



## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Διερεύνηση και συγκριτική ανάλυση ρυθμιστικών πλαισίων  
ευελιξίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και προώθησης της  
ηλεκτροκίνησης στην Ευρώπη**



**Χρυσούλα Λύτρα**

**Μεταπτ. φοιτήτρια, ΑΜ: ΤΜΣ1701**

**Επιβλέπων καθηγητής: Α. Φλάμος**

**Αν. Καθηγητής ΠΑ.ΠΕΙ.**

Αθήνα, Δεκέμβριος 2020



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ  
ΠΜΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ &  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Διερεύνηση και συγκριτική ανάλυση ρυθμιστικών πλαισίων  
ευελιξίας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και προώθησης της  
ηλεκτροκίνησης στην Ευρώπη**

**Χρυσούλα Λύτρα**

**Μεταπτ. φοιτήτρια, ΑΜ: ΤΜΣ1701**

### **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Α. Φλάμος, Αν. Καθηγητής ΠΑΠΕΙ**

**ΜΕΛΟΣ: Π. Ειρηνάκης, Επικ. Καθηγητής ΠΑΠΕΙ**

**ΜΕΛΟΣ: Κ. Κωστόπουλος, Αν. Καθηγητής ΠΑΠΕΙ**

Αθήνα, Δεκέμβριος 2020

Copyright © Χρυσούλα Λύτρα, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. 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 το συγγραφέα και σε καμία περίπτωση δεν αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	7
ABSTRACT .....	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1. Αντικείμενο και στόχος της διπλωματικής.....	9
1.2. Οργάνωση Κειμένου .....	9
1.3. Μεθοδολογικό πλαίσιο.....	11
2. ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΣΕ ΕΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΙΣ ΑΠΕ .....	14
2.1. Η ανάγκη για μετάβαση σε ένα ενεργειακό σύστημα βασισμένο στις ΑΠΕ .	14
2.2. Η δυναμική της μετάβασης σε ένα ενεργειακό σύστημα βασισμένο στις ΑΠΕ	19
2.3 Το «Target model» .....	23
3. ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΕ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥΣ	29
3.1 Τεχνικοί περιορισμοί λόγω της μεταβλητότητας των ΑΠΕ.....	29
3.2 Επιχειρηματικά μοντέλα για τη βιώσιμη ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.....	35
4. ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΣΕ ΕΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΙΣ ΑΠΕ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥΣ .....	44
4.1. Κόστη ενεργειακής μετάβασης.....	44
4.2. Πώς επηρεάζονται οι καταναλωτές και ιδιαίτερα οι ευπαθείς κοινωνικές ομάδες.....	48
4.3. Επιχειρηματικά μοντέλα για τον περιορισμό του αντίκτυπου της ενεργειακής μετάβασης στις ευπαθείς κοινωνικές ομάδες.....	51
5. ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΥΕΛΙΞΙΑΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΟΜΑΛΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ .....	54
6. ΕΥΕΛΙΞΙΑ ΖΗΤΗΣΗΣ.....	56
6.1 Περιγραφή της ευελιξίας ζήτησης.....	56
6.2 Κατηγορίες εφαρμογών ευελιξίας ζήτησης .....	57
6.2.1 Προγράμματα άμεσης απόκριση στη ζήτηση (Implicit demand response).....	58
6.2.2 Προγράμματα έμμεσης απόκριση στη ζήτηση (Explicit demand response).....	62
6.3 Πλεονεκτήματα της ευελιξίας ζήτησης .....	67
6.4 Ρυθμιστικά θέματα που εμποδίζουν ή προωθούν την ευελιξία ζήτησης.....	69
7. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΕΥΕΛΙΞΙΑΣ ΖΗΤΗΣΗΣ .....	76

7.1	Ευρωπαϊκές οδηγίες προώθησης της ευελιξίας ζήτησης .....	76
7.2	Ρυθμιστικό πλαίσιο ευελιξίας ζήτησης στην Ελλάδα.....	77
7.3	Ρυθμιστικά πλαίσια για την ευελιξία ζήτησης σε άλλες χώρες .....	78
7.3.1	Αυστρία.....	78
7.3.2	Βέλγιο .....	79
7.3.3	Δανία .....	82
7.3.4	Φινλανδία .....	82
7.3.5	Γαλλία .....	83
7.3.6	Γερμανία .....	85
7.3.7	Ηνωμένο Βασίλειο .....	85
7.3.8	Ιρλανδία .....	87
7.3.9	Ιταλία.....	89
7.3.10	Ολλανδία.....	90
7.3.11	Νορβηγία .....	90
7.3.12	Πολωνία.....	91
7.3.13	Πορτογαλία .....	92
7.3.14	Ισπανία .....	93
7.3.15	Σουηδία.....	95
7.3.16	Ελβετία .....	96
8.	ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ.....	98
8.1	Περιγραφή της ηλεκτροκίνησης.....	98
8.2	Τεχνολογίες ηλεκτροκίνησης.....	99
8.3	Πλεονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης.....	102
8.4	Ρυθμιστικά θέματα που εμποδίζουν ή προωθούν την ηλεκτροκίνηση.....	103
9.	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ .....	108
9.1	Ευρωπαϊκές Οδηγίες για την ηλεκτροκίνηση.....	108
9.2	Ρυθμιστικό πλαίσιο για την ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα .....	109
9.3	Ρυθμιστικά πλαίσια για την ηλεκτροκίνηση σε άλλες χώρες .....	113
9.3.1	Αυστρία.....	114
9.3.2	Βέλγιο .....	115
9.3.3	Δανία .....	116
9.3.4	Φινλανδία .....	117
9.3.5	Γαλλία .....	118
9.3.6	Γερμανία .....	119
9.3.7	Ηνωμένο Βασίλειο .....	121

9.3.8	Ιρλανδία .....	123
9.3.9	Ιταλία.....	124
9.3.10	Ολλανδία.....	125
9.3.11	Νορβηγία .....	126
9.3.12	Πολωνία .....	128
9.3.13	Πορτογαλία .....	129
9.3.14	Ισπανία .....	130
9.3.15	Σουηδία.....	131
9.3.16	Ελβετία .....	132
10.	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΣΥΝΟΨΗ ΤΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΧΩΡΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	134
10.1	Ευελιξία ζήτησης .....	134
10.2	Ηλεκτροκίνηση .....	138
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	146



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κλιματική αλλαγή, η ατμοσφαιρική ρύπανση και η εξάντληση των ορυκτών καυσίμων έχουν οδηγήσει στην ανάγκη για μετάβαση σε ένα ενεργειακό σύστημα που θα βασίζεται στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Ωστόσο, η μεταβλητότητα των ΑΠΕ θέτει σοβαρές προκλήσεις για την εξισορρόπηση της προσφοράς και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο, δημιουργώντας την ανάγκη για την εφαρμογή νέων μηχανισμών διαχείρισης της ζήτησης. Παράλληλα, η υψηλή διείσδυση των ΑΠΕ εγκυμονεί τον κίνδυνο αύξησης του κόστους προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας για τις κοινωνικά ευαίσθητες ομάδες που αδυνατούν να ακολουθήσουν τα νέα μοντέλα διαχείρισης της ζήτησης. Για την αντιμετώπιση τόσο των τεχνικών όσο και των κοινωνικοοικονομικών περιορισμών που εγείρονται, έχουν αναπτυχθεί διάφορα επιχειρηματικά μοντέλα και εργαλεία.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνάται η δυναμική της ευελιξίας ζήτησης και της ηλεκτροκίνησης, στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων και την ισοκατανομή των οφελών της μετάβασης σε ένα ενεργειακό σύστημα στηριζόμενο σε ΑΠΕ. Παρουσιάζονται οι διαφορετικές εφαρμογές αυτών των δύο εργαλείων διαχείρισης της ζήτησης και εξετάζονται ως προς τα οφέλη που προσφέρουν, τους περιορισμούς που προκύπτουν κατά την εφαρμογή τους και τους τρόπους που αυτοί δύνανται να ξεπεραστούν. Επιπλέον, γίνεται ανασκόπηση των Ευρωπαϊκών Οδηγιών που έχουν ωθήσει τις ευρωπαϊκές χώρες στην ενσωμάτωση τέτοιου είδους εφαρμογών στα εθνικά τους ρυθμιστικά πλαίσια, ενώ αξιολογείται μεμονωμένα για την κάθε χώρα το σε τι βαθμό αυτό έχει επιτευχθεί. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα ρυθμιστικά πλαίσια που εφαρμόζονται στην παρούσα φάση σε 17 ευρωπαϊκές χώρες, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας, και γίνεται μια συγκριτική σύνοψη αυτών. Από αυτή τη σύνοψη εξάγονται συμπεράσματα για το ποιες εφαρμογές ευελιξίας ζήτησης και ποια μέτρα προώθησής της ηλεκτροκίνησης παρατηρούνται πιο συχνά ανά την Ευρώπη, αλλά και για το ποιες χώρες έχουν καταφέρει να τα ενσωματώσουν στο ενεργειακό τους σύστημα σε μεγαλύτερο βαθμό.

**Λέξεις κλειδιά:** ενεργειακή μετάβαση, ΑΠΕ, απόκριση στη ζήτηση, ηλεκτροκίνηση.



## ABSTRACT

Climate change, air pollution and the depletion of fossil fuels have led to the need for a transition to a renewable energy source (RES)-based energy system. However, the variability of RES poses serious challenges concerning the balance between supply and demand in the electricity grid, which triggers the need for the implementation of new demand-side management mechanisms. At the same time, the high penetration of RES to the electricity system carries the risk of the electricity supply costs increase for the vulnerable social groups who are unable to follow the new demand side management models. Various business models and tools have been developed in order to address both the technical and socio-economic constraints that arise.

The present thesis investigates the dynamic of demand response and electromobility, for the reduction of the negative effects and the equal distribution of the benefits of the transition to a renewable energy source-based energy system. It presents the different applications of these two demand-side management tools and examines them in terms of the benefits they offer, the limitations that arise during their implementation and the ways in which they can be overcome. Furthermore, it reviews the European Directives that pushed the European countries to integrate such applications into their national regulatory frameworks and evaluates to which extent has each country achieved that. Specifically, it presents the regulatory frameworks that are presently applied in 17 European countries, including Greece, and makes a comparative summary. From this summary, conclusions can be drawn about which applications of demand response, and which electromobility promotion measures are most often observed in Europe, and about which countries have achieved to integrate them into their energy system to a greater extent.

**Keywords:** energy transition, RES, demand response, electromobilit

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Αντικείμενο και στόχος της διπλωματικής

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της δυναμικής των προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση, και της ηλεκτροκίνησης, στη διευκόλυνση της ομαλής διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο ενεργειακό σύστημα και στην καλύτερη αξιοποίηση των οφελών της. Τόσο η ευελιξία ζήτησης όσο και η ηλεκτροκίνηση εξετάζονται ως προς τα οφέλη που προσφέρουν, τους περιορισμούς που προκύπτουν κατά την εφαρμογή τους και τους τρόπους που αυτοί δύνανται να ξεπεραστούν. Παράλληλα, χρησιμοποιούνται παραδείγματα εφαρμογής τους σε χώρες όπου έχουν ήδη ενσωματωθεί στην εθνική νομοθεσία, αξιολογείται η έως σήμερα ανάπτυξη πολιτικών προώθησής τους και γίνεται συγκριτική παρουσίαση των πολιτικών αυτών σε διαφορετικές ευρωπαϊκές χώρες.

### 1.2. Οργάνωση Κειμένου

Το κείμενο της διπλωματικής εργασίας ακολουθεί την ακόλουθη δομή:

- Κεφάλαιο 1: Γίνεται αναφορά στο στόχο της διπλωματικής εργασίας και παρουσιάζονται η δομή της και το μεθοδολογικό πλαίσιο υλοποίησής της.
- Κεφάλαιο 2: Γίνεται αναφορά στους παράγοντες που καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για μετάβαση με ένα ενεργειακό σύστημα βασισμένο στις ΑΠΕ και παρουσιάζεται η δυναμική αυτής της μετάβασης. Επίσης περιγράφεται το ευρωπαϊκό «μοντέλο στόχος», το οποίο διαδραματίζει ένα ρόλο «κλειδί» για την αποτελεσματική ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα.
- Κεφάλαιο 3: Παρατίθενται οι τεχνικοί περιορισμοί που παρουσιάζονται με την ολοένα αυξανόμενη διείσδυση των ΑΠΕ στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας και περιγράφονται επιχειρηματικά μοντέλα που θα μπορούσαν να συμβάλουν στην αντιμετώπισή τους.
- Κεφάλαιο 4: Επισημαίνονται οι κοινωνικοοικονομικοί περιορισμοί της μετάβασης σε ένα σύστημα βασιζόμενο σε ΑΠΕ και η επίδρασή της στους καταναλωτές και ιδιαίτερα στις

ευάλωτες κοινωνικές ομάδες, λαμβάνοντας υπόψη και τον συνεχή εξηλεκτρισμό των ανθρώπινων αναγκών. Περιγράφονται, επίσης, τα επιχειρηματικά μοντέλα που θα μπορούσαν να συμβάλουν στην αντιμετώπισή αυτών των περιορισμών.

- Κεφάλαιο 5: Παρουσιάζεται η συμβολή της ευελιξίας ζήτησης και της ηλεκτροκίνησης για την ομαλή μετάβαση σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας βασισμένο σε ΑΠΕ και την αντιμετώπιση των τεχνικών περιορισμών και των κοινωνικοοικονομικών συνεπειών της που παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια 3 και 4.
- Κεφάλαιο 6: Περιγράφεται η λειτουργία των εφαρμογών ευελιξίας ζήτησης και οι κατηγορίες στις οποίες κατατάσσονται και παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματά τους και τα ρυθμιστικά θέματα που εμποδίζουν ή προωθούν την εφαρμογή τους.
- Κεφάλαιο 7: Γίνεται ανασκόπηση των Ευρωπαϊκών Οδηγιών που αναφέρονται στην απόκριση στη ζήτηση και των σχετικών ρυθμιστικών πλαισίων που ισχύουν στην Ελλάδα και σε 16 άλλες ευρωπαϊκές χώρες.
- Κεφάλαιο 8: Περιγράφονται οι χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες ηλεκτροκίνησης και παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματά της και τα ρυθμιστικά θέματα που εμποδίζουν ή προωθούν την εφαρμογή της.
- Κεφάλαιο 9: Γίνεται ανασκόπηση των Ευρωπαϊκών Οδηγιών που αναφέρονται στην ηλεκτροκίνηση και των σχετικών ρυθμιστικών πλαισίων που ισχύουν στην Ελλάδα και σε 16 άλλες ευρωπαϊκές χώρες.
- Κεφάλαιο 10: Γίνεται μια συγκριτική σύνοψη των πληροφοριών των κεφαλαίων 7 και 9 σχετικά με τα ρυθμιστικά πλαίσια εφαρμογής της απόκρισης στη ζήτηση και της ηλεκτροκίνησης σε 17 χώρες και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτή.

### **1.3. Μεθοδολογικό πλαίσιο**

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

Αρχικά διερευνήθηκαν οι λόγοι από τους οποίους πηγάζει η ανάγκη για μετάβαση σε ένα ενεργειακό σύστημα βασισμένο στις ΑΠΕ. Πιο συγκεκριμένα, έγινε ανασκόπηση επιστημονικών άρθρων έγκριτων επιστημονικών περιοδικών σχετικών με την ατμοσφαιρική ρύπανση, την κλιματική αλλαγή και την εξάντληση των ορυκτών καυσίμων, αλλά και της σύνδεσης αυτών των φαινομένων με την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας. Επίσης, συλλέχθηκαν πληροφορίες για την έως σήμερα επίδραση της ενεργειακής μετάβασης στην αντιμετώπιση των προαναφερθέντων προβλημάτων, καθώς και προβλέψεις για την επίδραση που θα έχει στο μέλλον. Για την εκτίμηση της δυναμικής της μετάβασης σε ένα σύστημα βασισμένο στις ΑΠΕ χρησιμοποιήθηκαν αναφορές του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (ΕΕΑ) και του Διεθνούς Οργανισμού Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA).

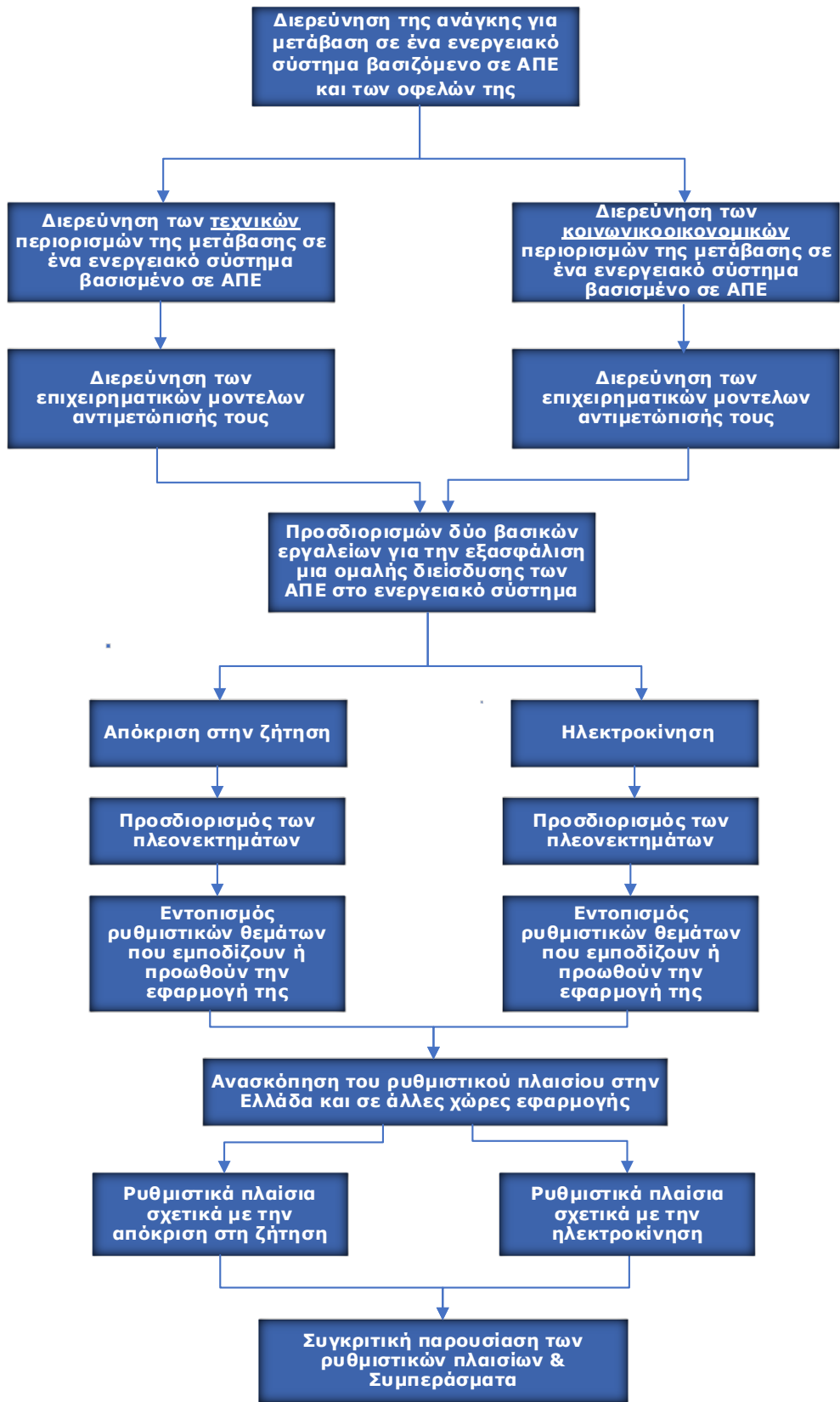
Στη συνέχεια, συλλέχθηκαν επιστημονικά άρθρα σχετικά με τους τεχνικούς και κοινωνικοοικονομικούς περιορισμούς της μετάβασης σε ένα ενεργειακό σύστημα βασισμένο σε ΑΠΕ και συντάχθηκε μια περιεκτική παρουσίαση του συνόλου των περιοριστικών παραγόντων που εμποδίζουν την ομαλή μετάβαση σε ένα ενεργειακό σύστημα χαμηλού ανθρακικού αποτυπώματος. Παράλληλα, έγινε αναφορά στα επιχειρηματικά μοντέλα που μπορούν να εφαρμοστούν για την αντιμετώπιση των περιορισμών που εντοπίστηκαν.

Η παραπάνω ανάλυση αποτέλεσε στην ουσία μια εισαγωγή για την μετάβαση στο βασικό θέμα της διπλωματικής το οποίο επικεντρώνεται σε δύο εργαλεία για την ομαλή μετάβαση σε ένα σύστημα βασισμένο στις ΑΠΕ, τα οποία είναι η απόκριση στη ζήτηση και η ηλεκτροκίνηση. Δεδομένου ότι τόσο η απόκριση στη ζήτηση όσο και η ηλεκτροκίνηση αποτελούν μια νέα τάση στη χάραξη ενεργειακής πολιτικής με περιορισμένες εφαρμογές στην Ελλάδα, κρίθηκε αναγκαία η διερεύνηση του εύρους και των δυνατοτήτων τέτοιου είδους εφαρμογών. Κατόπιν εκτεταμένης βιβλιογραφικής ανασκόπησης, βασισμένης σε άρθρα επιστημονικών περιοδικών και ιστοσελίδων και σε αναφορές εγκεκριμένων ευρωπαϊκών και διεθνών οργανισμών, έγινε μια εκτενής παρουσίαση των διαφορετικών εφαρμογών απόκρισης στη ζήτηση και ηλεκτροκίνησης στο ενεργειακό σύστημα, καθώς και των πλεονεκτημάτων τους. Επίσης, εντοπίστηκαν τα ρυθμιστικά ζητήματα που εμποδίζουν την εφαρμογή τους, αλλά και οι πιθανοί τρόποι αντιμετώπισής τους.

Για την περαιτέρω διερεύνηση των δυνατοτήτων εφαρμογής τόσο της απόκρισης στη ζήτηση, όσο και της ηλεκτροκίνησης, ερευνήθηκαν τα ισχύοντα ρυθμιστικά πλαίσια τόσο της Ελλάδας όσο και άλλων ευρωπαϊκών χωρών. Η έρευνα επικεντρώθηκε στον ευρωπαϊκό χώρο, εξετάζοντας την ισχύουσα σχετική νομοθεσία σε 17 ευρωπαϊκές χώρες, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας. Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκε η Ελλάδα, η Αυστρία, το Βέλγιο, η Δανία, η Φινλανδία, η Γαλλία, η Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ιρλανδία, η Ιταλία, η Ολλανδία, η Νορβηγία, η Πολωνία, η Πορτογαλία, η Ισπανία, η Σουηδία και η Ελβετία. Αρχικά, έγινε αναφορά σε όλες τις σχετικές Ευρωπαϊκές Οδηγίες που έχουν εκδοθεί, στις οποίες περιλαμβάνονται οι γενικές κατευθύνσεις και οι στόχοι, βάσει των οποίων έχουν διαμορφωθεί τα Εθνικά Σχέδια των ευρωπαϊκών χωρών. Στη συνέχεια, συγκεντρώθηκε ένα μεγάλο πλήθος πληροφοριών για τα ρυθμιστικά πλαίσια της εκάστοτε χώρας, για την ανεύρεση των οποίων χρησιμοποιήθηκαν άρθρα επιστημονικών περιοδικών και ιστοσελίδων και αναφορές διεθνών οργανισμών και ερευνητικών ιδρυμάτων, όπως είναι ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (IEA), το Συμβούλιο των Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας της Ευρώπης (CEER), η Eurelectric, οι CMS Experts, το European Alternative Fuels Observatory (EAFO) και το Ίδρυμα Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών (IOBE). Για τη δημιουργία μιας όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστης και ενημερωμένης βάσης πληροφοριών, οι πληροφορίες ελέγχθηκαν και επικαιροποιήθηκαν μέσω των ιστοσελίδων των αρμόδιων Υπουργείων, αλλά και των Διαχειριστών του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας της εκάστοτε χώρας, όπως για παράδειγμα της Eirgrid, της Power NI Energy, της Elia Grid, της EDF, της National Grid ESO της Red Eléctrica de España και του ΔΕΔΔΗΕ.

Τέλος, έγινε μια συγκριτική παρουσίαση των διαφορετικών ρυθμιστικών πλαισίων των εξεταζόμενων χωρών όσον αφορά την απόκριση στη ζήτηση και την προώθηση της ηλεκτροκίνησης και έγινε μια προσπάθεια εξαγωγής χρήσιμων συμπερασμάτων.

Το μεθοδολογικό πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζεται γραφικά στο παρακάτω διάγραμμα ροής.



**Σχήμα 1.1:** Διάγραμμα ροής Μεθοδολογικού πλαισίου.

## 2. ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΣΕ ΕΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΙΣ ΑΠΕ

### 2.1. Η ανάγκη για μετάβαση σε ένα ενεργειακό σύστημα βασισμένο στις ΑΠΕ

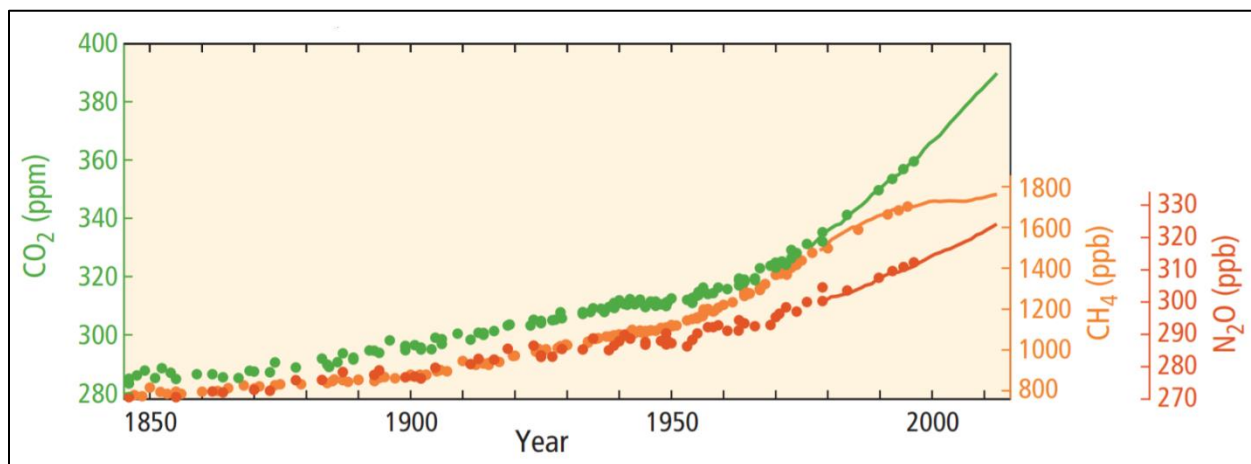
Η μετάβαση σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας βασισμένο στις ΑΠΕ αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ενεργειακής μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλού ανθρακικού αποτυπώματος. Η μετάβαση αυτή αποτελεί στις μέρες μας μια επιτακτική ανάγκη και έχει οδηγήσει στο σχεδιασμό και την εφαρμογή μέτρων για το μετασχηματισμό του ενεργειακού συστήματος παγκοσμίως. Βασικοί παράγοντες που προκάλεσαν την ανάγκη για μετάβαση σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας που θα βασίζεται στις ΑΠΕ, είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση, η κλιματική αλλαγή και η εξάντληση των ορυκτών πόρων που αποτελούν σε μεγάλο βαθμό απόρροια της λειτουργίας ενός βασιζόμενου στα ορυκτά καύσιμα ενεργειακού συστήματος (Gielen et al., 2019).

Ο ενεργειακός τομέας αποτελεί αδιαμφισβήτητα τη μεγαλύτερη πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη λόγω της μεγάλης εξάρτησης του από τα ορυκτά καύσιμα (EEA, 2019; Myers, 2015; Nyambuu and Semmler, 2019). Σύμφωνα μάλιστα με τους Gielen et al. (2019) περίπου τα δύο τρίτα των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως προέρχεται από την προμήθεια και χρήση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Συνεπώς ο ενεργειακός τομέας είναι άμεσα συνδεδεμένος με την αξιοσημείωτη αύξηση της μέσης συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα που έχει παρατηρηθεί τις τελευταίες δεκαετίες, όπως αυτή παρουσιάζεται στο σχήμα 2.1 (Pachauri, 2014).

Εκτός από ατμοσφαιρική ρύπανση, η αύξηση αυτή προκαλεί και την υπερθέρμανση του πλανήτη (Nyambuu and Semmler, 2019) Το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι εμφανές ήδη από τη δεκαετία του 1950, ενώ υπολογίζεται ότι οι παγκόσμιες θερμοκρασίες, έχουν αυξηθεί κατά περίπου 0,8 °C σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο (σχήμα 2.2) (Nyambuu and Semmler, 2019; Pachauri, 2014). Άμεσα αποτελέσματα είναι η θέρμανση της ατμόσφαιρας και των ωκεανών, το λιώσιμο των πάγων και η αύξηση της στάθμης της θάλασσας (σχήμα 2.3) (Pachauri, 2014; Vekony, 2019). Τα φαινόμενα αυτά έχουν μεγάλη επίδραση στο φυσικό περιβάλλον. Η μεταβολή των βροχοπτώσεων και το λιώσιμο των πάγων επηρεάζει την ποσότητα και την ποιότητα των υδάτινων πόρων και μεταβάλλει τα υδάτινα συστήματα, διαταράσσοντας την ισορροπία χερσαίων και υδάτινων οικοσυστημάτων αλλά και τον ίδιο τον άνθρωπο (Pachauri, 2014). Επίσης, οδηγούν στην αύξηση της συχνότητας ή της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως για παράδειγμα καυσώνων και πλημμυρών (Nyambuu and Semmler, 2019; Planton et al., 2008). Τα αστικά κέντρα αποτελούν τους πρώτους αποδέκτες των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής, με την εμφάνιση τέτοιου είδους ακραίων φαινομένων, που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε σοβαρές υλικές ζημιές, αλλά και στην

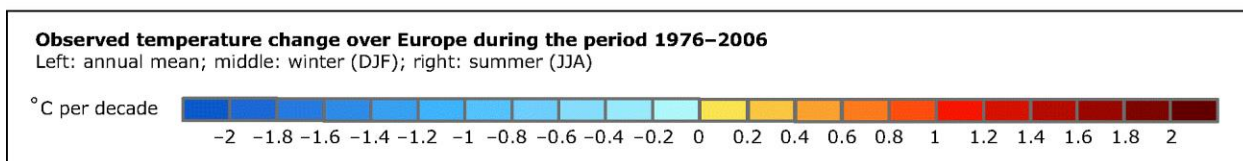
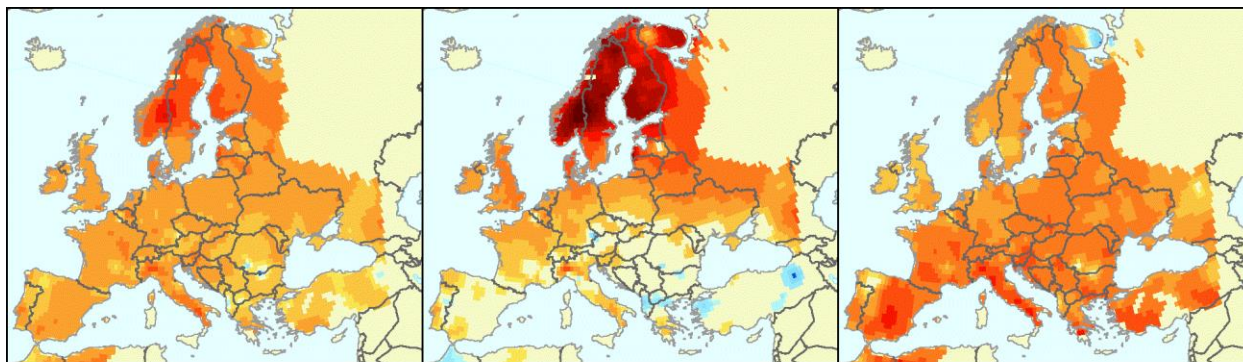
απώλεια ανθρώπινων ζώων (Yu et al., 2018). Στο σχήμα 2.4 παρουσιάζεται μια γραφική αποτύπωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής που έχουν παρατηρηθεί σε όλο των πλανήτη. Εκτιμάται μάλιστα ότι αν δεν μειωθεί η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, οι θερμοκρασίες της επιφάνειας της γης και της θάλασσας και η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας θα συνεχίσουν να αυξάνονται ακατάπαυστα στο μέλλον, ενώ θα είναι συχνότερη η εμφάνιση καυσώνων και έντονων κατακρημνίσεων (Chiari and Zecca, 2011; Pachauri, 2014).

Σε συνέχεια όλων των παραπάνω, κρίνεται απαραίτητη η αποδέσμευση του ενεργειακού τομέα από την αρνητική της επίδραση στο περιβάλλον. Οι ΑΠΕ αποτελούν μια ιδανική εναλλακτική των ορυκτών καυσίμων που δύναται να καλύψει τις ολοένα και αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες του ανθρώπινου πολιτισμού (EEA, 2019; Owusu and Asumadu-sarkodie, 2016).

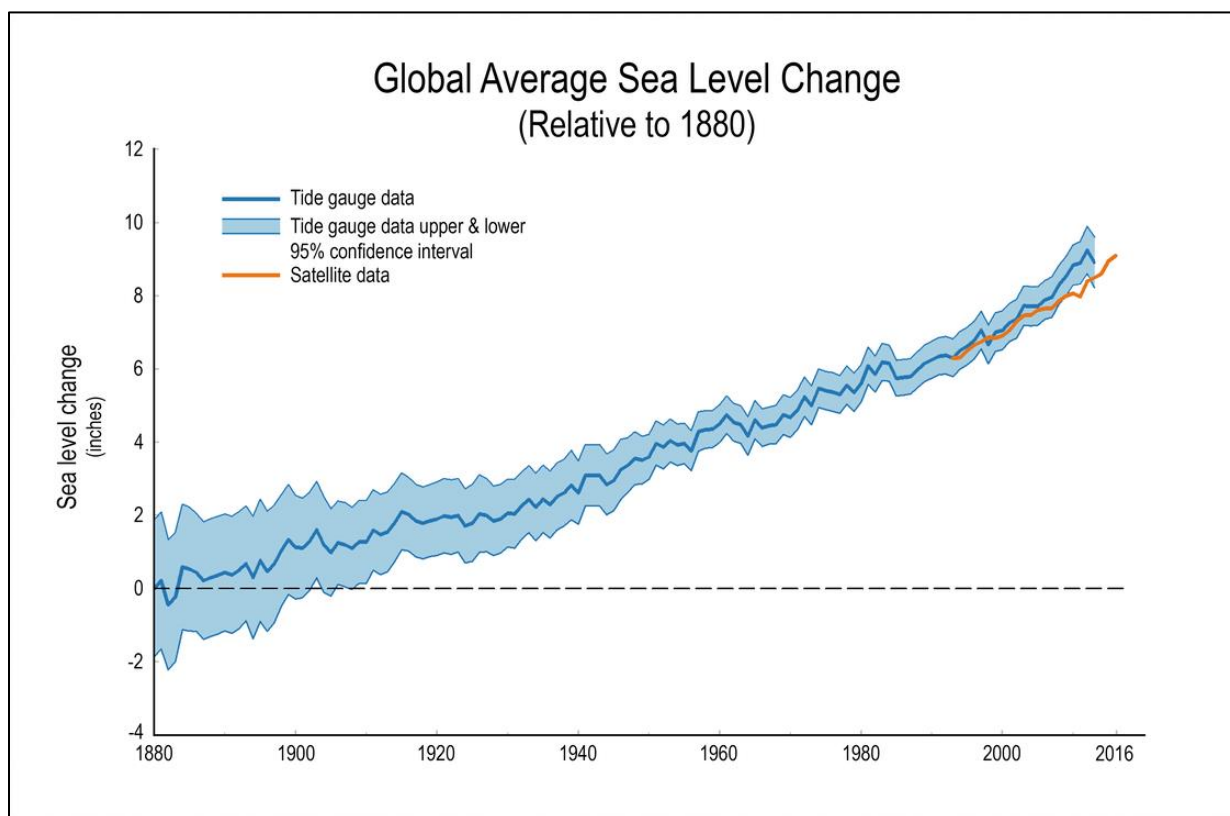


**Σχήμα 2.1:** Παγκόσμια μέση συγκέντρωση αερίων θερμοκηπίου. (Pachauri, 2014)



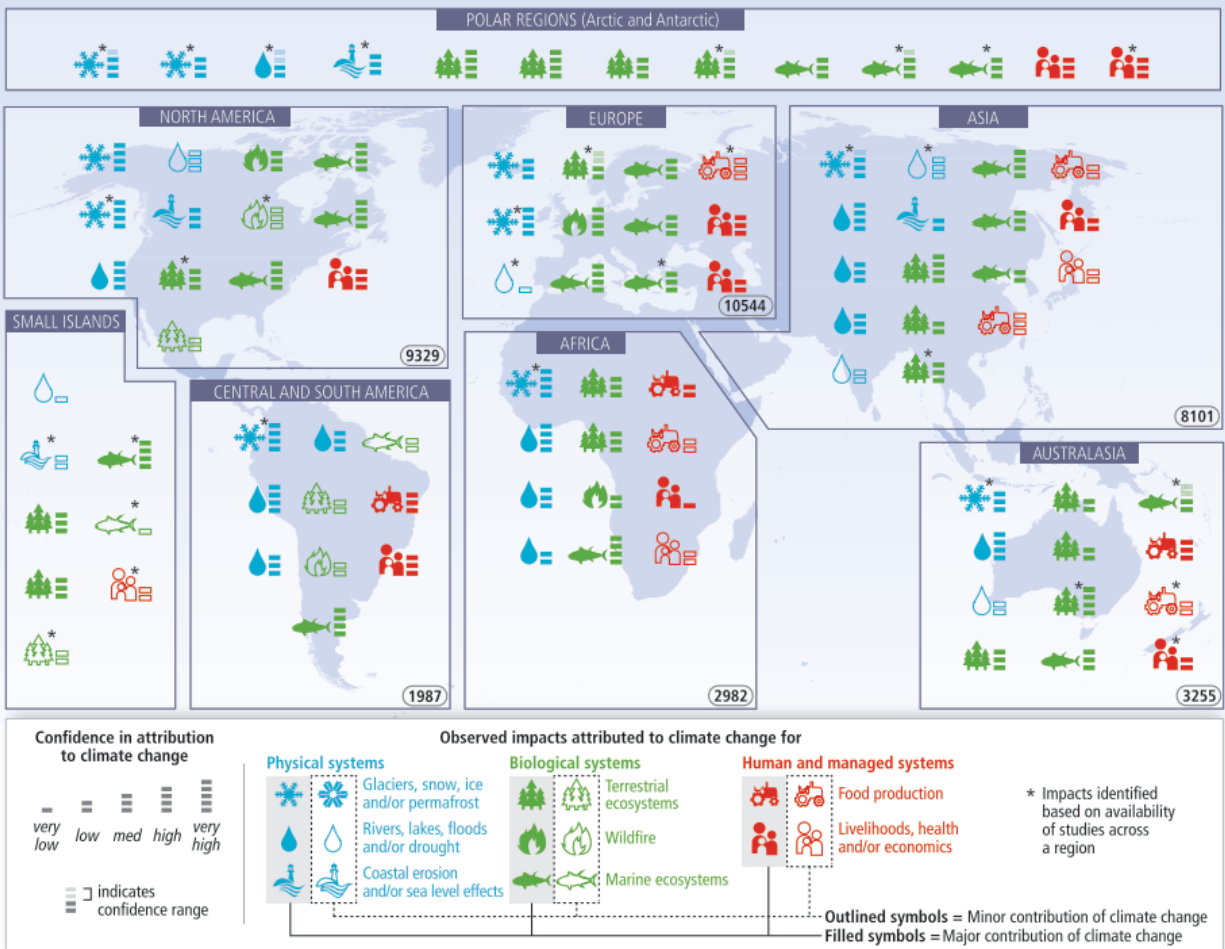


**Σχήμα 2.2:** Θερμοκρασιακή μεταβολή στην Ευρώπη το χρονικό διάστημα 1976-2006. (European Environment Agency, 2009)



**Σχήμα 2.3:** Μεταβολή της παγκόσμιας μέσης στάθμης της θάλασσας. (U.S. Global Change Research Program, 2019)

## Widespread impacts attributed to climate change based on the available scientific literature since the AR4



**Σχήμα 2.4:** Διασπορά επιπτώσεων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. (Pachauri, 2014)

Παράλληλα, ένα άλλο ζήτημα που απασχολεί την επιστημονική κοινότητα την τελευταία δεκαετία είναι η εξάντληση των ορυκτών καυσίμων, καθώς το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας αποτελούν πεπερασμένους φυσικούς πόρους. Δεδομένου ότι η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται παραδοσιακά από ορυκτά καύσιμα, η εξάντλησή τους θέτει σε κίνδυνο τον ενεργειακό εφοδιασμό και δημιουργεί την ανάγκη για ανεύρεση εναλλακτικών πηγών ενέργειας όπως είναι η ΑΠΕ. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι η εξασφάλιση ενός αξιόπιστου ενεργειακού εφοδιασμού χρήζει ιδιαίτερης σημασίας, καθώς οι σύγχρονες κοινωνίες και οικονομίες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ηλεκτρική ενέργεια (EEA, 2019; Owusu and Asumadu-sarkodie, 2016). Η ηλεκτρική ενέργεια είναι απαραίτητη για την κάλυψη βασικών ανθρωπίνων αναγκών ενώ προβλέπεται ότι η ζήτηση της θα αυξηθεί περαιτέρω στο μέλλον λόγω του εξηλεκτρισμού των μεταφορών και της θέρμανσης (IEA, 2019a).

Σε συνέχεια των παραπάνω και δεδομένου ότι η μείωση των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων είναι αναπόφευκτη, είναι λογική η στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αναμένεται μάλιστα ότι καθώς το κόστος εξόρυξης θα αυξάνεται με την εξάντληση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων, οι ίδιες οι δυνάμεις της αγοράς θα δημιουργήσουν ευνοϊκές συνθήκες για τη μετάβαση στη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας (*Chiari and Zecca, 2011*).

Η διασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και η αποδέσμευση της ενέργειας από την αρνητική της επίδραση στην κλιματική αλλαγή αποτελούν τις δύο πρωταρχικές προκλήσεις του ενεργειακού τομέα στην πορεία για ένα βιώσιμο μέλλον (*Owusu & Asumadu-Sarkodie, 2016*). Η αρχή για την αντιμετώπιση τους έγινε με το πρωτόκολλο του Κιότο το 1997, με το οποίο η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύτηκε να μειώσει κατά 8% τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2012 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 ("*Energy atlas,*" 2018). Οι μέχρι σήμερα παγκόσμιες προσπάθειες για το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής κορυφώθηκαν με τη συμφωνία του Παρισιού το 2015, με την οποία 195 χώρες υιοθέτησαν την πρώτη παγκόσμια δεσμευτική συμφωνία για το κλίμα. Στόχος της συμφωνίας ήταν ο περιορισμός της αύξησης της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας από τους 2 °C στους 1,5 °C. Αυτός ο ιδιαίτερα φιλόδοξος στόχος έφερε μια σειρά πιεστικών ζητημάτων στο κέντρο της διεθνούς συζήτησης, καθώς είναι αδύνατο να επιτευχθεί χωρίς μια σημαντική αναδιάρθρωση του παγκόσμιου ενεργειακού συστήματος (*EU, 2016; Nyambuu and Semmler, 2019*).

Για να ανταποκριθεί σε αυτή τη συμφωνία, η Ευρωπαϊκή Ένωση όρισε για τα μέλη της δεσμευτικούς στόχους για το κλίμα και την ενέργεια για το 2020 και πρότεινε στόχους για το 2030. Οι αρχικοί στόχοι για το 2020 περιλαμβάνουν 20% μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990), 20% κατανάλωση ενέργειας προερχόμενης από ανανεώσιμες πηγές, και 20% βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Η επόμενη χρονολογία ορόσημο είναι το 2030, για το οποίο αρχικά ορίστηκαν ως στόχοι η μείωση των εκπομπών κατά 40%, μερίδιο κατανάλωσης ενέργειας προερχόμενης από ανανεώσιμες πηγές 27% και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 27%. Οι στόχοι αυτοί αναθεωρήθηκαν το 2018 και ως νέος δεσμευτικός στόχος συμμετοχής της ανανεώσιμης ενέργειας για το 2030 τέθηκε το 32% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, ενώ αντίστοιχα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης τέθηκε ως νέος στόχος το 32,5%. Αυτοί οι στόχοι μάλιστα πρόκειται να αναθεωρηθούν έως το 2023, με σκοπό την περαιτέρω αύξησή τους. Απώτερος στόχος είναι να επιτευχθεί 80-95% μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου έως το 2050. Επιπλέον τέθηκε σε όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης η υποχρέωση

υιοθέτησης ολοκληρωμένων εθνικών σχεδίων για το κλίμα και την ενέργεια (ΕΣΕΚ) για την περίοδο 2021-2030 (EU, 2016; European Commission, 2019).

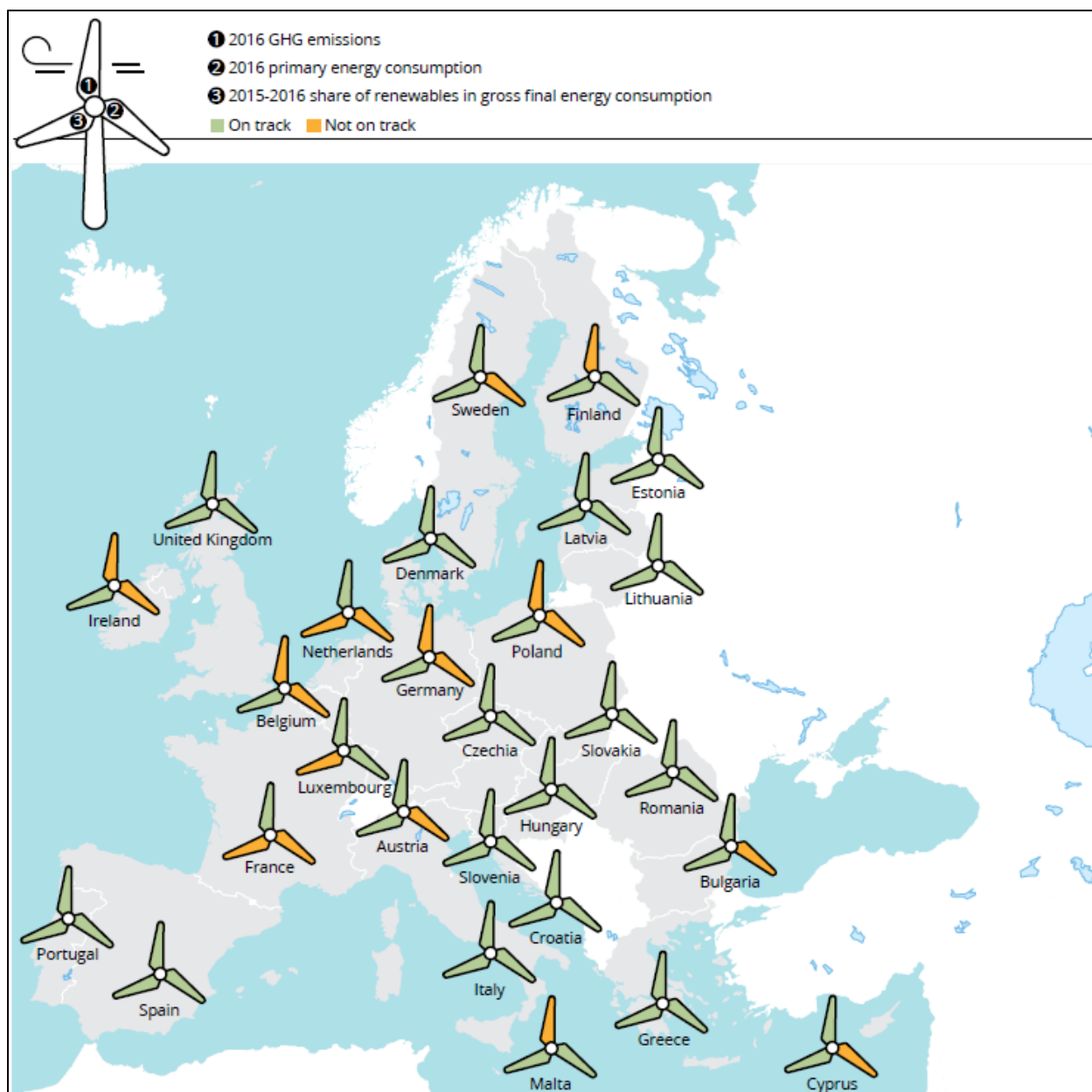
**Πίνακας 2.1** Βασικοί στόχοι για το 2030 (European Commission, 2019)

<b>Βασικοί στόχοι για το 2030</b>	
Μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (σε σχέση με το 1990)	<b>40%</b>
Μερίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση	<b>32%</b>
Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης	<b>32,5%</b>

## **2.2. Η δυναμική της μετάβασης σε ένα ενεργειακό σύστημα βασισμένο στις ΑΠΕ**

Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί μεν να αποτελεί τη βασική αιτία αύξησης των παγκόσμιων εκπομπών CO<sub>2</sub>, δύναται όμως να αποτελέσει και το κλειδί για μια επιτυχημένη ενεργειακή μετάβαση. Η εμπορική διαθεσιμότητα μιας ποικιλίας τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χαμηλών εκπομπών καθιστά την ηλεκτρική ενέργεια πρωτοπόρα στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Butler, 2019; IEA, 2019a).

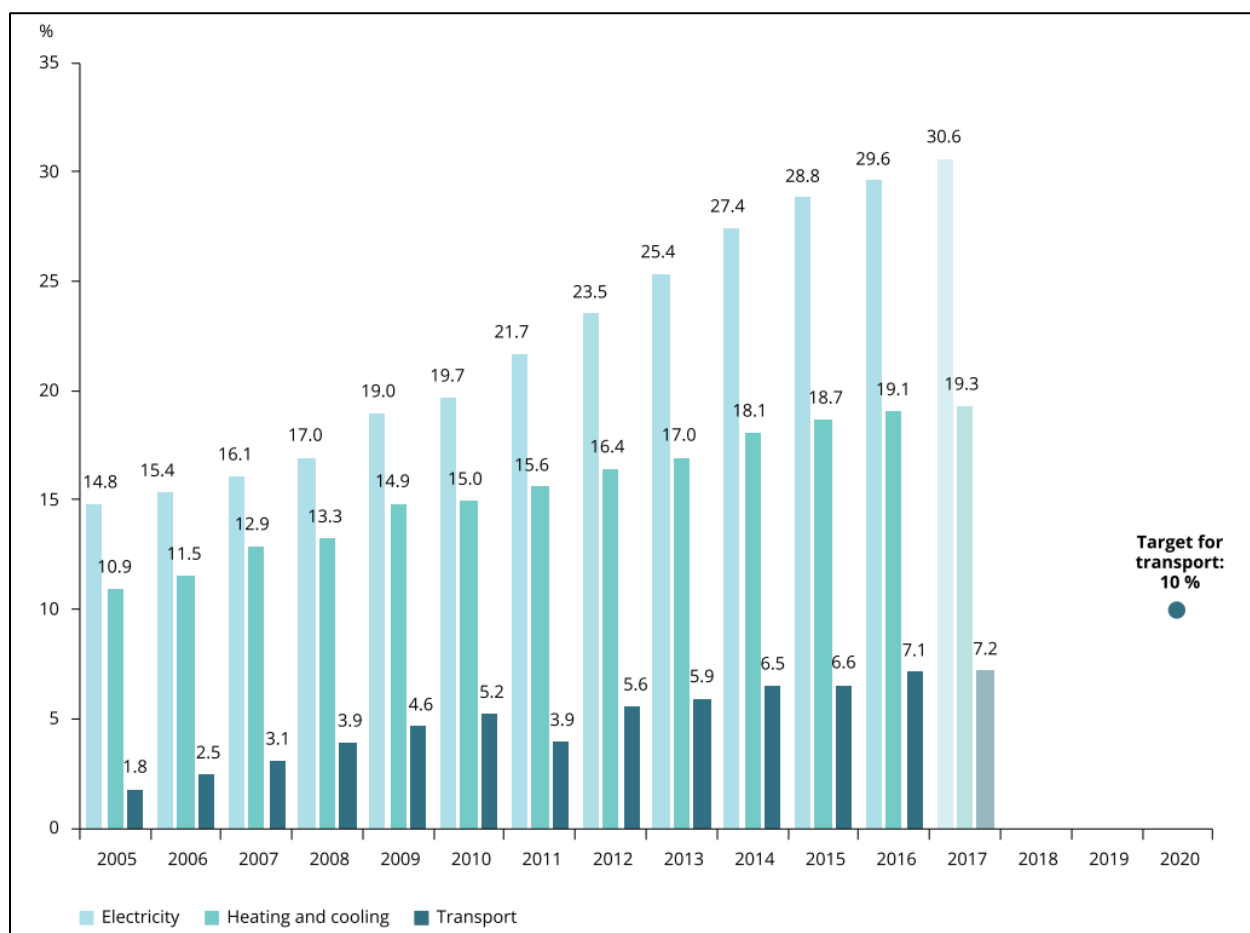
Η δυναμική της μετάβασης σε ένα ενεργειακό σύστημα βασισμένο στις ΑΠΕ και η συμβολή της στο μετριασμό της κλιματικής αλλαγής μπορεί να εκτιμηθεί βάσει των μέχρι σήμερα αποτελεσμάτων αλλά και βάσει των προβλέψεων για τα αποτελέσματα των πιθανών μελλοντικών σεναρίων περαιτέρω διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα οι πλειοψηφία των ευρωπαϊκών χωρών κατάφεραν να ανταπεξέλθουν στους στόχους που είχαν τεθεί για το κλίμα και αφορούσαν την αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα, την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> (European Environment Agency, 2017). Το αποτέλεσμα αυτό είναι ιδιαίτερα ελπιδοφόρο για την δυναμική που μπορεί να έχει η ενεργειακή μετάβαση στην Ευρώπη.



**Σχήμα 2.5:** Η σημερινή πρόοδος των κρατών μελών όσον αφορά τους στόχους για το κλίμα και την ενέργεια για το 2020. (European Environment Agency, 2017)

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον πρωτογενή ενεργειακό εφοδιασμό της Ευρώπης υπερτριπλασιάστηκε σε σχέση με το 1990, ενώ αντίστοιχα το μερίδιό τους στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπερδιπλασιάστηκε (EEA, 2019). Υπολογίζεται μάλιστα ότι το μερίδιο των ΑΠΕ στην ενέργεια που καταναλώνεται στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια κατά μέσο όρο αυξάνεται ετησίως κατά 1,3 εκατοστιαίες μονάδες. Η αύξηση αυτή παρουσιάζεται αναλυτικότερα στο σχήμα 2.6. Αξίζει μάλιστα να αναφερθεί ότι όλα τα παγκόσμια και τα ευρωπαϊκά σενάρια μετάβασης σε μια

οικονομία χαμηλών εκπομπών συμφωνούν ότι τα μερίδια αυτά θα συνεχίσουν να αυξάνονται με ταχείς ρυθμούς (EEA, 2019).

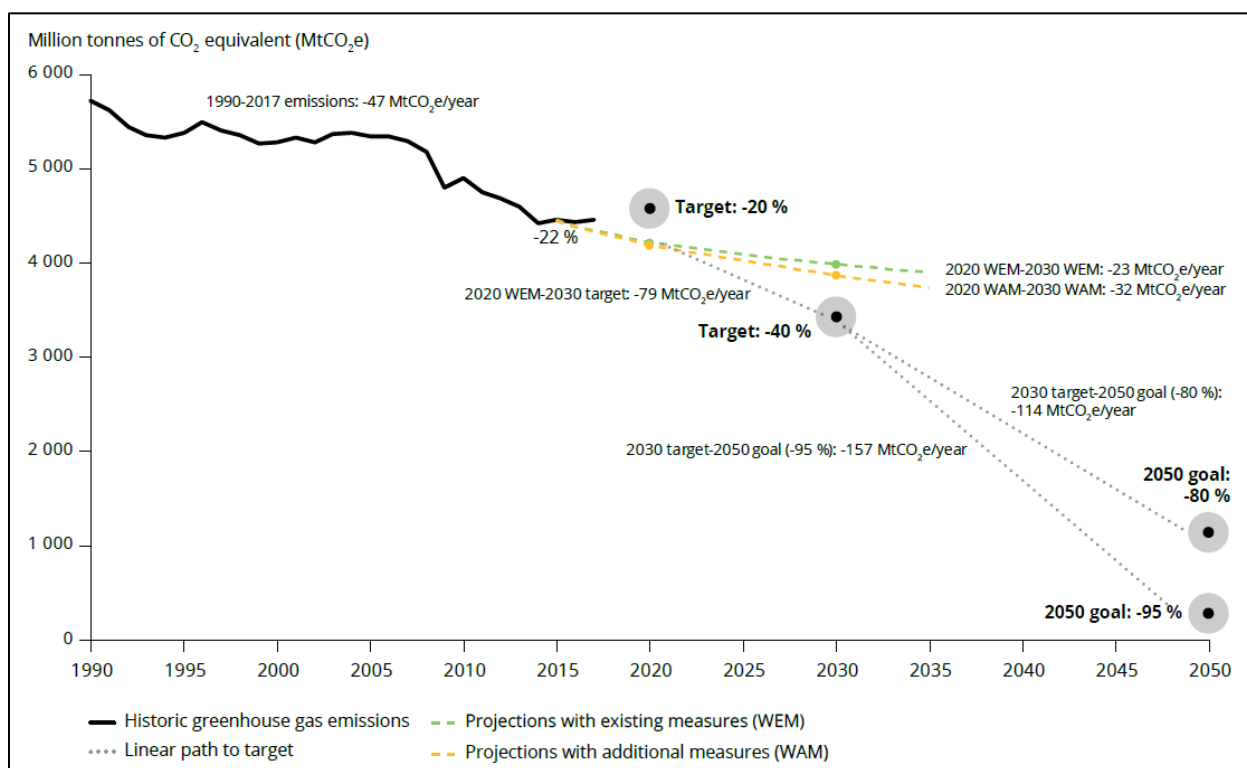


**Σχήμα 2.6:** Μερίδιο ΑΠΕ ανά τομέα ενεργειακής κατανάλωσης στην ΕΕ. (European Environment Agency, 2017)

Εκτιμάται ότι η μετάβαση σε ένα σύστημα βασισμένο στις ΑΠΕ και γενικότερα η ενεργειακή μετάβαση αποφέρει σημαντικά οφέλη, τόσο περιβαλλοντικά όσο και κοινωνικοοικονομικά.

Όσον αφορά τον αντίκτυπο της ενεργειακής μετάβασης στο περιβάλλον, τα αποτελέσματα φαίνονται ιδιαίτερα αισιόδοξα. Σύμφωνα με αναφορά του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, η ποσότητα των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση είχε μειωθεί κατά 23,2% το 2018 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, συνεπώς έχει ήδη επιτευχθεί ο στόχος που είχε τεθεί για το 2020. Ωστόσο, προβλέπεται ότι με βάση τα υφιστάμενα μέτρα, δεν θα μπορέσει να εκπληρωθεί ο στόχος που έχει τεθεί για το 2030, ο οποίος στην παρούσα φάση

είναι το 40% σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπών του 1990, ενώ το Κοινοβούλιο πιέζει για την επίτευξη του ακόμα πιο φιλόδοξου στόχου του 55% (European Parliament, 2020). Για το λόγο αυτό επιβάλλεται η λήψη επιπρόσθετων μέτρων. Σύμφωνα με ένα σενάριο εντατικοποίησης των μέτρων που έχει παρουσιάσει ο Διεθνής Οργανισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA) εκτιμάται ότι θα μπορούσε να επιτευχθεί έως το 2050 95% μείωση των σχετιζόμενων με την ενέργεια εκπομπών σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (σχήμα 2.7), προσεγγίζοντας την επίτευξη του στόχου της Συνθήκης του Παρισιού για διατήρηση της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας κάτω από τους 2 °C. Το σενάριο αυτό περιλαμβάνει την αυξημένη αξιοποίηση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, τον περαιτέρω εξηλεκτρισμό των ανθρώπινων αναγκών και την εξοικονόμηση ενέργειας. Η μετάβαση λοιπόν σε ένα ενεργειακό σύστημα βασισμένο στις ΑΠΕ δύναται να μετριάσει την κλιματική αλλαγή και να συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος (IRENA, 2019a).



**Σημείωση:** Το σενάριο WEM περιλαμβάνει τις υφιστάμενες πολιτικές και μέτρα, ενώ το σενάριο WAM περιλαμβάνει και τις πρόσθετες επιπτώσεις των σχεδιαζόμενων μέτρων που έχουν ανακοινωθεί από τα κράτη μέλη.

**Σχήμα 2.7:** Τάσεις, προβλέψεις και στόχοι για τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στην ΕΕ, 1990-2050. (European Environment Agency, 2017)

Οι κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις της ενεργειακής μετάβασης θεωρούνται εξίσου θετικές. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η ενεργειακή μετάβαση υπόσχεται την αύξηση του ΑΕΠ, τη δημιουργία θέσεων απασχόλησης και την ευημερία. Ο Διεθνής Οργανισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA) προβλέπει ότι μέχρι το έτος 2050 η ενεργειακή μετάβαση δύναται να επιφέρει βελτίωση του ΑΕΠ και του δείκτη απασχόλησης κατά 2,5% και 0,2% αντίστοιχα. Βάσει αυτής της πρόβλεψης τα κέρδη του ΑΕΠ από το 2019 έως το 2050, ανέρχονται σε 99 τρισεκατομμύρια δολάρια, ενώ η αύξηση του δείκτη παγκόσμιας ευημερίας δύναται να φτάσει το 17% το 2050 (*Garcia et al., 2019; IRENA, 2019a*).

### **2.3 To «Target model»**

Η αυξημένη διείσδυση των ΑΠΕ, έχει δημιουργήσει την ανάγκη για αναπροσαρμογή του τρόπου λειτουργίας του ενεργειακού συστήματος και της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Μέρος αυτής της αναπροσαρμογής αποτελεί το ευρωπαϊκό «μοντέλο στόχος» ή αλλιώς «target model». Πρόκειται για ένα σημαντικό βήμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την πλήρη ανάπτυξη των πλεονεκτημάτων της ενοποίησης της αγοράς ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου σε ολόκληρη την Ευρώπη. Στην ουσία, το μοντέλο είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα αγορών, εμπορικών κανόνων και πληροφοριακών συστημάτων που συνδέουν τις αγορές ενέργειας και τα δίκτυα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στην περίπτωση της ηλεκτρικής ενέργειας, το σύστημα αυτό περιλαμβάνει τα χρηματιστήρια ενέργειας, τους διαχειριστές των συστημάτων μεταφοράς, τους παραγωγούς και χρήστες που εμπορεύονται την ενέργεια και ενδεχομένως τους ιδιοκτήτες πληροφοριακών συστημάτων διασύνδεσης, τροφοδοσίας και προστασίας του δικτύου (*Swinand et al., 2016*).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από τέσσερις υπο-αγορές: α) την αγορά της επόμενης μέρας (day-ahead market, DA), β) την ενδοημερήσια αγορά (intraday market, ID), γ) την αγορά εξισορρόπησης (balancing market, BA) και δ) την προθεσμιακή αγορά (forward market) (*Hu et al., 2018; Ioannidis et al., 2019*).

Η αγορά της επόμενης μέρας (day-ahead market, DA) χρησιμοποιείται για την αγορά ή πώληση ενέργειας για την επόμενη ημέρα. Η τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας κατοχυρώνεται από την προηγούμενη ημέρα μέσω της υποβολής προσφορών στο Χρηματιστήριο Ενέργειας και οι συμμετέχοντες δεσμεύονται εκ των προτέρων για τον προγραμματισμό της παραγωγής ή κατανάλωσης ενέργειας σε ωριαία (π.χ. Ισπανία) ή ημωριαία βάση (π.χ. Γαλλία, Ιρλανδία, Ηνωμένο Βασίλειο) ή ανά τέταρτο (π.χ. Βέλγιο, Αυστρία, Πολωνία) (*Hu et al., 2018*).



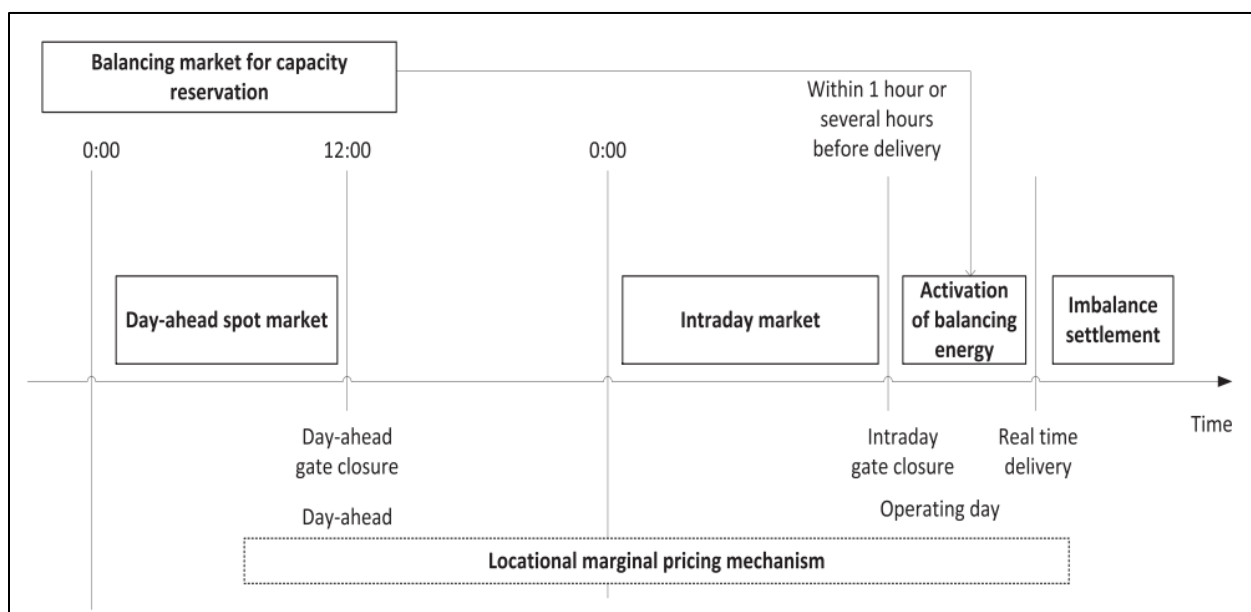
Η ενδοημερήσια αγορά (intraday market, ID) επιτρέπει τη συνεχή αγορά και πώληση ηλεκτρικής ενέργειας εντός της ίδια ημέρας. Προσφέρει ευελιξία και συμβάλλει στην εξισορρόπηση προσφοράς και ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Το σύστημα διαπραγμάτευσης μπορεί να βασίζεται είτε σε διακριτές δημοπρασίες (π.χ. Ισπανία, Ιταλία και Πορτογαλία) είτε σε συνεχή διαπραγμάτευση (π.χ. σκανδιναβικές χώρες, Κάτω Χώρες και Βέλγιο). Στη συνεχή διαπραγμάτευση, ο διακανονισμός των τιμών βασίζεται στο σύστημα "pay-as-bid", το οποίο οδηγεί σε διαφορετικές τιμές για τον ίδιο χρόνο παράδοσης. Αντίθετα, στις διακριτές δημοπρασίες, συγκεντρώνονται όλες οι προσφορές κάθε περιόδου σε μία μόνο δημοπρασία και η τιμή όλων των συμμετεχόντων βασίζεται σε μια ομοιόμορφη οριακή τιμή. Οι χρόνοι κλεισίματος για τη συνεχή διαπραγμάτευση και τις διακριτές δημοπρασίες είναι 5-60 λεπτά και 135-690 λεπτά αντίστοιχα πριν την παροχή των ενεργειακών προϊόντων (Hu et al., 2018).

Λόγω της ωριαίας μεταβλητότητας της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας και της αβεβαιότητας που παραμένει μεταξύ του κλεισίματος της ενδοημερήσιας αγοράς και της παράδοσης ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, δημιουργείται η ανάγκη και για μια αγορά εξισορρόπησης (balancing market, BA) (Hu et al., 2018). Ενώ οι μακροπρόθεσμες αγορές που αναλύθηκαν παραπάνω (ενδοημερήσια αγορά και αγορά της επόμενης ημέρας) βασίζονται σε προβλέψεις, οι αγορά εξισορρόπησης χρησιμοποιεί διαθέσιμες πληροφορίες προσφοράς και ζήτησης σε πραγματικό χρόνο (Brijs et al., 2015). Οι πάροχοι υπηρεσιών εξισορρόπησης δεσμεύονται για την αύξηση ή μείωση της παραγωγής τους σε ένα καθορισμένο επίπεδο, σε περίπτωση που κληθούν να παρέχουν υπηρεσίες εξισορρόπησης. Ο Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς καθορίζει το όριο της ισχύος εξισορρόπησης που απαιτείται και τις σχετικές απαιτήσεις (π.χ. διάρκεια συμβολαίου, χρονικό πλαίσιο ενεργοποίησης, διακύμανση των τιμών) και την προμηθεύεται εκ των προτέρων μέσω δημοπρασίας (Hu et al., 2018).

Η προθεσμιακή αγορά (forward market) αναφέρεται σε διμερή συμβόλαια με τα οποία αγοραστής της σύμβασης δεσμεύεται να αγοράσει μια προκαθορισμένη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ ο πωλητής δεσμεύεται να πουλήσει μια συγκεκριμένη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας σε μια συγκεκριμένη τιμή, σε μια συμφωνημένη μελλοντική ημερομηνία (Ioannidis et al., 2019).

Παράλληλα με τις αγορές που αναλύθηκαν παραπάνω, συχνά λειτουργεί ένας μηχανισμός τοπικής οριακής τιμολόγησης (locational marginal pricing - LMP) που αντιπροσωπεύει τους περιορισμούς του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα ο μηχανισμός τοπικής οριακής τιμολόγησης χρησιμοποιείται στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας για να ενσωματώσει τους περιορισμούς του

δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας σε διαφορετικές τοποθεσίες, προκειμένου να χρησιμοποιεί αποτελεσματικά τη ικανότητα μεταφοράς του δικτύου. Οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας σε δύο διαφορετικές τοποθεσίες είναι οι ίδιες εάν υπάρχει επαρκής ικανότητα μεταφοράς (δηλαδή ζεύξη της αγοράς), ενώ διαφέρουν εάν υπάρχει συμφόρηση δικτύου μεταξύ των δύο τοποθεσιών (δηλαδή διάσπαση της αγοράς). Ανάλογα με το πόσο λεπτομερής αναπαράσταση των περιορισμών του δικτύου έχει πραγματοποιηθεί, ο μηχανισμός τοπικής οριακής τιμολόγησης μπορεί να βασίζεται είτε σε ένα κομβικό σύστημα τιμολόγησης (π.χ. διασύνδεση Πενσυλβάνια-Νιου Τζέρσεϋ-Μέριλαντ στις ΗΠΑ) είτε σε ένα ζωνικό σύστημα τιμολόγησης (π.χ. τα περισσότερα κράτη μέλη στην Ευρωπαϊκή Ένωση). Η κομβική τιμή αντιπροσωπεύει την ικανότητα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας του δικτύου σε κάθε κόμβο του συστήματος, ενώ η τιμολόγηση ανά ζώνες λαμβάνει υπόψη μόνο την ικανότητα διασύνδεσης μεταξύ δύο διαφορετικών ζωνών, χωρίς να αντιπροσωπεύει τους περιορισμούς σε κάθε ζώνη (Hu et al., 2018).



**Σχήμα 2.8:** Απεικόνιση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. (Hu et al., 2018)

Για την επιτυχή ενσωμάτωση των ΑΠΕ, οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας χρειάζεται να παρέχουν αμερόληπτη πρόσβαση σε όλες τις τεχνολογικά ικανές τεχνολογίες και να επιτρέπουν το διασυνοριακό εμπόριο (Ortner and Totschnig, 2019). Το μοντέλο-στόχος καθορίζει ορισμένα στοιχεία σχεδιασμού για την ενοποίηση της αγοράς και τη διευκόλυνση του διασυνοριακού εμπορίου ενέργειας, ενώ αφήνει πολλά άλλα σημαντικά θέματα σχεδιασμού της αγοράς στη διακριτική ευχέρεια των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στόχος είναι η απεριόριστη

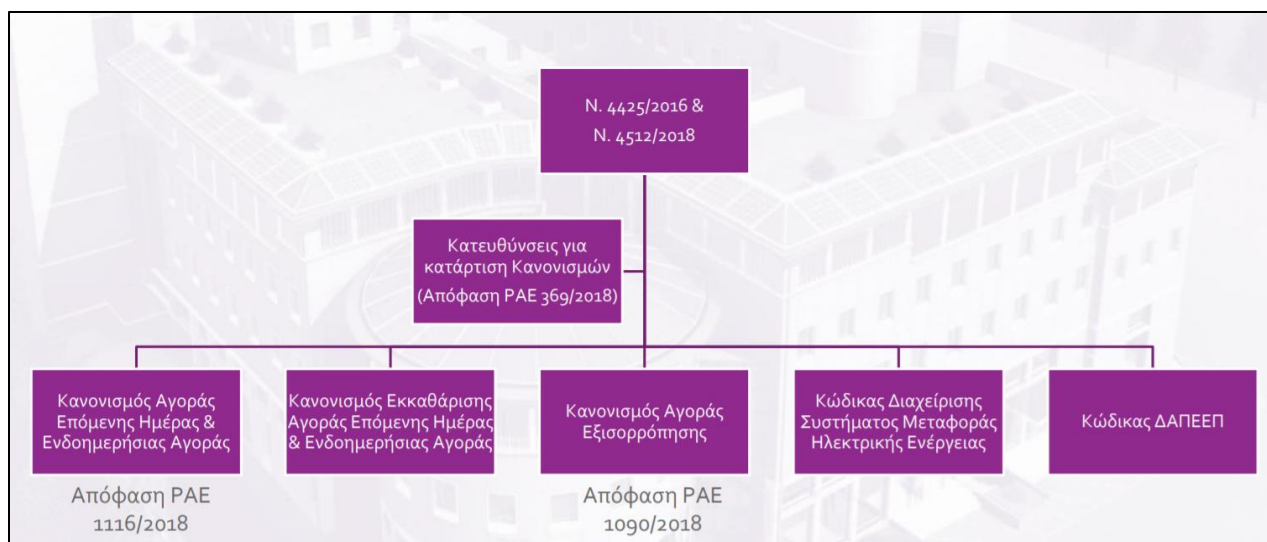
ροή ενέργειας σε ολόκληρη την Ευρώπη και η αποτελεσματική λειτουργία μιας ενιαίας ευρωπαϊκής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, ούτως ώστε να επιτευχθεί ένας ασφαλής και βιώσιμος ενεργειακός εφοδιασμός, να ενισχυθεί ο ανταγωνισμός και να μεγιστοποιηθεί η αξιοποίηση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και της εγκαταστημένης ισχύος παραγωγής. Οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες έχουν ήδη προσαρμόσει ή προσαρμόζουν σταδιακά τις αγορές τους στις διατάξεις του Target model (Biskas et al., 2017).

Στην Ελλάδα μέχρι πρόσφατα εφαρμοζόταν το μοντέλο Mandatory Pool, το οποίο περιλαμβάνει μια προ-ημερήσια αγορά, στην οποία συνβελτιστοποιείται η παροχή ενέργειας και εφεδρειών, και έναν μηχανισμό εξισορρόπησης για την εκκαθάριση των αποκλίσεων μεταξύ των προβλέψεων και των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο μηχανισμός αυτός δεν αποτελεί αγορά, καθώς δεν επανυποβάλλονται προσφορές από τους συμμετέχοντες αλλά απλώς επικαιροποιούνται τα δεδομένα εισόδου στην επίλυση του αλγόριθμου ελαχιστοποίησης του κόστους του συστήματος (Biskas et al., 2017). Ωστόσο, αυτό το περιοριστικό πλαίσιο βρίσκεται ήδη σε μια διαδικασία μετασχηματισμού. Το 2016 εκδόθηκε ο Ν.4425/2016 (ΦΕΚ 185Α, 2016) με τον οποίο, συνοπτικά, προβλέφθηκε η κατάργηση του μοντέλου Mandatory Pool για την επίλυση και εκκαθάριση του Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού και η λειτουργία διακριτών αγορών Ηλεκτρικής Ενέργειας. Οι αγορές που προέβλεπε ο συγκεκριμένος νόμος ήταν η Χονδρική Αγορά Προθεσμιακών Προϊόντων Ηλεκτρικής Ενέργειας, η Αγορά Επόμενης Ημέρας, η Ενδοημερήσια Αγορά και η Αγορά Εξισορρόπησης. (ΡΑΕ, 2018). Στη συνέχεια έγιναν κάποιες τροποποιήσεις με τον ν. 4512/2018 (ΦΕΚ 4512Α, 2018) που αφορούσαν κυρίως στη σύσταση και λειτουργία του Χρηματιστηρίου Ενέργειας, καθώς και στην αντικατάσταση της Χονδρικής Αγοράς Προθεσμιακών Προϊόντων Ηλεκτρικής Ενέργειας από την Ενεργειακή Χρηματοπιστωτική Αγορά.

Βάσει των παραπάνω νόμων, η αγορά επόμενης ημέρας επιτρέπει στους συμμετέχοντες να υποβάλλουν εντολές συναλλαγών ηλεκτρικής ενέργειας με υποχρέωση φυσικής παράδοσης την επόμενη ημέρα. Μετά τη λήξη της προθεσμίας υποβολής εντολών συναλλαγών στην αγορά επόμενης ημέρας, θα μπορούν οι συμμετέχοντες στην Ενδοημερήσια Αγορά να υποβάλλουν εντολές συναλλαγών για φυσική παράδοση εντός της ημέρας εκπλήρωσης της φυσικής παράδοσης. Η συμμετοχή στην αγορά αυτή είναι προαιρετική. Η αγορά εξισορρόπησης περιλαμβάνει την αγορά ισχύος εξισορρόπησης, την αγορά ενέργειας εξισορρόπησης, καθώς και τη διαδικασία εκκαθάρισης αποκλίσεων. Η Αγορά Ισχύος Εξισορρόπησης (Balancing Capacity Market) λειτουργεί με την υποβολή σχετικών προσφορών για την εξασφάλιση των αναγκαίων εφεδρειών και την ασφαλή λειτουργία του συστήματος σε πραγματικό χρόνο και η Αγορά Ενέργειας Εξισορρόπησης (Balancing Energy Market), με προσφορές, για αύξηση ή

μείωση της εγχεόμενης ή απορροφούμενης ενέργειας, από τους συμμετέχοντες προς στον Διαχειριστή του Συστήματος. Η συμμετοχή στην Αγορά Ισχύος Εξισορρόπησης των μονάδων παραγωγής, που κατόπιν αξιολόγησης έχουν εγγραφεί στο μητρώο συμμετεχόντων, καθίσταται υποχρεωτική για το σύνολο της διαθεσιμότητάς τους, βάσει του Κανονισμού Αγοράς Εξισορρόπησης. Τέλος, η Ενεργειακή Χρηματοπιστωτική Αγορά επιτρέπει στους συμμετέχοντες να συνάπτουν συμβάσεις αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας και να συναλλάσσονται ενεργειακά χρηματοπιστωτικά μέσα. Πιο συγκεκριμένα, συνάπτονται διμερή συμβόλαια ανάμεσα σε παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας ή traders και μεγάλους καταναλωτές, μέσω των οποίων συμφωνείται εκ των προτέρων η τιμή και η συμφωνημένη ποσότητα της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για αρκετά μεγάλα χρονικά διαστήματα. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται το ρίσκο τυχόν αυξομειώσεων της ζήτησης και των τιμών της αγοράς και οι καταναλωτές εξασφαλίζουν ηλεκτρική ενέργεια σε ανταγωνιστικό κόστος (*ΑΔΜΗΕ, 2020a; ΦΕΚ 1880B, 2018*).

Το χρονικό διάστημα 2018-2019 δημοσιεύτηκε μια σειρά από Κανονισμούς και Κώδικες λειτουργίας του ελληνικού συστήματος ενέργειας. Μέχρι σήμερα έχει καταρτιστεί ο Κανονισμός λειτουργίας της Αγοράς Επόμενης Ημέρας και της Ενδοημερήσιας Αγοράς (*ΦΕΚ 5914B/2018, 2018*), ο Κανονισμός Εκκαθάρισης της Αγοράς Επόμενης Ημέρας και της Ενδοημερήσιας Αγοράς (*EnExClear, 2019*), ο Κανονισμός Αγοράς Εξισορρόπησης (*ΦΕΚ 5910B, 2018*), ο Κανονισμός Ενεργειακής Χρηματοπιστωτικής Αγοράς (*EXE, 2019*), ο Κώδικας του Διαχειριστή ΑΠΕ και Εγγυήσεων Προέλευσης (*ΦΕΚ 2307B, 2018*) και ο Κώδικας Διαχείρισης του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (*ΑΔΜΗΕ, 2019*).



**Σχήμα 2.9:** Σχηματική απεικόνιση του ρυθμιστικού πλαισίου που αφορά τις αγορές ενέργειας στην Ελλάδα. (Φιλιπποπούλου, 2019)

Η Ελληνική κυβέρνηση έχει θέσει ως πρώτη προτεραιότητα στον τομέα της ενέργειας για το επόμενο χρονικό διάστημα, την ανάπτυξη και πλήρη λειτουργία του νέου μοντέλου αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ ως ημερομηνία έναρξης της μη συζευγμένης λειτουργίας της Αγοράς Επόμενης Ημέρας και της Ενδοημερησίας Αγοράς έχει οριστεί η 1<sup>η</sup> Νοεμβρίου του 2020 (ΠΑΕ, 2020). Επίσης, προβλέπεται η σύζευξη (coupling) των Αγορών της χώρας με τις άλλες Ευρωπαϊκές Αγορές. (ΕΣΕΚ, 2019). Αρχικά αναμένεται η σύζευξη των αγορών επόμενης ημέρας (Day-Ahead Markets) Ελλάδας – Ιταλίας και Ελλάδας – Βουλγαρίας και η σύζευξη των ενδοημερησίων αγορών μέσω συνεχούς διαπραγμάτευσης της Περιφέρειας των Ιταλικών συνόρων. Παράλληλα αναμένεται να εκκινήσουν οι Περιφερειακές Ενδοημερησίες δημοπρασίες για τη διασύνδεση Ελλάδας - Ιταλίας και ενδεχομένως και της διασύνδεσης Ελλάδας - Βουλγαρίας, ενώ η εκκίνηση των Πανευρωπαϊκών Ενδοημερησίων δημοπρασιών αναμένεται να πραγματοποιηθεί μέχρι το τέλος του 2021 (ΕΣΕΚ, 2019)

### 3. ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΕ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥΣ

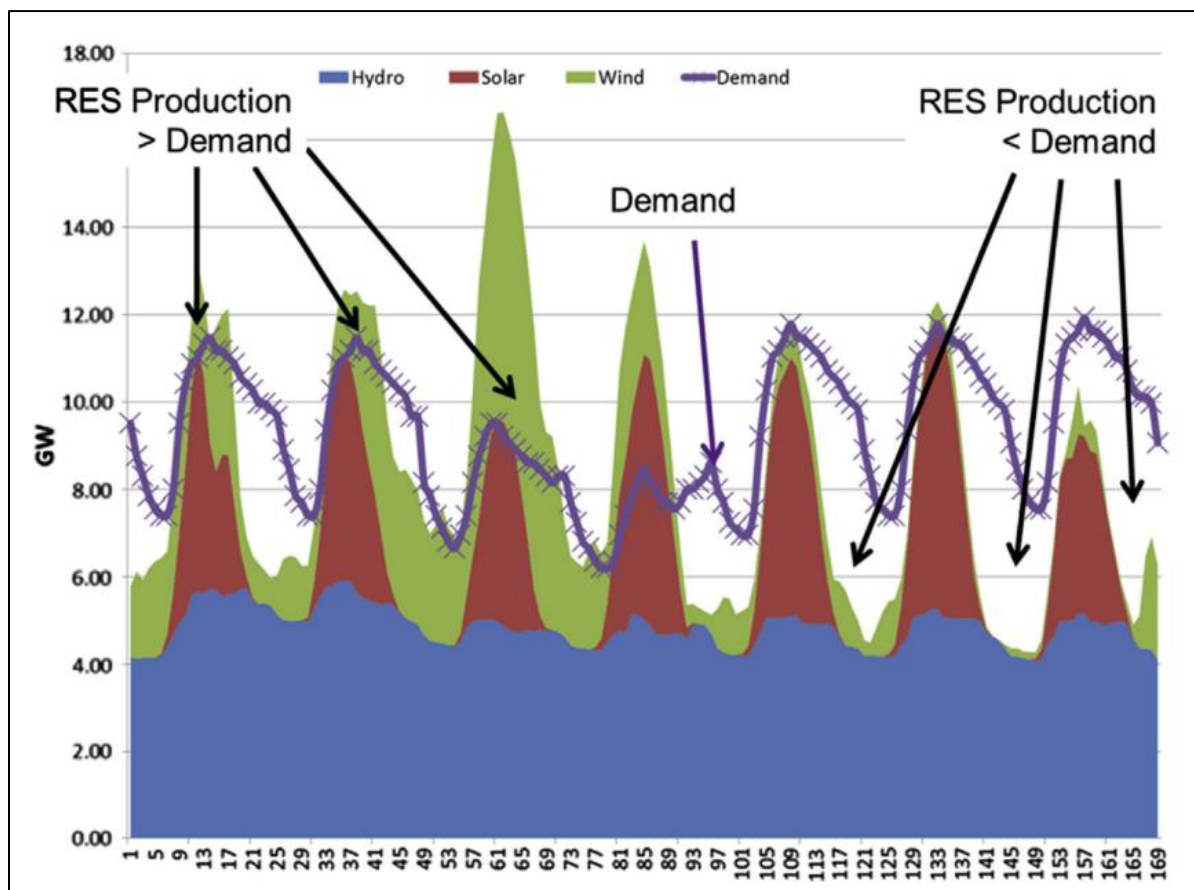
#### 3.1 Τεχνικοί περιορισμοί λόγω της μεταβλητότητας των ΑΠΕ

Η μετάβαση σε ένα ενεργειακό σύστημα που θα βασίζεται 100% σε μεταβλητές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εγείρει τεχνικά αλλά και θεσμικά ζητήματα (*Djorup et al., 2018*). Το αυξανόμενο μερίδιο της συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα που απαιτείται για την επίτευξη των στόχων βιωσιμότητας που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση θα έχει αδιαμφισβήτητο μεγάλο αντίκτυπο στη λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε όλα τα κράτη μέλη. Ο προβλεπόμενος μετασχηματισμός ενδέχεται να απαιτήσει πολυάριθμες ρυθμιστικές προσαρμογές και την εφαρμογή νέων πολιτικών και εργαλείων για την αποτελεσματική ενσωμάτωση όλων των διαφορετικών πηγών προμήθειας ενέργειας τόσο στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας όσο και στο ηλεκτρικό δίκτυο (*Ortner and Totschnig, 2019*).

Η μεγαλύτερη πρόκληση είναι ότι, σε αντίθεση με τις συμβατικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως είναι οι θερμοηλεκτρικές μονάδες και οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί, που μπορούν να παρέχουν αξιόπιστη, προβλέψιμη και ευέλικτη παροχή ηλεκτρισμού, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τεχνολογίες που χρησιμοποιούν την αιολική ή την ηλιακή ενέργεια είναι εγγενώς μεταβλητή. Καθώς λοιπόν η συμμετοχή των φωτοβολταϊκών και αιολικών σταθμών στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σταδιακά θα αυξάνεται, η παροχή ηλεκτρισμού στο δίκτυο θα γίνεται ολοένα και πιο αβέβαιη (*European Parliament, 2018*). Ως απόρροια αυτού καθίσταται πιο δύσκολη η εξισορρόπηση της προσφοράς και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο.

Για την εξασφάλιση της αξιόπιστης και ασφαλούς λειτουργίας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και της ικανότητάς του να ανταποκριθεί στις ταχείες μεταβολές της ζήτησης λόγω της στοχαστικότητας των ΑΠΕ, δημιουργείται η ανάγκη για νέες συμβατικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα στην Ελλάδα, η ανάγκη αυτή αυξάνεται ακόμα περισσότερο, λόγω του ότι το αιολικό δυναμικό της χώρας εντοπίζεται κυρίως στην πλευρά του Αιγαίου και η πλειοψηφία των αιολικών πάρκων αναμένεται να εγκατασταθεί στο ίδιο αιολικό πεδίο. Το γεγονός αυτό θα έχει ως συνέπεια τον ταυτοχρονισμό της παραγωγής τους και κατ'επέκταση την εμφάνιση μεγάλων μεταβολών στην παρεχόμενη από αυτά ισχύ (*ΑΔΜΗΕ, 2014*). Επίσης, στα μη διασυνδεδεμένα νησιά σε ώρες με μειωμένη ζήτηση σε σχέση με την παραγωγή, δεν είναι δυνατή η απορρόφηση του συνόλου της παραγωγής των ΑΠΕ από το σύστημα, με αποτέλεσμα να πραγματοποιούνται περικοπές αυτής (*ΡΑΕ, 2007*).

Παράλληλα, σε περιπτώσεις χωρών όπου οι ΑΠΕ συμμετέχουν ανταγωνιστικά στην αγορά, η υψηλή διαθεσιμότητα αιολικής και ηλιακής ενέργειας κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής ζήτησης, όπως για παράδειγμα τα σαββατοκύριακα ή κατά την θερινή περίοδο, οδηγεί σε περιπτώσεις αρνητικών τιμών ηλεκτρικής ενέργειας στην τρέχουσα αγορά (*European Parliament, 2018*).



**Σχήμα 3.1** Εξέλιξη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς, αιολικά πάρκα και μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα σε ωριαία βάση για χρονικό διάστημα μιας εβδομάδας σε σύγκριση με τη ζήτηση. Το διάγραμμα βασίζεται σε συνθετικά δεδομένα που αναφέρονται σε ένα μέσο έτος στη Γερμανία και την Αυστρία (Haas et al., 2013).

Είναι γεγονός ότι σε χώρες όπου η αιολική και η ηλιακή ενέργεια κατέχουν σημαντικό μερίδιο στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, τίθενται ήδη ζητήματα εξισορρόπησης. Όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα σε αρκετές χώρες της Ευρώπης παρουσιάζονται συμβάντα όπου η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ υπερβαίνει τη ζήτηση. Για παράδειγμα, στη Γερμανία το 2017 ενώ οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντιπροσώπευαν το 36,2% της ηλεκτρικής ενέργειας, υπήρξαν ημέρες κατά τις οποίες το 100% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στη

Γερμανία καλύφθηκε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για μερικές ώρες. Σε αυτές τις ημέρες, ο συνδυασμός της άφθονης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και της περιορισμένης ζήτησης μπορεί να προκαλέσει πλεόνασμα διαθέσιμης ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα και να οδηγήσει σε αρνητικές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, σε περίπτωση που η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια δεν μπορεί να απορροφηθεί από τους τελικούς χρήστες, οι παραγωγοί ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να υποχρεωθούν να μειώσουν την έγχυση ενέργειας στο δίκτυο, προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος black-out (European Parliament, 2018).

**Πίνακας 3.1:** Χώρες της ΕΕ όπου η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές υπερβαίνει το χαμηλότερο επίπεδο ζήτησης. Οι τιμές του πίνακα αναφέρονται στο έτος 2017 (European Parliament, 2018)

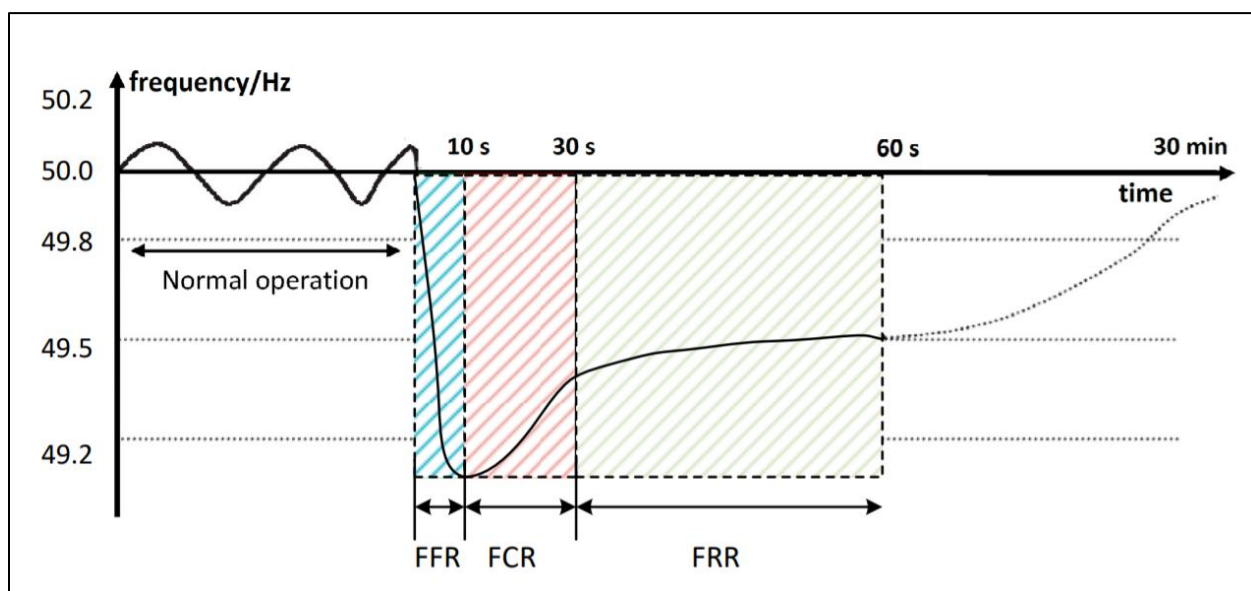
Country	Intermittent renewable electricity generation capacity	Highest electricity load	Lowest electricity load	Ratio of intermittent renewable capacity to load	
	MW			Highest load (%)	Lowest load (%)
BG	4032	7690	2739	52	147
CZ	4235	10900	4360	39	97
DE	110041	78710	35085	140	314
FI	7127	14374	5916	50	120
FR	48653	94497	30199	51	161
GB	37170	63626	21296	58	175
GR	8220	9674	3404	85	241
HR	2760	3079	1305	90	211
IE	3696	4907	1938	75	191
IT	55718	56584	19045	98	293
NL	8426	18620	7490	45	112
SE	26137	26224	8905	100	294
SI	1446	2270	937	64	154
SK	2680	4541	2320	59	116

Ευθύνη των διαχειριστών του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι η διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης ενέργειας ανά πάσα στιγμή. Συνήθως ο διαχειριστής διατηρεί σταθερό το επίπεδο συχνότητας στα 50 Hz ρυθμίζοντας την παροχή ή όχι ενέργειας στο δίκτυο. Ενεργεί ως μοναδικός αγοραστής και προμηθεύεται τα απαραίτητα αποθέματα ενέργειας ώστε να μπορεί να ενεργοποιεί τους μηχανισμούς εξισορρόπησης σε περίπτωση αποκλίσεων συχνότητας (Poplavskaya and de Vries, 2019).

Οι μηχανισμοί εξισορρόπησης ενεργοποιούνται όταν εμφανίζεται κάποιο συμβάν μεγάλης και απότομης ανισορροπίας μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης στο σύστημα. Ο πρώτος μηχανισμός είναι η ταχεία απόκριση συχνότητας (Fast Frequency Response - FFR), η οποία ενεργοποιείται δευτερόλεπτα μετά από μια διαταραχή. Μετά την FFR ενεργοποιούνται οι εφεδρείες συγκράτησης συχνότητας (Frequency Containment Reserves - FCR) που στόχο



έχουν να σταθεροποιήσουν τη συχνότητα εντός ενός συγκεκριμένου εύρους. Στη συνέχεια προκειμένου να αποκατασταθεί η συχνότητα στην ονομαστική της τιμή των 50 Hz, ενεργοποιούνται οι εφεδρείες αποκατάστασης συχνότητας (Frequency Restoration Reserves - FRR). Αυτοί οι τρεις μηχανισμοί ενεργοποιούνται διαδοχικά και διαφέρουν ανάλογα με την ταχύτητα και τη διάρκεια ενεργοποίησής τους. Οι χρόνοι ενεργοποίησης και οι απαιτήσεις που επιβάλλονται για τα τρία στάδια διαφέρουν και κυμαίνονται από δευτερόλεπτα έως λεπτά ή ακόμη και ώρες. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μία τυπική καμπύλη απόκρισης συχνότητας μετά από μια μεγάλη διαταραχή στο σύστημα και οι αντίστοιχοι χρόνοι ενεργοποίησης των μηχανισμών εξισορρόπησης (*Poplavskaya and de Vries, 2019; Sandelic et al., 2018*).

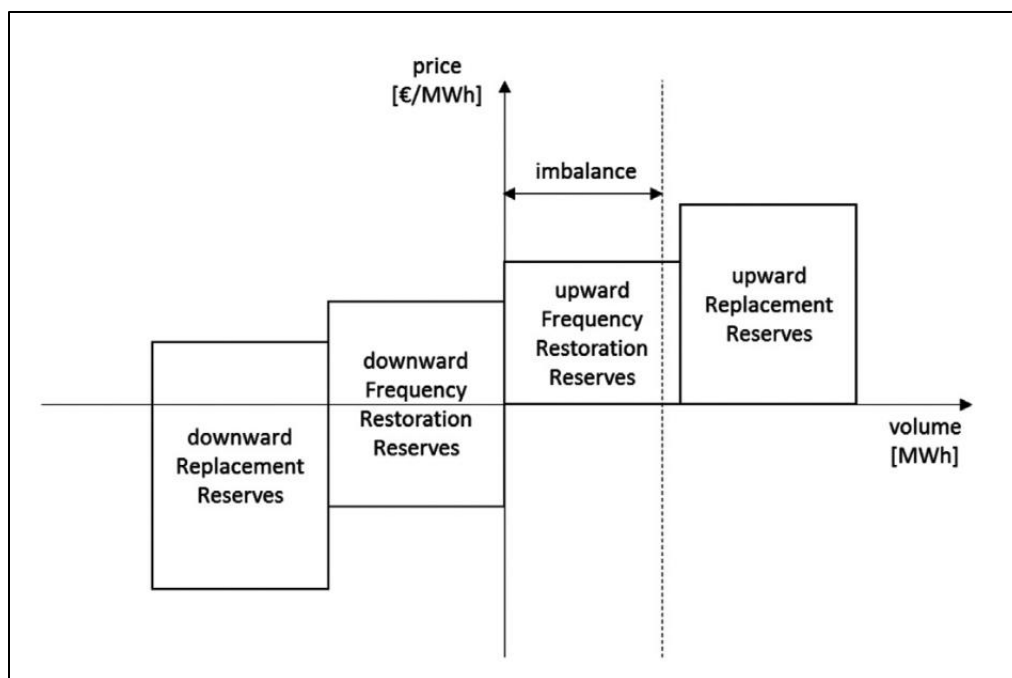


**Σχήμα 3.2:** Μηχανισμοί ρύθμισης συχνότητας και χρόνοι ενεργοποίησής τους. (*Sandelic et al., 2018*)

Συγκεκριμένα στην Ελλάδα τα βασικά προϊόντα ισχύος εξισορρόπησης είναι η ανοδική και καθοδική Εφεδρεία Συγκράτησης Συχνότητας (Frequency Containment Reserve, FCR), η ανοδική και καθοδική χειροκίνητη (μη αυτόματη) Εφεδρεία Αποκατάστασης Συχνότητας (manual Frequency Restoration Reserve – mFRR), και η ανοδική και καθοδική αυτόματη Εφεδρεία Αποκατάστασης Συχνότητας (automatic Frequency Restoration Reserve – aFRR). Η αποζημίωση των συμμετεχόντων για την ποσότητα ισχύος εξισορρόπησης που τους αντιστοιχεί υπολογίζεται βάσει της τιμής προσφοράς (pay-as-bid) και οι συμμετέχοντες είναι υποχρεωμένοι να δεσμεύσουν την αντίστοιχη ισχύ προκειμένου να διατηρείται ασφαλές περιθώριο για την

εξισορρόπηση του συστήματος σε πραγματικό χρόνο. Η περίοδος κατανομής και εκκαθάρισης της αγοράς εξισορρόπησης είναι 15 λεπτά (ΑΔΜΗΕ, 2020b).

Οι μηχανισμοί εξισορρόπησης χρησιμοποιούνται είτε για να αυξήσουν είτε για να μειώσουν την παραγωγή ενέργειας ανάλογα με το αν υπάρχει πλεόνασμα ή έλλειμμα ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα. (Poplavskaya and de Vries, 2019). Σε περίπτωση αρνητικής απόκλισης, δηλαδή όταν υπάρχει έλλειμμα ηλεκτρικής ενέργειας, ο Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς ενεργοποιεί την ανοδική εφεδρεία (αύξηση παραγωγής). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια θετική τιμή και ο Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς πληρώνει τον πάροχο υπηρεσιών εξισορρόπησης. Πρώτα ενεργοποιείται η ταχεία ανοδική εφεδρεία αποκατάστασης συχνότητας (Frequency Restoration Reserves – FRR), η οποία περιλαμβάνει προσφορές μονάδων παραγωγής και προσφορές ευελιξίας ζήτησης. Στη συνέχεια ενεργοποιείται η βραδεία απόκριση εφεδρειών αντικατάστασης (Replacement Reserves – RR), η οποία περιλαμβάνει προσφορές μονάδων παραγωγής και πιθανώς μη εγγυημένη εφεδρεία έκτακτης ανάγκης από τους Διαχειριστές Συστημάτων Μεταφοράς. Σε περίπτωση θετικής απόκλισης, δηλαδή όταν υπάρχει πλεόνασμα ισχύος, ο Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς ενεργοποιεί στις καθοδικές εφεδρείες (μείωση παραγωγής), οι οποίες μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα θετικές ή αρνητικές τιμές. Συνεπώς είτε ο πάροχος υπηρεσιών εξισορρόπησης πληρώνει το Διαχειριστή Συστήματος Μεταφοράς είτε ο Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς πληρώνει τον πάροχο υπηρεσιών εξισορρόπησης. Η καθοδική εφεδρεία παρέχεται είτε με ταχεία ενεργοποίηση της εφεδρείας αποκατάστασης συχνότητας (Frequency Restoration Reserves - FRR), μέσω προσφορών μονάδων παραγωγής και με βραδεία ενεργοποίηση απόκρισης εφεδρειών αντικατάστασης (Replacement Reserves – RR), είτε μέσω ελεύθερων προσφορών είτε αξιοποιώντας την εφεδρεία έκτακτης ανάγκης των Διαχειριστών συστημάτων μεταφοράς γειτονικών χωρών. Η καθοδική εφεδρεία αντιπροσωπεύει στην πραγματικότητα τους παραγωγούς που είναι πρόθυμοι να μειώσουν την παραγωγή τους. Σε περίπτωση που ο πάροχος υπηρεσιών εξισορρόπησης έχει πλεόνασμα προμήθειας (θετικές τιμές ανισορροπίας), ο Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς τον αποζημιώνει. Ωστόσο, σε περίπτωση ελλείματος του υπόχρεου εξισορρόπησης, προκύπτουν αρνητικές τιμές ανισορροπίας, δηλαδή αποζημιώνει ο πάροχος υπηρεσιών εξισορρόπησης το Διαχειριστή του Συστήματος Μεταφοράς (Brijs et al., 2015).



**Σχήμα 3.3** Ενεργοποίηση της Εφεδρείας εξισορρόπησης σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Δίκτυο Διαχειριστών Συστημάτων Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ENTSO-E). (Brijs et al., 2015)

Μέχρι πρόσφατα οι εφεδρείες καλύπτονταν από τις συμβατικές μονάδες παραγωγής. Για το λόγο αυτό η σταδιακή απόσυρση των συμβατικών μονάδων και η αντικατάστασή τους με μονάδες ΑΠΕ, των οποίων η παραγωγή δεν μπορεί να ακολουθήσει τη ζήτηση, αποτελεί πρόκληση για την ισορροπία μεταξύ παραγωγής και ζήτησης και τη σταθερότητα του συστήματος. Χρειάζεται λοιπόν να αναζητηθούν νέες πηγές εφεδρειών εξισορρόπησης (Sandelic et al., 2018).

Μια αποτελεσματική μέθοδος για τη μείωση του φορτίου αιχμής και την αποκατάσταση της συχνότητας του δικτύου είναι η απόκριση στη ζήτηση (Wu and Tang, 2019). Με τη βοήθεια προηγμένων τεχνολογιών μέτρησης, μερικές ηλεκτρικές συσκευές μπορούν είτε να αυξομειώσουν την ισχύ κατανάλωσης είτε να μετατοπίσουν τα φορτία κατανάλωσής τους, συμβάλλοντας στον έλεγχο της συχνότητας (Bao et al., 2017).

### **3.2 Επιχειρηματικά μοντέλα για τη βιώσιμη ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας**

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται κάποια επιχειρηματικά μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση των τεχνικών προκλήσεων που προκύπτουν από την ολοένα αυξανόμενη διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα και την εξασφάλιση μιας βιώσιμης ενσωμάτωσης τους σε αυτό. Πιο συγκεκριμένα αναλύεται η συμβολή της λειτουργίας των αγορών του Χρηματιστηρίου Ενέργειας, η εφαρμογή διαγωνιστικών διαδικασιών για τον καθορισμό της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας, το σχήμα της αυτοπαραγωγής-ιδιοκατανάλωσης, οι συνέργειες με την ηλεκτροκίνηση και τα σχετικά νέα μοντέλα των εταιρικών συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας και των εικονικών σταθμών παραγωγής.

- **Συμμετοχή των παραγωγών στο Χρηματιστήριο Ενέργειας**

Βασικό εργαλείο για την εξισορρόπηση παραγωγής και ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι η λειτουργία υπο-αγορών ηλεκτρικής ενέργειας που θα συμμετέχουν στο χρηματιστήριο ενέργειας βάσει των κατευθυντήριων γραμμών του target model.

Το Χρηματιστήριο Ενέργειας ορίζεται ευρέως ως μια ανταγωνιστική διαδικασία σχεδιασμένη για ενεργειακά προϊόντα όπως η ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο. Σε γενικές γραμμές, τα χρηματιστήρια ενέργειας διέπονται από παρόμοιους λειτουργικούς μηχανισμούς και κανόνες, ανεξάρτητα από τη χώρα στην οποία λειτουργούν. Ένα βασικό τους χαρακτηριστικό είναι ότι παρέχουν μια αγορά όπου οι διάφορες μορφές ενέργειας ή χρηματοπιστωτικά προϊόντα που σχετίζονται με την ενέργεια διαπραγματεύονται βάσει τυποποιημένων χαρακτηριστικών, ποιότητας και όρων συναλλαγής. Σε μια τέτοια αγορά, οι πωλητές αλληλεπιδρούν με τους αγοραστές και μέσω ειδικών και διαφανών διαδικασιών ο νόμος της προσφοράς και της ζήτησης διαμορφώνει την τιμή εκκαθάρισης της αγοράς (*Ioannidis et al., 2019*). Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να συμμετέχει στο Χρηματιστήριο ενέργειας μέσω των τεσσάρων αγορών που αναπτύχθηκαν στην ενότητα 2.3.

Στην Ελλάδα έχει θεσμοθετηθεί η λειτουργία διακριτών αγορών Ηλεκτρικής Ενέργειας όπως αναλύθηκε εκτενέστερα στην ενότητα 2.3 και το Χρηματιστήριο ενέργειας συστάθηκε το 2018 (*ΦΕΚ 185Α, 2016; ΦΕΚ 4512Α, 2018*). Έχει αναπτυχθεί πλήρες χρονοδιάγραμμα για την έναρξη της λειτουργίας των αγορών του Χρηματιστηρίου ενέργειας και σε συνέχεια της παράτασης που έχει δοθεί, έως καταληκτική ημερομηνία έναρξης προβλέπεται η 1 Νοεμβρίου του 2020 (*2853Β, 2020; ΠΑΕ, 2020*).

- **Διαγωνιστικές διαδικασίες**

Οι διαγωνιστικές διαδικασίες για τον καθορισμό της τιμής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό επιχειρηματικό μοντέλο για την ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα που ήδη εφαρμόζεται σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Έχει αποδειχθεί στην πράξη ότι η υποβολή προσφορών πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας έχει τα βέλτιστα αποτελέσματα για την προώθηση των ΑΠΕ, σε σύγκριση με άλλους μηχανισμούς όπως τα τιμολόγια feed-in tariff, καθώς οι χώρες που διεξάγουν διαγωνιστικές διαδικασίες για τον καθορισμό της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας έχουν κατά μέσο όρο μεγαλύτερη αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στο ενεργειακό τους μείγμα (*Bento et al., 2020*).

Οι διαγωνιστικές διαδικασίες αποτελούν ένα μηχανισμό μέσω του οποίου ζητείται η παροχή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας ή ισχύος από πωλητές, που υποβάλλουν προσφορές βάσει της χαμηλότερης τιμής στην οποία θα ήταν πρόθυμοι να διαθέσουν την παραγόμενη ενέργεια ή ισχύ τους. Αυτές οι δημοπρασίες ανάλογα με τις τεχνολογίες στις οποίες απευθύνονται μπορούν να ταξινομηθούν σε: (α) κοινές, όπου διαφορετικές τεχνολογίες ανταγωνίζονται μεταξύ τους, (β) ειδικές, όπου διαφορετικά έργα που χρησιμοποιούν τις ίδιες τεχνολογίες ΑΠΕ ανταγωνίζονται μεταξύ τους και σε (γ) δημοπρασίες για συγκεκριμένο έργο, όπου οι υποψήφιοι ανταγωνίζονται για ένα συγκεκριμένο έργο που επιλέγεται από την κυβέρνηση. Τα τελευταία χρόνια οι ανταγωνιστικές διαδικασίες έχουν εξελιχθεί στον ταχύτερα αναπτυσσόμενο μηχανισμό προώθησης των ΑΠΕ παγκοσμίως (*Bento et al., 2020*).

Στην Ελλάδα η διενέργεια μόνιμων ανταγωνιστικών διαδικασιών υποβολής προσφορών έργων ΑΠΕ προβλέφθηκε το 2016 με τον Ν.4414/2016 (*ΦΕΚ149Α, 2016*) και η ανάπτυξη ειδικών και κοινών διαγωνιστικών διαδικασιών βρίσκεται ήδη σε εξέλιξη. Πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα έχουν διεξαχθεί έως και σήμερα 8 κύκλοι ειδικών ανταγωνιστικών διαδικασιών υποβολής προσφορών, εκ των οποίων ο ένας ήταν πιλοτικός, και οι 2 ήταν κοινές (*ΡΑΕ, 2020α, 2020β, 2019α, 2019β, 2018α, 2018β, 2016*). Τα αποτελέσματα αυτών παρουσιάζονται στον πίνακα 3.2. Βάσει του Εθνικού Σχεδιασμού για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) η αξιολόγηση του σχήματος των διαγωνιστικών διαδικασιών εντός του έτους 2020 αναμένεται να δώσει σαφείς κατευθύνσεις αναφορικά με τη διεύρυνσή τους, την περαιτέρω ομογενοποίησή τους και τον καθορισμό ενός χρονικά σταθερού πλαισίου διενέργειάς τους με προκαθορισμένα μεγέθη δημοπρατούμενης ισχύος. Στόχος είναι η σταδιακή μετάβαση σε ένα καθεστώς που οι σταθμοί ΑΠΕ θα λειτουργούν χωρίς την ανάγκη λειτουργικής ενίσχυσης (*ΕΣΕΚ, 2019*).

**Πίνακας 3.2:** Ανταγωνιστικές διαδικασίες υποβολής προσφορών για τον καθορισμό της τιμής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας (ΡΑΕ, 2020α, 2020β, 2019α, 2019β, 2018α, 2018β, 2016).

Περίοδος διαγωνισμού	Τεχνολογία	Ισχύς κατηγορίας	Ισχύς έργων που επιλέχθηκαν (MW)	Ανώτερη τιμή αναφοράς (€/MWh)	Κατώτερη τιμή αναφοράς (€/MWh)
2016 (πιλοτική)	Φ/Β εγκαταστάσεις	$P_{PV} \leq 1MW$	4,8	104	94,97
		$1MW < P_{PV} \leq 20MW$	35,12	88	79,97
Ιούλιος 2018	Φ/Β εγκαταστάσεις	$P_{PV} \leq 1MW$	53,48	80	75,87
		$1MW < P_{PV} \leq 20MW$	52,92	71	62,97
	Αιολικές εγκαταστάσεις	$3MW < P_{WIND} \leq 50MW$	170,93	71,93	68,18
Δεκέμβριος 2018	Φ/Β εγκαταστάσεις	$P_{PV} \leq 1MW$	61,94	68,99	63
		$1MW < P_{PV} \leq 20MW$ (ματαιώθηκε)	85,99	71,91	63
	Αιολικές εγκαταστάσεις	$3MW < P_{WIND} \leq 50MW$	159,65	65,37	55
Απρίλιος 2019	Κοινή Ανταγωνιστική Διαδικασία		437,78	64,72	53
Ιούλιος 2019	Φ/Β εγκαταστάσεις	$P_{PV} \leq 20MW$	142,88	67,7	61,95
	Αιολικές εγκαταστάσεις	$P_{WIND} \leq 50MW$	179,55	69,18	59,09
Δεκέμβριος 2019	Φ/Β εγκαταστάσεις	$P_{PV} \leq 20MW$	105,09	65,99	53,82
	Αιολικές εγκαταστάσεις	$P_{WIND} \leq 50MW$	224	61,94	55,77
Απρίλιος 2020	Κοινή Ανταγωνιστική Διαδικασία		508,35	54,82	49,10
Ιούλιος 2020	Φ/Β εγκαταστάσεις	$P_{PV} \leq 20MW$	141,93	62,45	45,84
	Αιολικές εγκαταστάσεις	$P_{WIND} \leq 50MW$	471,83	57,7	53,86

- **Σχήμα Αυτοπαραγωγής - Ιδιοκατανάλωσης**

Με το σχήμα αυτοπαραγωγής και ιδιοκατανάλωσης παράγεται ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, η οποία καταναλώνεται τοπικά από τον ίδιο τον παραγωγό, ενώ η περίσσεια της διαχέεται στο δίκτυο. Ιδιαίτερα διαδεδομένο εργαλείο προώθησης της αυτοπαραγωγής είναι η αυτοπαραγωγή με ενεργειακό συμψηφισμό (net-metering). Το net-metering λειτουργεί ως εξής. Οι καταναλωτές εγκαθιστούν μια μονάδα ΑΠΕ που συνδέεται με το δίκτυο και μέσω της παραγωγής της καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος των ιδιοκαταναλώσεών τους. Σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι η κατανάλωση δεν χρειάζεται να ταυτοχρονίζεται με την παραγωγή, καθώς το δίκτυο λειτουργεί έμμεσα σαν μια μονάδα αποθήκευσης. Στο τέλος μιας ορισμένης περιόδου μέτρησης γίνεται συμψηφισμός της συνολικής παραγόμενης και καταναλισκόμενης ενέργειας (HELAPCO, 2020).

Η αυτοπαραγωγή δύναται να διευκολύνει την ενσωμάτωση των μεταβλητών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο και να μειώσει το συνολικό κόστος ενσωμάτωσης των ΑΠΕ στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω της μετατόπισης φορτίου. Ωστόσο, για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται να συνδυαστεί με προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση και συστήματα αποθήκευσης ενέργειας. Επίσης, για την πλήρη αξιοποίηση του δυναμικού της αυτοκατανάλωσης απαιτούνται περαιτέρω τεχνικές λύσεις, όπως είναι η χρήση εξελιγμένων τεχνολογιών πληροφόρησης και τηλεπικοινωνιών ή η χρήση έξυπνων αλγορίθμων φόρτισης μπαταρίας. Με αυτό τον τρόπο θα εξασφαλιστεί η απαραίτητη ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του δικτύου και των «prosumers» (παραγωγοί και καταναλωτές ταυτόχρονα), συμβάλλοντας στην ομαλή ενσωμάτωση της μεταβλητής παραγωγής στο δίκτυο. (Dehler et al., 2017).

Στην Ελλάδα υπάρχουν σε εφαρμογή τα σχήματα αυτοπαραγωγής ενεργειακού συμψηφισμού και εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού. Ο εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός αποτελεί μια παραλλαγή του ενεργειακού συμψηφισμού στην οποία, μπορούν να υπάρχουν περισσότερες από μία εγκαταστάσεις κατανάλωσης και δεν χρειάζεται αυτές να βρίσκονται στον ίδιο ή όμορο χώρο με το σταθμό παραγωγής ούτε να συνδέονται ηλεκτρικά με την παροχή του σταθμού παραγωγής (ΦΕΚ149Α, 2016). Το κανονιστικό πλαίσιο λειτουργίας των σχημάτων αυτών έχει ήδη επικαιροποιηθεί λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνολογικές εξελίξεις και από το 2019 είναι πλέον δυνατή και η εγκατάσταση μονάδων αποθήκευσης σε συνδυασμό με συστήματα αυτοπαραγωγής (ΔΕΔΔΗΕ, 2019; ΦΕΚ 759Β, 2019). Ο στόχος που έχει τεθεί από το ΕΣΕΚ της Ελλάδας είναι η συνεχής τροποποίηση και προσαρμογή των εφαρμοζόμενων σχημάτων ενεργειακού συμψηφισμού με γνώμονα την εύρυθμη λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου και την οικονομική αποδοτικότητα του ενεργειακού συστήματος, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα τη

δυνατότητα των καταναλωτών να συμμετέχουν σε τέτοιου είδους σχήματα, χωρίς δυσανάλογα τεχνικά ή οικονομικά εμπόδια. Έχει τεθεί επίσης ο ποσοτικός στόχος των 500 MW για την υλοποίηση συστημάτων αυτοπαραγωγής για κάλυψη ιδίων αναγκών μέχρι το έτος 2030 (ΕΣΕΚ, 2019).

- **Συνέργειες με ηλεκτροκίνηση**

Η υψηλή διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων, εκτός από τα υπόλοιπα περιβαλλοντικά οφέλη που προσφέρει δύναται να συμβάλλει και στην ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα υφιστάμενα ηλεκτρικά δίκτυα (Michela Longo, 2019). Πιο συγκεκριμένα, τα συνδεδεμένα με το δίκτυο ηλεκτρικά οχήματα βελτιώνουν τη σταθερότητα του ηλεκτρικού συστήματος συμβάλλοντας έτσι στην ισορροπία μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης, με το να φορτίζουν τις μπαταρίες τους όταν υπάρχει πλεόνασμα παραγόμενης ενέργειας από αιολικούς ή φωτοβολταϊκούς σταθμούς (Osório et al., 2018).

Επίσης, οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της ηλεκτροκίνησης οδήγησαν στη δημιουργία της έννοιας της σωρευτικής εκπροσώπησης των ηλεκτρικών οχημάτων στο ηλεκτρικό δίκτυο, δημιουργώντας, ανταγωνιστικές στρατηγικές ελεγχόμενης φόρτισης-εκφόρτισης. Με την τεχνολογία V2G (Vehicle to Grid), δίνεται η δυνατότητα αμφίδρομης ροής ενέργειας μεταξύ του ηλεκτρικού αυτοκινήτου και του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και με αυτό τον τρόπο η μπαταρία του αυτοκινήτου μπορεί να παρέχει ενέργεια στο δίκτυο σε στιγμές υψηλής ζήτησης. Κύριος στόχος των V2G είναι ο συντονισμός της φόρτισης και εκφόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων (Solanke et al., 2020). Προβλέπεται ότι στο μέλλον, όταν ένας μεγάλος αριθμός ηλεκτρικών οχημάτων θα συνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο, θα είναι εφικτή η ανάπτυξη ενός μαζικού προγραμματισμού φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων κατά τις ώρες με μεγάλη παραγωγή ΑΠΕ (Osório et al., 2018). Αυτός ο μαζικός προγραμματισμός θα βασίζεται στην προσαρμογή της τιμής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας ούτως ώστε να αποτρέπει τους καταναλωτές από το να φορτίζουν τα ηλεκτρικά τους οχήματα σε ώρες αιχμής (Solanke et al., 2020).

Τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν επίσης να προσφέρουν βοηθητικές υπηρεσίες, στις οποίες περιλαμβάνεται ο πρωτογενής και δευτερογενής έλεγχος της συχνότητας του δικτύου. Ο πρωτογενής έλεγχος μειώνει την απόκλιση της συχνότητας ενώ ο δευτερογενής έλεγχος συμβάλλει στην εξισορρόπηση μεταξύ προσφοράς και ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (Osório



*et al., 2018*). Το V2G έχει μάλιστα ταχύτερους χρόνους απόκρισης σε σχέση με τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας (*Solanke et al., 2020*).

Στην Ελλάδα έχει ξεκινήσει η προώθηση της ηλεκτροκίνηση και τα τελευταία χρόνια έχει ληφθεί μια σειρά μέτρων για την ενίσχυση της αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων και της εγκατάστασης σταθμών φόρτισης, όπως αναλύεται εκτενέστερα στην ενότητα 9.2. Σύμφωνα με το ΕΣΕΚ προβλέπεται ότι στην Ελλάδα θα υποστηριχθούν καινοτόμες δράσεις όσον αφορά την ηλεκτροκίνηση και τις στρατηγικές φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ θα δοθεί έμφαση στην χρήση ΑΠΕ για την φόρτισή τους (*ΕΣΕΚ, 2019*).

- **Σύναψη εταιρικών συμβάσεων (Corporate PPAs)**

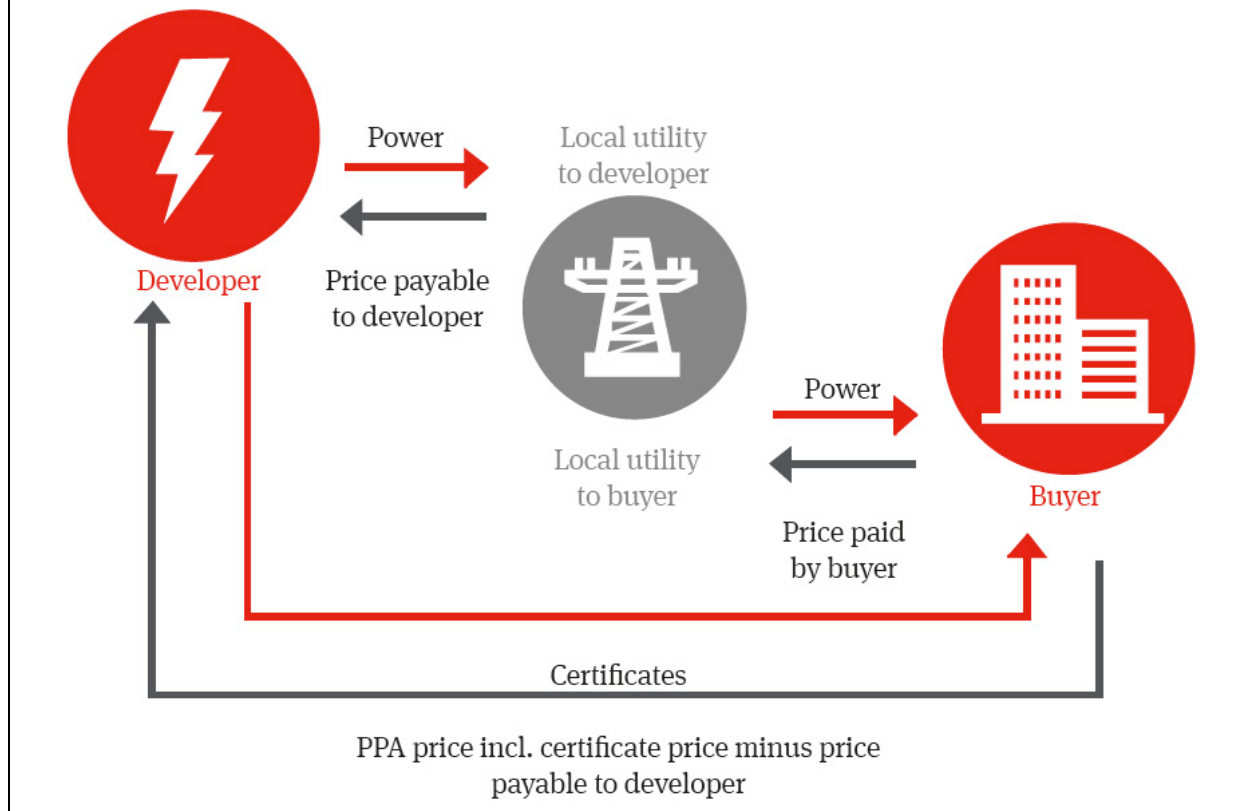
Ένα άλλο επιχειρηματικό μοντέλο το οποίο δύναται να ενισχύσει και να επιταχύνει την ανάπτυξη σταθμών παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας είναι η εφαρμογή εταιρικών συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας (Power Purchase Agreements, PPAs) (*Mendicino et al., 2019*).

Η εταιρική σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί μια μακροπρόθεσμη σύμβαση βάσει της οποίας μια επιχείρηση συμφωνεί να αγοράζει ηλεκτρική ενέργεια απευθείας από έναν παραγωγό ενέργειας σε μια προκαθορισμένη τιμή για μια προκαθορισμένη χρονική περίοδο. Αυτό το είδος συμβάσεων διαφέρει από την παραδοσιακή προσέγγιση της απλής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από εξουσιοδοτημένους προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας (*Mendicino et al., 2019*). Μέσω των PPAs επωφελούνται τόσο οι καταναλωτές όσο και οι προμηθευτές. Από τη μία ο ενδιαφερόμενος καταναλωτής αποφεύγει τις διακυμάνσεις των τιμών της αγοράς υπογράφοντας ένα μακράς διάρκειας συμβόλαιο αγοράς πράσινης ενέργειας, ενώ από την άλλη ο παραγωγός διασφαλίζει μια σταθερή τιμή μειώνοντας το ρίσκο του (*Ψωμάς, 2019*).

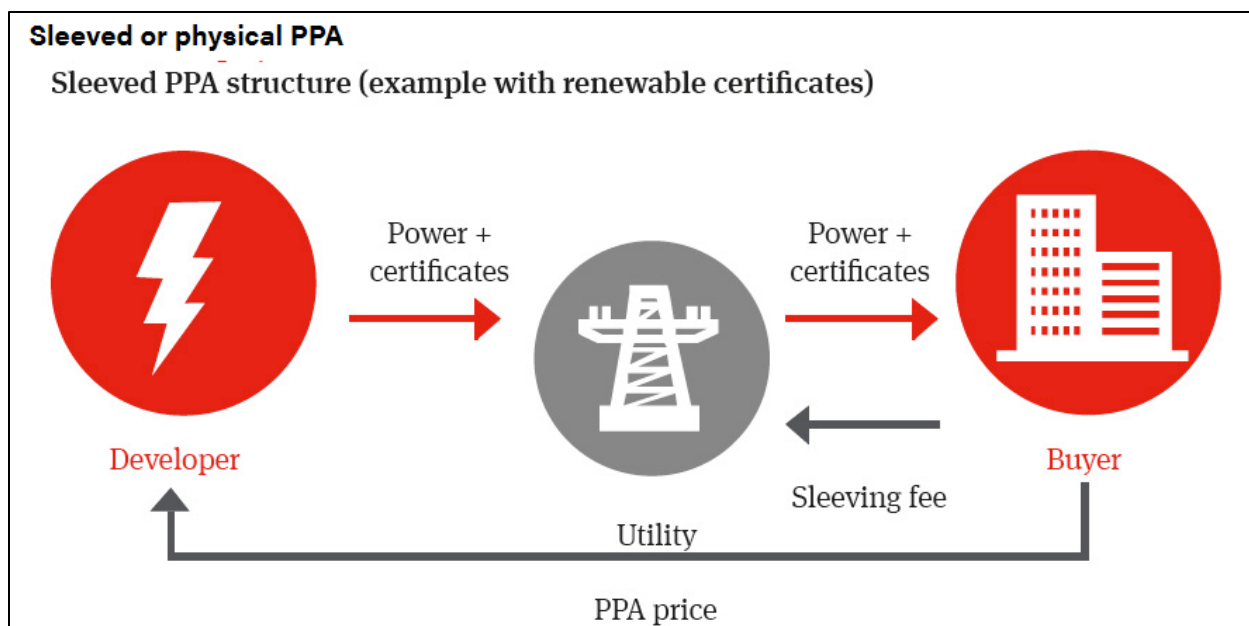
Οι εταιρικές συμβάσεις πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να χωριστούν σε δύο τύπους τα *synthetic/ virtual PPAs* και τα *sleeved or physical PPAs*. Στον πρώτο τύπο τα συμβαλλόμενα μέρη συμφωνούν μια τιμή, και οι ροές πληρωμών καθορίζονται συγκρίνοντας αυτή την τιμή με την τιμή της αγοράς. Όταν η τιμή της αγοράς είναι υψηλότερη από την συμφωνημένη τιμή, ο παραγωγός πληρώνει τη διαφορά στον αγοραστή, ενώ όταν η τιμή αναφοράς της αγοράς είναι χαμηλότερη, ο αγοραστής πληρώνει τη διαφορά στον παραγωγό. Ο δεύτερος τύπος συνήθως αφορά μια άμεση σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ του αγοραστή και του παραγωγού. Σε αυτή την περίπτωση η εταιρεία-αγοραστής συνάπτει συμφωνία με τον παραγωγό, η οποία του δίνει τη δυνατότητα να καταναλώνει την ενέργεια που αγοράζει από τον παραγωγό προς όφελος της ίδιας (*Hedges, 2017*).

### Synthetic or virtual PPAs

Synthetic PPA structure (example with renewable certificates)



**Σχήμα 3.4:** Απεικόνιση του μοντέλου *virtual PPA* (Hedges, 2017)



**Σχήμα 3.5:** Απεικόνιση του μοντέλου *sleeved PPA* (Hedges, 2017)

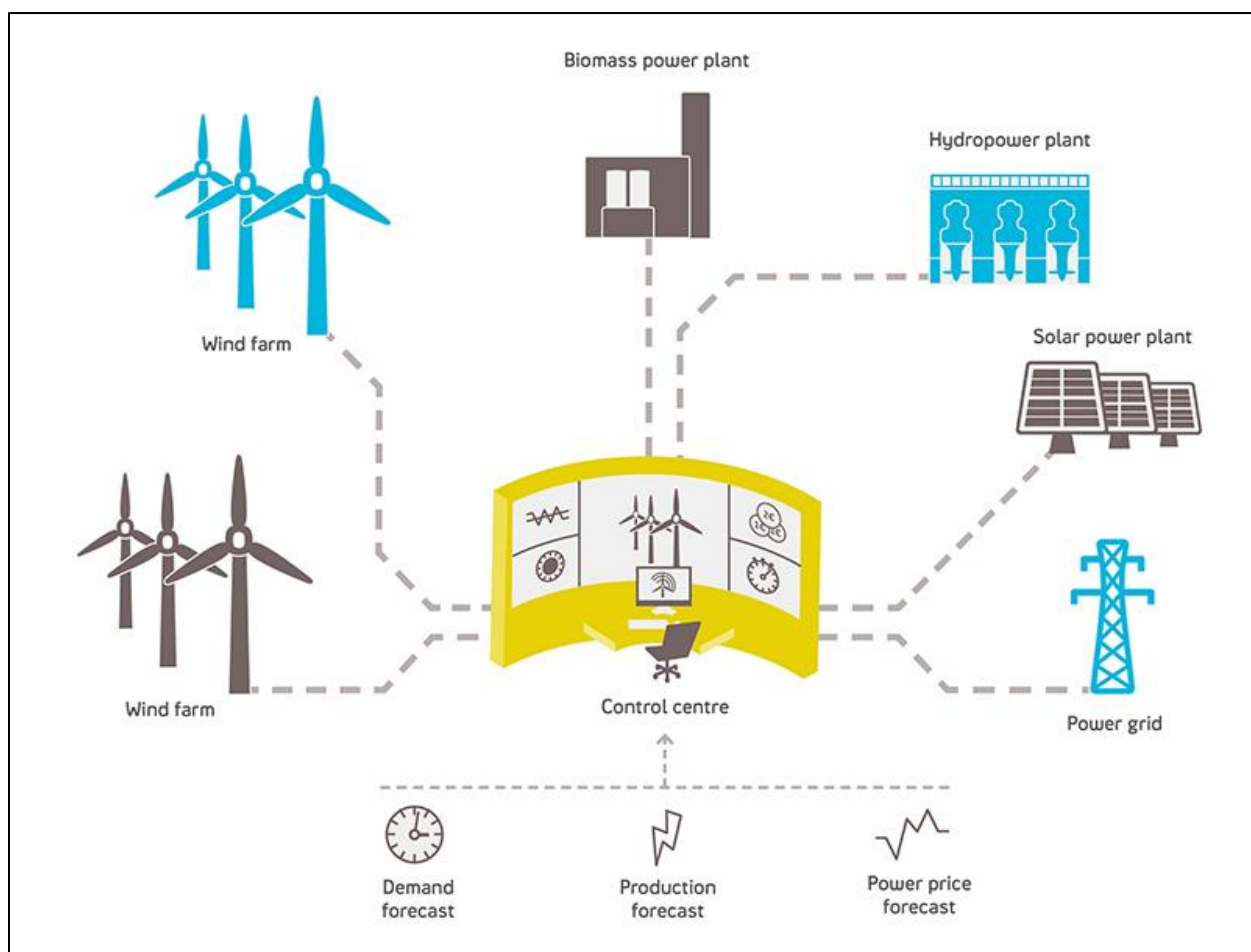
Στην Ευρώπη το κυριάρχο μοντέλο είναι το *sleeved*, σε αντίθεση με τις ΗΠΑ όπου είναι προτιμητέο το *synthetic PPA*. Στην Ελλάδα δεν έχει εφαρμοστεί ακόμα το μοντέλο της σύναψης εταιρικών συμβάσεων, ωστόσο καταλληλότερο για την χώρα προβλέπεται ότι θα είναι το *sleeved PPA* (Ψωμάς, 2019).

- **Εικονικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Virtual power plants-VPP)**

Ένα ακόμη μοντέλο που μπορεί να αξιοποιηθεί για την επιτυχή ενσωμάτωση των ΑΠΕ είναι οι εικονικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι εικονικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι κέντρα ελέγχου που διαχειρίζονται δεδομένα ενεργειακών πόρων προερχόμενα από διάφορες διεσπαρμένες πηγές που δεν είναι απαραίτητο να μοιράζονται μεταξύ τους φυσική σύνδεση, όπως για παράδειγμα φωτοβολταϊκών σταθμών, μονάδων αποθήκευσης ή συνδεδεμένων με το δίκτυο οικιακών συστημάτων κλπ. Αυτά τα κέντρα δεδομένων χρησιμοποιούν διάφορες τεχνολογίες επικοινωνίας και αισθητήρων για τη συλλογή δεδομένων, με αποτέλεσμα να μπορούν να παρακολουθούν και να ελέγχουν απομακρυσμένα τη διαθέσιμη ενέργεια κάθε διεσπαρμένης μονάδας. Με την ενσωμάτωση διαφορετικών πηγών ενέργειας, οι εικονικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επιτρέπουν την αξιόπιστη τροφοδοσία του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Αυξημένο ενδιαφέρον για τους εικονικούς

σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχουν ήδη επιδείξει αρκετές χώρες, όπως η Γερμανία, η Αυστραλία, καθώς και ορισμένες σκανδιναβικές χώρες (Najafi, 2017).

Στην Ελλάδα δεν έχει εφαρμοστεί ακόμα το μοντέλο των εικονικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ούτε έχει δρομολογηθεί η ένταξή τους στους μελλοντικούς στόχους του Εθνικού Ενεργειακού Σχεδιασμού.

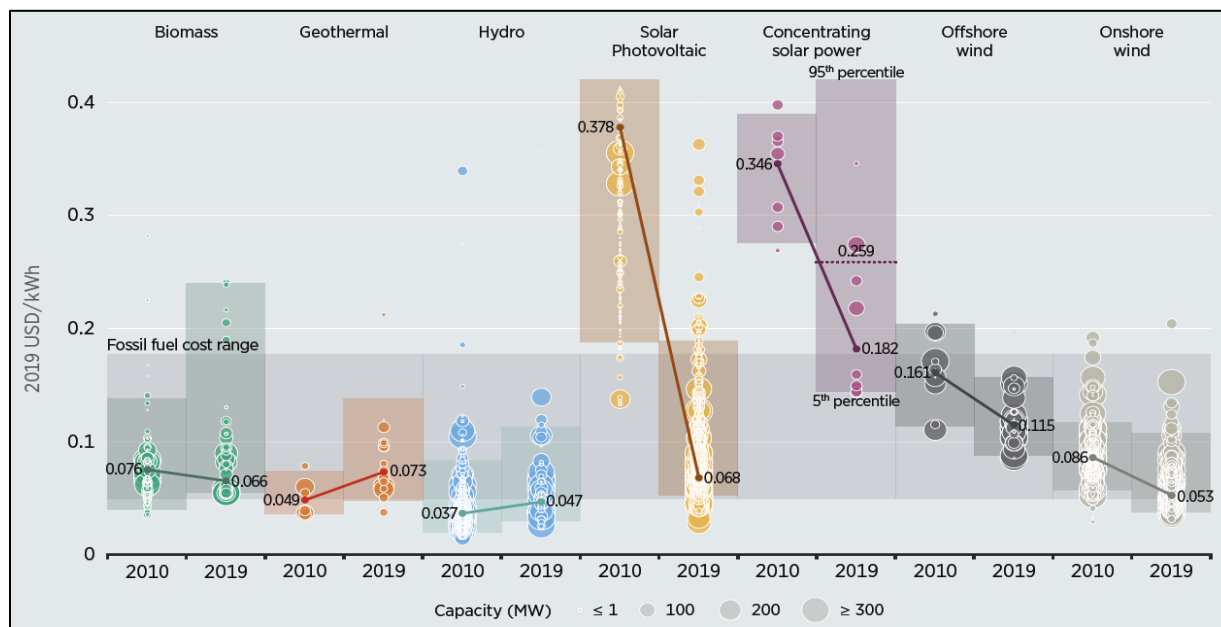


**Σχήμα 3.6:** Απεικόνιση ενός εικονικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. (Najafi, 2017)

## 4. ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΣΕ ΕΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΙΣ ΑΠΕ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥΣ

### 4.1. Κόστη ενεργειακής μετάβασης

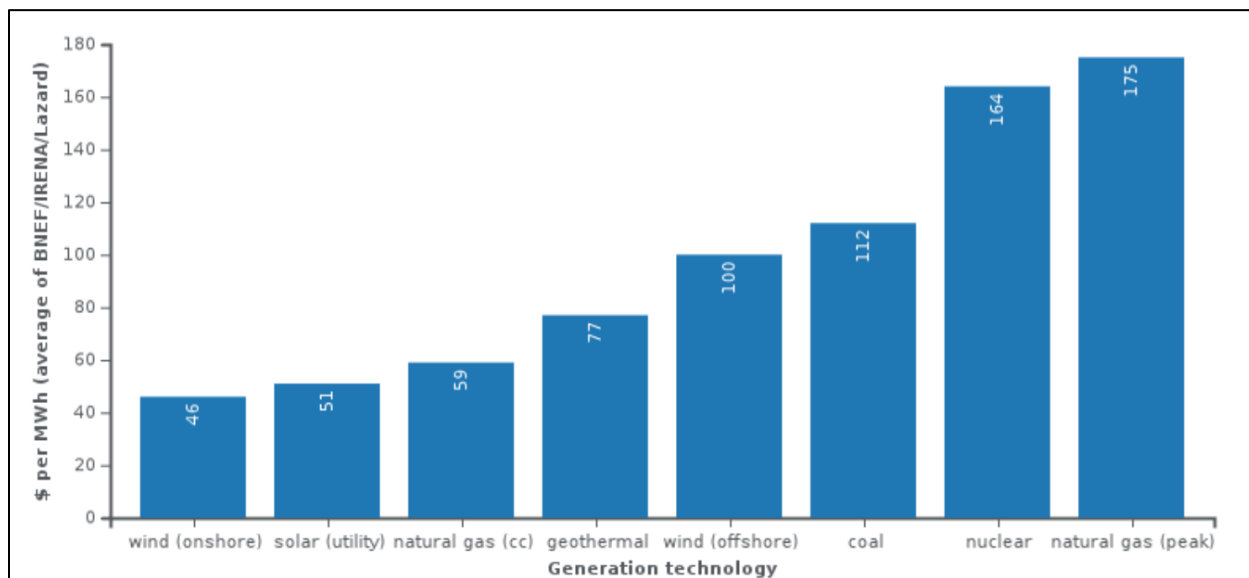
Η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές επηρεάζει σημαντικά τη διαμόρφωση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό διαπιστώθηκε ήδη από τη λειτουργία των πρώτων σταθμών ΑΠΕ και οφειλόταν στο γεγονός ότι το κόστος παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ήταν υψηλότερο από το κόστος της συμβατικής παραγωγής ενέργειας (Haas et al., 2013; Omic, 2019). Ωστόσο, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, το σταθμισμένο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (LCOE) από ΑΠΕ έχει παρουσιάσει μεγάλη πτώση κατά την τελευταία δεκαετία. Η εντονότερη πτώση παρατηρήθηκε στους φωτοβολταϊκούς σταθμούς, για τους οποίους το σταθμισμένο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μειώθηκε κατά 82% κατά το χρονικό διάστημα 2010-2020. Σημαντική ήταν η μείωση του σταθμισμένου κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και για τις υπόλοιπες τεχνολογίες ΑΠΕ, η οποία έφτασε το 47% για τους ηλιοθερμικούς σταθμούς, το 39% για τα αιολικά πάρκα και το 27% για τα υπεράκτια αιολικά (IRENA, 2020).



**Σχήμα 4.1:** Μεταβολή του σταθμισμένου κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ μεταξύ των ετών 2010-2019. (IRENA, 2020)

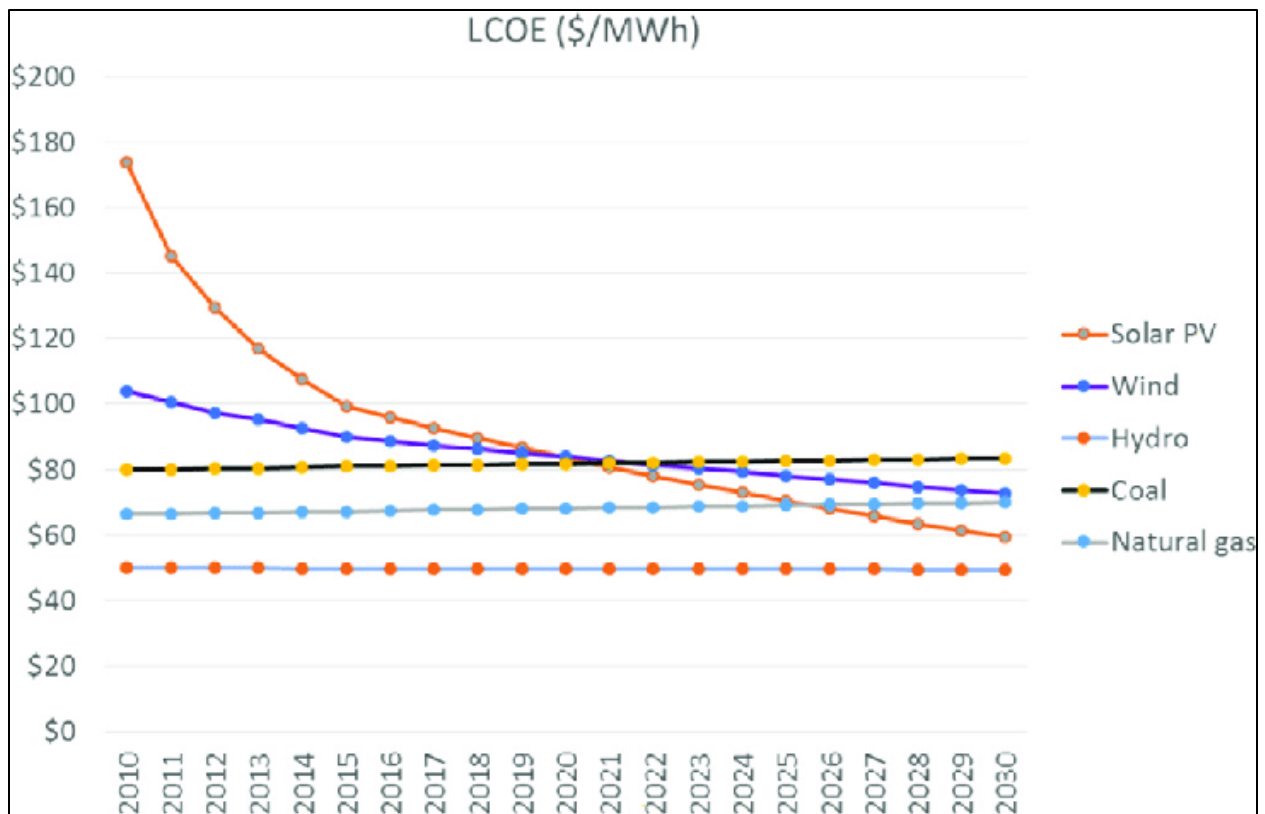
Παράλληλα, με την επιβολή του φόρου άνθρακα στις συμβατικές μονάδες προστίθεται σε αυτές ένα επιπλέον κόστος, οδηγώντας σε αύξηση του σταθμισμένου κόστους παραγωγής

ηλεκτρικής ενέργειας από αυτές (Han et al., 2017). Όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα το μέσο σταθμισμένο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των συμβατικών μονάδων είναι πλέον υψηλότερο από αυτό των μονάδων ΑΠΕ.



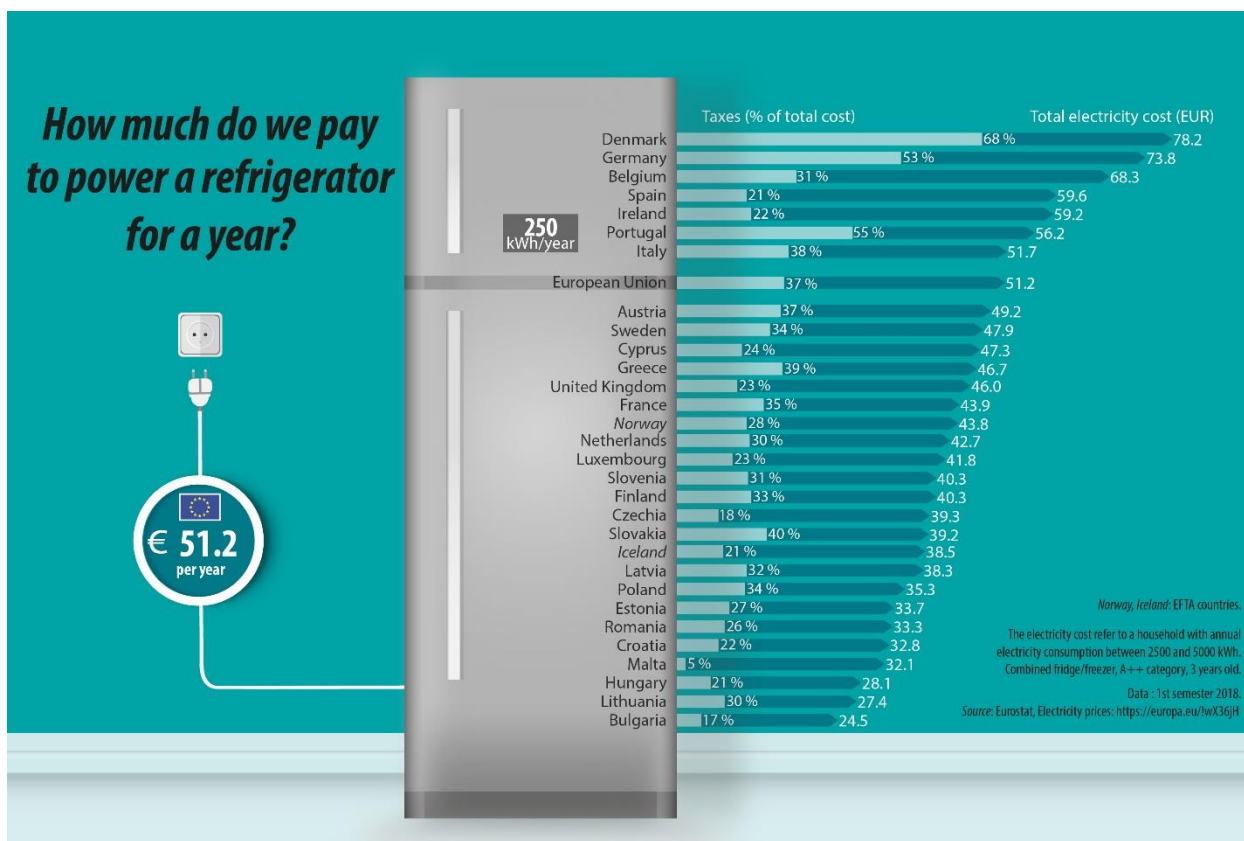
**Σχήμα 4.2:** Μέσο σταθμισμένο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά τεχνολογία βάσει των μέχρι σήμερα δεδομένων. Οι τιμές προέκυψαν από το συνδυασμό μελετών των BNEF, IRENA και Lazard. (Wikipedia, 2020)

Αξίζει ακόμα να αναφερθεί ότι από οικονομική άποψη, η αντικατάσταση των καυσίμων με την αιολική και την ηλιακή ενέργεια αποτελεί υποκατάσταση του βραχυπρόθεσμου κόστους καυσίμων με το μακροπρόθεσμο κόστος κεφαλαίου. Αναμένεται λοιπόν ότι η σταδιακή μείωση του αρχικού κόστους αυτών των τεχνολογιών σε συνδυασμό με το χαμηλό οριακό τους κόστος παραγωγής σε σχέση με τις τεχνολογίες που καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα, θα οδηγήσει σε ακόμα χαμηλότερες τιμές ενέργειας στο μέλλον (Djorup et al., 2018; Omic, 2019). Η πρόβλεψη για την περαιτέρω μείωση απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



**Σχήμα 4.3:** Καμπύλη εξέλιξης του σταθμισμένου κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από διάφορες πηγές κατά το χρονικό διάστημα 2010-2030 και πρόβλεψη εξέλιξης του μέχρι το έτος 2030. (Henaou et al., 2019)

Ένα άλλο ζήτημα είναι το γεγονός ότι οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας έχουν επηρεαστεί σημαντικά από τα κρατικά προγράμματα στήριξης των ΑΠΕ. Οι ευρωπαϊκές χώρες εφαρμόζουν μια πληθώρα μέτρων και πολιτικών για την προώθηση της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, όπως φορολογικά κίνητρα, λειτουργική και επενδυτική ενίσχυση, και υποχρέωση ποσόστωσης (ελάχιστο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να προέρχεται από ΑΠΕ, quota). Ένα πολύ δημοφιλές σχήμα είναι η λειτουργική ενίσχυση των ΑΠΕ με εγγυημένη σταθερή τιμή (Feed-in tariff, FiT), η οποία συνίσταται σε σταθερή και εγγυημένη αποζημίωση προς τους παραγωγούς ΑΠΕ, ανεξάρτητα από την τιμή της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος του FiT για το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, μεταφέρεται στους καταναλωτές με τη μορφή φόρου επί της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος (Omic, 2019). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το ποσοστό του φόρου που περιλαμβάνεται στην τελική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας να είναι ιδιαίτερα υψηλό στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, φτάνοντας μέχρι και το 68% στην περίπτωση της Δανίας (Eurostat, 2019).



[ec.europa.eu/eurostat](https://ec.europa.eu/eurostat)

**Σχήμα 4.4:** Απεικόνιση του κόστους ενέργειας και του ποσοστού συμμετοχής των φόρων σε αυτό για τις χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. (Eurostat, 2019)

Σημαντικό ωστόσο είναι το γεγονός ότι με την εξέλιξη των τεχνολογιών ΑΠΕ και την συνακόλουθη μείωση του κόστους τους, αυτού του είδους οι επενδύσεις αρχίζουν να γίνονται οικονομικά αποδοτικές χωρίς την ανάγκη επενδυτικής ή λειτουργικής ενίσχυσης, με αποτέλεσμα να μειώνονται συνεχώς τα κρατικά μέτρα στήριξης και κατ' επέκταση η επίδρασή τους στην αύξηση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας (Omic, 2019).

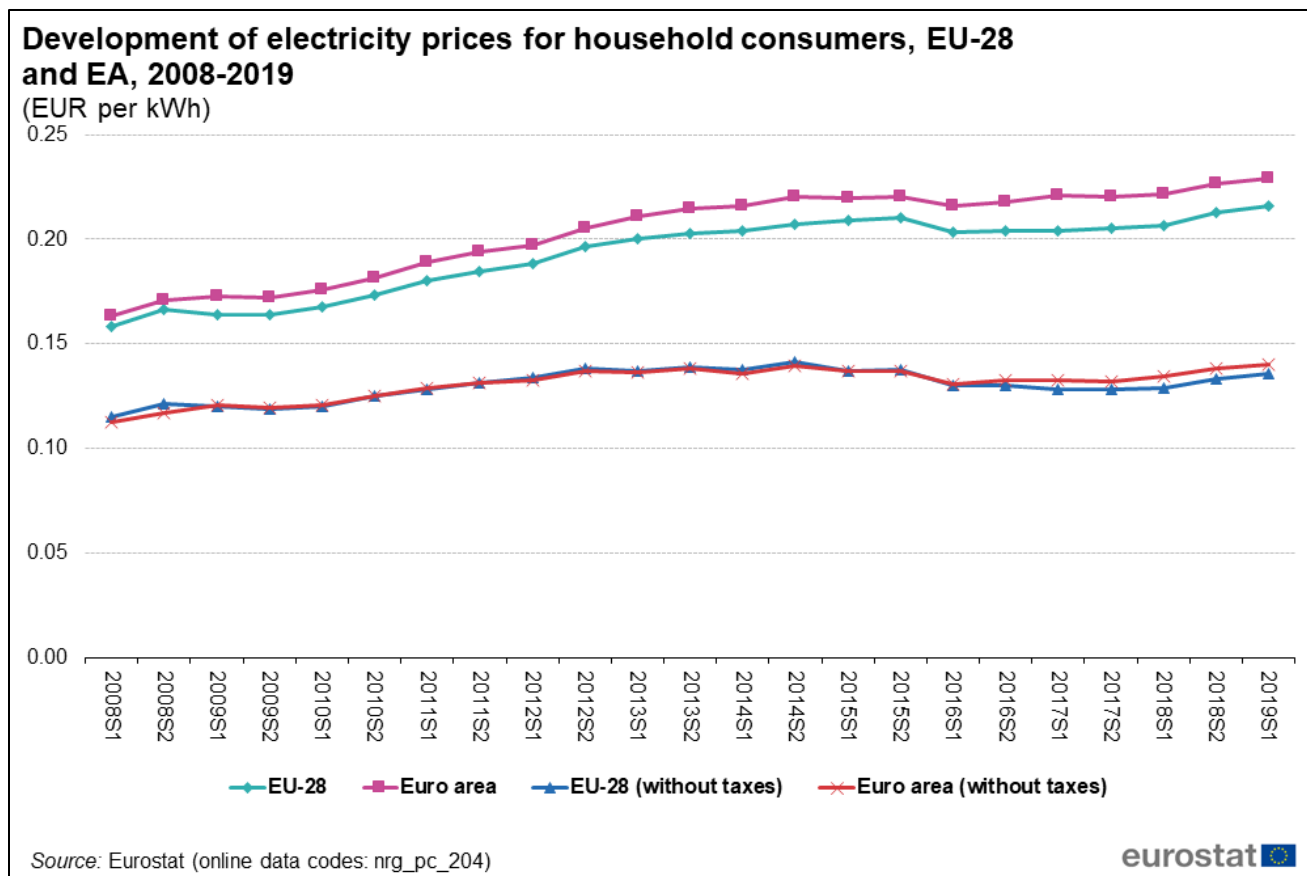
Ένα επιπλέον λειτουργικό και επενδυτικό κόστος που επιφέρουν οι ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα είναι το κόστος ενσωμάτωσης. Η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που χαρακτηρίζεται από μεταβλητότητα, αβεβαιότητα και εξάρτηση από την γεωγραφική θέση των σταθμών, αλληλεπιδρά με το μη μεταβλητό τμήμα του συστήματος ενέργειας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προκύπτουν τεχνολογικές, ρυθμιστικές και διαχειριστικές προκλήσεις που σχετίζονται με τη λειτουργία του δικτύου, όπως είναι η αυξημένη ανάγκη για ευέλικτους πόρους (π.χ. ευέλικτες μονάδες παραγωγής, αποθήκευση ενέργειας, ευελιξία ζήτησης, βελτίωση



υποδομών δικτύου), ο έλεγχος ποιότητας της ηλεκτρικής ενέργειας, ο καλύτερος διαπεριφερειακός συντονισμός και η εξέλιξη των μεθόδων μέτρησης (Hu et al., 2018). Η αναβάθμιση του συστήματος με νέες υποδομές και με τη χρήση έξυπνων δικτύων, οδηγεί σε επιπρόσθετα κόστη για το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας (Djorup et al., 2018). Παρατηρείται μάλιστα ότι το κόστος ενσωμάτωσης αυξάνεται με την αύξηση της διείσδυσης των μεταβλητών ΑΠΕ. Σύμφωνα με μελέτες των Hu et al (2018) το κόστος ενσωμάτωσης των ΑΠΕ ξεκινά να είναι σημαντικά υψηλό όταν η διείσδυση των μεταβλητών ΑΠΕ ξεπεράσει το 10% και μάλιστα αυξάνεται περισσότερο με την ενσωμάτωση αιολικών σταθμών από ότι με την ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών σταθμών στο δίκτυο

#### **4.2. Πώς επηρεάζονται οι καταναλωτές και ιδιαίτερα οι ευπαθείς κοινωνικές ομάδες**

Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 4.1, η αυξημένη διείσδυση των ΑΠΕ στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας οδήγησε αρχικά σε αύξηση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία μεταβιβάστηκε στους καταναλωτές μέσω των λογαριασμών ρεύματος (Omic, 2019). Έχει παρατηρηθεί μάλιστα ότι τόσο η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας όσο και το ποσοστό των φόρων που περιλαμβάνονται σε αυτή παρουσίασαν μια συνεχή αύξηση την τελευταία δεκαετία όπως παρουσιάζεται και στο παρακάτω σχήμα (Eurostat, 2019).



**Σχήμα 4.5:** Εξέλιξη των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας για τους οικιακούς καταναλωτές στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το πρώτο εξάμηνο του 2008 έως και σήμερα. (Eurostat, 2019)

Αυτή η αύξηση έχει σημαντικό αντίκτυπο στους οικιακούς καταναλωτές και ιδιαίτερα στις ευπαθείς κοινωνικές ομάδες (Omic, 2019). Παρότι πλέον το κόστος των ΑΠΕ έχει μειωθεί, συνεχίζουν να τίθενται ζητήματα που πλήττουν αυτές οι ομάδες, τα οποία πηγάζουν από τα επιπρόσθετα κόστη ενσωμάτωσης των ΑΠΕ.

Συνήθως οι οικιακοί καταναλωτές πληρώνουν ένα σταθερό τέλος, που αφορά το κόστος του να είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο και ένα μεταβλητό κόστος που εξαρτάται από την εκάστοτε κατανάλωσή τους. Σε περίπτωση που το κόστος της αναβάθμισης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, που συνοδεύει την ενεργειακή μετάβαση, αντικατοπτρίζεται στο σταθερό τέλος δικτύου, αυξάνεται δυσανάλογα το κόστος για τους μικρούς καταναλωτές (Mühlenhoff, 2016). Αντ' αυτού χρειάζεται να διαμορφωθεί ένα σύστημα τιμολόγησης που να προωθεί την δίκαιη κατανομή των τελών. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί με ένα σύστημα που θα βασίζεται περισσότερο στο ύψος της κατανάλωσης και θα ενθαρρύνει την εξοικονόμηση ενέργειας και την ευελιξία ζήτησης (Mühlenhoff, 2016).

Ωστόσο ακόμα και με αυτή τη μέθοδο τιμολόγησης, ένα άλλο ζήτημα που τίθεται είναι το γεγονός ότι τα νοικοκυριά με χαμηλό εισόδημα συνήθως δεν έχουν τη δυνατότητα αναβάθμισης του σπιτιού με καλύτερες και αποδοτικότερες τεχνολογίες λόγω του υψηλού αρχικού τους κόστους που έχουν τέτοιου είδους επενδύσεις (*Team and Baffert, 2015*). Όσοι δεν διαθέτουν έξυπνο μετρητή ή έξυπνες συσκευές δεν έχουν τη δυνατότητα να επιτύχουν εξοικονόμηση μέσω προγραμμάτων ευελιξίας ζήτησης. Όσοι δεν έχουν την οικονομική δυνατότητα να αγοράσουν και να συντηρήσουν ένα ηλεκτρικό όχημα αποκλείονται από τα οικονομικά οφέλη και τα υπόλοιπα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων. Όσοι δεν μπορούν να παράγουν τη δική τους ηλεκτρική ενέργεια επειδή δεν έχουν την οικονομική δυνατότητα να κάνουν την αντίστοιχη επένδυση, ή επειδή δυσκολεύονται να κατανοήσουν τις νέες τεχνικές δυνατότητες, δεν έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν το κόστος των λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της ιδιοκατανάλωσης. Όσοι δεν μπορούν να αναβαθμίσουν το σύστημα θέρμανσης τους σε εναλλακτικές λύσεις χαμηλών εκπομπών επειδή δεν διαθέτουν το απαραίτητο κεφάλαιο ή μένουν σε παλιά και κακής ποιότητας κτίρια, καταλήγουν να έχουν υψηλή ενεργειακή κατανάλωση (*Sovacool et al., 2019*).

Ειδικά το μοντέλο της αυτοπαραγωγής-ιδιοκατανάλωσης δύναται να οδηγήσει σε μια άνιση κατανομή του κόστους ενσωμάτωσης των ΑΠΕ. Αυτό συμβαίνει επειδή τείνει να μεταβιβάσει το κόστος από ορισμένους καταναλωτές που έχουν την οικονομική δυνατότητα να κάνουν τις απαραίτητες επενδύσεις στους καταναλωτές που συνεχίζουν να εξαρτώνται εξ' ολοκλήρου από το δίκτυο, αναγκάζοντάς τους να επιβαρυνθούν με το μεγαλύτερο μερίδιο του κόστους του δικτύου (*Dehler et al., 2017*).

Είναι σημαντικό λοιπόν να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις που μπορεί να έχει το σύστημα τιμολόγησης του ρεύματος στις ευάλωτες κοινωνικές ομάδες και να διασφαλιστεί η δίκαιη κατανομή του κόστους ενσωμάτωσης των ΑΠΕ και η ισότιμη πρόσβαση όλων των πολιτών στα ενεργειακά αγαθά (*Dehler et al., 2017; Mühlenhoff, 2016; Sovacool et al., 2019*). Σε αυτό το πλαίσιο, ένα μέτρο που έχει ληφθεί σε αρκετές χώρες είναι η εξαίρεση ορισμένων ευάλωτων κοινωνικά ομάδων από την υποχρέωση καταβολής των τελών χρήσης του ηλεκτρικού δικτύου, χωρίς ωστόσο αυτό να σημαίνει ότι απαλλάσσονται όλα τα νοικοκυριά χαμηλού εισοδήματος (*Omic, 2019*).

Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι παρά τις αρνητικές κοινωνικοοικονομικές συνέπειες της ενεργειακής μετάβασης που προαναφέρθηκαν, η ισχυρή συμβολή της στην ενίσχυση των επενδύσεων, την αύξηση του ΑΕΠ και την ελαφρά αύξηση της απασχόλησης αναμένεται να αντισταθμίσουν τον αρνητικό της αντίκτυπο (*Nikas et al., 2019*).

### **4.3. Επιχειρηματικά μοντέλα για τον περιορισμό του αντίκτυπου της ενεργειακής μετάβασης στις ευπαθείς κοινωνικές ομάδες**

Για τον περιορισμό των αρνητικών επιπτώσεων της ενεργειακής μετάβασης στις ευπαθείς κοινωνικά ομάδες, χρειάζεται να εφαρμοστούν πλαίσια πολιτικής που θα αποσκοπούν στη μείωση των ανισοτήτων και την εξασφάλιση της πρόσβασης όλων των πολιτών στα ενεργειακά αγαθά (*IRENA, 2019a*). Προς αυτή την κατεύθυνση μπορούν να εφαρμοστούν διάφορα επιχειρηματικά μοντέλα, όπως η σταδιακή παύση της επιδότησης των ΑΠΕ, η καθιέρωση μιας ανταγωνιστικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, η χρηματοδότηση επενδύσεων εξοικονόμησης μέσω τρίτων και η εφαρμογή απλών μέτρων εξοικονόμησης για τα νοικοκυριά χαμηλού εισοδήματος. Αυτά τα επιχειρηματικά μοντέλα περιγράφονται εκτενέστερα παρακάτω.

#### **• Μη επιδοτούμενες ΑΠΕ**

Καθώς οι τεχνολογίες ΑΠΕ θα εξελίσσονται και θα ωριμάζουν εμπορικά, το κόστος παραγωγής ενέργειας θα μειώνεται. Δεδομένου μάλιστα ότι το μεταβλητό κόστος για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι χαμηλότερο από ό,τι για την παραγωγή ενέργειας από συμβατικά καύσιμα, μακροχρόνια το οριακό κόστος των ΑΠΕ θα είναι χαμηλότερο από αυτό των συμβατικών μονάδων παραγωγής (*Omic, 2019*).

Ακολουθώντας τη μείωση του κόστους παραγωγής των ΑΠΕ, τα προγράμματα στήριξης τους, όπως είναι τα προγράμματα λειτουργικής και επενδυτικής ενίσχυσης, θα περιορίζονται. Στόχος είναι να ενσωματωθούν οι ΑΠΕ προοδευτικά στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και να αρχίσουν να ανταποκρίνονται όσο το δυνατόν περισσότερο σε βραχυπρόθεσμα σήματα των τιμών της αγοράς μέσω περισσότερο συμβατών με την αγορά συστημάτων στήριξης (*Hu et al., 2018*). Ήδη οι περισσότερες χώρες πραγματοποιούν τακτικές αναθεωρήσεις και προσαρμογές των πολιτικών στήριξης των ΑΠΕ προς αυτή την κατεύθυνση (*Omic, 2019*). Συνεπώς η στήριξη των ΑΠΕ αναμένεται να περιορίζεται σταδιακά μέχρι την πλήρη κατάργησή της μόλις οι τεχνολογίες ΑΠΕ γίνουν αρκετά ώριμες εμπορικά (*Hu et al., 2018*).

Μακροπρόθεσμα λοιπόν, καθώς οι τιμές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα πέφτουν και τα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης θα συνεχίζουν να αυξάνονται, τα νοικοκυριά χαμηλού εισοδήματος θα δουν τους λογαριασμούς τους να μειώνονται, ενώ τα ποσοστά ενεργειακής φτώχειας θα μειωθούν (*Omic, 2019*). Μελέτες έχουν δείξει μάλιστα ότι καθώς η εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών αυξήθηκε στη Γερμανία, το σχετικό κόστος μειώθηκε, συμβάλλοντας στη μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας (*Haas et al., 2013*).

- **Καθιέρωση μιας ανταγωνιστικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας**

Το κόστος της ενσωμάτωσης των ΑΠΕ, και κατ' επέκταση η αρνητική του επίδραση στο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να περιοριστεί με την εξασφάλιση μια ανταγωνιστικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας που θα λειτουργεί βάσει των σημάτων της αγοράς. Σε πολλά μέρη του κόσμου, συμπεριλαμβανομένης και της Ευρώπης, έχουν δημιουργηθεί ελεύθερες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό τη διευκόλυνση του εμπορίου ηλεκτρικής ενέργειας και την ενίσχυση της οικονομικής αποδοτικότητας του ενεργειακού συστήματος (*Hu et al., 2018*).

- **Χρηματοδότηση μέσω τρίτων**

Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της αδυναμίας των νοικοκυριών χαμηλού εισοδήματος να χρηματοδοτήσουν την αναβάθμιση σε καλύτερες και αποδοτικότερες τεχνολογίες θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το επιχειρηματικό μοντέλο της χρηματοδότησης μέσω τρίτων. Το μοντέλο αυτό προτάθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2006/32/EK και περιλαμβάνει μία συμφωνία μεταξύ του δικαιούχου και του παρόχου για λήψη μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. Οι επενδύσεις για τα μέτρα αυτά πληρώνονται από το ποσοστό της συμφωνημένης επιτυγχανόμενης ενεργειακής εξοικονόμησης. Συχνά η εγγύηση αποπληρωμής από τον πελάτη εξασφαλίζεται με τη σύσταση ενέχυρου επί του κινητού ενεργειακού εξοπλισμού (*2006/32/EK, 2006; Team and Baffert, 2015*). Το τρίτο μέρος μπορεί να είναι μία Επιχειρήση Ενεργειακών Υπηρεσιών (EEY) ή αλλιώς ESCO (Energy Service Company), η οποία είναι υπεύθυνη για την εφαρμογή μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης στις εγκαταστάσεις του δικαιούχου και αναλαμβάνει ως ένα βαθμό το οικονομικό ρίσκο της διαδικασίας χωρίς αυτό να είναι και απαραίτητο. Σε άλλες περιπτώσεις το ρόλο αυτό μπορούν να τον αναλάβουν και άλλοι φορείς, όπως για παράδειγμα βιομηχανίες που έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν τέτοιου είδους τεχνολογίες σε μειωμένες τιμές (*Team and Baffert, 2015*).

Η εφαρμογή του ως άνω μοντέλου χρηματοδότησης θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στην υλοποίηση ενεργειακά αποδοτικών εγκαταστάσεων σε νοικοκυριά χαμηλού εισοδήματος σε μεγάλη κλίμακα, οδηγώντας σε βελτίωση του βιοτικού τους επιπέδου, μείωση της ενεργειακής τους κατανάλωσης και κατ' επέκταση μείωση του κόστους των λογαριασμών ρεύματος (*Team and Baffert, 2015*).

- **Μέτρα εξοικονόμησης για τα νοικοκυριά χαμηλού εισοδήματος**

Για τον περιορισμό της επίδρασης των ΑΠΕ στους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας των ευάλωτων νοικοκυριών θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και μερικά απλά μέτρα εξοικονόμησης, όπως η εγκατάσταση συσκευών εξοικονόμησης ενέργειας χαμηλού κόστους ή η προώθηση της ορθολογικής χρήσης ενέργειας μέσω κάποιας ενημερωτικής καμπάνιας. Τέτοιου είδους μέτρα θα μπορούσαν να συμβάλουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε νοικοκυριά χαμηλού εισοδήματος, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο και το κόστος των λογαριασμών τους (*Team and Baffert, 2015*). Το μέτρο αυτό συμβαδίζει με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2012/27/ΕΕ, στην οποία περιλαμβάνεται η κατά προτεραιότητα υλοποίηση μέτρων ενεργειακής απόδοσης σε νοικοκυριά που πλήττονται από ενεργειακή ένδεια (*2012/27/EU, 2012*).

## 5. ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΥΕΛΙΞΙΑΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΟΜΑΛΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η συμβολή της ευελιξίας ζήτησης και της ηλεκτροκίνησης στην αντιμετώπιση των τεχνικών περιορισμών και των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων που παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια 3 και 4 και στην εξασφάλιση μιας ομαλής μετάβασης σε ένα σύστημα βασισμένο στις ΑΠΕ.

Η μεγάλη διείσδυση των στοχαστικών ΑΠΕ στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί πρόκληση για την εξασφάλιση της ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα και τη μείωση του απαιτούμενου φορτίου σε ώρες αιχμής (*Duruy and Linvill, 2019*). Η ευελιξία ζήτησης και η ηλεκτροκίνηση παρέχουν μια αποτελεσματική λύση απέναντι σε αυτή την πρόκληση. Πιο συγκεκριμένα, μέσω των προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση οι καταναλωτές μπορούν να αυξομειώσουν ή να μετατοπίσουν τα φορτία κατανάλωσής τους ανάλογα με τις ανάγκες του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας (*Bao et al., 2017*). Αντίστοιχα, τα συνδεδεμένα με το δίκτυο ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να φορτίζουν τις μπαταρίες τους όταν υπάρχει πλεόνασμα παραγόμενης ενέργειας στο σύστημα (*Osório et al., 2018*). Επιπλέον, μέσω του συστήματος V2G, που περιγράφεται στην ενότητα 3.2, δίνεται η δυνατότητα αμφίδρομης ροής ενέργειας μεταξύ των ηλεκτρικών οχημάτων και του δικτύου, με αποτέλεσμα η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια του δικτύου να μπορεί να αποθηκεύεται στα ηλεκτρικά οχήματα κατά τη διάρκεια της περιόδου χαμηλής ζήτησης, και αυτά να την ανατροφοδοτούν στο δίκτυο σε ώρες αιχμής (*Arafat et al., 2018; Li et al., 2020*).

Παράλληλα, τόσο η ευελιξία ζήτησης, όσο και η ηλεκτροκίνηση έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν βοηθητικές υπηρεσίες στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Τα προγράμματα ευελιξίας ζήτησης βοηθητικών υπηρεσιών παρέχουν σημαντικές ποσότητες εφεδρικής ενέργειας και ισχύος, ενώ τα ηλεκτρικά οχήματα μέσω του συστήματος V2G μπορούν να παρέχουν πρωτογενή και δευτερογενή έλεγχο της συχνότητας του δικτύου και μάλιστα με ταχύτερους χρόνους απόκρισης σε σχέση με τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας (*MacDonald et al., 2012; Osório et al., 2018; Solanke et al., 2020*). Τα δύο αυτά εργαλεία δύνανται, λοιπόν να λειτουργήσουν ως εναλλακτικές πηγές εφεδρείας, που θα αντικαταστήσουν τις συμβατικές εφεδρικές μονάδες παραγωγής έκτακτης ανάγκης, που χρησιμοποιούνταν μέχρι σήμερα (*Lynch et al., 2019; U.S. Department of Energy, 2006*).

Ειδικότερα η ηλεκτροκίνηση αποτελεί και ένα μέσο για τον περαιτέρω εξηλεκτρισμό των ανθρώπινων αναγκών και την απεξάρτησή τους από τα ορυκτά καύσιμα, αποτελώντας αναγκαία προϋπόθεση για την επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για αύξηση του

μεριδίου των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα και μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> (*Grauers et al., 2017; Ślusarczyk, 2020*).

Τέλος, η ευελιξία ζήτησης και η ηλεκτροκίνηση μπορούν να συμβάλουν και στην εξοικονόμηση των καταναλωτών. Αυτό συμβαίνει επειδή η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται στο ενεργειακό σύστημα και την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της εξισορρόπησης προσφοράς και ζήτησης και του περιορισμού της ανάγκης για συμβατικές εφεδρικές μονάδες, μπορεί να μεταφερθεί στους καταναλωτές, ως εξοικονόμηση στους λογαριασμούς τους. Ταυτόχρονα, παρέχονται επιπρόσθετα οικονομικά κίνητρα από τα ίδια τα προγράμματα ευελιξίας ζήτησης στους συμμετέχοντες σε αυτά, ενώ μακροπρόθεσμα λόγω της σταδιακής πτώσης της τιμής των ηλεκτρικών οχημάτων σε συνδυασμό με τη χαμηλή τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τα άλλα καύσιμα, προβλέπεται ότι θα μειωθεί σημαντικά το κόστος μετακίνησης (*Grauers et al., 2017; U.S. Department of Energy, 2006*)



## 6. ΕΥΕΛΙΞΙΑ ΖΗΤΗΣΗΣ

### 6.1 Περιγραφή της ευελιξίας ζήτησης

Η ευελιξία ζήτησης ή αλλιώς απόκριση στη ζήτηση (Demand Response, DR) είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την προσαρμογή των συνηθειών κατανάλωσης ενέργειας των τελικών χρηστών που επιτυγχάνεται είτε μέσω των μεταβολών της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος είτε με την παροχή άλλων οικονομικών κινήτρων (*U.S. Department of Energy, 2006*). Η προσαρμογή της κατανάλωσης αποσκοπεί στη μείωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους αιχμής, συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στη σταθερότητα του δικτύου (*Lynch et al., 2019*).

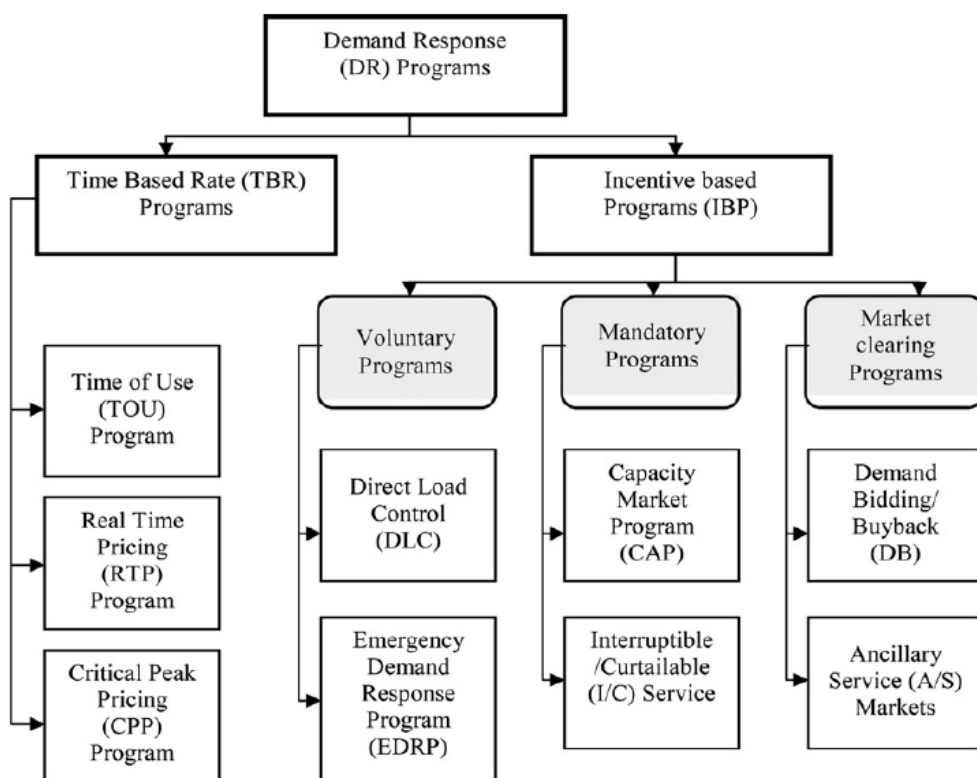
Οι πρώτες μορφές εφαρμογές ευελιξίας ζήτησης ξεκίνησαν πριν από δεκαετίες και αφορούσαν μεγάλες βιομηχανικές μονάδες με υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές λειτουργούσαν κυρίως με τη διακοπή συγκεκριμένων φορτίων με αντάλλαγμα το μειωμένο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια επεκτάθηκε και σε οικιακά προγράμματα, με τον άμεσο έλεγχο της λειτουργίας θερμαντήρων ζεστού νερού, κλιματισμού, αντλιών πισίνας κλπ. Πρόσφατα το ενδιαφέρον έχει στραφεί ιδιαίτερα στην εξέλιξη και τη διεύρυνση των προγραμμάτων ευελιξίας ζήτησης, με στόχο την εφαρμογή προγραμμάτων που θα λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας και θα απευθύνονται σε όλους τους χρήστες αδιακρίτως. Έχουν αναπτυχθεί λοιπόν εφαρμογές ευελιξίας ζήτησης που ανταποκρίνονται περισσότερο στις ανάγκες του δικτύου σε πραγματικό χρόνο (*Doe, 2011; Kim and Shcherbakova, 2011; Nolan and O'Malley, 2015*).

Τα προγράμματα ευελιξίας ζήτησης μπορούν να προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών. Εκτός από την παραδοσιακή μορφή ευελιξίας ζήτησης, που είναι η διακοπή παροχής ενέργειας συνήθως σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης ("shedding"), τα προγράμματα αυτά μπορούν να έχουν τη μορφή μετατόπισης ("shifting") της ζήτησης, διαμόρφωσης ("shaping") των μοτίβων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ή και τροποποίησης της ζήτησης ενέργειας σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα, με μικρές προσαρμογές ανά δευτερόλεπτο ("shimming") (*Alstone et al., 2016; Dupuy and Linvill, 2019*).

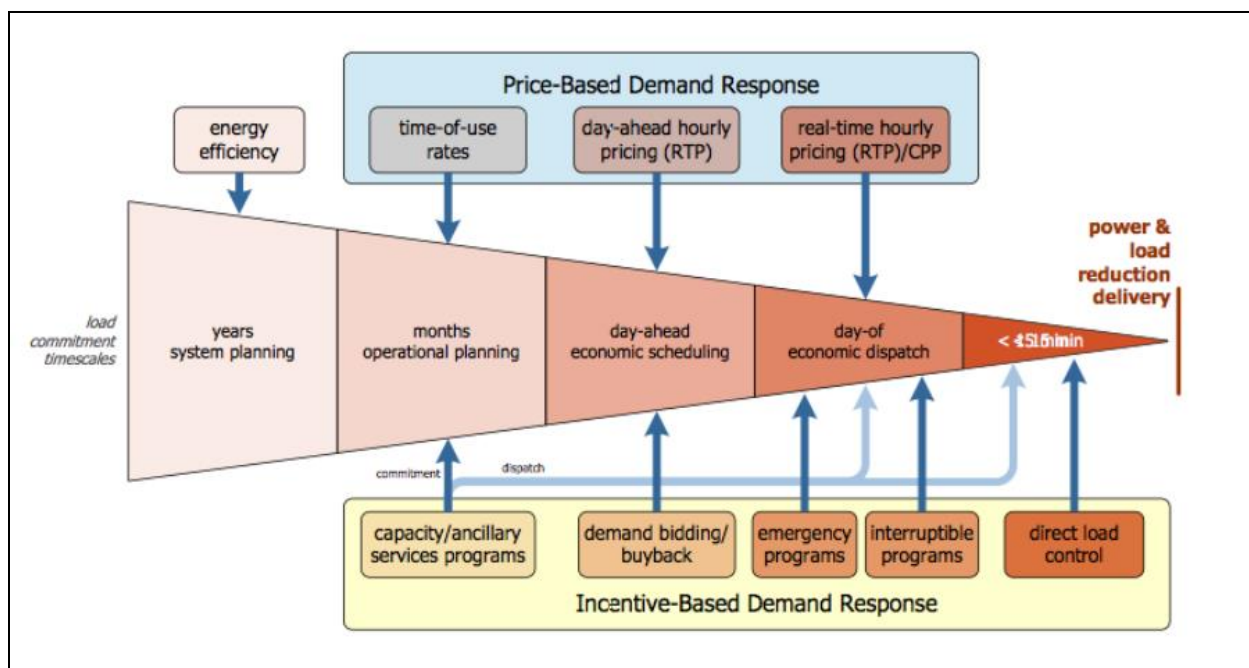
## 6.2 Κατηγορίες εφαρμογών ευελιξίας ζήτησης

Οι εφαρμογές απόκρισης στη ζήτηση χωρίζονται σε δυο γενικές κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία είναι οι εφαρμογές άμεσης απόκρισης στη ζήτηση (implicit demand response) που βασίζονται στην προσαρμογή της χρονικής στιγμής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ως απόκριση των καταναλωτών στη μεταβολή της τιμής της. Η δεύτερη κατηγορία είναι οι εφαρμογές έμμεσης απόκρισης στη ζήτηση (explicit demand response), οι οποίες χρησιμοποιούν την παροχή κινήτρων προς τους καταναλωτές (IRENA, 2019b; Moghaddam et al., 2011).

Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι αυτές οι δύο κατηγορίες προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση δεν αντικαθιστούν η μία την άλλη, αλλά λειτουργούν επικουρικά. Για παράδειγμα, πολλοί καταναλωτές συμμετέχουν σε προγράμματα έμμεσης απόκρισης στη ζήτηση μέσω ενός φορέα εκπροσώπησης και ταυτόχρονα συμμετέχουν σε κάποιο πρόγραμμα άμεσης απόκρισης στη ζήτηση μέσω περισσότερο ή λιγότερο δυναμικών τιμολογίων, όπως είναι το τιμολόγιο ημέρας/νύχτας (Zancanella and Bertoldi, 2009).



**Σχήμα 6.1:** Κατηγορίες προγραμμάτων ευελιξίας ζήτησης. (Moghaddam et al., 2011)



**Σχήμα 6.2:** Φάσμα ευελιξίας ζήτησης. (Doe, 2011)

### 6.2.1 Προγράμματα άμεσης απόκριση στη ζήτηση (Implicit demand response)

Η άμεση απόκριση στη ζήτηση συχνά συναντάται στη βιβλιογραφία και ως «απόκριση στη ζήτηση με βάση την τιμή» (IRENA, 2019b). Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η λειτουργία των προγραμμάτων άμεσης απόκρισης στη ζήτηση βασίζεται στις αλλαγές της καταναλωτική συμπεριφορά των χρηστών ως απόκριση στη μεταβολή των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας. (Moghaddam et al., 2011). Η βασική αρχή της λειτουργίας τους είναι απλή. Εάν η μεταβολή της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ διαφορετικών χρονικών περιόδων είναι σημαντική, οι καταναλωτές προσαρμόζουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ούτως ώστε να αποφεύγουν την κατανάλωση όταν η τιμή είναι υψηλή και να τη μετατοπίζουν σε χρονικές στιγμές που οι τιμή είναι χαμηλή. Με αυτό τον τρόπο επωφελούνται από την μείωση του κόστους των λογαριασμών ηλεκτρικού ρεύματος (IRENA, 2019b; U.S. Department of Energy, 2006).

Τα προγράμματα άμεσης απόκρισης είναι ιδιαίτερα δημοφιλή και εφαρμόζονται σε 17 ευρωπαϊκές χώρες, συμπεριλαμβανομένης της Σουηδίας, της Γερμανίας, της Φινλανδίας, της Γαλλίας και της Γερμανίας, καθώς και σε άλλες χώρες παγκοσμίως όπως στις ΗΠΑ και στην Ινδία (IRENA, 2019b).

Η συμμετοχή σε προγράμματα άμεσης απόκρισης στη ζήτηση είναι προαιρετική για τους καταναλωτές. Η τιμολόγηση βάσει της χρονικής στιγμής μπορεί να είναι είτε στατική, δηλαδή με προκαθορισμένα τιμολόγια, είτε δυναμική δηλαδή με τιμολόγια που καθορίζονται σε πραγματικό χρόνο με βάση τις πραγματικές συνθήκες του συστήματος (*IRENA, 2019b; U.S. Department of Energy, 2006*).

Συναντώνται σε τέσσερις διαφορετικούς τύπους προγραμμάτων, τα οποία είναι η στατική τιμολόγηση βάσει της χρονικής στιγμής της χρήσης (Static time-of-use, TOU), η τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο (Real-time pricing, RTP), η μεταβλητή τιμολόγηση των τιμών αιχμής (Variable peak pricing, VPP) και η κρίσιμη τιμολόγηση των ωρών αιχμής (Critical Peak Pricing, CPP). Τα προγράμματα TOU χρησιμοποιούν τη στατική τιμολόγηση, τα προγράμματα RTP και CPP τη δυναμική τιμολόγηση και τα προγράμματα VPP χρησιμοποιούν έναν συνδυασμό στατικής και δυναμικής τιμολόγησης (*IRENA, 2019b*). Παρακάτω περιγράφονται εκτενέστερα τα χαρακτηριστικά αυτών των τεσσάρων προγραμμάτων άμεσης απόκρισης στη ζήτηση και ο τρόπος που αυτά λειτουργούν.

- **Στατική τιμολόγηση βάσει της χρονικής στιγμής της χρήσης (Static time-of-use, TOU)**

Η στατική τιμολόγηση βάσει της χρονικής στιγμής της χρήσης (Static time-of-use, TOU) αποτελεί τον πιο διαδεδομένο τύπο προγράμματος άμεσης απόκρισης στη ζήτηση. Στα προγράμματα TOU εφαρμόζεται διαφορετική τιμή για τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια διαφορετικών χρονικών διαστημάτων. Συνήθως η μέρα χωρίζεται σε μεγάλα χρονικά διαστήματα αρκετών ωρών, για τα οποία η τιμή καθορίζεται εκ των προτέρων και παραμένει σταθερή. Μπορεί είτε απλώς να δίνεται διαφορετική τιμή ημέρας και νύχτας, είτε να χωρίζεται η μέρα σε μικρότερα διαστήματα, επιτρέποντας αρκετές περιόδους μειωμένης χρήσης. Επίσης μπορεί να λαμβάνεται υπόψη και η εποχικότητα. Σε κάθε περίπτωση οι τιμές των τιμολογίων TOU αντικατοπτρίζουν το μέσο κόστος παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας κατά τη διάρκεια αυτών των χρονικών περιόδων (*IRENA, 2019b; U.S. Department of Energy, 2006*).

Η πιο συνηθισμένη μορφή TOU που συναντάται στην Ευρώπη είναι η στατική τιμολόγηση με διαφορετική ημερήσια και νυχτερινή χρέωση. Για παράδειγμα στην Ιταλία, εφαρμόζεται τέτοιου είδους τιμολόγηση σε όλους τους καταναλωτές χαμηλής τάσης (*IRENA, 2019b*).

- **Τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο (Real-time pricing, RTP)**

Η τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο (Real-time pricing, RTP) αποτελεί ένα πρόγραμμα στο οποίο οι τιμές καθορίζονται βάσει της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Η τιμή χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας βασίζεται κατά κύριο λόγο στη χονδρική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας στην οποία προστίθεται ένα επιπλέον ποσό βάσει της πρόβλεψης της επόμενης μέρας ή της επόμενης ώρας (IRENA, 2019b). Σε τέτοιου είδους προγράμματα, η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος κυμαίνεται συνήθως ανά ώρα αντανακλώντας τις μεταβολές της χονδρικής τιμής ηλεκτρικής ενέργειας και οι καταναλωτές ενημερώνονται συνεχώς για τις τρέχουσες τιμές (U.S. Department of Energy, 2006).

Προγράμματα δυναμικής τιμολόγησης που βασίζονται σε ωριαίες τιμές ενέργειας εφαρμόζονται στην Ισπανία και τη Μεγάλη Βρετανία. Σε άλλες χώρες, όπως η Δανία, τη Νορβηγία και τη Σουηδία, εφαρμόζεται ένα άλλο είδος δυναμικής τιμολόγησης, στο οποίο οι καταναλωτές επιβαρύνονται με χρεώσεις που βασίζονται στη μέση μηνιαία χονδρική τιμή της αγοράς (IRENA, 2019b). Μια άλλη παραλλαγή είναι τα προγράμματα δυναμικής τιμολόγησης της επόμενης ημέρας (Day-Ahead Dynamic Pricing, DADP), τα οποία απευθύνονται σε πελάτες μεγάλης κατανάλωσης. Σε αυτά οριστικοποιούνται και δημοσιεύονται οι ωριαίες τιμές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της επόμενης μέρας, δίνοντας τη δυνατότητα στους καταναλωτές να προγραμματίσουν βάσει αυτών την κατανάλωσή τους (Jia and Tong, 2013).

- **Μεταβλητή τιμολόγηση των τιμών αιχμής (Variable peak pricing, VPP)**

Η μεταβλητή τιμολόγηση των τιμών αιχμής (Variable peak pricing, VPP) αποτελεί ένα συνδυασμό της στατικής και δυναμικής τιμολόγησης, στην οποία ορίζονται εκ των προτέρων χρονικοί περίοδοι διαφορετικών τιμών, αλλά η τιμή που καθορίζεται για την περίοδο αιχμής μεταβάλλεται ανάλογα με τις συνθήκες της αγοράς (IRENA, 2019).

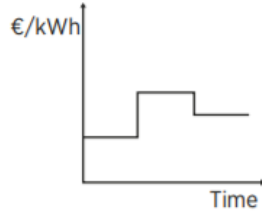
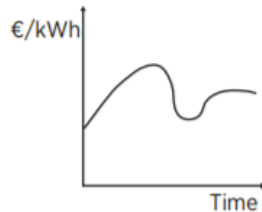
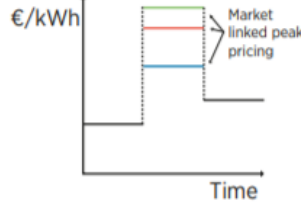
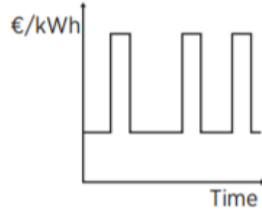
- **Κρίσιμη τιμολόγηση των ωρών αιχμής (Critical Peak Pricing, CPP)**

Η Κρίσιμη τιμολόγηση των ωρών αιχμής (Critical Peak Pricing, CPP) ξεκίνησε να εφαρμόζεται τα τελευταία χρόνια στην Ευρώπη. Στα προγράμματα CPP οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνονται σημαντικά για λίγες μόνο μέρες το χρόνο, κατά τις οποίες συνήθως εμφανίζονται και οι υψηλότερες χονδρικές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας (IRENA, 2019b).

Το πρόγραμμα CPP αποτελεί στην ουσία ένα υβριδικό πρόγραμμα που συνδυάζει τα προγράμματα TOU και RTP. Η βασική χρέωση είναι όμοια με αυτή των τιμολογίων TOU, ωστόσο κάποιες μέρες του χρόνου αντικαθίσταται με μια πολύ υψηλότερη τιμή όμοια με αυτή του προγράμματος RTP (*U.S. Department of Energy, 2006*).

Στα πλαίσια ενός προγράμματος CPP, οι διαχειριστές του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας παρακολουθούν την κατανάλωση ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και ειδοποιούν τους καταναλωτές για τις επικείμενες κρίσιμες ημέρες αιχμής στις οποίες αναμένεται σημαντική αύξηση των τιμών. Οι συμμετέχοντες, στη συνέχεια, μπορούν να αποφύγουν την πληρωμή της ηλεκτρικής ενέργειας σε υψηλές τιμές μεταφέροντας την κατανάλωσή τους σε άλλες χρονικές στιγμές (*Kim and Shcherbakova, 2011*).

Προγράμματα CPP εφαρμόζονται στην Ιταλία και σε μικρό βαθμό στην Μεγάλη Βρετανία, την Πορτογαλία, και τη Γαλλία (*IRENA, 2019b*).

Type of tariffs	Nature of pricing	Illustrative graphical representation
Static ToU pricing	Static	
Real time pricing	Dynamic	
Variable peak pricing	Combination of static and dynamic	
Critical peak pricing	Combination of static and dynamic	

**Σχήμα 6.3:** Είδη προγραμμάτων άμεσης απόκριση στη ζήτηση. (IRENA, 2019b)

### 6.2.2 Προγράμματα έμμεσης απόκριση στη ζήτηση (Explicit demand response)

Τα προγράμματα έμμεσης απόκρισης στη ζήτηση παρέχουν στους καταναλωτές κίνητρα για τη μείωση του φορτίου, τα οποία εφαρμόζονται είτε συμπληρωματικά στη χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας είτε ανεξάρτητα από αυτή. Η μείωση του φορτίου ζητείται από τους συμμετέχοντες σε αυτά τα προγράμματα όταν ο αρμόδιος διαχειριστής κρίνει ότι τίθεται σε κίνδυνο η αξιοπιστία του δικτύου ή όταν η χονδρική τιμή ενέργειας είναι πολύ υψηλή. Για την αξιολόγηση της απόκρισης ή όχι των καταναλωτών στις απαιτούμενες μειώσεις φορτίου, καθορίζεται κάποια κατανάλωση αναφοράς που αποτελεί τη βάση σύγκρισης (U.S. Department of Energy, 2006).

Συναντώνται έξι διαφορετικοί τύποι προγραμμάτων έμμεσης απόκρισης στη ζήτηση, οι οποίοι είναι τα προγράμματα άμεσου ελέγχου φορτίου (Direct load control, DLC), τα προγράμματα διακοπής/ περιορισμού φορτίου (Interruptible/curtailable service I/C), τα προγράμματα υποβολής προφορών/ εξαγοράς (Demand Bidding/Buyback Programs – BD), τα προγράμματα έκτακτης ανάγκης (Emergency Demand Response Programs, EDRP), τα προγράμματα Αγοράς Ισχύος (Capacity Market Programs, CAP) και τα προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών της αγοράς (Ancillary Services Market Programs, AS). Αυτά μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κύριες υποομάδες: τα προαιρετικά, τα υποχρεωτικά και προγράμματα εκκαθάρισης της αγοράς. Το προγράμματα DLC και EDRP ανήκουν στην κατηγορία των προαιρετικών προγραμμάτων, δηλαδή εάν οι πελάτες δεν ανταποκριθούν στο κάλεσμα για περιορισμό της κατανάλωσης τους, δεν επιβαρύνονται με κάποια κύρωση. Αντίθετα, τα προγράμματα I/C και CAP είναι υποχρεωτικά προγράμματα και οι συμμετέχοντες σε αυτά υπόκεινται σε κυρώσεις εάν δεν περιορίσουν την κατανάλωση όταν τους ζητηθεί. Στην ομάδα προγραμμάτων εκκαθάρισης της αγοράς ανήκουν τα προγράμματα BD και AS. Μέσω αυτών οι πελάτες μεγάλης κατανάλωσης ενθαρρύνονται να παρέχουν μειώσεις φορτίου είτε ορίζοντας την τιμή στην οποία είναι πρόθυμοι να περιορίσουν την κατανάλωση είτε ορίζοντας το μέγεθος της μείωσης του φορτίου που είναι διατεθειμένοι να προσφέρουν αν αποζημιωθούν με τις δημοσιευμένες τιμές της αγοράς (*Moghaddam et al., 2011*).

Τα χαρακτηριστικά των προαναφερθέντων προγραμμάτων έμμεσης απόκρισης στη ζήτηση και ο τρόπος που αυτά λειτουργούν περιγράφονται εκτενέστερα παρακάτω.

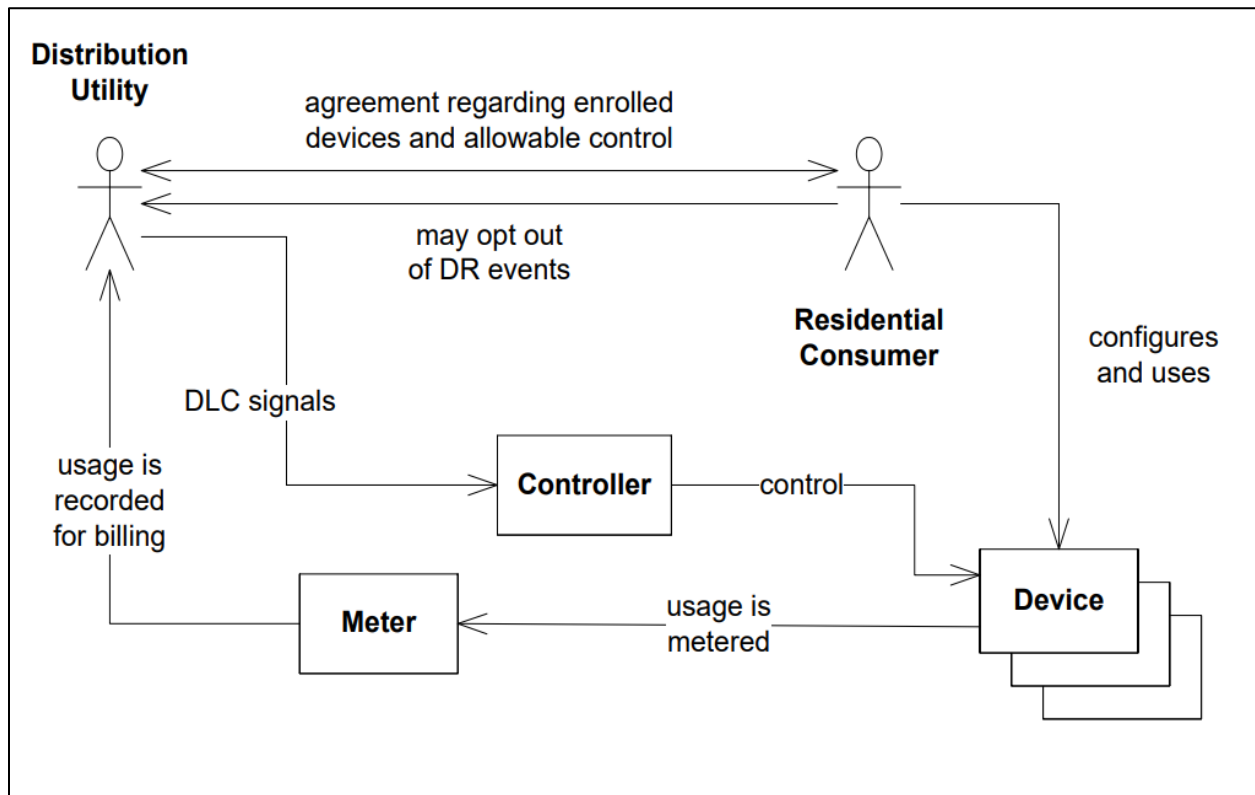
- **Άμεσος έλεγχος φορτίου (Direct load control, DLC)**

Το πρόγραμμα άμεσου ελέγχου φορτίου (Direct load control, DLC) αποτελεί ένα πρόγραμμα που δίνει τη δυνατότητα άμεσης και αποστασιοποιημένης ρύθμισης της λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών του καταναλωτή, όπως για παράδειγμα πλυντηρίων, κλιματιστικών, θερμοσιφώνων ή αντλιών. Μέσω αυτής της ρύθμιση επιτυγχάνεται η βέλτιστη χρονική κατανομή της κατανάλωσης με αποτέλεσμα να μειώνεται η ζήτηση σε ώρες αιχμής. (*Salami and Farsi, 2015; U.S. Department of Energy, 2006*).

Στα προγράμματα DLC συμμετέχουν κυρίως οικιακοί ή μικροί εμπορικοί καταναλωτές (*Salami and Farsi, 2015; U.S. Department of Energy, 2006*). Για την εφαρμογή αυτών των προγραμμάτων απαιτείται η εγκατάσταση του κατάλληλου εξοπλισμού που θα επιτρέπει την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση κάποιων συσκευών για μικρά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια των περιόδων αιχμής. Οι συμμετέχοντες σε αυτά ανταμείβονται μέσω εκπτώσεων στο



λογαριασμό ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις παρέχεται σε αυτούς και δωρεάν ο απαραίτητος εξοπλισμός (Stenner et al., 2017).



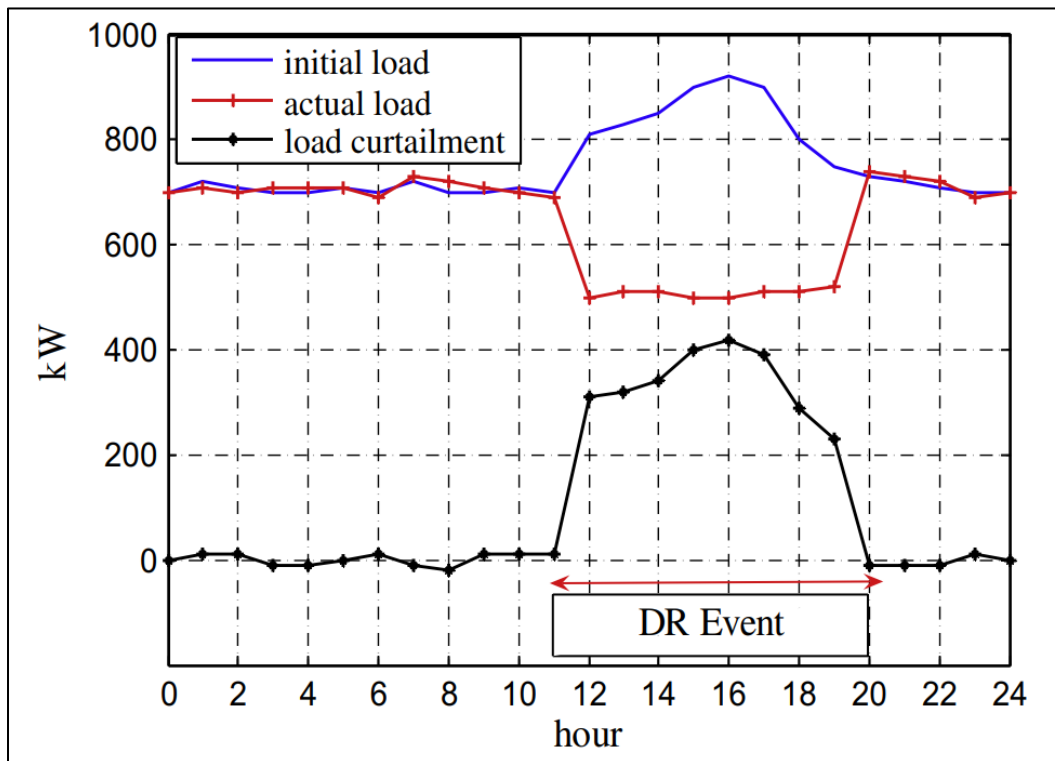
**Σχήμα 6.4:** Συσκευές άμεσου ελέγχου φορτίου. (Kazman et al., 2011)

- **Προγράμματα διακοπής/ περιορισμού φορτίου (Interruptible/curtailable service I/C)**

Τα προγράμματα διακοπής/ περιορισμού φορτίου (Interruptible/curtailable service I/C) περιλαμβάνουν την υποχρεωτική διακοπή του φορτίου κατά τη διάρκεια απρόβλεπτων συμβάντων του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Η επιλογή συμμετοχής στο πρόγραμμα I/C ενσωματώνεται στα τιμολόγια ηλεκτρικού ρεύματος, με τη μορφή έκπτωσης ή πίστωσης στο λογαριασμό, ενώ ορίζονται κυρώσεις σε περίπτωση αποτυχίας περιορισμού του φορτίου εκ μέρους των καταναλωτών (Aalami et al., 2010; U.S. Department of Energy, 2006). Στα προγράμματα I/C, όπως και στα CPP, οι καταναλωτές ενημερώνονται εκ των προτέρων για το πότε πρέπει να περιοριστεί η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αντίθεση όμως με τα προγράμματα CPP, τα προγράμματα I/C δεν βασίζονται στη μείωση της κατανάλωσης αλλά

στην προσωρινή παύση, ενώ επιβάλλεται χρηματική ποινή σε περίπτωση μη συμμόρφωσης (Kim and Shcherbakova, 2011).

Στα προγράμματα I/C φορτίου συνήθως συμμετέχουν μόνο μεγάλοι βιομηχανικοί ή εμπορικοί καταναλωτές (Aalami et al., 2010; U.S. Department of Energy, 2006).



**Σχήμα 5.6.5:** Τα προγράμματα διακοπής/περιορισμού φορτίου. (Aalami et al., 2010)

- **Προγράμματα ευελιξίας ζήτησης υποβολής Προφορών/ Εξαγοράς (Demand Bidding/Buyback Programs – BD)**

Στα πλαίσια των προγραμμάτων ευελιξίας ζήτησης υποβολής προφορών/ εξαγοράς (Demand Bidding/Buyback Programs – BD) οι πελάτες υποβάλλουν προσφορές για τον περιορισμό της κατανάλωσής τους, κατόπιν αντίστοιχου καλέσματος από τους Διαχειριστές του συστήματος. Σε αυτά μπορούν να συμμετέχουν μόνο πελάτες μεγάλης κατανάλωσης, καθώς μόνο αυτοί μπορούν να εξασφαλίσουν μεγάλες μειώσεις φορτίου. Οι συμμετέχοντες έχουν οικονομικό

όφελος καθώς ανταμείβονται για την μείωση του φορτίου τους (*Saebi et al., 2010; U.S. Department of Energy, 2006*).

- **Προγράμματα ευελιξίας ζήτησης έκτακτης ανάγκης (Emergency Demand Response Programs, EDRP)**

Τα προγράμματα ευελιξίας ζήτησης έκτακτης ανάγκης (EDRP) λειτουργούν ως μηχανισμός έκτακτης ανάγκης για τη μείωση της ζήτησης κατά τη διάρκεια περιόδων που προκύπτουν ελλείμματα εφεδρείας. Παρέχουν κίνητρα στους πελάτες που μειώνουν την κατανάλωσή τους, ωστόσο η απόκριση των πελατών σε περίπτωση κάποιου συμβάντος είναι εθελοντική και δεν επιβάλλονται ποινές σε περίπτωση μη απόκρισης. Δεν υπάρχει αποζημίωση διαθεσιμότητας ισχύος, αλλά αποζημιώνονται μόνο όσοι ανταποκρίνονται στα καλέσματα για μείωση ισχύος. Τα προγράμματα EDRP εφαρμόζονται με τη σύναψη συμβολαίων, μέσω των οποίων οι καταναλωτές δίνουν τη συγκατάθεσή τους για διακοπή των υπηρεσιών παροχής ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη διάρκεια κάποιου συμβάντος έκτακτης ανάγκης, με αντίτιμο που καθορίζεται μέσω μιας διαδικασίας υποβολής προσφορών (*Aazami et al., 2016*).

- **Προγράμματα Αγοράς Ισχύος (Capacity Market Programs, CAP)**

Στα προγράμματα αγοράς ισχύος (Capacity Market Programs, CAP), οι συμμετέχοντες δεσμεύονται να παρέχουν προκαθορισμένες μειώσεις φορτίου όταν προκύπτουν απρόβλεπτα φορτία στο σύστημα και υπόκεινται σε κυρώσεις εάν δεν ανταποκριθούν σε αυτές τις δεσμεύσεις (*Aalami et al., 2010*). Σε αυτά τα προγράμματα συμμετέχουν μόνο καταναλωτές μεγάλης κατανάλωσης, αφού πρώτα ελεγχθεί η ικανότητά τους να παρέχουν τις απαιτούμενες μειώσεις (*Aalami et al., 2010; U.S. Department of Energy, 2006*).

Η μείωση του φορτίου που προσφέρουν οι συμμετέχοντες σε αυτά τα προγράμματα λειτουργεί ως εφεδρεία ισχύος του συστήματος προς αντικατάσταση των συμβατικών πόρων παραγωγής ενέργειας. Σε αντάλλαγμα για την υποχρέωση μείωσης του φορτίου όταν τους ζητηθεί, οι συμμετέχοντες λαμβάνουν εγγυημένες πληρωμές, ενώ σε περίπτωση που οι συμμετέχοντες αποτύχουν να ανταποκριθούν σε αυτή τη δέσμευση τους επιβάλλονται ποινές. Οι συμμετέχοντες συνήθως λαμβάνουν ειδοποιήσεις ημέρας. Αξίζει να σημειωθεί ότι συμμετέχοντες πληρώνονται για να είναι σε ετοιμότητα ακόμα και τα έτη που δεν προκύπτει η

ανάγκη μείωσης του φορτίου εκ μέρους τους (*Aalami et al., 2010; U.S. Department of Energy, 2006*).

- **Προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών της αγοράς (Ancillary Services Market Programs, AS)**

Ως βοηθητικές υπηρεσίες της αγοράς (AS) νοούνται οι υπηρεσίες στήριξης του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας με την παροχή εφεδρειών, ούτως ώστε να διατηρείται η αξιοπιστία και η ασφάλειά του. Η απόκριση στη ζήτηση αποτελεί μια ιδανική επιλογή για την παροχή βοηθητικών υπηρεσιών στο δίκτυο και τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται σε αρκετές χώρες (*MacDonald et al., 2012*). Στα προγράμματα AS οι καταναλωτές υποβάλουν προσφορές παροχής λειτουργικής εφεδρείας για τη μείωση του φορτίου προς τους Διαχειριστές του Συστήματος. Εάν οι προσφορές τους γίνουν δεκτές από τους Διαχειριστές του Συστήματος, τους καταβάλλεται η τιμή της αγοράς για τη δέσμευση τους να βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής. Όταν απαιτηθούν περικοπές φορτίου, καλούνται από τους Διαχειριστές του Συστήματος να παρέχουν την εφεδρεία για την οποία έχουν δεσμευτεί (*U.S. Department of Energy, 2006*).

### **6.3 Πλεονεκτήματα της ευελιξίας ζήτησης**

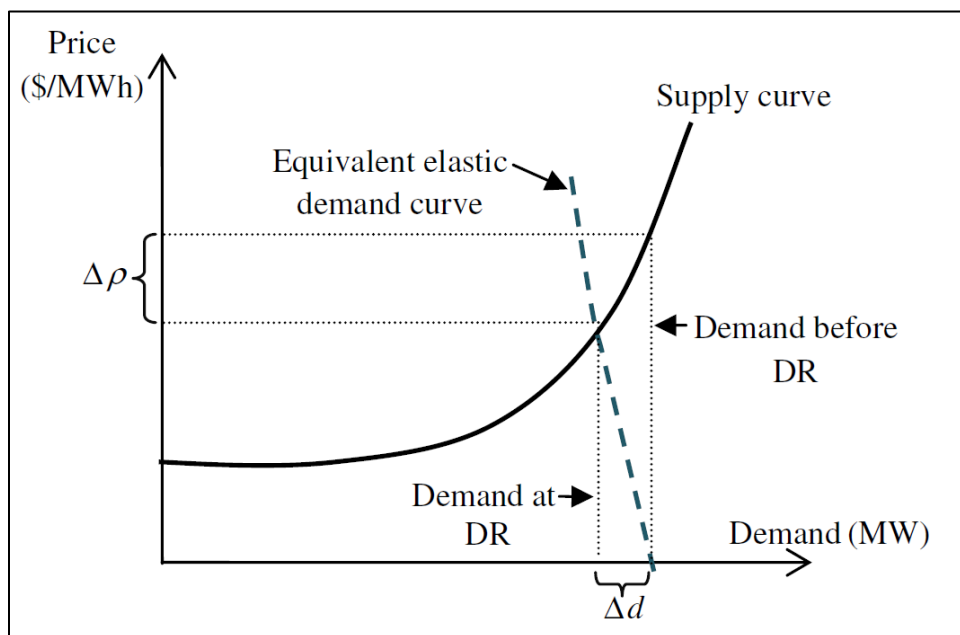
Η ευελιξία ζήτησης αποφέρει σημαντικά οφέλη για το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας και δύναται να συμβάλει στην αντιμετώπιση των προβλημάτων που απορρέουν από τη μεγάλη διεύρυνση των στοχαστικών ΑΠΕ σε αυτό (*Dupuy and Linvill, 2019*).

Πρόκειται για έναν ενεργειακό πόρο ο οποίος μπορεί να μεταφερθεί εύκολα σε διαφορετικές χρονικές στιγμές ακολουθώντας τα σήματα της αγοράς. Με αυτό τον τρόπο συμβάλλει στην κάλυψη των αναγκών εξισορρόπησης του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και στη βελτίωση της αξιοπιστίας του (*Dupuy and Linvill, 2019; U.S. Department of Energy, 2006*). Παράλληλα συμβάλλει και στην αποδοτικότερη λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς μέσω των προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση η τιμή χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές ανταποκρίνεται στο πραγματικό κόστος της για το σύστημα (*U.S. Department of Energy, 2006*).

Ένα άλλο όφελος της ευελιξίας ζήτησης είναι ότι δύναται έως ένα βαθμό να αντικαταστήσει της πλέον δαπανηρές εφεδρικές μονάδες παραγωγής ενέργειας που ενεργοποιούνται σε

περιόδους έκτακτης ανάγκης. Μακροπρόθεσμα η ευελιξία ζήτησης θα μπορούσε να μειώσει τις απαιτήσεις εγκατεστημένης ισχύος του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και κατά συνέπεια να μειώσει το συνολικό επενδυτικό κόστος εγκατάστασης μονάδων παραγωγής (Lynch et al., 2019; U.S. Department of Energy, 2006).

Η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται στο ενεργειακό σύστημα και την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να μεταφερθεί στους καταναλωτές, ως εξοικονόμηση στους λογαριασμούς τους. Εκτός από αυτό οι καταναλωτές που συμμετέχουν σε προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση έχουν επιπρόσθετα οικονομικά οφέλη, καθώς επωφελούνται από τα οικονομικά κίνητρα που δίνουν τα ίδια τα προγράμματα (U.S. Department of Energy, 2006).



**Σχήμα 6.6:** Η επίδραση της ευελιξίας ζήτησης στην τιμή ηλεκτρικής ενέργειας. (Moghaddam et al., 2011)

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι για να επωφεληθούμε από τα πλεονεκτήματα της ευελιξίας ζήτησης χρειάζεται να αξιοποιηθεί πλήρως το διαθέσιμο δυναμικό της. Στην παρούσα φάση υπολογίζεται ότι στην Ευρώπη αξιοποιείται περίπου το 20% του διαθέσιμου δυναμικού. Σύμφωνα μάλιστα με εκτιμήσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής η διαθεσιμότητα ευελιξίας ζήτησης στην Ευρώπη ισούται με 20GW, ενώ θα μπορούσε να φτάσει τα 160GW μέχρι το έτος 2030 (Thies, 2017).

#### **6.4 Ρυθμιστικά θέματα που εμποδίζουν ή προωθούν την ευελιξία ζήτησης**

Υπάρχει μια σειρά από προκλήσεις και ζητήματα που εμποδίζουν την εφαρμογή της ευελιξίας ζήτησης, τα οποία πηγάζουν από οικονομικούς, τεχνικούς ή κοινωνικούς λόγους και σχετίζονται είτε με τη δομή του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, είτε με τους διαχειριστές του συστήματος, είτε με τους ίδιους τους καταναλωτές (*Good et al., 2017; Kim and Shcherbakova, 2011*).

Στη συνέχεια γίνεται μια αναλυτική παρουσίαση των βασικών ζητημάτων που δρουν περιοριστικά για την ανάπτυξη και την ομαλή λειτουργία των προγραμμάτων ευελιξίας ζήτησης και ο τρόπος που μερικά από αυτά θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν.

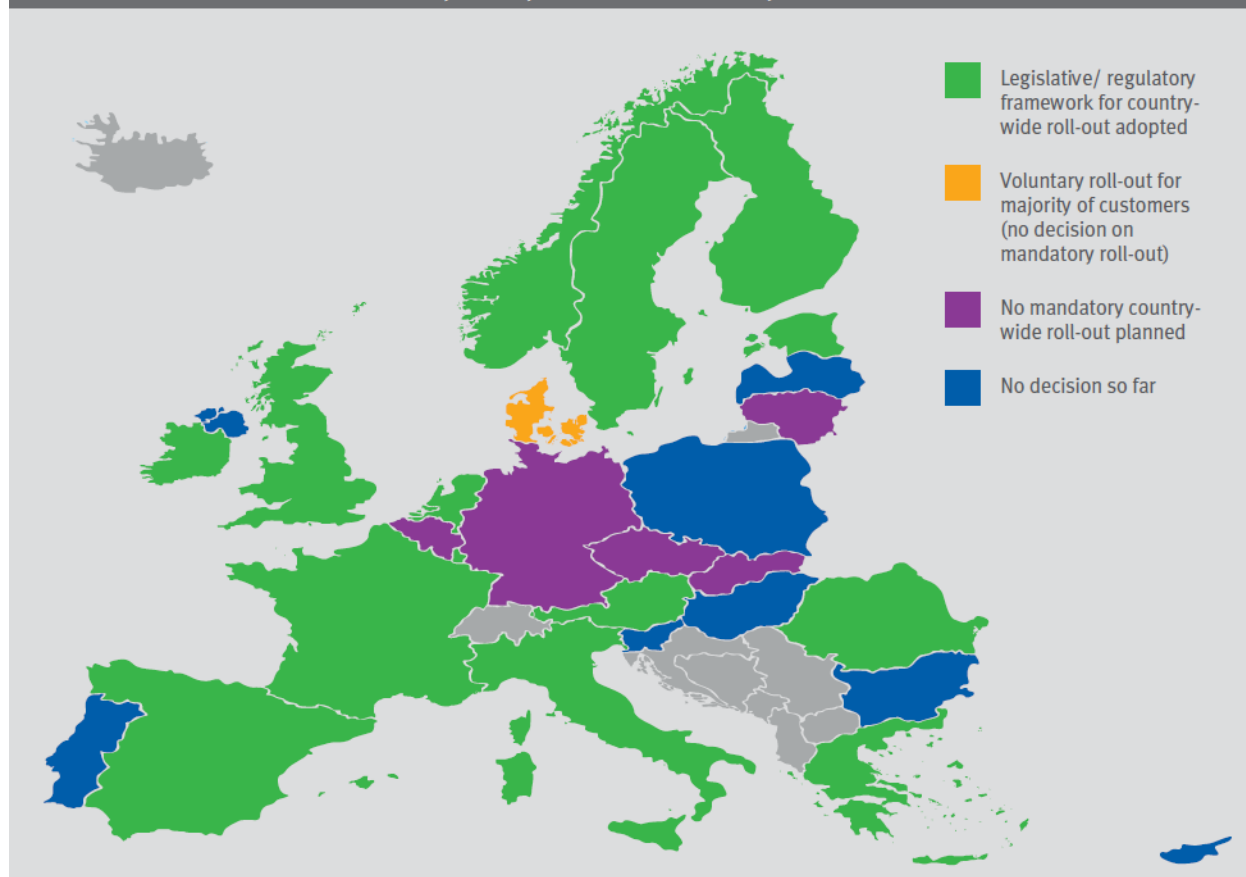
- **Μη ύπαρξη των απαραίτητων τεχνικών υποδομών**

Για την αξιοποίηση της ευελιξίας ζήτησης και τη διεύρυνση των δυνατοτήτων της είναι απαραίτητη η ανάπτυξη των κατάλληλων τεχνικών υποδομών, στις οποίες περιλαμβάνεται η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών (*Dupuy and Linvill, 2019; Kim and Shcherbakova, 2011*). Η αργή εξάπλωση των έξυπνων μετρητών αποτελεί λοιπόν ένα από τα βασικά εμπόδια για την περαιτέρω εφαρμογή των προγραμμάτων ευελιξίας ζήτησης. Ιδίως για τους οικιακούς καταναλωτές το κόστος εγκατάστασής τους αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα για την συμμετοχή σε τέτοια προγράμματα, καθώς τείνει να είναι υψηλό σε σχέση με την αποταμίευση που επιτυγχάνει (*Kim and Shcherbakova, 2011*).

Ωστόσο, το πρόβλημα αυτό δεν εντοπίζεται παντού και ούτε στον ίδιο βαθμό, καθώς η εξάπλωση των έξυπνων μετρητών πραγματοποιείται με διαφορετικό ρυθμό σε κάθε χώρα. Η εξάπλωση αυτή εξαρτάται εξολοκλήρου από τα μέτρα προώθησής που έχουν εφαρμοστεί στην εκάστοτε χώρα. Για παράδειγμα στην Ιταλία και τη Σουηδία που εφαρμόστηκαν εντατικά μέτρα εξάπλωσης των έξυπνων μετρητών μέσω του νομοθετικού τους πλαισίου, έχει ήδη ολοκληρωθεί πλήρως η αντικατάσταση των απλών μετρητικών συστημάτων με έξυπνους μετρητές. Αντίθετα, χώρες όπως το Βέλγιο, η Τσεχία και η Λιθουανία δεν προχώρησαν σε μέτρα επιβολής της υποχρέωσης εγκατάστασης έξυπνων μετρητών, καθώς θεώρησαν ότι δεν θα ήταν μια οικονομικά αποδοτική επένδυση (*Eurelectric Union of the Electricity Industry, 2013; Kim and Shcherbakova, 2011*).

Θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι η ανάγκη για ολοένα και πιο γρήγορη απόκριση στη ζήτηση και επεξεργασία ολοένα και μεγαλύτερου όγκου δεδομένων θα απαιτεί τη συνεχή βελτίωση των υφιστάμενων τεχνικών υποδομών, δημιουργώντας την ανάγκη για περαιτέρω εκσυγχρονισμό των μετρητικών συστημάτων (*Good et al., 2017*).

Smart meters: mandatory for more than 80% of customers  
in 14 European countries by 2020.<sup>6</sup>



**Σχήμα 6.7:** Στόχοι εξάπλωσης έξυπνων μετρητών στην Ευρώπη (Eurelectric Union of the Electricity Industry, 2013)

- **Ανεπαρκές σύστημα πληροφόρησης**

Η ύπαρξη ενός ανεπαρκούς συστήματος πληροφόρησης εμποδίζει την ευρεία ανάπτυξη των προγραμμάτων ευελιξίας ζήτησης και αποθαρρύνει τη συμμετοχή των καταναλωτών σε αυτά (Kim and Shcherbakova, 2011). Συχνά οι δυνητικοί συμμετέχοντες σε προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση, δηλαδή οι οικιακοί, οι εμπορικοί και οι βιομηχανικοί καταναλωτές, έχουν ελλιπείς πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωσή τους, και κατ' επέκταση για την δυνατότητά τους να παρέχουν ευελιξία ζήτησης (Good et al., 2017). Επίσης, όταν δεν υπάρχει ένα αποτελεσματικό σύστημα πληροφόρησης μπορεί να προκληθεί σύγχυση σχετικά με τις απαραίτητες μειώσεις κατά τη διάρκεια ενός κρίσιμου συμβάντος αιχμής (Kim and Shcherbakova, 2011).

Αναμένεται ότι η live παροχή πληροφοριών για τις τιμές και τη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές θα διευκόλυνε σημαντικά την πληροφόρηση των καταναλωτών και θα ενθάρρυνε τις αλλαγές στην καταναλωτική τους συμπεριφορά. Επίσης, οι οικιακές συσκευές που μεταδίδουν πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση τους, θα μπορούσαν να διευκολύνουν τους καταναλωτές στο να προσαρμόσουν την κατανάλωσή τους βάσει της μεταβολή της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας (*Kim and Shcherbakova, 2011*).

Μια επιπλέον πρόκληση αποτελεί η πολυπλοκότητα του συστήματος πληροφόρησης λόγω της ανάγκης επεξεργασίας μεγάλου πλήθους δεδομένων και διαφόρων ειδών αβεβαιότητας. (*Good et al., 2017*).

- **Το φαινόμενο της «Κόπωσης απόκρισης»**

Οι καταναλωτές προτιμούν να απλοποιούν τη λήψη αποφάσεων που συνδέονται με την καθημερινότητά τους και γι' αυτό ο μεγάλος όγκος πληροφορίας που χρειάζεται να επεξεργαστούν για να ανταποκριθούν στις ανάγκες ενός προγράμματος ευελιξίας ζήτησης, δρα αποτρεπτικά. Το φαινόμενο αυτό αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως «κόπωση απόκρισης» (*Response fatigue*), και ωθεί τους καταναλωτές στην παραμονή τους σε ένα λιγότερο πολύπλοκο πρόγραμμα τιμολόγησης παραβλέποντας το οικονομικό τους όφελος (*Kim and Shcherbakova, 2011*).

Έχει διαπιστωθεί ότι παράγοντες που προκαλούν την «κόπωση απόκρισης» είναι η απαίτηση για μεγάλη διάρκεια διαθεσιμότητας, η ανάγκη για συχνή λήψη αποφάσεων, η μεγάλη συχνότητα ενεργοποιήσεων των υπηρεσιών ευελιξίας ζήτησης και οι σύντομες περίοδοι ανάπαυσης μεταξύ των διαδοχικών ενεργοποιήσεων (*Stenner et al., 2017*). Επίσης όσο πιο περίπλοκος είναι ο τρόπος υπολογισμού των χρεώσεων τόσο πιο αποθαρρυντικά δρα για την απόκριση των καταναλωτών στη ζήτηση (*Dupuy and Linvill, 2019; Kim and Shcherbakova, 2011*)

Το ζήτημα της «κόπωσης απόκρισης» μπορεί εν μέρει να περιοριστεί με τη χρήση αυτοματισμών, όπως είναι οι έξυπνοι θερμοστάτες ή τα συστήματα έξυπνων κτιρίων, που δίνουν τη δυνατότητα αυτόματης λήψης αποφάσεων, μειώνοντας την ταλαιπωρία για τον χρήστη και επιτρέποντας την περαιτέρω ενίσχυση των προγραμμάτων ευελιξίας ζήτησης (*Good et al., 2017*).



- **Αβεβαιότητα για τα έσοδα που προσφέρουν τα προγράμματα ευελιξίας ζήτησης**

Η αβεβαιότητα σχετικά με τα πιθανά έσοδα από τη συμμετοχή σε προγράμματα ευελιξίας ζήτησης, οδηγεί σε μείωση του ενδιαφέροντος για συμμετοχή σε αυτά (*Nolan and O'Malley, 2015*). Όλα τα προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση παρέχουν οικονομικά κίνητρα στους χρήστες, ωστόσο αυτό δεν είναι πάντα αρκετό. Χρειάζεται να εξεταστεί ο αντίκτυπος της συμμετοχής σε τέτοιου είδους προγράμματα στις συνολικές χρηματοοικονομικές δαπάνες του καταναλωτή. Εάν το κόστος ηλεκτρισμού αποτελεί ένα μικρό ποσοστό των συνολικών δαπανών των καταναλωτών, όπως συμβαίνει στις περισσότερες χώρες, δεν ενθαρρύνεται η συμμετοχή τους σε αυτά. Προκειμένου οι καταναλωτές να επωφελούνται από τα προγράμματα ευελιξίας ζήτησης, πρέπει αυτά να τους προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση. Αυτό για παράδειγμα μπορεί να επιτευχθεί με την αύξηση της διαφοράς μεταξύ των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους αιχμής και σε περιόδους εκτός αιχμής (*Kim and Shcherbakova, 2011*).

Παράλληλα υπάρχουν και κάποια κρυφά κόστη για τον συμμετέχοντα σε προγράμματα ευελιξίας ζήτησης, όπως είναι τα πιθανά τέλη συμμετοχής, ή το κόστος εκπροσώπησής τους στην αγορά ενέργειας. Σε περίπτωση που αυτά τα κόστη είναι υψηλά θα μπορούσαν να λειτουργήσουν αποτρεπτικά για τη συμμετοχή των καταναλωτών σε προγράμματα ευελιξίας ζήτησης (*Good et al., 2017*).

Ένα άλλο ζήτημα είναι το γεγονός ότι μακροπρόθεσμα με την αύξηση της συμμετοχής σε προγράμματα ευελιξίας ζήτησης θα υπάρχει μεγαλύτερος ανταγωνισμός μεταξύ των προσφορών για μείωση της κατανάλωσης ή για διαθεσιμότητα ισχύος, με αποτέλεσμα την πτώση των τιμών αποζημίωσης των καταναλωτών και κατά συνέπεια τη μείωση του κέρδους τους (*Nolan and O'Malley, 2015*).

- **Ευθύνη χρηματοδότησης του εξοπλισμού**

Παρότι ορισμένες απλές μορφές απόκρισης στη ζήτηση μπορούν να αναπτυχθούν από προμηθευτές χωρίς πολύπλοκες τεχνολογίες, για την πλειοψηφία των προγραμμάτων ευελιξίας ζήτησης απαιτείται η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών καθώς αυτοί είναι απαραίτητοι για την ακριβή μέτρηση της κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο και κατά συνέπεια για τη σωστή διαμόρφωση των τελικών χρεώσεων προς τον καταναλωτή (*Vallés et al., 2016*).

Ένα σημαντικό ερώτημα που προκύπτει αφορά το ποιος αναλαμβάνει την ευθύνη χρηματοδότησης των έξυπνων μετρητών, αλλά και το ποιο είναι το ιδιοκτησιακό τους καθεστώς

(*Van Dievel et al., 2014*). Τα σχήματα χρηματοδότησης των έξυπνων μετρητών και οι αρμόδιοι φορείς διαχείρισης των μετρήσεων διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Για παράδειγμα στη Μεγάλη Βρετανία το κόστος της χρηματοδότησης των έξυπνων μετρητών επιβαρύνει τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας, στη Γαλλία εμπεριέχεται στην χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας ενώ στην Ισπανία οι καταναλωτές επιβαρύνονται με ένα επιπλέον ποσό για την ενοικίαση του εξοπλισμού (*Vallés et al., 2016*).

Στις περιπτώσεις που ο ίδιος ο καταναλωτής αναλαμβάνει το κόστος του έξυπνου μετρητή, το κόστος αυτό μπορεί να αποτελέσει σημαντικό αποτρεπτικό παράγοντα για την απόφαση συμμετοχής τους ή όχι σε προγράμματα ευελιξίας ζήτησης (*Kim and Shcherbakova, 2011*). Γι' αυτό είναι σημαντικό σε τέτοιες περιπτώσεις να παρέχονται οικονομικά κίνητρα στους καταναλωτές, είτε με τη μορφή εκπτώσεων στην αγορά εξοπλισμού, είτε έμμεσα με την μορφή φοροελαφρύνσεων και αποζημιώσεων σε οικίες που διαθέτουν τον κατάλληλο εξοπλισμό (*Kim and Shcherbakova, 2011*). Σημαντικό οικονομικό κίνητρο θα μπορούσαν να είναι η δανειοδότηση με μειωμένα επιτόκια, ή με εγγύηση από την κυβέρνηση, όπως έχει εφαρμοστεί στο Ηνωμένο Βασίλειο (*Good et al., 2017*).

- **Εμπόδια του ρυθμιστικών πλαισίων**

Δυστυχώς παρά τη συνεχή διαδικασία αναδιάρθρωσης των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας δεν έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στα προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση, γεγονός που δρα περιοριστικά στην περαιτέρω ανάπτυξή τους (*Kim and Shcherbakova, 2011*). Για την καλύτερη αξιοποίηση της ευελιξίας ζήτησης και τη διεύρυνση των εφαρμογών της, είναι απαραίτητη η ενσωμάτωσή της στα ρυθμιστικά πλαίσια των χωρών και η αποσαφήνιση των ρυθμιστικών θεμάτων που εμποδίζουν την εφαρμογή της.

Τα ρυθμιστικά ζητήματα που εμποδίζουν την εφαρμογή προγραμμάτων ευελιξίας ζήτησης διαφοροποιούνται από χώρα σε χώρα. Σε αρκετές χώρες η ευελιξία ζήτησης δεν μπορεί να συμμετέχει σε όλες τις αγορές ενέργειας, ενώ σε κάποιες δεν επιτρέπεται η συμμετοχή στην παροχή βοηθητικών υπηρεσιών. Επίσης σε αρκετά προγράμματα δε δίνεται η δυνατότητα σωρευτικής εκπροσώπησης. Αυτό σε συνδυασμό με τις αυστηρές προϋποθέσεις συμμετοχής που τίθενται, όπως για παράδειγμα τα υψηλά κατώτερα όρια ισχύος και η απαίτηση για συμμετρικές προσφορές, οδηγεί σε χαμηλά ποσοστά συμμετοχής (*Energy and Coalition, 2017; Nolan and O'Malley, 2015*). Παράλληλα, ένα άλλο ρυθμιστικό ζήτημα που παρατηρείται συχνά είναι ο ασαφής καθορισμός των ρόλων και των ευθυνών μεταξύ των αρμόδιων φορέων εξισορρόπησης, των φορέων σωρευτικής εκπροσώπησης και των καταναλωτών, γεγονός που

εμποδίζει την ομαλή λειτουργία των προγραμμάτων ευελιξίας ζήτησης (*Energy and Coalition, 2017; Vallés et al., 2016*).

- **Προστασία προσωπικών δεδομένων**

Τα περισσότερα προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση επιβάλουν την εγκατάσταση έξυπνων μετρητών στους καταναλωτές. Η χρήση των έξυπνων μετρητών παρότι λύνει αρκετά λειτουργικά προβλήματα της ευελιξίας ζήτησης, εγείρει ανησυχίες αναφορικά με την ασφάλεια, το δικαίωμα στην ιδιωτική ζωή αλλά και την προστασία δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα, καθώς πραγματοποιείται μαζική συλλογή προσωπικών δεδομένων (*Good et al., 2017; Ζησίου, 2019*). Με τους έξυπνους μετρητές συλλέγονται δεδομένα ικανά να αποκωδικοποιήσουν καταναλωτικές συμπεριφορές και μοτίβα χρήσης ενέργειας των τελικών χρηστών. Το γεγονός αυτό εγείρει τον κίνδυνο υποκλοπής αυτών των δεδομένων και χρήσης τους από εταιρείες για εμπορικούς και διαφημιστικούς σκοπούς ή από διαρρήκτες για τον προσδιορισμό των ωρών που οι κάτοικοι απουσιάζουν (*Herold, 2010*).

Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος θα μπορούσαν να εφαρμοστούν διάφορες τεχνικές λύσεις, με στόχο την καλύτερη κωδικοποίηση των δεδομένων ώστε να μην μπορούν εύκολα να προσβληθούν από τρίτους (*Good et al., 2017*).

- **Μειωμένα κίνητρα για τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας**

Έναν λιγότερο γνωστό αλλά εξίσου περιοριστικό παράγοντα και την εξάπλωση της ευελιξίας ζήτησης αποτελούν τα μειωμένα κίνητρα των παρόχων ηλεκτρικής ενέργειας για την εφαρμογή τέτοιου είδους προγραμμάτων.

Τα προγράμματα ευελιξίας ζήτησης έχουν σχεδιαστεί για να μειώσουν την κατανάλωση ή να την μετατοπίσουν σε περιόδους που η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των εσόδων των παρόχων ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς οι ίδιοι δεν έχουν κανένα κίνητρο που να τους ωθεί στο να επενδύσουν σε προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση (*Kim and Shcherbakova, 2011; Yang, 2017*).

Μια λύση για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος θα μπορούσε να είναι η επιβολή της υποχρέωσης των επιχειρήσεων να προωθούν την ευελιξία ζήτησης, ακολουθώντας ένα πρότυπο αντίστοιχο με αυτό που έχει εφαρμοστεί σε αυτές για την υποχρέωση παραγωγής

συγκεκριμένου ποσοστού ενέργειας προερχόμενης από ανανεώσιμες πηγές (*Kim and Shcherbakova, 2011*)

## 7. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΕΥΕΛΙΞΙΑΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

### 7.1 Ευρωπαϊκές οδηγίες προώθησης της ευελιξίας ζήτησης

Η ενσωμάτωση της απόκρισης στη ζήτηση στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά την τελευταία δεκαετία αποτελεί σταθερά μια βασική προτεραιότητα για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και τα αντίστοιχα κράτη μέλη. Αυτό αντικατοπτρίζεται στους στόχους για το 2020 και το 2030, καθώς και στο τρίτο ενεργειακό πακέτο, τους Κανονισμούς του δικτύου, την Ευρωπαϊκή Οδηγία για την ενεργειακή απόδοση και στο πακέτο καθαρής ενέργειας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, που προτείνουν τον επανασχεδιασμό της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να είναι πιο ανοιχτή στην απόκριση στη ζήτηση (*Herrera Anchustegui and Formosa, 2019*).

Αρχικά, η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/72/ΕΕ (*2009/72/EC, 2009*) μπορεί μεν να μην κατέστησε δυνατή την απόκριση στη ζήτηση, αλλά αναγνώρισε ότι η διαχείριση της ζήτησης σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση έχει θετικό αντίκτυπο στο περιβάλλον, και στη μείωση της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης και του φορτίου αιχμής. Για παράδειγμα, το άρθρο 25.7 απαιτεί από τους φορείς εκμετάλλευσης δικτύων να εξετάζουν τα μέτρα απόκρισης της ζήτησης και ενεργειακής απόδοσης κατά τον σχεδιασμό αναβαθμίσεων του συστήματος, χωρίς ωστόσο να διευκρινίζει πώς θα εφαρμοστεί αυτό. Επίσης η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων - 31/2010/ΕΕ (*31/2010/EU, 2010*) ορίζει ένα νομικό πλαίσιο, σύμφωνα με το οποίο όλα τα νέα κτίρια στην Ευρωπαϊκή Ένωση πρέπει να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας έως τα τέλη του 2020 και να διαθέτουν τεχνολογίες μέτρησης και έξυπνου ελέγχου. Παρά το γεγονός ότι η απόκριση στη ζήτηση ως έννοια δεν αναφέρεται στην παρούσα οδηγία, είναι προφανές ότι αυτή η οδηγία παρέχει το πλαίσιο που επιτρέπει στα κτίρια να καταστούν ενεργές μονάδες ευελιξίας και απόκρισης στη ζήτηση, εφαρμόζοντας τεχνικές έξυπνης μέτρησης (*Holisder et al., 2020*).

Στη συνέχεια, η Ευρωπαϊκή Οδηγία για την ενεργειακή απόδοση (2012/27/ΕΕ) (*2012/27/EU, 2012*) αποτελεί στην ουσία το πρώτο σημαντικό βήμα για την ανάπτυξη της απόκρισης στη ζήτηση στην Ευρώπη (*Holisder et al., 2020*). Βάσει αυτής τα κράτη μέλη οφείλουν να «υποστηρίζουν τη δυναμική τιμολόγηση στο πλαίσιο μέτρων απόκρισης στη ζήτηση από τους τελικούς καταναλωτές», ενώ παράλληλα θα πρέπει να επιδιωχθούν «ίσες ευκαιρίες εισόδου στην αγορά για πόρους της πλευράς της ζήτησης». Επισημαίνεται μάλιστα ότι η πρόσβαση στην απόκριση στη ζήτηση θα πρέπει να επεκταθεί και στους μικρούς τελικούς καταναλωτές (*2012/27/EU, 2012*).

Επίσης, στην αναδιατυπωμένη οδηγία για την ηλεκτρική ενέργεια 2019/944/ΕΕ (ΕΥ 2019/944, 2019) παρέχεται στους καταναλωτές η δυνατότητα να έχουν μια «σύμβαση δυναμικής τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας» (άρθρο 11) και να συνάπτουν συμβάσεις με φορείς σωρευτικής εκπροσώπησης (ΦοΣΕ) (άρθρο 13), ενώ αναφέρεται εκτεταμένα στις δυνατότητες απόκρισης στη ζήτηση και στους έξυπνους μετρητές (άρθρα 17, 19, 20 και 22) (*Herrera Anchustegui and Formosa, 2019*).

## **7.2 Ρυθμιστικό πλαίσιο ευελιξίας ζήτησης στην Ελλάδα**

Στην Ελλάδα, μέχρι το έτος 2015, οι καταναλωτές μπορούσαν να συμμετέχουν στην απόκριση στη ζήτηση μόνο μέσω του νυχτερινού τιμολογίου, δηλαδή με το να μεταφέρουν την κατανάλωσή τους σε ώρες χαμηλού φορτίου εξασφαλίζοντας χαμηλότερη χρέωση ηλεκτρικού ρεύματος. Στη συνέχεια όμως, ο Νόμος Ν.4342/2015 (*ΦΕΚ 143Α, 2015*) ενσωμάτωσε στην ελληνική νομοθεσία την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενεργειακή απόδοση 2012/27 (*2012/27/EU, 2012*), η οποία απαιτεί μεταξύ άλλων, την υιοθέτηση μέτρων διαχείρισης της ζήτησης και τη θέσπιση φορέων παροχής υπηρεσιών εξισορρόπησης και βοηθητικών υπηρεσιών. Η προετοιμασία του νέου κώδικα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας για τη συμπερίληψη μέτρων απόκρισης στη ζήτηση και η απλούστευση των διαδικασιών παροχής ηλεκτρικού ρεύματος από τους καταναλωτές πραγματοποιήθηκαν το 2016 (*Latta, 2017*).

Στην παρούσα φάση, στην Ελλάδα εφαρμόζονται δύο προγράμματα διακοπόμενου φορτίου, στα οποία μπορούν να συμμετέχουν καταναλωτές με ευέλικτο φορτίο ελάχιστης ισχύος 5 MW. Οι πελάτες χαμηλής τάσης πρόκειται ενδεχομένως να συμπεριληφθούν μελλοντικά σε αυτά τα προγράμματα, ωστόσο, θα χρειαστεί πρώτα να εξοπλιστούν με έξυπνους μετρητές. Οι συμμετέχοντες καταναλωτές προκειμένου να είναι σε θέση να συμμετέχουν στις μηνιαίες δημοπρασίες, χρειάζεται να εγγραφούν στο Μητρώο διακοπόμενων φορτίων (*Bertoldi et al., 2016*)

Τα κύρια εμπόδια εφαρμογής των προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση που παρατηρούνται στην Ελλάδα είναι ο περιορισμός των 5 MW που είναι αρκετά υψηλός για έναν μόνο χρήστη, το γεγονός ότι δεν επιτρέπεται ακόμα η συμμετοχή των φορέων σωρευτικής εκπροσώπησης σε αυτά, καθώς και το γεγονός ότι η χονδρεμπορική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και οι βοηθητικές υπηρεσίες παραμένουν κλειστές προς την απόκριση στη ζήτηση (*Bertoldi et al., 2016*).

**Πίνακας 7.1:** Διαφορετικοί τύποι υπηρεσιών διακοπόμενου φορτίου που προσφέρει ο Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς στην Ελλάδα, ανάλογα με τον χρόνο ειδοποίησης, τη διάρκεια κάθε μείωσης φορτίου και τη μέγιστη διάρκεια της μείωσης φορτίου ανά έτος (Bertoldi et al., 2016)

Interruptible Programme	Notice time	Duration of each power reduction order (PRO)	Maximum duration of load shedding per year	Minimum period between consecutive PRO	Maximum period between 2 consecutive PRO
Type 1	2 hours	48 hours	144 hours	1 day	3
Type 2	5 minutes	1 hour	24 hours	5 days	4

Αναμένεται ωστόσο ότι στο προσεχές χρονικό διάστημα η απόκριση στη ζήτηση θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο για την κάλυψη των αιχμών ζήτησης, την παροχή ευελιξίας και την επίτευξη υψηλών στόχων διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Προβλέπεται μάλιστα ότι θα εφαρμοστούν και προγράμματα έμμεσης απόκρισης στη ζήτηση που θα βασίζονται στους μηχανισμούς της αγοράς (Latta, 2017).

### 7.3 Ρυθμιστικά πλαίσια για την ευελιξία ζήτησης σε άλλες χώρες

#### 7.3.1 Αυστρία

Στην Αυστρία δεν εφαρμόζονται προγράμματα άμεσης απόκρισης στη ζήτηση και η χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές γίνεται βάσει μιας σταθερής τιμής ανά kWh ή ανά kW (ECOFYS, 2018). Επίσης, παρότι το ρυθμιστικό πλαίσιο της Αυστρίας δίνει τη δυνατότητα συμμετοχής της απόκρισης στη ζήτηση στις αγορές εξισορρόπησης, η ανάπτυξη τέτοιου είδους εφαρμογών είναι ιδιαίτερα αργή, γεγονός που οφείλεται στην ιδιαίτερα πολύπλοκη δομή τους (Energy and Coalition, 2017).

Οι καταναλωτές συμμετέχουν στην ευελιξία ζήτησης κυρίως μέσω των βοηθητικών υπηρεσιών, παρέχοντας ανοδική και καθοδική, πρωτογενή, δευτερογενή ή τριτογενή εφεδρεία στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτές τις εφεδρείες μπορεί να συμμετέχουν και οι ΦοΣΕ, ανάλογα με τη συμφωνία που έχει γίνει μεταξύ του αρμόδιου φορέα εξισορρόπησης και του προμηθευτή (Corchado et al., 2017). Ωστόσο, παρά την συμμετοχή των ΦοΣΕ, δεν υπάρχει ιδιαίτερη ανταπόκριση από τους πελάτες χαμηλής κατανάλωσης, λόγω των χαμηλών εσόδων που τους αποφέρει. Συνεπώς, στα προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών συμμετέχουν κυρίως

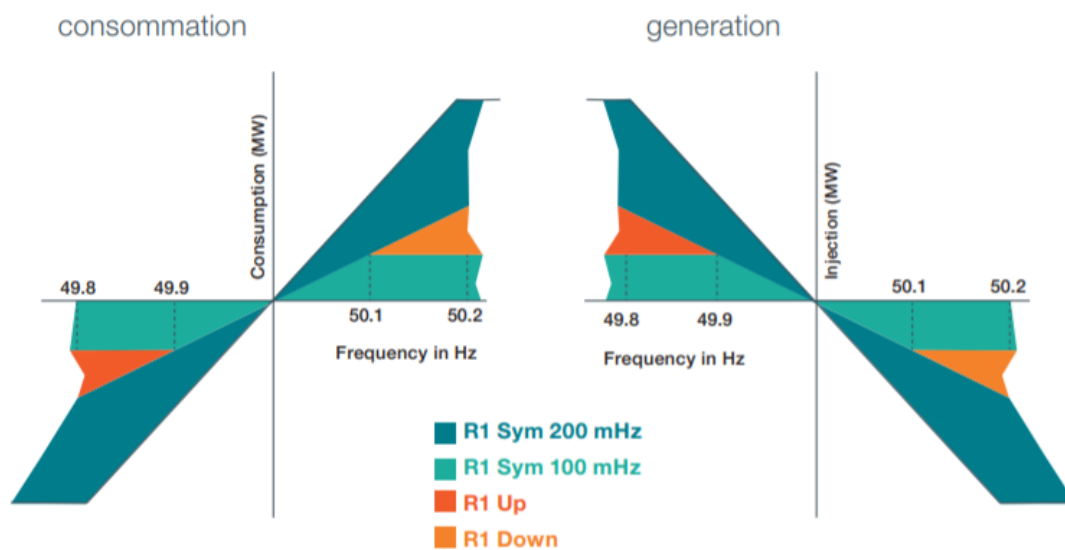
πελάτες που διαθέτουν μεγάλες ποσότητες ευέλικτου φορτίου, όπως είναι για παράδειγμα οι βιομηχανίες (*Energy and Coalition, 2017*).

### **7.3.2 Βέλγιο**

Το Βέλγιο έχει σημειώσει σημαντικά βήματα όσον αφορά την ανάπτυξη της ευελιξίας ζήτησης μέσω των βοηθητικών υπηρεσιών, προχωρώντας σε μια σειρά από αλλαγές στο ρυθμιστικό του πλαίσιο. Η απόκριση στη ζήτηση μπορεί να συμμετέχει στην πρωτοβάθμια και τριτοβάθμια εφεδρεία του συστήματος, όχι όμως ακόμα στην δευτεροβάθμια (*Energy and Coalition, 2017*). Πρόκειται για τις εφεδρείες FCR και FRR που περιγράφονται στην ενότητα 3.1. Τόσο στα προγράμματα πρωτοβάθμιας εφεδρείας όσο και στα προγράμματα τριτοβάθμιας εφεδρείας μπορούν να συμμετέχουν καταναλωτές και διεσπαρμένοι παραγωγοί είτε απευθείας είτε εκπροσωπούμενοι από κάποιον ΦοΣΕ. Απαραίτητη προϋπόθεση συμμετοχής είναι η διαθεσιμότητα τουλάχιστον 1MW ευέλικτης ισχύος (*Elia, 2019*).

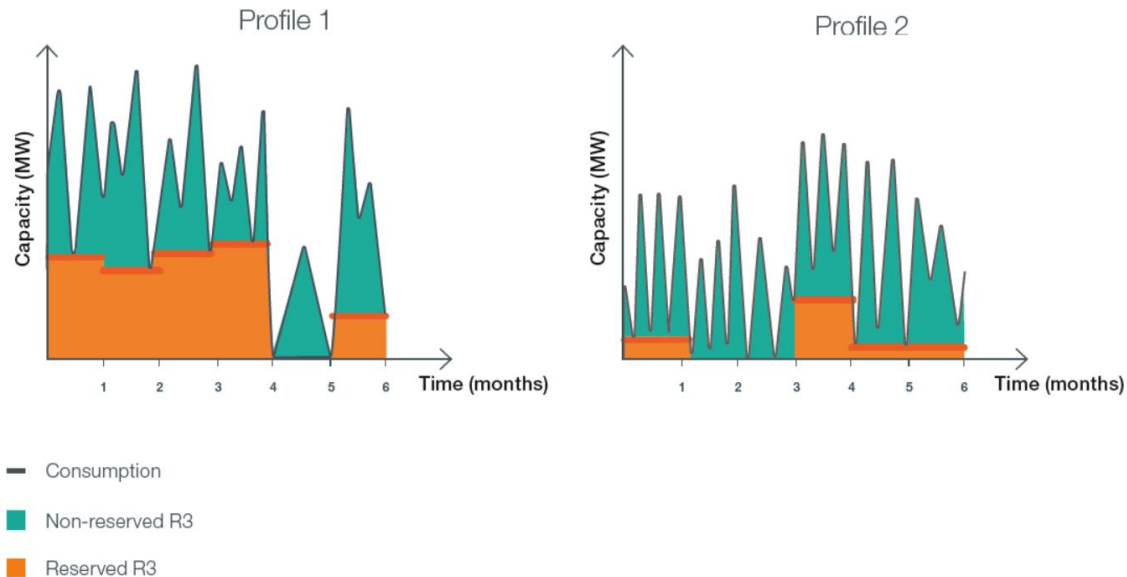
Μέχρι πρόσφατα παρέχονταν στους καταναλωτές τέσσερα διαφορετικά προϊόντα πρωτοβάθμιας εφεδρείας. Πρόκειται για τα προγράμματα R1 Sym 200mHz, R1 Sym 100 mHz, R1 Up και R1 Down, τα οποία ενεργοποιούνταν για διαφορετικά εύρη ισχύος και συχνότητας, όπως απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Ωστόσο από τον Ιούλιο του 2020 εφαρμόζεται μόνο το πρόγραμμα R1 Sym 200 mHz, το οποίο συνίσταται σε συμφωνία αύξησης ή μείωσης της κατανάλωσης (ή αντίστοιχα μείωσης ή αύξησης της παρεχόμενης στο δίκτυο ενέργειας), σε περίπτωση μεταβολής της συχνότητας εντός του εύρους των 200 mHz. Ο χρόνος ενεργοποίησης της πρωτογενούς εφεδρείας δεν υπερβαίνει τα 30 sec (*Elia, 2019*).





**Σχήμα 7.1:** Προγράμματα πρωτοβάθμιας εφεδρείας στο Βέλγιο (Elia, 2017).

Η Τριτογενής Εφεδρεία (R3-Dynamic Profile) παρέχεται είτε με μόνιμη δέσμευση διαθεσιμότητας είτε με δέσμευση διαθεσιμότητας μόνο κατόπιν ενεργοποίησής της από τον συμμετέχοντα. Σε κάθε περίπτωση ο μέγιστος χρόνος ενεργοποίησης είναι τα 15 λεπτά, ενώ η διάρκεια της ενεργοποίησης διαφέρει ανάλογα με το προϊόν. Οι καταναλωτές μπορούν να συμμετέχουν ταυτόχρονα σε περισσότερα από ένα προγράμματα, ανάλογα με το προφίλ του φορτίου τους και υπό την προϋπόθεση ότι οι υπηρεσίες αυτές πληρούν τις προδιαγραφές του κάθε προγράμματος (Elia, 2019). Παράλληλα, παρέχεται ευελιξία και μέσω ενός προγράμματος διακοπόμενου φορτίου. Το πρόγραμμα αυτό παρέχει επίσης τριτογενή εφεδρεία (R3 ICH) και χωρίζεται σε διάφορα υποπρογράμματα ανάλογα με τη διάρκεια της διακοπής. Σε καμία περίπτωση δεν γίνεται να μεσολαβούν λιγότερες από 24 ώρες μεταξύ των διακοπών. Τέλος η απόκριση στη ζήτηση παρέχει και ένα μέρος της στρατηγικής εφεδρείας (SR) (Energy and Coalition, 2017).



**Σχήμα 7.2:** Απεικόνιση διαφορετικών προφίλ παρεχόμενης Τριτογενούς Εφεδρείας (Elia, 2017)

Τα βασικά χαρακτηριστικά όλων των παραπάνω προϊόντων ευελιξίας ζήτησης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 7.2:** Περιγραφή των βασικών απαιτήσεων των διαθέσιμων προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση στο Βέλγιο (Energy and Coalition, 2017).

Product	Minimum size (MW)	Notification Time	Activation	Triggered (max. times)
R1-Load (Up)	1 MW	15s (50%) 30s (100%)	Automatic speed, rotation and frequency control system	No limit, but reasonable number of activations per year, about 80 min/year
R3-DP	1 MW	15 min	Remote control	Max 40 times/year
R3 ICH	1 MW	3 min	Remote control	Not more than 4 times/year
SDR	SDR_4	1 MW	TSO's website, day-ahead forecast + intraday correction	Max 40 times/year
	SDR_12	1 MW		Max 20 times/year

### 7.3.3 Δανία

Η Δανία διαθέτει υψηλή εγκατεστημένη ισχύ σε σύγκριση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, καθώς και μια εύρυθμη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Δεν υπάρχει, λοιπόν, μεγάλη ανάγκη για ευελιξία ζήτησης, γεγονός που έχει οδηγήσει σε μια ιδιαίτερα περιορισμένη εφαρμογή προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση (*Energy and Coalition, 2017*).

Αξίζει, επίσης, να αναφερθεί ότι το δανικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας χωρίζεται σε δύο ζώνες, την Western-DK1 και την Eastern-DK2, που συνδέονται μεταξύ τους. Η DK1 είναι σύγχρονη με τη Γερμανία και το δίκτυο Continental, ενώ η DK2 συνδέεται με το σκανδιναβικό δίκτυο. Αυτή η ιδιαιτερότητα του δικτύου επηρεάζει τη δομή και τη χρήση της απόκρισης ζήτησης στη Δανία, δεδομένου ότι ορισμένα προγράμματα λειτουργούν διαφορετικά σε κάθε περιοχή (*Energy and Coalition, 2017*).

Η βασική εφαρμογή της απόκρισης στη ζήτηση στη Δανία είναι κάποια προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών. Οι απαιτήσεις συμμετοχής σε αυτά τα προγράμματα είναι σχετικά μικρές με ορισμένες εξαιρέσεις. Πιο συγκεκριμένα, η FCR έχει ελάχιστη ισχύ συμμετοχής τα 300 kW, ενώ η FRR έχει ελάχιστη ισχύ συμμετοχής τα 5 MW. Η στρατηγική εφεδρεία είναι επίσης ανοικτή στην απόκριση στη ζήτηση, ωστόσο η συμμετοχή των καταναλωτών είναι ιδιαίτερα χαμηλή (*Corchado et al., 2017*).

Επίσης, στη Δανία εφαρμόζεται και ένα είδος δυναμικής τιμολόγησης, στο οποίο οι καταναλωτές επιβαρύνονται με χρεώσεις που βασίζονται στην μέση μηνιαία χονδρική τιμή της αγοράς (*IRENA, 2019b*).

### 7.3.4 Φινλανδία

Στη Φινλανδία η απόκριση στη ζήτηση έχει αναπτυχθεί σημαντικά (*Corchado et al., 2017*). Οι καταναλωτές έχουν τη δυνατότητα να επιλέξουν τη δυναμική τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας και υπολογίζεται ότι περίπου το 10% των καταναλωτών συμμετέχει σε αυτό τον τρόπο τιμολόγησης. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας για αυτούς τους καταναλωτές βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην τιμή του χρηματιστηρίου ηλεκτρικής ενέργειας. Για την εφαρμογή της δυναμικής τιμολόγησης είναι απαραίτητη η δυνατότητα ωριαία μέτρησης της κατανάλωσης, η οποία είναι εφικτή σήμερα για κάθε καταναλωτή στη Φινλανδία. Εξίσου σημαντικό είναι ότι ο καταναλωτής μπορεί να ελέγχει τις τιμές για κάθε ώρα της επόμενης ημέρας, μέσω της σχετικής ιστοσελίδας στην οποία δημοσιεύονται (*EURELECTRIC, 2017*).

Επιπρόσθετα, η απόκριση στη ζήτηση συμμετέχει στις βοηθητικές υπηρεσίες. Η πλειοψηφία των προγραμμάτων έχουν υψηλές απαιτήσεις ελάχιστης ισχύος συμμετοχής ύψους 5 έως 10 MW, εκτός από την FCR, για την οποία η ελάχιστη ισχύς συμμετοχής είναι τα 100 kW (*Corchado et al., 2017*).

### **7.3.5 Γαλλία**

Η Γαλλία θεωρείται ένα από τα πιο επιτυχημένα παραδείγματα εφαρμογής της απόκρισης στη ζήτηση στην Ευρώπη, κυρίως χάρη στο ρυθμιστικό της πλαίσιο που διευκολύνει την ένταξη των καταναλωτών και των ΦοΣΕ στις αγορές ενέργειας (*Corchado et al., 2017*). Η συμμετοχή των βιομηχανικών και οικιακών καταναλωτών στην απόκριση στη ζήτηση επιτρέπεται βάσει της γαλλικής νομοθεσίας από τον Ιούλιο του 2014 . Αυτή αρχικά περιοριζόταν σε επίπεδο δικτύου μεταφοράς, αλλά από τις αρχές του 2016 και μετά ξεκίνησε να επιτρέπεται η απόκριση στη ζήτηση και σε επίπεδο δικτύου διανομής (*Energy and Coalition, 2017*).

Στη Γαλλία, εφαρμόζεται εδώ και αρκετά χρόνια ένας συνδυασμός τιμολογίου CPP και ΤΟΥ, που ονομάζεται Tempo. Στο πλαίσιο αυτού του προγράμματος, χρησιμοποιείται ένα σύστημα χρωμάτων, βάσει του οποίου διαχωρίζονται οι μέρες του έτους ανάλογα με την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας (*Eid et al., 2016*). Οι συμμετέχοντες στο πρόγραμμα μπορούν να προσαρμόσουν την κατανάλωσή τους είτε χειροκίνητα είτε μέσω αυτοματοποιημένων διαδικασιών. Υπολογίζεται ότι μέσω του προγράμματος Tempo οι οικιακοί καταναλωτές μπορούν να επιτύχουν κατά μέσο όρο 10% εξοικονόμηση στο λογαριασμό ηλεκτρικής ενέργειας (*Torriti et al., 2010*).

Επίσης, το 2013 εισήχθη και ένα πρόγραμμα διακοπτόμενου φορτίου, το οποίο εφαρμόζεται μέσω άμεσων συμβάσεων υπηρεσιών μεταξύ του διαχειριστή του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και των καταναλωτών και ενεργοποιείται σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Η συνολική ισχύς αυτών των συμβάσεων έφτασε τα 1.500 MW για το έτος 2017 (*Energy and Coalition, 2017*).

Από τον Ιούλιο του 2014, εφαρμόζονται στη Γαλλία και προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση βοηθητικών υπηρεσιών, μέσω των οποίων παρέχεται πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εφεδρεία. Αρχικά θεσπίστηκαν κάποιοι απλουστευμένοι κανόνες με περιορισμούς όπως η δυνατότητα παροχής μόνο συμμετρικής υπηρεσίας. Η πλήρης συμμετοχή ξεκίνησε να επιτρέπεται από το 2017. Επιπρόσθετα, από το 2017 εφαρμόζονται προγράμματα απόκρισης

στη ζήτηση αγοράς ισχύος. Οι συμμετέχοντες δεσμεύονται μέσω συμβάσεων να παρέχουν ευελιξία ζήτησης, μέσω της μείωσης της κατανάλωσής τους όταν αυτό τους ζητηθεί (*Energy and Coalition, 2017*)

Ένα άλλο πρόγραμμα απόκρισης στη ζήτηση που εφαρμόζεται στη Γαλλία είναι ο άμεσος έλεγχος φορτίου (DLC). Το πρόγραμμα αυτό εφαρμόζεται κυρίως όταν το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης και συνήθως δεν αφήνει ελευθερία στο χρήστη. Ένα τέτοιου είδους πρόγραμμα παρέχεται από την εταιρεία Voltalis στη Βρετάνη της Γαλλίας. Οι καταναλωτές που έχουν συμβόλαιο με τη Voltalis λαμβάνουν δωρεάν μια συσκευή που εγκαθίσταται στο σπίτι τους και ρυθμίζει τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης, ανάλογα με τα σήματα που λαμβάνει από τον διαχειριστή του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες του δικτύου. Παρότι οι συμμετέχοντες δεν λαμβάνουν κάποιο πρόσθετο οικονομικό όφελος, επωφελούνται από τη μείωση του κόστους του λογαριασμού τους, η οποία κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 5 και 10%. Πρόκειται για ένα πρόγραμμα απόκρισης στη ζήτηση που εφαρμόζεται εύκολα, καθώς δεν απαιτεί κάποια αλλαγή στον τρόπο τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας (*Eid et al., 2016*).

Παράλληλα, η Γαλλία είναι ένα από τα πολύ λίγα παραδείγματα στην Ευρώπη όπου προωθείται ένα πρόγραμμα απόκρισης στη ζήτηση βασισμένο στις κρίσιμες τιμές των ωρών αιχμής. Από τον Ιούλιο του 2017 εφαρμόζεται ένα σύστημα κρίσιμης τιμολόγησης σε ώρες αιχμής στο ισχύον τιμολόγιο μέσης τάσης. Σύμφωνα με αυτό το σύστημα, ο καταναλωτής καλείται να μειώσει τη ζήτηση με ένα ημερήσιο σήμα προειδοποίησης που ενεργοποιείται για ορισμένες ημέρες κάθε χρόνο (*Energy and Coalition, 2017*).

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι στη Γαλλία λειτουργεί από το 2018 ο συνεταιρισμός Energy Pool που παρέχει υπηρεσίες διαχείρισης της ζήτησης. Οι πελάτες της είναι κυρίως μεγάλες βιομηχανίες, οι οποίες είναι γεωγραφικά κατανεμημένες σε ολόκληρη τη χώρα και παρέχουν ευέλικτη ισχύ υπό τη μορφή μείωσης φορτίου. Η EnergyPool αναλαμβάνει τη λήψη αποφάσεων απόκρισης στη ζήτηση των βιομηχανικών καταναλωτών, εντοπίζει δυνατότητες ευελιξίας, ενσωματώνει την απόκριση στη ζήτηση στις ανάγκες των πελατών της και προσφέρει την διαθέσιμη ευελιξία στις διάφορες αγορές εξισορρόπησης (*Eid et al., 2016*).

### 7.3.6 Γερμανία

Το ισχύον ρυθμιστικό πλαίσιο της Γερμανίας δημιουργεί σημαντικά εμπόδια στις περισσότερες μορφές προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η απόκριση στη ζήτηση να περιορίζεται μόνο σε προγράμματα διακοπόμενου φορτίου και σε προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών (*Energy and Coalition, 2017*).

Το 2013 εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά στη Γερμανία προγράμματα διακοπόμενου φορτίου. Συγκεκριμένα υπάρχουν δύο προγράμματα διακοπόμενου φορτίου: η άμεση διακοπή (SOL: "Sofort abschaltbare Lasten") και η ταχεία διακοπή (SNL: Schnell aschaltbare Lasten). Η άμεση διακοπή πρέπει να ενεργοποιείται εντός 200 ms έως 1 δευτερολέπτου (συνήθως 350 ms) σε απόκριση οποιασδήποτε απόκλισης συχνότητας μεγαλύτερης από ένα σταθερό όριο που καθορίζεται από το Διαχειριστή του Συστήματος Μεταφοράς. Η ταχεία διακοπή μπορεί να ενεργοποιηθεί εντός 15 λεπτών. Οι γερμανικοί Διαχειριστές του Συστήματος Μεταφοράς εκδίδουν μηνιαία πρόσκληση υποβολής προσφορών για 1500 MW άμεσης και ταχείας διακοπής φορτίου μέσω μιας κοινής πλατφόρμας υποβολής προσφορών. Η ελάχιστη ισχύς συμμετοχής είναι τα 50 MW και η μέγιστη τα 200 MW. Για κάθε ένα από τα προϊόντα αυτά, η υποβληθείσα προσφορά καθορίζει την περίοδο της σύμβασης, το ποσό της παρεχόμενης ισχύος (MW) και την αναμενόμενη πληρωμή διαθεσιμότητας (*Blake et al., 2017*). Σε αυτά τα προγράμματα μπορούν να συμμετέχουν οι καταναλωτές μέσω ΦοΣΕ, ωστόσο μόνο με μέγιστο όριο τους 5 καταναλωτές και ελάχιστη προσφορά ύψους 50 MW ανά ΦοΣΕ. Για το λόγο αυτό, η συμμετοχή σε τέτοιου είδους προγράμματα καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη (*Corchado et al., 2017*).

Όσον αφορά τα προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών, όλα εξυπηρετούν την ανοδική και καθοδική ρύθμιση της συχνότητας. Στην FRR, η ελάχιστη τιμή συμμετοχής είναι τα 5 MW, ενώ στην FCR απαιτείται μόνο 1 MW. Όσον αφορά τις πληρωμές, για την FCR παρέχεται μόνο πληρωμή διαθεσιμότητας, ενώ για την FRR παρέχεται πληρωμή τόσο για την διαθεσιμότητα όσο και για τη χρήση (*Corchado et al., 2017*).

### 7.3.7 Ηνωμένο Βασίλειο

Το Ηνωμένο Βασίλειο αποτελεί μια πρωτοπόρα χώρα σε θέματα διαχείρισης της ζήτησης και εφαρμόζεται σε αυτή μια πληθώρα προγραμμάτων ευελιξίας ζήτησης.

Σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού του Ηνωμένου Βασιλείου συμμετέχει σε προγράμματα ΤΟU (*Torriti et al., 2010*). Ένα ιδιαίτερα διαδεδομένο πρόγραμμα ΤοU που εφαρμόζεται στη χώρα

είναι το «Economy 7». Το «7» αντιπροσωπεύει τις επτά ώρες «εκτός αιχμής», δηλαδή από τις 1 π.μ. έως τις 8 π.μ. το χειμώνα και από τις 2 π.μ. έως τις 9 π.μ. το καλοκαίρι, κατά τις οποίες η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας για τους καταναλωτές είναι χαμηλότερη. Για τη συμμετοχή σε αυτό το πρόγραμμα είναι απαραίτητη η χρήση ενός μετρητικού συστήματος, το οποίο ωστόσο εγκαθίσταται από το διαχειριστή του δικτύου ή τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας, συνεπώς δεν επιβαρύνει τον καταναλωτή (*Power NI Energy, 2019; Torriti et al., 2010*). Εκτός από προγράμματα TOU στο Ηνωμένο Βασίλειο εφαρμόζονται και προγράμματα RTP (*IRENA, 2019b*).

Ένα άλλο πρόγραμμα απόκρισης στη ζήτηση που εφαρμόζεται στο Ηνωμένο Βασίλειο είναι η λεγόμενη «Αποφυγή τριάδας» (Triad avoidance). Η τριάδα αναφέρεται σε τρεις περιόδους διάρκειας μισής ώρας σε τρεις διαφορετικές ημέρες με χρονικό διάστημα μεταξύ τους τουλάχιστον 10 ημερών. Αυτές οι περίοδοι εμφανίζονται μεταξύ Νοεμβρίου και Φεβρουαρίου και σε αυτές παρουσιάζεται η υψηλότερη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε ολόκληρη τη χώρα. Για τους συμμετέχοντες σε αυτό το πρόγραμμα, το κόστος των τελών χρήσης του δικτύου διαμορφώνεται με βάση τη μέση κατανάλωση τους κατά τη διάρκεια αυτών των τριών περιόδων. Συνεπώς, οι καταναλωτές, μειώνοντας την κατανάλωσή τους κατά τη διάρκεια αυτών των περιόδων, μπορούν να μειώσουν τα τέλη δικτύου. Οι πάροχοι υπηρεσιών μπορούν να στέλνουν ειδοποιήσεις στους πελάτες, έως μία ημέρα νωρίτερα, προκειμένου να τους προειδοποιήσουν για πιθανή περίοδο αιχμής «τριάδας» (*Energy and Coalition, 2017*).

Παράλληλα, στο Ηνωμένο Βασίλειο επιτρέπεται η συμμετοχή των προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση στις βοηθητικές υπηρεσίες, μέσω της παροχής πρωτογενούς, δευτερογενούς και τριτογενούς εφεδρείας. Για την FFR η ελάχιστη ισχύς συμμετοχής είναι τα 10 MW (*Energy and Coalition, 2017*). Όσοι συμμετέχουν σε αυτά τα προγράμματα λαμβάνουν μέρος σε μια δημοπρασία υποβολής προσφορών και σε περίπτωση που επιλεγούν δεσμεύονται για την παροχή της εφεδρείας (*National Grid ESO, 2019*). Άλλες υπηρεσίες εφεδρείας που παρέχονται μέσω της ευελιξίας ζήτησης είναι η EFR (Enhanced Frequency Response), που μειώνει το χρόνο απόκρισης στο 1 δευτερόλεπτο (*Norton Rose Fulbright, 2016*) και η FCDM (Frequency Control by Demand Management) που παρέχει απόκριση συχνότητας μέσω αυτόματης διακοπής της ζήτησης των καταναλωτών (*National Grid ESO, 2019*).

Παράλληλα, εφαρμόζεται ένα πρόγραμμα βραχυπρόθεσμης λειτουργικής εφεδρείας (Short Term Operating Reserve - STOR), που χρησιμοποιείται από το διαχειριστή του δικτύου με σκοπό τη διατήρηση της προσφοράς και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε ισορροπία ανά

πάσα στιγμή. Πρόκειται για εφεδρική ισχύ με τη μορφή είτε αύξησης της παραγωγής σταθμών παραγωγής είτε μείωσης της ζήτησης που βοηθά το δίκτυο να ανταποκριθεί στην πραγματική ζήτηση και να καλύψει τη μη διαθεσιμότητα των σταθμών παραγωγής (Curtis, 2015; ENGIE, 2018). Η διαθέσιμη ισχύς διατηρείται σε κατάσταση αναμονής, ώστε να μπορέσει να ενεργοποιηθεί εντός τεσσάρων ωρών από το αντίστοιχο κάλεσμα. Ο διαχειριστής του δικτύου προμηθεύεται την εφεδρεία STOR μέσω μιας διαδικασίας υποβολής προσφορών. Όσοι συμμετέχουν σε αυτή απαιτείται να πληρούν ορισμένα κριτήρια, όπως είναι η ικανότητα παράδοσης τουλάχιστον 3 MW εφεδρείας, η ικανότητα απόκρισης εντός 240 λεπτών από το κάλεσμα, η ικανότητα διάρκειας παροχής τουλάχιστον δύο ωρών, η μικρότερη των 20 ωρών περίοδος ανάκτησης μετά από κάθε παροχή εφεδρείας και η δυνατότητα παροχής εφεδρείας τουλάχιστον τρεις φορές την εβδομάδα. Οι πληρωμές διαθεσιμότητας πραγματοποιούνται βάσει των συμβάσεων που έχουν συναφθεί και οι πληρωμές χρήσης πραγματοποιούνται κάθε φορά που παρέχεται η εφεδρεία (Norton Rose Fulbright, 2016). Παρόμοια υπηρεσία με το STOR είναι η Ταχεία Εφεδρεία (Fast Reserve), η οποία παρέχει μια συμβατική παροχή ισχύος εντός συμφωνημένων ορίων, όταν ζητηθεί από το δίκτυο, σε μικρότερο ωστόσο χρονικό διάστημα και με πολύ μεγαλύτερο ρυθμό απόκρισης τουλάχιστον 25 MW/λεπτό. Η υπηρεσία αυτή παρέχει ταχεία και αξιόπιστη παράδοση ενεργού ισχύος μέσω αυξημένης παραγωγής ή μείωσης της κατανάλωσης από πηγές ζήτησης, κατόπιν εντολής του διαχειριστή του δικτύου (Norton Rose Fulbright, 2016).

### **7.3.8 Ιρλανδία**

Τα δίκτυα EirGrid και ESB (ESBN) της Ιρλανδίας προωθούν τη διείσδυση της απόκρισης στη ζήτηση οικιακών και βιομηχανικών πελατών, μέσω πρωτοβουλιών όπως το πρόγραμμα DS3, που στόχο έχει την μέγιστη αξιοποίηση των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας της χώρας, αλλά και μέσω της εξάπλωσης των έξυπνων δικτύων και των έξυπνων οχημάτων. Το επίπεδο διείσδυσης της ευελιξίας ζήτησης στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας έχει μάλιστα αυξηθεί τα τελευταία χρόνια (Department of Communications, 2017)

Στην Ιρλανδία οι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν επί του παρόντος να συμμετέχουν σε προγράμματα TOU, μέσω των οποίων ενθαρρύνονται να μεταφέρουν την κατανάλωση τους σε χρονικές περιόδους εκτός αιχμής, όπου η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλότερη. Τέτοια προγράμματα είναι το «Nightsaver» και το «Economy 7» που εφαρμόζεται μόνο στην Βόρεια Ιρλανδία (Department of Communications, 2017; EIRGRID, 2019). Το τιμολόγιο Nightsaver παρέχει χαμηλότερη τιμή για τη νυχτερινή χρήση ηλεκτρικής ενέργειας,



αλλά ελαφρώς πιο ακριβή ημερήσια τιμή. Με αυτό τον τρόπο παρέχει εξοικονόμηση σε καταναλωτές που έχουν θερμοσυσσωρευτές ή προτιμούν να χρησιμοποιούν τις οικιακές τους συσκευές τη νύχτα (*Selectra, 2019*). Το πρόγραμμα «Economy 7» εφαρμόζεται μόνο στην Βόρεια Ιρλανδία και λειτουργεί με όμοιο τρόπο με το αντίστοιχο πρόγραμμα που εφαρμόζεται στο Ηνωμένο Βασίλειο (*EIRGRID, 2019*).

Παράλληλα, στην Ιρλανδία εμφανίζονται και δύο ακόμα προγράμματα που απευθύνονται μόνο σε πελάτες μεγάλης κατανάλωσης, τα οποία είναι το «Powersave» και το «STAR» (*EIRGRID, 2019*). Το πρόγραμμα «Powersave» ενθαρρύνει τους μεγάλους βιομηχανικούς και εμπορικούς καταναλωτές να μειώσουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ημέρες που η συνολική ζήτηση του συστήματος δεν μπορεί να καλυφθεί από την διαθέσιμη προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αντάλλαγμα, οι συμμετέχοντες πελάτες αποζημιώνονται για τη μείωση της κατανάλωσής τους. Ένα συμβάν Powersave μπορεί να εμφανιστεί οποιαδήποτε εργάσιμη ημέρα του έτους και για οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας (*Department of Communications, 2017*). Το πρόγραμμα «STAR», ή αλλιώς η Βραχυπρόθεσμη ενεργή απόκριση (Short Term Active Response, STAR), ήταν σε ισχύ μέχρι τον Οκτώβριο του 2017 (*Energy and Coalition, 2017*). Μέσω αυτού οι καταναλωτές δεσμεύονταν στο να παρέχουν στο διαχειριστή του συστήματος μεταφοράς εφεδρείες που χρησιμοποιούνταν σε περίπτωση διακοπής μιας μεγάλης μονάδας παραγωγής (*Department of Communications, 2017*). Οι συμμετέχοντες μπορούσαν να αναμένουν 10 έως 20 μη προγραμματισμένες και στιγμιαίες διακοπές ετησίως, ενώ οι διακοπές ήταν συνήθως της τάξης των 5 λεπτών χωρίς προηγούμενη ειδοποίηση (*Department of Communications, 2017*). Για το πρόγραμμα «STAR» δεν υπήρχε ελάχιστη απαίτηση ισχύος συμμετοχής, γεγονός που το καθιστούσε ιδιαίτερα προσιτό. Ωστόσο, χρειαζόταν προσεκτική ανάλυση κόστους-οφέλους, καθώς το κόστος εγκατάστασης όλου του απαραίτητου εξοπλισμού μέτρησης, επικοινωνίας και ελέγχου το αναλάμβαναν εξολοκλήρου οι καταναλωτές (*Energy and Coalition, 2017*). Το πρόγραμμα αυτό έχει αντικατασταθεί από ένα νέο πρόγραμμα διακοπόμενου φορτίου (*Energy and Coalition, 2017*).

Τέλος, για τη διαχείριση της ζήτησης, στην Ιρλανδία χρησιμοποιούνται και οι Μονάδες Διαχείρισης της Ζήτησης (Demand Side Units - DSU). Αυτές αποτελούνται από έναν ή περισσότερους μεμονωμένους πόρους ζήτησης που εκπροσωπούνται μέσω ενός ΦοΣΕ. Η Eirgrid, που αποτελεί το Διαχειριστή του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας της Ιρλανδίας, έχει τροποποιήσει τους κανόνες της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, με στόχο να επιτρέψει στους παρόχους απόκρισης ζήτησης να συμμετέχουν ως DSU στην Ενιαία Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας. Οι DSU είναι επιλέξιμες για πληρωμές διαθεσιμότητας και αντιμετωπίζονται από τον διαχειριστή του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας σαν να

ήταν μονάδες παραγωγής. Οι πρώτες μονάδες DSU της Ιρλανδίας τέθηκαν σε λειτουργία το 2012 (*Energy and Coalition, 2017*).

### **7.3.9 Ιταλία**

Στην Ιταλία εφαρμόζονται κυρίως προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση TOU και διακοπτόμενου φορτίου (*Corchado et al., 2017; Energy and Coalition, 2017; Torriti et al., 2010*). Αποτελεί μια χώρα που πρωτοστάτησε με την ευρεία ανάπτυξη έξυπνων μετρητών ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 2000, ενώ η ιταλική κυβέρνηση έχει ήδη σχεδιάσει ένα ρυθμιστικό πλαίσιο ανάπτυξης έξυπνων μετρητών δεύτερης γενιάς (*Stagnaro and Leoni, 2019*).

Στην Ιταλία εφαρμόζονται προγράμματα ToU εδώ και αρκετά χρόνια. Πολλοί βιομηχανικοί καταναλωτές μετατοπίζουν τα φορτία τους σε ώρες χαμηλής τιμής, διαμορφώνοντας ανάλογα το ωριαίο προφίλ κατανάλωσής τους. Σε επιλεγμένους πελάτες εφαρμόζεται μια υψηλότερη τιμή ηλεκτρικής ενέργειας από τις 08:00 το πρωί έως τις 19:00 το απόγευμα Δευτέρα έως Παρασκευή και μια χαμηλότερη για οποιοδήποτε άλλο χρονικό διάστημα (*Torriti et al., 2010*).

Επίσης εφαρμόζονται προγράμματα διακοπτόμενου φορτίου. Σε αυτά μπορούν να συμμετέχουν καταναλωτές με ελάχιστη διαθέσιμη ισχύ 1 MW. Η διακοπή του φορτίου ενεργοποιείται κατόπιν καλέσματος και οι συμμετέχοντες οφείλουν να αποκρίνονται σε αυτό σχεδόν αμέσως (*Energy and Coalition, 2017; Torriti et al., 2010*). Υπάρχουν δύο υποπρογράμματα διακοπτόμενου φορτίου: το ταχείας διακοπής και το έκτακτης ανάγκης. Το δεύτερο ενεργοποιείται μόνο κατόπιν συμμετοχής σε διαγωνισμό υποβολής προσφορών (*Energy and Coalition, 2017*). Οι κυρώσεις επιβάλλονται όταν ο καταναλωτής αποτύχει σε περισσότερα από 3 καλέσματα, ή συνολική μείωση φορτίου που έχει πραγματοποιηθεί είναι μικρότερη από το 70% αυτής που έχει συμφωνηθεί (*Corchado et al., 2017*). Παράλληλα, εφαρμόζονται και κάποια προγράμματα αποκοπής φορτίου (Load Shedding Programs) που παρέχουν τη δυνατότητα της από απόσταση απενεργοποίησης του εξοπλισμού των συμμετεχόντων. Τα προγράμματα αυτά χωρίζονται σε προγράμματα χωρίς προειδοποίηση και σε προγράμματα που οι συμμετέχοντες ειδοποιούνται 15 λεπτά πριν την ενεργοποίηση. Η ελάχιστη ισχύς συμμετοχής είναι τα 10 MW για τα προγράμματα χωρίς προειδοποίηση και τα 3 MW για προγράμματα με ειδοποίηση (*Torriti et al., 2010*). Δεν υπάρχει η δυνατότητα σωρευτικής εκπροσώπησης σε κανένα από τα δύο προγράμματα, γεγονός που σε συνδυασμό με την υψηλή ελάχιστη ισχύ συμμετοχής καθιστά

δύσκολή τη συμμετοχή των καταναλωτών σε αυτά (*Corchado et al., 2017; Energy and Coalition, 2017*).

### **7.3.10 Ολλανδία**

Η Ολλανδία παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον μοντέλο, καθώς ο διαχειριστής του συστήματος μεταφοράς έχει καταφέρει να επιτρέψει σημαντική ευελιξία από πλευράς ζήτησης με σχετικά απλούς μηχανισμούς της αγοράς, όπως για παράδειγμα με την παροχή σαφών και έγκαιρων σημάτων τιμών (*Energy and Coalition, 2017*).

Στην Ολλανδία τα πιο συνηθισμένα τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνουν διαφορετική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας τη νύχτα από ότι τη μέρα, το οποίο αποτελεί στην ουσία ένα ToU πρόγραμμα (*Weck et al., 2017*).

Εφαρμόζονται επίσης προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση βοηθητικών υπηρεσιών, παρέχοντας δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εφεδρεία. Σε αυτά οι καταναλωτές μπορούν να συμμετέχουν σε αυτά και μέσω ΦοΣΕ. Ωστόσο οι ΦοΣΕ μπορούν να υποβάλουν προσφορές στην αγορά, μόνο υπό την προϋπόθεση ότι είναι οι ίδιοι φορείς εξισορρόπησης ή συνεργάζονται με κάποιο φορέα εξισορρόπησης που αναλαμβάνει την ευθύνη αντί για αυτούς (*Energy and Coalition, 2017*). Εκτός από την εφεδρεία FRR έκτακτης ανάγκης με ελάχιστη ισχύ συμμετοχής τα 20 MW, για τα υπόλοιπα προγράμματα απόκρισης ζήτησης η ελάχιστη ισχύς συμμετοχής είναι τα 4 MW. Η αποζημίωση για την RR γίνεται μόνο με βάση τη χρήση, ενώ για την FRR βασίζεται και στη χρήση και στη διαθεσιμότητα. Οι κυρώσεις που επιβάλλονται για μη συμμόρφωση στις δεσμεύσεις είναι ιδιαίτερα αυστηρές, φτάνοντας έως και 10 φορές την αξία πληρωμής (*Corchado et al., 2017*).

### **7.3.11 Νορβηγία**

Στη Νορβηγία για την πλειοψηφία των καταναλωτών εφαρμόζεται η δυναμική τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο (RTP). Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι το 71% των οικιακών καταναλωτών και το 88% των μικρών βιομηχανικών καταναλωτών συμμετέχουν σε προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση RTP (*ECOFYS, 2018*). Την εφαρμογή αυτών των προγραμμάτων διευκολύνει η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών σε όλη τη χώρα, η οποία ολοκληρώθηκε στις αρχές του 2019 (*CEER, 2019*).

Εναλλακτικά, οι καταναλωτές μπορούν να επιλέξουν την τιμολόγηση βάση προγραμμάτων ΤοU. Στη Νορβηγία, εκτός από τα πρόγραμμα ΤοU που περιλαμβάνει σταθερές τιμές για τις ώρες αιχμής και τις ώρες εκτός αιχμής, εφαρμόζεται και ένα πρόγραμμα ΤοU με το οποίο οι πάροχοι ενέργειας έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλουν τις τιμές και τη διάρκεια των ωρών αιχμής ενημερώνοντας τους καταναλωτές, τουλάχιστον δύο βδομάδες πριν. Σε αυτή την περίπτωση οι καταναλωτές που δεν συμφωνούν με αυτή την αλλαγή, έχουν τη δυνατότητα άμεσης μεταφοράς σε άλλο πάροχο. Τα τιμολόγια είναι περισσότερο δημοφιλή στους οικιακούς παρά στους βιομηχανικούς καταναλωτές. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μόνο το 2–4% των μικρών βιομηχανικών καταναλωτών επέλεξαν αυτόν τον τύπο συμβολαίου σε σύγκριση με το 8–10% που επέλεξαν συμβόλαια ΤΟΥ σταθερών τιμών. Αντίθετα, περίπου το 27% των νοικοκυριών επέλεξαν συμβόλαια ΤΟΥ μεταβλητών τιμών και μόνο το 2% τιμολόγια συμβόλαια ΤΟΥ σταθερών τιμών (*ECOFYS, 2018*).

Παράλληλα, στη Νορβηγία εφαρμόζονται και προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών πρωτογενούς, δευτερογενούς και τριτογενούς εφεδρείας. Λειτουργεί η αγορά «RKOM» η οποία διοργανώνει δημοπρασίες υποβολής προσφορών, στις οποίες οι καταναλωτές μπορούν να συμμετέχουν σε εβδομαδιαία, σε εποχιακή βάση ή μέσω διμερών συμφωνιών. Σε όλα τα προγράμματα FCR και αυτόματης FRR, η ελάχιστη απαίτηση συμμετοχής είναι τα 5 MW, ενώ στα υπόλοιπα προγράμματα είναι τα 10 MW. Και οι δύο απαιτήσεις είναι δύσκολο να ικανοποιηθούν από τους καταναλωτές που συμμετέχουν μόνοι τους, ωστόσο, ανοίγει το δρόμο για την ενσωμάτωση στο σύστημα των ΦοΣΕ. Η αποζημίωση των συμμετεχόντων υπολογίζεται βάσει της διαθεσιμότητας και της χρήσης και επιβάλλονται κυρώσεις σε περίπτωση μη συμμόρφωσης (*Corchado et al., 2017*).

### **7.3.12 Πολωνία**

Η Πολωνία δεν έχει προχωρήσει τα τελευταία χρόνια σε σημαντικές ρυθμιστικές αλλαγές, ούτως ώστε να διευρύνει την εφαρμογή προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση. Το ρυθμιστικό πλαίσιο της χώρας δεν επιτρέπει τη συμμετοχή της ευελιξίας ζήτησης στην παροχή βοηθητικών υπηρεσιών, ενώ δεν αναγνωρίζει την ύπαρξη ανεξάρτητων ΦοΣΕ. Επίσης, ένα άλλος περιοριστικός παράγοντας είναι το γεγονός ότι ο διαχειριστής του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας έχει τη δυνατότητα να κάνει περικοπές στην παροχή ενέργειας σε μεγάλους βιομηχανικούς και εμπορικούς καταναλωτές χωρίς αποζημίωση σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης και αυτού του είδους οι περικοπές έχουν προτεραιότητα σε σχέση με τα προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση (*Energy and Coalition, 2017*).

Στην ουσία η απόκριση στη ζήτηση στην Πολωνία πραγματοποιείται μόνο μέσω προγραμμάτων έκτακτης ανάγκης, των οποίων η εφαρμογή είναι αρκετά περιορισμένη (*Corchado et al., 2017; Energy and Coalition, 2017*). Το πρόγραμμα έκτακτης ανάγκης (EDRP) εφαρμόζεται από τον Μάρτιο του 2013 και απαραίτητη προϋπόθεση συμμετοχής είναι η δυνατότητα παροχής τουλάχιστον 10 MW ισχύος. Σε αυτό το πρόγραμμα οι καταναλωτές συμμετέχουν μέσω δημοπρασιών υποβολής προσφορών (*Corchado et al., 2017; Energy and Coalition, 2017*). Κατά το χρονικό διάστημα 2012-2015 διοργανώθηκαν συνολικά 6 δημοπρασίες, ωστόσο στην πορεία αποδείχθηκε ότι το σύστημα αποζημίωσης μόνο της χρήσης και όχι της διαθεσιμότητας δεν ήταν αρκετά ελκυστικό για τους καταναλωτές με αποτέλεσμα από τον έβδομο διαγωνισμό και μετά να μην υπάρχουν συμμετέχοντες. Επιπλέον, ο διαχειριστής του συστήματος μεταφοράς δεν ήταν ικανοποιημένος με το επίπεδο της αξιοπιστίας των μειώσεων και προς αντικατάσταση του αρχικού προγράμματος EDRP ανακοίνωσε την έναρξη δύο νέων προγραμμάτων διαχείρισης της ζήτησης έκτακτης ανάγκης από το καλοκαίρι του 2017. Η μια επιλογή περιλαμβάνει την αποζημίωση και της διαθεσιμότητας και της χρήσης, επιβάλλοντας ωστόσο στους συμμετέχοντες την υποχρέωση να υποβάλουν προσφορές και να δεσμεύονται για τη διαθεσιμότητά τους, ενώ η δεύτερη επιλογή είναι πιο ευέλικτη όσον αφορά την υποβολή προσφορών και την υποχρέωση διαθεσιμότητας, αλλά αποζημιώνει τους συμμετέχοντες μόνο για τη χρήση όπως και το αρχικό πρόγραμμα (*Energy and Coalition, 2017*).

### **7.3.13 Πορτογαλία**

Η απόκριση στην ζήτηση δεν προωθείται αρκετά από την πορτογαλική κυβέρνηση. Τα μόνα προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση που εφαρμόζεται στην Πορτογαλία είναι ένα πρόγραμμα διακοπόμενου φορτίου και ένα πρόγραμμα CCP, με μειωμένη ωστόσο συμμετοχή (*Corchado et al., 2017; IRENA, 2019b*).

Στο πρόγραμμα διακοπόμενου φορτίου που εφαρμόζεται ο χρόνος απόκρισης, ο αριθμός και η διάρκεια των ενεργοποιήσεων μπορεί να διαφέρει, ανάλογα με το συμβόλαιο που έχει συναφθεί μεταξύ του καταναλωτή και του διαχειριστή. Τα επιμέρους χαρακτηριστικά των διαφορετικών τύπων συμβάσεων διακοπόμενου φορτίου παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Γενικά η ελάχιστη ισχύς συμμετοχής σε πρόγραμμα διακοπόμενου φορτίου είναι τα 4 MW, ενώ δεν επιτρέπεται η σωρευτική εκπροσώπηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το να απευθύνεται μόνο σε μεγάλους βιομηχανικούς καταναλωτές που συνδέονται με το δίκτυο υψηλής τάσης. Επίσης οι μέθοδοι πληρωμής είναι ιδιαίτερα πολύπλοκοι, με αποτέλεσμα να αποθαρρύνουν τη συμμετοχή σε αυτά τα προγράμματα. Παρατηρείται μάλιστα ότι αρκετοί

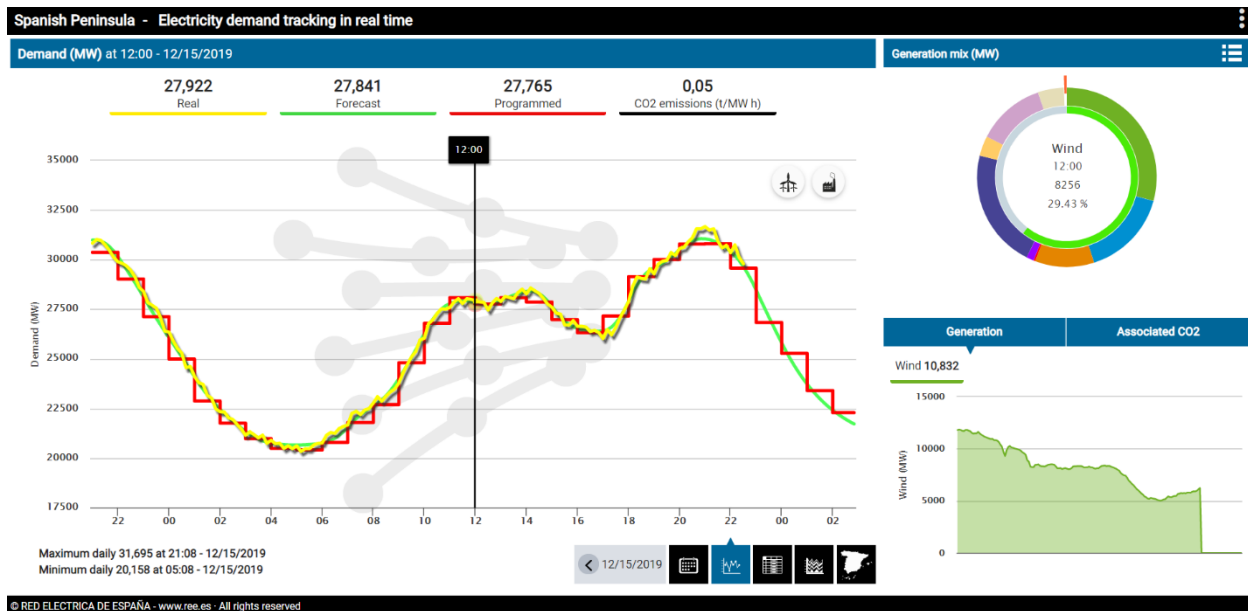
καταναλωτές, παρότι είναι εγγεγραμμένοι στο συγκεκριμένο πρόγραμμα, στην πραγματικότητα δεν κάνουν κάποια χρήση αυτού (Corchado et al., 2017).

**Πίνακας 7.3:** Χαρακτηριστικά των προγραμμάτων διακοπόμενου φορτίου που εφαρμόζονται στην Πορτογαλία (Corchado et al., 2017).

Type	Notice time (min)	Max. requests per week	Max. requests per day	# of periods per request	Period duration (h)	Max. request duration (h)	Max. use (h/year)
1	120	5	1	3	4	12	120
2	120			2	4	8	
3	60			1	3	3	
4	5				2	2	
5	0				1	1	

### 7.3.14 Ισπανία

Η Ισπανία έχει προβεί σε βήματα για τη διαμόρφωση ενός ρυθμιστικού πλαισίου που να διευκολύνει τη συμμετοχή των καταναλωτών στην ευελιξία ζήτησης μέσω του Ν.24/26.12.2013 και του βασιλικού διατάγματος 216/28.03.2014, ενώ αποτελεί την πρώτη χώρα στον κόσμο που η προκαθορισμένη τιμή για τους οικιακούς καταναλωτές βασίζεται σε ωριαίες τιμές (Bertoldi et al., 2016; Energy and Coalition, 2017). Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι η «Red Eléctrica de España», που είναι ο Διαχειριστής του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας στην Ισπανία, αναρτά στην ιστοσελίδα της γραφήματα που δείχνουν, σε πραγματικό χρόνο, τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας τόσο στην ισπανική χερσόνησο όσο και στα νησιά (Red Eléctrica de España, 2019a)



**Σχήμα 7.3:** Γράφημα που δείχνει, σε πραγματικό χρόνο, τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην ισπανική χερσόνησο (Red Eléctrica de España, 2019b)

Παρόλα αυτά, το ρυθμιστικό πλαίσιο της Ισπανίας συνεχίζει να θέτει αρκετά εμπόδια στη διεύρυνση της εφαρμογή της απόκρισης στη ζήτηση. Για παράδειγμα, η έννοια της σωρευτικής εκπροσώπησης στην απόκριση στη ζήτηση δεν υπάρχει στον ισπανικό κανονισμό, ενώ η εφαρμογή της έμμεσης απόκρισης στη ζήτηση περιορίζεται μόνο στους βιομηχανικούς καταναλωτές (Energy and Coalition, 2017). Τα προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση που εφαρμόζονται στη χώρα είναι προγράμματα TOU, RTP, διακοπτόμενου φορτίου και αγοράς ισχύος (Corchado et al., 2017; Energy and Coalition, 2017).

Προγράμματα TOU έχουν εφαρμοστεί εδώ και αρκετό καιρό στην Ισπανία και λειτουργούν με την αποστολή ειδοποιήσεων στους καταναλωτές για την απόκρισή τους στη ζήτηση (Torriti et al., 2010). Τα τιμολόγια ToU χρησιμοποιούν έως τρεις περιόδους διαφορετικής τιμής για τους οικιακούς καταναλωτές και μέχρι 6 για τους βιομηχανικούς καταναλωτές. Όλοι οι καταναλωτές μπορούν να επωφεληθούν από τα προγράμματα TOU μετατοπίζοντας χρονικά την κατανάλωση τους ως απόκριση στα σήματα του διαχειριστή (Energy and Coalition, 2017). Επίσης, εφαρμόζονται και προγράμματα RTP τα οποία είναι διαθέσιμα μόνο για τους οικιακούς καταναλωτές (ECOFYS, 2018).

Παράλληλα, στην Ισπανία εφαρμόζεται ένα πρόγραμμα διακοπτόμενου φορτίου που προορίζεται αποκλειστικά για καταναλωτές μεγάλης κατανάλωσης. Το πρόγραμμα λειτουργεί ως δράση έκτακτης ανάγκης για περιπτώσεις που δεν υπάρχουν επαρκείς πόροι εξισορρόπησης. Το πρόγραμμα εφαρμόζεται στην Ισπανία από το 2008 και οι προϋποθέσεις συμμετοχής σε

αυτό έχουν τροποποιηθεί αρκετές φορές από τότε. Στην παρούσα φάση το κατώτατο όριο ισχύος συμμετοχής είναι τα 5MW για την ηπειρωτική χώρα και το 0,8 MW για τα νησιά. (*Energy and Coalition, 2017*).

Η αγορά ισχύος είναι επίσης ανοικτή προς τους καταναλωτές. Ωστόσο, υπάρχει έλλειψη συμμετοχής, πιθανώς λόγω των μειωμένων κινήτρων ή της ανεπαρκούς προώθησης. Οι συμμετέχοντες σε προγράμματα αγοράς ισχύος αποζημιώνονται τόσο για τη διαθεσιμότητα όσο και τη χρήση, ενώ οι κυρώσεις, σε περίπτωση που δεν ανταποκριθούν στις συμβατικές τους δεσμεύσεις, ισούνται με το 100% ή το 120% της τιμής αποζημίωσης διαθεσιμότητας, στα νησιά και την ηπειρωτική χώρα, αντίστοιχα (*Corchado et al., 2017*).

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι στη χώρα βρίσκονται σε εξέλιξη διάφορα πιλοτικά προγράμματα χρήσης των ευφυών δικτύων για την διαχείρισης της ζήτησης σε επίπεδο πόλεων, όπως είναι το "Smart City Project" στη Μάλαγα και το "Barcelona Smart City" στην Βαρκελώνη (*Energy and Coalition, 2017*).

### **7.3.15 Σουηδία**

Στη Σουηδία έχουν πραγματοποιηθεί αρκετά βήματα για τη διαμόρφωση του ρυθμιστικού της πλαισίου με στόχο τη διευκόλυνση της εφαρμογής της απόκρισης στη ζήτηση (*Energy and Coalition, 2017*). Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η Σουηδία είναι μία από τις λίγες χώρες της Ευρώπης στην οποία το 100% των χρηστών διαθέτει έξυπνους μετρητές (*Eid et al., 2016*). Η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών στη Σουηδία ολοκληρώθηκε το 2009, όταν τέθηκε σε ισχύ ένας νόμος που απαιτούσε μηνιαία μέτρηση και διακανονισμό της ζήτησης. Ωστόσο στη συνέχεια και συγκεκριμένα από τα τέλη του 2012, τέθηκαν σε εφαρμογή στη σουηδική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας συμβάσεις με τους καταναλωτές που απαιτούσαν την ωριαία μέτρηση. Δημιουργήθηκε λοιπόν η ανάγκη για πιο σύγχρονους έξυπνους μετρητές που να παρέχουν τη δυνατότητα ωριαίας μέτρησης. Στα πλαίσια αυτού, έχει τεθεί ως στόχος η αντικατάσταση η πλήρης αντικατάσταση των υφιστάμενων μετρητών μέχρι το 2025, με μετρητές που θα μετρούν τουλάχιστον ανά ώρα ή και ανά 15 λεπτά, εάν αυτό ζητηθεί (*CEER, 2019*).

Στη Σουηδία, υπάρχει πληθώρα παρόχων ηλεκτρικής ενέργειας και οι οικιακοί καταναλωτές μπορούν να επιλέξουν ανάμεσα σε πολλούς διαφορετικούς τύπους συμβολαίων για την τιμολόγηση της κατανάλωσής τους. Σε κάποιες περιοχές μάλιστα εφαρμόζεται υποχρεωτικά ένα τιμολόγιο TOU. Αυτό το τιμολόγιο περιλαμβάνει ένα το σταθερό ετήσιο τέλος συμμετοχής στο πρόγραμμα απόκρισης στη ζήτηση και ένα μεταβλητό κόστος ανά kW, που υπολογίζεται



βάσει του μέσου όρου των πέντε υψηλότερων ωριαίων μετρήσεων των μετρητών κατά τις ώρες αιχμής. Επίσης, σε ώρες εκτός αιχμής, η διανομή ηλεκτρικής ενέργειας είναι δωρεάν. Η εφαρμογή αυτού του προγράμματος έχει επιφέρει σημαντική μείωση της ζήτησης κατά τις ώρες αιχμής (*Eid et al., 2016; Öhrlund et al., 2019*). Μια άλλη επιλογή στην Σουηδία είναι τα προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση RTP. Βάσει αυτών η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας αλλάζει ανά ώρα, ούτως ώστε να αντικατοπτρίζει την τιμή που καθορίζεται από την αγορά της επόμενης ημέρας. Ωστόσο τα προγράμματα RTP παρουσιάζουν μειωμένη συμμετοχή (*Öhrlund et al., 2019*).

Παράλληλα, η σουηδική νομοθεσία επιτρέπει τη συμμετοχή της απόκρισης στη ζήτηση στην παροχή βοηθητικών υπηρεσιών, δίνοντας τη δυνατότητα πρόσβασης στην πρωτογενή, τη δευτερογενή και την τριτογενή εφεδρεία (*Energy and Coalition, 2017*). Επιτρέπεται μάλιστα και η συμμετοχή σε αυτή μέσω ΦοΣΕ. Στα προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών, λαμβάνεται υπόψη η διαθεσιμότητα και η χρήση της εφεδρείας, ενώ οι απαιτήσεις των προγραμμάτων είναι σχετικά μικρές, διευκολύνοντας τη συμμετοχή των καταναλωτών σε αυτά. Συγκεκριμένα, η ελάχιστη ισχύς συμμετοχής για την FCR-N (Frequency Containment Reserve - Normal) είναι τα 100 kW και 1 MW για την FCR-D (Frequency Controlled Disturbance Reserve) και για την FRR και την στρατηγική εφεδρεία είναι τα 5 MW, με εξαίρεση κάποιες περιπτώσεις που φτάνει τα 10 MW (*Corchado et al., 2017*).

### **7.3.16 Ελβετία**

Η Ελβετία, παρουσιάζει υψηλή συμμετοχή σε προγράμματα ευελιξίας ζήτησης, αποτελώντας ένα από τα πιο επιτυχημένα παραδείγματα εφαρμογής της απόκρισης στη ζήτηση στην Ευρώπη (*Corchado et al., 2017*).

Εδώ και αρκετές δεκαετίες, εφαρμόζονται, από τους περισσότερους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελβετία, προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση TOU. Αυτά απευθύνονται κυρίως σε οικιακούς πελάτες και λειτουργούν με την διαφοροποίηση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας, ανάλογα με την ώρα της ημέρας. Εφαρμόζονται δηλαδή υψηλότερες τιμές κατά τη διάρκεια της ημέρας (περίοδος αιχμής) σε σύγκριση με τη νύχτα (περίοδος εκτός αιχμής) με τη διαφορά τους να κυμαίνεται μεταξύ 50 και 100%. Υπάρχουν επίσης πάροχοι που παρέχουν διαφορετική τιμή το χειμώνα από ότι το καλοκαίρι, αλλά αυτή η προσέγγιση έχει χάσει τη δημοτικότητά της (*Boogen, N., Datta, S. and Filippini, 2018*).

Επιπρόσθετα, εφαρμόζονται προγράμματα απόκρισης στη ζήτηση βοηθητικών υπηρεσιών. Οι καταναλωτές συμμετέχουν στις βοηθητικές υπηρεσίες, είτε ατομικά είτε μέσω ΦοΣΕ. Οι απαιτήσεις συμμετοχής είναι σχετικά χαμηλές, δεδομένου ότι η ελάχιστη ισχύς συμμετοχής είναι τα 5 MW για την FRR και την RR, και το 1 MW για την FCR. Όσον αφορά τις πληρωμές, το FCR λαμβάνει υπόψη μόνο τη διαθεσιμότητα, ενώ τα υπόλοιπα λαμβάνουν υπόψη τόσο τη διαθεσιμότητα όσο και τη χρήση. Οι κυρώσεις που εφαρμόζονται σε περίπτωση μη συμμόρφωσης των συμμετεχόντων στις δεσμεύσεις τους κυμαίνεται από τρεις έως δέκα φορές η τιμή που ορίζεται στην προσφορά, ανάλογα με την περίπτωση (*Corchado et al., 2017*).

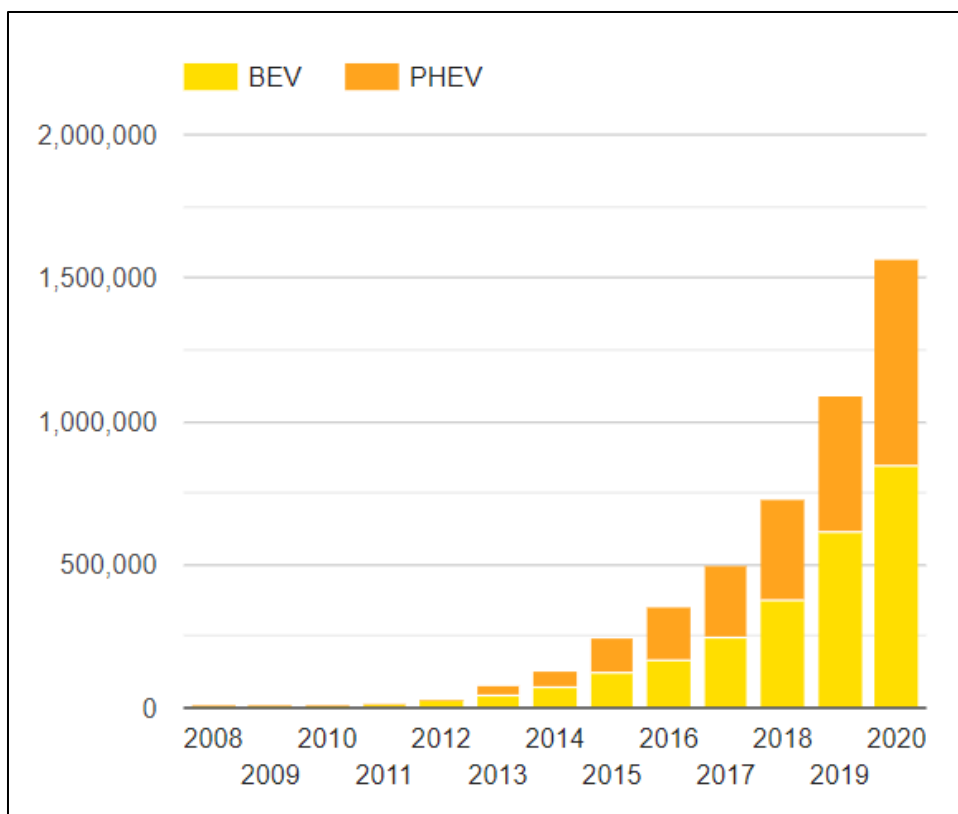
## 8. ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ

### 8.1 Περιγραφή της ηλεκτροκίνησης

Η ηλεκτροκίνηση αναφέρεται σε ένα σύστημα μεταφορών που βασίζεται στην ηλεκτρική ενέργεια. Αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της μετάβασης σε ένα σύστημα βασιζόμενο σε ΑΠΕ, καθώς με τον εξηλεκτρισμό των μεταφορών η χρήση των συμβατικών ρυπογόνων καυσίμων, όπως είναι η βενζίνη και το πετρέλαιο αντικαθίσταται με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενης από ΑΠΕ. Με αυτό τον τρόπο η ηλεκτροκίνηση δύναται να συμβάλει σημαντικά στην αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα (*Ślusarczyk, 2020*) Παράλληλα αυξάνεται και η ευελιξία του τομέα των μεταφορών, καθώς δίνεται η δυνατότητα κατανάλωσης ενέργειας που προέρχεται από πολλές διαφορετικές πηγές (*Grauers et al., 2017*).

Η εφεύρεση του πρώτου ηλεκτρικού οχήματος χρονολογείται στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, ενώ στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελούσαν τον πιο δημοφιλή τύπο οχημάτων, καθώς ήταν πιο εύκολα στην λειτουργία τους σε σχέση με τα τότε αυτοκίνητα εσωτερικής καύσης, πιο αθόρυβα και χωρίς εκπομπές ρύπων. Ωστόσο στη συνέχεια, με την βελτίωση των οχημάτων ξεπέρασαν σε δημοτικότητα τα ηλεκτρικά χάρη στους γρήγορους χρόνους ανεφοδιασμού και το χαμηλότερο κόστος παραγωγής τους. Τα ηλεκτρικά οχήματα επανήλθαν δυναμικά στο προσκήνιο στις αρχές του 21ου αιώνα με στόχο τη μείωση των ρύπων που προέρχονται από των τομέα των μεταφορών (*Department of Energy, 2014*)

Πλέον η ηλεκτροκίνηση αποτελεί έναν από τους άξονες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την επίτευξη των στόχων της για μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ. Όπως αναφέρεται εκτενέστερα στην ενότητα 9.1 έχει εκδοθεί μια σειρά από Ευρωπαϊκές οδηγίες που παροτρύνουν τα κράτη μέλη για την εφαρμογή μέτρων προώθησης της ηλεκτροκίνησης (*2014/94/EU, 2014; Comission, 2013; EU 2018/2001, 2018; EU 2018/844, 2018; European Parliament, 2019*). Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η σταδιακή απόσυρση των συμβατικών οχημάτων και η σταθερή αύξηση του αριθμού των ηλεκτρικών οχημάτων όπως απεικονίζεται και στο παρακάτω σχήμα.



**Σχήμα 8.1:** Εξέλιξη του συνολικού αριθμού των ηλεκτρικών οχημάτων (BEV και PHEV) στην Ευρώπη (EAFO, 2020).

## 8.2 Τεχνολογίες ηλεκτροκίνησης

Στην ευρύτερη κατηγορία των οχημάτων που κινούνται με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας ανήκουν διάφοροι τύποι οχημάτων, εκ των οποίων κάποια χρησιμοποιούν έως ένα βαθμό και συμβατικά καύσιμα. Οι βασικοί τύποι οχημάτων ηλεκτροκίνητων οχημάτων που κυκλοφορούν στην αγορά είναι τα υβριδικά οχήματα (Hybrid Electric Vehicle, HEV), τα επαναφορτιζόμενα υβριδικά οχήματα (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV), τα ηλεκτροκίνητα οχήματα με συσσωρευτές και ηλεκτροπαραγωγική μονάδα (Extended Range Electric Vehicles, E-REV), τα αμιγώς ηλεκτροκίνητα οχήματα (BEV, Battery Electric Vehicle) και τα ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου (Fuel Cell Electric Vehicles, FCEV). Αυτοί οι πέντε τύποι οχημάτων περιγράφονται εκτενέστερα παρακάτω.

- **Υβριδικά οχήματα (Hybrid Electric Vehicle, HEV)**

Τα υβριδικά όχημα αποτελεί ένα συνδυασμό ηλεκτρικού και συμβατικού βενζινοκίνητου ή πετρελαιοκίνητου οχήματος. Διαθέτει ένα θερμικό κινητήρα που λειτουργεί με υγρό ή αέριο

καύσιμο και έναν ηλεκτροκινητήρα που λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια. Τα υβριδικά οχήματα δεν χρησιμοποιούν για τη φόρτισή τους κάποια εξωτερική πηγή. Η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιούν παράγεται από τα ίδια τα οχήματα μέσω μιας ηλεκτρογεννήτριας μηχανικά συνδεδεμένης με το θερμικό κινητήρα ή μέσω της μετατροπής της κινητικής ενέργειας του ίδιου του οχήματος που συλλέγεται και αποθηκεύεται στην μπαταρία τους κατά τις φάσεις επιβράδυνσης, πέδησης και κίνησης σε κατωφέρειες. Η κατασκευή αυτού του τύπου οχημάτων προέκυψε από την ανάγκη για μείωση της κατανάλωσης καυσίμου των συμβατικών οχημάτων και η διείσδυσή τους στην αγορά αποδείχτηκε σχετικά εύκολη. Η εφαρμογή των υβριδικών οχημάτων αποτέλεσε στην ουσία την πρώτη επαφή του κόσμου με την ηλεκτροκίνηση, συμβάλλοντας στο να κατανοήσει τα πλεονεκτήματά της και να εξοικειωθεί με αυτή. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να επιταχυνθεί η εξέλιξη προς την κατεύθυνση των αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων (ΥΠΕΚΑ, 2012).

- **Επαναφορτιζόμενα υβριδικά οχήματα (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV)**

Τα επαναφορτιζόμενα υβριδικά οχήματα αποτελούν την εξέλιξη των απλών υβριδικών οχημάτων. Η διαφορά τους είναι ότι ένα μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν προέρχεται από το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΥΠΕΚΑ, 2012). Διαθέτουν μια συστοιχία μπαταριών που τους επιτρέπει να κινούνται ως αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα και μπορούν να επαναφορτιστούν καθώς διαθέτουν υποδοχή για σύνδεση με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο έχουν αρκετά μικρότερη ηλεκτρική αυτονομία σε σχέση με τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα, της τάξης των 40 έως 70 km ανάλογα με το βάρος τους και τη χωρητικότητα της συστοιχίας των συσσωρευτών τους. Επίσης, διαθέτουν και κινητήρα εσωτερικής καύσης, ο οποίος κινεί το όχημα είτε αποκλειστικά είτε σε συνδυασμό με τον ηλεκτροκινητήρα με γνώμονα τη χαμηλότερη κατανάλωση. Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία, τα επαναφορτιζόμενα υβριδικά οχήματα, κατατάσσονται στην κατηγορία οχημάτων χαμηλών ρύπων με εκπομπές CO<sub>2</sub> χαμηλότερες των 50 gr/km (ΕΛΙΝΗΟ, 2020a).

- **Ηλεκτροκίνητα οχήματα με συσσωρευτές και ηλεκτροπαραγωγική μονάδα (Extended Range Electric Vehicles, E-REV)**

Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα με συσσωρευτές και ηλεκτροπαραγωγική μονάδα ή αλλιώς «E-REV» αποτελούν στην ουσία τη μετάβαση από τα υβριδικά οχήματα στην πλήρη ηλεκτροκίνηση. Αυτού του τύπου τα οχήματα διαθέτουν μπαταρία και έναν μικρό κινητήρα εσωτερικής καύσης με συμβατικό καύσιμο που συνδυάζεται με μια ηλεκτρική γεννήτρια. Η διαφορά τους από τα







επαναφορτιζόμενα υβριδικά οχήματα έγκειται στο ότι ο θερμικός κινητήρας που διαθέτουν δε συνδέεται με τους κινητήριους τροχούς του οχήματος και το όχημα κινείται αποκλειστικά από τον ηλεκτροκινητήρα. Όταν η αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια στις μπαταρίες πέσει κάτω από ένα οριακό επίπεδο, τίθεται αυτόματα σε λειτουργία η ηλεκτροπαραγωγική μονάδα, που χρησιμοποιεί κάποιο υγρό ή αέριο καύσιμο. Αυτή τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα και φορτίζει τη μπαταρία ούτως ώστε το όχημα να συνεχίζει απρόσκοπτα την κίνησή του. Η λειτουργία της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας σταματά όταν η στάθμη της αποθηκευμένης ενέργειας των συσσωρευτών ξεπεράσει μία αντίστοιχη οριακή τιμή. Αξίζει να σημειωθεί ότι η απόσταση αυτονομίας αυτών των οχημάτων είναι τουλάχιστον ίση με αυτή των συμβατικών οχημάτων. (ΥΠΕΚΑ, 2012).

- **Αμιγώς ηλεκτροκίνητα οχήματα (BEV, Battery Electric Vehicle)**

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα αυτοκίνητα που κινούνται αποκλειστικά με την ηλεκτρική ενέργεια των μπαταριών τους και η φόρτιση των μπαταριών γίνεται μόνο μέσω του ηλεκτρικού δικτύου. Αποτελούν τον τελικό στόχο της ηλεκτροκίνησης, καθώς μέσω αυτών επιτυγχάνονται μετακινήσεις με μηδενικές εκπομπές αερίων ρύπων CO<sub>2</sub> (ΥΠΕΚΑ, 2012). Η απόσταση αυτονομίας των αμιγώς ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην παρούσα κυμαίνεται μεταξύ 150 και 500km, ενώ με την εξέλιξη της τεχνολογίας συνεχώς αυξάνεται (ΕΛΙΝΗΟ, 2020b).

- **Ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου (Fuel Cell Electric Vehicles, FCEV)**

Τα ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου αποτελούν οχήματα που μεταφέρουν ενέργεια με τη μορφή καυσίμου, το οποίο το μετατραπούν σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας κυψέλες καυσίμου (Grauers et al., 2017). Χρησιμοποιείται η αντίστροφη δράση της ηλεκτρόλυσης, μέσω της οποίας παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από την ηλεκτροχημική σύνθεση υδρογόνου και οξυγόνου με ταυτόχρονη παραγωγή καθαρού νερού. Το χρησιμοποιούμενο καύσιμο αποθηκεύεται στο όχημα ή παράγεται επί του οχήματος και είναι καθαρό υδρογόνο ή υδρογονάνθρακες, ενώ το απαραίτητο οξυγόνο απορροφάται από την ατμόσφαιρα (ΥΠΕΚΑ, 2012). Τα ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου επιτρέπουν μεγαλύτερη αυτονομία και η φόρτισή τους διαρκεί λίγα μόνο λεπτά. Ωστόσο, η φόρτισή τους απαιτεί την ύπαρξη υποδομών ανεφοδιασμού με υδρογόνο. Η έλλειψη τέτοιου είδους υποδομών καθιστά αυτή την τεχνολογία λιγότερο διαδεδομένη σε σχέση με τα άλλα είδη ηλεκτρικών οχημάτων (Grauers et al., 2017). Τα ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου εκπέμπουν στο περιβάλλον μόνο υδρατμούς, συνεπώς αποτελούν μια πλήρως φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Powertrain	Components and energy sources
ICE	
HEV	
PHEV	
RE-EV	
BEV	
H <sub>2</sub> Fuel Cell	

**Σχήμα 8.2:** Τύποι ηλεκτρικών οχημάτων (Element Energy, 2020).

### 8.3 Πλεονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης

Η εξάρτηση των μεταφορών από τα ορυκτά καύσιμα, τις καθιστά ιδιαίτερα ρυπογόνες και επιβλαβείς για το περιβάλλον. Για το λόγο αυτό, ο εξηλεκτρισμός τους καθίσταται αναγκαίος για την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων όπως είναι η κλιματική αλλαγή και η αστική ρύπανση, αλλά και για την επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> (Grauers et al., 2017; Ślusarczyk, 2020). Παράλληλα, η ηλεκτροκίνηση αποτελεί έναν από τους βασικούς άξονες περαιτέρω εξηλεκτρισμού των ανθρώπινων αναγκών και δύναται να συμβάλει σημαντικά στην αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα (Ślusarczyk, 2020).

Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα που επιλύεται μέσω της ηλεκτροκίνησης είναι η απεξάρτηση των μεταφορών από τους ορυκτούς πόρους, των οποίων η ποσότητα είναι πεπερασμένη. Δίνεται λοιπόν μια αποτελεσματική εναλλακτική για την λειτουργία των οχημάτων όταν τα ορυκτά

καύσιμα θα έχουν εξαντληθεί. Αξίζει, άλλωστε να αναφερθεί ότι η ηλεκτρική ενέργεια έχει χαμηλότερο κόστος σε σχέση με τα άλλα καύσιμα, συνεπώς με την σταδιακή πτώση της τιμής των ηλεκτρικών οχημάτων, θα τείνουν να αποτελέσουν την πλέον συμφέρουσα οικονομικά επιλογή μετακίνησης (*Grauers et al., 2017*).

Επιπλέον, ένα σημαντικό πλεονέκτημα των ηλεκτρικών οχημάτων και συγκεκριμένα των ηλεκτρικών οχημάτων που συνδέονται με το δίκτυο είναι η δυνατότητα παροχής υπηρεσιών ευελιξίας ζήτησης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με το να φορτίζονται σε ώρες εκτός αιχμής. Ακόμα πιο αποτελεσματική προς αυτή την κατεύθυνση είναι η εφαρμογή «Vehicle-to-grid» (V2G), η οποία επιτρέπει την αμφίδρομη ροή ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των οχημάτων και του δικτύου (*Darmani et al., 2017*). Βασίζεται στην ιδέα ότι τα ιδιωτικά αυτοκίνητα για μεγάλα χρονικά διαστήματα δεν χρησιμοποιούνται και συνεπώς μπορούν να λειτουργήσουν σαν μονάδες αποθήκευσης (*Arafat et al., 2018*). Γενικά με τη λειτουργία των V2G, η πλεονάζουσα ισχύς του δικτύου αποθηκεύεται σε ηλεκτρικά οχήματα κατά τη διάρκεια της περιόδου χαμηλής ζήτησης, ενώ τα ηλεκτρικά οχήματα ανατροφοδοτούν την ισχύ στο δίκτυο σε ώρες αιχμής. Με αυτό τον τρόπο, οι χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων μπορούν να αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας όταν η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλή και στη συνέχεια να την πωλούν στο ηλεκτρικό δίκτυο όταν η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλή. Η λειτουργία V2G όχι μόνο παρέχει νέες ευκαιρίες για υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας ηλεκτρικών οχημάτων αλλά και βοηθά στην αποτελεσματική και ομαλή λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας (*Li et al., 2020*).

Τέλος, στα πλεονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης, θα μπορούσε να περιληφθεί και η ανάπτυξη μιας νέας βιομηχανίας που θα μπορούσε να προσφέρει οικονομικά οφέλη και νέες θέσεις εργασίας (*Grauers et al., 2017*).

#### **8.4 Ρυθμιστικά θέματα που εμποδίζουν ή προωθούν την ηλεκτροκίνηση**

Υπάρχουν διάφορα εμπόδια που περιορίζουν την εξάπλωση των ηλεκτρικών οχημάτων, όπως είναι το υψηλό τους κόστος αγοράς, η μη ύπαρξη των απαραίτητων υποδομών φόρτισης και οι τεχνικοί περιορισμοί της μειωμένης απόστασης αυτονομίας και της μεγάλης διάρκειας φόρτισης. Ωστόσο όλα τα παραπάνω σταδιακά τείνουν να περιοριστούν.

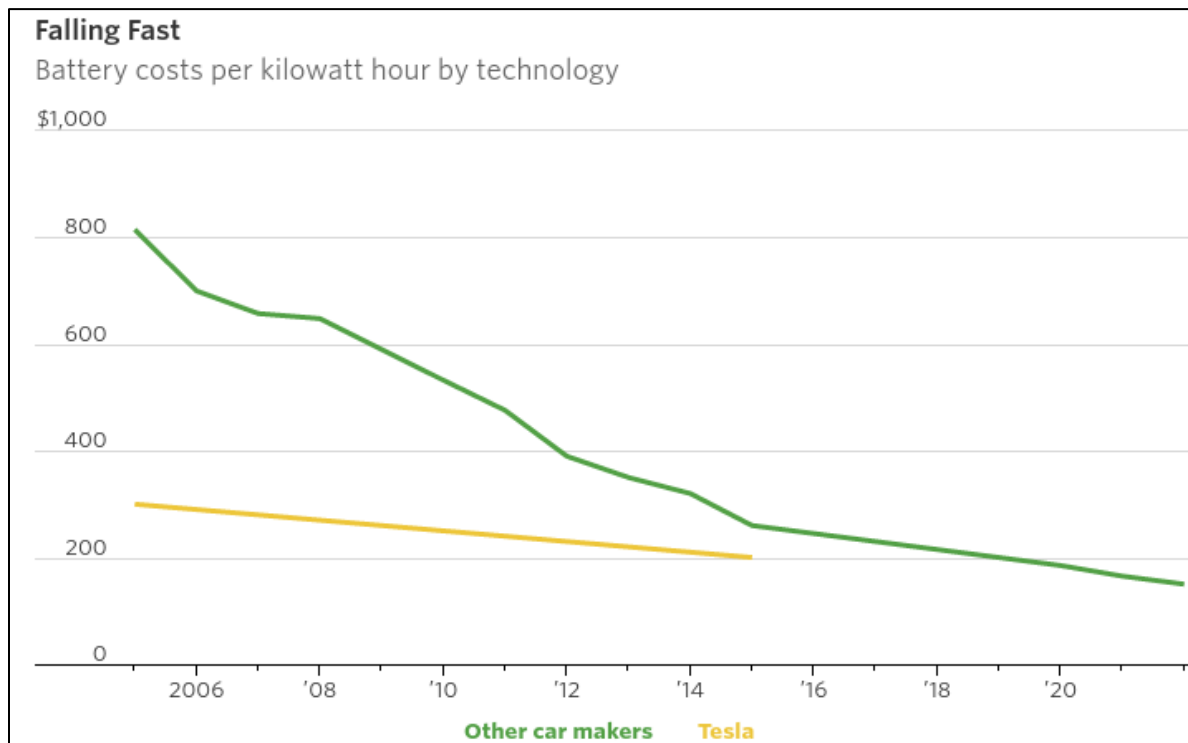
Στη συνέχεια περιγράφονται τα βασικοί περιορισμοί που επιβραδύνουν την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης.



- **Υψηλό κόστος αγοράς**

Το βασικό εμπόδιο που επιβραδύνει την ευρεία εξάπλωση των ηλεκτρικών οχημάτων είναι το υψηλό κόστος αγοράς τους (Grauers et al., 2017). Στην ουσία αυτό που επηρεάζει το κόστος αγοράς ενός ηλεκτρικού οχήματος είναι το κόστος της μπαταρίας.

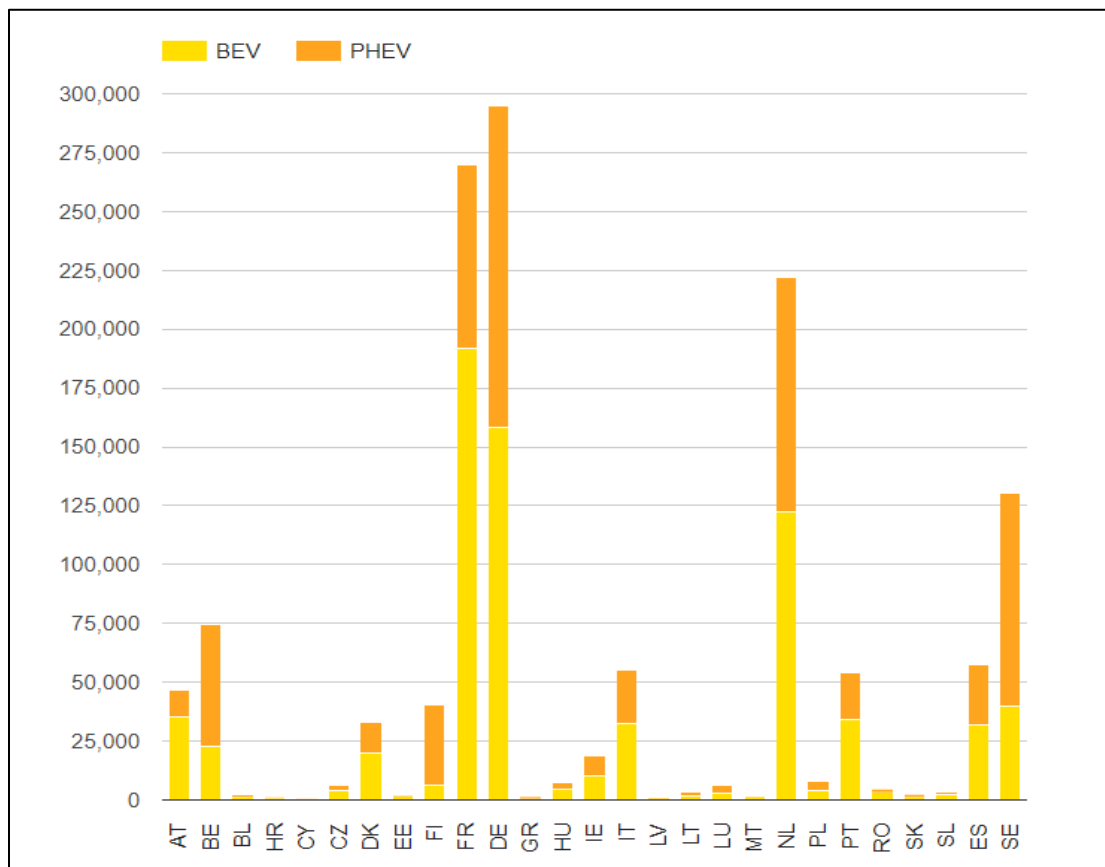
Η τιμή ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι πολύ υψηλότερη από την τιμή ενός αντίστοιχου συμβατικού, γεγονός που οφείλεται κυρίως στο υψηλό κόστος των μπαταριών. Συγκεκριμένα το κόστος των μπαταριών κυμαίνεται μεταξύ ενός τρίτου και μισού της συνολικής τιμής ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου (Kraśniewski, 2018). Παρόλα αυτά, με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας των μπαταριών παρατηρείται μια συνεχής πτώση του κόστους των μπαταριών, η οποία σταδιακά θα οδηγήσει σε πιο ανταγωνιστικά μοντέλα ηλεκτρικών οχημάτων.



**Σχήμα 8.3:** Εξέλιξη της μέση τιμής μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων για το χρονικό διάστημα 2006-2022 (η τιμή για τα έτη 2016-2022 βασίζεται σε εκτιμήσεις) (Farrar, 2016)

Παράλληλα, έχει αποδειχθεί ότι η χρήση διαφορετικών κυβερνητικών μέτρων προώθησης μπορεί να αυξήσει σημαντικά το μερίδιο αγοράς των ηλεκτρικών οχημάτων (Grauers et al., 2017). Όπως παρουσιάζεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 8, οι κυβερνήσεις έχουν εφαρμόσει μια σειρά από μέτρα οικονομικών κινήτρων για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης, τα οποία περιλαμβάνουν επιδοτήσεις αγοράς και φορολογικά κίνητρα προς τους κατόχους ηλεκτρικών οχημάτων. Τα μέτρα αυτά συμβάλουν σημαντικά στην αντιμετώπιση των οικονομικών

εμποδίων που περιορίζουν την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης. Ειδικά σε χώρες όπου έχουν εφαρμοστεί από νωρίς τέτοιου είδους οικονομικά κίνητρα, όπως για παράδειγμα στη Γαλλία, τη Γερμανία και την Ολλανδία έχει παρατηρηθεί μεγάλη αύξηση των πωλήσεων ηλεκτρικών οχημάτων (EAFO, 2020).



**Σχήμα 8.4:** Αριθμός ηλεκτροκίνητων οχημάτων (BEV και PHEV) σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες (EAFO, 2020).

Επιπρόσθετα, αξίζει να αναφερθεί ότι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν χαμηλότερα κόστη λειτουργίας, καθώς η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλότερη από το κόστος των συμβατικών καυσίμων. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το οικονομικό κίνητρο των μειωμένων τελών κυκλοφορίας ή της απαλλαγής από αυτά, οδηγούν σε πολύ χαμηλά λειτουργικά κόστη (Kraśniewski, 2018).

- **Τεχνικοί περιορισμοί**

Ιστορικά, η εφεύρεση του ηλεκτρικού οχήματος προηγήθηκε του πρώτου συμβατικού οχήματος, ωστόσο δεν μπόρεσε να επικρατήσει λόγω διάφορων μειονεκτημάτων της

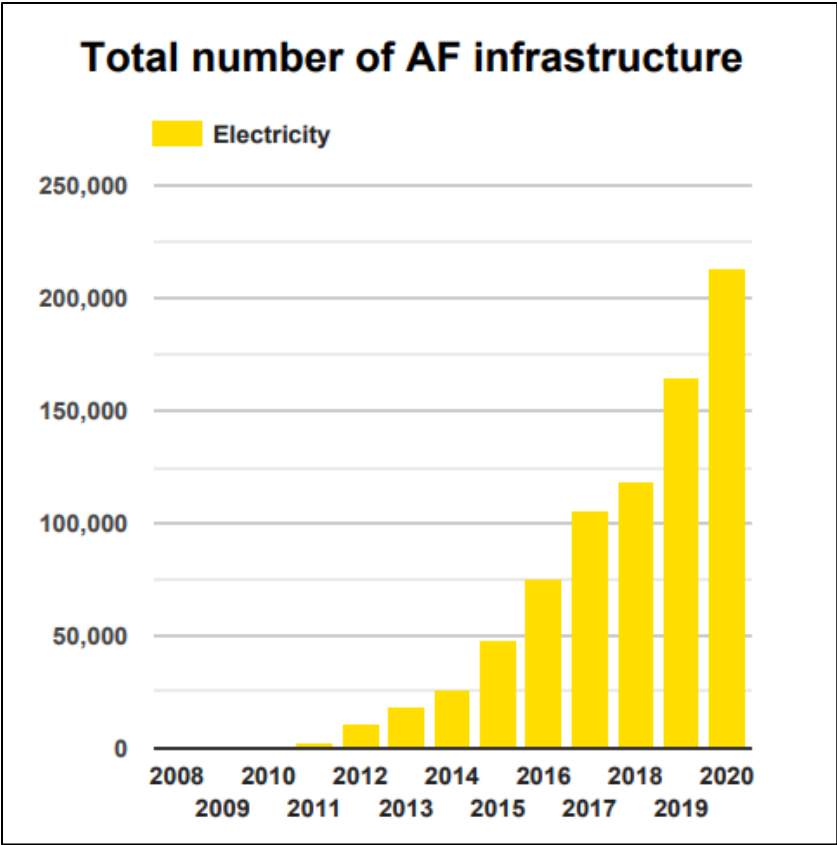
τεχνολογίας αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως είναι το μεγάλο βάρος και ο όγκος της μπαταρίας για την απαιτούμενη χωρητικότητα και ο μεγάλος χρόνος επαναφόρτισης. Αυτά τα μειονεκτήματα έχουν πλέον αρθεί σε μεγάλο βαθμό χωρίς να έχουν ωστόσο εκλείψει εντελώς (ΥΠΕΚΑ, 2012). Η απόσταση αυτονομίας και ο χρόνος φόρτισης συνεχίζουν να αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν τον υποψήφιο αγοραστή ενός ηλεκτρικού οχήματος, ωστόσο οι τεχνολογικές εξελίξεις σε αυτούς τους τομείς προχωράνε με ραγδαίους ρυθμούς.

Η απόσταση αυτονομίας ανάλογα με το μοντέλο του αυτοκινήτου κυμαίνεται σε ένα μεγάλο εύρος τιμών. Στην παρούσα φάση βρίσκονται σε κυκλοφορία οχήματα με απόσταση αυτονομίας από 95km έως 540km, ενώ εντός του 2022 πρόκειται να βγουν σε κυκλοφορία ηλεκτρικά οχήματα αυτονομίας 970 km (*Electric Vehicle Database, 2020*).

Αντίστοιχα, η διάρκεια επαναφόρτισης μέσω ενός οικιακού φορτιστή κυμαίνεται μεταξύ 3,5 και 7 ωρών ενώ στους συνήθεις κοινόχρηστους σταθμούς φόρτισης κυμαίνεται μεταξύ 1 και 7 ωρών, ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ του σταθμού και το μοντέλο του αυτοκινήτου. Μια λύση σε αυτό το ζήτημα έρχονται να δώσουν οι σταθμοί ταχείας φόρτισης μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η μείωση του χρόνου φόρτισης στα 20-45 λεπτά, ενώ είναι σίγουρο ότι με την συνεχή εξέλιξη των τεχνολογιών φόρτισης θα επιτευχθούν ακόμα μικρότερες διάρκειες (*FORTISIS, 2020*).

- **Περιορισμένες υποδομές φόρτισης**

Ένας άλλος παράγοντας που δρα περιοριστικά για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης είναι η μη ύπαρξη επαρκών υποδομών φόρτισης. Η εγκατάσταση ενός πυκνού δικτύου κοινόχρηστων σταθμών φόρτισης εντός οικιστικών περιοχών αλλά και στις εθνικές οδούς αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για να καταστεί λειτουργική η χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων. Θα πρέπει μάλιστα ο αριθμός των σημείων φόρτισης να συμβαδίζει με τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες που προκύπτουν από τον ολοένα αυξανόμενο αριθμό των χρησιμοποιούμενων ηλεκτρικών οχημάτων. Για την αντιμετώπιση αυτού του περιορισμού όπως αναφέρεται και εκτενέστερα και στο Κεφάλαιο 8 οι εκάστοτε κυβερνήσεις έχουν λάβει διάφορα μέτρα για την προώθηση της εγκατάστασης κοινόχρηστων σταθμών από δημόσιους φορείς, εμπορικά κέντρα και εταιρείες, τα οποία είτε έχουν τη μορφή της υποχρεωτικής εγκατάστασης σταθμών φόρτισης είτε τη μορφή επενδυτικής ενίσχυσης αυτών. Σε συνέχεια αυτών των μέτρων, παρατηρείται τα τελευταία χρόνια σημαντική αύξηση των σταθμών φόρτισης.



**Σχήμα 8.5:** Εξέλιξη αριθμού σταθμών φόρτισης στην Ευρωπαϊκή Ένωση (EAFO, 2020).

## 9. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΠΡΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ

### 9.1 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 (*Commission, 2013*) και την οδηγία του 2014 για τα έργα υποδομής εναλλακτικών καυσίμων (*2014/94/EU, 2014*) 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. Κάλεσε επίσης τα κράτη μέλη να επανεξετάσουν τα φορολογικά τους συστήματα, ώστε να εισαγάγουν κίνητρα για οχήματα με χαμηλές εκπομπές ρύπων (*European Parliament, 2019*).

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 νεότερα ή ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια αποτελούν μικρό ποσοστό του συνόλου των κτιρίων (*European Parliament, 2019*).

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

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 (European Parliament, 2019).

## **9.2 Ρυθμιστικό πλαίσιο για την ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα**

Στην Ελλάδα από το 2014 έχει εκδοθεί μια σειρά νόμων και υπουργικών αποφάσεων που αναφέρονται σε ρυθμίσεις και μέτρα για την ηλεκτροκίνηση. Αρχικά με τον Ν.4233/2014 (ΦΕΚ 22Α, 2014) δόθηκε στα πρατήρια παροχής καυσίμων η δυνατότητα να πωλούν στα οχήματα ηλεκτρική ενέργεια, ενώ με τον Ν.4277/2014 (ΦΕΚ 156Α, 2014) προβλέφθηκε η αναμόρφωση και οργάνωση του συστήματος μεταφορών, περιλαμβάνοντας την υποχρέωση για την ανάπτυξη δικτύου φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης. Οι τεχνικές και χωροταξικές προδιαγραφές των σταθμών φόρτισης καθορίστηκαν το 2015 με την υπουργική απόφαση 71287/6443/2015 (ΦΕΚ50Β, 2015).

Στη συνέχεια ο νόμος 4439/2016 (ΦΕΚ 222Α, 2016) προέβλεπε την εναρμόνιση με την οδηγία 2014/94/ΕΕ για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων και την απλοποίηση της διαδικασίας αδειοδότησής τους. Συγκεκριμένα, περιέγραφε τις ελάχιστες προδιαγραφές για τη δημιουργία υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, στις οποίες περιλαμβάνονταν και οι σταθμοί φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Ο νόμος προέβλεπε επίσης τη χρήση ευφυών συστημάτων μέτρησης στα σημεία φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ενώ έθετε τις βάσεις για τη λειτουργία τους και τον τρόπο χρέωσης της παρεχόμενης ενέργειας. Επιπλέον, με το νόμο 4513/2018 (ΦΕΚ 9Α, 2018) ανανεώθηκε ο πολεοδομικός κανονισμός της χώρας, ούτως ώστε να επιτρέπεται η εγκατάσταση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε κτίρια και σε δημόσιους κοινόχρηστους χώρους. Παράλληλα, με την κοινή υπουργική απόφαση 42863/438/27-5-2019 (ΦΕΚ 2040Β, 2019) ενισχύθηκε και διευρύνθηκε η ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και η διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελληνική αγορά ενώ απλοποιήθηκε η διαδικασία αδειοδότησης της εγκατάστασης των υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Σημαντικό βήμα για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης πραγματοποιήθηκε με τον Ν.4646/2019 (ΦΕΚ 201Α, 2019) με τίτλο «Φορολογική μεταρρύθμιση με αναπτυξιακή διάσταση για την Ελλάδα του αύριο.», με τον οποίο εισήχθη μια δέσμη μέτρων για την προώθηση της χρήσης των επιβατικών ηλεκτρικών οχημάτων και μέσων μαζικής μεταφοράς μηδενικών ή χαμηλών ρύπων. Μέσω αυτού του νόμου δίνονται κίνητρα στις επιχειρήσεις προκειμένου να παρέχουν στους εργαζόμενους οχήματα μηδενικών ή χαμηλών ρύπων με όριο τα 50 gr/km CO<sub>2</sub>.

Πιο συγκεκριμένα τα κίνητρα που εισήγαγε ο Ν.4646/2019 είναι τα εξής:

- Έκπτωση 30% της αξίας του οχήματος από τα ακαθάριστα έσοδα των επιχειρήσεων για δαπάνη μίσθωσης οχήματος μηδενικών ή χαμηλών ρύπων, με την προϋπόθεση ότι η λιανική προ φόρων τιμή τους δεν ξεπερνά τις 40.000 €.
- Αυξημένος συντελεστής απόσβεσης 25% και 20%, ανά φορολογικό έτος, για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων επιβατών έως 9 ατόμων μηδενικών και χαμηλών ρύπων αντίστοιχα.
- Αυξημένος συντελεστής απόσβεσης 15% και 10%, ανά φορολογικό έτος, για την αγορά οχημάτων μεταφοράς επιβατών άνω των 9 ατόμων μηδενικών και χαμηλών ρύπων αντίστοιχα.
- Αυξημένος συντελεστής απόσβεσης 20% και 15%, ανά φορολογικό έτος, για την αγορά οχημάτων μεταφοράς εμπορευμάτων μηδενικών και χαμηλών ρύπων αντίστοιχα.
- Απαλλαγή της αγοραίας αξίας ενός οχήματος μηδενικών ή χαμηλών ρύπων από τον υπολογισμό του εισοδήματος από μισθωτή εργασία και συντάξεις.
- Έκπτωση 30% των ακαθάριστων εσόδων των επιχειρήσεων για την αγορά, εγκατάσταση και λειτουργία δημοσίως προσβάσιμων σταθμών φόρτισης (ΦΕΚ 201Α, 2019).

Ακολούθησε ένα ολοκληρωμένο σχέδιο για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα, το οποίο θεσπίστηκε, με τον πρόσφατο νόμο Ν.4710/2020 με τίτλο «Προώθηση της ηλεκτροκίνησης και άλλες διατάξεις.» (ΦΕΚ 142Α, 2020). Με αυτόν προβλέπονται οικονομικά κίνητρα για την αγορά και χρήση ηλεκτρικών οχημάτων και προωθείται η οργάνωση της αγοράς ηλεκτροκίνησης και των υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων της χώρας.

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

- 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 ή 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.
- Εξαιρέση 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:

- 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 ΙΧ.
- 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 (EAF0, 2020a).

### **9.3 Ρυθμιστικά πλαίσια για την ηλεκτροκίνηση 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 (*European Parliament, 2019*).

Στις παρακάτω ενότητες αναλύονται εκτενέστερα οι πολιτικές προώθησης και τα κίνητρα που έχουν δοθεί σε κάθε χώρα για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης.

### **9.3.1 Αυστρία**

Στην Αυστρία το πρώτο πλήρες πακέτο μέτρων στήριξης της ηλεκτροκίνησης θεσπίστηκε το 2016 και αφορούσε επιβατηγά αυτοκίνητα, μοτοσυκλέτες και οχήματα βαρέως τύπου που χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια (*CMS, 2019*). Τα μέτρα αυτά περιλαμβάνουν την παροχή οικονομικών κινήτρων, είτε με τη μορφή επιδότησης της αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων είτε με τη μορφή φοροελαφρύνσεων κατά την αγορά και χρήση τους. Πιο συγκεκριμένα, η αγορά ενός BEV επιδοτείται με 5.000 € και η αγορά ενός PHEV με 2.500 €, με την προϋπόθεση ότι το συνολικό κόστος αγοράς δεν ξεπερνά τα 50.000 € και η ηλεκτρική τους αυτονομία δεν είναι μικρότερη από 40 km. Για τα ηλεκτρικά δίκυκλα, δηλαδή τις ηλεκτρικές μοτοσυκλέτες και τα ηλεκτρικά ποδήλατα, οι επιδοτήσεις κυμαίνονται από 400 έως 1200 ανάλογα με το είδος τους. Ωφελούμενοι αυτών των επιδοτήσεων δεν είναι μόνο ιδιώτες αλλά και εταιρείες και δήμοι, που προβαίνουν στον εξηλεκτρισμό του στόλου τους. Ειδικότερα για τα οχήματα βαρέως τύπου η επιδότηση φτάνει τα 130.000 € για τα λεωφορεία και τα 60.000 € για τα βαρέα επαγγελματικά οχήματα (*Cansino et al., 2018; EAFO, 2020; IOBE, 2019*). Τα φορολογικά κίνητρα που παρέχονται στα ηλεκτρικά οχήματα είναι η απαλλαγή από το φόρο ταξινόμησης, τα μειωμένα τέλη κυκλοφορίας και η απαλλαγή από το ΦΠΑ για τα εταιρικά οχήματα. Ένα επιπλέον οικονομικό κίνητρο που δίδεται κατά τόπους είναι η παροχή δωρεάν θέσεων στάθμευσης (*EAFO, 2020; IOBE, 2019*).

Εκτός από τα παραπάνω, η αυστριακή κυβέρνηση παρέχει οικονομικά κίνητρα και για την εγκατάσταση υποδομών φόρτισης. Πιο συγκεκριμένα, παρέχεται επιδότηση ύψους 600 € για την εγκατάσταση οικιακού φορτιστή, 1800 € για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης σε πολυκατοικίες και 30.000 € για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης βαρέων εμπορικών οχημάτων. Επιπλέον, επιδοτούνται οι εταιρείες για την εγκατάσταση κοινόχρηστων σταθμών φόρτισης με 300 έως 15.000 €, ανάλογα με την ικανότητα φόρτισης που παρέχουν (*EAFO, 2020; IOBE, 2019*). Έχουν παρατηρηθεί μάλιστα διάφορες πρωτοβουλίες εταιρειών για την εγκατάσταση κοινόχρηστων σταθμών φόρτισης. Για παράδειγμα, η εταιρεία τηλεπικοινωνιών Telekom-Austria, έχει ξεκινήσει να μετατρέπει τους υφιστάμενους τηλεφωνικούς θαλάμους

που δεν χρησιμοποιούνται πλέον σε σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (*HEV TCP, 2020*).

Αξίζει τέλος να αναφερθεί ότι για τη διευκόλυνση των κατόχων ηλεκτρικών οχημάτων, είναι διαθέσιμη στο Διαδίκτυο μια εφαρμογή που απεικονίζει τα σημεία φόρτισης που λειτουργούν σε όλη την Αυστρία και τη διαθεσιμότητά τους (*HEV TCP, 2020*).

### **9.3.2 Βέλγιο**

Στο Βέλγιο εφαρμόζεται μια σειρά από μέτρα προώθησης της ηλεκτροκίνησης τα οποία επικεντρώνονται στην παροχή κινήτρων αγοράς και φορολογικών κινήτρων. Χαρακτηριστικό του Βελγίου είναι ότι τα μέτρα αυτά διαφοροποιούνται από περιοχή σε περιοχή.

Το κίνητρο της επιδότησης αγοράς δόθηκε μόνο στη Φλάνδρα και ίσχυε από τον Ιανουάριο του 2016 έως το τέλος του 2019. Η επιδότηση αγοράς αφορούσε τα επιβατηγά και φορτηγά οχήματα και κυμαινόταν μεταξύ 4.000 και 2500 € ανάλογα με το αρχικό κόστος τους οχήματος. Από τον Αύγουστο του 2017 η επιδότηση αυτή επεκτάθηκε και στα ενοικιαζόμενα αυτοκίνητα (*EAFO, 2020*).

Φορολογικά κίνητρα δόθηκαν σε όλη τη χώρα, ωστόσο εφαρμόστηκαν διαφορετικά μέτρα σε κάθε περιοχή. Στην Φλάνδρα τα ηλεκτρικά οχήματα απαλλάσσονται από τον φόρο ταξινόμησης, ενώ στη Βαλλονία και στις Βρυξέλλες επιβαρύνονται με το μειωμένο ποσό των 61,50 €. Επιπλέον, στη Φλάνδρα τα ηλεκτρικά οχήματα απαλλάσσονται από τα ετήσια τέλη κυκλοφορίας, ενώ στη Βαλλονία και τις Βρυξέλλες επιβαρύνονται με μειωμένα τέλη κυκλοφορίας ύψους 83,56 €. Επιπρόσθετο κίνητρο αποτελεί το γεγονός ότι το 75% του κόστους φόρτισης μπορεί να αφαιρεθεί από το φόρο εισοδήματος (*EAFO, 2020*).

Ειδικά για τα εταιρικά ηλεκτρικά οχήματα παρέχεται η δυνατότητα έκπτωσης του εταιρικού φόρου, που μπορεί να φτάσει έως το 120% των δαπανών μέχρι το τέλος του 2019 και έως το 100% των δαπανών από το 2020 και μετά (*EAFO, 2020; IOBE, 2019*). Επιπλέον, υπόκεινται μόνο στην ελάχιστη εισφορά φορολογικής αλληλεγγύης, η οποία αποτελεί μια επιπλέον χρέωση που πρέπει να καταβληθεί για επαγγελματικά οχήματα που χρησιμοποιούνται για ιδιωτική χρήση (*Cansino et al., 2018*).

Σε συνέχεια όλων των παραπάνω μέτρων, ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων στο Βέλγιο σημείωσε σημαντική αύξηση τα τελευταία χρόνια. Πιο συγκεκριμένα, οι πωλήσεις ηλεκτρικών

οχημάτων οκταπλασιάστηκαν κατά το χρονικό διάστημα 2014-2019, φτάνοντας το 2019 τα 15.338 οχήματα (*Statista, 2019*).

### **9.3.3 Δανία**

Στη Δανία δεν παρέχονται επιδοτήσεις αγοράς και τα μέτρα προώθησης της ηλεκτροκίνησης επικεντρώνονται στην παροχή φορολογικών κινήτρων.

Τα τέλη κυκλοφορίας υπολογίζονται με βάση την κατανάλωση καυσίμου, με αποτέλεσμα τα ηλεκτρικά και τα plug-in υβριδικά αυτοκίνητα να πληρώνουν μειωμένα τέλη σε σχέση με τα αντίστοιχα συμβατικά οχήματα (*EAF0, 2020*). Εκτός από αυτό, τα ηλεκτρικά οχήματα εξαιρούνταν μέχρι το τέλος του 2015 από το φόρο ταξινόμησης, ο οποίος είναι ιδιαίτερα υψηλός (180%) και βασίζεται στην αξία του αυτοκινήτου (*IEA, 2019b; EAF0, 2020*). Το 2016, η κυβέρνηση αποφάσισε να επαναφέρει τον φόρο ταξινόμησης ξεκινώντας από την καταβολή του 20% το 2016 και αυξάνοντάς τον σταδιακά κάθε έτος μέχρι την πλήρη επαναφορά του το 2020. Ωστόσο επειδή αυτή η αλλαγή οδήγησε σε μείωση των πωλήσεων ηλεκτρικών οχημάτων, για την εκ νέου εκκίνηση της αγοράς, η δανική κυβέρνηση αποφάσισε τη διατήρηση του φόρου ταξινόμησης για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στο 20% για δύο επιπλέον χρόνια ή μέχρι την επίτευξη του στόχου των 5.000 νέων ηλεκτρικών οχημάτων και την πλήρη επαναφορά του το 2023 (*EAF0, 2020; IOBE, 2019*). Επιπλέον, η δανική κυβέρνηση εξέδωσε έναν νόμο που απαλλάσσει τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα από τέλη στάθμευσης ύψους έως και 5.000 DKK (670 €) ετησίως. Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι οι ιδιοκτήτες ηλεκτρικών αυτοκινήτων σπάνια πληρώνουν για δημόσιο χώρο στάθμευσης, με εξαίρεση την Κοπεγχάγη στην οποία ο παραπάνω νόμος δεν εφαρμόζεται (*EAF0, 2020*). Σε κάποιες περιοχές μάλιστα, όπως στο Odense και το Frederiksberg παρέχεται και δωρεάν φόρτιση σε δημόσιους χώρους στάθμευσης (*Cansino et al., 2018*).

Παράλληλα, η Δανική κυβέρνηση παρέχει και κάποια φορολογικά κίνητρα που αφορούν την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων. Από το 2016 έως το 2019, η Δανία απάλλαξε από το φόρο την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ έως το 2024 παρέχονται ευνοϊκές τιμές φόρτισης στα ηλεκτρικά λεωφορεία. Επίσης, οι εταιρείες που παρέχουν σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε εμπορική βάση μπορούν να λάβουν έκπτωση φόρου ηλεκτρικής ενέργειας που ανέρχεται σε περίπου 1 DKK/kWh (0,134 €/kWh) (*EAF0, 2020*).

Τέλος, κάποιες άλλες κινήσεις που γίνονται στη Δανία για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης αφορούν των εξηλεκτρισμό των δημόσιων και εταιρικών οχημάτων. Από το 2013, ο Εθνικός Οργανισμός Ενέργειας έχει χρηματοδοτήσει διάφορα προγράμματα για τη στήριξη δήμων και εταιρειών στην επάνδρωση του στόλου τους με ηλεκτρικά οχήματα. Ειδικότερα η Κοπεγχάγη έχει θέσει ως στόχο τη μετατροπή ολόκληρου του στόλου λεωφορείων της σε ηλεκτροκίνητα έως το 2031 και προχωρά με ταχείς ρυθμούς προς αυτή την κατεύθυνση (EAFO, 2020).

#### 9.3.4 Φινλανδία

Η Φινλανδία ήδη από το 2009 είχε δείξει το ενδιαφέρον της για την ηλεκτροκίνηση, με το ερευνητικό πρόγραμμα TransEco, που προσανατολιζόταν στη μείωση του επιπέδου εκπομπών στις οδικές μεταφορές (Cansino et al., 2018). Ωστόσο τα πρώτα μέτρα προώθησης της ηλεκτροκίνησης εφαρμόστηκαν το 2018.

Τότε εισήχθη ένα κίνητρο αγοράς, που απευθύνεται σε ιδιώτες που αγοράζουν ή εκμισθώνουν τουλάχιστον για 3 χρόνια ένα ηλεκτρικό όχημα. Η επιδότηση ανέρχεται σε 2.000 € ανά όχημα, με την προϋπόθεση ότι το κόστος τους δεν ξεπερνά τα 50.000 € και θα ισχύσει μέχρι το Νοέμβριο του 2021 (IEA, 2019c; EAFO, 2020). Επίσης, ο φόρος ταξινόμησης καθορίζεται με βάση τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και τα ηλεκτρικά οχήματα επιβαρύνονται με τον ελάχιστο φορολογικό συντελεστή, που ισούται με 5% (EAFO, 2020; IOBE, 2019). Σε συνέχεια των παραπάνω μέτρων ο συνολικός στόλος ηλεκτροκίνητων οχημάτων στη Φινλανδία στο τέλος του 2018 είχε φτάσει τα 15.499, ακολουθώντας έναν ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης ίσο με 129% (IEA, 2019c).

Παράλληλα, το 2018 τέθηκαν κίνητρα και για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης. Στην παρούσα φάση υπάρχουν τρεις διαφορετικές επιδοτήσεις για την εγκατάσταση υποδομών φόρτισης. Η πρώτη αφορά την επιδότηση δημόσιων σταθμών φόρτισης, για την οποία επιλέξιμοι είναι μόνο οι έξυπνοι φορτιστές που παρέχουν τη δυνατότητα ιχνηλασιμότητας της κατάστασης και της διαθεσιμότητας τους. Η επιδότηση ισούται με το 30% του επιλέξιμου και σε περίπτωση φορτιστή ταχείας φόρτισης αυξάνεται στο 35%. Η δεύτερη επιδότηση παρέχεται στα πλαίσια ενός διαγωνισμού για υποδομές εναλλακτικών καυσίμων και είναι διαθέσιμη για εμπορικές, δημοτικές ή κοινοτικές υποδομές. Το συνολικό ετήσιο επιδοτούμενο ποσό ανέρχεται σε 3 εκατομμύρια € και ο πρώτος κύκλος πραγματοποιήθηκε τον Οκτώβριο του 2018. Το τρίτο είδος επιχορήγησης παρέχεται σε εταιρείες στέγασης για την εγκατάσταση υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Κατά το πρώτο έτος εφαρμογής της διατέθηκε συνολικά το ποσό των

1,5 εκατομμυρίων €. Η επιδότηση καλύπτει το 35% του κόστους μελέτης και εγκατάστασης υποδομών φόρτισης και η ελάχιστη απαίτηση είναι η παροχή τουλάχιστον πέντε σημείων φόρτισης (IEA, 2019c).

### 9.3.5 Γαλλία

Η προώθηση της ηλεκτροκίνησης εντάχθηκε στη γαλλική νομοθεσία με τον Ιούλιο του 2010 νόμο Grenelle II (IEA, 2019d). Τα μέτρα που εφαρμόζονται επικεντρώνονται στην παροχή οικονομικών κινήτρων και στην επιδότηση της εγκατάστασης υποδομών φόρτισης.

Στη Γαλλία εφαρμόζεται ένα σύστημα bonus-malus, με το οποίο παρέχεται είτε έκπτωση είτε κύρωση στη φορολόγηση των οχημάτων ανάλογα με τις εκπομπές CO<sub>2</sub> του εκάστοτε οχήματος (IEA, 2019d). Για παράδειγμα ένα όχημα με εκπομπές χαμηλότερες από 20g CO<sub>2</sub> λαμβάνει μπόνους 6.000 €, το οποίο καλύπτει έως και το 27% του κόστους αγοράς. Το σύστημα αυτό εφαρμόζεται είτε για την αγορά οχημάτων ή είτε για την εκμίσθωσή τους για τουλάχιστον 2 έτη. Επιλέξιμα είναι τόσο τα ιδιωτικά όσο και τα εταιρικά ηλεκτρικά οχήματα οποιουδήποτε τύπου, δηλαδή επιβατηγά, φορτηγά ή δίκυκλα, ενώ τα plug-in υβριδικά οχήματα ήταν επιλέξιμα μόνο μέχρι το τέλος του 2017 (EAFO, 2020; IOBE, 2019).

Όσον αφορά το φόρο ταξινόμησης των οχημάτων στη Γαλλία, ισχύει μια περιβαλλοντική ποινή για οχήματα εκπομπών υψηλότερων από 120g CO<sub>2</sub>/km. Πιο συγκεκριμένα, ο φόρος υπολογίζεται κλιμακωτά όσο αυξάνονται οι εκπομπές και όλα τα οχήματα κάτω των 120g CO<sub>2</sub>/km εξαιρούνται από αυτή την ποινή. Στις περισσότερες περιοχές της Γαλλίας τα ηλεκτρικά οχήματα λαμβάνουν έως και 100% έκπτωση στο φόρο ταξινόμησης. Αναφέρεται ακόμη ότι στη Γαλλία δεν υπάρχουν τέλη κυκλοφορίας, γι' αυτό και δεν έχουν περιληφθεί στα μέτρα φοροελαφρύνσεων των ηλεκτρικών οχημάτων (EAFO, 2020; IOBE, 2019). Στα εταιρικά αυτοκίνητα εφαρμόζεται ένας επιπλέον φόρος που και αυτός υπολογίζεται με βάση τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις (IEA, 2019d). Ο φόρος αυτός διαμορφώνεται κλιμακωτά, και τα νέα ηλεκτρικά εταιρικά οχήματα πληρώνουν το χαμηλότερο φόρο, που ισούται με 20 € ετησίως (EAFO, 2020).

Ένα επιπρόσθετο κίνητρο για τα ηλεκτρικά οχήματα είναι η παροχή σε αυτά μιας πράσινης κάρτας που τους επιτρέπει έως και δύο ώρες δωρεάν στάθμευσης. Ωστόσο αυτό ισχύει μόνο σε συγκεκριμένους δήμους (EAFO, 2020; IOBE, 2019).

Παράλληλα, η Γαλλία είναι η πρώτη χώρα που έδωσε βάση στην εγκατάσταση υποδομών φόρτισης και ανέπτυξε ένα πρόγραμμα παροχής κινήτρων προς αυτή την κατεύθυνση (*Cansino et al., 2018*). Πιο συγκεκριμένα, το 2010 η κυβέρνηση σχημάτισε ομάδα εργασίας για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης και τη δημιουργία ενός τυποποιημένου εθνικού δικτύου φόρτισης για τα ηλεκτρικά οχήματα. Τα μέτρα που λήφθηκαν προέβλεπαν α) την εξουσιοδότηση των τοπικών κυβερνήσεων να εγκαθιστούν υποδομές δημόσιων σταθμών φόρτισης, β) τον ορισμό ποσοστού των θέσεων στάθμευσης σε χώρους εργασίας και εμπορικά κέντρα που θα προορίζονται για ηλεκτρικά οχήματα και σημεία φόρτισης, γ) την υποχρέωση των κατασκευαστών οικιστικών συγκροτημάτων να εγκαταστήσουν φορτιστές σε θέσεις στάθμευσης κατόπιν αιτήματος των κατοίκων και δ) την υποχρέωση των τοπικών κυβερνήσεων να εξοπλίσουν δημόσιους χώρους στάθμευσης με εγκαταστάσεις φόρτισης (*IEA, 2019d*). Παράλληλα, έχουν δοθεί διάφορα οικονομικά κίνητρα για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης. Πιο συγκεκριμένα, παρέχεται 30% έκπτωση του φόρου για την εγκατάσταση υποδομής φόρτισης σε οικίες, ενώ έως το τέλος του 2018 εφαρμόστηκε το πρόγραμμα ADVENIR που κάλυπτε έως και το 40% του κόστους προμήθειας και εγκατάστασης σημείων φόρτισης για εταιρείες και δημόσιους φορείς και έως και το 50% για πολυκατοικίες (*EAFO, 2020*). Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω μέτρων ήταν η σημαντική αύξηση του των σταθμών φόρτισης, οι οποίοι έχουν φτάσει τους 38.099 εκ των οποίων οι 3.017 είναι σταθμοί ταχείας φόρτισης (*EAFO, 2020a*).

Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι στην Γαλλία έχει δοθεί ιδιαίτερη σημασία στη χρηματοδότηση της ανάπτυξης και έρευνας στον τομέα της ηλεκτροκίνησης. Για παράδειγμα μέσω των προγραμμάτων έρευνας, πειραματισμού και καινοτομίας στις χερσαίες μεταφορές «PREDIT» δόθηκε χρηματοδότηση ύψους 107 εκατομμυρίων € για την έρευνα σε θέματα ηλεκτροκίνησης, ενώ το Στρατηγικό Ταμείο Επενδύσεων της Γαλλίας παρέχει δάνεια για καινοτόμα έργα έρευνας και ανάπτυξης σε αυτό τον τομέα (*Cansino et al., 2018*).

### **9.3.6 Γερμανία**

Η Γερμανία διαδραματίζει πρωταγωνιστικό ρόλο τόσο στον ενεργειακό τομέα όσο και στον τομέα της βιομηχανίας αυτοκινήτων. Για το λόγο αυτό δεν θα μπορούσε να μην έχει στραφεί και προς την αξιοποίηση της ηλεκτροκίνησης. Ήδη στη χώρα έχει αναπτυχθεί ένα Εθνικό Σχέδιο Ανάπτυξης της Ηλεκτροκίνησης (*Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität*) από το 2009.



Ωστόσο τα πρώτα μέτρα προώθησης της ξεκίνησαν να εφαρμόζονται το 2016. Συγκεκριμένα από το Μάιο του 2016 παρέχεται στα ηλεκτρικά οχήματα μια περιβαλλοντική έκπτωση που ονομάζεται «Umweltbonus» και αποτελεί στην ουσία μια επιδότηση αγοράς, της οποίας το κόστος επιμερίζεται μεταξύ του ομοσπονδιακού κράτους και της αυτοκινητοβιομηχανίας. Μέσω αυτού του προγράμματος παρέχονταν έκπτωση ύψους 4.000 € για την αγορά ή εκμίσθωση νέου ηλεκτροκίνητου οχήματος ή 3.000 € αντίστοιχα για τα plug-in υβριδικά αυτοκίνητα, με την προϋπόθεση ότι η τιμή του οχήματος δεν ξεπερνά τα 60.000 €. Ωστόσο από το 2020 η επιδότηση αυξήθηκε και πλέον επιδοτούνται με 9.000 € τα ηλεκτρικά οχήματα και αντίστοιχα με 6.750 € τα plug-in υβριδικά οχήματα, όταν το κόστος αγοράς δεν ξεπερνά τα 40.000 €. Για κόστος αγοράς μεταξύ 40.000 € και 65.000 € η έκπτωση μειώνεται στα 8.000 € για τα ηλεκτρικά οχήματα και αντίστοιχα 5.625 € για τα plug-in υβριδικά (EAFO, 2020b; Leutner G. & Becker-Boley A., 2019; EAFO, 2020)

Επιπλέον το 2017 η γερμανική κυβέρνηση ξεκίνησε το πρόγραμμα άμεσης δράσης για καθαρή ατμόσφαιρα 2017-2020 (Sofortprogramm Saubere Luft 2017-2020), το οποίο βασίζεται σε κρατική επιχορήγηση ύψους 1 δισεκατομμυρίου € και περιλαμβάνει διάφορα προγράμματα κινήτρων για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης. Πιο συγκεκριμένα, μέσω αυτού του προγράμματος παρέχεται στους φορείς εκμετάλλευσης των δημόσιων συγκοινωνιών χρηματοδότηση έως και του 75-90% της επενδυτικής δαπάνης για την προμήθεια ηλεκτρικών οχημάτων (Leutner G. & Becker-Boley A., 2019).

Εκτός από την επιδότηση αγοράς, οι χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων επωφελούνται και από την μειωμένη φορολόγησή τους. Τα ηλεκτρικά οχήματα και τα plug-in υβριδικά οχήματα αρχικά απαλλάσσονταν από τα ετήσια τέλη κυκλοφορίας για περίοδο πέντε ετών από την ημερομηνία της πρώτης εγγραφής τους, ενώ το 2016 αυτή η περίοδος επεκτάθηκε σε δέκα έτη. Επίσης τα ηλεκτρικά οχήματα από το 2016 έως το 2025 απαλλάσσονται από το φόρο ταξινόμησης, ενώ το επόμενο χρονικό διάστημα προβλέπεται ότι θα επιβάλλεται μειωμένος φόρος ταξινόμησης σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα. Παράλληλα, οι εταιρείες επωφελούνται από κάποια επιπρόσθετα φορολογικά κίνητρα. Στη Γερμανία η ιδιωτική χρήση ενός εταιρικού αυτοκινήτου αντιμετωπίζεται ως φορολογητέο εισόδημα και αποτιμάται με σταθερό μηνιαίο συντελεστή ίσου με το 1% της ακαθάριστης τιμής καταλόγου του οχήματος. Ωστόσο τα ηλεκτρικά και plug-in υβριδικά εταιρικά οχήματα επωφελούνται από μια ευνοϊκότερη φορολόγηση που διαμορφώνεται ανάλογα με την ηλεκτρική τους αυτονομία. Επιπρόσθετα, σε περιπτώσεις που ιδιώτες ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων φορτίζουν τα αυτοκίνητά τους στις εγκαταστάσεις του εργοδότη τους, παρέχονται φορολογικά προνόμια τόσο στους εργαζόμενους όσο και στους εργοδότες (EAFO, 2020b; EAFO, 2020; IOBE, 2019).

Όσον αφορά την ανάπτυξη των απαραίτητων υποδομών, το Υπουργείο Μεταφορών της Γερμανίας έχει σχεδιάσει ένα πρόγραμμα κινήτρων για την εγκατάσταση δημόσιων σταθμών φόρτισης (*Leutner G. & Becker-Boley A., 2019*). Η κυβέρνηση έχει ξεκινήσει ένα πρόγραμμα επιδότησης ύψους 300 εκατομμυρίων € σε υποδομές φόρτισης για το χρονικό διάστημα 2017-2020. Πιο συγκεκριμένα, παρέχεται επιχορήγηση αγοράς ύψους 3.000 € για κάθε σταθμό φόρτισης έως 22 kW, 12.000 € για σταθμούς φόρτισης 100 kW και 30.000 € για σταθμούς φόρτισης άνω των 100 kW. Οι συνδέσεις στο δίκτυο επιδοτούνται με έως και 5.000 € για την χαμηλή τάση και έως και 50.000 € για την μέση τάση (*EAFO, 2020*). Σε συνέχεια των ως άνω μέτρων έχει παρατηρηθεί μεγάλη αύξηση των σταθμών φόρτισης στην Γερμανία, οι οποίοι έχουν φτάσει τους 41.461 (*EAFO, 2020a*).

Επιπρόσθετα, στη Γερμανία παρέχονται στα ηλεκτρικά οχήματα και κάποια κίνητρα σε τοπικό επίπεδο, όπως η δωρεάν στάθμευση, η παροχή δεσμευμένων θέσεων στάθμευσης και η δυνατότητα χρήσης των λεωφορειολωρίδων (*EAFO, 2020*).

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί την τελευταία δεκαετία παρέχεται χρηματοδότηση από το Εθνικό Ταμείο Άμεσης Δράσης σε έργα έρευνας και ανάπτυξης της ηλεκτροκίνησης (*Leutner G. & Becker-Boley A., 2019*).

### **9.3.7 Ηνωμένο Βασίλειο**

Η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου επενδύει στην προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων και την ανάπτυξη κατάλληλων υποδομών. Στόχος της είναι η σταδιακή κατάργηση των βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων οχημάτων. Για το λόγο αυτό, τον Ιούλιο του 2017 ανακοίνωσε ένα νομοσχέδιο που περιλάμβανε την απαγόρευση της πώλησης νέων βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων και φορτηγών έως το 2040. Ειδικότερα η Σκωτία έχει θέσει έναν ακόμα πιο φιλόδοξο στόχο για την ολική κατάργησή τους το 2032, πολύ πριν δηλαδή από το στόχο του Ηνωμένου Βασιλείου για το 2040. Η προτεινόμενη νέα νομοθεσία της Σκωτίας περιλαμβάνει μέτρα για την επίτευξη αυτού του στόχου, όπως την ταχεία ανάπτυξη ενός δικτύου σημείων φόρτισης σε όλη τη Σκωτία, τη μετατροπή του αυτοκινητόδρομου A9 στον πρώτο «ηλεκτρικό αυτοκινητόδρομο» της Σκωτίας και την προμήθεια οχημάτων χαμηλών εκπομπών για την αντικατάσταση του στόλου αυτοκινήτων, φορτηγών και λεωφορείων του δημόσιου τομέα (*King, 2019*).

Στο Ηνωμένο Βασίλειο τα τρέχοντα οικονομικά κίνητρα που παρέχονται για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης είναι η επιδότηση της αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων, η επιδότηση της εγκατάστασης σταθμών φόρτισης και οι φοροαπαλλαγές (*King, 2019*).

Πιο συγκεκριμένα, στη χώρα εφαρμόζεται το πρόγραμμα «Plug In Car Grant» από το 2011 με στόχο τη στήριξη της αγοράς οχημάτων χαμηλών εκπομπών, αντισταθμίζοντας το υψηλότερο αρχικό κόστος αγοράς τους. Αρχικά για το πρόγραμμα αυτό επιλέξιμα ήταν τόσο τα ηλεκτρικά οχήματα, όσο και τα plug-in υβριδικά, ωστόσο από τον Οκτώβριο του 2018 ισχύει μόνο για τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα (*EAFO, 2020*). Στην παρούσα φάση, η κυβέρνηση παρέχει επιχορήγηση έως και 4.500 GBP για την αγορά κάθε οχήματος με εκπομπές CO<sub>2</sub> χαμηλότερες από 50 g/km, ενώ οι οδηγοί ταξί μπορούν να λάβουν επιχορήγηση έως και 7.500 GBP για την αγορά plug-in οχημάτων (*King, 2019*).

Παράλληλα παρέχονται φορολογικά οφέλη στα ηλεκτρικά οχήματα. Από τον Απρίλιο του 2017, οχήματα μηδενικών εκπομπών αξίας μικρότερης των 40.000 GBP εξαιρούνται από τα ετήσια τέλη κυκλοφορίας και από το φόρο ταξινόμησης (*EAFO, 2020*). Επίσης, από τον Απρίλιο του 2018 το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχουν οι εργοδότες στους υπαλλήλους για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων δεν φορολογείται σαν παροχή. Επιπλέον το όριο βάρους πάνω από το οποίο απαιτείται άδεια βαρέος φορτηγού οχήματος είναι υψηλότερο όταν πρόκειται για ηλεκτροκίνητο φορτηγό (*King, 2019*). Επιπρόσθετα, δεν φορολογούνται οι εταιρικές δαπάνες που σχετίζονται με εξοπλισμό σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (*EAFO, 2020*).

Η κυβέρνηση προωθεί την εγκατάσταση οικιακών φορτιστών ηλεκτρικών αυτοκινήτων ιδιαίτερα σε νεόκτιστα σπιτία και την επέκταση των δημόσιων υποδομών φόρτισης (*EDF, 2019*). Πιο συγκεκριμένα, παρέχεται επιχορήγηση 500 GBP για την εγκατάσταση κάθε οικιακού σημείου φόρτισης στο σπίτι, ενώ οι τοπικές αρχές μπορούν να υποβάλουν αίτηση για χρηματοδότηση έως και του 75% του κόστους εγκατάστασης δημόσιων σημείων φόρτισης (*King, 2019*). Επίσης για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων στο χώρο εργασίας, το Ηνωμένο Βασίλειο παρέχει την επιχορήγηση «Chargerooint», που πρόκειται για ένα σύστημα βασισμένο σε κουπόνια που έχει σχεδιαστεί για να παρέχει στήριξη για τις αρχικές δαπάνες αγοράς και εγκατάστασης σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (*IOBE, 2019*).

Τέλος, στο Ηνωμένο Βασίλειο παρέχονται και κάποια επιπρόσθετα κίνητρα σε τοπικό επίπεδο. Τα ηλεκτρικά οχήματα εξαιρούνται από το τέλος της ζώνης συμφόρησης στο Λονδίνο, ενώ κατά τόπους παρέχονται δωρεάν θέσεις στάθμευσης (*King, 2019; EAFO, 2020*).

### 9.3.8 Ιρλανδία

Στην Ιρλανδία τον Δεκέμβριο του 2016, σχηματίστηκε από το Τμήμα Επικοινωνίας και Δράσης για το Κλίμα και το Περιβάλλον σε συνεργασία με το Υπουργείο Μεταφορών, Τουρισμού και Αθλητισμού, μια ειδική ομάδα με στόχο να εξετάσει το φάσμα των μέτρων και των επιλογών που διαθέτει η κυβέρνηση για την επιτάχυνση της ανάπτυξης οχημάτων χαμηλών εκπομπών CO<sub>2</sub> στον τομέα των μεταφορών. Στη συνέχεια το Μάιο του 2017, η ιρλανδική κυβέρνηση ενέκρινε το Εθνικό Πλαίσιο Πολιτικής για την Υποδομή Εναλλακτικών Καυσίμων στις Μεταφορές το χρονικό διάστημα 2017-2030. Αυτό το πλαίσιο πολιτικής θέτει το φιλόδοξο στόχο ότι έως το 2030 όλα τα νέα αυτοκίνητα και φορτηγά που πωλούνται στην Ιρλανδία θα έχουν μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub> (*DCCAE, 2019; Money Guide Ireland, 2019*). Επίσης, το Πρόγραμμα Δράσης για το Κλίμα, που ανακοινώθηκε τον Ιούνιο του 2019, προτείνει περισσότερα κίνητρα σε όσους επιθυμούν να μεταβούν στη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων, συμπεριλαμβανομένου ενός πιθανού προγράμματος προώθησης της απόσυρσης των παλιών οχημάτων, ενώ στοχεύει στη δημιουργία ενός δικτύου σταθμών φόρτισης ικανού να εξυπηρετήσει 800.000 ηλεκτρικά οχήματα έως το 2030 (*Money Guide Ireland, 2019*).

Επί του παρόντος, στην Ιρλανδία υπάρχει διαθέσιμη επιχορήγηση ύψους έως και 5000 € για την αγορά ηλεκτρικού οχήματος, με εξαίρεση τα επαγγελματικά οχήματα, για τα οποία η μέγιστη επιδότηση είναι τα 3800 €. Η μέγιστη επιδότηση των 5000 € καταβάλλεται σε εγκεκριμένα οχήματα κόστους άνω των 20.000 €, ενώ μικρότερες επιχορηγήσεις καταβάλλονται σε οχήματα χαμηλότερου κόστους. Επιλέξιμα για την επιδότηση είναι μόνο καινούρια οχήματα, που προέρχονται από εγκεκριμένους κατασκευαστές και το κόστος τους ξεπερνά τα 14.000 €. Υπάρχει επίσης μια επιχορήγηση ύψους 600 € προς τους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών αυτοκινήτων για την κάλυψη της αγοράς και εγκατάστασης συστημάτων οικιακού φορτιστή (*Money Guide Ireland, 2019*).

Τα ηλεκτρικά οχήματα στην Ιρλανδία ευνοούνται και από την φορολογία. Λαμβάνουν μειωμένο φόρο ταξινόμησης και μειωμένα τέλη κυκλοφορίας. Επιπρόσθετα φορολογικά κίνητρα παρέχονται στις εταιρείες με τη μορφή της φορολογικής απαλλαγής του ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού. Από το 2008, το σύστημα αυτό επιτρέπει στις εταιρείες να διαγράψουν το 100% της αγοραστικής αξίας του ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού έναντι των κερδών τους κατά το έτος αγοράς. Το πρόγραμμα υποστηρίζει την αγορά ηλεκτρικών και plug-in υβριδικών οχημάτων και του σχετικού εξοπλισμού φόρτισης (*EAFO, 2020*).

Άλλα κίνητρα που παρέχονται στα ηλεκτρικά οχήματα σε τοπικό επίπεδο είναι, η παροχή δωρεάν θέσεων στάθμευσης στο δρόμο κατά τη φόρτιση σε ορισμένους τοπικούς εξουσιοδοτημένους σταθμούς, η δωρεάν φόρτιση σε δημόσια σημεία φόρτισης και η δωρεάν εγκατάσταση οικιακών φορτιστών σε 2000 ενδιαφερόμενους. Αναφέρεται επίσης ότι έχουν θεσπιστεί κανονισμοί για τη διακριτή σήμανση στο δρόμο των σημείων φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων (EAFO, 2020).

### **9.3.9 Ιταλία**

Στην Ιταλία παρέχονται σημαντικά οικονομικά κίνητρα τόσο για την αγορά και χρήση ηλεκτρικών οχημάτων όσο και για την εγκατάσταση υποδομών φόρτισης, ενώ προβλέπεται κρατική χρηματοδότηση έως και του 50% των έργων που προωθούν την ηλεκτροκίνηση (Cansino et al., 2018).

Το 2016 το ιταλικό Υπουργείο Μεταφορών και Υποδομών έδωσε τη δυνατότητα μετατροπής των συμβατικών οχημάτων σε ηλεκτρικά. Στη συνέχεια, στις αρχές του 2017, τέθηκε σε ισχύ το υπ' αρ. 257 προεδρικό διάταγμα, γνωστό και ως DAFI, το οποίο εναρμόνισε την ιταλική νομοθεσία με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2014/94/ΕΕ, σχετικά με την ανάπτυξη υποδομής εναλλακτικών καυσίμων. Αυτό όριζε την υποχρέωση των δημόσιων αρχών να εξασφαλίσουν ότι τουλάχιστον το 25% του στόλου που θα αποσυρθεί λόγω φθοράς, θα αντικατασταθεί με ηλεκτρικά, υβριδικά ή άλλου είδους οχήματα χαμηλών εκπομπών (Cavasola P. & Ciminelli M., 2019; EAFO, 2020).

Επίσης, το DAFI προέβλεπε ότι έως το τέλος του 2020 θα υπάρχει στην Ιταλία επαρκής αριθμός σημείων φόρτισης. Ο αριθμός αυτός οριζόταν λαμβάνοντας υπόψη, μεταξύ άλλων, τον εκτιμώμενο αριθμό των ηλεκτρικών οχημάτων που θα λάβει άδεια κυκλοφορίας έως το τέλος του 2020. Επιπλέον, σύμφωνα με το DAFI, έως τις 31 Δεκεμβρίου 2017, οι δήμοι όφειλαν να ενημερώσουν τους οικοδομικούς τους κανονισμούς, με στόχο να ικανοποιούν την απαίτηση ανάπτυξης υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ από την 1η Ιουνίου 2017, τα νεόκτιστα και τα ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια οφείλουν να παρέχουν σταθμούς φόρτισης. (Cavasola P. & Ciminelli M., 2019; EAFO, 2020). Ένα ακόμη μέτρο για την ενίσχυση των υποδομών φόρτισης είναι ότι επιδοτείται η εγκατάσταση σταθμών φόρτισης σε κτίρια μεγαλύτερα των 500m<sup>2</sup> που δεν προορίζονται για οικίες (EAFO, 2020). Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω μέτρων είναι η σημαντική ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης. Συγκεκριμένα, έχουν εγκατασταθεί περίπου 11.000 σταθμοί φόρτισης, εκ των οποίων περίπου το 80% είναι ιδιωτικοί

και η πλειοψηφία τους συγκεντρώνεται στα μεγάλα αστικά κέντρα (*Cavasola P. & Ciminelli M., 2019; EAFO, 2020b*).

Παράλληλα, η ιταλική επιδοτεί την αγορά οχημάτων εκπομπών χαμηλότερων των 60 g/km CO<sub>2</sub>, στα οποία περιλαμβάνονται και τα BEV και PHEV οχήματα. Το ύψος της επιδότησης εξαρτάται από τις εκπομπές του εκάστοτε οχήματος και από το αν η αγορά συνοδεύεται από απόσυρση κάποιου ρυπογόνου οχήματος. Εκτός από αυτό παρέχονται διάφορα κίνητρα για τη χρήση και την κυκλοφορία των ηλεκτρικών οχημάτων. Σε αυτά περιλαμβάνεται η απαλλαγή από τα ετήσια τέλη κυκλοφορίας για τα πρώτα πέντε έτη από την ημερομηνία της πρώτης τους ταξινόμησης. Ακόμα και μετά το πέρας της πενταετίας προβλέπεται 75% έκπτωση στα τέλη κυκλοφορίας (*Cavasola P. & Ciminelli M., 2019; EAFO, 2020*). Επίσης, από το Μάρτιο του 2019 ξεκίνησε να εφαρμόζεται ένα σύστημα bonus-malus, βάσει του οποίου δίνεται επιδότηση έως 6.000 € σε φιλικά προς το περιβάλλον οχήματα και επιβάλλεται ποινή έως 2.500 € για αυτοκίνητα με εκπομπές ρύπων πάνω από 250g CO<sub>2</sub>/km. Το πρόγραμμα αυτό αναμένεται να εφαρμόζεται έως το τέλος του 2021. Από το 2020 παρέχονται και ορισμένα επιπρόσθετα φορολογικά κίνητρα στις εταιρείες (*IOBE, 2019*).

Μια επιπρόσθετη ώθηση για την ηλεκτροκίνηση είναι το γεγονός ότι αρκετές ασφαλιστικές εταιρείες εφαρμόζουν μειωμένα επιτόκια στα τιμολόγια ασφάλισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Τέλος, σε ορισμένους μεγάλους δήμους, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα επωφελούνται από τη δωρεάν στάθμευση και την ελεύθερη κυκλοφορία σε ζώνες περιορισμένης κυκλοφορίας (*Cavasola P. & Ciminelli M., 2019*).

### **9.3.10 Ολλανδία**

Στην Ολλανδία το εθνικό σχέδιο δράσης για την ηλεκτροκίνηση ξεκίνησε στα μέσα του 2009, έχοντας ως στόχο να αποτελέσει παράδειγμα για τις υπόλοιπες χώρες της (*IEA, 2019e*). Στην πραγματικότητα αποτελεί ένα από τα πιο επιτυχημένα παραδείγματα στην Ευρώπη ιδιαίτερα όσον αφορά την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης. Είναι γεγονός ότι η Ολλανδία παρουσιάζει τον υψηλότερο αριθμό σταθμών φόρτισης ανά κάτοικο, ενώ το σύνολο των εγκατεστημένων σταθμών σε όλη τη χώρα φτάνει περίπου τους 57.500 (*EAFO, 2020a; IOBE, 2019*).

Για την επίτευξη αυτού του στόχου η κυβέρνηση επικεντρώθηκε στην εγκατάσταση δημόσιων υποδομών φόρτισης. Αξίζει μάλιστα να αναφερθεί ότι σε περίπτωση που δεν υπάρχει σημείο

φόρτισης κοντά στο σπίτι κάποιου ενδιαφερόμενου, τότε αυτός μπορεί να αιτηθεί την εγκατάσταση ενός νέου δωρεάν σταθμού φόρτισης από το κράτος (*Jüdel, 2020*).

Τα μέτρα που εφαρμόστηκαν για την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων επικεντρώθηκαν στην παροχή φορολογικών κινήτρων. Πιο συγκεκριμένα, στην Ολλανδία υπάρχουν ειδικοί φορολογικοί κανόνες για τα ηλεκτρικά και τα υβριδικά οχήματα. Τα ηλεκτρικά οχήματα απαλλάσσονται από τα ετήσια τέλη κυκλοφορίας, ενώ τα plug-in υβριδικά αυτοκίνητα καταβάλλουν το 50% των τελών κυκλοφορίας ενός αντίστοιχου συμβατικού οχήματος. Επίσης, τα αυτοκίνητα μηδενικών εκπομπών απαλλάσσονται από την καταβολή φόρου ταξινόμησης. Για τα υπόλοιπα αυτοκίνητα το σύστημα είναι προοδευτικό, με 5 επίπεδα εκπομπών CO<sub>2</sub> που αντιστοιχούν σε διαφορετικό φόρο ταξινόμησης. Τα plug-in υβριδικά αυτοκίνητα φτάνουν στο επίπεδο 1, με εκπομπές 1-79 gr CO<sub>2</sub>/km και πληρώνουν 6 €/gr, ενώ το τελικό επίπεδο είναι τα 476 €/gr για οχήματα που εκπέμπουν 174 gr CO<sub>2</sub>/km ή περισσότερο (*IEA, 2019e; EAF0, 2020*). Επιπλέον κίνητρα έχουν δοθεί στις εταιρείες που χρησιμοποιούν αυτοκίνητα χαμηλών εκπομπών. Για αυτοκίνητα μηδενικών εκπομπών, ο επιπρόσθετος φόρος εισοδήματος για ιδιωτική χρήση εταιρικών αυτοκινήτων είναι 4% για τα ηλεκτρικά και 15% για τα υβριδικά, έναντι του 25% που επιβάλλεται στα συμβατικά οχήματα. Επίσης, τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα και οι σταθμοί φόρτισης περιλαμβάνονται στις επενδύσεις που απαλλάσσονται από εταιρικούς φόρους και φόρους εισοδήματος (*EAF0, 2020*).

Ένα επιπλέον μέτρο που εφαρμόστηκε πρόσφατα είναι η επιδότηση αγοράς είναι ότι από το 2020 επιδοτείται η αγορά ή μίσθωση νέων ή μεταχειρισμένων ηλεκτρικών οχημάτων. Το ποσό της επιδότησης ανέρχεται σε 4.000 € όταν πρόκειται για νέα οχήματα και αντίστοιχα 2.000 € για τα μεταχειρισμένα. Προϋπόθεση για την παροχή αυτής της επιδότησης είναι να έχουν ηλεκτρική αυτόρεια 120 km και το κόστος του να κυμαίνεται μεταξύ 12.000 και 45.000 € (*EAF0, 2020*).

Τέλος, στα πλαίσια της προσπάθειας βελτίωσης της ποιότητας του αέρα στις πόλεις καθιερώθηκαν «περιβαλλοντικές ζώνες» στα αστικά κέντρα με συγκεκριμένους κανόνες εισόδου, που ευνοούν τα φιλικά προς το περιβάλλον οχήματα (*IEA, 2019e*).

### **9.3.11 Νορβηγία**

Η Νορβηγία είναι από τις χώρες που υιοθέτησαν από πολύ παλιά μέτρα προώθησης των ηλεκτρικών οχημάτων, εφαρμόζοντας ήδη από το 1990 προγράμματα κινήτρων. Το αποτέλεσμα των μέτρων που εφαρμόστηκαν είναι ιδιαίτερα ευνοϊκά. Ο αρχικός στόχος, που

ήταν η ύπαρξη 100.000 ηλεκτρικών οχημάτων στη Νορβηγία μέχρι το 2020, επιτεύχθηκε πολύ νωρίτερα, και συγκεκριμένα το 2016, ενώ το 2018, τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελούσαν το 10% του συνόλου των επιβατικών οχημάτων (*IOBE, 2019*).

Στη Νορβηγία, έχουν δοθεί στα ηλεκτρικά οχήματα μια σειρά από φορολογικά κίνητρα. Αρχικά, από το 1990 τα ηλεκτρικά οχήματα απαλλάσσονται από το φόρο ταξινόμησης και το φόρο εισαγωγής στη Νορβηγία. Τα προνόμια αυτά παραχωρούνται μόνο στα BEV και όχι στα PHEV, γεγονός που τα καθιστά πιο δημοφιλή. Ωστόσο τον Ιανουάριο του 2017, τα κίνητρα για τα PHEV αυξήθηκαν, καθώς έγιναν αλλαγές στον υπολογισμό του φορολογικού συντελεστή, οδηγώντας σε μειώσεις φόρου ταξινόμησης ύψους 16.000-80.000 NOK (1700-8.400 €) σε σύγκριση με τα αντίστοιχα συμβατικά οχήματα (*EAF0, 2019*). Επισημαίνεται ότι τα προηγούμενα χρόνια η απαλλαγή από το φόρο ταξινόμησης αποτελούσε σημαντικό κίνητρο, ωστόσο τώρα ο αντίκτυπος της είναι σχετικά μικρός (*Figenbaum, 2018*). Παράλληλα, τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα υπόκεινται σε μειωμένα τέλη κυκλοφορίας, με αποτέλεσμα να πληρώνουν το ελάχιστο ποσό των 455 NOK (48 €). Εκτός από αυτό, τα ηλεκτρικά οχήματα εξαιρούνται από τον ΦΠΑ κατά την αγορά τους από το 2001, ενώ το 2015 η απαλλαγή αυτή επεκτάθηκε ώστε να περιλαμβάνει και τη μίσθωση ηλεκτρικών οχημάτων. Περαιτέρω φορολογικά κίνητρα παρέχονται και στις εταιρείες (*EAF0, 2020*).

Άλλα σημαντικά κίνητρα είναι η δωρεάν στάθμευση, η πρόσβαση στις λεωφορειολωρίδες, η απαλλαγή διοδίων και τα μειωμένα τέλη πορθμείων. Αρχικά ο κανονισμός για τους χώρους στάθμευσης εξαιρούσε όλα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα από τις χρεώσεις στάθμευσης στους δημόσιους χώρους. Κατόπιν τροποποίησής του το 2017, εκτός από τους δωρεάν δημόσιους χώρους στάθμευσης προβλέπει και την ύπαρξη επαρκών σταθμών φόρτισης για τα ηλεκτρικά οχήματα. Όσον αφορά το προνόμιο της πρόσβασης των ηλεκτρικών οχημάτων στις λεωφορειολωρίδες, στόχος είναι να συνεχιστεί αυτό το προνόμιο, αλλά υπό περιορισμούς. Οι τοπικές αρχές θα έχουν το δικαίωμα να αφαιρέσουν αυτό το προνόμιο εάν προκαλούνται καθυστερήσεις στα λεωφορεία, ενώ τα οχήματα θα διατηρούν αυτό το δικαίωμα μόνο εφόσον μεταφέρουν τουλάχιστον δύο άτομα (*Figenbaum, 2018*). Το μέτρο της απαλλαγής των ηλεκτρικών οχημάτων από την πληρωμή διοδίων προστέθηκε το 2016, ενώ από το 2019, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα πληρώνουν διόδια, αλλά με χαμηλότερο κόστος. Επίσης από το 2009, στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα παρέχεται δωρεάν πρόσβαση στα περισσότερα πλοία που συνδέουν τμήματα του εθνικού οδικού δικτύου (*EAF0, 2020*).

Ένα άλλο πρωτότυπο μέτρο που εφαρμόζεται στην Νορβηγία είναι ότι εισήχθη μια ειδική πινακίδα E-Number για τα ηλεκτρικά οχήματα με σκοπό να διευκολύνει την εφαρμογή τοπικών κινήτρων. Η ανάγκη για αυτή την κατηγοριοποίηση προέκυψε το 2016, καθώς ορίστηκαν οι



δήμοι αρμόδιοι για των καθορισμό των τελών στάθμευσης, γεγονός που οδήγησε σε διαφορετικά τοπικά κανονιστικά πλαίσια. Για παράδειγμα, στο Trondheim τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα πληρώνουν την ίδια χρέωση στάθμευσης με τα συμβατικά, στο Bergen τα ηλεκτρικά οχήματα πληρώνουν τη μισή τιμή σε σχέση με τα συμβατικά, ενώ στο Όσλο υπόκεινται σε έντονα διαφοροποιημένα τέλη στάθμευσης και 1.300 από τις 6.500 θέσεις στάθμευσης σε δημοτικούς χώρους στάθμευσης είναι εξοπλισμένες με φορτιστές και αφιερωμένες στη φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Αυτά τα σημεία στάθμευσης και η φόρτιση παρέχονταν μάλιστα δωρεάν έως το 2019 (EAFO, 2020).

Τέλος, κίνητρα έχουν δοθεί και για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης. Παρέχεται δημόσια χρηματοδότηση για την εγκατάσταση σταθμών γρήγορης φόρτισης σε κεντρικούς δρόμους ανά 50 km και έχει επιβληθεί η απαίτηση ύπαρξης σταθμών φόρτισης σε νέα κτίρια και χώρους στάθμευσης. Επίσης είναι υποχρεωτικό να διατίθεται τουλάχιστον το 6% των χώρων στάθμευσης και των θέσεων στάθμευσης των νέων κτιρίων σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα (EAFO, 2020). Για την βελτίωση των υποδομών φόρτισης από το 2018 διπλασιάστηκε ο προϋπολογισμός του κράτους που παρέχεται για την χρηματοδότηση σταθμών φόρτισης.

### **9.3.12 Πολωνία**

Η πολωνική κυβέρνηση εξέδωσε στις αρχές του 2018 ένα νόμο για την ηλεκτροκίνηση και τα εναλλακτικά καύσιμα, ο οποίος εναρμονίζεται με την 2014/94 οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο νόμος αυτός παρέχει μια σειρά μέτρων για τη προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων και θεσπίζει ένα πλαίσιο για την κατασκευή των απαιτούμενων υποδομών, αποτελώντας το πρώτο βήμα για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης στην Πολωνία (Andruszkiewicz, Michał, and Ciolkowski, 2019).

Βάσει αυτού τα ηλεκτρικά οχήματα απαλλάσσονται από ειδικούς φόρους κατανάλωσης, ενώ τα υβριδικά οχήματα απαλλάσσονται από αυτούς προσωρινά έως τις αρχές του 2021. Επίσης, τόσο τα ηλεκτρικά όσο και τα υβριδικά οχήματα μέχρι τις αρχές του 2021 απαλλάσσονται και από τον φόρο ταξινόμησης (EAFO, 2019). Προσωρινή απαλλαγή από τα τέλη κυκλοφορίας δόθηκε σε λεωφορεία μηδενικών εκπομπών, η οποία θα είναι σε ισχύ έως το τέλος του 2028 (Andruszkiewicz, Michał, and Ciolkowski, 2019; EAFO, 2020).

Παράλληλα, παρέχονται στα ηλεκτρικά οχήματα ειδικοί χώροι στάθμευσης κατά τη φόρτιση σε αριθμημένες ζώνες στάθμευσης και ορίζονται ειδικοί χώροι αφιερωμένοι στα οχήματα χαμηλών εκπομπών. Παρέχεται επίσης στα ηλεκτρικά οχήματα η δυνατότητα να κινούνται στις

λεωφορειολωρίδες έως την 1η Ιανουαρίου 2026 (*Andruszkiewicz, Michał, and Ciolkowski, 2019*).

Τέλος, ο νόμος θέτει συγκεκριμένους στόχους για την επέκταση των υποδομών φόρτισης τα επόμενα χρόνια. Υποδεικνύει έναν ελάχιστο αριθμό σημείων φόρτισης που πρέπει να εγκατασταθούν σε κάθε περιοχή έως το τέλος του 2020 και τα μέτρα που θα λάβουν οι τοπικές αρχές εάν δεν τηρηθεί αυτός ο αριθμός. Για την επίτευξη αυτού του στόχου υποδεικνύονται κάποιες ρυθμίσεις που επιταχύνουν την αδειοδότηση των σταθμών φόρτισης. Πιο συγκεκριμένα, βάσει του νόμου δεν απαιτείται οικοδομική άδεια για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης, ενώ οι πάροχοι απαλλάσσονται από την υποχρέωση απόκτησης άδειας για το εμπόριο ηλεκτρικής ενέργειας στην περίπτωση που παρέχουν υπηρεσίες φόρτισης (*Andruszkiewicz, Michał, and Ciolkowski, 2019*).

### **9.3.13 Πορτογαλία**

Η κυβέρνηση της Πορτογαλίας πρόσφατα έχει εμπλουτίσει το νομοθετικό της πλαίσιο με μέτρα που αφορούν την προώθηση της ηλεκτροκίνησης (*Carneiro Pachero and Cuhna Ferreira, 2019*). Σε αυτά περιλαμβάνονται κυρίως επιδοτήσεις αγοράς και φορολογικά κίνητρα για τα ηλεκτρικά οχήματα.

Πιο συγκεκριμένα, το 2018 τέθηκε σε ισχύ ένα πρόγραμμα επιδότησης της αγοράς ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων. Για αυτό το πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε ένα σημαντικό κονδύλιο της κυβέρνησης ύψους 2.659.000 € (*Carneiro Pachero and Cuhna Ferreira, 2019*). Το ποσό της επιδότησης ανέρχεται σε 2.250 € για κάθε BEV και 1.125 € για κάθε PHEV (*EAFO, 2019*). Παράλληλα, για τον εξηλεκτρισμό των δημόσιων στόλων οχημάτων, η πορτογαλική κυβέρνηση καθιέρωσε με το υπ' αριθμ. 140/2010 διάταγμα την υποχρέωση των δημόσιων και κρατικών φορέων να αγοράζουν ηλεκτρικά οχήματα (*Carneiro Pachero and Cuhna Ferreira, 2019*).

Τα φορολογικά κίνητρα που παρέχει η πορτογαλική κυβέρνηση στα ηλεκτρικά οχήματα περιλαμβάνουν την απαλλαγή από το φόρο αγοράς και τη μείωση του τέλους ταξινόμησης και των τελών κυκλοφορίας ή την απαλλαγή από αυτά ανάλογα με τα επίπεδα των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Επίσης, οι εταιρείες που διαθέτουν ηλεκτρικά οχήματα επωφελούνται από τη μείωση του φόρου προστιθέμενης αξίας (*Carneiro Pachero and Cuhna Ferreira, 2019*).

Τέλος κάποια επιπλέον κίνητρα που δίδονται στους χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων σε τοπικό επίπεδο είναι η παροχή δωρεάν θέσεων στάθμευσης στη Λισαβόνα και η έκπτωση στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας για τον πρώτο χρόνο από την αγορά του οχήματος (EAFO, 2020).

### 9.3.14 Ισπανία

Η ισπανική κυβέρνηση τα τελευταία χρόνια έχει εφαρμόσει διάφορα προγράμματα προώθησης της ηλεκτροκίνησης. Από το 2012 εφαρμόζεται το πρόγραμμα «PIVE», το οποίο είχε ως στόχο την απόσυρση ιδιωτικών και εταιρικών οχημάτων και την αντικατάστασή τους με ηλεκτρικά. Στα πλαίσια αυτού του προγράμματος έχουν δαπανηθεί 1120 εκατομμύρια € και έχει επιτευχθεί η απόσυρση από την κυκλοφορία 1.185.000 οχημάτων και η αντικατάστασή τους με φιλικότερα προς το περιβάλλον οχήματα (Cansino et al., 2018).

Ένα νέο πρόγραμμα επιδότησης της ηλεκτροκίνησης, που ονομάζεται «MOVES», τέθηκε σε ισχύ το Φεβρουαρίου του 2019 και έχει προϋπολογισμό ύψους 45 εκατομμυρίων €. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα στοχεύει στην προώθηση τόσο των ηλεκτρικών οχημάτων όσο και των σταθμών φόρτισης. Περιλαμβάνει την παροχή επιδοτήσεων για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων και plug-in υβριδικών οχημάτων, σε περιπτώσεις απόσυρσης συμβατικών οχημάτων ηλικίας τουλάχιστον δέκα ετών. Πιο συγκεκριμένα, χορηγούνται 5.500 € για την αγορά ηλεκτρικών αυτοκινήτων, αρκεί η τιμή τους να μην υπερβαίνει τα 48.400 €. Τα plug-in υβριδικά οχήματα είναι επίσης επιλέξιμα για επιχορηγήσεις ανάλογα με το εύρος της ηλεκτρικής τους αυτονομίας και χορηγούνται σε αυτά 2.300 € για αυτονομία 31.9 χλμ., 3.600 € για αυτονομία 32-71.9 χλμ. ή 6.500 € για αυτονομία μεγαλύτερη των 72 χλμ. Ωστόσο, και στην περίπτωση των PHEV για να είναι επιλέξιμα πρέπει η τιμή τους να μην υπερβαίνει τα 48.400 € και μόνο λίγα μοντέλα πληρούν αυτό το κριτήριο (Randall, 2019). Επιδοτήσεις αγοράς παρέχονται και σε ηλεκτρικές μοτοσυκλέτες, φορτηγά και λεωφορεία, οι οποίες ανέρχονται σε 700 €, 8.000 € και 20.000 € αντίστοιχα (EAFO, 2020).

Εκτός από επιδοτήσεις αγοράς, η ισπανική κυβέρνηση προσφέρει και φορολογικά κίνητρα στα ηλεκτρικά οχήματα. Πιο συγκεκριμένα τα ηλεκτρικά οχήματα δεν πληρώνουν φόρο ταξινόμησης, ενώ παράλληλα πληρώνουν μειωμένα τέλη κυκλοφορίας ή απαλλάσσονται από αυτά ανάλογα με τα μέτρα που εφαρμόζονται σε τοπικό επίπεδο. Για παράδειγμα σε μεγάλες πόλεις της Ισπανίας, όπως η Μαδρίτη, η Βαρκελώνη, η Σαραγόσα και η Βαλένθια, τα ετήσια τέλη κυκλοφορίας για τα ηλεκτρικά οχήματα μειώνονται κατά 75%. Επίσης έως το 2017 τα ηλεκτρικά οχήματα απαλλάσσονταν από τον φόρο πολυτελείας (EAFO, 2020).

Άλλα κίνητρα που προσφέρονται στα ηλεκτρικά οχήματα σε τοπικό επίπεδο είναι η απαλλαγή από διόδια στις περιφερειακές εθνικές οδούς, η παροχή δωρεάν θέσεων στάθμευσης σε επιλεγμένες πόλεις και η δυνατότητα χρήσης των λεωφορειολωρίδων (EAFO, 2020).

Τέλος, επιχορηγήσεις παρέχονται και για την ανάπτυξη δημόσιων και ιδιωτικών υποδομών φόρτισης. Συγκεκριμένα επιδοτείται το 30 ή 40% των επιλέξιμων δαπανών μέχρι το ανώτατο ποσό των 100.000 € (Randall, 2019).

### **9.3.15 Σουηδία**

Ο ορισμός του «πράσινου αυτοκινήτου» εισήρθε στη σουηδική νομοθεσία το 2006, με σκοπό να καθοριστούν ορισμένα κριτήρια, για τον καθορισμό των οχημάτων που θα λαμβάνουν φοροελαφρύνσεις και προτεραιότητα στις δημόσιες παροχές. Σε συνέχεια αυτού, η χώρα έχει θέσει σε εφαρμογή πολλά μέτρα για την προώθηση της χρήσης των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας (IEA, 2019f).

Το 2012 εφαρμόστηκε η επιδότηση «Super Green Car» ("Supermiljöbilspremie") η οποία χορηγούνταν για την αγορά νέων οχημάτων με εκπομπές χαμηλότερες των 50 g CO<sub>2</sub>/km, δηλαδή σε ηλεκτρικά οχήματα (IEA, 2019f). Το 2016, το ποσό της επιδότησης διαφοροποιήθηκε για τα BEV και τα PHEV και ανερχόταν σε 40.000 SEK (3.850 €) και 20.000 SEK (1.925 €) αντίστοιχα, ενώ το 2018 μεταβλήθηκε σε 60.000 SEK (5.759 €) και 10.000 SEK (960 €) αντίστοιχα. Για αυτή την επιδότηση ήταν επιλέξιμα τόσο τα ιδιωτικά όσο και τα εταιρικά αυτοκίνητα (EAFO, 2020; IOBE, 2019). Ακολούθησε η αντικατάσταση της επιδότησης «Super Green Car» από ένα καθεστώς στήριξης bonus-malus το 2018. Επιπλέον από το 2016, η κυβέρνηση εφαρμόζει μια επιδότηση που στοχεύει ειδικά στα ηλεκτρικά λεωφορεία, παρέχοντάς τους μια κυμαινόμενη έκπτωση (IEA, 2019f).

Εκτός από επιδότηση αγοράς, τα «πράσινα αυτοκίνητα» απαλλάσσονται και από τον ετήσιο φόρο κυκλοφορίας για τα πρώτα τρία χρόνια μετά την εγγραφή τους, το οποίο αντιστοιχεί κατά μέσο όρο σε ετήσια φορολογική απαλλαγή περίπου 1.760 SEK (170 €) (EAFO, 2020). Αρχικά μάλιστα αυτή η φοροαπαλλαγή ίσχυε για τα πέντε πρώτα έτη (IEA, 2019f). Επιπλέον, προβλέπεται 40% μείωση στον φόρο κυκλοφορίας για τα εταιρικά ηλεκτρικά ή υβριδικά οχήματα (IOBE, 2019).

Το γεγονός ότι στη Σουηδία τα αυτοκίνητα δεν υπόκεινται σε φόρους ταξινόμησης θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι ευνοεί τα συμβατικά οχήματα έναντι των ηλεκτρικών, δεδομένης της συγκριτικά χαμηλότερης τιμής αγοράς τους. Ωστόσο η σουηδική νομοθεσία προβλέπει επιπλέον

φορολογικά κίνητρα για τα εταιρικά ηλεκτρικά οχήματα. Πιο συγκεκριμένα, επιτρέπει τη μείωση της αξίας του οφέλους που προκύπτει από την ιδιωτική χρήση εταιρικών αυτοκινήτων, εάν αυτά είναι ηλεκτρικά, και ως εκ τούτου μειώνει το ποσό των φόρων εισοδήματος. Χάρη σε αυτό το μέτρο, το μηνιαίο κόστος μίσθωσης ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι χαμηλότερο από το αντίστοιχο ενός συμβατικού οχήματος για τον εργαζόμενο, ακόμη και αν το αυτοκίνητο είναι ακριβότερο. Στη Σουηδία, αυτό το μέτρο, αποδείχθηκε αποτελεσματικό στην αύξηση της χρήσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Το Νοέμβριο του 2017, τα εταιρικά αυτοκίνητα αντιπροσώπευαν περίπου το 70% των νέων πωλήσεων ηλεκτρικών αυτοκινήτων, γεγονός που αποδεικνύει περίτρανα την επιτυχία αυτού του μέτρου (EAFO, 2020).

Επιπρόσθετα, η σουηδική κυβέρνηση προωθεί τη χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων από τους δημόσιους φορείς. Η πολιτική αυτή δύναται να συμβάλει στην επίτευξη των εθνικών στόχων για το κλίμα, καθώς ο δημόσιος στόλος αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της αγοράς, περιλαμβάνοντας συνολικά περίπου 32.000 επιβατικά ή φορτηγά οχήματα (EAFO, 2020).

Τέλος, η Σουηδία είναι πρωτοπόρα στη δημιουργία υποδομών για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων (IOBE, 2019). Έχουν διατεθεί σημαντικά ποσά για την ανάπτυξη των απαραίτητων υποδομών φόρτισης. Πιο συγκεκριμένα έχουν διατεθεί 67 εκατομμύρια € για την στήριξη της εγκατάστασης ιδιωτικών σταθμών φόρτισης το χρονικό διάστημα 2018-2020, ενώ από αυτά διατίθενται 8,7 εκατομμύρια € ετησίως για την επιδότηση οικιακών φορτιστών (EAFO, 2020).

### **9.3.16 Ελβετία**

Στην Ελβετία η πρώτη απόπειρα εξηλεκτισμού των μέσων μεταφοράς πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, χωρίς ωστόσο να επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Για το λόγο αυτό, η ελβετική κυβέρνηση είναι διστακτική απέναντι στην προώθηση της ηλεκτροκίνησης. Προς το παρόν οι προσπάθειες της ελβετικής κυβερνητικής πολιτικής περιορίζονται στην εξασφάλιση του κατάλληλου ρυθμιστικού πλαισίου για την προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων και την ανάπτυξη δημόσιων υποδομών φόρτισης (IEA, 2019g).

Τα μέτρα που έχουν εφαρμοστεί περιορίζονται σε ορισμένα φορολογικά κίνητρα. Στις περισσότερες περιοχές της Ελβετίας, τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα επωφελούνται από τη μείωση των τελών κυκλοφορίας ή ακόμη και την απαλλαγή τους από αυτά. Επίσης από το 2015 εφαρμόζεται ένα μέτρο περιορισμού των εκπομπών CO<sub>2</sub> στα 130 g/km για τα καινούργια αυτοκίνητα, το οποίο ενθαρρύνει την αγορά υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων. Επιπλέον,

επιβάλλονται υψηλές κυρώσεις στους εισαγωγείς αυτοκινήτων που υπερβαίνουν το όριο εκπομπών των 130 g CO<sub>2</sub>/km, γεγονός που αναμένεται να ενθαρρύνει την εισαγωγή μοντέλων με χαμηλές εκπομπές και ιδίως ηλεκτροκίνητων οχημάτων, προκειμένου να αντισταθμίσουν τις υψηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> των συμβατικών αυτοκινήτων του στόλου τους (IEA, 2019g).

## 10. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΣΥΝΟΨΗ ΤΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΧΩΡΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 10.1 Ευελιξία ζήτησης

Στα κεφάλαια 7 και 9 συγκεντρώθηκε ένας αξιόλογος όγκος πληροφοριών σχετικά με τις πολιτικές που εφαρμόζονται σε 17 ευρωπαϊκές χώρες, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας, για την προώθηση δύο σημαντικών εργαλείων για την επίτευξη μιας ομαλής μετάβασης σε ένα σύστημα βασισμένο στις ΑΠΕ. Τα εργαλεία αυτά όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια είναι η ευελιξία ζήτησης και η ηλεκτροκίνηση. Εξετάστηκε ο τρόπος με τον οποίο η κάθε χώρα προσπάθησε να τα εντάξει στο εθνικό της νομικό πλαίσιο και έγινε αναφορά στην αλληλουχία των μέτρων που εφαρμόστηκαν προς αυτή τη την κατεύθυνση σε κάθε μία από αυτές. Λόγω της διεθνούς τάσης εκσυγχρονισμού του ενεργειακού συστήματος και των συνεχών μεταβολών των ρυθμιστικών πλαισίων, η συλλογή έγκυρων και επικαιροποιημένων στοιχείων κατέστη ιδιαίτερα δύσκολη. Ωστόσο, έγινε μια εκτενής έρευνα βασισμένη τόσο σε επιστημονικά άρθρα, όσο και σε επίσημες αναφορές των αρμόδιων Υπουργείων και των Διαχειριστών του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας της εκάστοτε χώρας, με στόχο να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Για την καλύτερη οργάνωση αυτών των πληροφοριών και για την επίτευξη μιας αντιπροσωπευτικής συνοπτικής τους παρουσίασης, τα μέτρα που εφαρμόστηκαν για κάθε έναν από τους δύο άξονες πολιτικής, χωρίστηκαν σε διαφορετικές κατηγορίες.

Για την κατηγοριοποίηση των μέτρων προώθησης της ευελιξίας ζήτησης, χρησιμοποιήθηκαν οι κατηγορίες προγραμμάτων που αναπτύχθηκαν και στην ενότητα 6.2. Πιο συγκεκριμένα, τα μέτρα προώθησης της ευελιξίας ζήτησης χωρίζονται στην εφαρμογή προγραμμάτων άμεσης ή έμμεσης απόκρισης στη ζήτηση. Τα προγράμματα άμεσης απόκρισης στη ζήτηση χωρίζονται με τη σειρά τους σε προγράμματα στατικής τιμολόγησης βάσει της χρονικής στιγμής της χρήσης (TOU), προγράμματα τιμολόγησης σε πραγματικό χρόνο (RTP), προγράμματα μεταβλητής τιμολόγησης των ωρών αιχμής (VPP) και προγράμματα κρίσιμης τιμολόγησης των ωρών αιχμής (CPP). Τα προγράμματα έμμεσης απόκρισης στη ζήτηση χωρίζονται αντίστοιχα σε προγράμματα άμεσου ελέγχου φορτίου (DLC), προγράμματα διακοπτόμενου φορτίου (I/C), προγράμματα υποβολής προφορών/ εξαγοράς (BD), προγράμματα έκτακτης ανάγκης (EDRP), προγράμματα αγοράς ισχύος (CAP) και προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών της αγοράς (AS).

Με κριτήριο την εφαρμογή ή όχι των προαναφερθέντων κατηγοριών προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση συντάχθηκε για τις 17 εξεταζόμενες χώρες ο παρακάτω πίνακας.

**Πίνακας 10.1:** Συγκριτική σύνοψη προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση που εφαρμόζονται σε 17 χώρες (πίνακας βασισμένος στο κεφάλαιο 7 της παρούσας).

Χώρες	Εφαρμογή προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση									
	Προγράμματα άμεσης απόκρισης στη ζήτηση				Προγράμματα έμμεσης απόκρισης στη ζήτηση					
	TOU	RTP	VPP	CPP	DLC	I/C	BD	EDRP	CAP	AS
Ελλάδα	✓					✓				
Αυστρία										✓
Βέλγιο						✓				✓
Δανία		✓*								✓
Φινλανδία		✓								✓
Γαλλία	✓			✓	✓	✓			✓	✓
Γερμανία						✓				✓
Ην.Βασίλειο	✓	✓		✓					✓	✓
Ιρλανδία	✓					✓				
Ιταλία	✓					✓	✓			
Ολλανδία	✓									✓
Νορβηγία	✓	✓								✓
Πολωνία								✓		
Ποστογαλία				✓		✓				
Ισπανία	✓	✓				✓			✓	
Σουηδία	✓	✓*								✓
Ελβετία	✓									✓

\*Δυναμική τιμολόγηση στην οποία οι τιμές προσδιορίζονται βάσει της μηνιαίας χονδρεμπορικής τιμής της αγοράς.

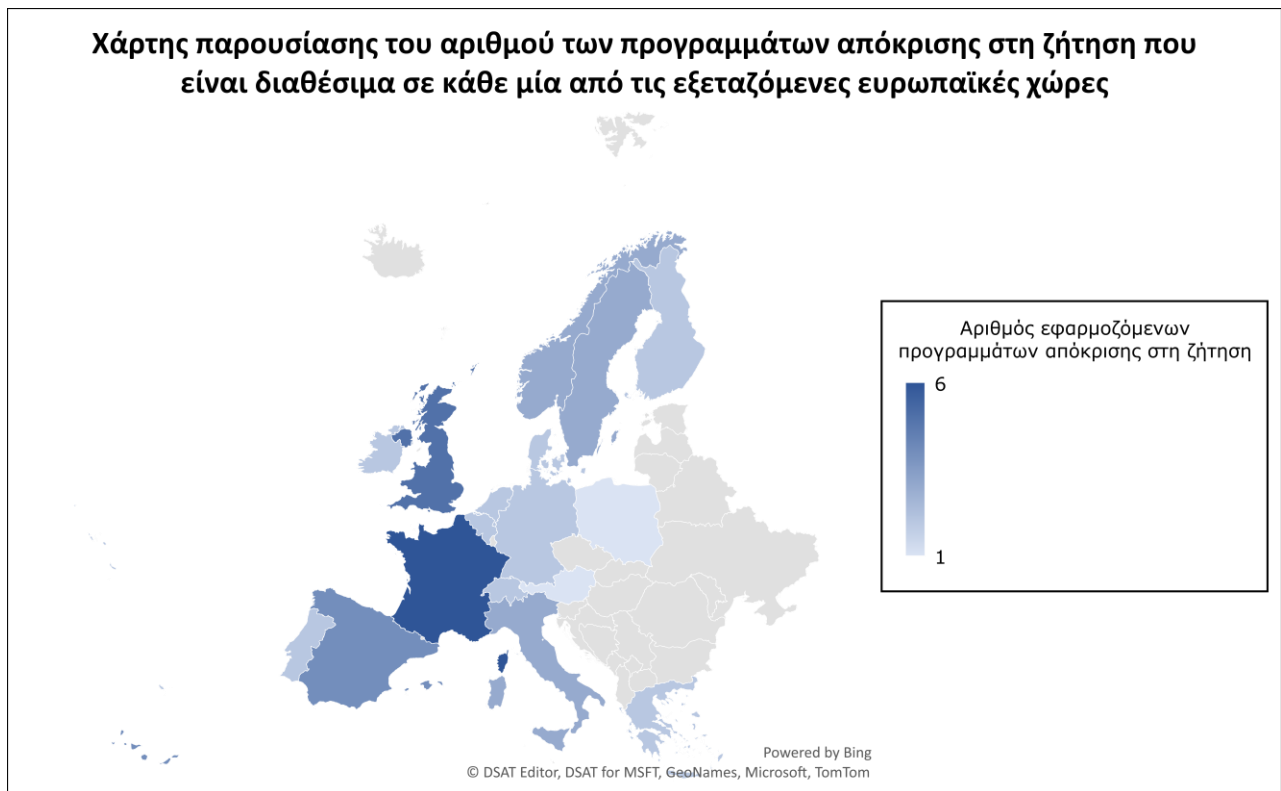


Όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα τα προγράμματα ευελιξίας ζήτησης με την πιο ευρεία εφαρμογή είναι τα προγράμματα στατικής τιμολόγησης βάσει της χρονικής στιγμής της χρήσης (TOU) και τα προγράμματα που παρέχουν βοηθητικές υπηρεσίες στην αγορά ενέργειας (AS). Πιο συγκεκριμένα, στις 11 από τις 17 χώρες εφαρμόζονται προγράμματα TOU, ενώ στις 10 από τις 17 χώρες εφαρμόζονται προγράμματα AS. Ακολουθούν τα προγράμματα διακοπόμενου φορτίου, τα οποία είναι ιδιαίτερα δημοφιλή και παραλλαγές τους εφαρμόζονται σε 8 από τις 17 εξεταζόμενες χώρες. Αντίθετα τα προγράμματα μεταβλητής τιμολόγησης των τιμών αιχμής (VPP) δεν έχουν εφαρμοστεί σε καμία Ευρωπαϊκή χώρα.

Επίσης, παρατηρείται ότι πρωταγωνιστικό ρόλο στην εφαρμογή προγραμμάτων ευελιξίας ζήτησης διαδραματίζει η Γαλλία, η οποία παρέχει στους καταναλωτές ένα μεγάλο εύρος επιλογών, στο οποίο συμπεριλαμβάνονται προγράμματα στατικής τιμολόγησης βάσει της χρονικής στιγμής της χρήσης (TOU), όπως το πρόγραμμα «κόκκινες ημέρες», προγράμματα που συνδυάζουν το TOU και το CPP, όπως το πρόγραμμα «Tempo», προγράμματα αμιγώς CPP, προγράμματα άμεσου ελέγχου φορτίου (DLC), προγράμματα διακοπόμενου φορτίου (I/C), προγράμματα αγοράς ισχύος (CAP) και προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών (AS). Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι η Γαλλία αποτελεί ένα από τα λίγα παραδείγματα ευρωπαϊκών χωρών που εφαρμόζουν προγράμματα άμεσου ελέγχου φορτίου (DLC).

Από την άλλη μεριά, υπάρχουν χώρες στις οποίες η εφαρμογή προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση είναι περιορισμένη, με τους καταναλωτές να έχουν τη δυνατότητα συμμετοχής σε ένα μόνο πρόγραμμα ευελιξίας ζήτησης. Για παράδειγμα, στην Αυστρία εφαρμόζονται μόνο προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών (AS), ενώ στην Πολωνία εφαρμόζονται μόνο προγράμματα έκτακτης ανάγκης (EDRP).

Η ευελιξία ζήτησης βρίσκεται ακόμα σε ένα σχετικά πρώιμο στάδιο σε όλη την Ευρώπη και είναι αρκετά δύσκολη η σύγκριση μεταξύ των χωρών όσον αφορά τα αποτελέσματα των μέτρων που έχουν ληφθεί για την προώθησή της. Αυτό που θα μπορούσε να αξιολογηθεί βάσει της έρευνας που έγινε είναι το σε τι βαθμό οι χώρες έχουν προβεί σε τροποποιήσεις του ρυθμιστικού τους πλαισίου ώστε να διευκολύνουν τη συμμετοχή των καταναλωτών σε προγράμματα ευελιξίας ζήτησης.



**Σχήμα 10.1:** Χάρτης παρουσίασης του αριθμού των προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση που είναι διαθέσιμα σε κάθε μία από τις εξεταζόμενες ευρωπαϊκές χώρες (βάσει του πίνακα 10.1)

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 7, πιο επιτυχημένες ως προς την εφαρμογή προγραμμάτων ευελιξίας ζήτησης θα μπορούσαν να θεωρηθούν η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο, λόγω του ότι δίνουν τη δυνατότητα στους καταναλωτές να συμμετέχουν σε μεγαλύτερη ποικιλία προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση (σχήμα 10.1).

Η Γαλλία έχει καταφέρει με το ρυθμιστικό της πλαίσιο τη συμμετοχή των καταναλωτών σε 6 κατηγορίες προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση. Σε αυτά περιλαμβάνονται τόσο προγράμματα άμεσης απόκρισης στη ζήτηση, όπως το πρόγραμμα «κόκκινες ημέρες», το πρόγραμμα «Tempo» και προγράμματα CPP, όσο και προγράμματα έμμεσης απόκρισης στη ζήτηση, όπως προγράμματα άμεσου ελέγχου φορτίου (DLC), προγράμματα διακοπόμενου φορτίου (I/C), προγράμματα αγοράς ισχύος (CAP) και προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών (AS). Σύμφωνα, με την RTE, δηλαδή τον διαχειριστή τους συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας της Γαλλίας, το 2018 συμμετείχαν στους μηχανισμούς εξισορρόπησης των αγορών ενέργειας 48,9 GWh ευελιξίας ζήτησης, ενώ το 2019 αυτή μειώθηκε στις 29,8 GWh (RTE, 2019, 2018).

Στο Ηνωμένο Βασίλειο εφαρμόζεται επίσης μια πληθώρα προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση, όπως είναι το «Economy 7», το «Triad avoidance», το «STOR», προγράμματα RTP,

προγράμματα αγοράς ισχύος και προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών (*Energy and Coalition, 2017; IRENA, 2019b; Power NI Energy, 2019*). Μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού συμμετέχει σε τέτοιου είδους προγράμματα και ιδίως σε προγράμματα ΤΟΥ (*Torriti et al., 2010*).

## 10.2 Ηλεκτροκίνηση

Για την ανάλυση των πολιτικών προώθησης της ηλεκτροκίνησης, συγκεντρώθηκαν όλα τα είδη μέτρων που έχουν εφαρμοστεί ή εφαρμόζονται στις 17 χώρες που εξετάστηκαν στο κεφάλαιο 8. Τα μέτρα αυτά χωρίστηκαν σε έξι γενικές κατηγορίες, οι οποίες περιλαμβάνουν επιμέρους κατηγορίες μέτρων. Πιο συγκεκριμένα οι κατηγορίες μέτρων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση είναι οι εξής:

1. Οικονομικά κίνητρα για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων: Σε αυτή την κατηγορία παρατηρήθηκαν δύο εναλλακτικά μέτρα, τα οποία είναι η επιδότηση αγοράς και η επιδότηση για την απόσυρση ενός παλαιού οχήματος και την αντικατάστασή του με ένα ηλεκτροκίνητο.
2. Φορολογικά κίνητρα προς τα ηλεκτρικά οχήματα: Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνεται η παροχή μειωμένου τέλους ταξινόμησης ή η εξαιρέσή από αυτό, τα μειωμένα τέλη κυκλοφορίας ή η απαλλαγή από αυτά, το σύστημα φορολόγησης bonus-malus, η επιβολή μειωμένου περιβαλλοντικού φόρου και η παροχή φορολογικών κινήτρων σε εταιρείες.
3. Μέτρα που στοχεύουν στην ανάπτυξη υποδομών φόρτισης: Σε αυτά περιλαμβάνονται η υποχρέωση εγκατάστασης σταθμών φόρτισης σε δημόσιους χώρους και κτίρια, η παροχή οικονομικών κινήτρων για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης σε εταιρείες, σε καταστήματα και σε οικείες και η ενσωμάτωση στον πολεοδομικό κανονισμό της υποχρέωσης εγκατάστασης σταθμών φόρτισης.
4. Επιπρόσθετα προνόμια για τα ηλεκτρικά οχήματα: Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται κάποια επιπλέον προνόμια που παρέχονται στα ηλεκτρικά οχήματα, όπως είναι η παροχή δωρεάν χώρων στάθμευσης, η απαλλαγή από διόδια, η πρόσβαση σε λεωφορειολωρίδες, η απαλλαγή από ακτοπολιτικά τέλη, η δωρεάν φόρτιση σε δημόσιους σταθμούς και η ελεύθερη πρόσβαση στο κέντρο πόλεων (σε όσες υπάρχουν περιορισμοί π.χ. δακτύλιος στο κέντρο ή τέλος εισόδου)
5. Μέτρα προώθησης του εξηλεκτρισμού των λεωφορείων, των ταξί και των στόλων του δημοσίου: Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνεται η παροχή οικονομικών κινήτρων

αγοράς ηλεκτροκίνητου στόλου σε εταιρείες λεωφορείων και ταξί και η υποχρέωση αντικατάστασης του στόλου του δημοσίου με ηλεκτρικά οχήματα.

6. Μέτρα ενίσχυσης της έρευνας και ανάπτυξης στον τομέα της ηλεκτροκίνησης: Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνεται η χρηματοδότηση της έρευνας και ανάπτυξης των τεχνολογιών ηλεκτροκίνησης.

Με βάση τις ως άνω κατηγορίες μέτρων συντάχθηκε ο παρακάτω πίνακας στον οποίο παρουσιάζονται συνοπτικά τα μέτρα που εφαρμόζονται σε κάθε μια από τις 17 εξεταζόμενες χώρες για την προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων και την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης.

**Πίνακας 10.2:** Συγκριτική σύνοψη των μέτρων προώθησης της ηλεκτροκίνησης σε 17 χώρες (πίνακας βασισμένος στο κεφάλαιο 9 της παρούσας).

Μέτρα προώθησης της ηλεκτροκίνησης	Χώρες εφαρμογής																
	Ελλάδα	Αυστρία	Βέλγιο	Δανία	Φιλανδία	Γαλλία	Γερμανία	Ην.Βασίλειο	Ιρλανδία	Ιταλία	Ολλανδία	Νορβηγία	Πολωνία	Ποστογαλία	Ισπανία	Σουηδία	Ελβετία
<b>Οικονομικά κίνητρα αγοράς</b>																	
Επιδότηση αγοράς	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	
Πρόγραμμα απόσυρσης	✓								✓						✓		
<b>Φορολογικά κίνητρα</b>																	
Μειωμένο τέλος ταξινόμησης/ Εξαίρεση από αυτό	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		
Απαλλαγή από τέλη κυκλοφορίας/ Μειωμένα τέλη κυκλοφορίας	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	
Σύστημα φορολόγησης bonus-malus						✓				✓						✓	✓
Περιβαλλοντικός φόρος	✓					✓											✓
Φορολογικά κίνητρα σε εταιρείες	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓					✓	
<b>Ανάπτυξη υποδομών φόρτισης</b>																	
Εγκατάσταση σταθμών σε δημόσιους χώρους και κτίρια	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓		✓		
Οικονομικά κίνητρα εγκατάστασης σταθμών φόρτισης σε εταιρείες και καταστήματα	✓	✓		✓	✓	✓		✓		✓					✓		

Οικονομικά κίνητρα εγκατάστασης σταθμών φόρτισης σε σπίτια		✓			✓	✓		✓	✓						✓	✓	
Ενσωμάτωση στον πολεοδομικό κανονισμό	✓									✓		✓					
<b>Άλλα προνόμια</b>																	
Δωρεάν χώροι στάθμευσης	✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		
Απαλλαγή από διόδια												✓			✓		
Πρόσβαση σε Λεωφορειολωρίδες						✓						✓			✓		
Απαλλαγή από ακτοποϊκά τέλη												✓					
Δωρεάν φόρτιση/έκπτωση σε δημόσιους σταθμούς				✓					✓					✓			
Ελεύθερη πρόσβαση στο κέντρο πόλεων (σε όσες υπάρχουν περιορισμοί π.χ. δακτύλιος στο κέντρο ή τέλος εισόδου)	✓							✓		✓	✓	✓	✓				
<b>Εξηλεκτρισμός λεωφορίων, ταξί και οχημάτων δημοσίου</b>																	
Οικονομικά κίνητρα αγοράς ηλεκτροκίνητου στόλου (λεωφορεία, ταξί κλπ)	✓			✓			✓	✓							✓		
Υποχρέωση εξηλεκτρισμού στόλου δημοσίων φορέων	✓			✓						✓				✓		✓	
<b>Έρευνα και ανάπτυξη</b>																	
Χρήματοδότηση έρευνας και ανάπτυξης των τεχνολογιών ηλεκτροκίνησης				✓	✓	✓	✓										

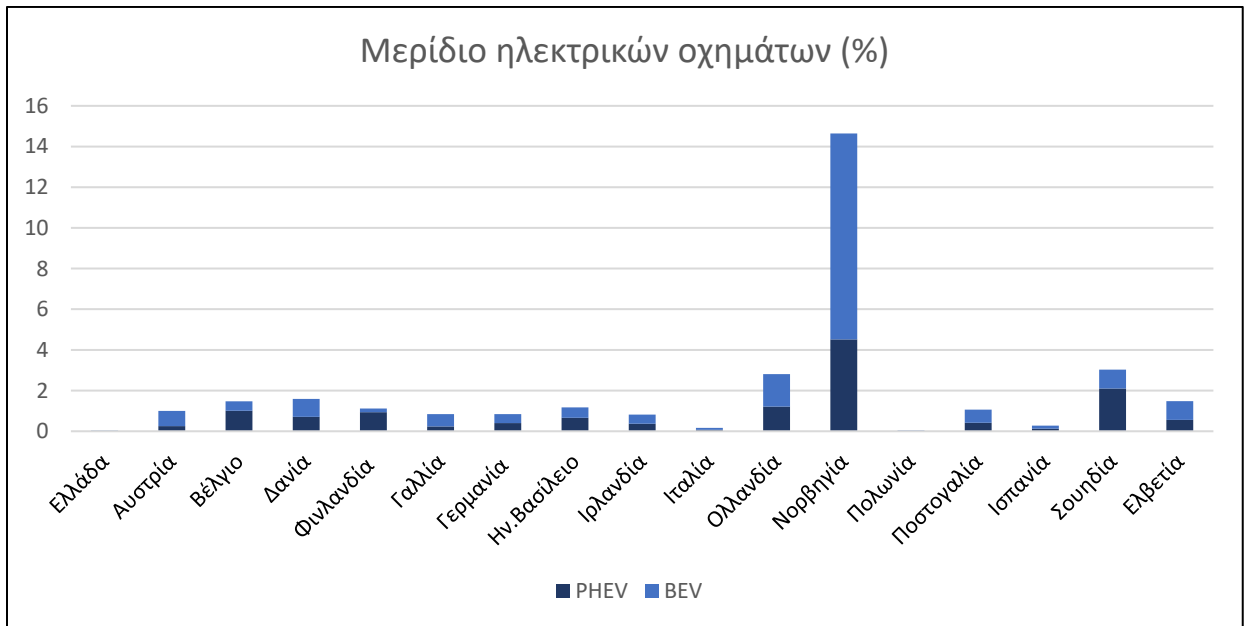
Όπως αποτυπώνεται και στον ως άνω πίνακα, τα πιο συνηθισμένα μέτρα προώθησης της ηλεκτροκίνησης που έχουν εφαρμοστεί είναι η παροχή φορολογικών κινήτρων και πιο συγκεκριμένα η μείωση των τελών κυκλοφορίας και των τελών ταξινόμησης ή η απαλλαγή από αυτά. Εξίσου συνηθισμένο μέτρο είναι η παροχή φοροαπαλλαγών σε εταιρίες που χρησιμοποιούν ηλεκτρικά οχήματα. Πρόκειται για μέτρα που εφαρμόζονται ήδη στην πλειοψηφία των χωρών που εξετάζονται στην παρούσα διπλωματική.

Ακολουθούν τα μέτρα επιδότησης της αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων, τα οποία είναι ιδιαίτερα δημοφιλή. Ωστόσο υπάρχουν αρκετές χώρες που έχουν προτιμήσει να περιοριστούν στην παροχή μόνο φορολογικών κινήτρων, όπως για παράδειγμα η Δανία, η Γαλλία, η Νορβηγία, η Πολωνία και η Ελβετία.

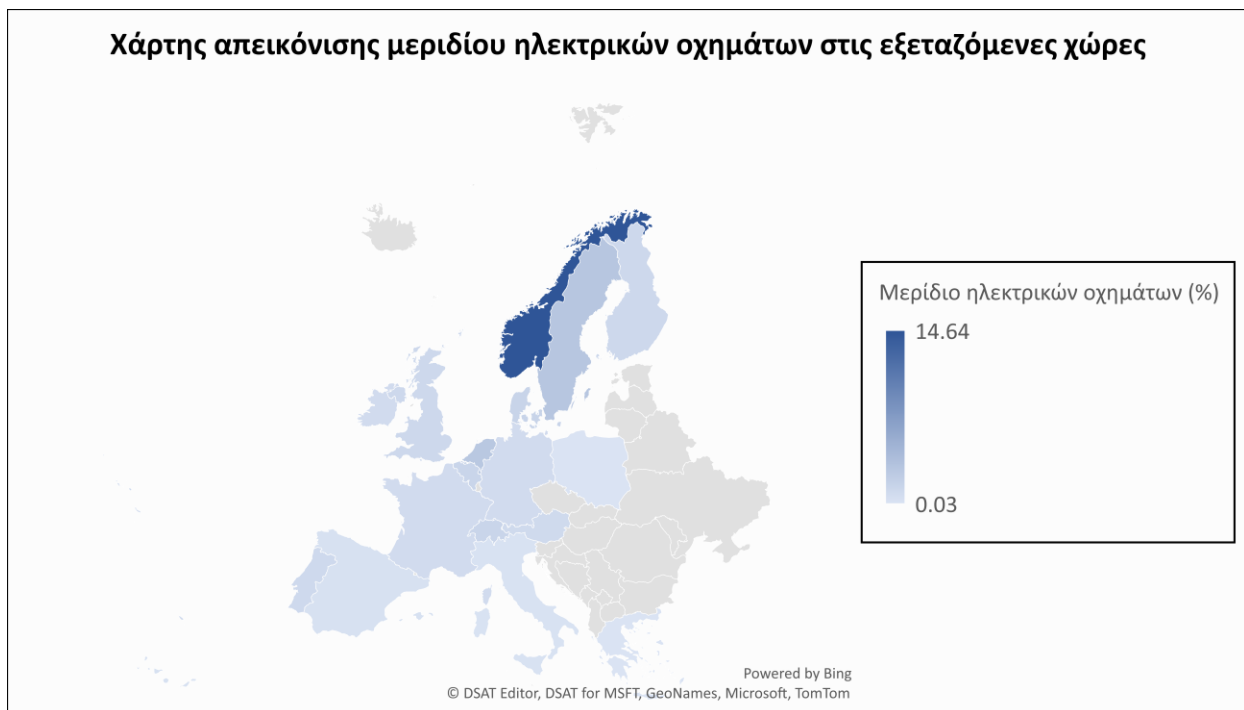
Όσον αφορά την προώθηση της ανάπτυξης υποδομών φόρτισης, από την πλειοψηφία των χωρών έχουν εφαρμοστεί μέτρα για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης σε δημόσιους χώρους, ενώ σε αρκετές από αυτές έχει προωθηθεί και η εγκατάσταση σταθμών φόρτισης σε εταιρίες καταστήματα και οικείες. Ένα άλλο εξίσου δημοφιλές μέτρο είναι η παροχή δωρεάν χώρων στάθμευσης στις πόλεις. Αντίθετα η παροχή δωρεάν φόρτισης είναι ιδιαίτερα σπάνια και έχει εφαρμοστεί σε λίγες μόνο χώρες και για περιορισμένο χρονικό διάστημα.

Τέλος, παρατηρείται ότι πέντε μόνο από τις εξεταζόμενες χώρες έχουν δείξει ενδιαφέρον για τον εξηλεκτρισμό του στόλου των λεωφορείων και των ταξί. Αντίστοιχος είναι και ο αριθμός των χωρών που έχει δείξει ενδιαφέρον για τον εξηλεκτρισμό του στόλου των δημόσιων οχημάτων.

Σε αυτό το σημείο κρίθηκε αναγκαίο να αξιολογηθεί το ποιες από τις εξεταζόμενες χώρες αποτελούν τα πιο επιτυχημένα παραδείγματα όσον αφορά την προώθηση της ηλεκτροκίνησης και έχουν επιτύχει σε μεγαλύτερο βαθμό τους στόχους τους προς αυτή την κατεύθυνση μέσω των μέτρων που έχουν εφαρμόσει. Για τη σύγκριση μεταξύ των χωρών χρησιμοποιήθηκαν δύο δείκτες. Ο πρώτος είναι το μερίδιο της ηλεκτροκίνησης σε σχέση με το συνολικό στόλο οχημάτων της κάθε χώρας, ο οποίος εκφράζει το κατά πόσο έχουν επιτύχει τα μέτρα προώθησης της αγοράς και χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων και ο δεύτερος είναι ο αριθμός των οχημάτων που αντιστοιχούν σε κάθε εγκατεστημένο δημόσιο σταθμό φόρτισης ή αντίστοιχα ο αριθμός των σταθμών φόρτισης που αντιστοιχούν ανά ηλεκτρικό όχημα, που εκφράζει το κατά πόσο έχουν επιτύχει τα μέτρα προώθησης της εγκατάστασης υποδομών φόρτισης. Χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία της EAF0 (2020a) για έτος 2020, τα οποία παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα.

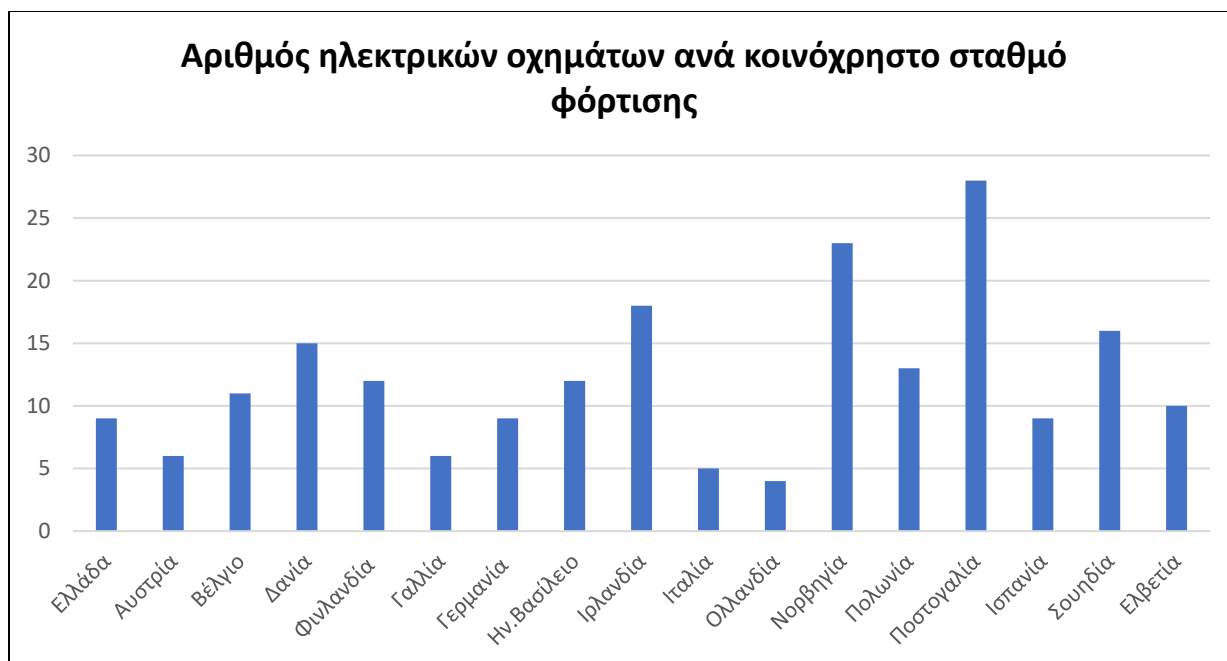


**Σχήμα 10.2:** Μερίδιο ηλεκτρικών οχημάτων ανά χώρα σε σχέση με τον συνολικό τους στόλο το έτος 2020, βασισμένο σε στοιχεία της EAFO (2020a).

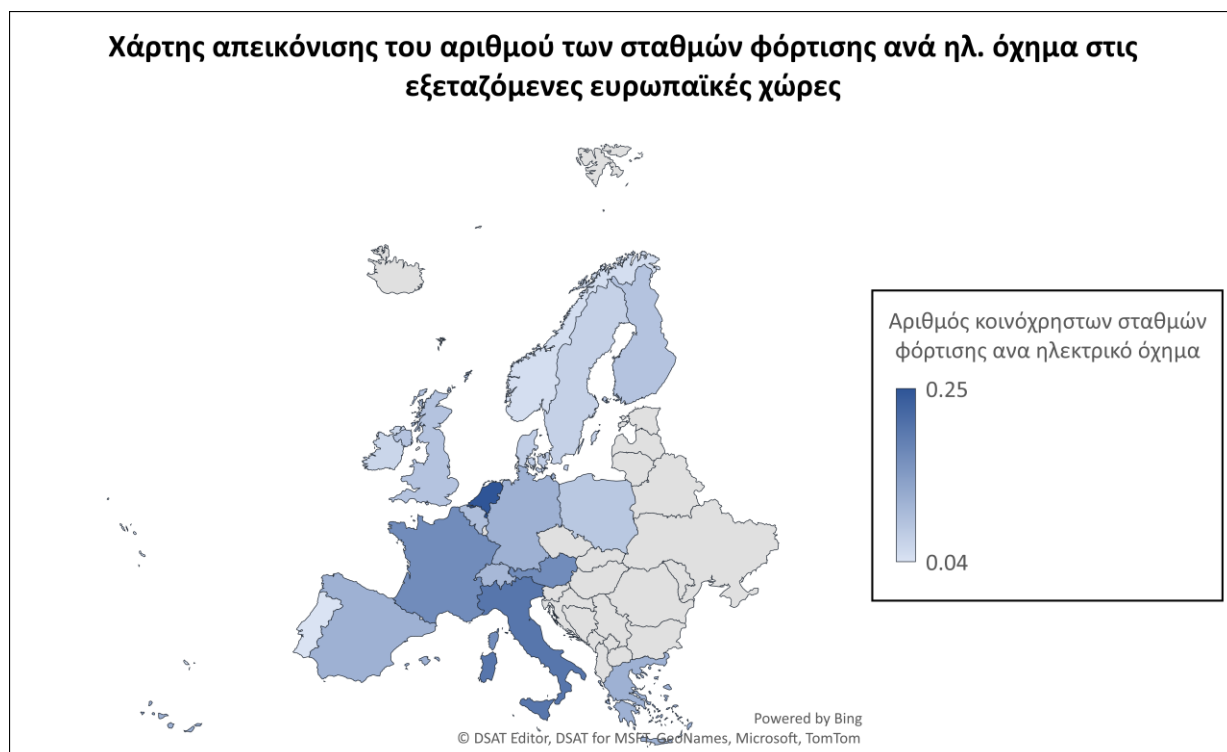


**Σχήμα 10.3:** Χάρτης απεικόνιση του μεριδίου ηλεκτρικών οχημάτων των εξεταζόμενων ευρωπαϊκών χωρών σε σχέση με τον συνολικό τους στόλο το έτος 2020, βασισμένο σε στοιχεία της EAFO (2020a).





**Σχήμα 10.4:** Αριθμός ηλεκτρικών οχημάτων ανά κοινόχρηστο σταθμό σε κάθε χώρα το έτος 2020, βασισμένο σε στοιχεία της ΕΑΦΟ (2020α).



**Σχήμα 10.5:** Χάρτης απεικόνιση του αριθμού σταθμών φόρτισης που αντιστοιχούν ανά ηλεκτρικό όχημα το έτος 2020 σε κάθε εξεταζόμενη χώρα, βασισμένο σε στοιχεία της ΕΑΦΟ (2020α).

Σε συνέχεια των παραπάνω, πιο επιτυχημένες χώρες ως προς την εφαρμογή των μέτρων προώθησης της ηλεκτροκίνησης κρίνονται η Νορβηγία και η Ολλανδία.

Η Νορβηγία έχει επιτύχει το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτροκίνησης στις μεταφορές σε σχέση με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες, το οποίο φτάνει το 14,64%. Από αυτό το ποσοστό, το 69% είναι οχήματα BEV. Βασικό χαρακτηριστικό της πολιτικής που ακολούθησε η Νορβηγία για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης είναι ότι ξεκίνησε νωρίτερα από τις υπόλοιπες χώρες την εφαρμογή μέτρων προς αυτή την κατεύθυνση. Όπως αναφέρεται και στην ενότητα 9.3.11 τα πρώτα μέτρα προώθησης των ηλεκτρικών οχημάτων εφαρμόστηκαν το 1990, ενώ ο στόχος που είχε τεθεί για το 2020 κατάφερε να επιτευχθεί 4 χρόνια νωρίτερα. Τα μέτρα που εφαρμόστηκαν για την επίτευξη αυτού του στόχου ήταν κυρίως φορολογικά κίνητρα, όπως είναι η απαλλαγή από το φόρο ταξινόμησης και το φόρο εισαγωγής, τα μειωμένα τέλη κυκλοφορίας, η απαλλαγή της αγοράς από ΦΠΑ και επιπρόσθετα κίνητρα προς εταιρείες. Παράλληλα εφαρμόστηκαν κάποια επιμέρους κίνητρα, όπως είναι η κατά τόπους δωρεάν στάθμευση, τα δωρεάν διόδια και τα μειωμένα τέλη πορθμείων. Παρατηρείται ωστόσο ότι παρά το υψηλό μερίδιο ηλεκτροκίνησης στις μεταφορές που έχει καταφέρει η χώρα, παραμένει υψηλός ο αριθμός των οχημάτων που αντιστοιχούν σε κάθε δημόσιο σταθμό φόρτισης. Βάσει των στοιχείων που έχει συλλέξει η EAFO (2020a) αντιστοιχούν 23 οχήματα ανά δημόσιο σταθμό φόρτισης. Σημειώνεται ωστόσο ότι για την αύξηση των υποδομών φόρτισης από το 2018 το κράτος έχει αυξήσει τον προϋπολογισμό του κράτους που παρέχεται για την χρηματοδότηση σταθμών φόρτισης.

Παράδειγμα όσον αφορά την ύπαρξη δημόσιων υποδομών φόρτισης αποτελεί η Ολλανδία, η οποία διαθέτει το μεγαλύτερο αριθμό σταθμών φόρτισης ανά κάτοικο (IOBE, 2019). Βάσει των στοιχείων που έχει συλλέξει η EAFO (2020a) υπάρχει εγκατεστημένος 1 δημόσιος σταθμός φόρτισης ανά 4 ηλεκτρικά οχήματα. Για να το επιτύχει αυτό η ολλανδική κυβέρνηση έθεσε ως βασικό άξονα της πολιτικής της την εγκατάσταση δημόσιων σταθμών φόρτισης σε όλη τη χώρα. Όπως αναφέρεται και στην ενότητα 9.3.10, κάθε κάτοικος μπορεί να αιτηθεί την εγκατάσταση ενός νέου δωρεάν σταθμού φόρτισης από το κράτος, σε περίπτωση που δεν υπάρχει σημείο φόρτισης κοντά στο σπίτι του (Jüdel, 2020). Επίσης η Ολλανδία διαθέτει ένα από τα μεγαλύτερα μερίδια ηλεκτροκίνησης στις μεταφορές της, το οποίο ισούται με 2,81% (EAFO, 2020a). Για την προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων χρησιμοποιήθηκαν κυρίως φορολογικά κίνητρα, ενώ πρόσφατα ξεκίνησαν να εφαρμόζονται και κάποια κίνητρα αγοράς.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. 2006/32/ΕΚ, 2006. ΟΔΗΓΙΑ 2006/32/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 5ης Απριλίου 2006 για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες και για την κατάργηση της οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου 64–85.
2. 2009/72/EC, 2009. Directive of 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 Concerning Common Rules for the Internal Market in Electricity and Repealing Directive 2003/54/EC. Off. J. Eur. Union L211, L 211/55-L 211/93. <https://doi.org/10.1126/science.202.4366.409>
3. 2012/27/EU, 2012. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency 1–56.
4. 2014/94/EU, 2014. Directive 2014/94/EU - Deployment of alternative fuels infrastructure. Off. J. Eur. Union L307, 20.
5. 2853B, Φ., 2020. Τησ κυβερνησεωσ.
6. 31/2010/EU, 2010. DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast).
7. Aalami, H.A., Moghaddam, M.P., Yousefi, G.R., 2010. Demand response modeling considering Interruptible/Curtailable loads and capacity market programs. Appl. Energy 87, 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.05.041>
8. Aazami, R., Daniar, S., Talaeizadeh, V., 2016. Emergency demand response program modeling on power system reliability evaluation. Int. J. Electr. Eng. 23, 151–158. <https://doi.org/10.6329/CIEE.2016.4.03>
9. Alstone, P., Potter, J., Piette, M.A., Schwartz, P., Berger, M.A., Dunn, L.N., Smith, S.J., Sohn, M.D., Aghajanzadeh, A., Stensson, S., Szinai, J., 2016. 2015 California Demand Response Potential Study: Charting California's Demand Response Future, Interim Report on Phase 1 Results. Lawrence Berkeley Natl. Lab.
10. Andruskiewicz, Michał,, Ciolkowski, P., 2019. CMS Expert Guide to Electric Vehicles - Poland [WWW Document]. URL <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-electric-vehicles/poland> (accessed 12.27.19).
11. Arafat, Z., Fehling, T., Kleiss, G., Nacke, B., 2018. Application of rechargeable batteries of electrical vehicles as time dependent storage resource for the public electricity grid. Energy Procedia 155, 478–491. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.032>
12. Bao, Y.Q., Li, Y., Wang, B., Hu, M., Chen, P., 2017. Demand response for frequency control of multi-area power system. J. Mod. Power Syst. Clean Energy 5, 20–29. <https://doi.org/10.1007/s40565-016-0260-1>
13. Bento, N., Borello, M., Gianfrate, G., 2020. Market-pull policies to promote renewable energy: A quantitative assessment of tendering implementation. J. Clean. Prod. 248, 119209. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119209>
14. Bertoldi, P., Zancanella, P., Boza-Kiss, B., 2016. Demand Response status in EU Member States, Europa. eu: Brussels, Belgium. <https://doi.org/10.2790/962868>
15. Biskas, P.N., Marnieris, I.G., Chatzigiannis, D.I., Roumkos, C.G., Bakirtzis, A.G., Papalexopoulos, A., 2017. High-level design for the compliance of the Greek wholesale electricity market with the Target Model provisions in Europe. Electr. Power Syst. Res. 152, 323–341. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2017.06.024>
16. Blake, S., Energi, O., Cnr, A.G., Boyd, E., Energy, E., 2017. Flexibility within the electrical systems through demand side response : Introduction to balancing products and markets in Germany , France , and the UK.
17. Boogen, N., Datta, S. and Filippini, M., 2018. There may be differences between this version and the published version . Demand-side management by electric utilities in Switzerland: Analyzing its impact on residential electricity demand \* 402–414.

- <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.04.006>
18. Brijs, T., De Vos, K., De Jonghe, C., Belmans, R., 2015. Statistical analysis of negative prices in European balancing markets. *Renew. Energy* 80, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.01.059>
  19. Butler, N., 2019. Energy transition is only part of the change in electricity [WWW Document]. *Financ. TIMES*. URL <https://www.ft.com/content/6d0dfd50-0604-11ea-a984-fbbacad9e7dd>
  20. Cansino, J.M., Sánchez-Braza, A., Sanz-Díaz, T., 2018. Policy instruments to promote electro-mobility in the EU28: A comprehensive review. *Sustain.* 10, 1–27. <https://doi.org/10.3390/su10072507>
  21. Carneiro Pachero, M., Cunha Ferreira, B., 2019. CMS Expert Guide to Electric Vehicles - Portugal 1–8.
  22. Cavasola P. & Ciminelli M., 2019. CMS Expert Guide to Electric Vehicles-Italy [WWW Document]. URL <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-electric-vehicles/italy>
  23. CEER, 2019. Implementing Technology that Benefits Consumers in the Clean Energy for All Europeans Package Selected Case Studies CEER Report Innovation and Retail Markets WS.
  24. Chiari, L., Zecca, A., 2011. Constraints of fossil fuels depletion on global warming projections. *Energy Policy* 39, 5026–5034. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.011>
  25. CMS, 2019. CMS Expert Guide to Electric Vehicles - Austria [WWW Document]. URL <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-electric-vehicles/austria>
  26. Comission, E., 2013. No Title COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Clean Power for Transport: A European alternative fuels strategy.
  27. Corchado, J.M., Francisco, J., Landeck, J., Carreira, R., Matos, L., Santos, G., Cáceres, M.N., 2017. Identified Short and Real-Time Demand Response Opportunities and the Corresponding Requirements and Concise Systematization of the Conceived and Developed DR Programs 1–41.
  28. Curtis, M., 2015. Overview of the UK Demand Response Market 5–6.
  29. Darmani, A., Saleem, A., Normark, B., Krosse, L., Julienne, C., Gardumi, F., Avgerinopoulos, G., Zakeri, B., 2017. REEEM Innovation and technology roadmap: Energy Storage Application 1–92.
  30. DCCAE, 2019. Department of Communications, Climate Action & Environment - Electric Vehicles [WWW Document]. URL <https://www.dccae.gov.ie/en-ie/energy/topics/Renewable-Energy/transport/electric-vehicles/Pages/Electric-Vehicles.aspx> (accessed 12.23.19).
  31. Dehler, J., Keles, D., Telsnig, T., Fleischer, B., Baumann, M., Fraboulet, D., Faure-Schuyer, A., Fichtner, W., 2017. Self-Consumption of Electricity from Renewable Sources. *Eur. Energy Transit. Insights Policy Mak.* 225–236. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809806-6.00027-4>
  32. Department of Communications, C.A. & E., 2017. NEEAP for Ireland 2017-2020 4, 1–111.
  33. Department of Energy, 2014. The History of the Electric Car [WWW Document]. URL <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car> (accessed 11.29.20).
  34. Djørup, S., Thellufsen, J.Z., Sorknæs, P., 2018. The electricity market in a renewable energy system. *Energy* 162, 148–157. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.100>
  35. Doe, 2011. Demand Dispatch — Intelligent Demand for a More Efficient Grid.
  36. Dupuy, M., Linvill, C., 2019. Implementing demand response 2.0: Progress toward full potential in the United States. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2019.106622>
  37. EAFO, 2020a. European Alternative Fuels Observatory: Infrastructure [WWW

- Document]. URL <https://www.eafo.eu/countries/european-union/23640/infrastructure/electricity> (accessed 10.3.20).
38. EAFO, 2020b. European Alternative Fuels Observatory: Vehicles and fleet [WWW Document]. URL <https://www.eafo.eu/countries/european-union/23640/vehicles-and-fleet> (accessed 10.3.20).
  39. ECOFYS, 2018. Dynamic electricity prices 1–53.
  40. EDF, 2019. Electric Vehicle Homecharge Scheme (EVHS) [WWW Document]. URL <https://www.edfenergy.com/electric-cars/government-grants> (accessed 12.28.19).
  41. EEA, 2019. Adaptation challenges and opportunities for the European energy system: Building a climate-resilient low-carbon energy system. <https://doi.org/10.2800/227321>
  42. Eid, C., Koliou, E., Valles, M., Reneses, J., Hakvoort, R., 2016. Time-based pricing and electricity demand response: Existing barriers and next steps. *Util. Policy* 40, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.04.001>
  43. EIRGRID, 2019. Power Off and Save [WWW Document]. URL <http://www.eirgridgroup.com/how-the-grid-works/power-off-save/> (accessed 12.23.19).
  44. Electric Vehicle Database, 2020. Range of full electric vehicles [WWW Document]. URL <https://ev-database.org/cheatsheet/range-electric-car> (accessed 10.25.20).
  45. Element Energy, 2020. Project Case Studies: Low Carbon Transport, ECCo: modelling car and van uptake [WWW Document]. URL <http://www.element-energy.co.uk/sectors/low-carbon-transport/project-case-studies/> (accessed 10.25.20).
  46. Elia, 2019. FCR service design note.
  47. Elia, 2017. Flexible Demand Management Products: A question of balance.
  48. Energy atlas, 2018.
  49. Energy, S., Coalition, D., 2017. Explicit Demand Response in Europe Mapping the Markets 2017.
  50. EnExClear, 2019. Κανονισμός Εκκαθάρισης συναλλαγών Αγοράς Επόμενης Ημέρας και Ενδοημερήσιας Αγοράς.
  51. ENGIE, 2018. Short Term Operating Reserve (STOR).
  52. EU, 2016. Energy and climate change.
  53. EU 2018/2001, 2018. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources. *Off. J. Eur. Union* 2018, 1–128.
  54. EU 2018/844, 2018. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS: A European Strategy for Low-Emission Mobility.
  55. EU 2019/944, 2019. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU. *Electr. Dir.* 944, 20–30. [https://doi.org/http://eur-lex.europa.eu/pri/en/oj/dat/2003/l\\_285/l\\_28520031101en00330037.pdf](https://doi.org/http://eur-lex.europa.eu/pri/en/oj/dat/2003/l_285/l_28520031101en00330037.pdf)
  56. EURELECTRIC, 2017. Dynamic pricing in electricity supply 16.
  57. Eurelectric Union of the Electricity Industry, 2013. Power Distribution in Europe 1–26.
  58. European Commission, 2019. 2030 climate & energy framework [WWW Document]. URL [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en) (accessed 1.2.20).
  59. European Environment Agency, 2017. Tracking progress towards Europe’s climate and energy targets - Trends and projections in Europe 2018, EEA Report. <https://doi.org/10.2800/93693>
  60. European Environment Agency, 2009. Observed temperature change over Europe 1976-2006 [WWW Document]. URL <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/observed-temperature-change-over-europe-1976-2006/map-5-1->

- climate-change-2008-observed-temperature-change.eps
61. European Parliament, 2020. EU progress towards its climate change goals [WWW Document]. URL <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180706STO07407/eu-progress-towards-its-climate-change-goals-infographic> (accessed 6.9.20).
  62. European Parliament, 2019. Electric road vehicles in the European Union Trends , impacts and policies.
  63. European Parliament, 2018. Sector coupling: how can it be enhanced in the EU to foster grid stability and decarbonise?
  64. Eurostat, 2019. Eurostat database [WWW Document]. Energy Stat. URL <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database> (accessed 12.31.19).
  65. Farrar, B., 2016. Electric Cars: An Unavoidable Opportunity [WWW Document]. Fusibilities. URL <http://www.fusibilities.com/electric-cars-opportunity-122916/> (accessed 10.25.20).
  66. Figenbaum, E., 2018. Electromobility status in Norway.
  67. FORTISIS, 2020. Φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων [WWW Document]. URL <https://www.fortisis.eu/information/ev-charging/> (accessed 10.25.20).
  68. Garcia, X., Rabia, C., Bishal, F., 2019. Measuring the socio - economic footprint of the energy transition. *Energy Transitions* 3, 105–118. <https://doi.org/10.1007/s41825-019-00018-6>
  69. Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, M.D., Wagner, N., Gorini, R., 2019. The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strateg. Rev.* 24, 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>
  70. Good, N., Ellis, K.A., Mancarella, P., 2017. Review and classification of barriers and enablers of demand response in the smart grid. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 72, 57–72. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.043>
  71. Grauers, A., Sarasini, S., Karlström, M., 2017. Why Electromobility and What Is It? *Syst. Perspect. Electromobility 2017* 10–21.
  72. Haas, R., Lettner, G., Auer, H., Duic, N., 2013. The looming revolution: How photovoltaics will change electricity markets in Europe fundamentally. *Energy* 57, 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.04.034>
  73. Han, Shangfeng, Zhang, B., Sun, X., Han, Song, Höök, M., 2017. China’s energy transition in the power and transport sectors from a substitution perspective. *Energies* 10. <https://doi.org/10.3390/en10050600>
  74. Hedges, A., 2017. Corporate renewable PPAs: A framework for the future? [WWW Document]. Nort. Rose Fulbright. URL <https://www.nortonrosefulbright.com/en/knowledge/publications/3ea24a79/corporate-renewable-ppas---a-framework-for-the-future>
  75. HELAPCO, 2020. Net - metering Αυτοπαραγωγή με ενεργειακό συμψηφισμό και εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό για ιδιώτες , επιχειρήσεις και ενεργειακές κοινότητες με ή χωρίς αποθήκευση.
  76. Henao, F., Rodriguez, Y., Viteri, J.P., Dyer, I., 2019. Optimising the insertion of renewables in the Colombian power sector. *Renew. Energy* 132, 81–92. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.099>
  77. Herold, R., 2010. Potential Privacy Impacts for Smart Grid Information Disclosure and Misuse Identity Theft Discussion Determine Personal Behavior Patterns Determine Specific Appliances Used Perform Real-Time Surveillance Potential Privacy Impacts for Smart Grid Informatio 2, 4–6.
  78. Herrera Anchustegui, I., Formosa, A., 2019. Regulation of Electricity Markets in Europe in Light of the Clean Energy Package: Prosumers and Demand Response. *SSRN Electron. J.* <https://doi.org/10.2139/ssrn.3448434>
  79. HEV TCP, 2020. Austria - Charging Infrastructure [WWW Document]. URL <http://www.ieahev.org/by-country/austria-charging-infrastructure/> (accessed

- 3.28.20).
80. Holisder, D., Demand, E., Framework, R., 2020. Integrating Real-Intelligence in Energy Management Systems enabling Holistic Demand Response Optimization in Buildings and Districts.
  81. Hu, J., Harmsen, R., Crijns-Graus, W., Worrell, E., van den Broek, M., 2018. Identifying barriers to large-scale integration of variable renewable electricity into the electricity market: A literature review of market design. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 81, 2181–2195. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.028>
  82. IEA, 2019a. World Energy Outlook 2019.
  83. IEA, 2019b. HEV TCP: Denmark - Policies and Legislation [WWW Document]. URL <http://www.ieahev.org/by-country/denmark-policy-and-legislation/> (accessed 11.29.19).
  84. IEA, 2019c. Finland Country Report 2019 241–249.
  85. IEA, 2019d. HEV TCP: France - Policies and Legislation [WWW Document]. URL <http://www.ieahev.org/by-country/france-policy-and-legislation/> (accessed 12.3.19).
  86. IEA, 2019e. HEV TCP: The Netherlands - Policies and Legislation [WWW Document]. URL <http://www.ieahev.org/by-country/the-netherlands-policy-and-legislation/> (accessed 12.24.19).
  87. IEA, 2019f. HEV TCP: Sweden - Policies and Legislation [WWW Document]. URL <http://www.ieahev.org/by-country/sweden-policy-and-legislation/> (accessed 12.29.19).
  88. IEA, 2019g. HEV TCP: Switzerland - Policies and Legislation [WWW Document]. URL <http://www.ieahev.org/by-country/switzerland-policy-and-legislation/>
  89. Insider, 2019. Δακτύλιος στο κέντρο της Αθήνας - Όλες οι απαγορεύσεις και εξαιρέσεις. [WWW Document]. Insider. URL <https://www.insider.gr/aytokinito/hristika/120489/daktylios-sto-kentro-tis-athinas-oles-oi-apagoreyseys-kai-exaireseis>
  90. Ioannidis, F., Kosmidou, K., Makridou, G., Andriosopoulos, K., 2019. Market design of an energy exchange: The case of Greece. *Energy Policy* 133, 110887. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110887>
  91. IRENA, 2020. RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2019, International Renewable Energy Agency.
  92. IRENA, 2019a. Global energy transformation: A roadmap to 2050 (2019 edition), International Renewable Energy Agency.
  93. IRENA, 2019b. TIME-OF-USE TARIFFS - INNOVATION LANDSCAPE BRIEF. Int. Renew. Energy Agency.
  94. Jia, L., Tong, L., 2013. Day ahead dynamic pricing for demand response in dynamic environments. *Proc. IEEE Conf. Decis. Control* 5608–5613. <https://doi.org/10.1109/CDC.2013.6760773>
  95. Jüdel, F., 2020. Everything You Need To Know About EV Incentives In The Netherlands [WWW Document]. URL [https://wallbox.com/en\\_catalog/netherlands-ev-incentives](https://wallbox.com/en_catalog/netherlands-ev-incentives) (accessed 10.3.20).
  96. Kazman, R., Bass, L., Ivers, J., Moreno, G.A., 2011. Architecture evaluation without an architecture: Experience with the smart grid. *Proc. - Int. Conf. Softw. Eng.* 663–670. <https://doi.org/10.1145/1985793.1985886>
  97. Kim, J.H., Shcherbakova, A., 2011. Common failures of demand response. *Energy* 36, 873–880. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.12.027>
  98. King, S., 2019. CMS Expert Guide to Electric Vehicles - United Kingdom [WWW Document]. URL <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-electric-vehicles/united-kingdom> (accessed 12.29.19).
  99. Kraśniewski, M., 2018. The Role of Electromobility in Modern Economies. Warsaw Inst.
  100. Latta, M., 2017. National Report 2017.
  101. Leutner G. & Becker-Boley A., 2019. CMS Expert Guide to Electric Vehicles -

- Germany [WWW Document]. URL <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-electric-vehicles/germany> (accessed 12.26.19).
102. Li, X., Tan, Y., Liu, X., Liao, Q., Sun, B., Cao, G., Li, C., Yang, X., Wang, Z., 2020. A cost-benefit analysis of V2G electric vehicles supporting peak shaving in Shanghai. *Electr. Power Syst. Res.* 179, 106058. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2019.106058>
  103. Lynch, M., Nolan, S., Devine, M.T., O'Malley, M., 2019. The impacts of demand response participation in capacity markets. *Appl. Energy* 250, 444–451. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.05.063>
  104. MacDonald, J., Cappers, P., Callaway, D., Kiliccote, S., 2012. Demand response providing ancillary services. *Present. Grid-Interop.*
  105. Mendicino, L., Menniti, D., Pinnarelli, A., Sorrentino, N., 2019. Corporate power purchase agreement: Formulation of the related levelized cost of energy and its application to a real life case study. *Appl. Energy* 253, 113577. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113577>
  106. Michela Longo, F.F. and W.Y., 2019. Electric Vehicles Integrated with Renewable Energy Sources for Sustainable Mobility, in: Prieto, L.R.M. and M.D. (Ed.), IntechOpen.
  107. Moghaddam, M.P., Abdollahi, A., Rashidinejad, M., 2011. Flexible demand response programs modeling in competitive electricity markets Demand at. *Appl. Energy* 88, 3257–3269. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.02.039>
  108. Money Guide Ireland, 2019. Electric Cars in Ireland – Some Facts and Figures [WWW Document]. URL <http://www.moneyguideireland.com/electric-cars-facts-figures.html> (accessed 12.23.19).
  109. Mühlenhoff, J., 2016. A welcome culture for consumers' solar self-generation policy - Policy recommendations 32, 0–16.
  110. Myers, J., 2015. What are Europe's biggest sources of carbon emissions? *World Econ. Forum.*
  111. Najafi, F., 2017. What is a virtual power plant? [WWW Document]. *Sol. Power World.* URL <https://www.solarpowerworldonline.com/2017/09/virtual-power-plant/>
  112. National Grid ESO, 2019. NATIONAL GRID ESO: Firm frequency response (FFR) [WWW Document]. URL <https://www.nationalgrideso.com/balancing-services/frequency-response-services/firm-frequency-response-ffr> (accessed 12.22.19).
  113. Nikas, A., Stavrakas, V., Arsenopoulos, A., Doukas, H., Antosiewicz, M., Witajewski-Baltvilks, J., Flamos, A., 2019. Barriers to and consequences of a solar-based energy transition in Greece. *Environ. Innov. Soc. Transitions* 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2018.12.004>
  114. Nolan, S., O'Malley, M., 2015. Challenges and barriers to demand response deployment and evaluation. *Appl. Energy* 152, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.04.083>
  115. Norton Rose Fulbright, 2016. Scaling up energy storage in the UK [WWW Document]. URL <https://www.nortonrosefulbright.com/en-gb/knowledge/publications/5318d7a6/scaling-up-energy-storage-in-the-uk#section6> (accessed 12.23.19).
  116. Nyambuu, U., Semmler, W., 2019. Climate change and the transition to a low carbon economy – Carbon targets and the carbon budget. *Econ. Model.* <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2019.04.026>
  117. Öhrlund, I., Linné, Å., Bartusch, C., 2019. Energy Research & Social Science Convenience before coins: Household responses to dual dynamic price signals and energy feedback in Sweden. *Energy Res. Soc. Sci.* 52, 236–246. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.02.008>
  118. Omic, E., 2019. Energy Poverty in Europe - How Energy Efficiency and



- Renewables Can Help 1–42.
119. Ortner, A., Totschnig, G., 2019. The future relevance of electricity balancing markets in Europe - A 2030 case study. *Energy Strateg. Rev.* 24, 111–120. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.003>
  120. Osório, G.J., Shafie-Khah, M., Coimbra, P.D.L., Lotfi, M., Catalão, J.P.S., 2018. Distribution system operation with electric vehicle charging schedules and renewable energy resources. *Energies* 11. <https://doi.org/10.3390/en1113117>
  121. Owusu, P.A., Asumadu-sarkodie, S., 2016. CIVIL & ENVIRONMENTAL ENGINEERING | REVIEW ARTICLE A review of renewable energy sources , sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Eng.* 15, 1–14. <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990>
  122. Pachauri, R.K., 2014. Climate Change 2014 Synthesis Report.
  123. Planton, S., Déqué, M., Chauvin, F., Terray, L., 2008. Expected impacts of climate change on extreme climate events 340, 564–574. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2008.07.009>
  124. Poplavskaia, K., de Vries, L., 2019. Distributed energy resources and the organized balancing market: A symbiosis yet? Case of three European balancing markets. *Energy Policy* 126, 264–276. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.11.009>
  125. Power NI Energy, 2019. Economy 7 - Low cost electricity during the night [WWW Document]. URL <https://powerni.co.uk/plan-prices/plans/Economy7/> (accessed 12.27.19).
  126. ΡΑΕ, 2020a. ΑΠΟΦΑΣΗ ΡΑΕ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ . 675 / 2020 α ) Επί των οριστικών αποτελεσμάτων της Ηλεκτρονικής Δημοπρασίας της 2ας Απριλίου 2020 , σύμφωνα με την υπ' αριθμ . 1 / 2020 Προκήρυξη για τη διενέργεια Κοινής Ανταγωνιστικής Διαδικασίας υποβολής προσφορών για σταθμούς 1–9.
  127. ΡΑΕ, 2020b. ΑΠΟΦΑΣΗ ΡΑΕ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ . 1142 / 2020 α ) Επί των οριστικών αποτελεσμάτων των Ηλεκτρονικών Δημοπρασιών της 27 ης Ιουλίου 2020 σύμφωνα με τις υπ' αριθμ . 2 / 2020 και 3 / 2020 Προκηρύξεις για τη διενέργεια Ανταγωνιστικών Διαδικασιών υποβολής προσφορών για 1–16.
  128. ΡΑΕ, 2019a. ΑΠΟΦΑΣΗ ΡΑΕ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ . 436 / 2019 α ) Επί των οριστικών αποτελεσμάτων της Ηλεκτρονικής Δημοπρασίας της 15 ης Απριλίου 2019 σύμφωνα με την υπ' αριθμ . 1 / 2019 Προκήρυξη για τη διενέργεια Κοινής Ανταγωνιστικής Διαδικασίας υποβολής προσφορών για σταθμούς 1–8.
  129. ΡΑΕ, 2019b. ΑΠΟΦΑΣΗ ΡΑΕ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ . 828 / 2019 Διενέργεια δύο ( 2 ) Ανταγωνιστικών Διαδικασιών υποβολής προσφορών για σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 παρ . 5 του ν . 4414 / 2016 Λαμβάνοντα 2016, 1–11.
  130. ΡΑΕ, 2018a. ΑΠΟΦΑΣΗ ΡΑΕ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ . 1230 / 2018 α ) Επί των οριστικών αποτελεσμάτων των Ηλεκτρονικών Δημοπρασιών της 10 ης Δεκεμβρίου 2018 σύμφωνα με τις υπ' αριθμ . 4 / 2018 και 6 / 2018 Προκηρύξεις για τη διενέργεια Ανταγωνιστικών Διαδικασιών υποβολής προσφορών γι 1–37.
  131. ΡΑΕ, 2018b. ΑΠΟΦΑΣΗ ΡΑΕ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ . 649 / 2018 α ) Επί των οριστικών αποτελεσμάτων των Ηλεκτρονικών Δημοπρασιών της Προκηρύξεις για τη διενέργεια Ανταγωνιστικών Διαδικασιών υποβολής προσφορών για σταθμούς ΑΠΕ για τις Κατηγορίες I , II και III αντίστοιχα και επί των 1–30.
  132. ΡΑΕ, 2016. ΑΠΟΦΑΣΗ ΡΑΕ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ . 570 / 2016 Επί των οριστικών αποτελεσμάτων της Ηλεκτρονικής Δημοπρασίας της 12 ης Δεκεμβρίου 2016 , και επί της υπ' αριθμ . πρωτ . ΡΑΕ I - 215192 / 12 . 12 . 2016 ένστασης της εταιρείας « PRIME ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ 1–17.
  133. Randall, C., 2019. Spain subsidising electric mobility with €45 million [WWW Document]. *Electrive*. URL <https://www.electrive.com/2019/02/27/spain-subsidizing-electric-mobility-with-e45-million/>
  134. Red Eléctrica de España, 2019a. Real-time demand and generation [WWW

- Document]. URL <https://www.ree.es/en/activities/realtime-demand-and-generation> (accessed 11.25.19).
135. Red Eléctrica de España, 2019b. Spanish Peninsula - Electricity demand tracking in real time [WWW Document]. URL [Spanish Peninsula - Electricity demand tracking in real time](https://www.ree.es/en/activities/realtime-demand-and-generation)
  136. RTE, 2019. Electricity report 2019.
  137. RTE, 2018. Electricity report 2018 178.
  138. Saebi, J., Taheri, H., Mohammadi, J., Nayer, S.S., 2010. Demand bidding/buyback modeling and its impact on market clearing price. 2010 IEEE Int. Energy Conf. Exhib. EnergyCon 2010 791–796. <https://doi.org/10.1109/ENERGYCON.2010.5771788>
  139. Salami, A., Farsi, M.M., 2015. Demand side management using direct load control for residential and industrial areas. 2015 Int. Congr. Electr. Ind. Autom. ICEIA 2015 11–16. <https://doi.org/10.1109/ICEIA.2015.7165839>
  140. Sandelic, M., Stroe, D.I., Iov, F., 2018. Battery storage-based frequency containment reserves in large wind penetrated scenarios: A practical approach to sizing. *Energies* 11. <https://doi.org/10.3390/en11113065>
  141. Selectra, 2019. Nightsaver 2019: storage heaters, meter & cheap electricity [WWW Document]. URL <https://selectra.ie/energy/guides/billing/nightsaver> (accessed 12.23.19).
  142. Ślusarczyk, B., 2020. Chapter 10 - Electromobility for sustainable transport in Poland, in: Tvaronavičienė, M., Ślusarczyk, B.B.T.-E.T.T.S. (Eds.), . Elsevier, pp. 199–218. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817688-7.00010-0>
  143. Solanke, T.U., Ramachandramurthy, V.K., Yong, J.Y., Pasupuleti, J., Kasinathan, P., Rajagopalan, A., 2020. A review of strategic charging–discharging control of grid-connected electric vehicles. *J. Energy Storage* 28, 101193. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101193>
  144. Sovacool, B.K., Lipson, M.M., Chard, R., 2019. Temporality, vulnerability, and energy justice in household low carbon innovations. *Energy Policy* 128, 495–504. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.01.010>
  145. Stagnaro, C., Leoni, I.B., 2019. Second-generation smart meter roll-out in Italy : A cost-benefit analysis 1–7.
  146. Statista, 2019. Number of electric passenger cars on the road in Belgium from 2008 to 2019 [WWW Document]. URL <https://www.statista.com/statistics/698294/number-of-electric-passenger-cars-in-use-in-belgium/>
  147. Stenner, K., Frederiks, E.R., Hobman, E. V., Cook, S., 2017. Willingness to participate in direct load control: The role of consumer distrust. *Appl. Energy* 189, 76–88. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.10.099>
  148. Swinand, G.P., Natraj, A., O’Mahoney, A., 2016. The European Target Model and the impact of implicit auctions on interconnection capacity prices. *Int. Conf. Eur. Energy Mark. EEM* 2016-July. <https://doi.org/10.1109/EEM.2016.7521357>
  149. Team, A., Baffert, C., 2015. Energy poverty and vulnerable consumers in the energy sector across the EU: analysis of policies and measures. *Policy* 2.
  150. Thies, F., 2017. Decentralised Electricity : Demand Response in Europe.
  151. Torriti, J., Hassan, M.G., Leach, M., 2010. Demand response experience in Europe : Policies , programmes and implementation Demand response experience in Europe : Policies , programmes and implementation. *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.05.021>
  152. U.S. Department of Energy, 2006. BENEFITS OF DEMAND RESPONSE IN ELECTRICITY MARKETS AND RECOMMENDATIONS FOR ACHIEVING THEM - A report to the United States Congress Pursuant to Section 1252 of the Energy Policy Act of 2005.
  153. U.S. Global Change Research Program, 2019. Rate of global sea level rise is

- increasing [WWW Document]. URL <https://www.globalchange.gov/browse/indicators/global-sea-level-rise> (accessed 1.2.20).
154. Vallés, M., Reneses, J., Cossent, R., Frías, P., 2016. Regulatory and market barriers to the realization of demand response in electricity distribution networks: A European perspective. *Electr. Power Syst. Res.* 140, 689–698. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2016.04.026>
  155. Van Dievel, P., De Vos, K., Belmans, R., 2014. Demand response in electricity distribution grids: Regulatory framework and barriers. *Int. Conf. Eur. Energy Mark. EEM* 1–5. <https://doi.org/10.1109/EEM.2014.6861286>
  156. Vekony, A.T., 2019. Mapped: Impact of Climate Change on European Countries [WWW Document]. GREENMATCH. URL <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2019/04/climate-change-europe#map-climate-change> (accessed 1.26.20).
  157. Weck, M.H.J., van Hooff, J., van Sark, W.G.J.H.M., 2017. Review of barriers to the introduction of residential demand response: a case study in the Netherlands. *Int. J. Energy Res.* 41, 790–816. <https://doi.org/10.1002/er.3683>
  158. Wikipedia, 2020. Cost of electricity by source [WWW Document]. URL [https://en.wikipedia.org/wiki/Cost\\_of\\_electricity\\_by\\_source#cite\\_note-BNEF2020-2](https://en.wikipedia.org/wiki/Cost_of_electricity_by_source#cite_note-BNEF2020-2)
  159. Wu, Y.K., Tang, K.T., 2019. Frequency support by demand response – Review and analysis. *Energy Procedia* 156, 327–331. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.150>
  160. Yang, C.J., 2017. Opportunities and barriers to demand response in China. *Resour. Conserv. Recycl.* 121, 51–55. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.11.015>
  161. Yu, R., Zhai, P., Chen, Y., 2018. ScienceDirect Facing climate change-related extreme events in megacities of China in the context of 1 . 5 C global warming. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 30, 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.03.008>
  162. Zancanella, P., Bertoldi, P., 2009. Why is demand response not implemented in the EU? Status of demand response and recommendations to allow demand response to be fully integrated in energy markets 457–466.
  163. ΑΔΜΗΕ, 2020a. Ο μετασχηματισμός της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. [WWW Document]. URL <https://www.admie.gr/agora/genika/perigrافي> (accessed 9.13.20).
  164. ΑΔΜΗΕ, 2020b. Εξισορρόπηση Συστήματος [WWW Document]. URL <https://www.admie.gr/agora/genika/eksisorropisi-systimatos> (accessed 9.6.20).
  165. ΑΔΜΗΕ, 2019. Κώδικας Διαχείρισης του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας.
  166. ΑΔΜΗΕ, 2014. Δεκαετής πρόγραμμα ανάπτυξης συστήματος μεταφοράς 2015-2024.
  167. ΔΕΔΔΗΕ, 2019. 2η ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ σε εφαρμογή των διατάξεων της Υπουργικής Απόφασης ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382 [WWW Document]. URL <https://www.deddie.gr/el/themata-stathmon-ape-sithia/fv-apo-autoparagwgous-me-energeiako-sumpsifismo-ne/anakoinoseis-net-metering/anakoinosi-efarmogi-ypourgikis-apofasis-15084/> (accessed 12.30.19).
  168. EAFO, 2020. European Alternative Fuels Observatory: Incentives and Legislation [WWW Document]. *Eur. Altern. Fuels Obs.* URL <https://www.eafo.eu/countries/european-union/23640/incentives> (accessed 3.25.20).
  169. ΕΛΙΝΗΟ, 2020a. Η χρησιμότητα των αναφορτιζόμενων υβριδικών – ηλεκτρικών αυτοκινήτων (PHEV) [WWW Document]. URL <https://www.heliev.gr/η-χρησιμότητα-των-αναφορτιζόμενων-υβ/> (accessed 10.25.20).
  170. ΕΛΙΝΗΟ, 2020b. Μήπως η ανάγκη για μεγάλες αυτονομίες έχει υπερεκτιμηθεί;

- Μήπως δεν χρειαζόμαστε ηλεκτρικά αυτοκίνητα των 800 χιλιομέτρων; [WWW Document]. URL <https://www.heliev.gr/μήπως-η-ανάγκη-για-μεγάλες-αυτονομίες/> (accessed 10.25.20).
171. ΕΣΕΚ, 2019. Εθνικό σχέδιο για την Ενέργεια και το κλίμα, Νοέμβριος 2019. Αθήνα.
  172. ΕΧΕ, 2019. Κανονισμός Ενεργειακής Χρηματοπιστωτικής Αγοράς.
  173. Ζησίου, Α., 2019. Η Επεξεργασία των Ενεργειακών Δεδομένων στα Πλαίσια της Επιστημονικής Έρευνας μετά την θέση σε ισχύ του Γενικού Κανονισμού Προστασίας Προσωπικών Δεδομένων.
  174. ΙΟΒΕ, 2019. ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΙΣ ΟΔΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ - ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ. Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών Statista, 2019. Number of electric passenger cars.
  175. ΡΑΕ, 2018. ΑΠΟΦΑΣΗ ΡΑΕ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 1090/2018: "Έγκριση του Κανονισμού Αγοράς Εξισορρόπησης, σύμφωνα με τα άρθρα 17 και 18 του Ν. 4425/2016 (ΦΕΚ Α' 185), όπως ισχύει".
  176. ΡΑΕ, 2020. Ανακοίνωση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας αναφορικά με την έναρξη των αγορών Target Model - 11.09.2020 [WWW Document]. URL [http://www.rae.gr/site/categories\\_new/about\\_rae/factsheets/2020/gen/1109.csp](http://www.rae.gr/site/categories_new/about_rae/factsheets/2020/gen/1109.csp) (accessed 9.13.20).
  177. ΡΑΕ, 2007. Μεθοδολογία προσδιορισμού περιθωρίων ΑΠΕ σε κορεσμένα δίκτυα.
  178. ΥΠΕΚΑ, 2012. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΡΟΠΩΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.
  179. ΦΕΚ 142Α, 2020. Ν.4710: "Πρώθηση της ηλεκτροκίνησης και άλλες διατάξεις (ΦΕΚ 142Α/23.07.2020). Ελλάδα.
  180. ΦΕΚ 143Α, 2015. Ν.4342/2015: Συνταξιοδοτικές ρυθμίσεις, ενσωμάτωση στο Ελληνικό Δίκαιο της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Οκτωβρίου 2012 «Για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των Οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και . Ελλάδα.
  181. ΦΕΚ 156Α, 2014. Ν.4277/2014: Νέο Ρυθμιστικό Σχέδιο Αθήνας – Αττικής και άλλες διατάξεις. Ελλάδα.
  182. ΦΕΚ 185Α, 2016. Ν.4425/2016:Επείγουσες ρυθμίσεις των Υπουργείων Οικονομικών, Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων και Εργασίας, Κοινωνικής Ασφάλισης και Κοινωνικής Αλληλεγγύης για την εφαρμογή της συμφωνίας δημοσιονομικών στόχων και διαρθρωτικ. Ελλάδα.
  183. ΦΕΚ 1880Β, 2018. Απόφαση ΡΑΕ 369/2018: Κατευθύνσεις για την κατάρτιση των Κανονισμών των Αγορών Ηλεκτρικής Ενέργειας που προβλέπονται στον ν. 4425/2016, ως ισχύει.
  184. ΦΕΚ 201Α, 2019. Ν.4646/2019: Φορολογική μεταρρύθμιση με αναπτυξιακή διάσταση για την Ελλάδα του αύριο.
  185. ΦΕΚ 2040Β, 2019. Κ.Υ.Α. 42863/438: Καθορισμός των όρων, των προϋποθέσεων και των τεχνικών προδιαγραφών για την εγκατάσταση συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων (σημεία επαναφόρτισης), στις εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης οχημάτων, σε δημοσίως προσβάσιμα. Ελλάδα.
  186. ΦΕΚ 222Α, 2016. Ν.4439/2016: Ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία της Οδηγίας 2014/94/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Οκτωβρίου 2014 για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, απλοποίηση διαδικασίας αδειοδότησης και άλλες διατάξεις πρ.τ. Ελλάδα.
  187. ΦΕΚ 22Α, 2014. Ν. 4233/2014: Εθνική Αρχή Συντονισμού Πτήσεων και άλλες διατάξεις.
  188. ΦΕΚ 2307Β, 2018. Απόφαση ΡΑΕ υπ' αρ.509/2018: Έγκριση του Κώδικα του Διαχειριστή ΑΠΕ και Εγχειρίστων Προέλευσης σύμφωνα με την παρ. 3 του άρθρου 117Ε του ν. 4001/2011 (ΦΕΚ Α' 179/ 22.08.2011).
  189. ΦΕΚ 3323Β, 2020. ΥΠΕΝ/ΕΣΠΑΕΝ/77472/520: Προκήρυξη Της Δράσης

- «Κινουμαι Ηλεκτρικα» (Φεκ Β-3323/07.08.2020).
190. ΦΕΚ 4512Α, 2018. Ν. 4512/2018: "Ρυθμίσεις για την εφαρμογή των Διαρθρωτικών Μεταρρυθμίσεων του Προγράμματος Οικονομικής Προσαρμογής και άλλες διατάξεις."
  191. ΦΕΚ 5910Β, 2018. Απόφαση ΡΑΕ υπ' αρ. 1090/2018: Έγκριση του Κανονισμού Αγοράς Εξισορρό- πησης, σύμφωνα με τα άρθρα 17 και 18 του ν. 4425/2016 (ΦΕΚ Α' 185), όπως ισχύει.
  192. ΦΕΚ 5914Β/2018, 2018. Απόφαση ΡΑΕ υπ' αρ. 1116/2018: Έγκριση του Κανονισμού λειτουργίας της Αγοράς Επόμενης Ημέρας και της Ενδοημερήσιας Αγοράς, σύμφωνα με τα άρθρα 9, 10 και 18 του ν. 4425/2016 (ΦΕΚ Α' 185), ως ισχύει.
  193. ΦΕΚ 759Β, 2019. ΚΥΑ ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382: Εγκατάσταση σταθμών παραγωγής από αυτο- παραγωγούς με εφαρμογή ενεργειακού συμψη- φισμού ή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρου 14Α του ν. 3468/2006, όπως ισχύει, και από Ενεργειακές Κοινότητες με εφαρμογή εικο. Ελλάδα.
  194. ΦΕΚ 9Α, 2018. Ενεργειακές Κοινότητες και άλλες διατάξεις.
  195. ΦΕΚ149Α, 2016. Ν.4414/2016: "Νέο Καθεστώς Στήριξης Των Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας Από Απε Και Σηθια - Διατάξεις Για Το Νομικό Και Λειτουργικό Διαχωρισμό Των Κλάδων Προμήθειας Και Διανομής Στην Αγορά Του Φυσικού Αερίου Και Άλλες Διατάξεις."
  196. ΦΕΚ50Β, 2015. ΚΥΑ 71287/6443 Καθορισμός των όρων, προϋποθέσεων και τεχνικών προδιαγραφών συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων, για την εγκατάσταση αυτών σε υφιστάμενα ή υπό αδειοδότηση «Πρατήρια παροχής Καυσίμων και Ενέργειας», σε υφιστάμενα υπό αδειοδ. Ελλάδα.
  197. Φιλιππούλου, Ό., 2019. Η εφαρμογή του Μοντέλου Στόχου (EU Target Model).
  198. Ψωμάς, Σ., 2019. Τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα στην αγορά φωτοβολταϊκών.