηθεί καθώς και να εξάγει συμπεράσματα ως προς τη χρήση και τις προοπτικές της μεθόδου.

### **1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας**

Η εργασία αποτελείται από οχτώ κεφάλαια. Ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή των περιεχομένων του καθενός:

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή.**

Πραγματοποιείται μία σύντομη εισαγωγή στο πρόβλημα το οποίο καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε, τους στόχους και το αντικείμενο της διπλωματικής.

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Εισαγωγή στην Ηλεκτροκίνηση.**

Αρχικά μέσα από μία ιστορική αναδρομή παρουσιάζεται η εξέλιξη του ηλεκτρικού αυτοκινήτου και η συμπεριφορά της ηλεκτροκίνησης στην νέα εποχή των έξυπνων μεταφορών. Στην συνέχεια αναλύονται οι τεχνολογίες των ηλεκτροκίνητων και υβριδικών οχημάτων, γίνεται αναφορά στην έννοια της τεχνολογίας V2G (Vehicle-to-Grid) και στα οφέλη από την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης.

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ρυθμιστικά θέματα**

Περιλαμβάνει μία ανασκόπηση στα ρυθμιστικά θέματα της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα και το κύριο θεσμικό πλαίσιο.

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων**

Παρουσιάζεται ένα εργαλείο λήψης στρατηγικών αποφάσεων, τεχνικές, το μεθοδολογικό πλαίσιο και ορισμένες από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους λήψης αποφάσεων, όπως η AHP - Analytical Hierarchy Process, ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalite), MAUT - Multi Attribute Utility Theory, PROMETHEE - Preference Ranking Organization

METHod for Enrichment Evaluations, TOPSIS - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, UTA - Utilités Additives.

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Ανασκόπηση Ερευνητικού & Τεχνολογικού Πεδίου**

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση και περιλαμβάνει διεθνείς έρευνες το αντικείμενο των οποίων παρουσιάζει συνάφεια με αυτό της παρούσας Εργασίας. Περιγράφονται συνοπτικά οι σχετικές έρευνες, οι μέθοδοι ανάλυσης που ακολουθήθηκαν, καθώς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Μοντελοποίηση του προβλήματος**

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται η μοντελοποίηση του προβλήματος απόφασης που καλείται να αντιμετωπίσει ο υποψήφιος επενδυτής όσον αφορά την επιλογή του καταλληλότερου Δήμου για την υλοποίηση της επένδυσης, ανάμεσα σε δέκα, για τους οποίους έχουμε διαθέσιμα τα Σ.Φ.Η.Ο. Για την επίλυση του προβλήματος επιλέγεται η μέθοδος υπεροχής PROMETHEE.

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Συμπεράσματα**

Στο κεφάλαιο αυτό καταγράφουμε τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα μας από την μοντελοποίηση του προβλήματος απόφασης και τις προοπτικές.

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Βιβλιογραφία**

Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνονται όλες οι πηγές που βοήθησαν στην ανάπτυξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

# 2

## *Εισαγωγή στην Ηλεκτροκίνηση*

### *2.1 Ιστορική αναδρομή*

Χρειάστηκαν πάνω από εκατό χρόνια για να κερδίσει η ηλεκτροκίνηση μία θέση στην ιστορία και ενώ η μηχανή εσωτερικής καύσης κυριάρχησε για τα περισσότερα χρόνια που ακολούθησαν, η ανησυχία σχετικά με τις επιπτώσεις των παραδοσιακών οχημάτων που κινούνται με συμβατικό καύσιμο έχει προκαλέσει μια παγκόσμια «πράσινη επανάσταση», φέρνοντας την ηλεκτροκίνηση και τα ηλεκτρικά οχήματα στο προσκήνιο της σημερινής τεχνολογίας [5].

Η εξέλιξη των ηλεκτρικών οχημάτων ξεπερνάει πλέον τα 171 χρόνια. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι, το 1900 σχεδόν το ένα τρίτο των αυτοκινήτων που κινούνταν στους δρόμους ήταν ηλεκτρικά. Ωστόσο, το πρώτο ηλεκτρικό όχημα «χρεώνεται» στον Robert Anderson από το Ηνωμένο Βασίλειο, που κατασκεύασε το πρώτο ηλεκτρικό όχημα γύρω στο 1832, αλλά και στις Η.Π.Α. που διέθεταν ένα λειτουργικό μοντέλο το οποίο εφευρέθηκε από τον χημικό της Αϊόβα William Morrison γύρω στο 1890 [5].

Το 1900-1910, τα ηλεκτρικά οχήματα εστίαζαν περισσότερο για πρώτη φορά στο γυναικείο κοινό για διάφορους λόγους: προωθούνταν ως «καθαρότερα», ασφαλέστερα, ευκολότερα στη χρήση και πιο αξιόπιστα από ό, τι τα οχήματα συμβατικού καυσίμου. Σύμφωνα με το “171 Years Before Tesla: The Evolution of the Electric Vehicle”, παραδείγματα πρώιμων ηλεκτρικών οχημάτων μπορούν να βρεθούν να διαθέτουν πολυτελή χαρακτηριστικά της



εποχής, όπως όμορφα κεντημένα μεταξωτά και βελούδινα εσωτερικά καθίσματα, βάζα με λουλούδια, ρολόγια, καθρέφτες και σετ μακιγιάζ [5].

Μεταξύ του 1920-1960, το επίκεντρο των αυτοκινήτων άλλαξε τελείως, καθώς το μοντέλο -T της Ford (Ford Model T), το οποίο τροφοδοτούταν με καύσιμο, κατέκλυσε την αγορά μιας και αποτέλεσε ένα απλό μοντέλο οχήματος με πολύ υψηλή χιλιομετρική εμβέλεια. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αρχικά, διέθεταν ένα δύσκολο στη χρήση χειροκίνητο μοχλό, ο οποίος αργότερα αντικαταστάθηκε από ένα αυτόματο κουμπί εκκίνησης [5].

Με την πάροδο του χρόνου, τα ηλεκτρικά οχήματα άρχισαν να εστιάζουν στο να παραμένουν κομψά, спор και απλά. Στη δεκαετία του '60, η General Motors και η American Motors επιχείρησαν να κατασκευάσουν πρωτότυπα αυτοκίνητα ως αποτέλεσμα των αντιδράσεων και της ανησυχίας της εποχής για την ατμοσφαιρική ρύπανση [5].

Στη δεκαετία του 1970 και του 1980, οι προσπάθειες εξερεύνησης του διαστήματος δίνουν νέα διάσταση και ώθηση στην ηλεκτροκίνηση. Ενώ οι τιμές του καυσίμου ανεβαίνουν, το διαστημικό όχημα Apollo Lunar Roving προσγειώνεται στο φεγγάρι και οι καταναλωτές αναρωτιούνται αν υπάρχει ένας λιγότερο δαπανηρός τρόπος για την αξιοποίηση μιας τέτοιας τεχνολογίας. Καθώς προέκυψαν επιστημονικά στοιχεία ότι τα καύσιμα υδρογονανθράκων ήταν η πιο επικίνδυνη μορφή ρύπανσης που επηρεάζει το περιβάλλον, οι επιστήμονες και οι ενδιαφερόμενοι αξιωματούχοι επεδίωκαν να κατασκευάσουν αυτοκίνητα με πολύ χαμηλές ή καθόλου εκπομπές ρύπων. Στη δεκαετία του '80, η California Air Resources Board (CARB) επέμενε στην κατασκευή οχημάτων που θα μπορούσαν να ικανοποιήσουν αυτά τα κριτήρια [5].

Στη δεκαετία του '90, και ενώ η ηλεκτροκίνηση αναπτύσσεται, οι περισσότεροι καταναλωτές αναζητούν, νέα στην αγορά, μεγάλα οχήματα SUV, καθώς είναι φθηνότερα και αρκετά δυναμικά. Από την άλλη πλευρά, αυτή τη χρονική περίοδο ενισχύονται οι ανησυχίες και το ενδιαφέρον για περιβαλλοντικά ζητήματα [5].

Στις αρχές της δεκαετίας του 2000 παρατηρείται η επιτυχημένη ανάπτυξη και λειτουργία των υβριδικών αυτοκινήτων τα οποία λειτουργούν συνδυάζοντας μπαταρίες και παραδοσιακούς κινητήρες εσωτερικής καύσης. Πολλοί κατασκευαστές αυτοκινήτων μπαίνουν στη νέα αγορά, ενώ η ταχύτητα, η χωρητικότητα των μπαταριών και η ροπή δεν έχουν ακόμη τελειοποιηθεί [5].

Και ενώ οι καταναλωτές εξακολουθούν να επιβραβεύουν σήμερα την «κομψή ταχύτητα», η επιθυμία για την απόκτηση ενός ηλεκτρικού οχήματος παραμένει σε χαμηλά επίπεδα. Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα σήμερα διαθέτουν την ίδια ευκολία στη χρήση όπως ένα συμβατικό όχημα ενώ το μέλλον επιφυλάσσεται λαμπρό περιλαμβάνοντας σύγχρονες τεχνολογικά λεπτομέρειες όπως προβολείς LED, “εικονικούς” καθρέφτες και ηλιοροφές, οθόνες αφής, προγραμματιζόμενα tablet ψυχαγωγίας και πολλά άλλα [5].

Τα ηλεκτρικά οχήματα, μπορούν να ρυμουλκούν, να έχουν το ίδιο εύρος με τα οχήματα που τροφοδοτούνται με καύσιμο, να αναπτύσσουν τις ίδιες ταχύτητες και να έχουν χαμηλότερα λειτουργικά κόστη, ενώ η νέα αγορά πολυτελών ηλεκτροκίνητων φορτηγών υπόσχεται μια νέα σειρά εξελίξεων στην ηλεκτροκίνηση έτοιμη για τον σύγχρονο καταναλωτή [5].

### ***Η Ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα.***

Η ύπαρξη ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων στην Ελλάδα ξεκίνησε πριν από 45 χρόνια στη Σύρο. Η εταιρία «ENFIELD AUTOMOTIVE Ltd» με έδρα το Λονδίνο, ειδικευόταν στη σχεδίαση και κατασκευή ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Το 1972 εξαγοράστηκε από τους αδελφούς Γουλανδρή, οι οποίοι τη μετονόμασαν σε «ENFIELD NEORION Ε.Π.Ε.» και μετέφεραν τη γραμμή παραγωγής σε τμήμα των Ναυπηγείων Σύρου [6].

Η ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα ξεκίνησε το 1972 στη Σύρο, από τους αδελφούς Γουλανδρή και την εταιρία «ENFIELD NEORION Ε.Π.Ε.». Παράχθηκαν τρία μοντέλα, βασισμένα στο αγγλικό E465: • το E8000, ένα διθέσιο με μέγιστη ταχύτητα 65 χλμ/ώρα και αυτονομία μικρότερη από 100 χλμ. • το Bicini, ένα τετραθέσιο αλουμινένιο τζιπ, με 65 χλμ/ώρα τελική ταχύτητα και 110-130χλμ αυτονομία, • και το κλειστό βαν Miner. Και τα τρία πουλήθηκαν σε μικρές ποσότητες στην Αγγλία και στη Σουηδία. Η μονάδα σταμάτησε την παραγωγή και έκλεισε το 1975 [6].

## ***2.2 Η ηλεκτροκίνηση στην νέα εποχή έξυπνων μεταφορών***

Ζούμε μια επανάσταση στον χώρο των μεταφορών και οδεύουμε σε μια νέα εποχή έξυπνης κινητικότητας, ενταγμένης σε συστήματα έξυπνων και διαλειτουργικών πόλεων. Η μετάβαση προς ένα νέο οικοσύστημα έξυπνης κινητικότητας, υποστηρίζεται από ένα σύνολο τεχνολογιών που ενσωματώνονται σε μια πολύπλευρη προσέγγιση για την κινητικότητα και περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων, την αυτοματοποιημένη και συνδεδεμένη οδήγηση και γενικά τη διασύνδεση συστημάτων, την τεχνητή νοημοσύνη και τη ρομποτική, τις υπηρεσίες ηλεκτροκίνησης, τις διαλειτουργικές εφαρμογές και εν γένει νέες πιο φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες κινητικότητας με έμφαση στην πολυτροπικότητα [1].

Σε αυτό το πλαίσιο, η ηλεκτροκίνηση, και οι υποστηρικτικές προς αυτήν τεχνολογίες οι οποίες και εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη λειτουργία ενός ολιστικού έξυπνου συστήματος μεταφορών, είναι κομβικής σημασίας και αναμένεται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο μέλλον της κινητικότητας. Η ηλεκτροκίνηση αποτελεί σήμερα μία εκ των πλέον ενδεδειγμένων λύσεων, τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο, για την εξυπηρέτηση πολλαπλών περιβαλλοντικών στόχων, όπως, τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, της

περιβαλλοντικής ρύπανσης και της ηχορύπανσης, αλλά και τη σταδιακή απεξάρτησης από το πετρέλαιο [1].

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η διαδικασία εξηλεκτισμού των συστημάτων μεταφορών σε παγκόσμιο επίπεδο βρίσκεται σε πρώιμο ακόμα στάδιο -κι αυτό ισχύει ακόμα και για χώρες που βρίσκονται αρκετά μπροστά στην κατάταξη- η Ελλάδα ξεκινάει από μια καλή αφετηρία για να επιτύχει τους στόχους που έχει θέσει για τα έτη 2030 και 2050, στο πλαίσιο και της εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας για "καθαρές" και βιώσιμες μεταφορές [1].

Η επάρκεια των υποδομών φόρτισης είναι ένας από τους σημαντικότερους πυλώνες ανάπτυξης της ηλεκτροκίνησης -ίσως και ο σημαντικότερος. Μπορεί οι υποδομές φόρτισης αυτή τη στιγμή στη χώρα μας να είναι αρκετές για τον υπάρχοντα στόλο, αλλά αυτό δεν θα διαρκέσει για πολύ. Αναμένεται, μάλιστα, ότι η ανάπτυξη ενός ικανοποιητικού δικτύου δημόσιων σταθμών φόρτισης θα χρειαστεί επιπλέον χρόνο, λόγω υψηλού κόστους αλλά και χρονοβόρας διαδικασίας. Στο πρώτο στάδιο ανάπτυξης, μάλιστα, οι αντίστοιχες υποδομές φόρτισης δεν θα μπορέσουν πιθανώς να καλύψουν την αύξηση των αναγκών που θα προκύψει από την αναμενόμενη αύξηση της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων από τους κατοίκους της Ελλάδας, αλλά και την αυξανόμενη ζήτηση των τουριστών, επισκεπτών αλλά και μεταφορέων, που χρησιμοποιούν τη χώρα μας ως ενδιάμεσο σταθμό [1].

### ***2.3 Τεχνολογίες ηλεκτροκίνητων και υβριδικών οχημάτων***

Όσον αφορά τα επιβατηγά οχήματα, γίνεται διάκριση μεταξύ των αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων με συσσωρευτή – που κινούνται αποκλειστικά με ηλεκτρικό κινητήρα – και διαφόρων ειδών υβριδικών ηλεκτρικών αυτοκινήτων, τα οποία διαθέτουν ηλεκτρικό κινητήρα και κινητήρα εσωτερικής καύσης [7].

Υπάρχουν και άλλα είδη οχημάτων που μπορούν επίσης να κινούνται με ηλεκτρική ενέργεια. Στους δρόμους κυκλοφορούν ολοένα και περισσότερα ηλεκτρικά ποδήλατα, ημιφορτηγά και λεωφορεία. Όσον αφορά άλλους τρόπους μεταφοράς, η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται επίσης σε μηχανές σιδηροδρόμων, θαλάσσια οχηματαγωγά, πλοία και μικρά σκάφη [7].

Ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη μπαταριών και ηλεκτροκινητήρα. Έχοντας εισάγει νέες έννοιες στη λειτουργία των αυτοκινήτων, όπως είναι η φόρτιση και η αυτονομία, στα περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα απουσιάζει ο κινητήρας εσωτερικής καύσης. Δηλαδή, τη μέχρι πρότινος επικρατούσα τεχνολογία κινητήρων στα αυτοκίνητα με βενζίνη ή πετρέλαιο. Ουσιαστικά, ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο δε διαθέτει κινητήρα όπως τον ξέραμε [8].

Αντί της εσωτερικής καύσης, χρησιμοποιούνται μπαταρίες – από τις οποίες αντλούν την απαραίτητη ενέργεια για την κίνησή τους. Σε συνδυασμό με την έλλειψη ενός παραδοσιακού κινητήρα, όπως τον έχουμε συνηθίσει, πολλά ηλεκτρικά αυτοκίνητα δεν διαθέτουν και μια

σειρά από άλλα στοιχεία που συναντούσαμε σε όλα τα αυτοκίνητα, όπως οι εξατμίσεις ή το χειροκίνητο κιβώτιο [8].

Αυτός είναι και ο λόγος που οι ηλεκτροκίνητες γνωρίζουν ιδιαίτερη δημοφιλία, αφού εκπέμπουν ελάχιστους (ή και καθόλου) ρύπους κατά την κίνησή τους. Αν και τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα φαίνονται ως μία ενιαία κατηγορία, υπάρχουν 4 εντελώς διαφορετικοί τύποι ηλεκτρικών αυτοκινήτων [8] :

### 2.3.1 *Battery Electric Vehicle (BEV)*

Πρόκειται για την πιο γνωστή κατηγορία ηλεκτροκινήτων. Αυτή που αφορά τα αμιγώς ηλεκτροκίνητα. Άλλωστε, είναι και η τεχνολογία που χρησιμοποιεί η Tesla, η εταιρεία που έφερε στο προσκήνιο την παραγωγή ηλεκτρικών αυτοκινήτων [8].

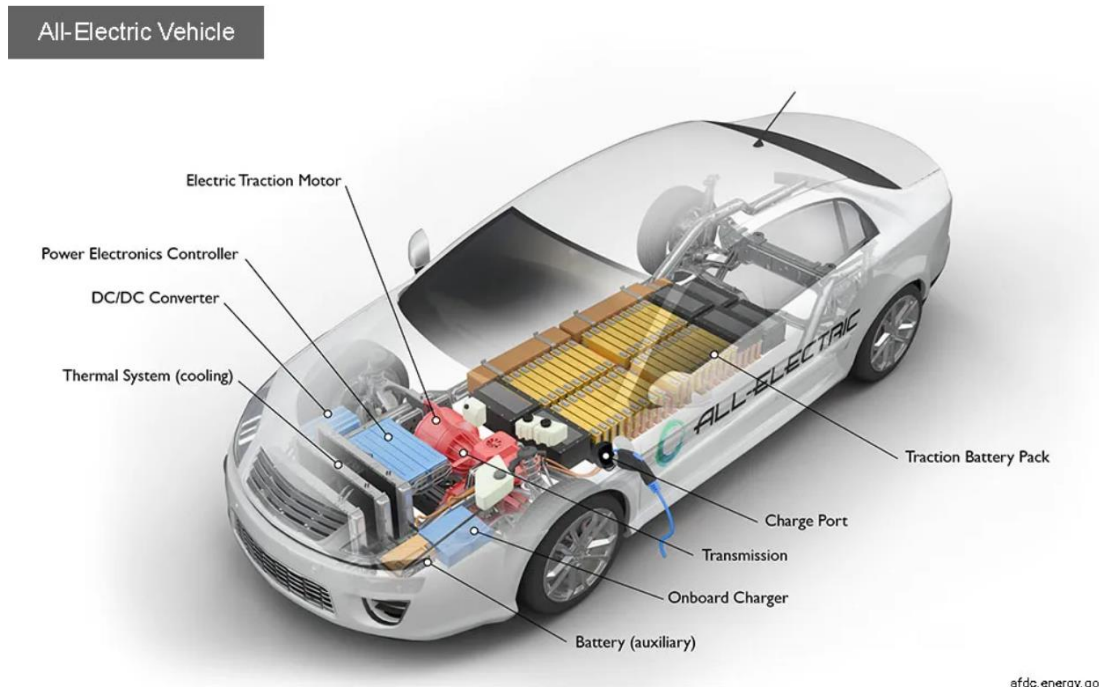


**Εικόνα 2-1 1**

Ένα ηλεκτρικό όχημα με μπαταρία (BEV) λειτουργεί εξ ολοκλήρου με μπαταρία και με ένα ηλεκτρικό σύστημα μετάδοσης κίνησης. Το σύστημα αυτό είναι αρκετό για να καλύψει τις ανάγκες του οχήματος, ενώ απουσιάζει τελείως οποιουδήποτε άλλου είδους κινητήρα. Η ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται σε μια μεγάλη μπαταρία που φορτίζεται συνδεδεμένη στο ηλεκτρικό δίκτυο (ρεύμα) μέσω καλωδίου. Η μπαταρία, με τη σειρά της, παρέχει ισχύ σε έναν ή περισσότερους ηλεκτρικούς κινητήρες για τη λειτουργία του ηλεκτρικού αυτοκινήτου [8].

**Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Ηλεκτρικών.** Η μονάδα ελέγχου με τον μετατροπέα παίρνουν την ενέργεια από τη μπαταρία, η οποία με τη σειρά της φορτίζεται μέσω της σύνδεσης στο ρεύμα. Το βασικό πλεονέκτημα των BEV είναι η παντελής απουσία κινητήρα εσωτερικής καύσης. Κάτι που μεταφράζεται σε μηδενικές εκπομπές ρύπων. Και φέρνει με τη σειρά του μία σειρά από πλεονεκτήματα, που περιλαμβάνουν είσοδο στον Δακτύλιο αλλά και μηδενικά Τέλη Κυκλοφορίας [8]. Το βασικό μειονέκτημα αυτής της κατηγορίας είναι η στήριξη της κίνησης αποκλειστικά στις μπαταρίες. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι πρέπει να είναι πάντα φορτισμένο, διαφορετικά δεν υπάρχει άλλη εναλλακτική καυσίμου. Για

παράδειγμα, εάν προγραμματίζεις ένα ταξίδι θα πρέπει να έχεις φορτίσει το αυτοκίνητο από το προηγούμενο βράδυ και να εξετάσεις σε ποια σημεία του δρόμου περνάς από έναν (ταχυ)φορτιστή. Διαφορετικά, η αυτονομία περιορίζεται αποκλειστικά σε αυτή που μπορούν να εξασφαλίσουν οι μπαταρίες [8].



Εικόνα 2-1 2

### 2.3.2 Hybrid Electric Vehicle (HEV)

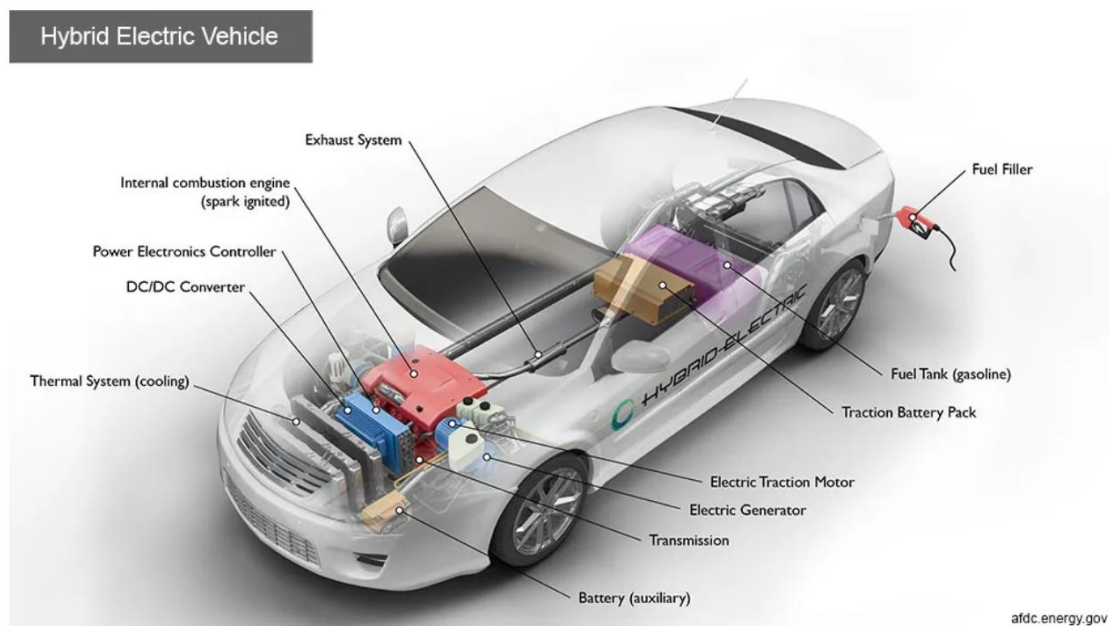
Όπως ακριβώς γίνεται αισθητό και από το όνομα τους, τα HEV είναι στην ουσία αυτά που συναντάμε ως υβριδικά αυτοκίνητα. Τα αυτοκίνητα αυτά διαθέτουν έναν ηλεκτροκινητήρα αλλά κι έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης λαμβάνει ενέργεια από το καύσιμο (βενζίνη ή πετρέλαιο), ενώ το μοτέρ παίρνει ηλεκτρική ενέργεια από τις μπαταρίες. Ο βενζινοκινητήρας και ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργούν ταυτόχρονα και σε συνδυασμό με το κιβώτιο ταχυτήτων, το οποίο με τη σειρά τους παρέχει κίνηση στους τροχούς [8].

Η διαφορά μεταξύ HEV σε σύγκριση με τα BEV – που αναφέρθηκαν παραπάνω – και τα Plug-In Υβριδικά είναι όπου ότι οι μπαταρίες στα υβριδικά (HEV) μπορούν να φορτιστούν μόνο μέσα από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης και την κίνηση των τροχών. Δεν υπάρχει, δηλαδή, θύρα φόρτισης. Έτσι, η μπαταρία να δε μπορεί να επαναφορτιστεί εξωτερικά, όπως για παράδειγμα μέσα από το ηλεκτρικό δίκτυο [8].

Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Υβριδικών. Το βασικό πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ότι η κίνηση παράγεται συνδυαστικά. Έτσι, δε χρειάζεται να έχεις στο νου

σου να φορτίζεις το αυτοκίνητο, ή να ξεμείνεις από καύσιμο ή αυτονομία. Αφού, οι μπαταρίες φορτίζονται ταυτόχρονα με την κίνηση. Κάτι σαν το δυναμό [8].

Ένα μειονέκτημα αυτής της κατηγορίας είναι ότι αποτελεί στην ουσία ένα ήπιο βενζινοκίνητο/πετρελαιοκίνητο αυτοκίνητο (ανάλογα με το καύσιμο). Έτσι, οι εκπομπές ρύπων εξακολουθούν να υφίστανται (αναλόγως και των κυβικών), είναι όμως μειωμένες με ένα αντίστοιχο συμβατικό όχημα. Το βασικό μειονέκτημα των HEV, όμως, είναι το κόστος των μπαταριών – κάτι που συνεπάγεται μία πολυέξοδη επισκευή σε περίπτωση βλάβης [8].



Εικόνα 2-1 3

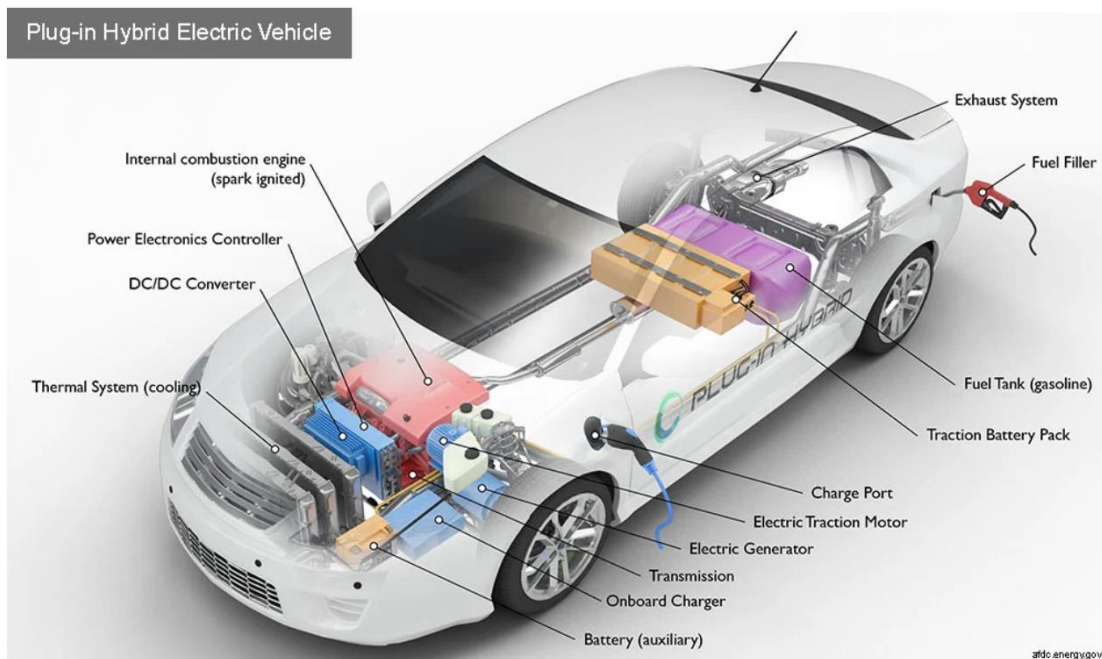
### 2.3.3 Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)

Τα Plug-In υβριδικά ήρθαν για να ισορροπήσουν μεταξύ δύο κόσμων. Αυτών των πλήρως ηλεκτρικών, αλλά και των υβριδικών. Τα PHEV διαθέτουν και αυτά τόσο έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης όσο κι έναν ηλεκτροκινητήρα. Η βασική διαφορά με τα υβριδικά (HEV) που αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι πως σε αυτή την περίπτωση η φόρτιση γίνεται εξωτερικά μέσω ενός καλωδίου [8].

Στην ουσία, τα PHEV είναι κάτι στη μέση μεταξύ ηλεκτρικού και συμβατικού/υβριδικού αυτοκινήτου. Διαθέτουν έναν ηλεκτροκινητήρα του οποίου η φόρτιση γίνεται με το καλώδιο και τον κλασικό τρόπο – όπως ακριβώς σε ένα υβριδικό, αλλά κι έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης ο οποίος δέχεται καύσιμο όπως ακριβώς κι ένα συμβατικό αυτοκίνητο. Τα Plug-In υβριδικά αυτοκίνητα διαθέτουν δύο λειτουργίες. Μία πλήρως ηλεκτρική, στην οποία ο κινητήρας και η μπαταρία παρέχουν όλη την ενέργεια του αυτοκινήτου [8].

Και μία υβριδική λειτουργία, στην οποία χρησιμοποιούνται τόσο ηλεκτρική ενέργεια όσο και βενζίνη. Μερικά PHEV μπορούν να ταξιδέψουν περισσότερα από 70 μίλια μόνο με ηλεκτρισμό [8].

Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Plug-In Υβριδικών. Αυτή η διττή λειτουργία των PHEV αυτοκινήτων αποτελεί και το βασικό τους πλεονέκτημα. Αφού παρέχει ένα μεγάλο μέρος των θετικών ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου χωρίς τα αντίστοιχα μειονεκτήματά τους. Για παράδειγμα, μπορείς να το κινείς αποκλειστικά ηλεκτρικά και εάν τελειώσουν οι μπαταρίες να το “γυρίσεις” στο παραδοσιακό καύσιμο. Είναι στην ουσία μία ασφαλής επιλογή για να μη σε περιορίζει η αυτονομία των μπαταριών. Παράλληλα, τα Plug-In υβριδικά εξισορροπώντας μεταξύ δύο κόσμων παρέχουν μία μέση λύση κάτι που αποτελεί και μειονέκτημα. Για παράδειγμα, η αυτονομία της ηλεκτρικής λειτουργίας είναι πολύ περιορισμένη και κατά συνέπεια δε μπορείς να βασιστείς σε αυτή. Παρά μόνο σε καθημερινό επίπεδο. Είναι δηλαδή μία μέση λύση με ό,τι κι εάν συνεπάγεται αυτό. Τόσο στα θετικά όσο και στα αρνητικά [8].



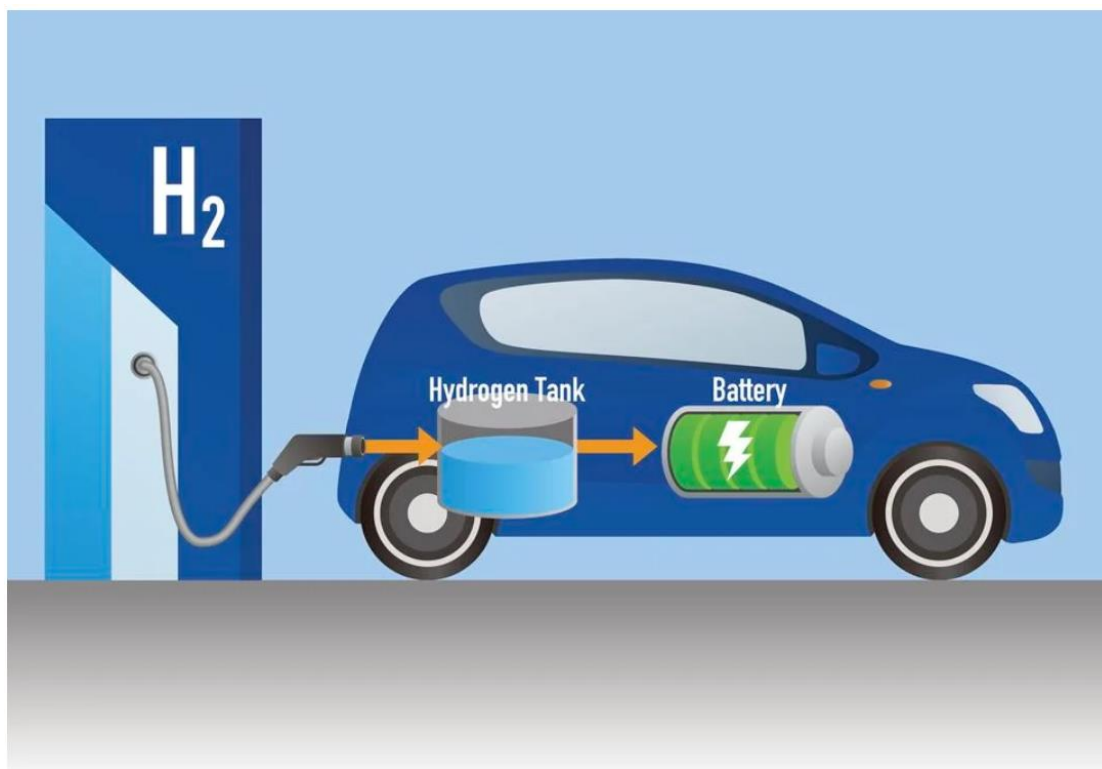
Εικόνα 2-1 4

### 2.3.4 Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)

Τα ηλεκτρικά οχήματα με κυψέλες υδρογόνου (FCEV) είναι γνωστά και ως αυτοκίνητα υδρογόνου. Αποτελούν έναν τύπο αυτοκινήτων που χρησιμοποιούν τεχνολογία «κυψελών υδρογόνου» για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του οχήματος. Σε αυτόν τον τύπο οχημάτων, η χημική ενέργεια του καυσίμου μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια [8].

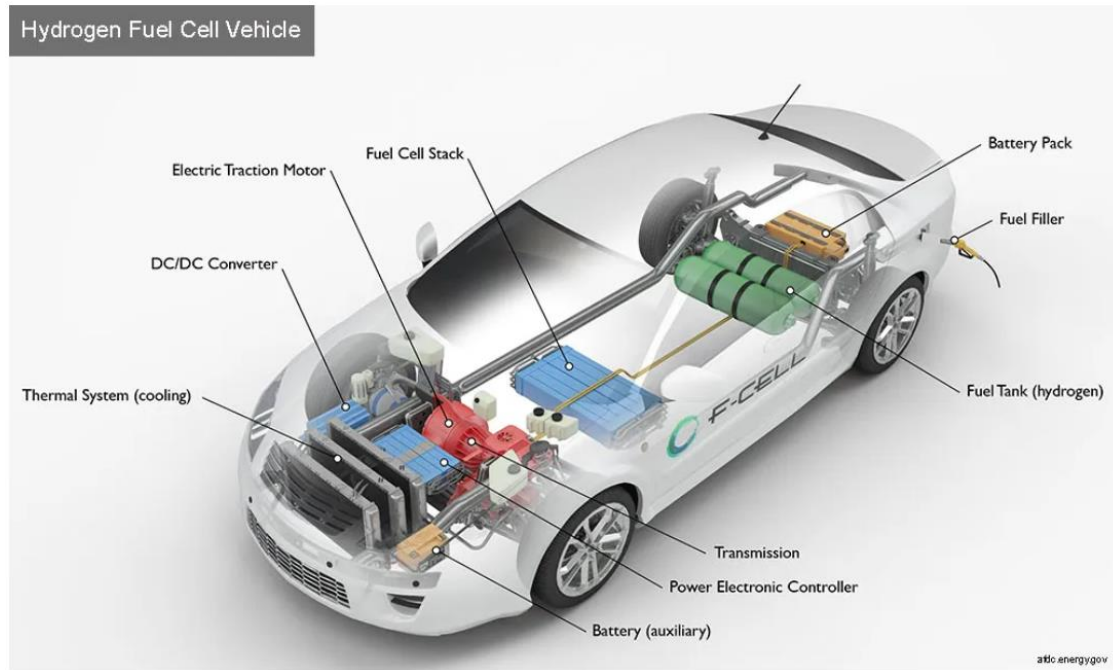
Οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούνται είναι παρόμοιοι με τους ηλεκτροκινητήρες των αμιγώς ηλεκτρικών αυτοκινήτων, με μία διαφορά. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα παίρνουν την ενέργεια αποκλειστικά από την μπαταρία, ενώ στα αυτοκίνητα υδρογόνου προέρχεται από γεννήτρια που χρησιμοποιεί υδρογόνο και μόνο η επιπλέον ενέργεια αποθηκεύεται στην μπαταρία. Δεν έχουν καμία σχέση με τα αυτοκίνητα υγραερίου LPG (ή CNG) και η λειτουργία τους είναι πολύ διαφορετική από αυτήν [8]. Τα FCEV δε διαθέτουν κινητήρα εσωτερικής καύσης. Ουσιαστικά, η κυψέλη καυσίμου παράγει ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας υδρογόνο. Για να κινηθεί θα πρέπει ο οδηγός να γεμίσει τη δεξαμενή του με υδρογόνο, με τη μόνη εκπομπή ρύπων να είναι το νερό ( $H_2O$ ) [8]. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα αυτοκινήτων Υδρογόνου. Το υδρογόνο είναι ένα στοιχείο που βρίσκεται παντού στον πλανήτη και τα αποθέματά του είναι εξασφαλισμένα. Σε αντίθεση με παραδοσιακά καύσιμα, όπως είναι το πετρέλαιο και η βενζίνη [8].

Παράλληλα, οι μηδενικές εκπομπές ρύπων τους εξασφαλίζουν μία θέση στα αυτοκίνητα του μέλλοντος και την πράσινη ανάπτυξη. Καθώς, όμως, πρόκειται για μία πολύ σύγχρονη και υποσχόμενη τεχνολογία, τα αυτοκίνητα υδρογόνου είναι ταυτόχρονα ακριβά και δυσεύρετα [8].



Εικόνα 2-1 5





Εικόνα 2-1 6

## 2.4 Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων

### 2.4.1 Δημόσια Φόρτιση

Η ηλεκτροκίνηση είναι μια ρυθμιζόμενη υπηρεσία η οποία διέπεται από συγκεκριμένους κανόνες, πρωτόκολλα και κρατικές απαιτήσεις. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι οποιοσδήποτε φορτιστής βρίσκεται σε ιδιωτικό ή δημόσιο χώρο και έχει δημόσια πρόσβαση απαιτείται να συνδέεται με πλατφόρμα ηλεκτροκίνησης και να διαχειρίζεται τη λειτουργία του ένας πιστοποιημένος και πλήρως χαρακτηρισμένος φορέας ηλεκτροκίνησης ο λεγόμενος ΦΕΥΦΗΟ (Φορέας Εκμετάλλευσης Υποδομών Επαναφόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων). Ο Φορέας ηλεκτροκίνησης είναι μια εταιρεία αντίστοιχη του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό τη διαχείριση σημείων φόρτισης δημόσιας πρόσβασης είτε αυτά βρίσκονται σε ιδιωτικό ή δημόσιο χώρο. Άρα όταν μιλάμε για δημόσια πρόσβαση μιλάμε για εταιρεία ηλεκτροκίνησης, για συνδεσιμότητα και για πλήρη έλεγχο του φορτιστή από απόσταση [11].

**Συνδεσιμότητα & έλεγχος φορτίων.** Οι φορτιστές αποτελούν δυνητικά ένα πολύ σημαντικό ηλεκτρικό φορτίο με αποτέλεσμα να απαιτείται από το διαχειριστή του δικτύου πλήρης έλεγχος των φορτίων αυτών από τις εταιρείες που τα διαχειρίζονται. Με αυτό τον τρόπο το σύστημα ηλεκτροδότησης της χώρας θα μπορεί να λειτουργεί χωρίς να σημειώνονται φαινόμενα υπερφόρτωσης του δικτύου λόγω μαζικής φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Είναι λοιπόν βασική απαίτηση οι φορτιστές που προορίζονται για τοποθέτηση σε δημοσίως προσβάσιμους χώρους να καλύπτουν πολύ αυστηρά πρότυπα συνδεσιμότητας [11].

**Ασφαλής φόρτιση & προστασία.** Οι φορτιστές πρέπει να είναι πιστοποιημένοι κατά το πρότυπο CE με τα σχετικά υποπρότυπα για τις ηλεκτρικές συσκευές παροχής ρεύματος και ταυτόχρονα να είναι σχεδιασμένοι με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία εξασφαλίζουν την ασφαλή χρήση των συσκευών από τους χρήστες [11].

Μια από αυτές τις προδιαγραφές είναι η αντιβανδαλιστική κατασκευή όπου προστατεύει το φορτιστή από πιθανές κακόβουλες επιθέσεις. Επιπλέον απαίτηση είναι και ο αντιβανδαλιστικός σχεδιασμός πρίζας ο οποίος αποτρέπει την ηλεκτροπληξία σε ανθρώπους που εσκεμμένα ή λόγω αμέλειας μπορεί να κινδυνεύσουν. Επίσης, οι πιστοποιημένοι και σφραγισμένοι μετρητές τύπου MID στο εσωτερικό του φορτιστή, οι οποίοι μπορούν να μετρούν ανεξάρτητα την παροχή της κάθε πρίζας του φορτιστή, ώστε να γίνεται σωστά και πιστοποιημένα η τιμολόγηση [11].

#### **2.4.2 Ιδιωτική Φόρτιση.**

Η ιδιωτική φόρτιση, δηλαδή η φόρτιση που πραγματοποιείται σε χώρους ιδιωτικής πρόσβασης όπως είναι για παράδειγμα τα πάρκινγκ προσωπικού των εταιρειών ή τα αμαξοστάσια για τον στόλο των οχημάτων μιας επιχείρησης, αν και προς το παρόν δεν διέπεται από αυστηρό νομικό πλαίσιο όπως στην περίπτωση της δημόσιας φόρτισης, παρουσιάζει τις ίδιες απαιτήσεις σχετικά με τις προδιαγραφές του εξοπλισμού φόρτισης και τις ίδιες ανάγκες για έλεγχο και συνδεσιμότητα. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι η αναμενόμενη ραγδαία εξάπλωση των ηλεκτρικών οχημάτων ως εταιρικά οχήματα και οχήματα μεταφορών, θα επιφέρει σημαντική αύξηση των απαιτήσεων καθώς και αλλαγή του προφίλ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στις εγκαταστάσεις των εταιρειών που θα τα αποκτήσουν, επιβαρύνοντας ουσιαστικά το δίκτυο. Επιπλέον, καθώς η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας εξελίσσεται και διευρύνεται, η εκμετάλλευση της αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας στις μπαταρίες του σταθμευμένου στόλου ηλεκτρικών οχημάτων είτε από την πώληση αυτής απευθείας στο δίκτυο είτε από την διάθεση αυτής σε επικουρικές υπηρεσίες προς το δίκτυο (V2G-Vehicle to Grid), δύναται να ενισχύσει τα οικονομικά οφέλη για τις ιδιοκτήτριες εταιρείες του στόλου [11].

Σε περιπτώσεις επομένως αυξημένου φορτίου ζήτησης για φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων στα σημεία ιδιωτικής πρόσβασης, χρειάζεται η παρουσία ΦΕΥΦΗΟ που θα εξασφαλίζει απομακρυσμένη εποπτεία, προγραμματισμό, έλεγχο και διαχείριση της φόρτισης, θα συντηρεί τους φορτιστές ώστε να παραμένουν ασφαλείς στη χρήση τους, θα τους διατηρεί ενημερωμένους με τα πιο πρόσφατα λογισμικά, ενώ παράλληλα θα παρέχει την δυνατότητα για την περεταίρω αξιοποίηση της περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας των μπαταριών, ενισχύοντας καθοριστικά και με ασφάλεια την εξάπλωση της ηλεκτροκίνησης [11].

### **2.4.3 Οικιακή Φόρτιση.**

Αξίζει να σημειωθεί πως σε αυτή την κατηγορία οι απαιτήσεις είναι λιγότερες. Οι οικιακοί φορτιστές βρίσκονται στο εσωτερικό ενός οικήματος, το οποίο στο σύνολό του μετράται ως προς τις καταναλώσεις του και τιμολογείται από έναν πάροχο με έναν πιστοποιημένο μετρητή του ΔΕΔΔΗΕ. Συνεπώς, ο φορτιστής ο ίδιος δεν απαιτείται να έχει πιστοποιημένο μετρητή υψηλής ακρίβειας. Επίσης η συνδεσιμότητα δεν είναι απαραίτητη [11].

Επιπλέον, τα φορτία των οικιακών φορτιστών αντιπροσωπεύουν μια πολύ μικρή ποσότητα ενέργειας η οποία απορροφάται από το δίκτυο με αποτέλεσμα να μην αποτελούν ουσιαστικό κίνδυνο για το δίκτυο ηλεκτροδότησης και άρα δεν χρειάζεται ο απομακρυσμένος τους έλεγχος από το διαχειριστή του δικτύου [11].

## **2.5 Τύποι φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων**

Τα πρότυπα τυποποίησης που αφορούν τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων (Electric Vehicles [EV]) είναι δυο: το SAE J1772 που χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ και το IEC 61851 για την Ευρώπη και Κίνα. Σε αυτά περιγράφονται οι απαιτήσεις των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, καθώς και των σταθμών φόρτισης, προκειμένου να συνδεθούν μεταξύ τους και να επιτευχτεί η ανταλλαγή ηλεκτρικής ενέργειας [13].

Πιο συγκεκριμένα, το πρότυπο IEC 61851-1 αναπτύχθηκε από τη Διεθνή Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (International Electrotechnical Commission) και περιγράφει τους τρόπους φόρτισης ταξινομώντας τους σε τέσσερις κατηγορίες (modes). Η ταξινόμηση έγινε με κριτήρια α) την τάση, β) την ισχύ φόρτισης, γ) την επικοινωνία του ηλεκτρικού οχήματος με το σταθμό φόρτισης, καθώς και δ) τον τρόπο γείωσης με τις συσκευές προστασίας [13].

### **2.5.1 Φόρτιση AC mode 1**

**Οικιακή υποδοχή και καλώδιο προέκτασης.** Με την αγορά ενός επαναφορτιζόμενου από το δίκτυο υβριδικού ηλεκτρικού αυτοκινήτου (Plug-in Hybrid Electric Vehicle [PHEV]), ο χρήστης παραλαμβάνει από τον κατασκευαστή και ένα απλό καλώδιο φόρτισης [13].

Το καλώδιο αυτό χρησιμοποιείται στη φόρτιση mode 1, κατά την οποία το όχημα συνδέεται σε μονοφασικό οικιακό ρευματοδότη μέσω τυποποιημένης υποδοχής τύπου Schuko που δεν υπερβαίνει τα 16Α. Εάν η οικία διαθέτει τριφασική παροχή τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί τριφασικός σύνδεσμος. Και στις δυο περιπτώσεις τηρούνται τα πρότυπα IEC 60884 -1 και IEC 60309-1, -2. Το άλλο άκρο του καλωδίου είναι συνήθως βύσμα Type-2 (Mennekes). Ο συνηθισμένος χρόνος φόρτισης είναι στις 10-15 ώρες από οικιακό ρευματοδότη. Η AC mode 1 είναι αργή φόρτιση, και αυτός είναι ένας λόγος που προτιμάμε να γίνεται κατά τη διάρκεια της νύχτας [13].

Για την προστασία του χρήστη αλλά και του εξοπλισμού του οχήματος, το μεταλλικό πλαίσιο συνδέεται με τη γη μέσω του αγωγού γείωσης που διαθέτει το καλώδιο φόρτισης. Ο σκοπός του γειωμένου συστήματος είναι στην περίπτωση που θα παρουσιαστεί κάποιο σφάλμα διαρροής να κατευθύνει το επικίνδυνο ρεύμα προς τη γη [13].

Σε αυτό τον τρόπο φόρτισης, εκτός από τον αγωγό γείωσης, προστασία από ηλεκτροπληξία στο χρήστη του ηλεκτρικού οχήματος προσφέρει η διάταξη διαφορικού ρεύματος που διαθέτει η ηλεκτρική εγκατάσταση της οικίας και είναι τύπου A. Αυτό σημαίνει ότι ανιχνεύει τη διαρροή εναλλασσόμενου ρεύματος και αντιδρά διακόπτοντας το κύκλωμα, εάν η τιμή ξεπεράσει τα 30 mA [13].

Η φόρτιση με τον τρόπο mode 1 έχει χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, και για το λόγο αυτό δεν χρησιμοποιείται σε αρκετές χώρες, όπως στις ΗΠΑ [13].

### 2.5.2 Φόρτιση AC mode 2

**Αργή φόρτιση από μια πρίζα γενικής χρήσης με μια συσκευή προστασίας από ηλεκτροπληξία (RCD) στο καλώδιο.** Η φόρτιση mode 2 μοιάζει με τη φόρτιση mode 1, διότι το όχημα συνδέεται σε τυπικό ρευματοδότη για τη παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας. Η διαφορά είναι στο καλώδιο, το οποίο είναι γνωστό ως “occasional use cable” ή “καλώδιο περιστασιακής χρήσης” και συνήθως παρέχεται με το ηλεκτρικό όχημα από τον κατασκευαστή. Αυτό το καλώδιο παρέχει [13]:

- Διάταξη διαφορικού ρεύματος (RCD).
- Προστασία από υπερβολικό ρεύμα (Over current protection).
- Προστασία από υπερβολική θερμοκρασία (Over temperature protection).
- Ανίχνευση γείωσης προστασίας Protective Earth detection (from wall socket).

Η διάταξη διαφορικού ρεύματος περιλαμβάνει δυο αντιηλεκτροπληξιακά ρελέ: ένα τύπου A και ένα τύπου B. Το ρελέ διαρροής τύπου A ανιχνεύει και παρέχει προστασία σε διαφορικά ημιτονοειδή εναλλασσόμενα ρεύματα, αλλά και από ρεύματα παλμικής κυματομορφής [13].

Οι φορτιστές των μπαταριών που χρησιμοποιούνται σε plug-in ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να προκαλέσουν υψηλά επίπεδα αρμονικής παραμόρφωσης. Τα τυπικά ρελέ τύπου A έχουν σχεδιαστεί μόνο για χρήση σε συχνότητα των 50Hz AC. Εάν σε αυτό το ρελέ που είναι σχεδιασμένο για λειτουργία στα 50Hz περάσει ρεύμα υψηλής συχνότητας, μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση των εξαρτημάτων και να οδηγήσει σε αστοχία του ρελέ [13].

Ένα άλλο ζήτημα σχετίζεται με τα κυκλώματα ανόρθωσης του on board φορτιστή και τη διαρροή DC ρεύματος στο καλώδιο της παροχής υπό συνθήκες βλάβης. Το DC που ρέει μέσω τυπικών RCD παράγει μαγνητικό κορεσμό στον σιδερένιο πυρήνα ρελέ και το καθιστά ανίκανο να ανταποκριθεί σε μια κατάσταση στην οποία υπάρχει πραγματικός κίνδυνος

ηλεκτροπληξίας. Για το λόγο αυτό τοποθετείται και ρελέ τύπου B, ώστε να υπάρχει μια ολοκληρωμένη ικανότητα ανίχνευσης για ρεύματα διαρροής και κατά συνέπεια αυξημένη ασφάλεια στο χρήστη του ηλεκτρικού οχήματος [13].

Όπως και στο AC mode 1, το όχημα για τη φόρτισή του συνδέεται στο δίκτυο με παροχή μονοφασική 230 V AC ή τριφασική 400 V AC με συχνότητα 50-60 Hz, και το ρεύμα μπορεί να φτάσει την τιμή των 32A ανά φάση με την κατάλληλη εγκατάσταση. Έτσι η ισχύς που παραλαμβάνεται για τη φόρτιση του οχήματος μπορεί να φτάσει τα 22 kW [13].

### **2.5.3 Φόρτιση AC mode 3**

**Ημιταχεία φόρτιση από ειδικό φορτιστή.** Η φόρτιση AC mode 3 γίνεται από ειδικό εξοπλισμό τροφοδοσίας γνωστό ως Σταθμός Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΣΦΗΟ) ή Electric Vehicle Charging Station (EVSE). Το EVSE είναι ειδικός ρευματοδότης για να παρέχει την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για την επαναφόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, και μπορεί να είναι επίτοιχος (Wall Box) ή επιδαπέδιος (Pentestal) [13].

Υπάρχει επικοινωνία μεταξύ οχήματος και ρευματοδότη μέσω της γραμμής ελέγχου (πιλότου) και επιτυγχάνονται ταχύτερες φορτίσεις σε σχέση με τα mode 1 και 2, ανάλογα με τη σύνδεση στο δίκτυο και την ισχύ του φορτιστή του οχήματος. Διαθέτει προστασία από ηλεκτροπληξία μόνιμα ενσωματωμένη στον ρευματοδότη όπως στη φόρτιση mode 2 με ρελέ διαρροής τύπου A και ρελέ τύπου B [13].

Ο εξοπλισμός τροφοδοσίας EVSE διαθέτει ασφάλεια στην είσοδο της τροφοδοσίας για την προστασία των κυκλωμάτων. Να σημειωθεί ότι δύναται να φέρει ηλεκτρονικά κυκλώματα για λειτουργίες όπως είναι η μέτρηση ηλεκτρικής ενέργειας φόρτισης, η χρέωση αυτής, καθώς και επικοινωνίες για εφαρμογές απομακρυσμένης υπηρεσίας. Επίσης, περιλαμβάνει ηλεκτρονόμο για τον έλεγχο του φορτίου [13].

Αποδεκτός ακροδέκτης για την επαναφόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων με τη mode 3 καθορίζεται από το πρότυπο EN/IEC 62196-2 και είναι το Type 2 (Mennekes) [13].

Προσφέρεται για επιτοίχια τοποθέτηση ή τοποθέτηση σε πυλώνα και είναι ιδανικός για χώρους στάθμευσης, εμπορικά καταστήματα, κτήρια γραφείων, ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις, δημόσιους χώρους αλλά και σε περιπτώσεις όπου ο χώρος είναι περιορισμένος [12].

### **2.5.4 Φόρτιση DC mode 4**

**Γρήγορη φόρτιση με εξωτερικό φορτιστή παροχής DC.** Στη φόρτιση DC mode 4 ο ειδικός εξοπλισμός τροφοδοσίας (EVSE) χρησιμοποιεί ένα off-board φορτιστή ο οποίος διαθέτει

μετατροπέα AC σε DC. Εδώ το όχημα επαναφορτίζεται σε χρονικό διάστημα λιγότερο από μια ώρα, με παροχή συνεχούς ρεύματος με μέγιστη τιμή που μπορεί να φτάσει τα 400 A [13].

Οι σταθμοί φόρτισης συνεχούς ρεύματος Mode 4 (DC) προσφέρουν στους χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων τη δυνατότητα για υπερταχεία φόρτιση στα 50kW [12].

Το όχημα επικοινωνεί με τον εξωτερικό φορτιστή και του οχήματος για τον πλήρη έλεγχο της φόρτισης με ένα κατάλληλο πρωτόκολλο επικοινωνίας καθώς και για προστασία από ηλεκτροπληξία. Η γρήγορη φόρτιση είναι χρήσιμη για να αποκατασταθεί γρήγορα η κατάσταση φόρτισης (SOC – state of charge) μερικώς ή πλήρως κατά τη διάρκεια της ημέρας, για να ολοκληρωθεί π.χ. ένα ταξίδι που είναι μεγαλύτερο από τη μέγιστη δυνατότητα οδήγησης (AER – All electric range) του οχήματος [13].

Οι σταθμοί φόρτισης DC mode 4 σχεδιάζονται ως συστήματα IT, δηλαδή δεν επιτρέπεται η σύνδεση ενεργού αγωγού με τη γείωση. Ο μετασχηματιστής που είναι τοποθετημένος στο σταθμό φόρτισης συνεχούς ρεύματος, αλλά και ο σχεδιασμός των ηλεκτρονικών συστημάτων φόρτισης, προσφέρουν την ηλεκτρική απομόνωση που απαιτείται, και κατά συνέπεια παρέχεται ασφάλεια στο χρήστη [13].

Το σημαντικό πλεονέκτημα εδώ είναι ότι η τάση επαφής στην περίπτωση σφάλματος είναι περίπου 0 V. Ως αποτέλεσμα, ένας πιθανός κίνδυνος που οφείλεται στη ροή ρεύματος μέσω του σώματος, μπορεί σχεδόν να αποκλειστεί. Ο εξοπλισμός φόρτισης περιλαμβάνει ηλεκτρονόμο φορτίου, ασφάλεια στην έξοδο του μετατροπέα, καθώς και ηλεκτρονικά κυκλώματα για την επικοινωνία ανθρώπου – φορτιστή, χρέωση φόρτισης και διασύνδεση των σταθμών μεταξύ τους, όπως και με τον πάροχο για τη διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας [13].

Αποδεκτός ακροδέκτης για την επαναφόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων με τη mode 4 καθορίζεται από το πρότυπο EN/IEC 62196-3 και είναι το Type 3 (DC Combo 2) [13].

Τέλος, κάθε συσκευή φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων πρέπει να διαθέτει πιστοποίηση CE, που βεβαιώνει ότι πληρούνται όλες οι σχετικές απαιτήσεις για την ασφάλεια και την προστασία της υγείας του χρήστη [13].

Η οικιακή ηλεκτρική εγκατάσταση είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που θα καθορίσει την επιλογή του φορτιστή. Με μονοφασικό ρεύμα 32A ο ισχυρότερος φορτιστής που μπορεί να εγκατασταθεί είναι ισχύος 7,36 kW (32A x 230V=7360W), το τριφασικό 32A θα «σηκώσει» έως και 22 kW [15].

Οι περισσότεροι απλοί φορτιστές που συνοδεύουν ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο και συνδέονται με μια απλή οικιακή πρίζα περιορίζονται στα 10A, συνεπώς σε ρεύμα 230 V προσφέρουν φόρτιση 2,3 kW (10A x 230V=2300W). Πράγμα που σημαίνει πως για να φορτίσουμε πλήρως ένα αυτοκίνητο με μπαταρία χωρητικότητας 42,2 kWh θα χρειαστούμε 18 ώρες και

20 λεπτά. Με έναν οικιακό φορτιστή 7,2 kW η ίδια διαδικασία θα διαρκέσει 5 ώρες και 52 λεπτά, θα είναι δηλαδή περισσότερο από τρεις φορές ταχύτερη. Στην πραγματικότητα η διαφορά είναι ακόμη μεγαλύτερη, καθώς υπάρχουν απώλειες ενέργειας για τη ψύξη της μπαταρίας, ενώ η απόδοση των ενσωματωμένων στο αυτοκίνητο φορτιστών μειώνεται σε χαμηλότερα ρεύματα [15].

### 2.5.5 Πίνακας εκτιμήσεων φόρτισης

Table 1

Τρόπος Φόρτισης	Mode 1 110 η 220V (~1,4-3 kW)	Modes 2-3 220 V (~7,2 kW)	Mode 4 DC 400 V (50 kW) Ταχεία	Mode 4 DC 400 V (140 kW) Tesla	Mode 4 DC 400 V (350 kW) * Υπερταχεία
Περιγραφή του τρόπου φόρτισης	Η παροχή αυτή είναι μια κοινή οικιακή παροχή	Πιο ισχυρή από Mode 1  Είναι η συνήθης περίπτωση	Συνεχές ρεύμα απευθείας στο όχημα  Σε 20 λεπτά προσθέτει 70-100 χλμ αυτονομία	Διατίθεται μόνο για Tesla  Είναι η ταχύτερη εν χρήσει φόρτιση	Θα είναι η ταχύτερη φόρτιση που θα διατίθεται σε σχέση με όλες τις άλλες
Πρόσθεση αυτονομίας για 1 ώρα φόρτισης	5 – 15 χλμ	25 - 40 χλμ	160 χλμ	530 χλμ	1250 χλμ
Χρόνος φόρτισης για 320 χλμ	40 - 25 ώρες	8 ώρες	2 ώρες	40 λεπτά	15 λεπτά

\* Εκτιμήσεις βασισμένες σε θεωρητικούς υπολογισμούς

[14]

## 2.6 Τύποι καλωδίων και πριζών

Κατά την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης τα τελευταία χρόνια, έχουν εμφανιστεί πρότυπα τα οποία καθορίζουν τις προδιαγραφές των καλωδίων και των πριζών φόρτισης ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή, και τις απαιτήσεις του εκάστοτε ηλεκτρικού δικτύου [16]. Πιο συγκεκριμένα, οι τύποι πριζών (charging sockets) μπορούν να χωριστούν στις εξής 4 βασικές κατηγορίες:

- Type 1 – Μονοφασικός σύνδεσμος (με βάση το πρότυπο SAE J1772/2009), που εφαρμόζεται ευρέως στις αγορές της Βορείου Αμερικής και της Ασίας [16].

Αυτό το σύστημα έχει σχεδιαστεί μόνο για αργή και γρήγορη φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος (AC), πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να δεχτεί οτιδήποτε μεταξύ τριών και επτά kW. Τα ηλεκτρικά οχήματα με αυτό το σύστημα θα

πρέπει να έχουν έναν προσαρμογέα που να τους επιτρέπει να συνδέονται σε διαφορετικού τύπου σημεία φόρτισης [17].

- Type 2 – Μονοφασικός ή Τριφασικός σύνδεσμος (με βάση το πρότυπο VDE-AR-E 2623-2-2) που καλύπτει την Ευρωπαϊκή αγορά καθώς και χώρες της Νοτίου Αμερικής [16].

Σύμφωνα με την πιο πρόσφατη νομοθεσία της ΕΕ, οι περισσότεροι κατασκευαστές αυτοκινήτων πρέπει να προσαρμόσουν αυτό το βύσμα στα μοντέλα EV τους, πράγμα που σημαίνει ότι σχεδόν όλα τα δημόσια σημεία φόρτισης θα διαθέτουν βύσμα τύπου 2. Όπως και ο τύπος 1, αυτό το σύστημα έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί με αργή και γρήγορη φόρτιση. Ωστόσο, μπορεί επίσης να χειριστεί τα 22kW που παρέχονται από τριφασικό τροφοδοτικό, αν και θα πρέπει να ελέγξετε ότι το αυτοκίνητό σας μπορεί να δεχτεί αυτή την ισχύ φόρτισης. Σε αντίθεση με την υποδοχή τύπου 1, ο τύπος 2 μπορεί να “κλειδώσει” πάνω στο αυτοκίνητο, διασφαλίζοντας ότι κανείς δεν μπορεί να αποσυνδέσει το αυτοκίνητο, ενώ το φορτίζετε και βρίσκεστε μακριά από αυτό [17].

- Type 3 – Μονοφασικός ή Τριφασικός σύνδεσμος όμοιος του Type 2, ο οποίος συνοδεύεται από προστατευτικά κλείστρα ασφαλείας [16].
- Type 4 – Σύνδεσμοι που χρησιμοποιούνται για υπερταχεία DC φόρτιση και ανάλογα με την προέλευση του ηλεκτρικού οχήματος, υπάρχει το βύσμα CHAdeMO ή και CCS (Combined Charging System) [16].

Το **Συνδυασμένο Σύστημα Συνδυασμού, ή CCS** όπως συνηθίζεται να ονομάζεται, είναι ο πιο δημοφιλής σύνδεσμος για ταχεία φόρτιση DC (Direct Current). Τα περισσότερα, νέα, αμιγώς ηλεκτρικά μοντέλα EV είναι εξοπλισμένα με αυτόν τον τύπο πρίζας, η οποία ουσιαστικά σας επιτρέπει να φορτίζετε τόσο σε δημόσιο φορτιστή DC, όσο και σε οικιακή μονάδα AC. Ουσιαστικά, συνδυάζει την υποδοχή DC με τον τύπο 2 (CCS Combo 2) ή τον τύπο 1, με το βύσμα DC. Όταν θέλετε να συμπληρώσετε την μπαταρία σε σταθμό ταχείας φόρτισης (τα περισσότερα θα διαθέτουν και τους δύο τύπους), απλώς τοποθετήστε τη συνδεδεμένη υποδοχή CCS στο αυτοκίνητό σας και, ανάλογα με τον φορτιστή και το όχημα, μπορείτε να δεχτείτε έως και 350kW ρεύμα [17].

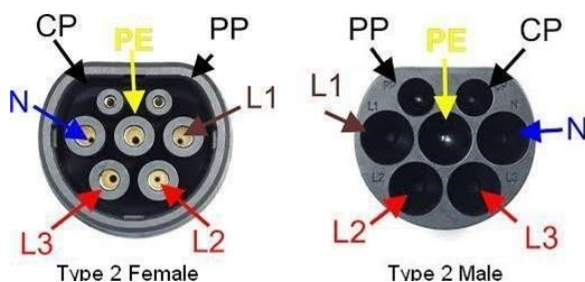
Το **CHAdeMO** είναι η συντομογραφία του ‘Charge de Move’, ένα από τα πρώτα συστήματα ταχείας φόρτισης DC. Σχεδιασμένο το 2010 στην Ιαπωνία, εξακολουθεί να είναι το σύστημα φόρτισης που προτιμούν οι Honda, Mitsubishi, Nissan, Subaru και Toyota. Όπως και το σύστημα CCS, το CHAdeMO χρησιμοποιείται για ταχεία φόρτιση και μπορεί να μεταφέρει έως και 400kW. Σε αντίθεση με τον αντίπαλό του CCS, το CHAdeMO απαιτεί από το αυτοκίνητο να διαθέτει δύο ξεχωριστά βύσματα



για γρήγορη και αργή/γρήγορη φόρτιση (το ένα CHAdeMO, το άλλο υποδοχή τύπου 2 ή τύπου 1). Ενώ το CHAdeMO είναι λιγότερο δημοφιλές στην Ευρώπη από το CCS, έχει ένα θετικό χαρακτηριστικό, τη δυνατότητα να μεταφέρει ηλεκτρικό ρεύμα σε δύο κατευθύνσεις. Έτσι, ακόμα στις πρώτες ημέρες της, αυτή η τεχνολογία σας επιτρέπει να χρησιμοποιείτε μέρος του ηλεκτρικού ρεύματος από το πλήρως φορτισμένο EV σας για να τροφοδοτήσετε εν μέρει το σπίτι σας [17].

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση από τον Ιανουάριο του 2013 για τη φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων χρησιμοποιούνται κυρίως οι σύνδεσμοι Type 2 στην εναλλασσόμενη / AC φόρτιση και CCS 2 για συνεχούς ρεύματος/ DC φόρτιση (συνδυασμός Type 2 με ακροδέκτες συνεχούς ρεύματος) [16].

Το βύσμα Type 2 έχει κυκλικό σχήμα αποτελούμενο συνολικά από επτά επαφές. Οι συγκεκριμένες επαφές περιέχουν το σύνολο των ηλεκτρικών φάσεων (L1, L2, L3), τους αγωγούς ουδετέρωσης (N) και γείωσης (PE), καθώς και δύο επαφές (PP, CP) μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η επικοινωνία του σταθμού με το αυτοκίνητο [16].

















Εικόνα 2-1 7

Οι σταθμοί φόρτισης διαθέτουν θηλυκό βύσμα Type 2 (είτε με τη μορφή πρίζας είτε με ενσωματωμένο καλώδιο) ενώ τα αυτοκίνητα είναι εξοπλισμένα με μια τυποποιημένη είσοδο Type 2 αρσενικό βύσμα. Έτσι λοιπόν, στην περίπτωση που ο σταθμός δεν διαθέτει το δικό του ενσωματωμένο καλώδιο, ο οδηγός θα πρέπει να συνδέσει στην υποδοχή ένα ξεχωριστό καλώδιο (Type 2 Female-Type 2 Male) για την έναρξη της φόρτισης [16].



Εικόνα 2-1 8

	Πηγή	Καλώδιο		Όχημα
<b>Επίπεδο φόρτισης</b>				
<b>Level 1</b> ≤ 2,3 kW	Schuko 	Schuko 	<b>Τύπου 2</b> θηλυκό 	<b>Τύπου 2</b> αρσενικό 
<b>Level 2</b> (ενσωματωμένο καλώδιο)		<b>Τύπου 2</b> θηλυκό 		<b>Τύπου 2</b> αρσενικό 
<b>Level 2</b>	<b>Τύπου 2</b> θηλυκό 	<b>Τύπου 2</b> αρσενικό 	<b>Τύπου 2</b> θηλυκό 	<b>Τύπου 2</b> αρσενικό 
<b>Level 3</b> (ενσωματωμένο καλώδιο)	Ενσωματωμένο καλώδιο <b>CCS 2</b> θηλυκό 			<b>CCS 2</b> αρσενικό 
	Ενσωματωμένο καλώδιο <b>CHAdeMO</b> 			<b>CHAdeMO</b> 

**Εικόνα 2-1 9**

[18]

Η διαδικασία φόρτισης είναι παρόμοια και για την περίπτωση της υπερταχείας φόρτισης με συνεχές ρεύμα (DC), με τη μόνη διαφορά να βρίσκεται στα βύσματα φόρτισης που χρησιμοποιούνται [16].

Συνολικά, υπάρχουν τρία βύσματα για φόρτιση στο συνεχές ρεύμα. Το CCS 1 που συναντάται κυρίως στην Αμερική. Το CHAdeMO χρησιμοποιείται κυρίως στην Ασία, υπάρχει όμως και στην Ευρώπη. Και το βύσμα CCS 2 (συνδυασμός Type 2 με ακόμα δύο επαφές) [16].

Το CCS 2 μάλιστα αναμένεται να κυριαρχήσει τα επόμενα χρόνια, καθώς από το 2014 υπάρχει σχετική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης ώστε να αντικαταστήσει πλήρως το CHAdeMO, που ίσχυε μέχρι τώρα σε πολλά οχήματα [16].

**Επιλογή καλωδίου φόρτισης.** Η πλειονότητα των ηλεκτρικών οχημάτων που διατίθενται στην Ε.Ε. είναι εξοπλισμένα με καλώδιο φόρτισης οικιακής χρήσης Level 1/Mode 2. Το καλώδιο αυτό είναι μονοφασικό 16Α, από την μία μεριά έχει έξοδο Type 2 και από την άλλη συνδέεται με μια πρίζα Schuko και αποτελεί τον πιο απλό τρόπο φορτιστής. Ωστόσο, λόγω

της αρκετά χαμηλής ταχύτητας φόρτισης, μπορεί να είναι ακατάλληλο για καθημερινή χρήση [16].

Υπάρχουν Type 2 τριφασικά (3φ) και μονοφασικά (1φ) καλώδια σε εκδόσεις 16A και 32A, όπου ανάλογα με τον μετατροπέα (on-board charger) που διαθέτει το αυτοκίνητό σας θα πρέπει να επιλέξετε και το καλώδιο φόρτισης. Εάν το αυτοκίνητό σας μπορεί να δεχθεί περισσότερα από 11kW θα πρέπει να έχετε καλώδιο φόρτισης 32A, ενώ σε διαφορετική περίπτωση, θα χρησιμοποιήσετε την έκδοση των 16A που είναι και πιο οικονομική [16].

## **2.7 Τεχνολογία Vehicle-to-Grid (V2G)**

Ο όρος Vehicle-to-grid (V2G) περιγράφει ένα σύστημα στο οποίο ηλεκτρικά αυτοκίνητα επικοινωνούν με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να προσφέρουν υπηρεσίες, όπως η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο ή να διαμορφώσουν τον ρυθμό φόρτισής τους. Η ιδέα προτάθηκε από τους Kempton και Latendre το 1996 αλλά μόλις πρόσφατα απέκτησε μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον λόγω της αύξησης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων [19].

Τα ηλεκτρικά οχήματα, όταν δεν χρησιμοποιούνται, είναι συνδεδεμένα στο ηλεκτρικό δίκτυο, για λόγους φόρτισης, αλλά από μόνα τους δεν μπορούν να προσφέρουν ενέργεια και υπηρεσίες στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η τεχνολογία Vehicle-to-grid προσφέρει τρόπους στα αυτοκίνητα να επιστρέψουν ενέργεια στο δίκτυο, μέσω ειδικών φορτιστών διπλής κατεύθυνσης, καθώς και τρόπους επικοινωνίας με αυτό. Εισάγει επίσης τον ρόλο του συσσωρευτή (aggregator) ο οποίος αποτελεί έναν μεσάζοντα ανάμεσα στα αυτοκίνητα και στο δίκτυο. Ο συσσωρευτής είναι υπεύθυνος να δίνει οδηγίες στα αυτοκίνητα ως προς τις ενέργειες που θα προβούν, όπως ο ρυθμός φόρτισης ή η πώληση ενέργειας στο δίκτυο, με σκοπό τη μεγιστοποίηση του κέρδους τόσο για το δίκτυο όσο για τους ιδιοκτήτες των αυτοκινήτων [20].

Η διαδικασία (V2G) χρησιμοποιεί την αποθηκευμένη ενέργεια στις μπαταρίες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και για να συνεισφέρει στις αιχμές του φορτίου, η ηλεκτρική ενέργεια επιστρέφει στο ηλεκτρικό δίκτυο, όταν το ζητούν οι χειριστές του δικτύου. Με αυτό τον τρόπο τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που περιέχουν αυτές τις διατάξεις ισχύος μπορούν να λάβουν ενέργεια κατά τη διάρκεια της υπερβολικής παραγωγής και να την παραδώσουν στο ηλεκτρικό δίκτυο κατά τη διάρκεια των περιόδων μεγάλης ζήτησης, ώστε να γίνεται εξισορρόπηση της παραγωγής και της κατανάλωσης ενέργειας, καθώς και τη σταθεροποίηση της παραγωγής διαλείψεων από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, βελτιώνοντας την ενσωμάτωσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο. Έτσι, το V2G περιγράφεται ως ένα σύστημα όπου μπορούν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα να επικοινωνούν με το ηλεκτρικό δίκτυο για να πουλήσουν ή να αγοράσουν ενέργεια, προκειμένου να δημιουργήσουν την ισορροπία στο

δίκτυο. Για να καταστεί δυνατό το σύστημα φόρτισης των μπαταριών χρειάζεται βοήθεια από ένα έξυπνο και συνεργατικό σύστημα για τον έλεγχο και των δύο διαδικασιών, αλλά και για την προσθήκη επιπλέον λειτουργιών, όπως η εύρεση των περιόδων με φθηνότερες τιμές για τη φόρτιση των μπαταριών, για τον εντοπισμό των διαθέσιμων χρόνων φόρτισης στους δημόσιους χώρους και να παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες στους οδηγούς. Κάθε όχημα πρέπει να έχει δύο θεμελιώδη στοιχεία: μία σύνδεση για την αμφίδρομη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας και μια λογική σύνδεση για την επικοινωνία και τον έλεγχο και στις δύο πλευρές. Μπορεί να εφαρμοστεί το σήμα ελέγχου από το φορέα παροχής ηλεκτρικού ρεύματος στα οχήματα μέσω ραδιοφωνικού σήματος εκπομπής, μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας, μέσω διαδικτύου ή μέσω της επικοινωνίας γραμμής ισχύος (μικροελεγκτές-PLC) [21].

## **2.8 Οφέλη από την ανάπτυξη της Ηλεκτροκίνησης**

Τα οφέλη από την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης θα είναι πολλαπλά και σε όλα τα επίπεδα. Μειώνεται η ατμοσφαιρική ρύπανση, καθώς και το επίπεδο θορύβου και όχλησης. Βελτιώνεται η ποιότητα ζωής των πολιτών. Δημιουργούνται επιχειρηματικές ευκαιρίες για την ανάπτυξη παραγωγικών μονάδων στον κλάδο των ηλεκτρικών οχημάτων. Αναπτύσσεται η αγορά. Δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας. Ενθαρρύνεται η χρήση σύγχρονων τεχνολογιών οι οποίες δημιουργούν τις προϋποθέσεις για την μετάβαση στην κινητικότητα μηδενικών εκπομπών. Επιτυγχάνεται η σταδιακή απεξάρτηση της Ελλάδας από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα και, κατ' επέκταση, από την αστάθεια των διεθνών αγορών πετρελαίου. Ενισχύεται το «οικολογικό» προφίλ της Χώρας, καθιερώνοντας ιδίως τα νησιά μας ως «πράσινους» προορισμούς [25].

**Τα Σημεία υπεροχής και οφέλη ηλεκτρικών και Plug-in υβριδικών οχημάτων είναι τα παρακάτω [26]:**

- ✓ Χαμηλότερο κόστος κίνησης σε σχέση με τα συμβατικά, λόγω της αυξημένης αποδοτικότητας, αλλά και λόγω του γεγονότος ότι η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος (ανά μονάδα ενέργειας) είναι χαμηλότερη από την αντίστοιχη οποιουδήποτε ορυκτού καυσίμου.
- ✓ Εξαιρετικές επιδόσεις, προς όφελος της άνεσης-ευκολίας οδήγησης και της ενεργειακής ασφάλειας, καθώς η ροπή τους αποδίδεται στο μέγιστο ακαριαία και είναι σχεδόν σταθερή.
- ✓ Περιορισμός της συνολικής κατανάλωσης και του κόστους χρήσης, εξαιτίας της δυνατότητας ανάκτησης ενέργειας από την πέδηση, η οποία φορτίζει την μπαταρία.
- ✓ Χαμηλότερο κόστος συντήρησης σε σχέση με τα συμβατικά.
- ✓ Χαμηλές έως μηδενικές εκπομπές ρύπων κατά την κίνησή τους.

- ✓ Χαμηλό έως μηδενικό συνολικό αποτύπωμα ρύπων, εφόσον φορτίζονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- ✓ Περιορισμός της υπερθέρμανσης του πλανήτη που προκαλείται από το φαινόμενο του θερμοκηπίου και μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα.
- ✓ Μειωμένα επίπεδα ηχορύπανσης στις πόλεις και σημαντικά μικρότερη επιβάρυνση των φυσικών οικοσυστημάτων, καθώς είναι σχεδόν αθόρυβα.

# 3

## *Ρυθμιστικά θέματα*

### *3.1 Ευρωπαϊκές Οδηγίες για την ηλεκτροκίνηση*

Η Ευρωπαϊκή Ένωση προωθεί την ηλεκτροκίνηση και παροτρύνει τα κράτη μέλη της να εφαρμόσουν μέτρα για την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων και των σταθμών φόρτισής τους. Αρχικά με τη στρατηγική καθαρών καυσίμων του 2013 (Comission, 2013) και την οδηγία του 2014 για τα έργα υποδομής εναλλακτικών καυσίμων [24] προτείνει την καθιέρωση ενός ελάχιστου επιπέδου υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση, που θα ισούται με ένα δημόσιο σταθμό φόρτισης για κάθε 10 ηλεκτρικά οχήματα. Στη συνέχεια, το 2016, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε μια ευρωπαϊκή στρατηγική για την «κινητικότητα χαμηλών εκπομπών», η οποία έδινε ιδιαίτερη έμφαση στη σημασία της ύπαρξης διαθέσιμων στο κοινό σημείων ηλεκτρικής φόρτισης, της χρήσης ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας στις μεταφορές και της ευαισθητοποίησης του κόσμου σχετικά με τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων. Κάλυψε επίσης τα κράτη μέλη να επανεξετάσουν τα φορολογικά τους συστήματα, ώστε να εισαγάγουν κίνητρα για οχήματα με χαμηλές εκπομπές ρύπων [23].

Επίσης, στην Ευρωπαϊκή Οδηγία για την Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων του 2018 (EU 2018/844, 2018) ορίζεται η απαίτηση εγκατάστασης τουλάχιστον ενός σταθμού φόρτισης σε κάθε νέο μη οικιστικό κτίριο, καθώς και στα υφιστάμενα κτίρια στα οποία πραγματοποιείται ριζική ανακαίνιση και διαθέτουν πάνω από 10 θέσεις στάθμευσης. Επιπλέον, ορίζονται

συγκεκριμένες απαιτήσεις για την ύπαρξη ηλεκτρολογικών υποδομών στις θέσεις στάθμευσης που θα επιτρέπουν την μετέπειτα εγκατάσταση φορτιστών σε αυτές. Τα μέτρα αυτά δεν είχαν σημαντικό αντίκτυπο, καθώς τα νεόκτιστα ή ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια αποτελούν μικρό ποσοστό του συνόλου των κτιρίων [23].

Παράλληλα, η ευρωπαϊκή οδηγία 2018/2001 τονίζει ότι δεδομένης της ταχείας ανάπτυξης της ηλεκτροκίνησης και των προοπτικών της, θα πρέπει να προβλεφθούν περαιτέρω κίνητρα με στόχο τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την αύξηση της απασχόλησης σε αυτό τον τομέα (EU 2018/2001, 2018). Επιπρόσθετα, η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2019/944 αναγνωρίζει την ηλεκτροκίνηση ως σημαντική συνιστώσα της ενεργειακής μετάβασης και προτείνει τον καθορισμό κανόνων της αγοράς που θα εξασφαλίσουν ευνοϊκές συνθήκες για την εξάπλωση των ηλεκτρικών οχημάτων. Ειδικότερα, τονίζεται ότι θα πρέπει να διασφαλίζεται η αποτελεσματική εγκατάσταση δημόσιων και 109 ιδιωτικών σημείων φόρτισης για ηλεκτρικά οχήματα, καθώς και η αποτελεσματική ενσωμάτωση της φόρτισης των οχημάτων στη λειτουργία του συστήματος (EU 2019/944, 2019). Μέσω όλων των παραπάνω οδηγιών, η Ευρωπαϊκή Ένωση παροτρύνει τα κράτη μέλη της να ενσωματώσουν σταδιακά την ηλεκτροκίνηση στις μεταφορές τους. Τα κίνητρα που έχουν εφαρμοστεί προς αυτή την κατεύθυνση διαφέρουν από χώρα σε χώρα, οδηγώντας είτε σε υψηλότερο είτε σε χαμηλότερο μερίδιο των ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά [23]

## ***3.2 Κύριο Θεσμικό πλαίσιο ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα***

Η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση απαιτεί ένα ενιαίο, σαφές και ολοκληρωμένο θεσμικό πλαίσιο. Η νομοθετική πρωτοβουλία για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης ξεκίνησε στην Ελλάδα με δειλά βήματα και μέσα από διάσπαρτες διατάξεις, ενώ η τελευταία προσθήκη του νόμου 4710/2020 (Προώθηση της ηλεκτροκίνησης και άλλες διατάξεις) διαμόρφωσε ένα πιο πλήρες πλαίσιο. Παρακάτω αποτυπώνεται η κύρια νομοθεσία που διέπει τον τομέα της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα [22].

### ***3.2.1 Νόμος 4233/2014***

Ο νόμος 4233/2014 4 (ΦΕΚ 22Α, 2014) εισήγαγε τη δυνατότητα εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στα Πρατήρια παροχής Καυσίμων και Ενέργειας, στους στεγασμένους και υπαίθριους σταθμούς αυτοκινήτων, στα συνεργεία συντήρησης και επισκευών αυτοκινήτων και μοτοσυκλετών καθώς και στα δημόσια ή ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο, ενώ με την ΚΥΑ 71287/6443/2015 καθορίστηκαν οι όροι, οι προϋποθέσεις και οι τεχνικές προδιαγραφές των συσκευών φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων (Η/Ο) για την εγκατάσταση αυτών στους παραπάνω σταθμούς εξυπηρέτησης [22].

### 3.2.2 Νόμος 4439/2016

Με τον νόμο 4439/2016 ενσωματώθηκε η οδηγία 2014/94 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στην ελληνική νομοθεσία. Η οδηγία 2014/94 θεσπίζει ένα κοινό πλαίσιο μέτρων για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση και ορίζει, μεταξύ άλλων, τις απαιτούμενες ελάχιστες προδιαγραφές για τη δημιουργία υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων των σημείων επαναφόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων, οι οποίες θα εφαρμοστούν από τα κράτη μέλη μέσω των εθνικών πλαισίων πολιτικής. Επίσης ορίζει και τις κοινές τεχνικές προδιαγραφές για την εν λόγω επαναφόρτιση καθώς και προδιαγραφές ως προς τις πληροφορίες προς τους χρήστες. Με λίγα λόγια θέτει το πλαίσιο για την ανάπτυξη και την διαχείριση υποδομών επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ούτως ώστε να διασφαλίζεται ανοικτή πρόσβαση στους ενδιαφερόμενους με όρους που να ευνοούν την αγορά [22].

Μερικές από τις κύριες κατευθύνσεις της συγκεκριμένης οδηγίας είναι [22]:

- Η διασφάλιση ενός ικανού αριθμού δημόσιων σημείων επαναφόρτισης με απώτερο σκοπό τα ηλεκτρικά οχήματα να μπορούν να κυκλοφορούν τουλάχιστον σε αστικές, προαστιακές και άλλες πυκνοκατοικημένες περιοχές. Αυτός ο αριθμός δημόσιων σημείων επαναφόρτισης δύναται να τροποποιηθεί με βάση τις εξελίξεις στην αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων, διασφαλίζοντας τοιούτοτρόπως την εισαγωγή επιπλέον προσβάσιμων δημόσιων σημείων επαναφόρτισης [22].
- Η μέριμνα ούτως ώστε οι διαχειριστές δημοσίων προσβάσιμων σημείων επαναφόρτισης μπορούν να αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια από οποιονδήποτε προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας που δραστηριοποιείται στην Ευρωπαϊκή Ένωση, με την επιφύλαξη συμφωνίας του προμηθευτή. Επίσης, να έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν υπηρεσίες επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στους πελάτες βάσει συμβολαίου, μεταξύ άλλων και εξ ονόματος και για λογαριασμό άλλων παρόχων υπηρεσιών [22].
- Η δυνατότητα σε όλα τα δημόσια σημεία επαναφόρτισης να υπάρχει χρέωση επί τούτω για τους χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων χωρίς την ανάγκη σύναψης συμβολαίου με προμηθευτή ή διαχειριστή ηλεκτρικής ενέργειας [22].
- Η μέριμνα για τη διαφάνεια στις χρεώσεις από τους διαχειριστές των δημοσίων προσβάσιμων σημείων επαναφόρτισης [22].
- Η απρόσκοπτη συνεργασία των διαχειριστών συστημάτων διανομής με τους εγκαταστάτες ή τους διαχειριστές των δημοσίων σημείων επαναφόρτισης [22].

Με την ΚΥΑ 77226/3824/2017 καθορίστηκαν και εξειδικεύτηκαν οι απαιτούμενες λεπτομέρειες εφαρμογής καθώς και οι τεχνικές προδιαγραφές του Εθνικού Πλαισίου



Πολιτικής για την ανάπτυξη της αγοράς υποδομών εναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των μεταφορών και για την υλοποίηση των σχετικών υποδομών. Πιο συγκεκριμένα, έγινε αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης στον τομέα των μεταφορών, τέθηκαν οι σκοποί και οι στόχοι για τα επόμενα χρόνια καθώς και τα απαραίτητα μέτρα προς αυτή τη κατεύθυνση. Επιπρόσθετα, εξετάστηκαν τα μέτρα για τη στήριξη της δημιουργίας δημόσιων και ιδιωτικών υποδομών εναλλακτικών καυσίμων [22].

Τα μέτρα περιλάμβαναν μεταξύ άλλων [22]:

- Την ολοκλήρωση του θεσμικού πλαισίου για τη δημιουργία υποδομών φόρτισης
- Την ολοκλήρωση του θεσμικού πλαισίου για τη λειτουργία Φορέων Εκμετάλλευσης Υποδομών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΦΕΥΦΗΟ)
- Την πρόβλεψη χρήσης φορτιστών σε νέα και ανακαινιζόμενα κτίρια
- Τα άμεσα ή έμμεσα οικονομικά κίνητρα (πχ επιδότηση, φορολογικές απαλλαγές)

### **3.2.3 Νόμος 4513/2018**

Με τη τροποποίηση του νόμου 4067/2012, η οποία εισήχθη στο άρθρο 17 του νόμου 4513/2018, επετράπη η εγκατάσταση σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων σε δημόσιους κοινόχρηστους χώρους [22].

Στην οδηγία 2018/844 της ΕΕ (τροποποίηση της οδηγίας 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και της οδηγίας 2012/27/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση) προβλέπεται η εγκατάσταση υποδομών επαναφόρτισης Η/Ο τόσο στα νέα, όσο και στα υφιστάμενα κτίρια, ο καθορισμός των συναφών απαιτήσεων καθώς και μέτρα για την απλοποίηση της διαδικασίας και την αντιμετώπιση των ρυθμιστικών εμποδίων. Σημειώνεται εδώ ότι η εναρμόνιση με την οδηγία 2018/844/ΕΕ ολοκληρώθηκε με τον νόμο 4685/2020 (με εξαίρεση τις διατάξεις για τις υποδομές ηλεκτροκίνησης σε κτίρια) [22].

### **3.2.4 Γνωμοδότηση υπ' αριθμόν 7/2019**

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) με τη γνωμοδότηση υπ' αριθμόν 7/2019, συνιστά την υιοθέτηση του ανταγωνιστικού μοντέλου λειτουργίας της αγοράς ηλεκτροκίνησης, σύμφωνα με το οποίο η ανάπτυξη, η διαχείριση δημοσίως προσβάσιμων υποδομών επαναφόρτισης Η/Ο καθώς και η παροχή σχετικών και άλλων υπηρεσιών στο πεδίο της ηλεκτροκίνησης, αποτελούν ανταγωνιστικές δραστηριότητες και οι οποίες μπορούν να αναλαμβάνονται από οποιοδήποτε ενδιαφερόμενο πρόσωπο ή φορέα. Η εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου συνίσταται και από την ΕΕ, ενώ έχει πλέον επικρατήσει στη πλειονότητα των κρατών μελών. Προκειμένου για την ανάπτυξη υποδομών επαναφόρτισης σε ιδιωτικούς χώρους ή μη,

δημοσίως προσβάσιμους ή μη, αυτή δε μπορεί παρά μόνο να πραγματοποιηθεί με πρωτοβουλία των ιδιοκτητών και σύμφωνα με το ανταγωνιστικό μοντέλο αγοράς [22].

Επιπροσθέτως, η ΡΑΕ έθεσε τις απαιτήσεις και τις προϋποθέσεις τόσο για την προώθηση της διαλειτουργικότητας των υποδομών επαναφόρτισης Η/Ο, όσο και για την ίδρυση και λειτουργία των φορέων της αγοράς ηλεκτροκίνησης. Επίσης, κρίθηκε αναγκαία η λειτουργία του μητρώου υποδομών και φορέων αγοράς ηλεκτροκίνησης (ΜΥΦΑΗ) ενώ τέθηκε και το γενικότερο πλαίσιο της τιμολόγησης των υπηρεσιών επαναφόρτισης, της μέτρησης ενέργειας και της διαχείρισης της ζήτησης των υποδομών επαναφόρτισης [22].

### **3.2.5 Κοινή Υπουργική Απόφαση 42863/438/2019**

Σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 42863/438/2019, η οποία τέθηκε εν ισχύ τον Ιούνιο του 2019, καθορίζονται οι όροι, οι προϋποθέσεις και οι τεχνικές προδιαγραφές για την εγκατάσταση σημείων επαναφόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων στις εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης οχημάτων, σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης κατά μήκος του αστικού, υπεραστικού και εθνικού οδικού δικτύου καθώς και σε χώρους στάθμευσης δημόσιων και ιδιωτικών κτιρίων. Στην παραπάνω Υπουργική Απόφαση καθορίζονται, μεταξύ άλλων, η αδειοδοτική διαδικασία με τα απαραίτητα δικαιολογητικά και εγκρίσεις, οι τεχνικές προδιαγραφές καθώς και οι χωροταξικοί περιορισμοί της θέσης εγκατάστασης των συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων [22].

### **3.2.6 Νόμος 4643/2019**

Περαιτέρω ενίσχυση του θεσμικού πλαισίου έφερε ο νόμος 4643/2019 με το άρθρο 27 το οποίο φέρει τροποποιήσεις στον νόμο 4001/2011. Πιο συγκεκριμένα, εκτός από τους όρους του ηλεκτρικού οχήματος, του σημείου επαναφόρτισης και του δημοσίως προσβάσιμου σημείου επαναφόρτισης (όπως αυτές ορίζονται στο νόμο 4439/2016), εισάγονται επιπρόσθετα και νέοι όροι όπως αυτοί των υπηρεσιών επαναφόρτισης Η/Ο, των υπηρεσιών ηλεκτροκίνησης, του χρήστη Η/Ο, του ιδιοκτήτη των υποδομών φόρτισης, του παρόχου υπηρεσιών ηλεκτροκίνησης (ΠΥΗ), του φορέα διεκπεραίωσης συναλλαγών (ΦΔΣ) καθώς και του φορέα σωρευτικής εκπροσώπησης (aggregator) φορτίου ηλεκτρικών οχημάτων – ΦΟΣΕΦΗΟ [22].

Επιπρόσθετα, ο νόμος 4643/2019 έθεσε τους κανόνες που θα πρέπει να ακολουθήσουν οι φορείς και τα ενδιαφερόμενα μέρη για την οργάνωση της αγοράς της φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφεται το πλαίσιο λειτουργίας των ΦΕΥΦΗΟ και των ΦΟΣΕΦΗΟ, καθορίζονται οι σχέσεις μεταξύ ΦΕΥΦΗΟ, ΠΥΗ, ΦΔΣ, ΦΟΣΕΦΗΟ, οι υποχρεώσεις αυτών έναντι των χρηστών ηλεκτρικών οχημάτων οι υποχρεώσεις γνωστοποίησης στοιχείων και τα δεδομένα που τηρούνται στο Μητρώο

Υποδομών και Αγοράς Ηλεκτροκίνησης στο Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών, καθώς και κάθε άλλο ζήτημα σχετικό με τη λειτουργία και τις υποχρεώσεις των ΠΥΗ, των ΦΟΣΕΦΗΟ, των ΦΔΣ και της αγοράς υπηρεσιών ηλεκτροκίνησης γενικότερα, ενώ αφαιρείται από τους Διαχειριστές Δικτύων Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας τη δυνατότητα να έχουν στην ιδιοκτησία τους, να αναπτύσσουν, να διαχειρίζονται ή να λειτουργούν σημεία φόρτισης για ηλεκτρικά οχήματα εκτός αυτών που προορίζονται για ίδια χρήση [22].

### **3.2.7 Νόμος 4710/2020**

Ο νόμος 4710/2020, ως τελευταία κύρια προσθήκη στο θεσμικό πλαίσιο της ηλεκτροκίνησης, ήρθε να καλύψει την επιτακτική ανάγκη για τη διαμόρφωση ενός ενιαίου και ολοκληρωμένου θεσμικού πλαισίου για την ηλεκτροκίνηση [22].

**Οι βασικοί του άξονες είναι [22]:**

- Η θέσπιση οικονομικών και φορολογικών κινήτρων για την αγορά, μίσθωση και χρήση ηλεκτρικών οχημάτων καθώς και αναπτυξιακών κινήτρων για τις μονάδες παραγωγής Η/Ο και σχετικών με αυτά αγαθών ή ειδών
- Η οργάνωση της λειτουργίας της αγοράς ηλεκτροκίνησης και των υποδομών φόρτισης Η/Ο καθώς και η λειτουργία του μητρώου υποδομών και φορέων αγοράς ηλεκτροκίνησης (ΜΥΦΑΗ)
- Ο χωροταξικός και πολεοδομικός σχεδιασμός των υποδομών της ηλεκτροκίνησης με πρόβλεψη για τη χωροθέτηση θέσεων στάθμευσης και υποδομών φόρτισης σε ιδιωτικούς και δημόσιους χώρους, σε νέα και υφιστάμενα κτίρια
- Η απλοποίηση της αδειοδοτικής διαδικασίας, οι προϋποθέσεις και οι προδιαγραφές της εγκατάστασης των υποδομών φόρτισης Η/Ο
- Η εναρμόνιση με την οδηγία 2019/1161 της ΕΕ για την προώθηση καθαρών και ενεργειακά αποδοτικών οχημάτων οδικών μεταφορών

Ο ορισμός του ηλεκτρικού οχήματος περιλαμβάνει πλέον, εκτός από τα αυτοκίνητα, τις μοτοσυκλέτες, τα μοτοποδήλατα καθώς και τα ποδήλατα με υποβοηθούμενη ποδηλάτηση. Τα κίνητρα για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης αφορούν την επιδότηση για την αγορά Η/Ο, τη δημιουργία δωρεάν θέσεων στάθμευσης, την επιβολή περιβαλλοντικού τέλους και απαγόρευσης εισαγωγής σε παλαιά μεταχειρισμένα οχήματα καθώς και φορολογικές απαλλαγές για την αγορά, χρήση και παραχώρηση Η/Ο [22].

Επίσης, ενισχύονται οι κανόνες που θα πρέπει να ακολουθήσουν οι φορείς για την οργάνωση της αγοράς ηλεκτροκίνησης. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφεται το πλαίσιο λειτουργίας των ΦΕΥΦΗΟ και καθορίζονται εκ νέου οι σχέσεις μεταξύ ΦΕΥΦΗΟ, ΠΥΗ, ΦΔΣ και ΦΟΣΕΦΗΟ. Επιπρόσθετα, κατά την έναρξη λειτουργίας του μητρώου υποδομών και φορέων

αγοράς ηλεκτροκίνησης (ΜΥΦΑΗ), το οποίο είχε προβλεφθεί στον νόμο 4001/2011, υποχρεούνται να εγγράφονται τόσο οι φορείς της αγοράς ηλεκτροκίνησης, όσο και οι φορείς που διαχειρίζονται τα δημοσίως προσβάσιμα σημεία φόρτισης. Οι ΦΕΥΦΗΟ οφείλουν να ενημερώνουν το ΜΥΦΑΗ σχετικά με τα δεδομένα των σημείων επαναφόρτισης (στατικά, δυναμικά, λειτουργικά και απολογιστικά) [22].

Όσον αφορά τις χωροταξικές ρυθμίσεις που αποτυπώνονται στο συγκεκριμένο νόμο, οι μεγάλοι και μεσαίοι δήμοι της επικράτειας υποχρεούνται να εκπονήσουν Σχέδιο Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΣΦΗΟ) για τη χωροθέτηση επαρκούς αριθμού δημοσίως προσβάσιμων σημείων επαναφόρτισης και θέσεων στάθμευσης Η/Ο εντός των διοικητικών ορίων τους και το οποίο θα λαμβάνει υπόψιν τα πολεοδομικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής. Επίσης, καθορίζεται η χωροθέτηση θέσεων στάθμευσης Η/Ο για ΑμεΑ καθώς και επιβατικών οχημάτων εξωτερικής φόρτισης δημόσιας χρήσης – ΤΑΞΙ [22].

Επιπρόσθετα, ο συγκεκριμένος νόμος έρχεται να ενσωματώσει σημαντικές διατάξεις από την οδηγία 2018/844 στην ελληνική νομοθεσία, οι οποίες αφορούν τις απαραίτητες πολεοδομικές ρυθμίσεις και συναφείς απαιτήσεις και προϋποθέσεις για την εγκατάσταση υποδομών επαναφόρτισης σε νέα και υφιστάμενα κτίρια καθώς και σε κτίρια του Δημοσίου και της Γενικής Κυβέρνησης [22].

Τέλος, απλοποιούνται οι διαδικασίες αδειοδότησης των εγκαταστάσεων υποδομών φόρτισης, τίθενται προδιαγραφές για την ηλεκτρική εγκατάσταση των σημείων επαναφόρτισης και τροποποιούνται οι όροι λειτουργίας των σταθμών αυτοκινήτων και των συνεργείων για να περιλαμβάνουν και τα Η/Ο [22].

**Παρακάτω παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι κυριότεροι ορισμοί στην ηλεκτροκίνηση, όπως εισάγονται και αναφέρονται στην ελληνική νομοθεσία [22]:**

Ηλεκτρικό όχημα (Η/Ο): Μηχανοκίνητο όχημα εξοπλισμένο με σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το οποίο περιέχει μία τουλάχιστον μη περιφερειακή, εξωτερική, βοηθητική, ηλεκτρική μηχανή ως μετατροπέα ενέργειας με ηλεκτρικό επαναφορτιζόμενο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, το οποίο μπορεί να επαναφορτίζεται εξωτερικά.

Σημείο επαναφόρτισης: Διεπαφή ικανή να φορτίσει τουλάχιστον ένα Η/Ο κάθε φορά ή να αντικαταστήσει τη μπαταρία ενός ηλεκτρικού οχήματος κάθε φορά. Επίσης αναφέρεται και ως «υποδομή επαναφόρτισης» ή «σταθμός φόρτισης».

Σημείο επαναφόρτισης κανονικής ισχύος: Σημείο επαναφόρτισης Η/Ο, ηλεκτρικής ισχύος έως και 22 kW. Δεν περιλαμβάνονται τα σημεία επαναφόρτισης με ισχύ έως και 3,7 kW που είναι εγκατεστημένα σε ιδιωτικές κατοικίες ή ο κύριος σκοπός τους δεν είναι να φορτίζουν Η/Ο και τα οποία δεν είναι δημοσίως προσβάσιμα.

Σημείο επαναφόρτισης υψηλής ισχύος: Σημείο επαναφόρτισης που επιτρέπει τη μεταφορά ηλεκτρισμού σε Η/Ο ισχύος μεγαλύτερης των 22 kW.

Δημοσίως προσβάσιμο σημείο επαναφόρτισης ή ανεφοδιασμού: Σημείο επαναφόρτισης ή ανεφοδιασμού που παρέχει ηλεκτρική ενέργεια με άνευ διακρίσεων πρόσβαση σε όλους τους χρήστες. Η άνευ διακρίσεων πρόσβαση μπορεί να περιλαμβάνει διάφορα μέσα για την ταυτοποίηση, τη χρήση και την πληρωμή.

Υπηρεσίες επαναφόρτισης Η/Ο: Σύνολο υπηρεσιών, περιλαμβανομένης της επαναφόρτισης καθ' αυτής και άμεσα σχετιζόμενων ή συνοδευτικών με αυτή χαρακτηριστικών προστιθέμενης αξίας (ταχύτητα επαναφόρτισης, ευκολία χρήσης και χρέωσης, ευχέρεια προσβασιμότητας, υπηρεσίες στάθμευσης κλπ.).

Υπηρεσίες Ηλεκτροκίνησης: Σύνολο υπηρεσιών προς χρήστες Η/Ο, σχετιζόμενων με την επαναφόρτιση και την τιμολόγηση της ηλεκτροκίνησης, τη βέλτιστη εξυπηρέτηση των χρηστών, ενδεικτικώς εύρεση διαθέσιμων σημείων φόρτισης και πλοήγηση, κράτηση θέσεων, αλλά και εν γένει υπηρεσίες, όπως διαχείριση στόλου Η/Ο οχημάτων και της διάθεσής τους προς χρήστες Η/Ο.

Χρήστης Η/Ο: Φυσικό ή νομικό πρόσωπο που έχει στην κυριότητα ή κατοχή του Η/Ο και λαμβάνει υπηρεσίες ηλεκτροκίνησης.

Ιδιοκτήτης υποδομών επαναφόρτισης: φυσικό ή νομικό πρόσωπο, το οποίο διαθέτει στην κυριότητα του σημείο ή σημεία επαναφόρτισης Η/Ο.

Φορέας Εκμετάλλευσης Υποδομών Επαναφόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΦΕΥΦΟ): Φυσικό ή νομικό πρόσωπο που δραστηριοποιείται στην εκμετάλλευση υποδομών φόρτισης, για τις οποίες δύναται να προμηθεύεται Ηλεκτρική Ενέργεια με σκοπό την παροχή υπηρεσιών φόρτισης Η/Ο.

Πάροχος Υπηρεσιών Ηλεκτροκίνησης (ΠΥΗ): Ατομική επιχείρηση ή νομικό πρόσωπο που δραστηριοποιείται στην παροχή υπηρεσιών ηλεκτροκίνησης σε συμβεβλημένους χρήστες.

Φορέας Διεκπεραίωσης Συναλλαγών (ΦΔΣ): Ατομική επιχείρηση ή νομικό πρόσωπο που δραστηριοποιείται στην ανάπτυξη και λειτουργία πληροφοριακών υποδομών προς διευκόλυνση ανταλλαγής στοιχείων και διεκπεραίωσης οικονομικών συναλλαγών μεταξύ ΦΕΥΦΟ ή μεταξύ ΠΥΗ ή μεταξύ ΦΕΥΦΟ και ΠΥΗ, με στόχο την επίτευξη της διαλειτουργικότητας των υποδομών φόρτισης.

Φορέας Σωρευτικής Εκπροσώπησης (aggregator) Φορτίου Η/Ο - ΦΟΣΕΦΟ: Νομικό πρόσωπο, το οποίο αναλαμβάνει τη σωρευτική εκπροσώπηση του φορτίου συνδεδεμένων με το Δίκτυο Η/Ο για συμμετοχή στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και την παροχή υπηρεσιών προς τους Διαχειριστές Δικτύου και Συστήματος.

**Τα βασικά οικονομικά κίνητρα που εισήγαγε ο Ν.4710/2020 για την αγορά και χρήση ηλεκτρικών οχημάτων είναι τα εξής [23]:**

- Δωρεάν στάθμευση ηλεκτρικών οχημάτων σε δημόσιους χώρους ελεγχόμενης στάθμευσης.
- Επιβολή περιβαλλοντικού τέλους στα εισαγόμενα επιβατηγά ή φορτηγά οχήματα παλαιού τύπου, ύψους 3.000 € για τεχνολογία την Euro 4 και 1000 € για τεχνολογία Euro 5a, και απαγόρευση εισαγωγής των ακόμα παλαιότερων ρυπογόνων οχημάτων (τεχνολογίας Euro 1,2 και 3)
- Απαλλαγές από το εισόδημα για την παραχώρηση εταιρικού οχήματος μηδενικών χαμηλών ρύπων ή για την αποζημίωση της δαπάνης φόρτισης ατομικού ή εταιρικού οχήματος μηδενικών ή χαμηλών ρύπων ή του άνευ χρηματικού ανταλλάγματος κόστους φόρτισης επιβατικού αυτοκινήτου μηδενικών ή χαμηλών ρύπων στις εγκαταστάσεις του εργοδότη.
- Χορήγηση προσαυξημένης έκπτωσης από τα ακαθάριστα έσοδά των εταιρειών για:
  - τη δαπάνη αγοράς και τη μίσθωσης οχημάτων μηδενικών ή χαμηλών ρύπων, ύψους 50% και 30% αντίστοιχα.
  - τη δαπάνη αγοράς ελαφρού οχήματος μηδενικών ή χαμηλών ρύπων ύψους 50% και 30% αντίστοιχα
  - τη δαπάνη αγοράς, εγκατάστασης και λειτουργίας δημόσια προσβάσιμων σημείων φόρτισης ύψους 50% ή 70% για τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται σε νησιά. Αν η παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια των σταθμών προέρχεται από ΑΠΕ, η έκπτωση αυξάνεται σε 70% και 90% αντίστοιχα.
- Αύξηση του συντελεστή φορολογικής απόσβεσης:
  - από 25% σε 50% για τα οχήματα μηδενικών ρύπων και από 20% σε 25% για τα οχήματα χαμηλών ρύπων
  - από 20% σε 50% για τα μέσα μεταφοράς εμπορευμάτων μηδενικών ρύπων και από 15% σε 25% για τα μέσα μεταφοράς εμπορευμάτων χαμηλών ρύπων.
  - από 15% σε 50% για τα μέσα μαζικής μεταφοράς μηδενικών ρύπων, και από 10% σε 25%. για τα μέσα μαζικής μεταφοράς χαμηλών ρύπων.
- Εξαίρεση της δαπάνης αγοράς επιβατικού αυτοκινήτου ιδιωτικής χρήσης μηδενικών ρύπων, κόστους έως 50.000 ευρώ, από τον υπολογισμό της ετήσιας αντικειμενικής δαπάνης και της δαπάνης απόκτησης περιουσιακών στοιχείων.

- Κίνητρα σε επιχειρήσεις παραγωγής ηλεκτρικών οχημάτων και αγαθών ή ειδών σχετικών με τα ηλεκτρικά οχήματα στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας και στην περιφερειακή ενότητα Αρκαδίας της Περιφέρειας Πελοποννήσου, όπως για παράδειγμα 5% μείωση του φορολογικού συντελεστή για τα 5 πρώτα κερδοφόρα φορολογικά έτη, αύξηση των συντελεστών απόσβεσης παγίων και άλλα φορολογικά κίνητρα.
- Υποχρέωση ελάχιστης ποσόστωσης των ηλεκτρικών οχημάτων επί του συνόλου του στόλου του δημοσίου ύψους 5%.

Επίσης, μέσω του Ν.4710/2020 λαμβάνονται διάφορα μέτρα για την οργάνωση της αγοράς φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων, όπως για παράδειγμα η λειτουργία ενός Μητρώου Υποδομών και Φορέων Αγοράς Ηλεκτροκίνησης, ο καθορισμός του τρόπου τιμολόγησης υπηρεσιών φόρτισης και η εφαρμογή των κατάλληλων χωροταξικών ρυθμίσεων που αφορούν την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης (ΦΕΚ 142Α, 2020). Άλλα οικονομικά κίνητρα που παρέχονται στα ηλεκτρικά οχήματα είναι η απαλλαγή από τα τέλη κυκλοφορίας, το φόρο ταξινόμησης και το φόρο πολυτέλειας. Αντίστοιχα, τα υβριδικά οχήματα επιβαρύνονται με το 50% μόνο του φόρου ταξινόμησης (ΕΑΦΟ, 2020). Παράλληλα, ένα ακόμα κίνητρο αποτελεί το γεγονός ότι τόσο τα ηλεκτρικά όσο και τα υβριδικά οχήματα δεν εμπίπτουν στις απαγορεύσεις κυκλοφορίας στο κέντρο της Αθήνας (μικρός δαχτύλιος) και μπορούν να κυκλοφορούν σε αυτόν χωρίς κανένα περιορισμό (Insider, 2019). Επιπρόσθετα τον Αύγουστο του 2020 ξεκίνησε η εφαρμογή της δράσης «Κινούμε ηλεκτρικά». Πρόκειται για ένα πρόγραμμα επιδοτήσεων αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων που απευθύνεται τόσο σε ιδιωτικά οχήματα όσο και σε εταιρικά οχήματα και ταξί (ΦΕΚ 3323Β, 2020). Οι επιδοτήσεις που παρέχονται στους επιλαχόντες αυτού του προγράμματος είναι οι εξής [23]:

- Επιδότηση 20% της αξίας για ηλεκτρικά αυτοκίνητα κόστους έως 30.000 ευρώ και 15% για αυτοκίνητα κόστους 30.001 έως 50.000 ευρώ, με ανώτατο όριο επιδότησης τα 6.000 ευρώ.
- Επιδότηση 20% της αξίας για ηλεκτρικά δίκυκλα ή τρίκυκλα, με ανώτατο όριο επιδότησης τα 800 ευρώ.
- Επιδότηση 40% της αξίας για ηλεκτρικά ποδήλατα, με ανώτατο όριο επιδότησης τα 800 ευρώ.
- Επιπλέον επιδότηση ύψους 500 ευρώ σε φυσικά πρόσωπα για την αγορά έξυπνου οικιακού φορτιστή σε συνδυασμό με αγορά IX.
- Επιπλέον επιδότηση για την απόσυρση παλαιού οχήματος ή δικύκλου (εξαιρούνται τα ποδήλατα) ύψους 1.000 και 400 ευρώ αντίστοιχα.

- Επιδότηση 25% της αξίας για ταξί, με ανώτατο όριο επιδότησης τα 8.000 ευρώ ή, αν πρόκειται για plug-in υβριδικό μοντέλο, επιδότηση 15% με όριο τα 5.500 ευρώ. Επιπλέον 2.500 ευρώ για την απόσυρση του παλιού οχήματος.
- Επιδότηση 15% της αξίας για τα εταιρικά οχήματα με ανώτατο όριο επιδότησης τα 5.500 ευρώ και αντίστοιχα τα 4.000 για τα υβριδικά. Για τα δίκυκλα η επιδότηση είναι ποσοστό 20% επί της αξίας με όριο τα 800 ευρώ. Επίσης τίθεται το όριο των 3 επιδοτούμενων αυτοκινήτων για κάθε εταιρεία, με εξαίρεση τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται σε νησιά, για τις οποίες το όριο είναι τα 6 οχήματα.
- Επιπρόσθετη επιδότηση για αγορά οχημάτων από πολύτεκνους και άτομα με ειδικές ανάγκες ύψους 1.000 ευρώ για αυτοκίνητο και 500 ευρώ για δίκυκλο. (ΦΕΚ 3323B, 2020)

Στόχος όλων των παραπάνω μέτρων είναι η επίτευξη των στόχων του Εθνικού σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα, οι οποίοι περιλαμβάνουν την αύξηση του υφιστάμενου μεριδίου των ηλεκτρικών οχημάτων στην ελληνική αγορά, σε τουλάχιστον 8,7% επί των νέων ταξινομήσεων μέχρι το 2024 (ΕΣΕΚ, 2019). Επισημαίνεται ότι σήμερα το μερίδιο των ηλεκτρικών οχημάτων αποτελεί το 1,2% των νέων ταξινομήσεων, εκ των οποίων το μεγαλύτερο ποσοστό πρόκειται για plug-in υβριδικά οχήματα. Επίσης, έχουν εγκατασταθεί περίπου 213.400 σταθμοί φόρτισης, εκ των οποίων το 10% είναι φορτιστές ταχείας φόρτισης [23].

### **3.3 Εθνικός κλιματικός νόμος**

Το σχέδιο νόμου του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας με τίτλο: «Εθνικός Κλιματικός Νόμος – Μετάβαση στην κλιματική ουδετερότητα και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή». Θεσπίζεται πλαίσιο για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και τον σταδιακό μετριασμό των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, για την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας, έως το 2050, προκειμένου να περιοριστεί η αύξηση της θερμοκρασίας, κατά ένα κόμμα πέντε βαθμούς κελσίου (1,5°C), πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα, σε εφαρμογή της Συμφωνίας των Παρισίων που κυρώθηκε με τον ν. 4426/2016 (Α' 187) και του στόχου κλιματικής ουδετερότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.), ως το 2050 [24].

Ειδικότερα, θεσπίζονται ενδιάμεσοι στόχοι μετριασμού των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για το 2030 και το 2040, σύστημα παρακολούθησης, αξιολόγησης και επαναρύθμισης, όπου αυτό απαιτείται, μέσω του μηχανισμού κατάρτισης προϋπολογισμών άνθρακα για τους βασικούς τομείς της οικονομίας, δείκτες παρακολούθησης της σχετικής προόδου, διαδικασίες αξιολόγησης της προόδου, αναπροσαρμογής των στόχων και λήψης



πρόσθετων μέτρων, όποτε απαιτείται. Επιπροσθέτως, τίθενται οι βασικοί άξονες πολιτικής οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη και δύνανται να εξειδικεύονται στο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (Ε.Σ.Ε.Κ.), του άρθρου 3 του Κανονισμού (ΕΕ) 2018/1099 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 11ης Δεκεμβρίου 2018 (L 328), με συγκεκριμένα μέτρα. Οι θεσπιζόμενες πολιτικές και τα μέτρα για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή έχουν ως στόχο την επίτευξη μίας κλιματικά ανθεκτικής κοινωνίας, πλήρως προσαρμοσμένης στις αναπόφευκτες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής [24].

Τέλος, εισάγεται ένα αποτελεσματικό σύστημα διακυβέρνησης και συμμετοχής φορέων και πολιτών στην ανάληψη κλιματικής δράσης μέσα από υφιστάμενες δομές [24].

Οι ποσοτικοί στόχοι που καθορίζονται, με ιδιαίτερη έμφαση στη δυναμική διεξόδου των ΑΠΕ, είναι οι εξής [24]:

- Μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 55% έως το 2030 σε σχέση με το 1990.
- Μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 80% έως το 2040 σε σχέση με το 1990.
- Κλιματική ουδετερότητα έως το 2050. «Αυτό σημαίνει ότι οι ρύποι που εκλύονται από τις ρυπογόνες παραγωγικές δραστηριότητες πρέπει να απορροφώνται πλήρως.

Ειδικότερα, με τον νέο κλιματικό νόμο προβλέπονται επίσης τα εξής [24]:

Διακοπή λειτουργίας όλων των λιγνιτικών μονάδων το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2028 με ρήτρα επανεξέτασης το 2023 -με σκοπό την επίσπευση- υπό την προϋπόθεση της διασφάλισης της επάρκειας ισχύος και της ασφάλειας εφοδιασμού [24].

Από το 2023, οι δήμοι αναλαμβάνουν την εκπόνηση Δημοτικών Σχεδίων Μείωσης Εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα (ΔηΣΜΕΔΑ), με στόχο μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 10% για το έτος 2025 και 30% για το έτος 2030, σε σύγκριση με το έτος βάσης 2019. Τα ΔηΣΜΕΔΑ περιλαμβάνουν αναλυτική απογραφή των ενεργειακών καταναλώσεων και εκπομπών CO<sub>2</sub> για τα δημοτικά κτίρια, στάδια κλπ, το δημοτικό φωτισμό, τις δημοτικές εγκαταστάσεις ύδρευσης και αποχέτευσης, τα δημοτικά οχήματα κλπ [24].

### **Μέτρα για τα κτίρια**

Από το 2023 προβλέπεται η απαγόρευση καυστήρων πετρελαίου όπου υπάρχει δίκτυο φυσικού αερίου σε νέες οικοδομές. Από το 2025 απαγόρευση εγκατάστασης καυστήρων πετρελαίου θέρμανσης. Από το 2030 απαγόρευση χρήσης καυστήρων πετρελαίου θέρμανσης. Στα ειδικά κτίρια -βιομηχανίες, αποθήκες, εμπορικά κτίρια κλπ- με κάλυψη μεγαλύτερη των 500 τμ για τα οποία οι οικοδομικές άδειες υποβάλλονται από την 1η Ιανουαρίου 2023, εξαιρουμένων των τουριστικών καταλυμάτων και των ναών, καθίσταται υποχρεωτική η τοποθέτηση συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά ή θερμικά ηλιακά συστήματα σε ποσοστό που αντιστοιχεί τουλάχιστον στο 30% της κάλυψης [24].

Προβλέπεται επίσης δυνατότητα εξαιρέσεων σε μεμονωμένα κτίρια για λόγους μορφολογικούς ή αισθητικούς ή σε περιοχές με θεσμοθετημένο καθεστώς προστασίας, όπως παραδοσιακοί οικισμοί και διατηρητέα κτίρια [24].

### **Μέτρα για ενίσχυση της ηλεκτροκίνησης**

Από το 2023, το 1/4 των νέων εταιρικών αυτοκινήτων ιδιωτικής χρήσης που ταξινομούνται πρέπει να είναι αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα ή υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα εξωτερικής φόρτισης ρύπων έως 50γρ CO<sub>2</sub>/χλμ.[24].

Από το 2030, τα νέα οχήματα που θα ταξινομούνται θα πρέπει να είναι μηδενικών εκπομπών.

Από το 2025 υποχρεωτικά σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη όλα τα νέα ταξί καθώς και το 1/3 των νέων ενοικιαζόμενων οχημάτων σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη θα είναι ηλεκτροκίνητα. Στόχος είναι μέχρι το 2023 να κυκλοφορούν στους δρόμους περί τα 2.000 ηλεκτροκίνητα ταξί. Έως τις 31 Δεκεμβρίου 2023 τα μέτρα θα εξεταστούν εκ νέου, με σκοπό την επίσπευση και την επέκταση σε επιπλέον περιοχές, ανάλογα με την επαρκή διαθεσιμότητα σταθμών φόρτισης, ενώ όπως τόνισε ο κ. Σκρέκας, επισπεύδεται η διαδικασία τοποθέτησης φορτιστών στις πόλεις [24].

### **Μέτρα για τη μείωση των εκπομπών από επιχειρήσεις**

Από το 2023, συγκεκριμένες επιχειρήσεις θα πρέπει να υποβάλλουν ετήσια έκθεση σχετικά με το ανθρακικό τους αποτύπωμα για το προηγούμενο έτος. Η υποβολή της έκθεσης θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί εντός του πρώτου τριμήνου κάθε έτους [24].

Το μέτρο αφορά στις εξής επιχειρήσεις: Επιχειρήσεις εισηγμένες στο χρηματιστήριο, πιστωτικά ιδρύματα, ασφαλιστικές επιχειρήσεις, επιχειρήσεις επενδύσεων, επιχειρήσεις σταθερής και κινητής τηλεφωνίας, εταιρείες ύδρευσης και αποχέτευσης, εταιρείες ταχυμεταφορών, επιχειρήσεις παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου, αλυσίδες λιανεμπορίου που απασχολούν πάνω από 500 εργαζόμενους, επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών της εφοδιαστικής αλυσίδας [24].

Μείωση των εκπομπών στα μη διασυνδεδεμένα νησιά: Στόχος μείωσης εκπομπών κατά 80% σε σχέση με 2019. Από το 2030 απαγορεύεται η χρήση μαζούτ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα μη διασυνδεδεμένα νησιά [24].

### **Μέτρα προσαρμογής στην κλιματική κρίση**

Υποχρεωτική ασφάλιση κινδύνου (προϋπόθεση για την ηλεκτροδότηση του κτιρίου) από το 2025 για νέα κτίρια σε ζώνες υψηλής τρωτότητας δηλ. που είναι σε ευάλωτες περιοχές μετά από σχέδια που θα ετοιμάσουν οι περιφέρειες [24].

Όπως έγινε γνωστό, η πορεία επίτευξης και ο επιμερισμός των βαρών στους επιμέρους τομείς που προβλέπει ο κλιματικός νόμος: γίνεται μέσω της κατάρτισης τομεακών προϋπολογισμών άνθρακα πενταετούς διάρκειας για: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας,

μεταφορές, βιομηχανία, κτίρια, γεωργία και κτηνοτροφία, απόβλητα και χρήσεις γης, αλλαγές χρήσεων γης και δασοπονία [24].

Σύμφωνα με τον γενικό γραμματέα: «Για κάθε έναν από τους παραπάνω κλάδους θα εκπονούνται τομεακοί προϋπολογισμοί άνθρακα, αρχής γενομένης από το 2023 για την περίοδο 2026-2030. Η διαδικασία θα επαναλαμβάνεται κάθε πέντε έτη για την επόμενη πενταετή περίοδο» [24].

Ο κλιματικός νόμος προβλέπει επίσης την ενσωμάτωση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή στις τομεακές πολιτικές. Θεσμοθετούνται: Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ) και επαναξιολόγηση ανά δεκαετία, η οποία θα εκπονηθεί από το νεοσύστατο υπουργείο Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας. Περιφερειακά Σχέδια για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΠεΣΠΚΑ). Εθνικό Παρατηρητήριο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή από το υπουργείο Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας, το οποίο αποτελεί ανοιχτό δίκτυο ανταλλαγής πληροφοριών και ενημέρωσης [24].

Προβλέπεται, επίσης, η ανάληψη δράσεων για την προστασία της πολιτιστικής και φυσικής κληρονομιάς από την κλιματική αλλαγή, στο πλαίσιο της διεθνούς πρωτοβουλίας που έχει αναλάβει η Ελλάδα σε συνεργασία με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών και τον Διεθνή Οργανισμό Μετεωρολογίας [24].

Τέλος, καταρτίζεται Εθνική Επιστημονική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή, η οποία θα λειτουργεί ως τεχνικός και επιστημονικός σύμβουλος της Πολιτείας [24].

### ***3.4 Ρυθμιστικά πλαίσια σε άλλες χώρες***

Τα οικονομικά κίνητρα που δίδονται διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Οι ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων συχνά απαλλάσσονται πλήρως από την καταβολή του τέλους ταξινόμησης, όπως για παράδειγμα στη Φλάνδρα του Βελγίου ή καταβάλλουν μειωμένο φόρο, όπως για παράδειγμα στη Βαλλονία του Βελγίου. Παρέχονται επίσης άλλες μειώσεις φόρου. Για παράδειγμα, η Γερμανία απαλλάσσει τα ηλεκτρικά οχήματα από τα ετήσια τέλη κυκλοφορίας για περίοδο 10 ετών, αρχής γενομένης από την ημερομηνία της πρώτης εγγραφής τους. Αντίστοιχα η Αυστρία απαλλάσσει τα ηλεκτρικά οχήματα από το φόρο τα τέλη κυκλοφορίας και το φόρο ταξινόμησης, ενώ στην Ιρλανδία, οι ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων καταβάλλουν το ελάχιστο ποσοστό των τελών κυκλοφορίας. Ορισμένες κυβερνήσεις προσφέρουν επίσης επιχορηγήσεις αγοράς. Τα ποσά βάσει αυτών των επιχορηγήσεων, η μέθοδος υπολογισμού τους και οι τύποι επιλέξιμων οχημάτων ποικίλλουν σημαντικά από το ένα κράτος στο άλλο. Για παράδειγμα, η αντικατάσταση ενός αυτοκινήτου ντίζελ (παλαιότερο από το 2001) με ένα νέο ηλεκτρικό αυτοκίνητο στη Γαλλία επιχορηγείται από το

κράτος με 11.000 €. Πολλές χώρες προσφέρουν επίσης επιχορηγήσεις αγοράς ή εκπτώσεις σε αγοραστές δικύκλων. Ένα παράδειγμα είναι η Σουηδία, η οποία επιχορηγεί το 25% του κόστους αγοράς ηλεκτρικού δικύκλου (όπως ποδήλατο ή μοτοποδήλατο). Ορισμένες κυβερνήσεις ενισχύουν επίσης την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Για παράδειγμα, στη Σουηδία, τα άτομα που εγκαθιστούν σταθμό φόρτισης για ηλεκτρικό όχημα στα σπίτια τους επωφελούνται, έχοντας μειωμένο φόρο για το κόστος των σχετικών εργασιών εγκατάστασης [23].

# 4

## *Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων*

### *4.1 Εργαλείο Λήψης Στρατηγικών Αποφάσεων*

Η πολυκριτήρια ανάλυση (Multicriteria Decision Analysis – MCDA) αποτελεί ένα εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται για να περιορίσει τη σύγχυση που προκαλείται σε προβλήματα λήψης απόφασης όπου εμπλέκονται πολλά και διαφορετικά κριτήρια τα οποία αφορούν συγκεκριμένες επιλογές. Αποτελεί κομμάτι της Επιχειρησιακής Έρευνας και μέσω αυτής της μεθόδου επιτυγχάνεται η σύνθεση ενός μεγάλου όγκου πληροφοριών, διατηρώντας παράλληλα τους στόχους και τις προτιμήσεις του εκάστοτε λήπτη της απόφασης [37].

Η πολυκριτηριακή ανάλυση δεν αποτελεί μια μεθοδολογία εύρεσης της άριστης λύσης στο εκάστοτε πρόβλημα, καθώς άριστη λύση δεν μπορεί ουσιαστικά να υπάρξει. Η ικανοποίηση των στόχων δεν μπορεί να είναι πλήρης γιατί τότε δε θα υπήρχε πρόβλημα απόφασης, καθώς η λύση που θα εμφάνιζε τις καλύτερες επιδόσεις σε όλα τα κριτήρια θα προκρινόταν χωρίς αμφιβολία ως προς την ορθότητα της απόφασης [38].

Οι διαθέσιμες λύσεις λοιπόν, παρουσιάζουν άριστη επίδοση μόνο ως προς έναν ή περισσότερους στόχους, αλλά όχι σε όλους. Στην πράξη οι αποφασίζοντες έρχονται αντιμέτωποι με αντιμαχόμενους στόχους και καλούνται να επιλέξουν για ποιους στόχους δεν είναι διατεθειμένοι να δεχτούν απόκλιση από το βέλτιστο και για ποιους μπορούν να είναι ελαστικοί. Με άλλα λόγια, η επίλυση προβλημάτων με πολλαπλά κριτήρια είναι συνδεδεμένη με την έννοια του συμβιβασμού. Συμβιβασμός για τον ίδιο το λήπτη της απόφασης που αποδέχεται ως αναγκαία τη σχετική απομάκρυνση από κάποιους στόχους του και συμβιβασμός μεταξύ των διαφορετικών ληπτών της απόφασης που αποδέχονται πιθανά

επιπλέον απομάκρυνση από κάποιον στόχο προκειμένου να επιτευχθεί συναίνεση ως προς μια αποδεκτή λύση [38].

Η χρησιμότητα της πολυκριτηριακής ανάλυσης έγκειται στο γεγονός ότι βοηθάει τον αποφασίζοντα να οργανώσει τις διαθέσιμες πληροφορίες, να σκεφθεί συστηματικά για τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε λύσης, να συνειδητοποιήσει τις προτιμήσεις και τις ανοχές του, έτσι ώστε να κάνει τους λιγότερο οδυνηρούς συμβιβασμούς. Κάθε πρόβλημα πολυκριτηριακής ανάλυσης περιλαμβάνει τέσσερα σημαντικά στοιχεία [37]:

- το σύνολο των εναλλακτικών δραστηριοτήτων, που συμβολίζεται με  $A$ , ενώ κάθε στοιχείο του  $A$  από το οποίο γίνεται η επιλογή της απόφασης, συμβολίζεται με  $a$ ,
- το σύνολο των κριτηρίων αξιολόγησης, που συμβολίζεται με  $g=(g_1, \dots, g_q)$ , το οποίο έχει ουσιώδη σημασία για τη λήψη μιας σωστής απόφασης,
- το αποτέλεσμα της κάθε επιλογής,  $g(a)=(g_1(a), \dots, g_q(a))$ , υπολογιζόμενο με τους όρους των κριτηρίων, που σημαίνει τη βαθμολογία της εκάστοτε εναλλακτικής δραστηριότητας  $x$  ως προς το κριτήριο  $g_i$ ,
- και τις δομές προτίμησης του λήπτη της απόφασης.

## 4.2 Τεχνικές Πολυκριτηριακής Ανάλυσης

Η επιστημονική περιοχή της πολυκριτηριακής ανάλυσης περιλαμβάνει κατ' αρχήν ένα θεωρητικό υπόβαθρο, στο οποίο αναπτύσσεται η βασική λογική για την προσέγγιση τέτοιου είδους προβλημάτων. Με βάση αυτό το θεωρητικό υπόβαθρο έχει αναπτυχθεί ένα πλήθος τεχνικών, κατάλληλων για την αντιμετώπιση ενός μεγάλου εύρους προβλημάτων που προκύπτουν στην πράξη, αν και η ταξινόμηση των τεχνικών αυτών σε ιδιαίτερες κατηγορίες δεν είναι αυστηρή [39].

Οι τεχνικές Πολυκριτηριακής Ανάλυσης σε διακριτά προβλήματα απόφασης χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες [29, 30]:

- ✓ Θεωρία Αξίας (Multi Attribute Utility Theory – MAUT): Πρόκειται για την «Αμερικάνικη Σχολή» στην πολυκριτηριακή ανάλυση που στοχεύει ακριβώς στην κατασκευή ενός συστήματος αξίας το οποίο προκύπτει από τη σύνθεση των προτιμήσεων/ αξιών των ληπτών αποφάσεων σε ότι αφορά τα κριτήρια (Keeney & Raiffa, 1976 [31]). Στη βιβλιογραφία συναντάται και σαν «θεωρία χρησιμότητας».
- ✓ Θεωρία Σχέσεων Υπεροχής (Outranking Relations Theory): Πρόκειται για την «Γαλλική ή Ευρωπαϊκή Σχολή» στην πολυκριτηριακή ανάλυση και στοχεύει στην αντιμετώπιση του προβλήματος της μη-συγκρισιμότητας μεταξύ των εναλλακτικών [32]. Οι μέθοδοι ELECTRE (Roy, 1985 [32]) και PROMETHEE (Brans and Vincke, 1985 [33]), είναι οι δημοφιλέστερες τεχνικές σχέσεων υπεροχής. Επιπλέον, η

μέθοδος TOPSIS (the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) αναπτύχθηκε από τους Hwang και Yoon (1981) [34] σαν άλλη μία εναλλακτική μέθοδο σε αυτή την κατηγορία.

- ✓ Αναλυτική-Συνθετική Προσέγγιση (preference disaggregation approach). Προσανατολίζεται στην ανάπτυξη ενός γενικού μεθοδολογικού πλαισίου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση αποφάσεων που λαμβάνει ο αποφασίζων, ώστε να καθοριστεί το κατάλληλο υπόδειγμα σύνθεσης των κριτηρίων, το οποίο ανταποκρίνεται στο σύστημα αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Πρόκειται ουσιαστικά για την ακριβώς αντίθετη διαδικασία από αυτή στην Θεωρία Αξίας (Jacquet – Lagréze & Siskos, 1982, 2001 [35, 36]).

Η ταυτοποίηση του αντικειμένου της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης ως προς τα χαρακτηριστικά αυτά αποτελεί ένα πρώτο στάδιο της αναλυτικής διαδικασίας, που διευκολύνει την κατανόηση του προβλήματος και επιτρέπει την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επίλυσης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται [40]:

➤ **Στο στάδιο του προβλήματος:**

1. καθορισμός του προβλήματος και επιλογή των πιθανών εναλλακτικών σεναρίων
2. επιλογή των κριτηρίων
3. μέτρηση των επιδόσεων και ταξινόμηση των κριτηρίων
4. εκτίμηση της βαρύτητας του κάθε κριτηρίου
5. δημιουργία του μοντέλου αξιολόγησης
6. καθορισμός των πιθανών περιοριστικών παραμέτρων ανάλογα με το αντικείμενο του εξεταζόμενου προβλήματος
7. τελική ταξινόμηση των εξεταζόμενων σεναρίων κατά σειρά βαθμολογίας με βάση τα χαρακτηριστικά του μοντέλου που θα επιλεγεί.

➤ **Στο στάδιο ανάλυσης των αποτελεσμάτων:**

1. ανάλυση ευαισθησίας της λύσης
2. προσδιορισμός της σύγκρουσης των κριτηρίων

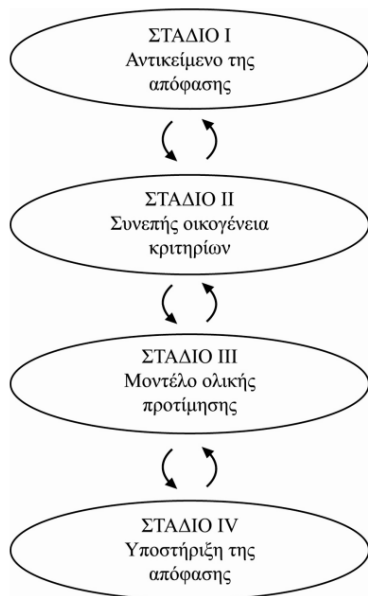
### **4.3 Μεθοδολογικό πλαίσιο**

Βάσει των ιδιαιτεροτήτων που παρουσιάζουν τα προβλήματα λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια, ο χώρος της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Αποφάσεων (Π.Α.Α) έχει τους ακόλουθους τρεις βασικούς στόχους [41]:

- την ανάλυση της ανταγωνιστικής φύσης των κριτηρίων.

- τη μοντελοποίηση των προτιμήσεων του αποφασίζοντος.
- τον εντοπισμό ικανοποιητικών λύσεων.

Για την επίτευξη αυτών των στόχων ο Roy (1985) πρότεινε ένα γενικό μεθοδολογικό πλαίσιο, το οποίο και ακολουθείται στα πλαίσια της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο περιλαμβάνει τέσσερις φάσεις στάδια τα οποία επιτρέπουν την μεταξύ τους ανάδραση. Τα στάδια αυτά φαίνονται στην εικόνα 2-1 10 και αναλύονται στη συνέχεια [40].



Τετρασταδιακή διαδικασία μοντελοποίησης προβλημάτων απόφασης

Εικόνα 2-1 10

#### 4.3.1 Αντικείμενο της Απόφασης

Το πρώτο αυτό στάδιο του μεθοδολογικού πλαισίου της Π.Α.Α αφορά τον καθορισμό του συνόλου των εναλλακτικών δραστηριοτήτων και της προβληματικής της ανάλυσης. Ως «εναλλακτική δραστηριότητα» ή απλά «εναλλακτική» (alternative ή action) ορίζεται κάθε πιθανή επιλογή η οποία αποτελεί λύση του εξεταζόμενου προβλήματος και η οποία πρέπει να αξιολογηθεί ως προς την καταλληλότητά της. Το σύνολο των εναλλακτικών δραστηριοτήτων μπορεί να προσδιοριστεί είτε ως ένα διακριτό σύνολο (discrete set), είτε ως ένα συνεχές σύνολο (continuous set). Μετά τον προσδιορισμό του συνόλου των εναλλακτικών δραστηριοτήτων, απαιτείται ο καθορισμός της προβληματικής της ανάλυσης (decision problematic). Γενικά, υπάρχουν **τέσσερις προβληματικές** που καλύπτουν το σύνολο των πρακτικών περιπτώσεων [41]:

- ❖ **Προβληματική α (επιλογή, choice):** Η προβληματική τύπου α αναφέρεται στην επιλογή μίας ή περισσότερων εναλλακτικών οι οποίες θεωρούνται ως οι πλέον



κατάλληλες. Για παράδειγμα, κατά την χωροθέτηση ενός εργοστασίου η προβληματική αφορά την επιλογή της πλέον κατάλληλης τοποθεσίας.

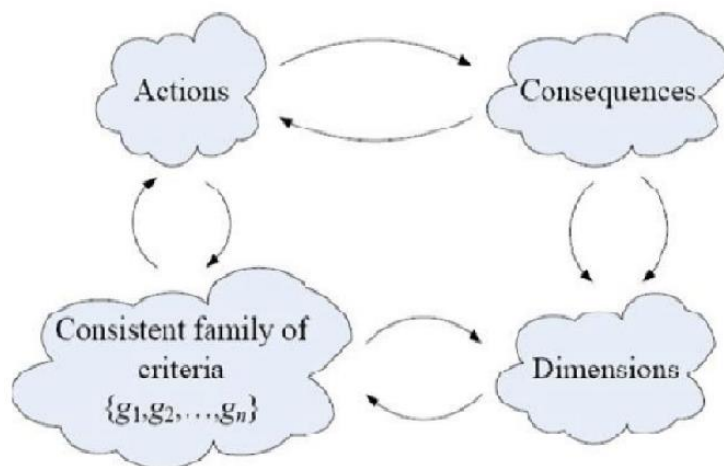
- ❖ **Προβληματική β (ταξινόμηση, classification / sorting):** Η προβληματική τύπου β αναφέρεται στην ταξινόμηση των εναλλακτικών δραστηριοτήτων σε προκαθορισμένες ομοιογενείς κατηγορίες. Για παράδειγμα, κατά την αξιολόγηση μιας αίτησης δανειοδότησης το αντικείμενο της ανάλυσης αφορά την αξιολόγηση του αιτούντα (επιχείρηση ή ιδιώτη) και την ταξινόμησή του είτε στην κατηγορία των αποδεκτών αιτήσεων, είτε στην κατηγορία των απορριπτέων αιτήσεων.
- ❖ **Προβληματική γ (κατάταξη, ranking):** Η προβληματική τύπου γ αναφέρεται στην κατάταξη των εναλλακτικών δραστηριοτήτων από τις καλύτερες προς τις χειρότερες. Για παράδειγμα, κατά εισαγωγή των μαθητών σε μια πανεπιστημιακή σχολή απαιτείται η κατάταξή τους βάσει της βαθμολογίας τους στις εισαγωγικές εξετάσεις.
- ❖ **Προβληματική δ (περιγραφή, description):** Η προβληματική τύπου δ αναφέρεται στην περιγραφή των εναλλακτικών δραστηριοτήτων βάσει των επιδόσεών τους στα επιμέρους κριτήρια αξιολόγησης. Η επιλογή της κατάλληλης προβληματικής σχετίζεται αποκλειστικά και μόνο με το πρόβλημα που εξετάζεται. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις πιθανόν να απαιτείται ο συνδυασμός δύο προβληματικών για την καλύτερη αντιμετώπιση του προβλήματος.

#### 4.3.2 Συνεπής Οικογένεια Κριτηρίων

Κάθε δυνατή δράση από το σύνολο A προϋποθέτει ένα σύνολο επιπτώσεων και απαιτήσεων, το οποίο περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά, τις ιδιότητες, τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα, μέσω των οποίων είναι δυνατή η αξιολόγηση της δράσης από τον αποφασίζοντα [42].

Σύμφωνα με τον Bernard Roy η καταλληλότερη μέθοδος για την επίτευξη αυτού του στόχου βασίζεται στα εξής σημαντικά σημεία:

- Αυστηρός ορισμός συνόλου δράσεων.
- Ανάλυση στοιχειωδών επιπτώσεων συνόλου δράσεων .
- Καθορισμός Αξόνων Προτίμησης.
- Επιλογή Διαστάσεων.
- Ορισμός Συνεπούς Οικογένειας Κριτηρίων [32].



Απεικόνιση σταδίων κατασκευής της Συνεπούς οικογένειας κριτηρίων

**Εικόνα 2-1 11**

Σε κάθε περίπτωση, ένα κριτήριο ορίζεται μέσω μιας κλίμακας προτίμησης. Στη μαθηματική γλώσσα, ένα κριτήριο μοντελοποιείται από μια πραγματική συνάρτηση:

$$g: A \rightarrow \mathbb{R} / a \rightarrow g(a)$$

όπου  $g(a)$  είναι η τιμή ή αξιολόγηση (evaluation) της δράσης  $a$  του  $A$  πάνω στο κριτήριο  $g$ . Η συνάρτηση αυτή οφείλει να πληροί την ιδιότητα συνέπειας ή μονοτονίας (cohesiveness). Εάν δηλαδή  $a$  και  $b$  είναι δύο δράσεις του συνόλου  $A$ , ισχύει [30]:

$$g(a) > g(b) \rightarrow aSb$$

όπου  $aSb$  σημαίνει “η δράση  $a$  υπερέχει της δράσης  $b$ ”. Ένα σύστημα αξιολόγησης των δράσεων του προβλήματος μοντελοποιείται μέσω μιας συνεπούς οικογένειας κριτηρίων (consistent family of criteria)  $f = \{(g_1, g_2, \dots, g_n)\}$  η οποία περιλαμβάνει  $n$  κριτήρια που οφείλουν να πληρούν τρεις θεμελιώδεις συνθήκες:

1. Συνέπεια ή μονοτονία (cohesiveness)
2. Επάρκεια (exhaustiveness)
3. Μη πλεονασμός (non redundancy)

Μία συνεπής οικογένεια κριτηρίων απεικονίζει το σύνολο των δράσεων  $A$  μέσα στον  $n$ -διάστατο πραγματικό χώρο  $\mathbb{R}^n$ .

Τέλος, με  $g(a) = (g_1(a), g_2(a), \dots, g_n(a))$  συμβολίζουμε το διάνυσμα-γραμμή των τιμών της δράσης  $a$  που ανήκει στο σύνολο δράσεων  $A$  πάνω στα  $n$  κριτήρια, το οποίο και ονομάζουμε πολυκριτήρια αξιολόγηση (Multicriteria Evaluation) της δράσης  $a$  [30].

### 4.3.3 Μοντέλο ολικής Προτίμησης

Μετά την ολοκλήρωση των δύο προηγούμενων σταδίων της ανάλυσης (αντικείμενο του προβλήματος, διαμόρφωση συνεπούς οικογένειας κριτηρίων), το επόμενο στάδιο αφορά την

κατασκευή και χρησιμοποίηση ενός μοντέλου ολικής προτίμησης (global evaluation model). Ως μοντέλο ολικής προτίμησης θεωρείται η σύνθεση όλων των κριτηρίων, έτσι ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της ανάλυσης ανάλογα με την προβληματική που έχει καθοριστεί [41].

Το μοντέλο ολικής προτίμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για:

- τον προσδιορισμό μιας συνολικής αξιολόγησης κάθε εναλλακτικής.
- την πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων μεταξύ των εναλλακτικών.
- τη διερεύνηση του συνόλου των εναλλακτικών λύσεων, όταν αυτό είναι συνεχές.

Η ανάπτυξη του μοντέλου ολικής προτίμησης μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους:

1. Αλληλεπιδραστικά μέσω της συνεργασίας του αναλυτή με τον αποφασίζοντα. Στην προσέγγιση αυτή ο αποφασίζοντας καθορίζει ένα σύνολο παραμέτρων σχετικών με την πολιτική λήψης των αποφάσεων που ακολουθεί (για παράδειγμα, τα βάρη των κριτηρίων).
2. Αναλύοντας τις αποφάσεις που λαμβάνει ο αποφασίζων, έτσι ώστε να αναπτυχθεί το κατάλληλο μοντέλο ολικής προτίμησης που είναι συμβατό με την πολιτική λήψης των αποφάσεων που αυτός ακολουθεί. Η προσέγγιση αυτή έχει αρκετές ομοιότητες με τη μεθοδολογία της γραμμικής παλινδρόμησης (ordinal regression), η οποία είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στο χώρο της στατιστικής.

#### **4.3.4 Υποστήριξη της απόφασης**

Τα πολυκριτήρια μοντέλα με μια γενική θεώρηση χωρίζονται στις εξής κατηγορίες [43][44]:

- Αντισταθμιστικά μοντέλα (compensatory models) : Είναι τα μοντέλα στα οποία η υποβάθμιση ενός κριτηρίου είναι δυνατόν να αποζημιωθεί από τη βελτίωση της τιμής ενός άλλου κριτηρίου.
- Μη αντισταθμιστικά μοντέλα (non compensatory models) : Είναι μοντέλα στα οποία η αντιστάθμιση ενός κριτηρίου από ένα άλλο δεν είναι επιτρεπτή.

Σε θεωρητική βάση οι κατηγορίες των μοντέλων σύνθεσης πολλαπλών κριτηρίων είναι οι εξής [43][44]:

- Συναρτησιακές μέθοδοι : Η σύνθεση των κριτηρίων επιτυγχάνεται μέσω μιας ή περισσότερων συναρτήσεων αξίας ή χρησιμότητας.
- Σχισιακές μέθοδοι : Η σύνθεση των κριτηρίων επιτυγχάνεται μέσω μιας ή περισσότερων σχέσεων υπεροχής.
- Αναλυτικές μέθοδοι : Το μοντέλο σύνθεσης των κριτηρίων συμπεραίνεται έμμεσα από δεδομένα ολικής προτίμησης του αποφασίζοντος.

Για τη μοντελοποίηση των προτιμήσεων του αποφασίζοντος στη διαδικασία της απόφασης υπάρχουν δύο επιλογές μοντέλων ουσιαστικά που σχετίζονται είτε:

- **Με την έννοια της διμερούς σχέσης. Μοντελοποίηση μέσω διμερών σχέσεων.** Το πρώτο βασικό μοντέλο κάθε θεωρίας που χρησιμοποιεί την έννοια της προτίμησης είναι εκείνο της διμερούς σχέσης (binary relation) η οποία ορίζεται πάνω σε ένα σύνολο  $A$  δράσεων. Η πιο κλασική οικογένεια μοντέλων αυτής της κατηγορίας κάνει χρήση μιας και μόνο σχέσης, της σχέσης υπεροχής. Η σχέση υπεροχής μεταξύ δύο δράσεων παριστάνεται με ένα προσανατολισμένο γράφημα δύο κορυφών κι ενός τόξου που έχει για αρχή την κορυφή  $a$  και τέλος την κορυφή  $b$ . Ένα τέτοιο γράφημα που συνδέει όλες τις δράσεις του συνόλου  $A$  ονομάζεται γράφημα υπεροχής (outranking graph).
- **ή με την έννοια της συνάρτησης. Μοντελοποίηση μέσω συναρτήσεων.** Το δεύτερο βασικό μοντέλο για τη μοντελοποίηση προτιμήσεων είναι εκείνο της συνάρτησης που ορίζεται πάνω στο σύνολο  $A$  και ακούει στο όνομα : συνάρτηση χρησιμότητας, συνάρτηση αξίας ή συνάρτηση κριτηρίου. Η μέθοδος αυτή στοχεύει στην αναπαράσταση του συστήματος αξιών που συνειδητά ή ασυνείδητα ακολουθεί ο αποφασίζων. Η αναπαράσταση αυτή γίνεται με την χρήση μιας κατάλληλης συνολικής συνάρτησης χρησιμότητας, προσθετικό μοντέλο αξίας (MAUT – MultiAttribute Utility Theory). Κύριες εφαρμογές αυτής της μεθόδου έχουμε στην επίλυση προβλημάτων με διακριτές εναλλακτικές λύσεις και ειδικότερα για προβλήματα επιλογής. Μπορεί όμως, να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου επιθυμείται η κατάταξη ή η ταξινόμηση των εναλλακτικών σε προκαθορισμένες κατηγορίες [44].

## **4.4 Βασικές Μέθοδοι Λήψης Αποφάσεων**

Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται σύντομα ορισμένες από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους, όπως η AHP, ELECTRE, MAUT, PROMETHEE, TOPSIS, UTA [45].

### **4.4.1 AHP - Analytical Hierarchy Process**

Η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (αγγλ. Analytical Hierarchy Process, AHP) αναπτύχθηκε από τον Saaty (1980). Κύριο μέλημα της μεθόδου αποτελεί η διευκόλυνση του συμμετέχοντα στο να κατορθώσει να δομήσει το πρόβλημα, μέσω του σχηματισμού μιας ιεραρχίας χαρακτηριστικών, εναλλακτικών επιλογών – κριτηρίων αξιολόγησης (Lootsma & Schuijt, 1997; Ramanathan, 2001; Saaty, 1990). Η μέθοδος AHP είναι από τις πιο διαδεδομένες πολυκριτηριακές μεθόδους σε θέματα ενεργειακής και

περιβαλλοντικής διαχείρισης, αιφόρου ανάπτυξης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και από τις πρώτες που χρησιμοποιήθηκαν [45].

#### **4.4.2 ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalite)**

Οι μέθοδοι ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalite) αποτελούν μια από τις πλέον δημοφιλείς προσεγγίσεις στο χώρο της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων. Η ανάπτυξή τους ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1960 από τον Bernard Roy (1968) με τη μέθοδο ELECTRE I και ακολούθησε μια σειρά παραλλαγών ELECTRE II, III, IV, Tri, IS (Roy, 1991). Η προσέγγιση των μεθόδων ELECTRE ξεκινά από τη διαισθητική προϋπόθεση ότι ο αποφασίζων είναι δυνατόν να επιτύχει μόνο προσεγγιστικές συγκρίσεις μεταξύ των αποδόσεων των εναλλακτικών δράσεων. Η έννοια της υπεροχής (αγγλ. outranking) στερείται αξιωματικής βάσης, αλλά βασίζεται στην εκτίμηση διαφόρων παραμέτρων και στην εφαρμογή ενός αλγόριθμου απόφασης (Hokkanen & Salminen, 1997a; 1997b; Miettinen & Salminen, 1999; Mousseau & Slowinski, 1998) [45].

#### **4.4.3 MAUT - Multi Attribute Utility Theory**

Η περίπτωση της Πολυκριτηριακής Θεωρίας Φρησιμότητας (αγγλ. Multi Attribute Utility Theory, MAUT) είναι η προσέγγιση του συστήματος αξιών (value system approach) - της Αμερικανικής σχολής (Edwards, 1977; Keeney & Raiffa, 1976; Von Winterfeldt & Edwards, 1986). Η μέθοδος MAUT δε χρησιμοποιείται ιδιαίτερα όπως οι υπόλοιπες μέθοδοι για την ενεργειακή διαχείριση και πολιτική, θέματα ενεργειακά και στην αιφόρο ανάπτυξη [45].

Η MAUT χρησιμοποιείται με σκοπό να βοηθήσει τους αποφασίζοντες να αποκτήσουν μια καλύτερη αντίληψη και εποπτικότητα στις αποφάσεις - παράγοντες και προτεραιότητες. στοχεύει στην επιλογή της βέλτιστης λύσης, μεταξύ περισσοτέρων της μιας εναλλακτικών, σε καταστάσεις όπου τα αποτελέσματα της απόφασης δεν είναι γνωστά με βεβαιότητα (Hu et al., 2010) [45].

#### **4.4.4 PROMETHEE - Preference Ranking Organization METHod for**

##### ***Enrichment Evaluations***

Η οικογένεια των μεθόδων PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations), που ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων υπεροχής αναπτύχθηκε από τους Brans & Vincke (1985). Το μεγαλύτερο πλεονέκτημά τους αποτελεί η ενοποίηση όλων των σύγχρονων απόψεων μοντελοποίησης της προτίμησης με έναν απλό τρόπο. Προσαρμόζεται καλά σε προβλήματα, όπου ένας ορισμένος αριθμός εναλλακτικών επιλογών

πρέπει να τοποθετηθεί σε σειρά, λαμβάνοντας υπόψη πολλά και μερικές φορές αντικρουόμενα κριτήρια (Σίσκος, 2008) [45].

#### **4.4.5 TOPSIS - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution**

Η μέθοδος TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) παρουσιάστηκε από τους Chen & Hwang (1992), με αναφορά στους Hwang & Yoon (1981) για την επίλυση πολυκριτηριακών προβλημάτων αποφάσεων. Βασική αρχή αυτής της μεθόδου είναι ο ορισμός της ιδανικής (αγγλ. ideal) και μη ιδανικής (αγγλ. negative ideal ή anti-ideal) λύσης. Η ιδανική λύση είναι αυτή που μεγιστοποιεί τα ωφέλιμα κριτήρια και ελαχιστοποιεί τα κριτήρια κόστους, ενώ η μη ιδανική λύση είναι ακριβώς το αντίθετο [45].

#### **4.4.6 VIKOR - ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje**

Η μέθοδος VIKOR (Opricovic, 1998, Opricovic & Tzeng, 2004, 2007) εστιάζει στην κατάταξη και την επιλογή από ένα σύνολο διαθέσιμων εναλλακτικών και προσδιορίζει μια λύση συμβιβασμού (compromise solution), υποστηρίζοντας τον αποφασίζοντα να καταλήξει σε μια τελική απόφαση για ένα πρόβλημα με αντικρουόμενα κριτήρια. Για τον σκοπό αυτό, η λύση προσδιορίζεται βάσει της «εγγύτητας» από μια βέλτιστη ιδεατή λύση, χρησιμοποιώντας ως μέτρο αξιολόγησης τη γνωστή  $LLpp$  –μετρική με τη μορφή μιας συνάρτησης συνάθροισης. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι δίνει τη δυνατότητα στον αποφασίζοντα να αντισταθμίζει - κατά το δοκούν - δύο διαφορετικές οπτικές, ανάλογα εάν στη στρατηγική του θέλει μια καλή επίδοση στο σύνολο των κριτηρίων ( $pp = 1$ ), ή αν επιθυμεί να «κρατήσει χαμηλά» τον βαθμό δυσαρέσκειας σε κάθε κριτήριο ξεχωριστά ( $pp = \infty$ ). Αξίζει να σημειωθεί ότι, σε πολλές εφαρμογές, η μέθοδος VIKOR συγκρίνεται με τη γνωστή μέθοδο TOPSIS, αν και υιοθετεί διαφορετική συνάρτηση συνάθροισης και διαφορετική μέθοδο κανονικοποίησης. Η ειδοποιός διαφορά εντοπίζεται στο εξής: η μέθοδος TOPSIS λαμβάνει υπόψη αμφότερες τη θετική και την αρνητική ιδεατή λύση. Αντίθετα, η μέθοδος VIKOR εστιάζει μόνο στη θετική ιδεατή λύση. Επομένως, καθώς στοχεύει μόνο στη μεγιστοποίηση του οφέλους, ο κίνδυνος μιας απόφασης θεωρείται λιγότερο σημαντικός. Με άλλα λόγια, η μέθοδος VIKOR απευθύνεται σε λιγότερο επιφυλακτικούς αποφασίζοντες [4].

#### **4.4.7 UTA - Utilités Additives**

Η μέθοδος UTA (Utilités Additives), προτάθηκε από τους Jacquet Lagrèze & Siskos (1978, 1982) και έχει ως στόχο την εκτίμηση (επαγωγή) μίας προσθετικής συνάρτησης αξίας από μία προδιάταξη ενός συνόλου αναφοράς AR. Η μέθοδος χρησιμοποιεί ειδικές τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού για να καθορίσει τις συγκεκριμένες συναρτήσεις, έτσι ώστε

η(οι κατάταξη(εις) που αποκτάται(ώνται) μέσω αυτών των συναρτήσεων στο AR να είναι όσο το δυνατό πιο συμβατή(ές) με την αρχική προδιάταξη [45].

Η μέθοδος υιοθετεί βασικές αρχές της θεωρίας της πολυκριτήριας χρησιμότητας (MAUT), αφού δέχεται την ύπαρξη μίας προσθετικής συνάρτησης αξίας που συνθέτει όλα τα επιμέρους κριτήρια. Η μέθοδος, σε τελικό στάδιο, εκτιμάει ένα σύνολο συναρτήσεων αξίας που αναπαριστούν τις προτιμήσεις που έχει εκφράσει ο αποφασίζων, αντί για μία και μοναδική συνάρτηση (Jacquet-Lagrèze & Siskos, 1982) [45].

Κατά τη διάρκεια των τριών τελευταίων δεκαετιών οι μέθοδοι UTA έχουν εφαρμοστεί σε διάφορα προβλήματα λήψης αποφάσεων (βλ. Siskos et al. (2005), όπου παρουσιάζεται μια ολοκληρωμένη ανάλυση των μεθόδων UTA και αντίστοιχων εφαρμογών), με τις πιο πρόσφατες έρευνες να επικεντρώθηκαν σε προβλήματα ηλεκτρονικής διακυβέρνησης (Siskos et al., 2013, 2014) [45].

# 5

## *Ανασκόπηση ερευνητικού και τεχνολογικού πεδίου*

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση, που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και περιλαμβάνει διεθνείς έρευνες το αντικείμενο των οποίων παρουσιάζει συνάφεια με αυτό της παρούσας Εργασίας. Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά οι σχετικές έρευνες, οι μέθοδοι ανάλυσης που ακολουθήθηκαν, καθώς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

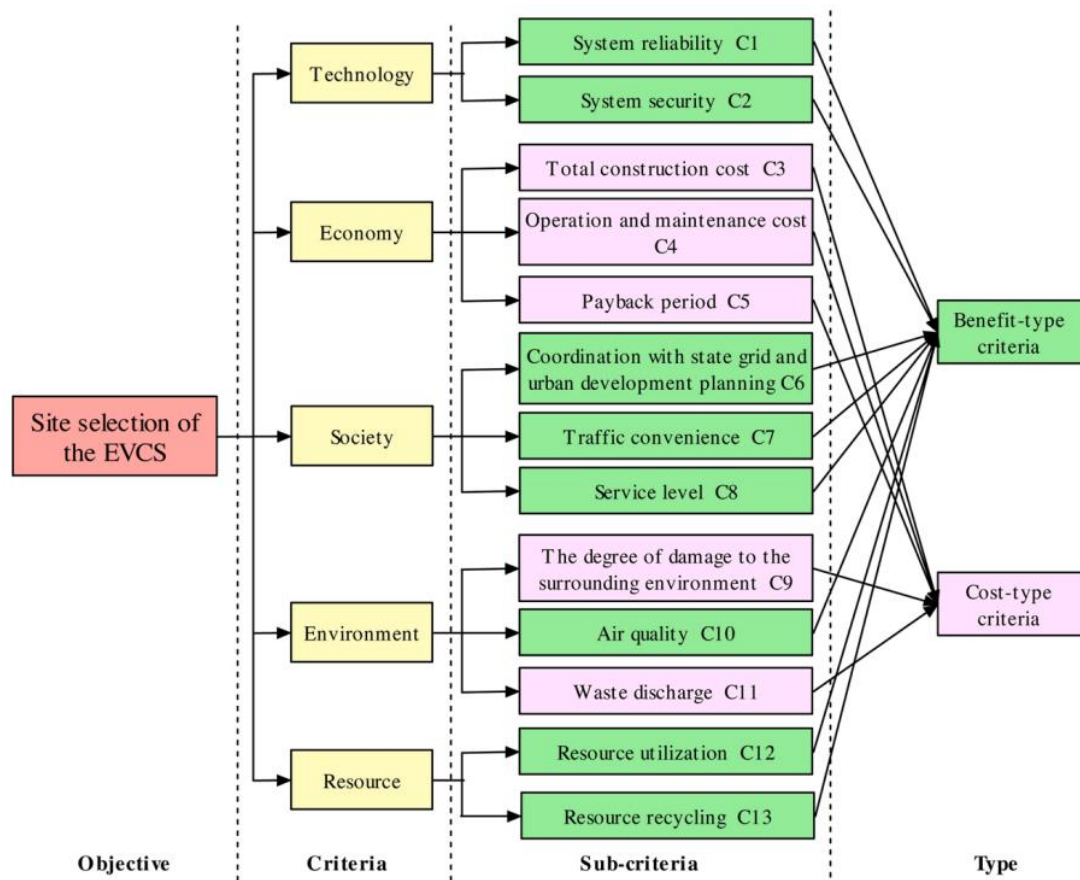
### *5.1 Μια πολυκριτηριακή μέθοδος λήψης αποφάσεων για την επιλογή της τοποθεσίας ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων από την προοπτική της βιωσιμότητας*

«A novel multi-criteria decision-making method for selecting the site of an electric-vehicle charging station from a sustainable perspective [27]».

Μια πολυκριτηριακή λήψη απόφασης (multi-criteria decision-making -MCDM) αναπτύσσεται μέσω της μεθόδου (linguistic entropy weight - LEW) και (fuzzy axiomatic design - FAD) για την επιλογή κατάλληλης θέσης για ένα σταθμό φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος (EVCS). Με βάση τις απόψεις εμπειρογνομόνων από διαφορετικούς τομείς,



ύστερα από έρευνα της βιβλιογραφίας και μία επί τόπου έρευνα, σχεδιάζεται ένα σύστημα αξιολόγησης για την επιλογή θέσης EVCS με βιώσιμη προοπτική. Το σύστημα περιλαμβάνει 13 υπο-κριτήρια [27].



Final evaluation index system for EVCS site selection.

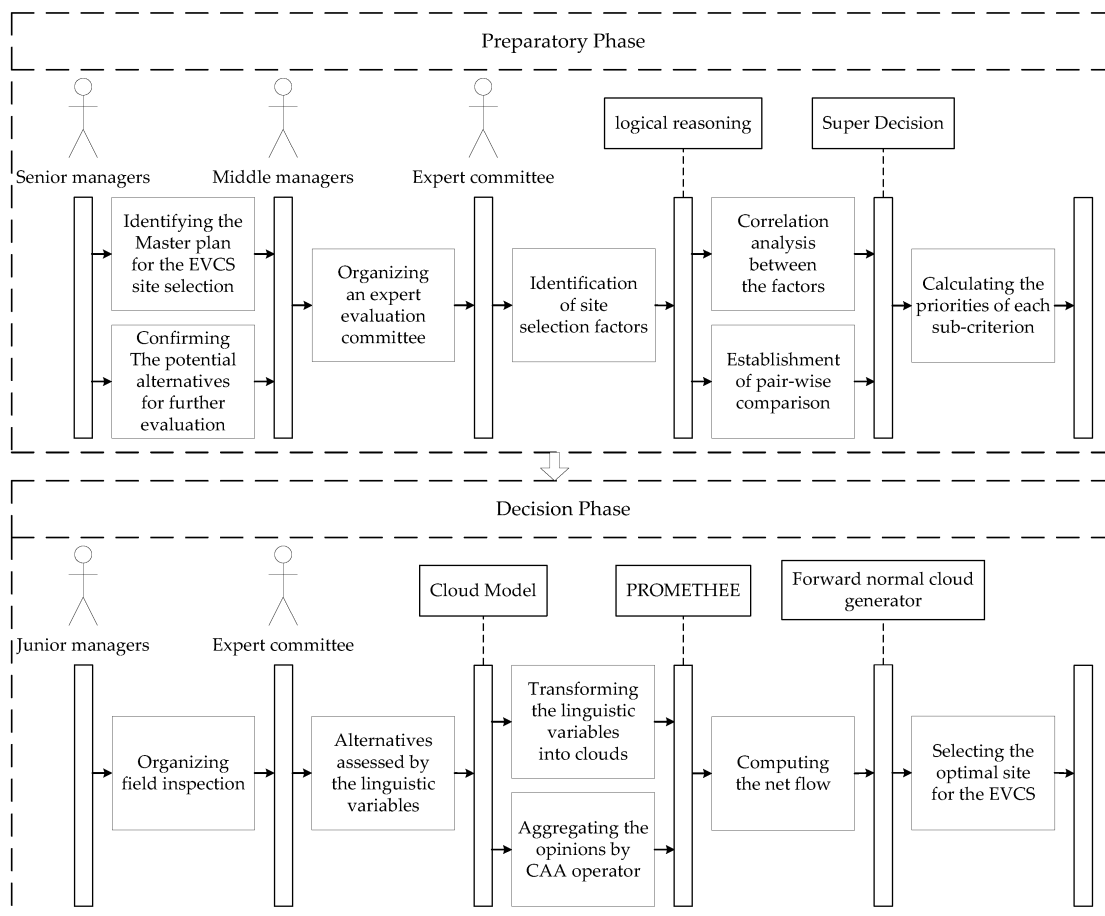
**Εικόνα 2-1 12**

Τα βάρη των κριτηρίων προσδιορίζονται από τη μέθοδο (linguistic entropy weight - LEW) και η καταλληλότερη θέση του EVCS καθορίζεται από τη μέθοδο (fuzzy axiomatic design - FAD). Επιπλέον, κατασκευάζεται ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο ανάλυσης LEW-FAD και η διαδικασία υπολογισμού της βέλτιστης θέσης EVCS δίδεται. Για να εκτιμηθεί η σταθερότητα και η ευρωστία της προτεινόμενης μεθόδου, διεξάγονται αναλύσεις ευαισθησίας και σύγκρισης. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας δείχνουν ότι η κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων δεν επηρεάζεται από αλλαγές στις λειτουργικές απαιτήσεις των κριτηρίων, αλλά επηρεάζονται σημαντικά με αλλαγές στα βάρη των κριτηρίων. Τα πλεονεκτήματα της προτεινόμενης μεθόδου επισημαίνονται όσον αφορά τη σταθερότητα και την αξιοπιστία συγκρίνοντάς την με τρεις μεθόδους MCDM (TOPSIS, VIKOR, MULTIMOORA) που εφαρμόζονται σε προηγούμενες μελέτες και επαληθεύεται η αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης μεθόδου. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εφαρμογή της μεθόδου LEW και η FAD στην επιλογή θέσης EVCS είναι ισχυρή. Ως εκ τούτου, τα

κριτήρια αξιολόγησης και η μέθοδος που προτείνεται σε αυτή την εργασία είναι επίσης κατάλληλη για άλλες αναπτυσσόμενες ή αναδυόμενες οικονομίες [27].

## 5.2 Βέλτιστη επιλογή θέσεως Σταθμών φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος βασισμένο στις μεθόδους *cloud model* και *Promethee*

«Optimal Site Selection of Electric Vehicle Charging Stations Based on a Cloud Model and the PROMETHEE Method» [28].



Η επιλογή θέσεως σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (EVCS) είναι εξαιρετικά σημαντική από την προοπτική της αρμονικής και της βιώσιμης ανάπτυξης. Ωστόσο, λάθη στην χρήση των μεθόδων λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ανακριβή και παράλογα αποτελέσματα. Η μέθοδος που υιοθετείται σε προηγούμενες μελέτες δεν είναι πολύ κατάλληλη για να λύσει το πρόβλημα αξιολόγησης της επιλογής θέσεως ενός EVCS. Ως αποτέλεσμα της παραπάνω ανάλυσης, προτείνεται η μέθοδος (Promethee) σε συνδυασμό με το μοντέλο Cloud για την επιλογή θέσεως ενός

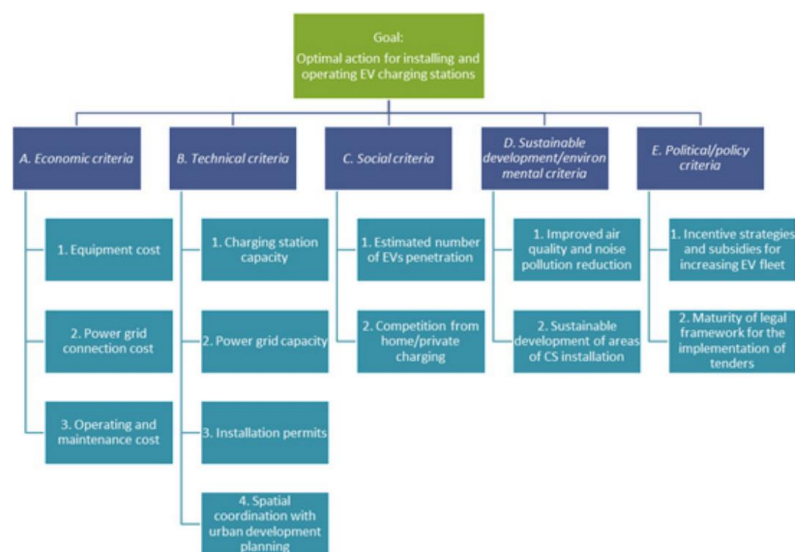
EVCS. Πρώτον, η χρήση της μεθόδου Promethe ενισχύσει την εμπιστοσύνη και την ορατότητα για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων. Δεύτερον, το μοντέλο Cloud συνιστάται για να περιγράψει ολοκληρωτικά και με ακρίβεια την τυχαιότητα των γλωσσικών όρων. Τέλος, η μέθοδος (Analytical Network Process - ANP) υιοθετείται για τη μέτρηση της συσχέτισης των δεικτών με έναν εξαιρετικά απλοποιημένο υπολογισμό των παραμέτρων και των απαιτούμενων βημάτων [28].

Το σύστημα αποφάσεων που βασίζεται στη μέθοδο Promethee σε συνδυασμό με το μοντέλο Cloud, μπορεί να αντισταθμίσει πολλές ατέλειες και ανεπάρκειες των παραδοσιακών μεθόδων MCDM και προτείνεται για την επιλογή θέσεως EVCS [28].

### 5.3 Πολυκριτηριακή λήψη απόφασης για την εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα

«A Multi-Criteria Decision Process for EV Charging Stations’ Deployment: Findings from Greece» [46].

Η ηλεκτροκίνηση (EV) είναι μια εναλλακτική μέθοδος μεταφοράς με βασικό παράγοντα για την ανάπτυξή της, οι υποδομές φόρτισης. Οι υποδομές φόρτισης EV δεν έχουν αναπτυχθεί ακόμη στην Ελλάδα, ανεξάρτητα από τους φιλόδοξους εθνικούς στόχους για το 2030. Αυτή η μελέτη εισάγει ένα πλαίσιο λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM) για την ανάπτυξη και λειτουργία υποδομών φόρτισης EV [46].



AHP tree for the research model.

Εικόνα 2-1 13

Ακολουθήθηκε η μέθοδος (AHP) με κριτήρια και υποκριτήρια βάσει των οποίων εξετάζονται οι εναλλακτικές δράσεις που προσδιορίζονται από τη διεθνή βιβλιογραφία. Η βαροδότηση της σχετικής σημασίας των κριτηρίων πραγματοποιείται με συνεντεύξεις με δομημένο ερωτηματολόγιο στις οποίες συμμετέχουν φορείς που δραστηριοποιούνται στη αγορά υποδομών φόρτισης στην Ελλάδα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών φόρτισης που βρίσκονται σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία σε ιδιωτικούς χώρους, εντός αστικού ιστού με ανάπτυξη και εκμετάλλευση από ιδιωτικό φορέα για να εξασφαλιστεί και η προστασία τους από βανδαλισμούς, είναι η προτιμώμενη [46].

Από τη βαροδότηση των κριτηρίων συνάγεται ότι κίνητρο για τη δραστηριοποίηση φορέων στον χώρο αγοράς υποδομών φόρτισης, με τις παρούσες συνθήκες στη χώρα μας, δεν αποτελούν οι οικονομικές προοπτικές των επενδύσεων αυτών, αλλά κυρίως αναπτυξιακές και τα περιβαλλοντικά οφέλη [46].

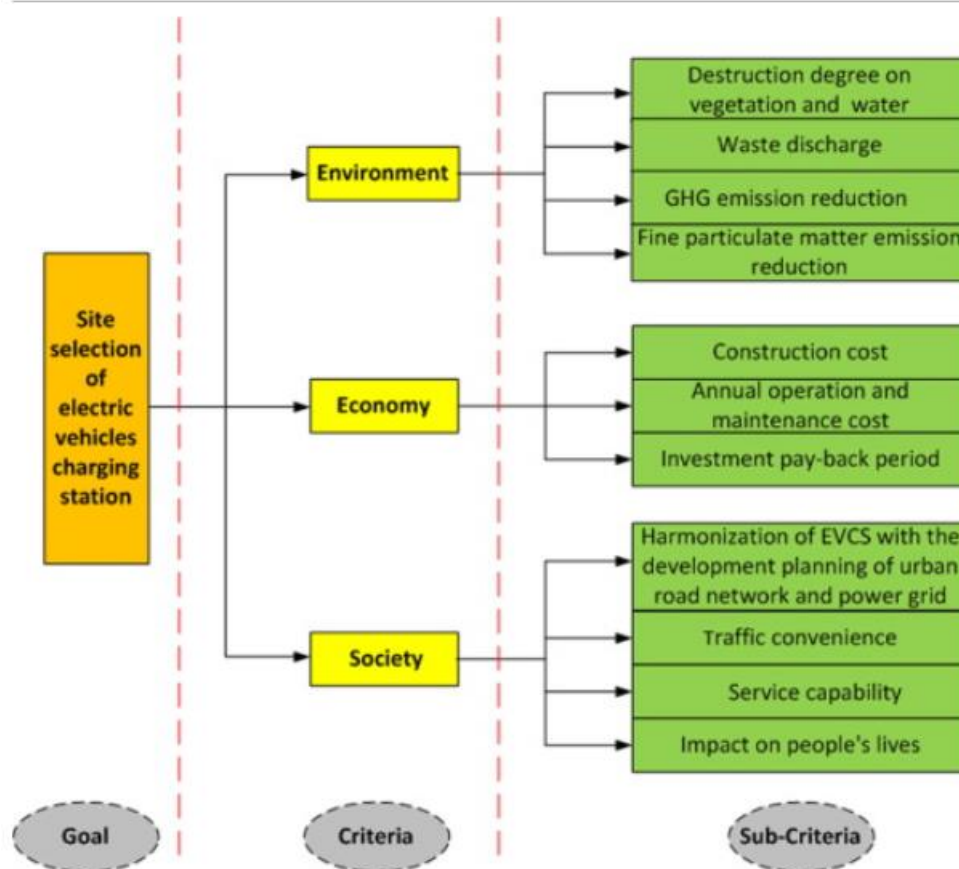
## **5.4 Βέλτιστη επιλογή θέσεως σταθμού φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος χρησιμοποιώντας την μέθοδο Topsis από την προοπτική της βιωσιμότητας**

«Optimal site selection of electric vehicle charging station by using fuzzy TOPSIS based on sustainability perspective» [47].

Η επιλογή βιώσιμης περιοχής - θέσης εγκατάστασης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον κύκλο ζωής ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος (EVCS), η οποία πρέπει να εξετάσει κάποια αντικρουόμενα κριτήρια. Το παρόν έγγραφο χρησιμοποίησε μια πολυκριτηριακή λήψης απόφασης (MCDM) για να εξετάσει ορισμένα υποκειμενικά αλλά σημαντικά κριτήρια για την επιλογή αυτή. Εφαρμόστηκε η μέθοδος Fuzzy Topsis για την επιλογή της βέλτιστης περιοχής - θέσης. Με βάση τις ακαδημαϊκές λογοτεχνίες, τις αναφορές έρευνας και τις γνώμες εμπειρογνομώνων σε διάφορους τομείς, το σύστημα αξιολόγησης για την επιλογή του τόπου EVCS χτίστηκε από την προοπτική της βιωσιμότητας, η οποία αποτελείται από περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια που σχετίζονται με συνολικά 11 δευτερεύοντα κριτήρια [47].

Στη συνέχεια, τα κριτήρια που παρουσιάζουν διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις και τα βάρη των κριτηρίων κρίθηκαν από πέντε ομάδες εμπειρογνομώνων στους τομείς του περιβάλλοντος, της οικονομίας, της κοινωνίας, του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και του συστήματος μεταφοράς. Τέλος, οι εναλλακτικές λύσεις περιοχών - θέσεων EVCS κατατάσσονταν χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Fuzzy Topsis. Το αποτέλεσμα δείχνει το Site EVCS A2 που βρίσκεται στην Changping District στο Πεκίνο να αποκτά την υψηλότερη

βαθμολογία κατάταξης και θα πρέπει να επιλεγεί ως η βέλτιστη περιοχή - θέση. Εν τω μεταξύ, τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια απαιτούν περισσότερη προσοχή από τους αποφασίζαντες σε σχέση με τα οικονομικά κριτήρια [47].



[Download : Download high-res image \(227KB\)](#)

[Download : Download full-size image](#)

Evaluation index system for EVCS site selection from sustainability perspective.

#### Εικόνα 2-1 14

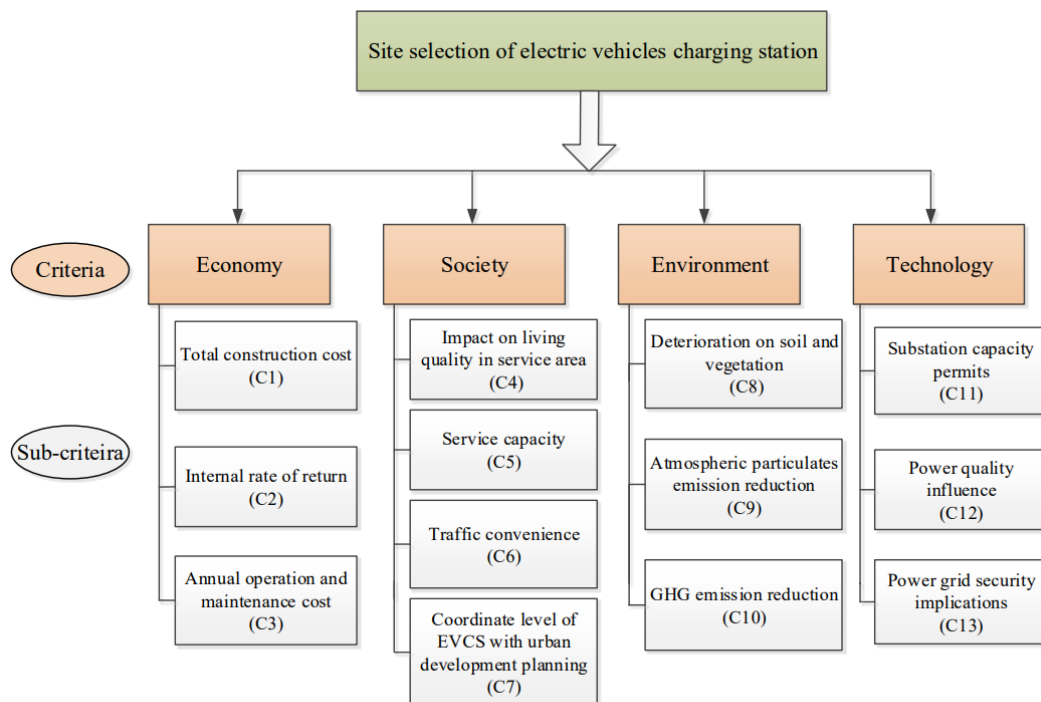
Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας δείχνουν ότι η εναλλακτική λύση A2 εξασφαλίζει πάντα την κορυφαία κατάταξή του, ανεξάρτητα από το πώς αλλάζουν τα βάρη στα υπο-κριτήρια. Είναι αποτελεσματικό και ισχυρό να εφαρμόσετε τη μέθοδο Fuzzy Topsis στην επιλογή περιοχής – θέσης εγκατάστασης. Το παρόν έγγραφο παρέχει μια νέα προοπτική έρευνας για την επιλογή του χώρου και επεκτείνει επίσης τους τομείς εφαρμογής της μεθόδου Fuzzy Topsis [47].

## 5.5 Βέλτιστη τοποθεσία σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών

### οχημάτων βάσει της μεθόδου *Fuzzy Delphi* και υβριδικών πολυκριτηριακών προσεγγίσεων λήψης αποφάσεων από μία εκτεταμένη προοπτική αειφορίας.

«Optimal Siting of Charging Stations for Electric Vehicles Based on Fuzzy Delphi and Hybrid Multi-Criteria Decision Making Approaches from an Extended Sustainability Perspective» [48].

Η βέλτιστη τοποθεσία των σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (EVCS) είναι ζωτικής σημασίας για τη βιώσιμη ανάπτυξη συστημάτων ηλεκτρικών οχημάτων. Λαμβάνοντας υπόψη τα ελαττώματα προηγούμενων μοντέλων ευρετικής βελτιστοποίησης στην αντιμετώπιση υποκειμενικών παραγόντων, αυτό το έγγραφο χρησιμοποιεί ένα πλαίσιο λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων (MCDM) για την αντιμετώπιση του ζητήματος της τοποθέτησης EVCS. Τα αρχικά κριτήρια για τη βέλτιστη θέση EVCS επιλέγονται από την εκτεταμένη θεωρία βιωσιμότητας και τα υποκριτήρια προσδιορίζονται περαιτέρω χρησιμοποιώντας την μέθοδο fuzzy Delphi (FDM), η οποία αποτελείται από τέσσερις πυλώνες: οικονομία, κοινωνία, περιβάλλον και τεχνολογία [48].



Evaluation index system for optimal siting of charging stations for electric vehicles.

#### Εικόνα 2-1 15

Για να ανεχτούμε την ασάφεια των υποκειμενικών παραγόντων και της ανθρώπινης κρίσης, χρησιμοποιείται η μέθοδος (GRA)-VIKOR για τον προσδιορισμό της βέλτιστης θέσης EVCS, η οποία βελτιώνει επίσης τη συμβατική συνάρτηση συγκέντρωσης της ασαφούς Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR). Επιπλέον, για την ενσωμάτωση των υποκειμενικών απόψεων καθώς και των αντικειμενικών πληροφοριών, οι αξιολογήσεις των ειδικών και η μέθοδος εντροπίας Shannon χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των βαρών. Στη συνέχεια, η δυνατότητα εφαρμογής του προτεινόμενου πλαισίου καταδεικνύεται από μια εμπειρική μελέτη πέντε εναλλακτικών θέσεων EVCS στο Tianjin. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το A3 επιλέγεται ως η βέλτιστη τοποθεσία για EVCS και τα υποκριτήρια που σχετίζονται με το περιβάλλον λαμβάνουν πολύ μεγαλύτερη προσοχή από αυτά άλλων υποκριτηρίων. Επιπλέον, η ανάλυση ευαισθησίας δείχνει ότι τα αποτελέσματα επιλογής παραμένουν σταθερά ανεξάρτητα από το πώς αλλάζουν τα βάρη των υποκριτηρίων, γεγονός που επαληθεύει την ευρωστία και την αποτελεσματικότητα του προτεινόμενου μοντέλου και των αποτελεσμάτων αξιολόγησης. Αυτή η μελέτη παρέχει μια ολοκληρωμένη και αποτελεσματική μέθοδο για τη βέλτιστη τοποθέτηση του EVCS και επίσης καινοτομεί τον προσδιορισμό βαρών και τον υπολογισμό της απόστασης για το συμβατικό ασαφές VIKOR [48].

## ***5.6 Ένα πλαίσιο απόφασης για την επιλογή τοποθεσίας***

***σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων για οικιστικές***

***κοινότητες κάτω από ένα διαισθητικό ασαφές περιβάλλον:***

***Μια περίπτωση του Πεκίνου***

«A Decision Framework for Electric Vehicle Charging Station Site Selection for Residential Communities under an Intuitionistic Fuzzy Environment: A Case of Beijing» [49].

Η επιλογή τοποθεσίας σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (EVCS) κατέχει εξέχουσα θέση στην ανάπτυξη της ηλεκτρικής κοινότητας για την επίλυση του δύσκολου προβλήματος της φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (EV). Ωστόσο, δύο κρίσιμα ζητήματα δεν έχουν επιλυθεί από την υπάρχουσα έρευνα. Πρώτον, το εύρος της επιλογής τοποθεσίας EVCS λαμβάνει υπόψη μόνο ολόκληρη την πόλη, η οποία αποκλίνει από την πραγματική κατάσταση. Δεύτερον, η αβεβαιότητα και ο δισταγμός των πληροφοριών απόφασης δεν εκφράζονται καλά. Για να χειριστεί τα παραπάνω προβλήματα, αυτό το έγγραφο δημιουργεί ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο απόφασης επιλογής τοποθεσίας EVCS για οικιστικές κοινότητες (EVCSRC) με τριγωνικούς διαισθητικούς ασαφείς αριθμούς (TIFNs) [49].

Πρώτα απ' όλα, καθιερώνεται το διακριτικό σύστημα ευρετηρίου των παραγόντων επιλογής τοποθεσιών EVCSRC, συμπεριλαμβανομένων της οικονομίας, της κοινωνίας, του περιβάλλοντος, του σχεδιασμού και του χαρακτηριστικού πορτρέτου των οικιστικών κοινοτήτων. Στη συνέχεια, τα TIFNs χρησιμοποιούνται για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων (DMs) για να εκφράσουν τις απροσδιόριστες πληροφορίες. Επιπλέον, μια ασαφής προσέγγιση Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (Fuzzy-VIKOR) χρησιμοποιείται για την κατάταξη των εναλλακτικών θέσεων EVCSRC. Τέλος, μια περίπτωση του Πεκίνου μελετάται για να καταδειχθεί η εγκυρότητα του προτεινόμενου πλαισίου επιλογής τοποθεσίας. Το αποτέλεσμα δείχνει ότι η τοποθεσία EVCSRC που βρίσκεται στην κοινότητα Sijiqing στην περιοχή Haidian θα πρέπει να επιλεγεί ως η βέλτιστη τοποθεσία. Αυτό το έγγραφο παρουσιάζει ένα εφικτό και εύχρηστο πλαίσιο λήψης αποφάσεων για τους επενδυτές [49].



# 6

## *Μοντελοποίηση του προβλήματος*

### *6.1 Προσδιορισμός του Προβλήματος Απόφασης*

Σε ό,τι αφορά την χρηματοοικονομική ανάλυση της υλοποίησης του προτεινόμενου Σχεδίου Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων, αναπτύσσονται από τους δήμους τρία σενάρια υλοποίησης του σχεδίου:

- ✓ **Σενάριο Α:** Προμήθεια / εγκατάσταση και εκμετάλλευση των σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων από το Δήμο.
- ✓ **Σενάριο Β:** Προμήθεια & εγκατάσταση των σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων από τον Δήμο και εκμετάλλευση αυτών (λειτουργία & συντήρηση) από ιδιώτη με παροχή μισθώματος στο Δήμο.
- ✓ **Σενάριο Γ:** Προμήθεια & εγκατάσταση των σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων από Ιδιώτη επενδυτή και εκμετάλλευση αυτών (λειτουργία & συντήρηση) από τον ίδιο μέσω σύμβασης σύμπραξης (ΣΔΙΤ) και παροχής αντιτίμου παραχώρησης.

Η χρηματοδότηση αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα ανάπτυξής τους, καθώς η υλοποίησή τους απαιτεί σημαντικό κεφάλαιο.

Η εταιρεία (επενδυτής), ενδιαφέρεται να επενδύσει στην κατασκευή και στην ολοκληρωμένη διαχείριση ενός έργου σταθμών φόρτισης οχημάτων στον Ελλαδικό χώρο σύμφωνα με το **Σενάριο Γ**.

Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, επιχειρείται η **Μοντελοποίηση του προβλήματος** που καλείται να αντιμετωπίσει ο παραπάνω υποψήφιος επενδυτής όσον αφορά την επιλογή του καταλληλότερου Δήμου για την υλοποίηση της επένδυσης, ανάμεσα σε δέκα, για τους οποίους έχουμε διαθέσιμα τα Σ.Φ.Η.Ο.

**Στόχος είναι** να επιλεγεί ο καταλληλότερος Δήμος, ώστε ο επενδυτής που επιλέχθηκε να συμμετάσχει στην έρευνα, να αντιληφθεί βάσει επιστημονικής ανάλυσης τον Δήμο που πρέπει να επιλέξει για να υλοποιήσει την επένδυσή του.

**Σε αυτό το σημείο θα γίνει ο προσδιορισμός δυο βασικών ζητημάτων:**

- ✓ Ο αυστηρός ορισμός του συνόλου Α των δράσεων και
- ✓ Ο καθορισμός μιας προβληματικής.

**Το αντικείμενο της απόφασης** αναλύεται σε ένα σύνολο δράσεων (actions) στο οποίο δίνουμε το όνομα ‘Σύνολο Α’. **Ως σύνολο δράσεων ορίζονται** δέκα Δήμοι, ένας εκ των οποίων θα αξιολογηθεί ως καταλληλότερος για την επένδυση. Για το πρόβλημα αυτό μπορούμε να επιλέξουμε μία από τις παρακάτω δύο προβληματικές:

- **Προβληματική α (επιλογή, choice)**, η οποία περιγράφει την επιλογή μιας εκ των εναλλακτικών δράσεων του συνόλου Α που κρίνεται βέλτιστη για τον αποφασίζοντα.
- **Προβληματική γ (κατάταξη, ranking)**: η οποία αναφέρεται στην κατάταξη των εναλλακτικών δραστηριοτήτων από τις καλύτερες προς τις χειρότερες.

**Ο καθορισμός μιας προβληματικής** πάνω στο σύνολο Α αποσκοπεί στο να δώσει επιχειρησιακό ρόλο στο έργο μας. Μια προβληματική σχετίζεται άμεσα με ερωτήματα όπως "πώς θα διαχειριστούμε τις δράσεις;" ή γενικότερα "τι θέλουμε να επιτύχουμε;" [43][44]. Συνεπώς, για το πρόβλημα αυτό θα υιοθετηθεί η **Προβληματική γ (κατάταξη, ranking)**.

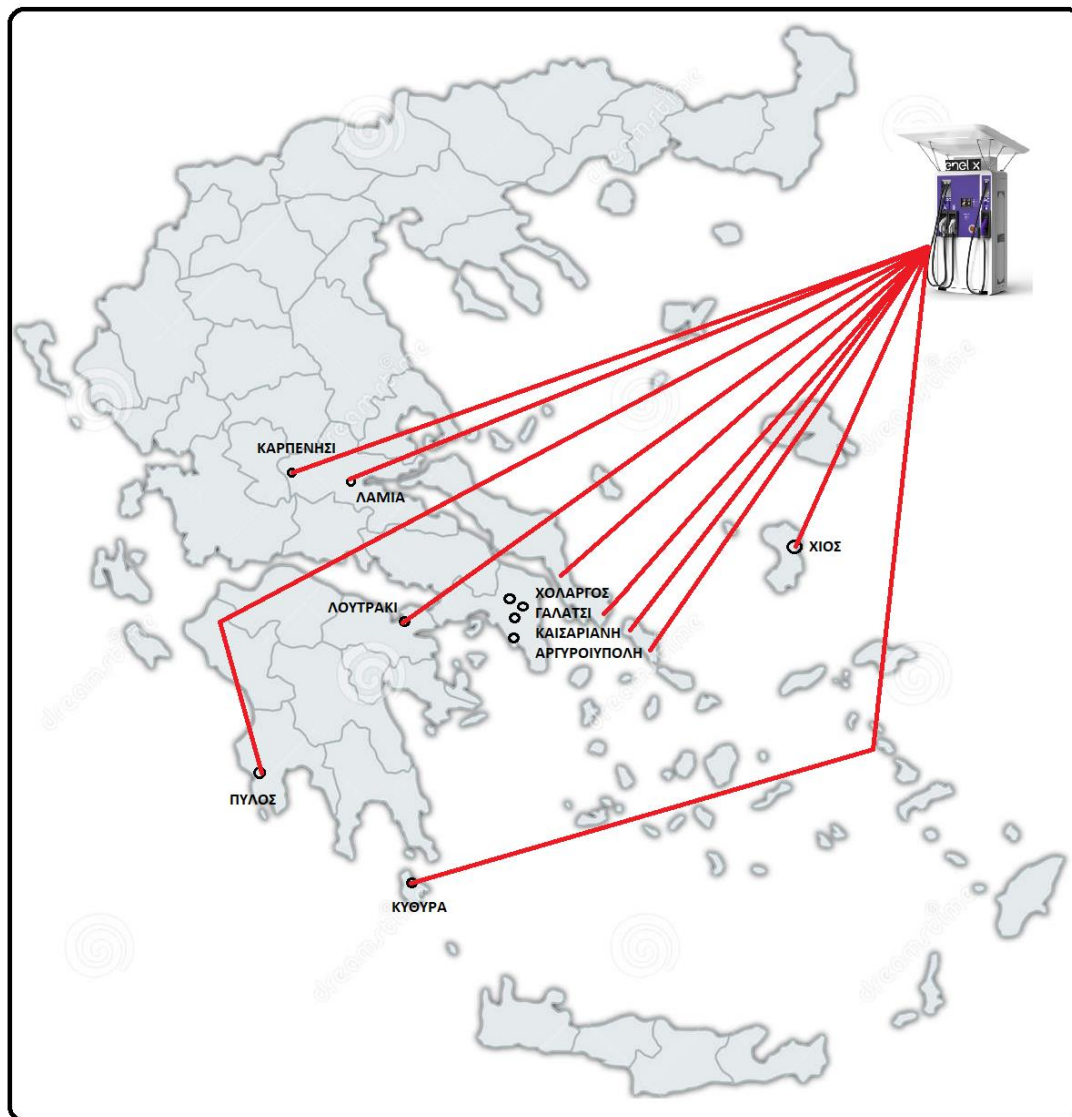
Στην συνέχεια ορίζουμε τα λοιπά στοιχεία του προβλήματος. **Αποφασίζων** θα είναι η εταιρεία (Επενδυτής), **Αναλυτές** εμείς, **Ενδιαφερόμενα Μέρη** θα είναι η Φοιτητική κοινότητα, Μηχανικοί, Πολιτεία, η **Υποστήριξη Αποφάσεων** θα γίνει με Χρήση πολυκριτηρίων μεθόδων υποστήριξης αποφάσεων από τους αναλυτές - συμβούλους μηχανικούς.

## 6.2 Εναλλακτικές

Όπως σημειώσαμε και προηγουμένως, δέκα είναι οι Δήμοι οι οποίοι αποτελούν τις εναλλακτικές του προβλήματος απόφασης: **Ελληνικού-Αργυρούπολης, Γαλασίου,**

**Καισαριανής, Παπάγου-Χολαργού, Λουτρακίου-Περαχώρας-Αγ. Θεοδώρων, Λαμίας, Καρπενησίου, Πύλου-Νέστορος, Κυθήρων και Χίου,** σύμφωνα με την εικόνα 2-1 16.

Για όλους τους παραπάνω δήμους διαθέτουμε τα παραδοτέα Σ.Φ.Η.Ο. από τα οποία μπορούμε να αντλήσουμε σημαντικές πληροφορίες για την ερευνά μας.

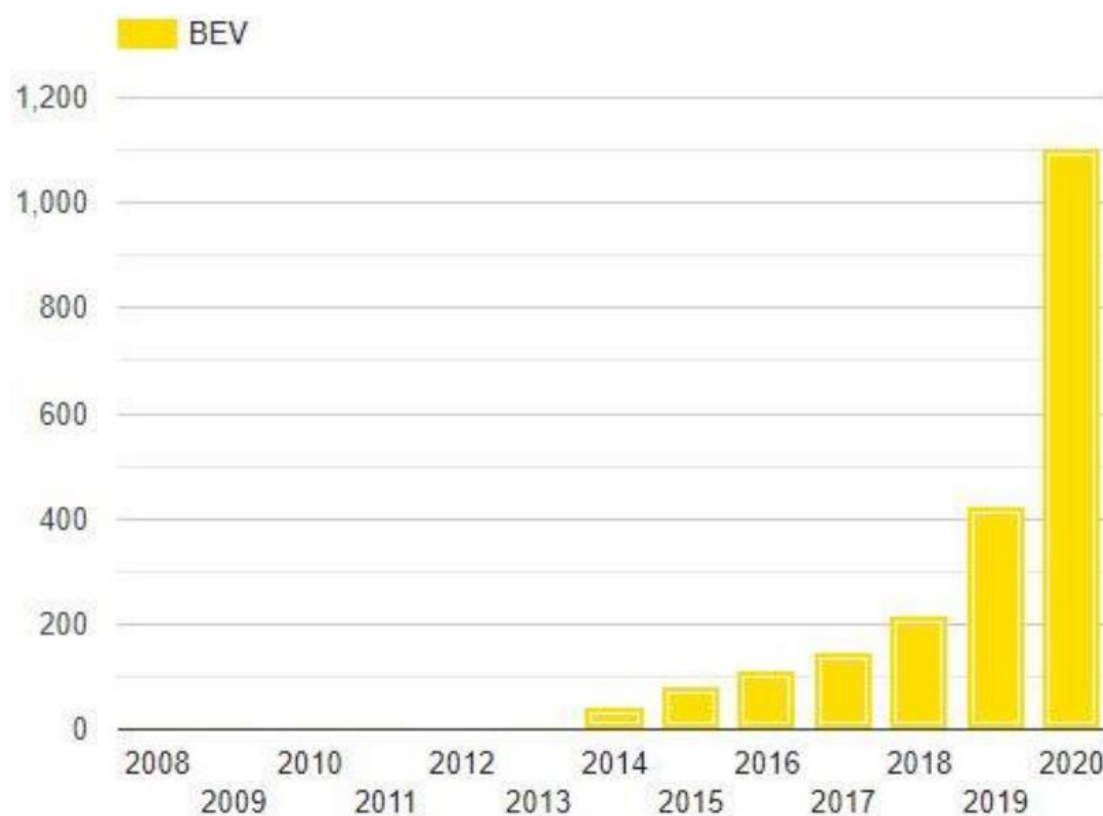


**Εικόνα 2-1 16 Υποψήφιοι Δήμοι για την εγκ/ση σταθμών φόρτισης Η/Ο**

Στην Ελλάδα σήμερα, σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή, κυκλοφορούν 5.458.616 επιβατικά Ι.Χ. οχήματα, εκ των οποίων τα 3.025.085 εντοπίζονται στην Αττική. Ο αριθμός αυτός αντιστοιχεί σε 485 οχήματα ανά 1.000 κατοίκους (μόνιμοι κάτοικοι απογραφής 2011) σε όλη τη χώρα. Ο συνολικός στόλος οχημάτων στους ελληνικούς δρόμους, παρουσίασε μείωση κατά την περίοδο της κρίσης (μείωση 2,1% την περίοδο 2010-2015), γεγονός που οφειλόταν και στη μεγάλη μείωση της αγοράς του αυτοκινήτου (συνολική μείωση 46% την περίοδο 2010-2015).

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ανάκαμψη στην αγορά του αυτοκινήτου, καθώς οι πωλήσεις ξεπέρασαν τις 100.000 το 2018, γεγονός που είχε να συμβεί από το 2008, ενώ η ίδια ανοδική πορεία διατηρήθηκε τα έτη 2019 και 2020.

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Εναλλακτικών Καυσίμων (European Alternative Fuels Observatory – eafo.eu), στην Ελλάδα το 2020 υπήρχαν συνολικά 1104 ηλεκτρικά οχήματα, σημειώνοντας αύξηση 159% (426 το 2019). Το 2020 πουλήθηκαν συνολικά 679 αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα, ενώ ο αντίστοιχος αριθμός το 2019 ήταν 190.

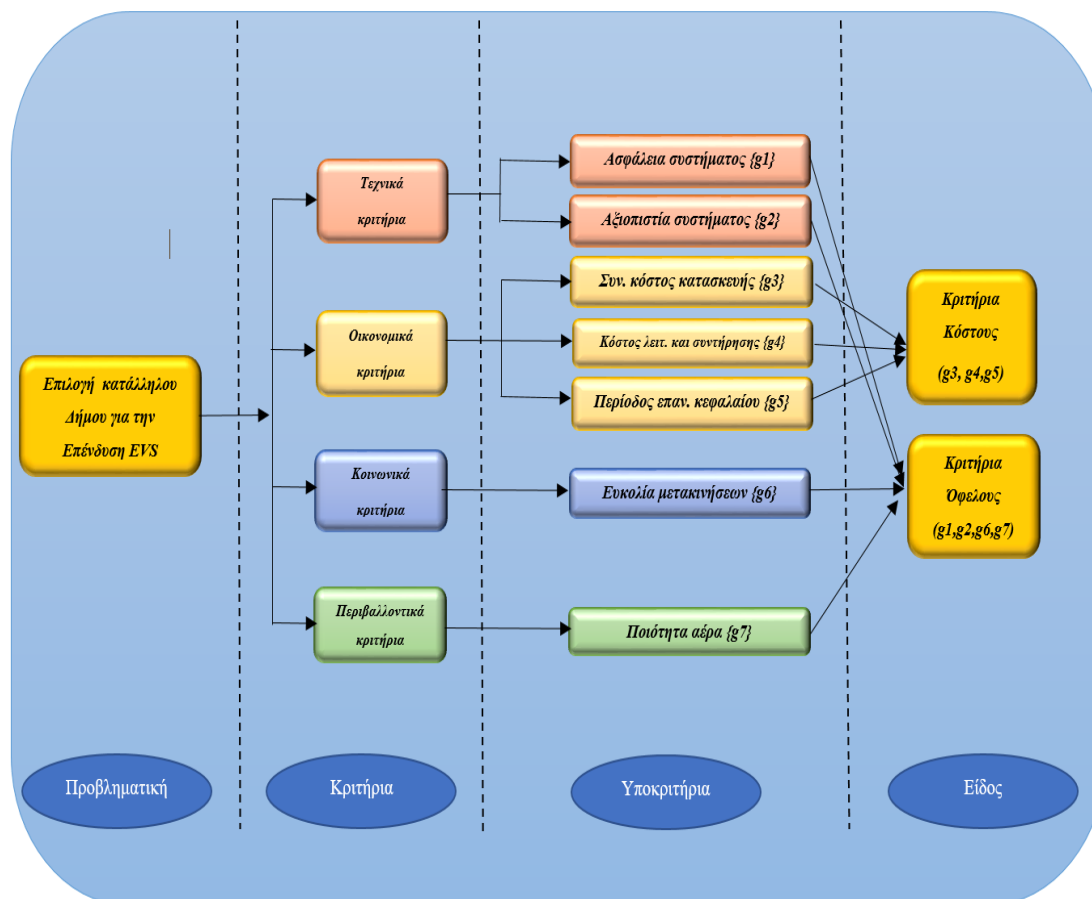


Εικόνα 2-1 17 Αριθμός Ηλεκτρικών Οχημάτων στην Ελλάδα (Πηγή: eafo.eu)

### 6.3 Κριτήρια

Στο σύστημα αξιολόγησης των κριτηρίων πρέπει να συμπεριλαμβάνονται όλες οι πιθανές επιπτώσεις και απαιτήσεις που αναμένεται να αντιμετωπίσει ή να κληθεί να ικανοποιήσει ο υποψήφιος επενδυτής αφότου επιλέξει το είδος της επένδυσης.

Εμείς σε ρόλο αναλυτή καλούμαστε να επιλύσουμε ένα μαθηματικοποιημένο πρόβλημα το οποίο θα μας δώσει τη βέλτιστη για τον επενδυτή δράση. Αυτή η ποσοτικοποιημένη ανάλυση θα είναι βασισμένη στις προτιμήσεις και τα όρια που θέτει ο αποφασίζων. Η όλη μοντελοποίηση του συστήματος αξιολόγησης, όπως προέκυψε κατόπιν διαλόγου με τον αποφασίζοντα, παρουσιάζεται στην Εικόνα 2-1 18.



Εικόνα 2-1 8 Κριτήρια και υποκριτήρια επιλογής υποψήφιου Δήμου

### 6.3.1 Τεχνικά κριτήρια

#### 6.3.1.1 Ασφάλεια συστήματος {g1}

Το κριτήριο αυτό αντικατοπτρίζει κατά πόσο η απόσταση από την θάλασσα μπορεί να επηρεάσει την διάρκεια ζωής της εγκατάστασης (καταστροφή λόγω αλατιού και υγρασίας). Για την ασφάλεια συστήματος, χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα από 1 έως 3 όπου μεγαλύτερη τιμή υποδηλώνει μεγαλύτερη απόσταση από την θάλασσα και άρα μεγαλύτερη ασφάλεια ως προς τους εξωτερικούς παράγοντες που επηρεάζουν την διάρκεια ζωής της εγκ/σης. Οι εγκαταστάσεις πολύ κοντά στην θάλασσα θα πάρουν χαμηλότερη βαθμολογία σε σχέση με τις εγκαταστάσεις που βρίσκονται μακριά από αυτήν. Για τον λόγο αυτόν έγινε η θεώρηση ότι οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται 1-2km κατά μέσον όρο απόσταση από την θάλασσα θα πάρουν την βαθμολογία 1, οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται 2-4km κατά μέσον όρο από την θάλασσα θα πάρουν την βαθμολογία 2 και οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται πάνω από 4km κατά μέσον όρο θα πάρουν την βαθμολογία 3. **Μετά από έλεγχο των θέσεων και της**

**απόστασής τους από την θάλασσα μέσω google maps, έγινε η απόδοση των τιμών του πίνακα.**

Πίνακας βαθμονόμησης {g1}

	Κλίμακα 1-3		Συμβατότητα	
	3		πάρα πολύ καλή	
	2		πολύ καλή	
	1		καλή	

Απόδοση τιμών κριτηρίου {g1}										
Εναλλακτικές	a. Ελληνικού- Αργυρούπολης	b. Γαλασίου	c. Καισαριανής	d. Παπάγου- Χολαργού	e. Λουτρακίου- Περσχωράς- Αγ. Θεοδώρων	f. Λαμιέων	g. Καρπενησίου	h. Πύλου- Νέστορος	i. Κυθήρων	j. Χίου
Βαθμολογία κριτηρίου	3	3	3	3	2	3	3	2	1	1

### 6.3.1.2 Αξιοπιστία Συστήματος {g2}

Το κριτήριο αυτό αντικατοπτρίζει την δυνατότητα αξιόπιστης φόρτισης δίχως ανεπιθύμητες διακοπές ή διαταραχές από το δίκτυο οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στην εγκατάσταση και τα Η/Ο. Για την αξιοπιστία συστήματος χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα από 1 έως 2. Μεγαλύτερη τιμή στη κλίμακα συνεπάγεται και πιο αξιόπιστη φόρτιση. Οι εγκαταστάσεις των νησιών θα λάβουν χαμηλότερη βαθμολογία σε σχέση με τις εγκαταστάσεις της υπόλοιπης Ελλάδας λόγω των πολύ συχνών διακοπών και διαταραχών που παρατηρείται στο δίκτυο. Για τον λόγο αυτόν έγινε η θεώρηση ότι οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε νησιά θα πάρουν την βαθμολογία 1, ενώ οι λοιπές εγκαταστάσεις θα πάρουν την βαθμολογία 2.

Πίνακας βαθμονόμησης {g2}

	Κλίμακα 1-2		Συμβατότητα	
	2		πολύ καλή	
	1		καλή	

Απόδοση τιμών κριτηρίου {g2}										
Εναλλακτικές	a. Ελληνικού-Αργυρούπολης	b. Γαλατσίου	c. Καισαριανής	d. Παπάγου-Χολαργού	e. Λουτρακίου-Περαχώρας-Αγ. Θεοδώρων	f. Λαμιέων	g. Καρπενησίου	h. Πύλου-Νέστορος	i. Κυθήρων	j. Χίου
Βαθμολογία κριτηρίου	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1

### 6.3.2 Οικονομικά

#### 6.3.2.1 Συνολικό κόστος κατασκευής {g3}

Το κριτήριο αυτό περιλαμβάνει το κόστος μίσθωσης ή απόκτησης γης, το κόστος έρευνας και σχεδιασμού, το κόστος κατασκευής υποδομής, το κόστος αγοράς εξοπλισμού και εργαλείων, το κόστος διαχείρισης και παραγωγής κατασκευής και το κόστος κεφαλαίου του έργου. Για το συνολικό κόστος κατασκευής χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα από 1 έως 3. Μεγαλύτερη τιμή στη κλίμακα συνεπάγεται και υψηλότερο κόστος. **Μετά από έρευνα – αναζήτηση σε μεγάλλα site αγγελιών στην Ελλάδα όπως η Χρυσή Ευκαιρία, ο Spítogatos κλπ. την 31/08/2022**, το κόστος μίσθωσης ή απόκτησης γης στα Νότια και τα Βόρεια προάστια της Αττικής είναι ακριβότερο σε σχέση με τα δυτικά και τα ανατολικά προάστια αλλά και σε σχέση με την νησιωτική Ελλάδα, την Λαμία, το Καρπενήσι, την Πύλο και το Λουτράκι . Τα υπόλοιπα κόστη λίγο πολύ είναι όμοια μεταξύ τους για όλους τους δήμους. Για τον λόγο αυτόν έγινε η θεώρηση ότι οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε νησιά θα πάρουν την βαθμολογία 1, οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται στα βόρεια και νότια προάστια θα πάρουν την βαθμολογία 3 και οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται στους λοιπούς δήμους την βαθμολογία 1 ή 2.

Πίνακας βαθμονόμησης {g3}

Κλίμακα 1-3	Συμβατότητα
3	υψηλό κόστος
2	μέτριο κόστος
1	χαμηλό κόστος

Απόδοση τιμών κριτηρίου {g3}										
Εναλλακτικές	a. Ελληνικού-Αργυρούπολης	b. Γαλατσίου	c. Καισαριανής	d. Παπάγου-Χολαργού	e. Λουτρακίου-Περαχώρας-Αγ. Θεοδώρων	f. Λαμιέων	g. Καρπενησίου	h. Πύλου-Νέστορος	i. Κυθήρων	j. Χίου
Βαθμολογία κριτηρίου	3	2	2	3	2	1	1	2	1	1

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

### 6.3.2.2 Κόστος λειτουργίας και συντήρησης {g4}

Το κριτήριο αυτό περιλαμβάνει το κόστος της λειτουργίας και συντήρησης. Για το κόστος λειτουργίας και συντήρησης χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα από 1 έως 3. Μεγαλύτερη τιμή στη κλίμακα συνεπάγεται και υψηλότερο κόστος. **Σύμφωνα με έρευνα που έγινε, διαπιστώνεται έλλειψη εξειδικευμένου τεχνικού προσωπικού στην Ελλάδα όπως αναφέρει το άρθρο της <https://www.ot.gr/2022/07/31/oikonomia/sos-aro-epta-paragogikous-tomeis-gia-elleipsi-prosopikou/> της 31/07/2022 από τον Κώστα Παππαδή.** Ειδικά, στην νησιωτική Ελλάδα και γενικότερα στην επαρχία δεν υπάρχει εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό, με αποτέλεσμα τα κόστη συντήρησης για τους δήμους εκτός Αττικής να είναι μεγαλύτερα, καθώς κάθε φορά που πάρχει βλάβη αναγκαστικά θα πρέπει να πηγαίνει τεχνικός από Αττική. Για τον λόγο αυτόν έγινε η θεώρηση ότι οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε νησιά θα πάρουν την βαθμολογία 3, οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται στην Αττική θα πάρουν την βαθμολογία 1 και οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται στους λοιπούς δήμους την βαθμολογία 1 και 2.

Πίνακας βαθμονόμησης {g4}

	Κλίμακα 1-3		Συμβατότητα	
	3		υψηλό κόστος	
	2		μέτριο κόστος	
	1		χαμηλό κόστος	

Απόδοση τιμών κριτηρίου {g4}										
Εναλλακτικές	a. Ελληνικού- Αργυρούπολης	b. Γαλασιού	c. Καισαριανής	d. Παπάγου- Χολαργού	e. Λουτρακίου- Περαχώρας- Αγ. Θεοδώρων	f. Λαμιέων	g. Καρπενησίου	h. Πύλου- Νέστορος	i. Κυθήρων	j. Χίου
Βαθμολογία κριτηρίου	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3

### 6.3.2.3 Περίοδος επανάκτησης κεφαλαίου {g5}

Το κριτήριο αυτό περιλαμβάνει την περίοδο επανάκτησης κεφαλαίου. Για τη μείωση των επενδυτικών κινδύνων, όσο μικρότερη είναι η περίοδος απόσβεσης του έργου, τόσο το καλύτερο. Μεγαλύτερη τιμή στη κλίμακα συνεπάγεται και μεγαλύτερη περίοδος απόσβεσης. Βλέπουμε ότι θα έχουμε μικρότερη περίοδο απόσβεσης στους δήμους της Αττικής λόγω



μεγάλυτερης χρήσης. Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική αρχή περισσότερα αυτοκίνητα έχουν καταγραφεί να κινούνται στην Αττική, λιγότερα στην επαρχία και πολύ λιγότερα στα νησιά Κύθηρα και Χίος. Για τον λόγο αυτόν έγινε η θεώρηση ότι οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε νησιά θα πάρουν την βαθμολογία 3, οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται στην Αττική θα πάρουν την βαθμολογία 1 και οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται στους λοιπούς δήμους την βαθμολογία 3 ή 2.

Πίνακας βαθμονόμησης {g5}

Κλίμακα 1-3	Συμβατότητα
3	Μεγάλη
2	Μέτρια
1	Μικρή

#### Απόδοση τιμών κριτηρίου {g5}

Εναλλακτικές	a. Ελληνικού-Αργυρούπολης	b. Γαλατσίου	c. Καισαριανής	d. Παπάγου-Χολαργού	e. Λουτρακίου-Περαιχώρας-Αγ. Θεοδώρων	f. Λαμιέων	g. Καρπενησίου	h. Πύλου-Νέστορος	i. Κυθήρων	j. Χίου
Βαθμολογία κριτηρίου	1	1	1	1	2	3	3	2	3	3

### 6.3.3 Κοινωνικά

#### 6.3.3.1 Ευκολία μετακινήσεων {g6}

Ένα από τα πιο σημαντικά κριτήρια για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης είναι η τοποθεσία να είναι εύκολα προσβάσιμη και όσο το δυνατόν με χαμηλή κυκλοφοριακή συμφόρηση. Όσο πιο καλή είναι η θέση του σταθμού, τόσο περισσότερους πελάτες θα προσελκύσει. Μεγαλύτερη τιμή στη κλίμακα συνεπάγεται σε καλύτερη τοποθεσία. Στην επαρχία η κυκλοφοριακή συμφόρηση ακόμα και τους καλοκαιρινούς μήνες είναι σχεδόν ανύπαρκτη, αντίθετα με την Αττική όπου κυκλοφοριακή συμφόρηση μπορούμε να έχουμε ανα πάσα στιγμή. Για τον λόγο αυτόν έγινε η θεώρηση ότι οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε νησιά θα πάρουν την βαθμολογία 3, οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται στην Αττική θα πάρουν την βαθμολογία 1 και 2 και οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται στους λοιπούς δήμους την βαθμολογία 2 και 3.

### Πίνακας βαθμονόμησης {g6}

	Κλίμακα 1-3		Συμβατότητα	
	3		πολύ καλή	
	2		καλή	
	1		μέτρια	

### Απόδοση τιμών κριτηρίου {g6}

	a. Ελληνικού- Αργυρούπολης	b. Γαλατσίου	c. Καισαριανής	d. Παπάγου- Χολαργού	e. Λουτρακίου- Περαχώρας- Αγ. Θεοδώρων	f. Λαμιέων	g. Καρπενησίου	h. Πύλου- Νέστορος	i. Κυθήρων	j. Χίου
<b>Βαθμολογία κριτηρίου</b>	2	1	1	1	2	2	2	2	3	3

## 6.3.4 Περιβαλλοντικά

### 6.3.4.1 Ποιότητα αέρα {g7}

Η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ένα από τα πιο σημαντικά κίνητρα για την προώθηση της χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων. Μεγαλύτερη τιμή στη κλίμακα συνεπάγεται σε μεγαλύτερη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Στους δήμους της Αττικής η χρήση των Η/Ο θα επιφέρει μεγαλύτερη μείωση της ατμ. ρύπανσης, καθώς τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που θα κινηθούν στην Αττική θα είναι πολύ περισσότερα σε σχέση με αυτά της επαρχίας. Για τον λόγο αυτόν έγινε η θεώρηση ότι οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε νησιά θα πάρουν την βαθμολογία 1, οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται στην Αττική θα πάρουν την βαθμολογία 3 και οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται στους λοιπούς δήμους την βαθμολογία 2 και 3.

### Πίνακας βαθμονόμησης ποιότητας αέρα {g7}

	Κλίμακα 1-5		Συμβατότητα	
	3		πολύ μεγάλη	
	2		μεγάλη	
	1		μικρή	

Απόδοση τιμών κριτηρίου {g7}										
Εναλλακτικές	a. Ελληνικού- Αργυρούπολης	b. Γαλασίου	c. Καισαριανής	d. Παπάγου- Χολαργού	e. Λουτρακίου- Περαχώρας- Αγ. Θεοδώρων	f. Λαμιέων	g. Καρπενησίου	h. Πύλου- Νέστορος	i. Κυθήρων	j. Χίου
<b>Βαθμολογία κριτηρίου</b>	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1

## 6.4 Απόδοση τιμών κριτηρίων και βαρών

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, καλούμαστε σε ρόλο αναλυτή να επιλύσουμε ένα μαθηματικοποιημένο πρόβλημα το οποίο θα μας δώσει τη βέλτιστη για τον επενδυτή δράση. Αυτή η ποσοτικοποιημένη ανάλυση είναι βασισμένη στις προτιμήσεις και τα όρια που θέτει ο αποφασίζων και κατόπιν διαβούλευσης μαζί του, στο τέλος αποδόθηκαν οι κάτωθι τιμές κριτηρίων και βαρών για τις εναλλακτικές μας:

Απόδοση τιμών κριτηρίων και βαρών							
Εναλλακτικές	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7
a. Ελληνικού-Αργυρούπολης	3	2	3	1	1	2	3
b. Γαλασίου	3	2	2	1	1	1	3
c. Καισαριανής	3	2	2	1	1	1	3
d. Παπάγου-Χολαργού	3	2	3	1	1	1	3
e. Λουτρακίου-Περαχώρας-Αγ. Θεοδώρων	2	2	2	2	2	2	3
f. Λαμιέων	3	2	1	2	3	2	3
g. Καρπενησίου	3	2	1	2	3	2	2
h. Πύλου-Νέστορος	2	2	2	2	2	2	2
i. Κυθήρων	1	1	1	3	3	3	1
j. Χίου	1	1	1	3	3	3	1
<b>Βάρη (w)</b>	0,1304	0,1375	0,1517	0,1475	0,1666	0,1302	0,1361

Πίνακας 1. ποσοτικοποιημένης ανάλυσης

## 6.5 Επιλογή Μεθόδου

Θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο PROMETHEE η οποία ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων υπεροχής και προσαρμόζεται καλά σε προβλήματα, όπου ένας ορισμένος αριθμός

εναλλακτικών επιλογών πρέπει να τοποθετηθεί σε σειρά, λαμβάνοντας υπόψη πολλά και μερικές φορές αντικρουόμενα κριτήρια (Σίσκος, 2008) [45].

Οι μέθοδοι υπεροχής, η θεωρία των οποίων αναπτύχθηκε από τον Roy (1968, 1991, 1996), αναπτύσσουν ένα μεθοδολογικό πλαίσιο που επιτρέπει την πραγματοποίηση διμερών συγκρίσεων μεταξύ των εναλλακτικών. Οι PROMETHEE I και II χαρακτηρίζονται ως μέθοδοι διμερούς σύγκρισης των εναλλακτικών. Η σχέση υπεροχής συμβολίζεται με το γράμμα S και εκφράζουμε ότι μία δράση a είναι τουλάχιστον εξίσου καλή με τη b με την σχέση (όπου A το σύνολο δράσεων):

$$aSb, \forall (a,b) \in A$$

Η σχέση υπεροχής εμπεριέχει τη σχέση της ισχυρής προτίμησης (P), τη σχέση της ασθενούς προτίμησης (Q) και την σχέση αδιαφορίας (I). Ο ισχυρισμός αυτός εκφράζεται και με την παρακάτω σχέση:

$$S=P \cup Q \cup I$$

Για τις σχέσεις αυτές ισχύουν τα παρακάτω:

- «Η a προτιμάται από τη b»:  $aPb \Leftrightarrow aSb$  και  $bSa$
- «Η a είναι αδιάφορη της b»:  $aIb \Leftrightarrow aSb$  και  $bSa$
- «Η a δεν συγκρίνεται με τη b»:  $aRb \Leftrightarrow aSb$  και  $bSa$

Λέμε επίσης ότι η a κυριαρχεί b όταν η a έχει τουλάχιστον καλύτερες αξιολογήσεις από την b και ότι η a υπερέχει της b όταν η a έχει τουλάχιστον καλύτερες αξιολογήσεις από την b στην πλειοψηφία των κριτηρίων και στα κριτήρια που υπερέχει η b οι διαφορές είναι μικρές.

Οι μέθοδοι PROMETHEE I και II θεωρούνται αρκετά δημοφιλείς καθώς η διαδικασία για την επίλυση ενός πολυκριτηρίου προβλήματος μέσω αυτών, καθίσταται προσιτή ως προς την αντίληψη και την εφαρμογή.

Τρεις βασικές αρχές που ξεχωρίζουν τις μεθόδους PROMETHEE σε σχέση με άλλες της ίδιας κατηγορίας (ELECTRE) είναι:

α) επέκταση στην έννοια των κριτηρίων, (προτείνονται νέες συναρτήσεις κριτηρίων, όπως κριτήριο τελείως αυστηρό (αυστηρή προτίμηση), κριτήριο αυστηρό αλλά με περιοχή αδιαφορίας, κριτήριο με γραμμική προτίμηση κ.α.)

β) εκτιμώμενη σχέση υπεροχής (είναι λιγότερο ευαίσθητη σε μικρές τροποποιήσεις και κατά συνέπεια, είναι εύκολη η ερμηνεία της) και

γ) εκμετάλλευση της σχέσης υπεροχής (όταν οι εναλλακτικές λύσεις πρέπει να ταξινομηθούν από την καλύτερη προς τη χειρότερη).

Στις μεθόδους PROMETHEE δίνεται η δυνατότητα χρήσης «ψευδοκριτηρίων» μέσω της αξιοποίησης του κατωφλιού αδιαφορίας (q), προτίμησης (p) και μέσω του ενδιάμεσου κατωφλιού μεταξύ q και p (s). Τα κριτήρια αξιολόγησης ενός προβλήματος προτείνεται να μοντελοποιηθούν ως ψευδοκριτήρια, σε περιπτώσεις που δεν είμαστε σίγουροι για τις τιμές τους (πχ. αποτελέσματα δημοσκοπήσεων), με σκοπό τον περιορισμό των λανθασμένων συμπερασμάτων.

### **Η μέθοδος PROMETHEE περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:**

1. Υπολογισμός βαρών κριτηρίων. Για τον υπολογισμό των βαρών υπάρχουν οι εξής περιπτώσεις: i) είτε λαμβάνουμε τις τιμές έτοιμες από τον αποφασίζοντα ii) είτε θέτουμε όλα τα βάρη ίσα μεταξύ τους iii) είτε επιλέγουμε μια μέθοδο για υπολογισμό και απόδοση βαρύτητας στα κριτήρια. Για τα βάρη ισχύει πάντα ο περιορισμός (όπου  $w_j$  το βάρος του  $j$ -οστού κριτηρίου):

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

**Σχέση 1. 1**

2. Υπολογισμός συνάρτησης προτίμησης. Η PROMETHEE χρησιμοποιεί την έννοια του γενικευμένου κριτηρίου με σκοπό την μοντελοποίηση την αξία που αποδίδει ο αποφασίζοντας στο εύρος της διαφοράς  $g_j(a)-g_j(b)$ , στο κριτήριο  $j$  για το ζεύγος δράσεων (a,b). Αυτό γίνεται μέσω της συνάρτησης προτίμησης:

$$P_j(a,b)=F_j[d_j(a,b)] \quad \forall (a,b) \in A$$

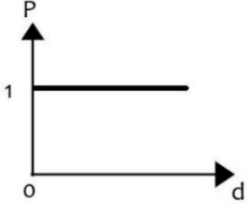
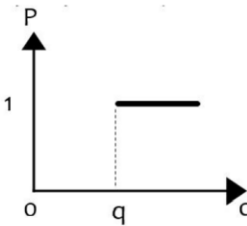
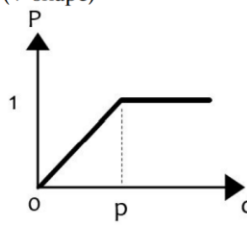
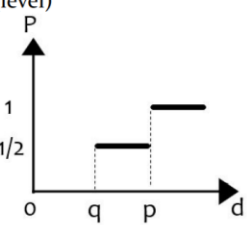
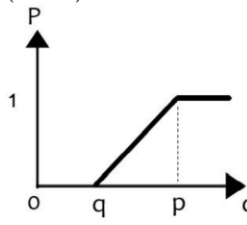
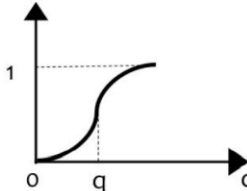
### Σχέση 1. 2

Όπου:

- $d_j(a,b)=g_j(a)-g_j(b)$
- $0 \leq P_j(a,b) \leq 1$
- $P_j(a,b)=0$ , όταν  $g_j(a)-g_j(b) \leq 0$

Στην περίπτωση όπου  $g_j(a)-g_j(b) > 0 \rightarrow$  επιλογή συνάρτησης.

Για τον σαφή καθορισμό της μορφής της συνάρτησης προτίμησης, χρησιμοποιούνται έξι γενικευμένα κριτήρια, τα οποία καλύπτουν στις περισσότερες πρακτικές περιπτώσεις τον τρόπο με τον οποίο εκφράζει τις προτιμήσεις του ο αποφασίζων.

Γενικευμένο Κριτήριο	Συνάρτηση Προτίμησης	Απαραίτητες παράμετροι
1. Κοινό κριτήριο (Usual)	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1, & d > 0 \end{cases}$	
2. Κριτήριο U-καμπύλης	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ 1, & d > q \end{cases}$	q
3. Κριτήριο V-καμπύλης (V-shape)	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ \frac{d}{p}, & 0 < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$	p
4. Κριτήριο επιπέδων (level)	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{1}{2}, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$	p, q
5. Κριτήριο V-καμπύλης με κατώφλι αδιαφορίας (Linear)	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q}, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$	p, q
6. Κριτήριο Gauss	 $P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}}, & d > 0 \end{cases}$	s

3. Υπολογισμός του πολυκριτηρίου δείκτη προτίμησης Ο δείκτης αυτός εκφράζει τον βαθμό ολικής προτίμησης της  $a$  έναντι της  $b$ . Για κάθε ζεύγος δράσεων  $(a,b)$  ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j P_j(a, b)$$

Σχέση 1. 3

Όπου:  $w_j$ : βάρος  $j$ -οστού κριτηρίου και

$P_j(a,b)$ : Αποτέλεσμα συνάρτησης προτίμησης για το  $j$ -οστό κριτήριο μεταξύ των δράσεων  $a, b$

4. Υπολογισμός ροών υπεροχής

Για  $n$  εναλλακτικές:

- **Θετική ροή (positive outranking flow)**. Ή αλλιώς η ροή εξόδου, δείχνει την υπεροχή της εναλλακτικής  $a$  ως προς όλες τις υπόλοιπες μέσω της παρακάτω σχέσης:

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x)$$

Σχέση 1. 4

- **Αρνητική ροή (negative outranking flow)**. Ή αλλιώς η ροή εισόδου, δείχνει την υπεροχή όλων των υπόλοιπων εναλλακτικών έναντι της  $a$  μέσω της παρακάτω σχέσης:

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a)$$

Σχέση 1. 5

- **Καθαρή ροή (net outranking flow)**. Αποτελεί ένα συνολικό μέγεθος αξιολόγησης της εναλλακτικής  $a$  έναντι όλων των υπολοίπων και εκφράζεται μέσω της παρακάτω σχέσης:

$$\varphi(a) = \varphi(a)^+ - \varphi(a)^-$$

Σχέση 1. 6

5. Κατάταξη

- Μερική κατάταξη των δράσεων μέσω PROMETHEE I
  - Πλήρης κατάταξη (Z1) ως προς τις θετικές ροές (όσο μεγαλύτερη τόσο πιο ψηλά στην κατάταξη)



- Πλήρης κατάταξη (Z2) ως προς τις αρνητικές ροές (όσο μικρότερη τόσο πιο ψηλά στην κατάταξη)
- Πλήρης κατάταξη των δράσεων μέσω PROMETHEE II
  - Πλήρης κατάταξη ( $Z=Z1 \cap Z2$ ) ως προς τις καθαρές ροές (όσο μεγαλύτερη τόσο πιο ψηλά στην κατάταξη)

## 6.6 Επίλυση του προβλήματος

Στην ποσοτικοποιημένη ανάλυση η οποία είναι βασισμένη στις προτιμήσεις και τα όρια που μας έχει θέσει ο αποφασίζων, κατόπιν διαβούλευσης μαζί του, δίνονται:

- ✓ Δέκα εναλλακτικές (a,b,c,d,e,f,g,h,i,j).
- ✓ Επτά κριτήρια αξιολόγησης (g1,g2,g3,g4,g5,g6,g7), από τα οποία τα τρία (g3,g4,g5) είναι **κόστους** και επιδιώκουμε την **ελαχιστοποίηση** και τα υπόλοιπα τέσσερα (g1,g2,g6,g7) είναι **οφέλους** και επιδιώκουμε την **μεγιστοποίηση**.

Για τα κριτήρια κόστους, ο πιο εύκολος τρόπος να τα αξιοποιήσουμε με την μέθοδο PROMETHEE είναι να τα μετατρέψουμε σε αρνητικές τιμές:

**Πίνακας 2. Ποσοτικοποιημένης ανάλυσης με αρνητικές τιμές τα κριτήρια κόστους**

Απόδοση τιμών κριτηρίων και βαρών							
Εναλλακτικές	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7
a. Ελληνικού-Αργυρούπολης	3	2	-3	-1	-1	2	3
b. Γαλασίου	3	2	-2	-1	-1	1	3
c. Καισαριανής	3	2	-2	-1	-1	1	3
d. Παπάγου-Χολαργού	3	2	-3	-1	-1	1	3
e. Λουτρακίου-Περαχώρας-Αγ. Θεοδώρων	2	2	-2	-2	-2	2	3
f. Λαμίων	3	2	-1	-2	-3	2	3
g. Καρπενησίου	3	2	-1	-2	-3	2	2
h. Πύλου-Νέστορος	2	2	-2	-2	-2	2	2
i. Κυθήρων	1	1	-1	-3	-3	3	1
j. Χίου	1	1	-1	-3	-3	3	1

Στην συνέχεια ακολουθεί πίνακας με τις **προτιμήσεις κριτηρίων**. Τα πιο σημαντικά κριτήρια είναι τα κριτήρια g3 (συνολικό κόστος κατασκευής), g4 (κόστος λειτουργίας και συντήρησης) και g5 (περίοδος επανάκτησης κεφαλαίου) διότι έχουν τον μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας σε σχέση με τα βάρη των άλλων κριτηρίων. Από την άλλη το λιγότερο σημαντικό κριτήριο για τον αποφασίζων είναι το g6 (ευκολία μετακινήσεων).

**Πίνακας 3. Προτιμήσεις κριτηρίων**

Κριτήρια	Προτιμήσεις κριτηρίων			
	Βάρη (w)	Συνάρτηση προτίμησης	Κατώφλι αδιαφορίας (q)	Κατώφλι προτίμησης (p)
g1	0,1304	USUAL	-	-
g2	0,1375	USUAL	-	-
g3	0,1517	USUAL	-	-
g4	0,1475	USUAL	-	-
g5	0,1666	LINEAR	0.5	1
g6	0,1302	USUAL	-	-
g7	0,1361	USUAL	-	-

Για τις συναρτήσεις LINEAR έχουμε κατώφλι αδιαφορίας και προτίμησης σύμφωνα με τον αποφασίζων. Για τις συναρτήσεις USUAL δεν χρειάζεται κατώφλι γιατί οποιαδήποτε απόκλιση μεγαλύτερη του μηδενός μεταξύ ενός ζεύγους  $\alpha$  και  $\beta$  κάνει την  $\alpha$  ισχυρά προτιμότερη από την  $\beta$  άρα παίρνει την τιμή 1.

Στον πίνακα 4. υπολογίζουμε τις αποστάσεις μεταξύ των εναλλακτικών για όλα τα κριτήρια, όπως θα δούμε και στην συνέχεια.

**Πίνακας 4. Αποστάσεις**

Αποστάσεις	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7
d (a,b)	0	0	0	0	0	1	0
d (a,c)	0	0	0	0	0	1	0
d (a,d)	0	0	0	0	0	1	0
d (a,e)	1	0	0	1	1	0	0
d (a,f)	0	0	0	1	1	0	0
d (a,g)	0	0	0	1	1	0	1
d (a,h)	1	0	0	1	1	0	1
d (a,i)	1	1	0	1	1	0	1
d (a,j)	1	1	0	1	1	0	1
d (b,a)	0	0	1	0	0	0	0
d (b,c)	0	0	0	0	0	0	0
d (b,d)	0	0	1	0	0	0	0
d (b,e)	1	0	0	1	1	0	0
d (b,f)	0	0	0	1	1	0	0
d (b,g)	0	0	0	1	1	0	1
d (b,h)	1	0	0	1	1	0	1
d (b,i)	1	1	0	1	1	0	1
d (b,j)	1	1	0	1	1	0	1
d (c,a)	0	0	1	0	0	0	0

d (c,b)	0	0	0	0	0	0	0
d (c,d)	0	0	1	0	0	0	0
d (c,e)	1	0	0	1	1	0	0
d (c,f)	0	0	0	1	1	0	0
d (c,g)	0	0	0	1	1	0	1
d (c,h)	1	0	0	1	1	0	1
d (c,i)	1	1	0	1	1	0	1
d (c,j)	1	1	0	1	1	0	1
d (d,a)	0	0	0	0	0	0	0
d (d,b)	0	0	0	0	0	0	0
d (d,c)	0	0	0	0	0	0	0
d (d,e)	1	0	0	1	1	0	0
d (d,f)	0	0	0	1	1	0	0
d (d,g)	0	0	0	1	1	0	1
d (d,h)	1	0	0	1	1	0	1
d (d,i)	1	1	0	1	1	0	1
d (d,j)	1	1	0	1	1	0	1
d (e,a)	0	0	1	0	0	0	0
d (e,b)	0	0	0	0	0	1	0
d (e,c)	0	0	0	0	0	1	0
d (e,d)	0	0	1	0	0	1	0
d (e,f)	0	0	0	0	1	0	0
d (e,g)	0	0	0	0	1	0	1
d (e,h)	0	0	0	0	0	0	1
d (e,i)	1	1	0	1	1	0	1
d (e,j)	1	1	0	1	1	0	1
d (f,a)	0	0	1	0	0	0	0
d (f,b)	0	0	1	0	0	1	0
d (f,c)	0	0	1	0	0	1	0
d (f,d)	0	0	1	0	0	1	0
d (f,e)	1	0	1	0	0	0	0
d (f,g)	0	0	0	0	0	0	1
d (f,h)	1	0	1	0	0	0	1
d (f,i)	1	1	0	1	0	0	1
d (f,j)	1	1	0	1	0	0	1
d (g,a)	0	0	1	0	0	0	0
d (g,b)	0	0	1	0	0	1	0
d (g,c)	0	0	1	0	0	1	0
d (g,d)	0	0	1	0	0	1	0
d (g,e)	1	0	1	0	0	0	0
d (g,f)	0	0	0	0	0	0	0

d (g,h)	1	0	1	0	0	0	0
d (g,i)	1	1	0	1	0	0	1
d (g,j)	1	1	0	1	0	0	1
d (h,a)	0	0	1	0	0	0	0
d (h,b)	0	0	0	0	0	1	0
d (h,c)	0	0	0	0	0	1	0
d (h,d)	0	0	1	0	0	1	0
d (h,e)	0	0	0	0	0	0	0
d (h,f)	0	0	0	0	1	0	0
d (h,g)	0	0	0	0	1	0	0
d (h,i)	1	1	0	1	1	0	1
d (h,j)	1	1	0	1	1	0	1
d (i,a)	0	0	1	0	0	1	0
d (i,b)	0	0	1	0	0	1	0
d (i,c)	0	0	1	0	0	1	0
d (i,d)	0	0	1	0	0	1	0
d (i,e)	0	0	1	0	0	1	0
d (i,f)	0	0	0	0	0	1	0
d (i,g)	0	0	0	0	0	1	0
d (i,h)	0	0	1	0	0	1	0
d (i,j)	0	0	0	0	0	0	0
d (j,a)	0	0	1	0	0	1	0
d (j,b)	0	0	1	0	0	1	0
d (j,c)	0	0	1	0	0	1	0
d (j,d)	0	0	1	0	0	1	0
d (j,e)	0	0	1	0	0	1	0
d (j,f)	0	0	0	0	0	1	0
d (j,g)	0	0	0	0	0	1	0
d (j,h)	0	0	1	0	0	1	0
d (j,i)	0	0	0	0	0	0	0

Στην συνέχεια βάσει των συναρτήσεων προτίμησης που έχει επιλέξει ο αποφασίζων, συμπληρώνουμε τον πίνακα 5.

**Πίνακας 5. Συναρτήσεις προτίμησης**

Συναρτήσεις Προτίμησης	g1	g1	g3	g4	g5	g6	g7
P (a,b)	0	0	0	0	0	1	0
P (a,c)	0	0	0	0	0	1	0
P (a,P)	0	0	0	0	0	1	0
P (a,e)	1	0	0	1	1	0	0
P (a,f)	0	0	0	1	1	0	0

P (a,g)	0	0	0	1	1	0	1
P (a,h)	1	0	0	1	1	0	1
P (a,i)	1	1	0	1	1	0	1
P (a,j)	1	1	0	1	1	0	1
P (b,a)	0	0	1	0	0	0	0
P (b,c)	0	0	0	0	0	0	0
P (b,P)	0	0	1	0	0	0	0
P (b,e)	1	0	0	1	1	0	0
P (b,f)	0	0	0	1	1	0	0
P (b,g)	0	0	0	1	1	0	1
P (b,h)	1	0	0	1	1	0	1
P (b,i)	1	1	0	1	1	0	1
P (b,j)	1	1	0	1	1	0	1
P (c,a)	0	0	1	0	0	0	0
P (c,b)	0	0	0	0	0	0	0
P (c,P)	0	0	1	0	0	0	0
P (c,e)	1	0	0	1	1	0	0
P (c,f)	0	0	0	1	1	0	0
P (c,g)	0	0	0	1	1	0	1
P (c,h)	1	0	0	1	1	0	1
P (c,i)	1	1	0	1	1	0	1
P (c,j)	1	1	0	1	1	0	1
P (P,a)	0	0	0	0	0	0	0
P (P,b)	0	0	0	0	0	0	0
P (P,c)	0	0	0	0	0	0	0
P (P,e)	1	0	0	1	1	0	0
P (P,f)	0	0	0	1	1	0	0
P (P,g)	0	0	0	1	1	0	1
P (P,h)	1	0	0	1	1	0	1
P (P,i)	1	1	0	1	1	0	1
P (P,j)	1	1	0	1	1	0	1
P (e,a)	0	0	1	0	0	0	0
P (e,b)	0	0	0	0	0	1	0
P (e,c)	0	0	0	0	0	1	0
P (e,P)	0	0	1	0	0	1	0
P (e,f)	0	0	0	0	1	0	0
P (e,g)	0	0	0	0	1	0	1
P (e,h)	0	0	0	0	0	0	1
P (e,i)	1	1	0	1	1	0	1
P (e,j)	1	1	0	1	1	0	1
P (f,a)	0	0	1	0	0	0	0

P (f,b)	0	0	1	0	0	1	0
P (f,c)	0	0	1	0	0	1	0
P (f,P)	0	0	1	0	0	1	0
P (f,e)	1	0	1	0	0	0	0
P (f,g)	0	0	0	0	0	0	1
P (f,h)	1	0	1	0	0	0	1
P (f,i)	1	1	0	1	0	0	1
P (f,j)	1	1	0	1	0	0	1
P (g,a)	0	0	1	0	0	0	0
P (g,b)	0	0	1	0	0	1	0
P (g,c)	0	0	1	0	0	1	0
P (g,P)	0	0	1	0	0	1	0
P (g,e)	1	0	1	0	0	0	0
P (g,f)	0	0	0	0	0	0	0
P (g,h)	1	0	1	0	0	0	0
P (g,i)	1	1	0	1	0	0	1
P (g,j)	1	1	0	1	0	0	1
P (h,a)	0	0	1	0	0	0	0
P (h,b)	0	0	0	0	0	1	0
P (h,c)	0	0	0	0	0	1	0
P (h,P)	0	0	1	0	0	1	0
P (h,e)	0	0	0	0	0	0	0
P (h,f)	0	0	0	0	1	0	0
P (h,g)	0	0	0	0	1	0	0
P (h,i)	1	1	0	1	1	0	1
P (h,j)	1	1	0	1	1	0	1
P (i,a)	0	0	1	0	0	1	0
P (i,b)	0	0	1	0	0	1	0
P (i,c)	0	0	1	0	0	1	0
P (i,P)	0	0	1	0	0	1	0
P (i,e)	0	0	1	0	0	1	0
P (i,f)	0	0	0	0	0	1	0
P (i,g)	0	0	0	0	0	1	0
P (i,h)	0	0	1	0	0	1	0
P (i,j)	0	0	0	0	0	0	0
P (j,a)	0	0	1	0	0	1	0
P (j,b)	0	0	1	0	0	1	0
P (j,c)	0	0	1	0	0	1	0
P (j,P)	0	0	1	0	0	1	0
P (j,e)	0	0	1	0	0	1	0
P (j,f)	0	0	0	0	0	1	0

P (j,g)	0	0	0	0	0	1	0
P (j,h)	0	0	1	0	0	1	0
P (j,i)	0	0	0	0	0	0	0

Στον πίνακα 6. υπολογίζουμε τον Σταθμισμένο δείκτη προτίμησης και στον πίνακα 7. τις ροές υποεροχής και την κατάταξη.

**Πίνακας 6. Σταθμισμένος δείκτης προτίμησης**

W x P	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	Σταθμισμένος δείκτης προτίμησης $\pi(a,x)$ και $\pi(x,a)$
Wj x P (a,b)	0	0	0	0	0	0,1302	0	0,1302
Wj x P (a,c)	0	0	0	0	0	0,1302	0	0,1302
Wj x P (a,d)	0	0	0	0	0	0,1302	0	0,1302
Wj x P (a,e)	0,1304	0	0	0,1475	0,1666	0	0	0,4445
Wj x P (a,f)	0	0	0	0,1475	0,1666	0	0	0,3141
Wj x P (a,g)	0	0	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,4502
Wj x P (a,h)	0,1304	0	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,5806
Wj x P (a,i)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,7181
Wj x P (a,j)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,7181
Wj x P (b,a)	0	0	0,1517	0	0	0	0	0,1517
Wj x P (b,c)	0	0	0	0	0	0	0	0
Wj x P (b,d)	0	0	0,1517	0	0	0	0	0,1517
Wj x P (b,e)	0,1304	0	0	0,1475	0,1666	0	0	0,4445
Wj x P (b,f)	0	0	0	0,1475	0,1666	0	0	0,3141
Wj x P (b,g)	0	0	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,4502
Wj x P (b,h)	0,1304	0	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,5806
Wj x P (b,i)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,7181
Wj x P (b,j)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,7181
Wj x P (c,a)	0	0	0,1517	0	0	0	0	0,1517
Wj x P (c,b)	0	0	0	0	0	0	0	0
Wj x P (c,d)	0	0	0,1517	0	0	0	0	0,1517
Wj x P (c,e)	0,1304	0	0	0,1475	0,1666	0	0	0,4445
Wj x P (c,f)	0	0	0	0,1475	0,1666	0	0	0,3141
Wj x P (c,g)	0	0	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,4502
Wj x P (c,h)	0,1304	0	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,5806
Wj x P (c,i)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,7181
Wj x P (c,j)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,7181
Wj x P (d,a)	0	0	0	0	0	0	0	0
Wj x P (d,b)	0	0	0	0	0	0	0	0
Wj x P (d,c)	0	0	0	0	0	0	0	0

Wj x P (d,e)	0,1304	0	0	0,1475	0,1666	0	0	0,4445
Wj x P (d,f)	0	0	0	0,1475	0,1666	0	0	0,3141
Wj x P (d,g)	0	0	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,4502
Wj x P (d,h)	0,1304	0	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,5806
Wj x P (d,i)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,7181
Wj x P (d,j)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,7181
Wj x P (e,a)	0	0	0,1517	0	0	0	0	0,1517
Wj x P (e,b)	0	0	0	0	0	0,1302	0	0,1302
Wj x P (e,c)	0	0	0	0	0	0,1302	0	0,1302
Wj x P (e,d)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (e,f)	0	0	0	0	0,1666	0	0	0,1666
Wj x P (e,g)	0	0	0	0	0,1666	0	0,1361	0,3027
Wj x P (e,h)	0	0	0	0	0	0	0,1361	0,1361
Wj x P (e,i)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,7181
Wj x P (e,j)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,7181
Wj x P (f,a)	0	0	0,1517	0	0	0	0	0,1517
Wj x P (f,b)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (f,c)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (f,d)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (f,e)	0,1304	0	0,1517	0	0	0	0	0,2821
Wj x P (f,g)	0	0	0	0	0	0	0,1361	0,1361
Wj x P (f,h)	0,1304	0	0,1517	0	0	0	0,1361	0,4182
Wj x P (f,i)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0	0	0,1361	0,5515
Wj x P (f,j)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0	0	0,1361	0,5515
Wj x P (g,a)	0	0	0,1517	0	0	0	0	0,1517
Wj x P (g,b)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (g,c)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (g,d)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (g,e)	0,1304	0	0,1517	0	0	0	0	0,2821
Wj x P (g,f)	0	0	0	0	0	0	0	0
Wj x P (g,h)	0,1304	0	0,1517	0	0	0	0	0,2821
Wj x P (g,i)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0	0	0,1361	0,5515
Wj x P (g,j)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0	0	0,1361	0,5515
Wj x P (h,a)	0	0	0,1517	0	0	0	0	0,1517
Wj x P (h,b)	0	0	0	0	0	0,1302	0	0,1302
Wj x P (h,c)	0	0	0	0	0	0,1302	0	0,1302
Wj x P (h,d)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (h,e)	0	0	0	0	0	0	0	0
Wj x P (h,f)	0	0	0	0	0,1666	0	0	0,1666
Wj x P (h,g)	0	0	0	0	0,1666	0	0	0,1666
Wj x P (h,i)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,7181



Wj x P (h,j)	0,1304	0,1375	0	0,1475	0,1666	0	0,1361	0,7181
Wj x P (i,a)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (i,b)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (i,c)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (i,d)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (i,e)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (i,f)	0	0	0	0	0	0,1302	0	0,1302
Wj x P (i,g)	0	0	0	0	0	0,1302	0	0,1302
Wj x P (i,h)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (i,j)	0	0	0	0	0	0	0	0
Wj x P (j,a)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (j,b)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (j,c)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (j,d)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (j,e)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (j,f)	0	0	0	0	0	0,1302	0	0,1302
Wj x P (j,g)	0	0	0	0	0	0,1302	0	0,1302
Wj x P (j,h)	0	0	0,1517	0	0	0,1302	0	0,2819
Wj x P (j,i)	0	0	0	0	0	0	0	0

Στον πίνακα 7. βλέπουμε τις εναλλακτικές για τις οποίες υπολογίστηκαν οι θετικές και οι αρνητικές ροές αλλά και την κατάταξη κατά **PROMETHEE II**.

**Πίνακας 7. Ροές υπεροχής και κατάταξης**

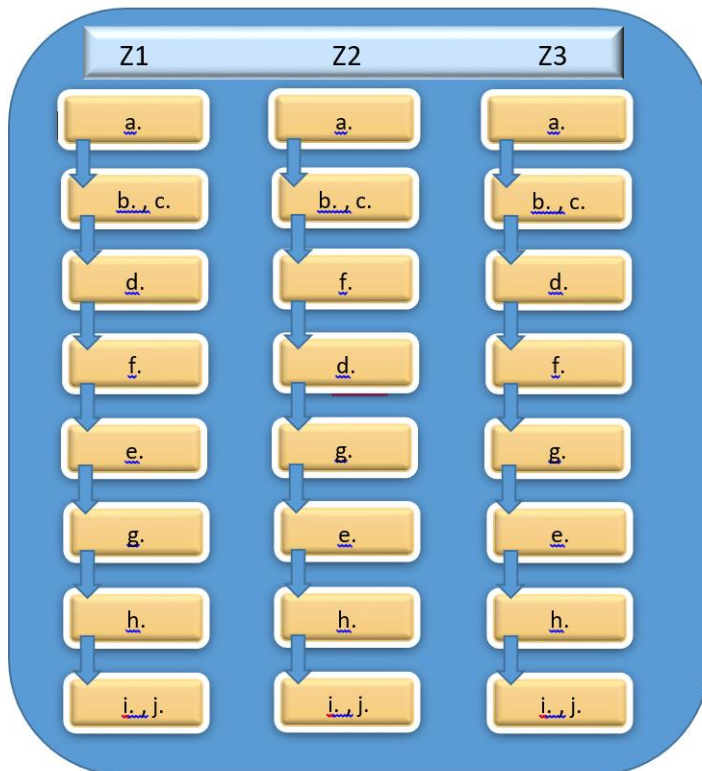
Εναλλακτικές	Φ +	Φ -	Φ	Κατάταξη PROMETHEE II
a. Ελληνικού-Αργυρούπολης	0,4018	0,1638	0,2380	1
b. Γαλατσίου	0,3921	0,1687	0,2234	2
c. Καισαριανής	0,3921	0,1687	0,2234	2
d. Παπάγου-Χολαργού	0,3584	0,2361	0,1223	3
f. Λαμίων	0,3263	0,2056	0,1208	4
g. Καρπενησίου	0,2961	0,2963	-0,0002	5
e. Λουτρακίου-Περαχώρας- Αγ. Θεοδώρων	0,3040	0,3229	-0,0189	6
h. Πύλου-Νέστορος	0,2737	0,4136	-0,1399	7
i. Κυθήρων	0,2169	0,6013	-0,3844	8
j. Χίου	0,2169	0,6013	-0,3844	8

### Μερική κατάταξη των δράσεων μέσω **PROMETHEE I**

- ✓ Πλήρη κατάταξη (Z1) ως προς τις θετικές ροές (για να κριθεί προτιμότερη των υπολοίπων πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη των υπολοίπων).
- ✓ Πλήρη κατάταξη (Z2) ως προς τις αρνητικές ροές (για να κριθεί προτιμότερη των υπολοίπων πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη των υπολοίπων).

### Πλήρης κατάταξη των δράσεων μέσω **PROMETHEE II**

- ✓ Πλήρης κατάταξη ( $Z3=Z1 \cap Z2$ ) ως προς τις καθαρές ροές (όσο μεγαλύτερη τόσο πιο ψηλά στην κατάταξη)



Συμπεραίνουμε ότι η α υπερτερεί των b , c. Η b και η c υπερτερούν της d. Η d υπερτερεί της f και η f υπερτερεί της g. Η g υπερτερεί της e και η e υπερτερεί της h. Η h υπερτερεί των i και j. Τέλος, η α (Δ. Ελληνικού – Αργυρούπολης) υπερτερεί ανάμεσα σε όλες.

## 6.7 Επίλυση με χρήση **VISUAL PROMETHEE**

Το λογισμικό Visual Promethee αναπτύχθηκε από τις VPSolutions υπό την επίβλεψη του καθηγητή Bertrand Mareschal, απόφοιτος της σχολής Solvay των βρυξελλών, οικονομικών επιστήμων και Διοίκησης, του Πανεπιστημίου Libre de Bruxelles. Το λογισμικό περιέχει εργαλεία με τη βοήθεια των οποίων μπορεί να γίνει η ανάλυση των δεδομένων και η κατάταξη που ζητείται.

Στην εικόνα 2-1 21, έχουμε καταχωρήσει τα δεδομένα του προβλήματος.

	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Επιλογή Δήμου</b>	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	
Unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<b>Preferences</b>								
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	0,13	0,14	0,15	0,15	0,17	0,13	0,14	
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Linear	Usual	Usual	
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	0,50	n/a	n/a	
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	1,00	n/a	n/a	
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
<b>Statistics</b>								
Minimum	1,00	1,00	-3,00	-3,00	-3,00	1,00	1,00	
Maximum	3,00	2,00	-1,00	-1,00	-1,00	3,00	3,00	
Average	2,40	1,80	-1,80	-1,80	-2,00	1,90	2,40	
Standard Dev.	0,80	0,40	0,75	0,75	0,89	0,70	0,80	
<b>Evaluations</b>								
<input checked="" type="checkbox"/> a	3,00	2,00	-3,00	-1,00	-1,00	2,00	3,00	
<input checked="" type="checkbox"/> b	3,00	2,00	-2,00	-1,00	-1,00	1,00	3,00	
<input checked="" type="checkbox"/> c	3,00	2,00	-2,00	-1,00	-1,00	1,00	3,00	
<input checked="" type="checkbox"/> d	3,00	2,00	-3,00	-1,00	-1,00	1,00	3,00	
<input checked="" type="checkbox"/> e	2,00	2,00	-2,00	-2,00	-2,00	2,00	3,00	
<input checked="" type="checkbox"/> f	3,00	2,00	-1,00	-2,00	-3,00	2,00	3,00	
<input checked="" type="checkbox"/> g	3,00	2,00	-1,00	-2,00	-3,00	2,00	2,00	
<input checked="" type="checkbox"/> h	2,00	2,00	-2,00	-2,00	-2,00	2,00	2,00	
<input checked="" type="checkbox"/> i	1,00	1,00	-1,00	-3,00	-3,00	3,00	1,00	
<input checked="" type="checkbox"/> j	1,00	1,00	-1,00	-3,00	-3,00	3,00	1,00	

Εικόνα 2-1 19

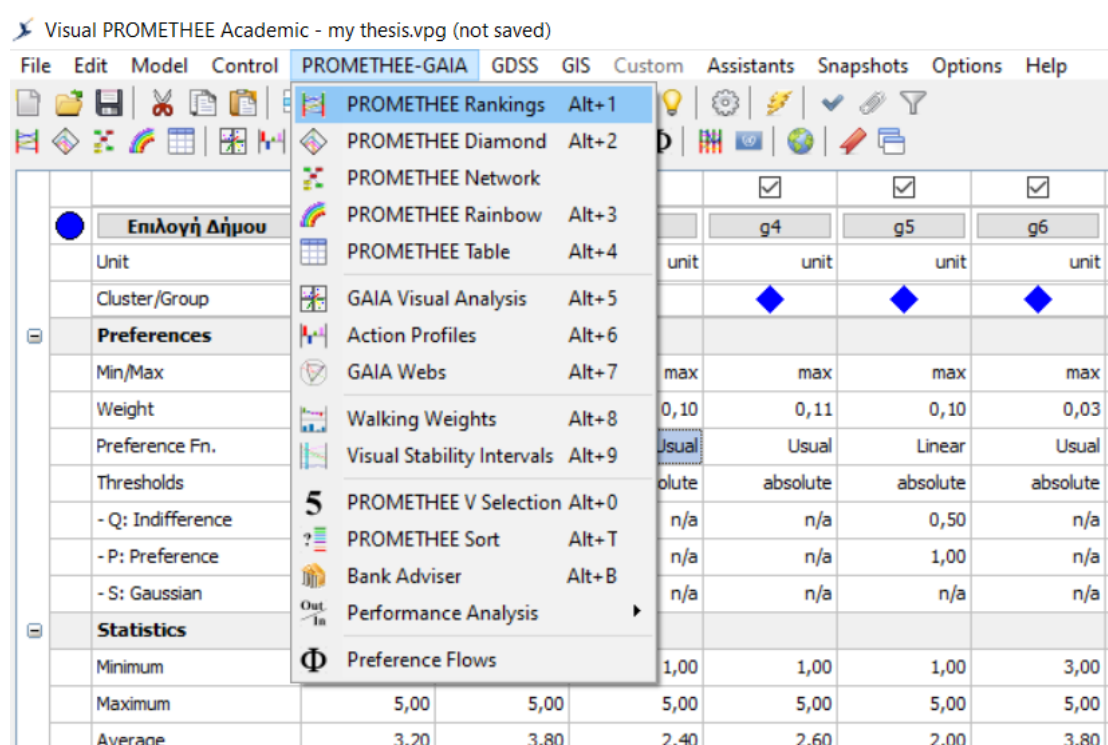
Έχει σχεδιαστεί για να συμβάλει:

- ✓ Στην αξιολόγηση πολλών πιθανών αποφάσεων ή στοιχείων που συχνά έρχονται σε σύγκρουση με πολλαπλά κριτήρια.
- ✓ Στον προσδιορισμό της καλύτερης πιθανής απόφασης.
- ✓ Στην κατάταξη πιθανών αποφάσεων από την καλύτερη στην χειρότερη.
- ✓ Στην ταξινόμηση στοιχείων σε προκαθορισμένες κατηγορίες, όπως για παράδειγμα: κακοί πωλητές, καλοί πολίτες, εξαιρετικοί πωλητές.
- ✓ Στην οπτικοποίηση της απόφασης ή της αξιολόγησης για να γίνει καλύτερα κατανοητό οι δυσκολίες στην λήψη ορθών αποφάσεων.
- ✓ Στην επίτευξη ομόφωνων αποφάσεων όταν πολλά από τα άτομα που πρέπει να πάρουν μία απόφαση έχουν αντικρουόμενες απόψεις.
- ✓ Στην δικαιολόγηση ή ακύρωση αποφάσεων που βασίζονται σε αντικείμενα στοιχεία.

Μπορεί να είναι χρήσιμο σε πολλούς τομείς, όπως στην διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού, π.χ. πως να αξιολογηθούν οι συνεργάτες και πως να επιλεγθεί ο καλύτερος υποψήφιος για μία θέση εργασίας. Μπορεί να είναι χρήσιμο στην αγορά κάποιου εξοπλισμού, π.χ. ποιος είναι καλύτερος ή πιο φθηνός όπως και στην ανάδειξη ενός καλού συμβιβασμού μεταξύ της τιμής, της ποιότητας και της απόδοσης [Get Started with VISUAL PROMETHEE, 2013].

### 6.7.1.1 PROMETHEE Rankings

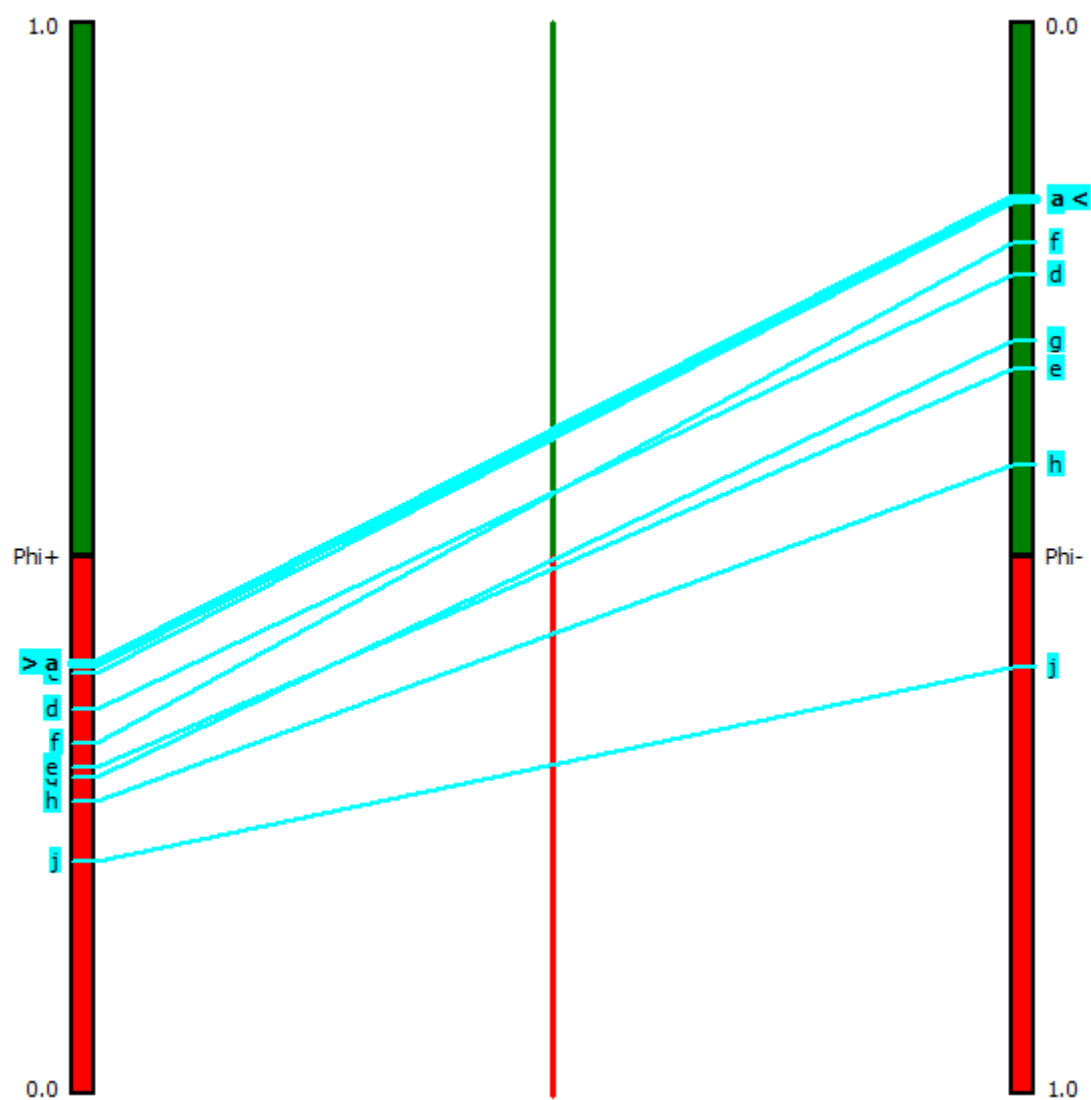
Επιλέγουμε από το menu PROMETHEE Rankings για να πάρουμε στην συνέχεια τα αποτελέσματα κατά PROMETHEE I και PROMETHEE II.



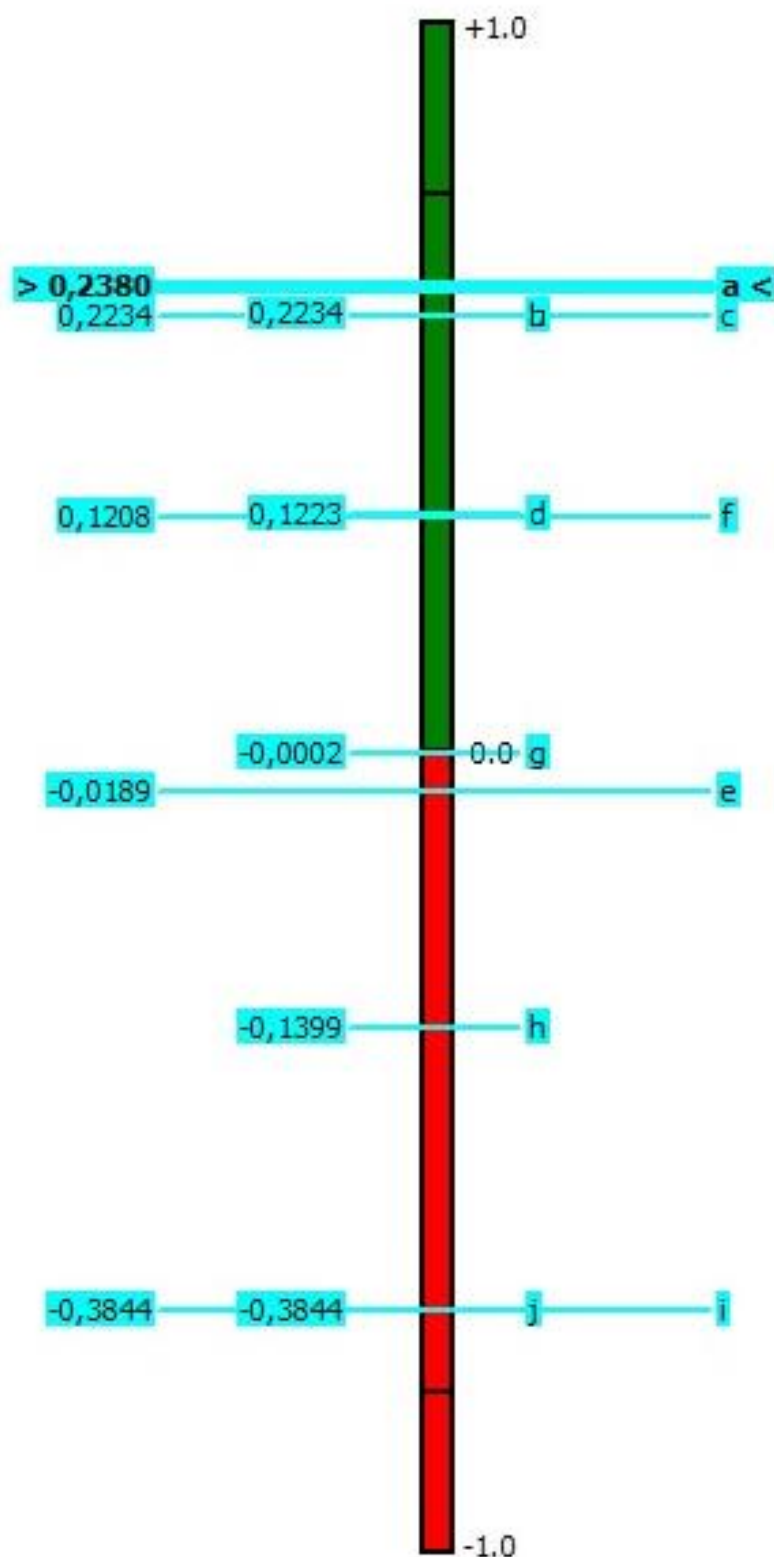
Εικόνα 2-1 20

Από το tab **PROMETHEE I Partial Ranking** (Εικόνα 2-1 21) παίρνουμε στην αριστερή μπάρα την κατάταξη ως προς τις θετικές ροές και στην δεξιά μπάρα, την κατάταξη ως προς τις αρνητικές ροές.

Από το tab **PROMETHEE II Complete Ranking** (Εικόνα 2-1 24) παίρνουμε πλήρη κατάταξη ως προς τις καθαρές ροές.



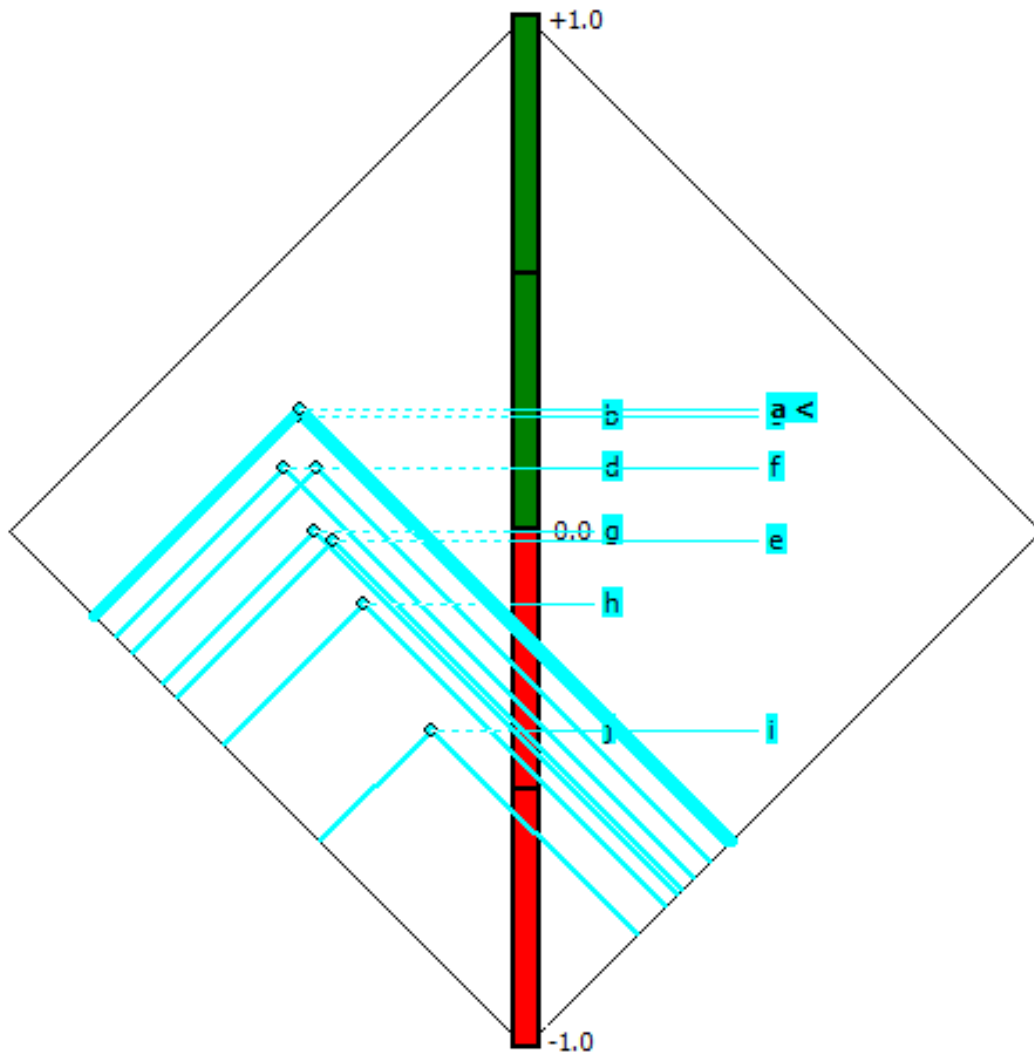
Εικόνα 2-1 22 (PROMETHEE I Partial Ranking)



Εικόνα 2-1 23 (PROMETHEE II Complete Ranking)

### 6.7.1.2 PROMETHEE Diamond

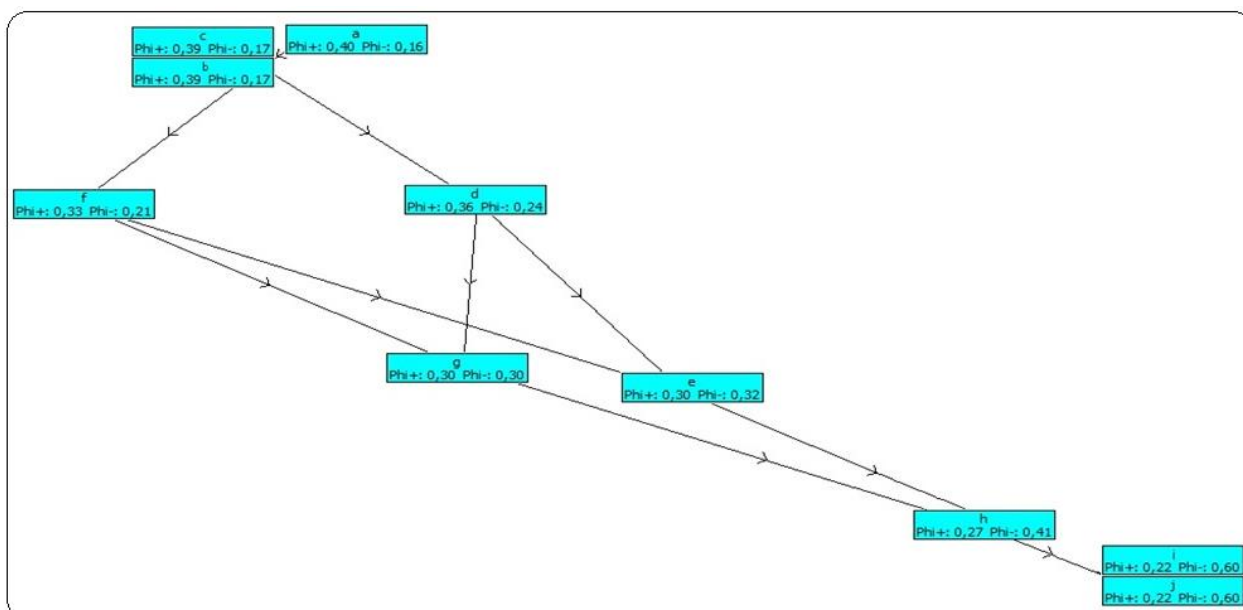
Στην συνέχεια απεικονίζονται σε 2D οι αρνητικές και οι θετικές ροές οι οποίες δείχνουν την προτίμηση των εναλλακτικών σε γωνία 45 μοιρών. Ο Κάθετος άξονας δείχνει την καθαρή ροή. Όταν η γωνιά μιας εναλλακτικής λύσης είναι πάνω από κάποια άλλη, τότε η λύση αυτή θεωρείται καταλληλότερη. Πρώτος σε προτίμηση έρχεται και πάλι ο Δήμος Ελληνικού-Αργυρούπολης.



Εικόνα 2-1 24

### 6.7.1.3 PROMETHEE Network

Στο διάγραμμα αυτό απεικονίζονται οι εναλλακτικές λύσεις, από την καλύτερη (α.→Δ. Ελληνικού-Αργυρούπολης) η οποία βρίσκεται στο πιο ψηλό σημείο του δικτύου έως την χειρότερη που βρίσκεται τελευταία στο κάτω μέρος του δικτύου. Οι εναλλακτικές αναπαρίστανται σε κόμβους και οι προτιμήσεις υποδεικνύονται από τα βέλη. Επιπρόσθετα εμφανίζονται και οι αρνητικές και οι θετικές ροές.



Εικόνα 2-1 25

#### 6.7.1.4 PROMETHEE Table

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	a	0,2380	0,4018	0,1638
2	b	0,2234	0,3921	0,1687
2	c	0,2234	0,3921	0,1687
4	d	0,1223	0,3584	0,2361
5	f	0,1208	0,3263	0,2056
6	g	-0,0002	0,2961	0,2963
7	e	-0,0189	0,3040	0,3229
8	h	-0,1399	0,2737	0,4136
9	i	-0,3844	0,2169	0,6013
9	j	-0,3844	0,2169	0,6013

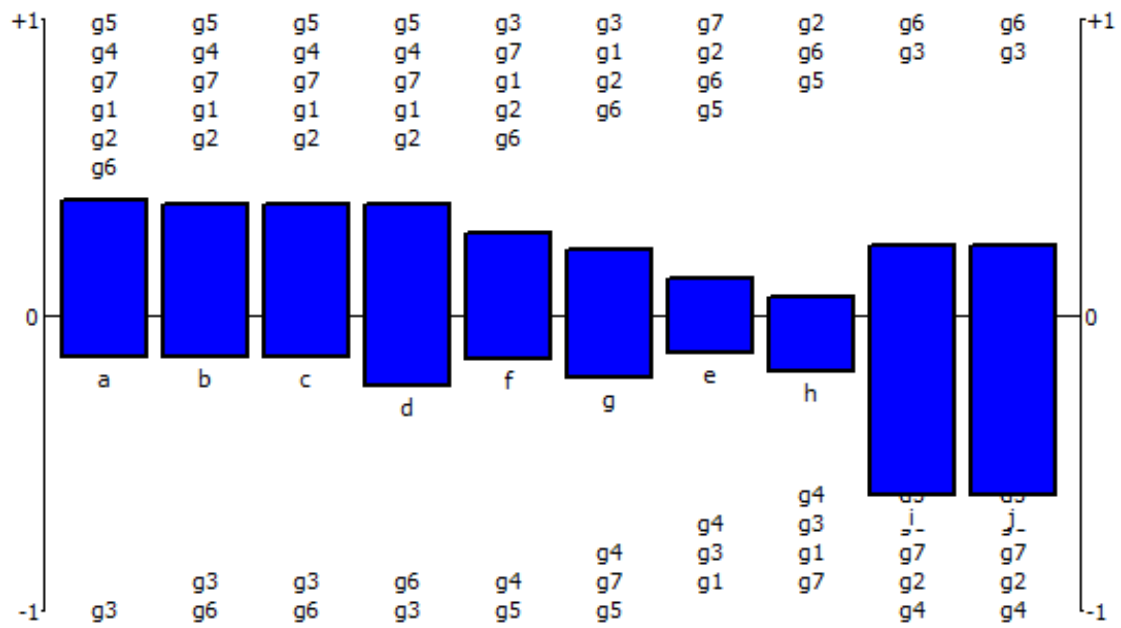
Εικόνα 2-1 26

Επιλέγουμε από το menu PROMETHEE table για να πάρουμε στην συνέχεια τα αποτελέσματα του προβλήματός μας συγκεντρωμένα σε ένα πίνακα. Ο πίνακας αυτός περιλαμβάνει τις αρνητικές ροές, τις καθαρές ροές, την διαφορά και την κατάταξη από την καλύτερη προς την χειρότερη εναλλακτική, με καλύτερη εναλλακτική την a η οποία αντιστοιχεί στον Δήμο Ελληνικού – Αργυρούπολης.



### 6.7.1.5 PROMETHEE Rainbow

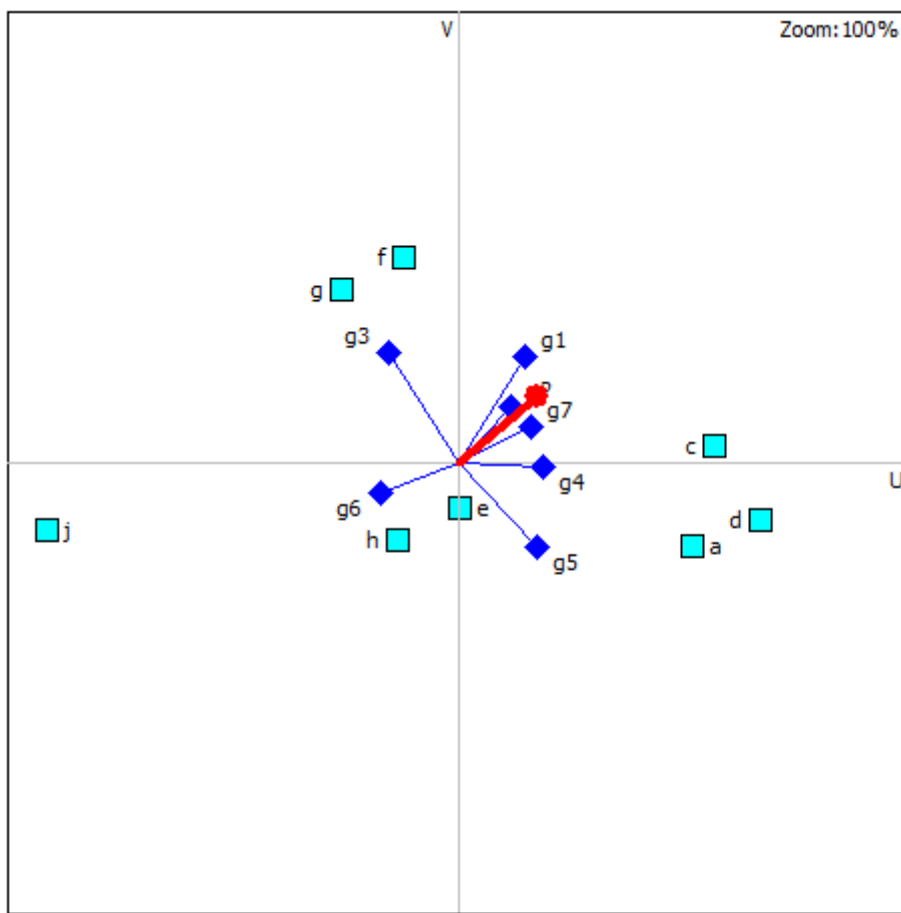
Κάθε εναλλακτική αντιπροσωπεύεται από ένα χρωματιστό ορθογώνιο παραλληλόγραμμο. Κάθε ορθογώνιο αντιστοιχεί στην συμβολή που έχει το κάθε κριτήριο όσον αφορά την θετική ροή των εναλλακτικών, λαμβάνοντας υπόψιν το βάρος το κριτηρίου. Όταν τα ορθογώνια είναι πάνω από τον άξονα του μηδενός είναι θετικά και αντιστοιχούν στα καλά χαρακτηριστικά της κάθε εναλλακτικής λύσης, ενώ όταν είναι κάτω από την γραμμή αντιστοιχούν στα πιο αδύναμα.



Εικόνα 2-1 27

### 6.7.1.6 GAIA Visual Analysis

Αναπαριστά το πρόβλημα της απόφασης σε μορφή 2D ή 3D. Εμφανίζονται οι εναλλακτικές λύσεις και τα κριτήρια, ενώ δίνεται και η δυνατότητα να τροποποιηθούν τα βάρη καθώς επίσης και η δυνατότητα ανάλυσης ευαισθησίας βάρους. Ακόμα μπορούν να καθοριστούν πολλαπλά σενάρια για ένα ίδιο πρόβλημα απόφασης και να χρησιμοποιηθούν για την σύγκριση διαφορετικών απόψεων, σε ένα πλαίσιο απόφασης ομάδας.



Εικόνα 2-1 28

# 7

## *Συμπεράσματα*

Το κεφάλαιο αυτό αποτελεί την σύνοψη της συνολικής διπλωματικής μου εργασίας, όπου θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα στα οποία αυτή κατέληξε, τις μελλοντικές προκλήσεις και τις πιθανές προεκτάσεις που προέκυψαν κατά το στάδιο ανάπτυξής της.

Πριν την τελική απόφαση επένδυσης ο υποψήφιος επενδυτής θα πρέπει να εξετάσει διεξοδικά την εφαρμογή του αποτελέσματος της έρευνας μέσα από το πρίσμα της επιχειρηματικής του δράσης, λαμβάνοντας υπόψη τις παραμέτρους που δε σχετίζονται άμεσα με το πιθανό αποτέλεσμα όπως εκφράζεται αυτό μέσα από τα κριτήρια. Αυτό έχει να κάνει ενδεχομένως με το βαθμό της συνοχής που παρουσιάζει το αποτέλεσμα της εφαρμογής της μεθόδου με τους στόχους και τις φιλοδοξίες του επενδυτή, το όραμα και τη κουλτούρα του καθώς επίσης σχετίζεται με τη συνοχή που παρουσιάζει η επιλογή της δράσης αυτής με τη γενικότερη επιχειρηματική δραστηριότητα του υποψήφιου επενδυτή.

Συνοψίζοντας στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας εξετάστηκε η μοντελοποίηση του προβλήματος απόφασης επιλογής της καταλληλότερης περιοχής – Δήμου για την εγκατάσταση Σταθμών φόρτισης σύμφωνα με το Σ.Φ.Η.Ο. των δήμων.

Έγινε ο προσδιορισμός του προβλήματος και η απαραίτητη, μέχρι σήμερα, βιβλιογραφική ανασκόπηση στη περιοχή που εξετάζουμε. Έπειτα αναλύθηκε η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης ως μέθοδος λήψης αποφάσεων και μοντελοποιήθηκε στα δεδομένα αυτής, με βάση τα κριτήρια και τα βάρη τα οποία περιλαμβάνονται σε διεθνείς έρευνες, το αντικείμενο των οποίων παρουσιάζει συνάφεια με αυτό της παρούσας.

Τέλος, αφού εφαρμόστηκε η προτεινόμενη μέθοδος στα δεδομένα ενός υποψήφιου επενδυτή για δέκα εναλλακτικούς Δήμους κι αφού επιτελέστηκε η προσομοίωση κάνοντας χρήση της πολυκριτήριας μεθόδου υπεροχής PROMETHEE επιλέχθηκε η βέλτιστη εναλλακτική εξετάζοντας ένα ευρύ φάσμα παραγόντων και δεικτών. Το ποια εναλλακτική επικρατεί εξαρτάται, καθώς είναι βασισμένη στις προτιμήσεις και τα όρια που θέτει ο αποφασίζων.

Βασιζόμενοι στα παραπάνω αποτελέσματα, μπορούμε να καταλήξουμε στην ασφαλή διαπίστωση ότι η πρώτη εναλλακτική στην κατάταξη κατά PROMETHEE II είναι ο Δήμος Ελληνικού-Αργυρούπολης με επίδοση 0.238, ενώ ακολουθούν με σειρά προτεραιότητας ο Δήμος Γαλατσίου με τον Δήμο Καισαριανής στον ίδιο οριζόντιο άξονα, ο Δήμος Παπάγου - Χολαργού, ο Δήμος Λαμιέων, ο Δήμος Καρπενησίου, ο Δήμος Λοτρακίου, ο Δήμος Πύλου Νέστορος και στον ίδιο οριζόντιο άξονα βρίσκονται ο Δήμος Κυθήρων με τον Δήμο Χίου.

Στην υπεροχή της εναλλακτικής α. του Δήμου Ελληνικού Αργυρούπολης, συνέβαλε η υψηλή επίδοσή της στα υποκριτήρια «Ποιότητα αέρα {g7}», «Περίοδος επανάκτησης κεφαλαίου {g5}», Κόστος λειτουργίας και συντήρησης {g4}, Αξιοπιστία Συστήματος {g2}, Ασφάλεια συστήματος {g1} και σε σχέση με τους τρεις αμέσως επόμενους δημοφιλέστερους δήμους στο υποκριτήριο Ευκολία μετακινήσεων {g6}, ενώ υστερεί στο υποκριτήριο «Συνολικό κόστος κατασκευής {g3}». Στην εικόνα 2-1 29 απεικονίζεται το διάγραμμα PROMETHEE Rainbow το οποίο μας δείχνει τα κριτηρια που υπερτερούν ή υστερούν έναντι των εναλλακτικών, για την κάθε εναλλακτική.

Σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση έπαιξαν και τα βάρη (w) των κριτηρίων. Τα πιο σημαντικά βάρη αφορούν τα κριτήρια g3 (συνολικό κόστος κατασκευής), g4 (κόστος λειτουργίας και συντήρησης) και g5 (περίοδος επανάκτησης κεφαλαίου) διότι έχουν τον μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας σε σχέση με τα βάρη των άλλων κριτηρίων. Από την άλλη το λιγότερο σημαντικό βάρος αφορά το κριτήριο g6 (Ευκολία μετακινήσεων).

Από την παραπάνω μοντελοποίηση, μπορούμε να διακρίνουμε τα οφέλη της μεθόδου PROMETHEE, η οποία συμβάλλει:

- Στην αξιολόγηση πολλών πιθανών αποφάσεων ή στοιχείων που συχνά έρχονται σε σύγκρουση με πολλαπλά κριτήρια.
- Στον προσδιορισμό της καλύτερης πιθανής απόφασης.
- Στην κατάταξη πιθανών αποφάσεων από την καλύτερη στην χειρότερη.
- Στην ταξινόμηση στοιχείων σε προκαθορισμένες κατηγορίες, όπως για παράδειγμα: κακοί, καλοί, εξαιρετικοί.
- Στην οπτικοποίηση της απόφασης ή της αξιολόγησης για να γίνει καλύτερα κατανοητό οι δυσκολίες στην λήψη ορθών αποφάσεων.

- Στην επίτευξη ομόφωνων αποφάσεων όταν πολλά από τα άτομα που πρέπει να πάρουν μία απόφαση έχουν αντικρουόμενες απόψεις.
- Στην δικαιολόγηση ή ακύρωση αποφάσεων που βασίζονται σε αντικείμενα στοιχεία.

Στην διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει ένα όλο και αυξανόμενο ενδιαφέρον για την μέθοδο PROMETHEE. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι περισσότερες από τις μισές δημοσιεύσεις (56.1%) που αφορούν εφαρμογές τις PROMETHEE αφορούν κοινωνικά ζητήματα, συμπεριλαμβανομένων του περιβάλλοντος, της ενέργειας, του νερού, του δημόσιου τομέα και της υγείας [51].

Οι δημοσιεύσεις στο θέμα της **Διοίκησης Επιχειρήσεων και της Χρηματοοικονομικής Διαχείρισης** είναι αρκετά πλούσιες και εστιάζουν κυρίως σε πλευρές όπως η γενική διαχείριση, η μέτρηση επίδοσης, η διαχείριση χαρτοφυλακίου και η επενδυτική ανάλυση [51].

Η **περιβαλλοντική διαχείριση** θεωρείται ένα από τα πιο δημοφιλή πεδία για τις εφαρμογές της PROMETHEE και ένα μεγάλο ποσοστό των συνολικών δημοσιεύσεων αφορούν αυτό το θέμα. Η περιβαλλοντική διαχείριση καλύπτει συγκεκριμένες πτυχές, όπως η διαχείριση αποβλήτων, η αξιολόγηση κύκλου ζωής (LCA), η μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων (EIA) και η χωροταξία [51].

Αυτή η έρευνα επεδίωξε να καταπιαστεί με ένα θέμα το οποίο απασχολεί και αναμένεται να απασχολήσει περισσότερο τα επόμενα χρόνια στην Ελλάδα και να προσφέρει την δυνατότητα νέων προοπτικών για εφαρμογές προς αυτήν την κατεύθυνση.

Τέλος, ως μελλοντικές προεκτάσεις, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε περισσότερους Δήμους και περισσότερα κριτήρια. Η συγκεκριμένη εργασία, με τα αποτελέσματα που παρήγαγε και με τις μεθόδους που ανέδειξε, επιχειρεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια των αναλυτών αναφορικά με τα επόμενά τους βήματα στην υποστήριξη αποφάσεων.

# 8

## *Βιβλιογραφία*

- [1] Αδμήτης, Α. (2020) Η ηλεκτροκίνηση ως βασικός πυλώνας της νέας εποχής των έξυπνων μεταφορών, ανθρώπων και αγαθών, available at <https://www.dianeosis.org/2020/10/ilektrokinisi-amditis/> (access at 12/03/2022)
- [2] Green economy (2022) Ηλεκτροκίνηση: γιατί οι χαμηλές ταχύτητες στην Ελλάδα;, available at <https://www.moneyreview.gr/green-economy/65994/ilektrokinisi-giati-oi-chamiles-tachytites-stin-ellada/> (access at 12/03/2022)
- [3] DBC διαδικασία (2021) Σχέδιο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (Σ.Φ.Η.Ο.) δήμου Ελληνικού – Αργυρούπολης, παραδοτέο Π.1.α. “Ανάλυση υφιστάμενης κατάστασης και χαρτογράφηση της περιοχής Παρέμβασης”, available at [https://www.ellinikoargyroupoli.gr/uplds/file/2021/ΣΦΥΟ/Π1α\\_ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ-%20ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗΣ.pdf](https://www.ellinikoargyroupoli.gr/uplds/file/2021/ΣΦΥΟ/Π1α_ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ-%20ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗΣ.pdf) (access at 12/03/2022)
- [4] Δουκας, Χ., Ψαράς, Ι. (2021) Σειμειώσεις Δ.Π.Μ.Σ. ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ: Πολυκριτήρια συστήματα υποστήριξης αποφάσεων.
- [5] Blink (2022) Η εξέλιξη της ηλεκτροκίνησης, available at

- <https://blinkcharging.gr/i-ekselsiksi-tis-ilektrokinisis/>(access at 12/03/2022)
- [6] Αγερίδης, Γ. (2018) Η ηλεκτροκίνηση σήμερα στην Ελλάδα και στον κόσμο, available at <http://tkm.tee.gr/wp-content/uploads/2018/06/Ageridis.pdf> (access at 12/03/2022)
- [7] Ευρωπαϊκός οργανισμός περιβάλλοντος (2021) Ηλεκτρικά οχήματα: η πορεία προς ένα βιώσιμο σύστημα κινητικότητας, available at <https://www.eea.europa.eu/el/articles/ilektrika-ochimata-i-poreia-pros>, (access at 12/03/2022)
- [8] Spotawheel (2021) Όλα τα είδη των Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων, available at <https://blog.spotawheel.gr/ola-ta-eidi-twn-hlektrikwn-autokinhtwn/> (access at 12/03/2022)
- [9] Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής (2012) Διερεύνηση τρόπων ανάπτυξης και διείσδυσης των ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην Ελλάδα, available at <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2012/01/tehniki-ekthesi.pdf>, (access at 12/03/2022)
- [10] Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής (2012) Διερεύνηση τρόπων ανάπτυξης και διείσδυσης των ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην Ελλάδα, available at <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2012/01/tehniki-ekthesi.pdf>, (access at 12/03/2022)
- [11] Blink (2022) Είδη φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, available at <https://blinkcharging.gr/ειδη-φορτισης-ηλεκτρικων-οχηματων/> (access at 13/03/2022)
- [12] Blink (2022) Τύποι Φορτιστών, available at [https://blinkcharging.gr/wp-content/uploads/2020/04/Blink-Bro\\_GR\\_04112020.pdf](https://blinkcharging.gr/wp-content/uploads/2020/04/Blink-Bro_GR_04112020.pdf) (access at 13/03/2022)
- [13] Σκούρας, Θ. (2021) Ηλεκτρική ασφάλεια κατά τη φόρτιση των plug-in ηλεκτρικών οχημάτων, available at <https://www.electrologos.gr/ilektriki-asfaleia-kata-ti-fortisi-ton-plug-in-ilektrikon-ochimatou/> (access at 13/03/2022)
- [14] Νέγκας, Δ. (2017) Τρόποι φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, available at <https://www.heliev.gr/wp-content/uploads/2017/11/Ημερίδα-Τρόποι-φορτισης-των-ηλεκτρικων-αυτοκινητων.pdf> (access at 13/03/2022)
- [15] Newsautoteam (2020) Μεγάλο αφιέρωμα: επιλέγοντας φορτιστή

- ηλεκτρικού αυτοκινήτου, available at  
<https://www.newsauto.gr/specials/epilegontas-fortisti-ilektrikou-aftokinitou/>  
(access at 13/03/2022)
- [16] Blink (2022) Τύποι καλωδίων και πριζών που χρησιμοποιούνται στους φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων στην ΕΕ., available at  
<https://blinkcharging.gr/τύποι-καλωδίων-και-πριζών-που-χρησιμο/> (access at 13/03/2022)
- [17] Αθηναίου, Μ. (2021) Οι διάφοροι τύποι φορτιστών για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που είναι διαθέσιμοι στην αγορά, available at  
<https://carselectric.gr/oi-diaforoi-typoi-fortiston-gia-ta-ilektrika-aftokinita-pou-einai-diathesimoi-stin-agora/> (access at 13/03/2022)
- [18] Recharge (2022) Τύποι Βυσμάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), available at  
<https://www.recharge.gr/plug-port/> (access at 13/03/2022)
- [19] Willet Kempton, Steven E. Letendre. (1996) Electric Vehicles As a new Power Source for Electric Utilities, available at  
<http://www.civil.ist.utl.pt/~martinez/PDF/ELECTRICMOVE/Paper18.pdf>  
(access at 16/03/2022)
- [20] Habibalah Kh. Khanekhdani, Masoud M. Tafreshi, and Marzieh Khosravi. (2013) Modeling operation of electric vehicles aggregator in reserve services market by using game theory method, available at  
<https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.4850524> (access at 16/03/2022)
- [21] Vehicle-to-Grid (V2G) Power Flow Regulations and Building Codes Review by the AVTA (2012), available at  
[https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/02/f8/v2g\\_power\\_flow\\_rpt.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/02/f8/v2g_power_flow_rpt.pdf)  
(access at 16/03/2022)
- [22] Νάτσος, Α. (2020) Το κύριο θεσμικό πλαίσιο της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα, available at <https://energypress.gr/news/kyrio-thesmiko-plaisio-tis-ilektrikinis-stin-ellada> (access at 19/03/2022)
- [23] Λύτρα, Χ., (2020) Διερεύνηση και συγκριτική ανάλυση ρυθμιστικών πλαισίων ευελιξίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και προώθησης της ηλεκτροκίνησης στην Ευρώπη, available at  
[https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/13123/Lytra\\_tms1701.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/13123/Lytra_tms1701.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (access at 19/03/2022)
- [24] e-nomothesia.gr , (2021) Εθνικός Κλιματικός Νόμος – Μετάβαση στην κλιματική ουδετερότητα και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, available



- at <https://www.e-nomothesia.gr/law-news/ethnikos-klimatikos-nomos-tetheke-demosia-diaboyleysi-to-sxedio-nomoy.html> (access at 19/03/2022)
- [25] Μπουτσικάκης, Χ., (2020) Ν/Σ για την Ηλεκτροκίνηση με Κίνητρα και Οφέλη για Όλους, available at <https://boutsikakis.gr/2020/07/28/v-s-gia-tην-ηλεκτροκίνηση-με-κίνητρα/> (access at 20/03/2022)
- [26] nrg INCHARGE / ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ (2022), available at <https://www.nrgincharge.gr/el/ilektrokinisi> (access at 20/03/2022)
- [27] Jianghong Feng, Su Xiu Xu, Ming Li, (2020). A novel multi-criteria decision-making method for selecting the site of an electric-vehicle charging station from a sustainable perspective, available at <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670720308404#bib0030> (access at 20/03/2022)
- [28] Yunna Wu, Meng Yang , Haobo Zhang, Kaifeng Chen and Yang Wang, (2016). Optimal Site Selection of Electric Vehicle Charging Stations Based on a Cloud Model and the PROMETHEE Method, available at <https://www.mdpi.com/1996-1073/9/3/157> (access at 20/03/2022)
- [29] Γρηγορούδης, Ε., Μ. Δούμπος, Κ. Ζοπουνίδης και Ν Ματσατσίνης (2004). “Πολυκριτήρια Ανάλυση Αποφάσεων: Μεθοδολογικές προσεγγίσεις και εφαρμογές”, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- [30] Ματσατσίνης Ν και Κ. Ζοπουνίδης (2007). “Συστήματα αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια”, Κλειδάριθμος, Αθήνα.
- [31] Keeney, R. L., H. Raiffa. (1976). “Decisions with Multiple Objectives”. John Wiley and Sons, New York.
- [32] Roy B. (1985). Méthodologie multicritère d’aide à la décision, Economica, Paris.
- [33] Brans, J.P. and Vincke, Ph. (1985), “A Preference ranking organization method”, Management Science 31 (6), 647-656
- [34] Huang CL, Yoon K. (1981), “Multi attribute decision making: methods and applications”, New York: Springer-Verlag.
- [35] Jacquet –Lagrèze, E. & Siskos, Y. (1982), “Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision making: The UTA method”, European Journal of Operational Research, 10, 151-164

- [36] Jacquet –Lagréze, E. & Siskos, Y. (2001), “Preference Disaggregation: Twenty years of MCDA experience”, *European Journal of Operational Research*, 130 (2), 233- 245.
- [37] Π. Καρασαββίδης, Χ. Τζιμόπουλος, Χ. Ευαγγελίδης, 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος, Εφαρμογή της μεθόδου AHP στην επιλογή της βέλτιστης θέσης κατασκευής φράγματος στην περιοχή Λιβαδιού Λαρίσης. Σύγκριση με το Συμβαστικό Προγραμματισμό. Θεσσαλονίκη, 8-10 Οκτωβρίου 2009.
- [38] Δ. Διακουλάκη. Σημειώσεις: Ανάλυση Συστημάτων και Λήψη Αποφάσεων. Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. 2005.
- [39] Ν. Ματσατσίνης, Κ. Ζοπουνίδης, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Συστήματα Αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια. Αθήνα 2007.
- [40] Υπηρεσία Περιβάλλοντος. Υπουργείο Γεωργίας & Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος και Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών. Development of Best Management Systems for High Waste Streams in Cyprus. 2005.
- [41] Μ. Δούμπος, Σημειώσεις μαθήματος: Πολυκριτήρια Συστήματα Αποφάσεων, Πολυτεχνείο Κρήτης. Χανιά, 2007
- [42] Ε. Π. Σμυρλή. Διπλωματική εργασία: Επιλογή κοινωνικών μέσων για τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων με τη χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης. Ιούλιος 2012.
- [43] Γ. Σίσκος, Μοντέλα Αποφάσεων, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, 2008.
- [44] Ph. Vincke, *Multicriteria Decision Aid*. New York Wiley, 1992.
- [45] Ε. Μαρινάκης. Διδακτορική διατριβή: Ολοκληρωμένη Μεθοδολογία για την Υποστήριξη Αποφάσεων των Σοπικών & Περιφερειακών Αρχών προς την Κατεύθυνση του Βιώσιμου Ενεργειακού Σχεδιασμού. Δεκέμβριος 2015
- [46] Anthopoulos, L. and Kolovou, P. (2021). A Multi-Criteria Decision Process for EV Charging Stations’ Deployment: Findings from Greece. *Energies*, 14(5441). <https://doi.org/10.3390/en14175441>

- [47] S. Guo, H.R. Zhao (2015). Optimal site selection of electric vehicle charging station by using fuzzy TOPSIS based on sustainability perspective *Applied Energy*, 158 (2015), pp. 390-402, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261915010181?via%3Dihub>
- [48] H.R. Zhao, N.N. Li (2016). Optimal Siting of charging stations for electric vehicles based on fuzzy delphi and hybrid multi-criteria decision making approaches from an extended sustainability perspective *Energies*, 9 (4) (2016), p. 22, <https://www.mdpi.com/1996-1073/9/4/270/htm>
- [49] Y.N. Wu, C. Xie, C.B. Xu, F. Li (2017). A decision framework for electric vehicle charging station site selection for residential communities under an intuitionistic fuzzy environment: A case of Beijing *Energies*, 10 (9) (2017), p. 25, <https://www.mdpi.com/1996-1073/10/9/1270>
- [50] Αποστολόπουλος Ι. (2021). Σημειώσεις μαθήματος Αξιολόγησης Επενδύσεων (Ενότητα 2η: Μακροπρόθεσμες Επενδυτικές Αποφάσεις) Δ.Π.Μ.Σ. Τεχνο-οικονομικά Συστήματα
- [51] Σάββα Β. (2019), Πολυκριτηριακή αξιολόγηση έξυπνων πόλεων: μεθοδολογικά πλαίσια και εφαρμογές.