

ΔΟΥΚΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



Η Διαμόρφωση των Τιμών
Ηλεκτρικής Ενέργειας: Το θεσμικό
πλαίσιο, ο ρόλος του Market
Coupling και η Γεωπολιτική
Επιρροή στις Τιμές Ηλεκτρισμού

Τομέας: ΑΚΕΔ

Επιβλέπουσα: Τζαννίνη Ευγενία, Καθηγήτρια ΕΜΠ

Αθήνα 2024

--- κενή σελίδα ---

Υπεύθυνη δήλωση για λογοκλοπή και για κλοπή πνευματικής ιδιοκτησίας:

Έχω διαβάσει και κατανοήσει τους κανόνες για τη λογοκλοπή και τον τρόπο σωστής αναφοράς των πηγών που περιέχονται στον οδηγό συγγραφής Διπλωματικών Εργασιών. Δηλώνω ότι, από όσα γνωρίζω, το περιεχόμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι προϊόν δικής μου εργασίας και υπάρχουν αναφορές σε όλες τις πηγές που χρησιμοποίησα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτή τη Διπλωματική εργασία είναι του συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Δούκας Νικόλαος

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	11
Λέξεις κλειδιά	12
Abstract	12
Keywords	13
Ευχαριστίες	13
Εισαγωγή	14
1. Δομή των Αγορών Ηλεκτρικής Ενέργειας	16
1.1. Ιστορική Προσέγγιση.....	16
1.2 Αγορές OTC	17
1.2.1. Διμερείς συμβάσεις	17
1.3 Συμβάσεις Μελλοντικής Εκπλήρωσης	18
1.4 Αγορές Επόμενης Ημέρας ή Ωρας	18
1.5 Ενδοημερήσια Αγορά.....	19
1.6 Αγορά εξισορρόπησης	19
2. Η εξέλιξη της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη και την Ελλάδα	20
2.1 Παραδοσιακό Μοντέλο Λειτουργίας	20
2.2 Ανταγωνισμός στη χονδρεμπορική και λιανική αγορά ενέργειας	22
2.3 Ευρωπαϊκό Μοντέλο Αγοράς – Μοντέλο Στόχος (Target Model)	25
2.4. Ευρωπαϊκοί στόχοι και κανονιστικό πλαίσιο για την Ενεργειακή ασφάλεια ...	28
2.4.1. Κλιματική Ουδετερότητα & διείσδυση των ΑΠΕ.....	28
2.4.2. Βελτίωση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού	30
2.4.3 Εξελίξεις στη σύζευξη της ευρωπαϊκής αγοράς (Αγορά Σύζευξης).....	31
2.4.4 Ενίσχυση των εξωτερικών ενεργειακών σχέσεων.....	31
2.5 Ο μετασχηματισμός της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.....	32
2.6 Βασικοί Συμμετέχοντες στο Χρηματιστήριο Ενέργειας	36
2.6.1 Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας	38

2.6.2 Διαχειριστής ΑΠΕ και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ.ΑΕ.).....	38
2.6.3 Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ Α.Ε.).....	39
2.6.4 Το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας (EXE Α.Ε.).....	39
2.6.5 Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.).....	39
3 Θεσμικό πλαίσιο και ολοκλήρωση της αγοράς στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και την ΕΕ.....	41
3.1. Ανάλυση του θεσμικού πλαισίου για την ολοκλήρωση της αγοράς.....	41
3.2 Το θεσμικό πλαίσιο ΑΠΕ.....	44
4. Παραγωγή και ανάλυση των τιμών χονδρικής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορα τμήματα της αγοράς	47
4.1. Διαμόρφωση των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας.....	47
4.1.1. Ρόλος της δυναμικής της προσφοράς και της ζήτησης	47
4.1.2. Εξέταση του μείγματος παραγωγής και του κόστους καυσίμου	48
4.1.3. Επίδραση των ρυθμιστικών πολιτικών και των επιδοτήσεων	49
4.1.4. Ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	50
4.1.5. Ανταγωνισμός στην αγορά και μηχανισμοί ανίχνευσης τιμών	51
4.2. Τμήματα αγοράς για τη διαπραγμάτευση ηλεκτρικής ενέργειας.....	53
4.2.1. Προθεσμιακή αγορά (Forward Market)	54
4.2.2. Ημερήσια Αγορά (Day-Ahead market)	57
4.2.3. Ενδοημερήσια αγορά (Intraday Market)	58
4.2.4. Αγορά εξισορρόπησης ενέργειας (Balancing energy market).....	61
4.3. Περιορισμοί συνάφειας	63
4.4. Στρατηγικές αποκλίσεις και ισορροπία στις ενδοημερήσιες αγορές και στις αγορές ανισορροπίας.....	64
4.5. Μελλοντικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη.....	66

4.6. Εξέλιξη των μέσων τιμών ηλεκτρικής ενέργειας.....	68
5. Σύζευξη της αγοράς (Market Coupling).....	72
5.1 Στρατηγικές Σύζευξης Ηλεκτρικών Ενεργειακών Αγορών	73
5.1.1 Σύζευξη της Αγοράς Επόμενης Ημέρας (SDAC).....	73
5.1.2 Σύζευξη τιμών περιοχών (PCR)	74
5.1.3. Ενδοημερήσια σύζευξη (SIDC).....	75
5.1.4 Σύζευξη της αγοράς με βάση τις ροές (Flow Based Market Coupling)	76
5.2.1. Ρόλος των ρυθμιστικών αρχών και διασυνοριακή συνεργασία	79
5.3. Οφέλη της σύζευξης της αγοράς.....	80
5.3.1 Έσοδα απο Συμφόρηση (Congestion Income)	82
5.3.2 Μελέτες Περίπτωσης: Λατινική Αμερική και Ευρώπη.....	83
5.4. Προκλήσεις και προβληματισμοί κατά την εφαρμογή της σύζευξης της αγοράς	83
5.4.1 Συγχρονισμός των δικτύων.....	83
5.4.2 Συγκέντρωση Ισχύος, Ενεργειακή Ασφάλεια, Δεδομένα και Πολιτική.....	84
5.5. Παραδείγματα σύζευξης αγοράς: Η περίπτωση Ελλάδας-Ιταλίας	84
5.5.1. Διασυνοριακοί μηχανισμοί διαπραγμάτευσης και δημοπρασίες.....	85
5.5.2 Σύγκλιση Τιμών.....	86
5.5.3. Επιπτώσεις στην ενεργειακή ασφάλεια και την αξιοποίηση των πόρων ...	88
6. Πως Επηρεάζεται η Τιμή της Ηλεκτρικής Ενέργειας Γεωπολιτικά σε Ελλάδα και Ευρώπη	89
6.1 Επίδραση των Γεωπολιτικών Κινδύνων και της Οικονομικής Αβεβαιότητας στην Αγορά Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	91
6.2 Η επίδραση της Ρωσικής εισβολής στην Ουκρανία στη Γεωπολιτική της ενέργειας και στην ενεργειακή μετάβαση.....	92
6.2.1 Το "κεντρικό" σενάριο	94
6.2.2 Το σενάριο "Εντάσεις"	95

6.2.3 Το σενάριο "Ανακούφιση"	96
6.3 Επέκταση των σεναρίων τιμών ηλεκτρικής ενέργειας έως το 2060	96
Συμπέρασμα.....	99
Βιβλιογραφία	100

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Εμπορία, Εκκαθάριση, Λειτουργική υποστήριξη στις "Spot Markets" και "Derivative Markets"	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 2 : Παραδοσιακό μοντέλο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.....	20
Εικόνα 3: Μοντέλο διαφοροποίησης του παραδοσιακού μοντέλου παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας	21
Εικόνα 4: Καθετοποιημένη εταιρεία κοινής ωφέλειας σε συνεργασία με ανεξάρτητους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας (IPP)	22
Εικόνα 5: Συνολική δομή μοντέλου ηλεκτρικής ενέργειας.....	23
Εικόνα 6: Το σχήμα της Ηλεκτρικής αγοράς παρουσία εταιρειών λιανικής πώλησης	25
Εικόνα 7: Γενική απεικόνιση Target Model	27
Εικόνα 8: Πορεία εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο σενάριο «1,5 °C»	28
Εικόνα 9: Ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας.....	29
Εικόνα 10: Εξέλιξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	33
Εικόνα 11: Εξέλιξη του μεριδίου αγοράς της ΔΕΗ.....	34
Εικόνα 12: Μεριδία αγοράς για εγχώριο φορτίο ανά συμμετέχοντα στην αγορά.....	34
Εικόνα 13: Ενεργειακό Μείγμα Παραγωγής Ελλάδα 2022	35
Εικόνα 14: Ιστορικά Στοιχεία και Πρόβλεψη Συνολικής Ετήσιας Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα (GWh)	36
Εικόνα 16: Βασικοί Συμμετέχοντες στο Χρηματιστήριο Ενέργειας.....	37
Εικόνα 15: Ακολουθία των αγορών, μαζί με τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε αγοράς.	40
Εικόνα 16: Νέο Ρυθμιστικό Πλαίσιο - Κατευθύνσεις και Ρυθμιστικά Κείμενα.....	43

Εικόνα 17: Το χρηματιστηριακό μοντέλο οργάνωσης και οι εκκαθαριστές των συναλλαγών.....	44
Εικόνα 18: Ετήσια Παραγόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (Δεδομένα ΛΑΓΗΕ).	46
Εικόνα 19: Καμπύλη προσφοράς και ζήτησης για το Χρηματιστήριο Ενέργειας	48
Εικόνα 20: Μίξη του όγκου της προσφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ανά ημέρα τον Αύγουστο 2024 και ανα μήνα το έτος 2023 στην ελληνική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.	49
Εικόνα 21: Διαμόρφωση της Τιμής Εκκαθάρισης της Αγοράς (MCP) βάσει της Merit Order	51
Εικόνα 22: Η Επίδραση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Μείωση της Τιμής Εκκαθάρισης μέσω του Merit Order Effect	52
Εικόνα 23: Τμήματα αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.	54
Εικόνα 24: Εξέλιξη των τιμών εκκαθάρισης για τα στην αγορά παραγωγών κατά το έτος 2023	55
Εικόνα 25: Εξέλιξη των όγκων συναλλαγών ΣΜΕ κατά το έτος 2023	56
Εικόνα 26: Κριτήριο εκτέλεσης προσφορών αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας	58
Εικόνα 27: Χρονικά «Παράθυρα» κάθε αγοράς.....	60
Εικόνα 28: Σχέση τιμών μεταξύ της ημερήσιας αγοράς και της αγοράς εξισορρόπησης ισχύος.....	62
Εικόνα 29: Ετήσιες τιμές βασικού φορτίου και εύρος διακύμανσης των εθνικών επιμέρους αγορών για επιλεγμένες χώρες της Ευρώπης κατά μέσο όρο	69
Εικόνα 30: Οι επτά τοπικές αγορές ηλεκτρικής ενέργειας του ERGEG	73
Εικόνα 31: Χώρες που συμμετέχουν στο PCR	75
Εικόνα 32: Εξέλιξη των μέγιστων μέσων εισαγωγικών και εξαγωγικών δυνατοτήτων σε μηνιαία βάση για τις ζώνες υποβολής) στην Κεντρική Δυτική Ευρώπη και στην ευρύτερη περιοχή Core.	77
Εικόνα 33: Πλεόνασμα των καταναλωτών, των παραγωγών και του διασυνδετήριου συστήματος μεταξύ δύο χωρών που συμμετέχουν σε μια διασυνοριακή αγορά	78
Εικόνα 33: Εξέλιξη των συμμετεχόντων στην αγορά Συνεχούς Διαπραγμάτευσης ...	79
Εικόνα 34 :Οφέλη του Market Coupling.....	81

Εικόνα 35:	82
Ετήσιο Εισόδημα από Συμφόρηση ανά Κράτος Μέλος και Ετήσια Μεταβολή, 2021-2022 (Εκατ. EUR και %)	82
Εικόνα 36: "Μηνιαία Τιμή Εκκαθάρισης Αγοράς Επόμενης Ημέρας για την Ελλάδα, την Ιταλία (PUN) και τη Βουλγαρία"	85
Εικόνα 37: Σύγκλιση τιμών στην Αγοράς Επόμενης Ημέρας για Ελλάδα, και Ιταλία 2022	87
Εικόνα 38: Σύγκλιση τιμών στην Αγοράς Επόμενης Ημέρας για Ελλάδα, και Ιταλία 2023	88
Εικόνα 39 : Τιμές Ενέργειας πριν και μετά την εισβολή στην Ουκρανία	94

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη αναλύει την εξέλιξη των ενεργειακών αγορών, εστιάζοντας στην πολυπλοκότητα των εξωχρηματιστηριακών αγορών, όπως οι διμερείς συμβάσεις και οι spot αγορές, καθώς και τους μηχανισμούς εξισορρόπησης που διασφαλίζουν την ισορροπία προσφοράς και ζήτησης ενέργειας. Επιπλέον, εξετάζεται η ελληνική αγορά ενέργειας, με έμφαση στην εξωτερική ενεργειακή διασύνδεση και την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενώ αναλύονται οι θεσμικές δομές και το νομοθετικό πλαίσιο που επιβλέπουν την ολοκλήρωση της αγοράς.

Σημαντικό μέρος της ανάλυσης αφορά τη χονδρική τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας, επηρεαζόμενη από παράγοντες όπως η προσφορά, η ζήτηση, το κόστος καυσίμων, οι ρυθμιστικές πολιτικές και οι επιδοτήσεις. Εξετάζονται οι αγορές προθεσμιακών, ημερήσιων, ενδοημερήσιων και εξισορρόπησης, με έμφαση στους στρατηγικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία τους.

Ένα βασικό θέμα της μελέτης είναι η σύζευξη των αγορών, με έμφαση στη διασυνοριακή συνεργασία και εναρμόνιση, καθώς και στη σύγκλιση τιμών, όπως καταδεικνύεται στην περίπτωση Ελλάδας-Ιταλίας.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην επίδραση των γεωπολιτικών παραγόντων στις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και την Ευρώπη, λαμβάνοντας υπόψη τις γεωπολιτικές εντάσεις, όπως η κρίση Ρωσίας-Ουκρανίας. Αναδεικνύεται η ανάγκη διαφοροποίησης των ενεργειακών πηγών και η επίδραση της γεωπολιτικής στην ενεργειακή ασφάλεια, καθώς και ο ρόλος των διεθνών σχέσεων στη διαμόρφωση των ενεργειακών πολιτικών.

Λέξεις κλειδιά

Ενεργειακές αγορές, μηχανισμοί εξισορρόπησης, εξέλιξη της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, Ευρωπαϊκοί ενεργειακοί στόχοι, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Abstract

The present study analyzes the evolution of energy markets, focusing on the complexity of over-the-counter (OTC) markets, such as bilateral contracts and spot markets, as well as the balancing mechanisms that ensure the equilibrium of energy supply and demand. In addition, the Greek energy market is examined, with emphasis on external energy interconnection and the integration of renewable energy sources, while the institutional structures and regulatory frameworks that oversee market integration are analyzed.

A significant part of the analysis concerns the wholesale pricing of electricity, which is influenced by factors such as supply, demand, fuel costs, regulatory policies, and subsidies. Futures, day-ahead, intraday, and balancing markets are examined, with an emphasis on the strategic factors that affect their operation.

A key topic of the study is market coupling, with a focus on cross-border cooperation and harmonization, as well as price convergence, as demonstrated in the Greece-Italy case.

Emphasis is placed on the impact of geopolitical factors on electricity prices in Greece and Europe, considering geopolitical tensions, such as the Russia-Ukraine crisis. The need for diversification of energy sources and the influence of geopolitics on energy security is highlighted, as well as the role of international relations in shaping energy policies.

Keywords

Energy Markets, Balancing Mechanisms, Electricity Market Evolution, European Energy Objectives, Renewable Energy Sources.

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα μου, κ. Τζαννίνη, και την κ. Μακρή, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν και την πολύτιμη καθοδήγησή τους καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας. Η συνεργασία μας υπήρξε καθοριστική για την επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής μου.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου, στους φίλους μου και στους ανωτέρους μου στο χώρο εργασίας μου, που με την αμέριστη υποστήριξή τους σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου, συνέβαλαν σημαντικά στην επίτευξη αυτού του στόχου.

Τέλος, θέλω να αφιερώσω αυτή τη διπλωματική στους παππούδες και τις γιαγιάδες μου, οι οποίοι μου μετέδωσαν θεμελιώδεις αξίες που αποτέλεσαν πηγή έμπνευσης καθ' όλη την πορεία της ζωής μου.

Εισαγωγή

Η εξέλιξη της ευρωπαϊκής αγοράς ενέργειας προς ένα ενοποιημένο και ολοκληρωμένο πλαίσιο έχει επηρεαστεί από μια πληθώρα παραγόντων, που περιλαμβάνουν την καθιέρωση μηχανισμών τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας και την εφαρμογή στρατηγικών σύζευξης της αγοράς. Η πορεία προς την εγκαθίδρυση μιας ενοποιημένης αγοράς ενέργειας στην Ευρώπη οριοθετήθηκε από μια σειρά τεχνολογικών εξελίξεων, ρυθμιστικών τροποποιήσεων και την προσπάθεια επίτευξης των ευρωπαϊκών στόχων που αφορούν την ενεργειακή ασφάλεια, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τη διατήρηση του περιβάλλοντος. Για να κατανοήσουμε πλήρως την περιπλοκότητα της διαμόρφωσης των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας, είναι απαραίτητο να αναγνωρίσουμε τα υποκείμενα τεχνικά χαρακτηριστικά που είναι συνυφασμένα με την ηλεκτρική ενέργεια ως εμπορεύσιμη οντότητα. Σε αντίθεση με τα συμβατικά εμπορεύματα, η ηλεκτρική ενέργεια διαθέτει την ιδιότητα ότι δεν μπορεί να αποθηκευτεί εύκολα, γεγονός που καθιστά αναγκαία την παραγωγή και την κατανάλωση σε πραγματικό χρόνο. Η ιδιαιτερότητα αυτού του φαινομένου παρουσιάζει πολυπλοκότητες στη διαδικασία προσδιορισμού της νομισματικής του αξίας, καθώς απαιτεί μια λεπτή ισορροπία μεταξύ των δυνάμεων της προσφοράς και της ζήτησης σε ένα δυναμικό χρονικό πλαίσιο. Σε όλη τη διάρκεια της ιστορίας, έχει παρατηρηθεί ότι οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας υπόκεινται σε ρύθμιση, όπου ο καθορισμός των τιμών ανατίθεται σε κυβερνητικές οντότητες. Ωστόσο, υπό το πρίσμα των διαδικασιών απελευθέρωσης και απορρύθμισης του κλάδου, υπήρξε μια μετατόπιση προς τη δημιουργία ανταγωνιστικών αγορών που αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια την εσωτερική αξία της ηλεκτρικής ενέργειας. Η προαναφερθείσα εξέλιξη είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία αγορών χονδρικής όπου η ηλεκτρική ενέργεια ανταλλάσσεται μεταξύ διαφόρων οντοτήτων που συμμετέχουν στην αγορά, περιλαμβάνοντας παραγωγούς, προμηθευτές και εμπόρους. Στη χονδρική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρείται και εκτελείται πλήθος συναλλαγών διαφορετικής φύσης. Οι εξωχρηματιστηριακές (OTC) αγορές χρησιμεύουν ως πλατφόρμα για τη διευκόλυνση των διμερών συμβάσεων μεταξύ

των εμπλεκόμενων μερών, παρέχοντάς τους έτσι την ευελιξία να προσαρμόζουν τις συμφωνίες τους σύμφωνα τους δικούς τους όρους. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι οι αγορές spot, δηλαδή οι αγορές ημερήσιας ή ωριαίας ζήτησης, χρησιμεύουν ως μέσο για την ανταλλαγή ηλεκτρικής ενέργειας με άμεση παράδοση, αντικατοπτρίζοντας έτσι την επικρατούσα δυναμική της προσφοράς και της ζήτησης (Pfaffenberger, 2006). Προκειμένου να διατηρηθεί η ισορροπία μεταξύ της παραγωγής και της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας, έχει δημιουργηθεί μια αγορά εξισορρόπησης. Αυτή διευκολύνει την απόκτηση δυναμικότητας δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στους συμμετέχοντες στην αγορά να αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά τις αποκλίσεις μεταξύ των προγραμματισμένων και των πραγματοποιημένων συναλλαγών τους. Η αγορά εξισορρόπησης διαδραματίζει βασικό ρόλο στη διατήρηση της σταθερότητας του δικτύου και στη βελτιστοποίηση του ολιστικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκαθίδρυση μιας συνεκτικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας εντός των ορίων της Ευρώπης αποτελεί διαρκή στόχο για την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ). Για την επίτευξη αυτού του στόχου συνεπάγεται η καθιέρωση ενός τυποποιημένου μηχανισμού τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας στο σύνολο της ηπείρου. Η διαδικασία σύζευξης των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας και της αγοράς έχει συμβάλει καθοριστικά στη διευκόλυνση της μετάβασης προς μια ενιαία αγορά ενέργειας στην Ευρώπη (Pollitt, 2009).

1. Δομή των Αγορών Ηλεκτρικής Ενέργειας

1.1. Ιστορική Προσέγγιση

Η ιστορία των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας έχει διαμορφωθεί από σημαντικές τεχνολογικές και ρυθμιστικές αλλαγές. Στο παρελθόν, η παραγωγή και η διανομή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν κυρίως κεντροποιημένες και ελεγχόμενες από κρατικούς ή ιδιωτικούς μονοπωλιακούς οργανισμούς. Η τιμολόγηση και η διάθεση της ηλεκτρικής ενέργειας ρυθμιζόνταν αυστηρά από τις κυβερνήσεις και τις ρυθμιστικές αρχές, με την παραγωγή να προέρχεται από μεγάλους σταθμούς παραγωγής που χρησιμοποιούσαν κυρίως συμβατικά καύσιμα. Στις αρχές του 20ού αιώνα, η παραγωγή και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας ήταν καθετοποιημένη και οδηγούσε σε έλλειψη ανταγωνισμού και διαφάνειας. Με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη των τεχνολογιών, η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας άρχισε να απελευθερώνεται. Στις δεκαετίες του 1980 και του 1990, πολλές χώρες προχώρησαν σε απελευθέρωση και απορρύθμιση των αγορών ενέργειας, επιτρέποντας την είσοδο νέων παικτών και τη δημιουργία χονδρικών αγορών ενέργειας, με στόχο τη μείωση των τιμών, τη βελτίωση της αποδοτικότητας και την ενθάρρυνση της καινοτομίας. Σήμερα, οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν μέσω χονδρικών και λιανικών αγορών, όπου παραγωγοί, προμηθευτές και καταναλωτές συμμετέχουν ενεργά. Οι τιμές διαμορφώνονται με βάση την προσφορά και τη ζήτηση σε πραγματικό χρόνο, ενώ η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας διαδραματίζει ολοένα και σημαντικότερο ρόλο. Οι νέες τεχνολογίες, όπως τα έξυπνα δίκτυα, η αποθήκευση ενέργειας και οι πλατφόρμες συναλλαγών, έχουν συμβάλει στη βελτίωση της απόδοσης και της σταθερότητας των αγορών. Η διαδικασία της σύζευξης των αγορών ενισχύει την ενοποίηση, διευκολύνοντας τη διασυνοριακή εμπορία και βελτιστοποιώντας τη χρήση των ενεργειακών πόρων σε ευρωπαϊκό επίπεδο. (Gabriel, Conejo, Fuller, Hobbs, & Ruiz, 2012)

1.2 Αγορές OTC

Οι αγορές OTC είναι αγορές εκτός χρηματιστηρίου, όπου οι συναλλαγές πραγματοποιούνται απευθείας μεταξύ δύο μερών, χωρίς την επίβλεψη οργανωμένων αγορών ή χρηματιστηρίων. Αυτές οι αγορές προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία στις συμβαλλόμενες πλευρές να καθορίζουν τους όρους και τις συνθήκες των συναλλαγών τους, χωρίς τους αυστηρούς κανόνες των οργανωμένων αγορών.

1.2.1. Διμερείς συμβάσεις

Οι διμερείς συμβάσεις αποτελούν ιδιωτικές συμφωνίες μεταξύ δύο μερών για την πώληση και αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι συμβάσεις συνήθως καλύπτουν μεγάλες χρονικές περιόδους, που μπορεί να κυμαίνονται από μερικούς μήνες έως αρκετά χρόνια. Σε αντίθεση με τις δημοπρασίες στις χονδρικές αγορές ενέργειας, όπου οι τιμές καθορίζονται από τη συνολική προσφορά και ζήτηση, οι διμερείς συμβάσεις επιτρέπουν στους εμπλεκόμενους να διαπραγματεύονται τους όρους και τις τιμές ανεξάρτητα από τους φορείς της αγοράς. Οι διμερείς συμβάσεις χρησιμοποιούνται για την μείωση του κινδύνου που σχετίζεται με την διακύμανση των τιμών στις δημοπρασίες της αγοράς ενέργειας.

1.2.1.1 Πλεονεκτήματα Διμερών Συμβάσεων

- Σταθερή και εγγυημένη εισροή κεφαλαίων για τους παραγωγούς ΑΠΕ.
- Αντιστάθμιση του κινδύνου αύξησης των τιμών ενέργειας για τους καταναλωτές.
- Εναλλακτικός τρόπος χρηματοδότησης των έργων ΑΠΕ.
- Προαγωγή καθαρών μορφών ενέργειας και διαφοροποίηση του ανταγωνισμού, πιέζοντας τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας προς τα κάτω.

1.2.1.2 Κίνδυνοι Διμερών Συμβάσεων:

- Κίνδυνος όγκου: Αβεβαιότητα στην παραγόμενη ενέργεια λόγω ασάφειας μετεωρολογικών δεδομένων.
- Κίνδυνος τιμής: Αστάθεια τιμών ενέργειας που μπορεί να επηρεάσει τα έσοδα του πωλητή και τα έξοδα του αγοραστή.

- Νομικοί και κανονιστικοί κίνδυνοι: Αλλαγές στη νομοθεσία που μπορεί να επηρεάσουν τη βιωσιμότητα των συμβάσεων.

Διμερείς Συμβάσεις με φυσική παράδοση: Ο πωλητής παραδίδει την ηλεκτρική ενέργεια στον αγοραστή μέσω απευθείας σύνδεσης.

Εικονικές Διμερείς Συμβάσεις: Χρηματοοικονομικές συμβάσεις όπου δεν υπάρχει σύνδεση του αγοραστή με τη μονάδα παραγωγής, αλλά εμπλέκεται ένας πάροχος ενέργειας που αναλαμβάνει να παραλάβει την ηλεκτρική ενέργεια από τον παραγωγό και να την παραδώσει στον τελικό καταναλωτή.

(Dagoumas, 2019)

1.3 Συμβάσεις Μελλοντικής Εκπλήρωσης

Οι συμβάσεις μελλοντικής εκπλήρωσης είναι συμφωνίες για την αγορά ή την πώληση ενέργειας σε προκαθορισμένη τιμή και ποσότητα σε μελλοντική ημερομηνία. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την αντιστάθμιση κινδύνου και την κερδοσκοπία. Επιτρέπουν στους συμμετέχοντες να "κλειδώσουν" τις τιμές για μελλοντικές ημερομηνίες, μειώνοντας τον κίνδυνο των τιμών. Οι συμμετέχοντες μπορούν να αγοράζουν και να πωλούν συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης χωρίς να υπάρχει φυσική παράδοση της ενέργειας. Οι περισσότερες συναλλαγές κλείνουν με χρηματικό διακανονισμό. Επομένως πρόκειται για οργανωμένες χρηματιστηριακές αγορές όπου τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης διαπραγματεύονται μέσω χρηματιστηρίων που εξασφαλίζει τη διαφάνεια και την ασφάλεια των συναλλαγών. Τα συμβόλαια είναι τυποποιημένα με συγκεκριμένες προδιαγραφές όπως η ποσότητα της ενέργειας, η διάρκεια, και η τιμή.

1.4 Αγορές Επόμενης Ημέρας ή Ωρας

Η προημερήσια διαπραγμάτευση ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει την προμήθεια και την ανταλλαγή ηλεκτρικής ενέργειας την ημέρα πριν από τη φυσική παραγωγή και διανομή. Η διαπραγμάτευση για την επόμενη ημέρα πραγματοποιείται στην αγορά spot του χρηματιστηρίου ηλεκτρικής ενέργειας. Στις απελευθερωμένες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας, οι έμποροι, οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και οι μεγάλοι βιομηχανικοί ή εμπορικοί καταναλωτές ηλεκτρικής

ενέργειας πρέπει να διαχειρίζονται την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την κατανάλωση ή την πελατειακή τους βάση σε καθημερινή βάση για να επιτύχουν μια αρμονική κατανομή. Οι υπεύθυνοι εξισορρόπησης πόρων διαχειρίζονται αυτές τις δεξαμενές για να εξασφαλίσουν μια σταθερή ισορροπία μεταξύ της ηλεκτρικής ενέργειας που πωλείται/καταναλώνεται και της προσφερόμενης/παραγόμενης. (Vial, 2023)

1.5 Ενδοημερήσια Αγορά

Οι ενδοημερήσιες συναλλαγές στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας επιτρέπουν τη συνεχή ανταλλαγή ενέργειας εντός συγκεκριμένων χρονικών διαστημάτων 15 λεπτών, 1 ώρας και 2 ωρών. Η ανταλλαγή ενέργειας πραγματοποιείται συνήθως περίπου 30 λεπτά πριν από τη λήξη της ημέρας και περιλαμβάνει την παράδοση ηλεκτρικής ενέργειας σε προκαθορισμένη ώρα ή εντός συγκεκριμένου τετάρτου της ώρας (Philipsen, Morales-España, de Weerd, & de Vries, 2019)

1.6 Αγορά εξισορρόπησης

Η ελληνική αγορά εξισορρόπησης λειτουργεί με βάση ένα πλαίσιο κεντρικής κατανομής/μονάδας, όπου ο προγραμματισμός της παραγωγής και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και ο προγραμματισμός των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθορίζονται από τον ΑΔΜΗΕ στο πλαίσιο της Διαδικασίας Ολοκληρωμένου Προγραμματισμού. Ο πρωταρχικός στόχος του Ανεξάρτητου Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι να διασφαλίσει την παρουσία επαρκούς δυναμικότητας που μπορεί να καλύψει αποτελεσματικά την παροχή υπηρεσιών εξισορρόπησης για το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Σε περιπτώσεις που προκύπτει ανάγκη, ο ΑΔΜΗΕ απελευθερώνει τις απαραίτητες εντολές, διευκολύνοντας έτσι την ομαλή λειτουργία του συστήματος (van der Veen & Hakvoort, 2016)

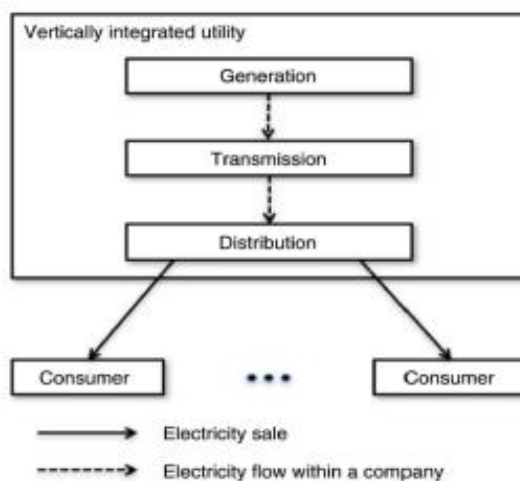
Functions	SPOT Markets			Derivative Markets	
	Day Ahead	Intraday	Balancing	Physical Delivery	Cash Settlement
Trading	HEnEx	HEnEx	ADMIE	HEnEx	HEnEx
Clearing, Settlement, Risk Management	EnEx Clear	EnEx Clear	ADMIE	ATHEX Clear	ATHEX Clear
Technical and Operational Support	ATHEX	ATHEX	ADMIE	ATHEX	ATHEX

Εικόνα 1: Εμπορία, Εκκαθάριση, Λειτουργική υποστήριξη στις "Spot Markets" και "Derivative Markets"

2. Η εξέλιξη της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη και την Ελλάδα

2.1 Παραδοσιακό Μοντέλο Λειτουργίας

Στο παραδοσιακό μοντέλο της αγοράς, όπως φαίνεται στο κατωτέρω σχήμα, οι συναλλαγές πραγματοποιούνται αποκλειστικά μεταξύ των καταναλωτών και της επιχείρησης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι καταναλωτές αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια απευθείας από αυτήν την επιχείρηση, χωρίς να υπάρχει η δυνατότητα ανταλλαγής ή προμήθειας ενέργειας από άλλες πηγές ή παρόχους.

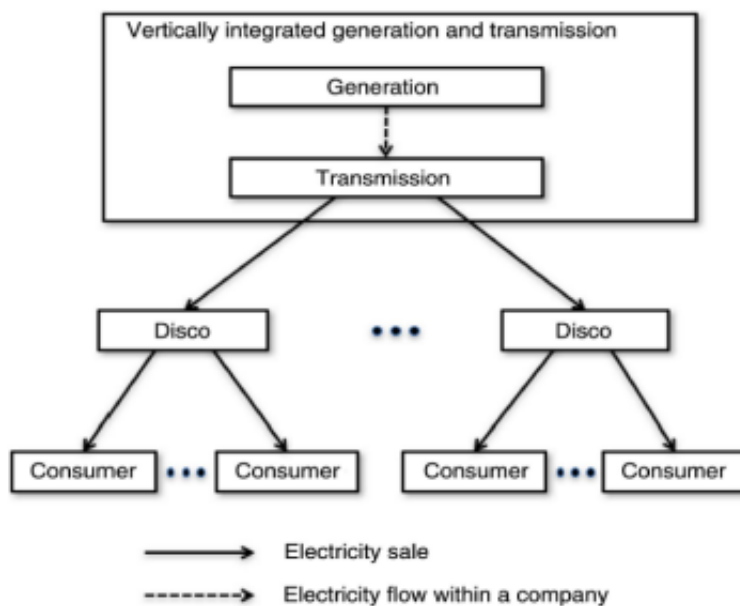


Εικόνα 2 : Παραδοσιακό μοντέλο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας

Η παραδοσιακή αγορά ηλεκτρικής ενέργειας χαρακτηρίζεται από δύο βασικά στοιχεία: το μονοπώλιο στην παροχή ενέργειας και την κάθετα ολοκληρωμένη δομή λειτουργίας. Οι καταναλωτές δεν έχουν άλλες επιλογές και πρέπει να αγοράσουν ηλεκτρική ενέργεια από τον μοναδικό πάροχο στην περιοχή τους. Η εταιρεία κοινής ωφελείας διαχειρίζεται ολόκληρη την αλυσίδα, από την παραγωγή μέχρι τη διανομή.

Σε μια κοινή παραλλαγή, η παραγωγή και η μεταφορά της ενέργειας πραγματοποιούνται από έναν οργανισμό, ο οποίος πωλεί σε τοπικές εταιρείες διανομής. Αυτές διατηρούν το μονοπώλιο στην πώληση στους καταναλωτές. Τα μονοπώλια υπόκεινται σε ρύθμιση για να αποφεύγονται καταχρήσεις, με τις ρυθμιστικές αρχές να ελέγχουν τις τιμές και την ποιότητα των υπηρεσιών.

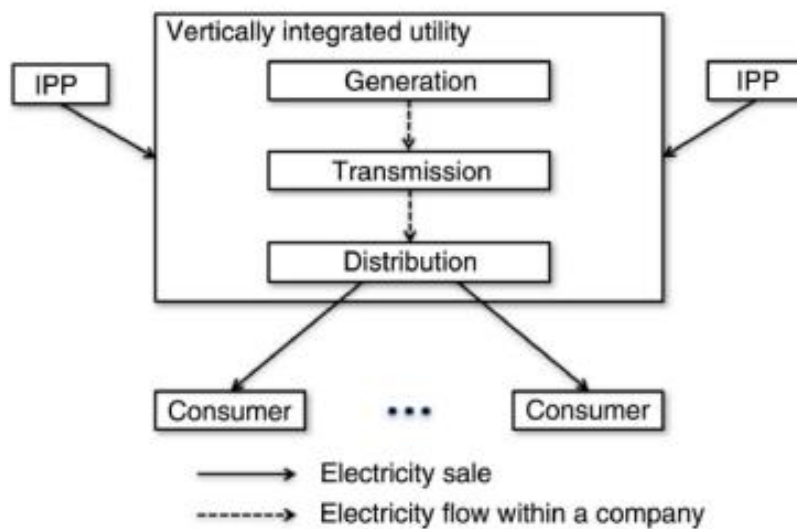
Το πρόβλημα με αυτό το μοντέλο είναι ότι η έλλειψη ανταγωνισμού μπορεί να οδηγήσει σε αναποτελεσματικότητα και αδιαφάνεια, καθιστώντας δύσκολο για τις ρυθμιστικές αρχές να βελτιώσουν τις υπηρεσίες. (Honkaru, Jaanto, & Annala, 2023)



Εικόνα 3: Μοντέλο διαφοροποίησης του παραδοσιακού μοντέλου παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

2.2 Ανταγωνισμός στη χονδρεμπορική και λιανική αγορά ενέργειας

Ένα πρώτο βήμα προς την κατεύθυνση μιας πιο ανταγωνιστικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι η είσοδος ανεξάρτητων παραγωγών ενέργειας (Independent Power Producers - IPPs), οι οποίοι αναλαμβάνουν μέρος της παραγωγής που παλαιότερα μονοπωλούνταν από τις κάθετα ολοκληρωμένες εταιρείες κοινής ωφέλειας. Αυτή η αλλαγή εισάγει ανταγωνισμό στην παραγωγή, αλλά δεν εξασφαλίζει πλήρη διαφάνεια ή μηχανισμούς ανακάλυψης τιμών που αντικατοπτρίζουν το πραγματικό κόστος παραγωγής, όπως θα συνέβαινε σε μια ελεύθερη αγορά.

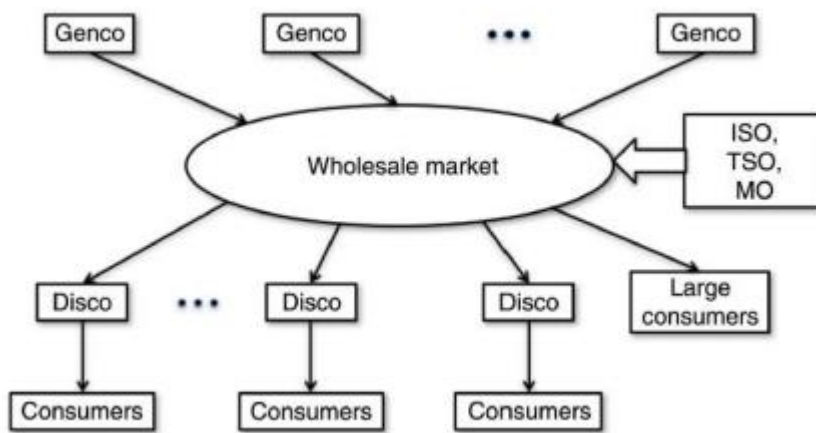


Εικόνα 4: Καθετοποιημένη εταιρεία κοινής ωφέλειας σε συνεργασία με ανεξάρτητους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας (IPP)

Η υφιστάμενη εταιρεία κοινής ωφέλειας επιθυμεί να μειώσει το κόστος αγοράς ενέργειας από τους Ανεξάρτητους Παραγωγούς Ενέργειας (IPPs), αποθαρρύνοντάς τους από την αύξηση της παραγωγικής τους ικανότητας. Για να εξασφαλιστεί ότι η παραγωγή τους θα απορροφηθεί, η νομοθεσία υποχρεώνει την εταιρεία κοινής ωφέλειας να αγοράσει την ενέργεια που παράγουν οι Ανεξάρτητοι Παραγωγοί. Αυτοί, γνωρίζοντας ότι η παραγωγή τους θα πουληθεί, επιδιώκουν υψηλότερες τιμές, αναγκάζοντας τη ρυθμιστική αρχή να καθορίσει μια δίκαιη τιμή

αγοράς. Ωστόσο, η έλλειψη διαφάνειας και αξιόπιστων πληροφοριών συχνά οδηγεί σε οικονομικές αναποτελεσματικότητες.

Ένα επιπλέον βήμα προς την κατεύθυνση των ανταγωνιστικών αγορών ηλεκτρικής ενέργειας είναι η κατάργηση του μονοπωλίου της εταιρείας κοινής ωφέλειας. Στο νέο μοντέλο, οι εταιρείες παραγωγής ενέργειας (Gencos) ανταγωνίζονται σε ισότιμη βάση για την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας, προωθώντας τον ανταγωνισμό και την αποδοτικότητα στην αγορά.



Εικόνα 5: Συνολική δομή μοντέλου ηλεκτρικής ενέργειας

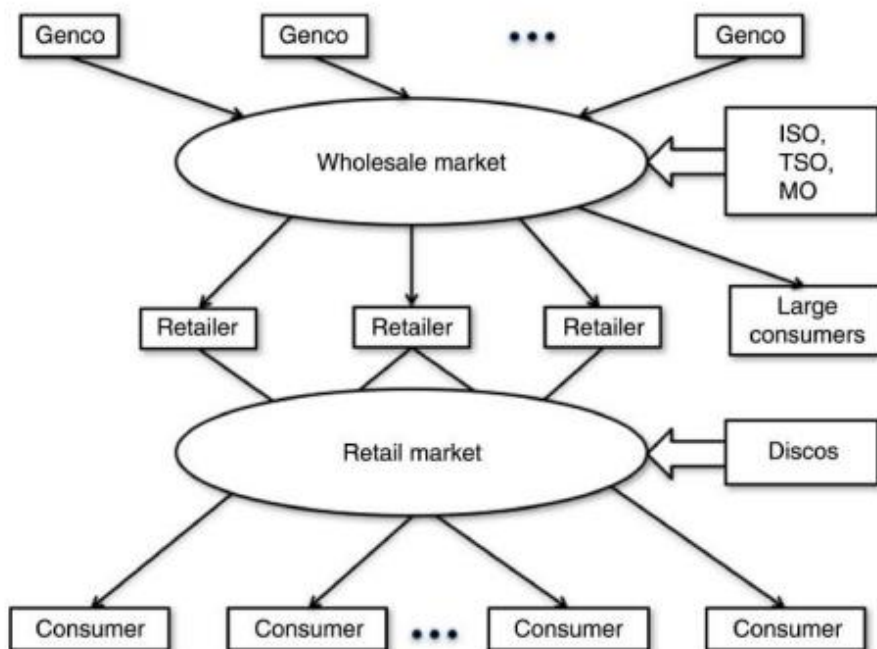
Οι εταιρείες διανομής αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια από τη χονδρική αγορά, η οποία λειτουργεί με βάση την αλληλεπίδραση προσφοράς και ζήτησης. Στους μεγαλύτερους καταναλωτές συχνά επιτρέπεται να αγοράζουν ενέργεια απευθείας από αυτήν την αγορά, χωρίς τη μεσολάβηση των εταιρειών διανομής. Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας της αγοράς, μπορεί να βασίζεται είτε σε κεντρικό σύστημα διαχείρισης είτε σε διμερείς συναλλαγές.

Για να διασφαλιστεί η δίκαιη λειτουργία μιας κεντρικά διαχειριζόμενης αγοράς, δημιουργείται ένας Ανεξάρτητος Διαχειριστής Συστήματος (Independent System Operator - ISO). Ο ρόλος του Α.Δ.Σ είναι διπλός: από τη μία, πρέπει να διαχειρίζεται την αγορά με αμερόληπτο και αποτελεσματικό τρόπο, και από την άλλη, να εξασφαλίζει την αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Κρίσιμης σημασίας είναι η θεσμική ανεξαρτησία του από

όλους τους συμμετέχοντες στην αγορά, ώστε να αποφεύγονται συγκρούσεις συμφερόντων και να εξασφαλίζεται η αμεροληψία στη λειτουργία της αγοράς

Σε μια διμερή αγορά χονδρικής, οι λειτουργίες διαχείρισης της αγοράς διαμοιράζονται μεταξύ των διαχειριστών αγοράς (Market Operators - MOs), οι οποίοι διευκολύνουν τις εμπορικές συναλλαγές ανάμεσα σε αγοραστές και πωλητές ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, απαιτείται η παρουσία ενός Διαχειριστή Συστήματος Μεταφοράς (Transmission System Operator - TSO), ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη διατήρηση της ισορροπίας του συστήματος και την αξιόπιστη λειτουργία του δικτύου μεταφοράς. Σε αντίθεση με τους Ανεξάρτητους Διαχειριστές Συστήματος (ISOs), οι Α.Δ.Σ συχνά κατέχουν τα περιουσιακά στοιχεία του συστήματος μεταφοράς, όπως γραμμές και υποσταθμούς.

Ο ανταγωνισμός μπορεί να επεκταθεί και στη λιανική αγορά, όπου οι λιανοπωλητές αγοράζουν ενέργεια από τη χονδρική αγορά και την πωλούν σε μικρομεσαίους καταναλωτές. Αυτή η δομή, με τους λιανοπωλητές να λειτουργούν ως μεσάζοντες, προσθέτει ένα επιπλέον επίπεδο ανταγωνισμού και μπορεί να οδηγήσει σε πιο ευνοϊκές τιμές για τους τελικούς καταναλωτές



Εικόνα 6: Το σχήμα της Ηλεκτρικής αγοράς παρουσία εταιρειών λιανικής πώλησης

Στο συγκεκριμένο μοντέλο αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, οι δραστηριότητες των εταιρειών διανομής χωρίζονται από τις δραστηριότητες της λιανικής πώλησης. Αυτό συμβαίνει επειδή οι εταιρείες διανομής δεν διατηρούν πλέον το τοπικό μονοπώλιο στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς η λιανική αγορά έχει ανοίξει στον ανταγωνισμό. Η χονδρική αγορά λειτουργεί μέσω του δικτύου μεταφοράς, ενώ η λιανική αγορά αξιοποιεί το δίκτυο διανομής.

Παρά το άνοιγμα της αγοράς, η κατασκευή και λειτουργία των δικτύων μεταφοράς και διανομής παραμένουν μονοπωλιακές δραστηριότητες, καθώς η δημιουργία παράλληλων δικτύων θα ήταν οικονομικά ασύμφορη και αναποτελεσματική. Ως εκ τούτου, η ρυθμιστική αρχή αποφασίζει ποιες επενδύσεις σε υποδομές δικτύου είναι δικαιολογημένες και πώς θα πρέπει να κατανεμηθεί το κόστος αυτών των επενδύσεων στους χρήστες του δικτύου.

Όταν η αγορά γίνει επαρκώς ανταγωνιστική, δεν θα είναι πλέον απαραίτητο να ρυθμίζεται η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας σε επίπεδο λιανικής, καθώς οι καταναλωτές θα μπορούν να αλλάζουν προμηθευτή για να εξασφαλίσουν καλύτερες τιμές ή υπηρεσίες. Αυτή η εξέλιξη οδηγεί στην ανακάλυψη οικονομικά αποδοτικών τιμών μέσω των μηχανισμών της αγοράς

(Kirchen & Strbac, 2004)

2.3 Ευρωπαϊκό Μοντέλο Αγοράς – Μοντέλο Στόχος (Target Model)

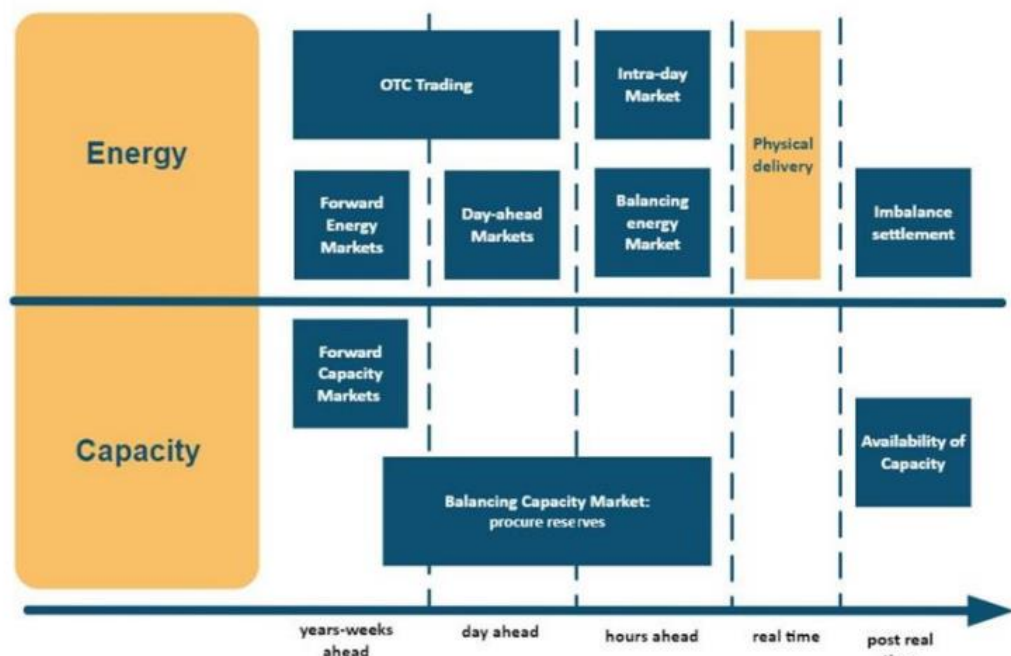
Προκειμένου να επιτευχθεί η εναρμόνιση των ευρωπαϊκών αγορών, ο Οργανισμός για τη Συνεργασία των Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας (ACER) έχει υποβάλει μια πρόταση γνωστή ως Μοντέλο Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς, η οποία συνήθως αναφέρεται ως Μοντέλο-Στόχος. Ο πρωταρχικός στόχος του Μοντέλου Στόχου είναι να ενισχυθεί η αξιοποίηση της δυναμικότητας του Συστήματος Μεταφοράς μέσω συντονισμένων πρακτικών που εφαρμόζονται από τους Διαχειριστές Συστήματος. Αυτό συνεπάγεται την επίτευξη αξιόπιστων τιμών και ρευστότητας κατά την κατανομή της δυναμικότητας διασύνδεσης για την ημερήσια αγορά, τη διασφάλιση της αποτελεσματικής λειτουργίας των προθεσμιακών αγορών

και των ενδοημερήσιων αγορών για την κατανομή της δυναμικότητας διασύνδεσης. Το ευρωπαϊκό μοντέλο βασίζεται στις κατευθυντήριες γραμμές-πλαίσιο που εξέδωσε ο Οργανισμός Συνεργασίας των Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας και στους κώδικες δικτύου που εξέδωσε το Ευρωπαϊκό Δίκτυο Διαχειριστών Συστημάτων Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, οι οποίοι έχουν υιοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (Leuthold et al., 2008).

Τα μακροπρόθεσμα δικαιώματα μεταφοράς διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού μοντέλου, καθώς χρησιμεύουν για να επιτρέψουν την ανάπτυξη των διασυνοριακών αγορών μέσω της παροχής τυποποιημένης πρόσβασης σε δυναμικότητα διασύνδεσης. Έτσι δίνεται η δυνατότητα των συμμετεχόντων στην αγορά να συνάπτουν μακροχρόνιες συμφωνίες για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ διαφορετικών περιοχών, προωθώντας έτσι ένα αυξημένο επίπεδο ολοκλήρωσης και διασύνδεσης εντός του ευρωπαϊκού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Η σύζευξη των τιμών της επόμενης ημέρας αποτελεί ουσιώδες χαρακτηριστικό στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού μοντέλου. Η σύζευξη τιμών επιτυγχάνεται αποτελεσματικά μέσω δημοπρασιών, όπου ο υπολογισμός των ροών ενέργειας λαμβάνει υπόψη όχι μόνο την τιμή, αλλά και την ικανότητα διασύνδεσης που είναι επί του παρόντος προσβάσιμη. Με την καθιέρωση της σύγκλισης των τιμών στα διεθνή σύνορα, ο μηχανισμός αυτός προωθεί την αποτελεσματική λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, διευκολύνοντας τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας από περιοχές με χαμηλότερες τιμές σε περιοχές με υψηλότερες τιμές, βελτιστοποιώντας έτσι τη συνολική αποδοτικότητα της αγοράς (Newbery et al., 2016).

Το ευρωπαϊκό μοντέλο δίνει σημαντική έμφαση στην συνεχή ενδοημερήσια διαπραγμάτευση ως στρατηγική προσέγγιση για την αποτελεσματική βελτιστοποίηση της κατανομής της δυναμικότητας διασύνδεσης. Η δημιουργία μιας ενιαίας ευρωπαϊκής πλατφόρμας για τις ενδοημερήσιες αγορές διευκολύνει την εφαρμογή ενός μηχανισμού συνεχούς διαπραγμάτευσης που αποτυπώνει και αντανακλά αποτελεσματικά τη δυναμική της συμφόρησης των τιμών. Η συγκεκριμένη πρακτική διευκολύνει τη δυνατότητα των συμμετεχόντων στην αγορά

να τροποποιούν άμεσα τις θέσεις τους, συμμετέχοντας στην αγορά ή την πώληση ενεργειακών πόρων με στόχο τον μετριασμό των αποκλίσεων και τη βελτιστοποίηση του συνολικού ενεργειακού τους χαρτοφυλακίου. Η εξισορρόπηση της ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί βασικό συστατικό στοιχείο του ευρωπαϊκού μοντέλου. Το αντικείμενο περιλαμβάνει τρεις πρωταρχικές πτυχές, δηλαδή την εξασφάλιση των αποθεμάτων, την ενεργοποίηση της ενέργειας εξισορρόπησης και την επίλυση των ενεργειακών ανισορροπιών. Το προτεινόμενο μοντέλο υποστηρίζει την έννοια της διευκόλυνσης της αυξημένης συνεργασίας στην κατανομή των πόρων εξισορρόπησης μεταξύ των διαχειριστών συστημάτων μεταφοράς (TSO). Αυτό συνεπάγεται την προώθηση του συγχρονισμού των προϊόντων εξισορρόπησης και εφεδρείας, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τις μοναδικές τεχνικές ιδιαιτερότητες που υπάρχουν σε κάθε τοποθεσία. Η υιοθέτηση μιας συνεργατικής προσέγγισης στο έργο της εξισορρόπησης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας επιτρέπει την επίτευξη αποτελεσματικής διαχείρισης, διασφαλίζοντας έτσι την αξιόπιστη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και τη διατήρηση της σταθερότητας του συστήματος. (Lise et al., 2006).

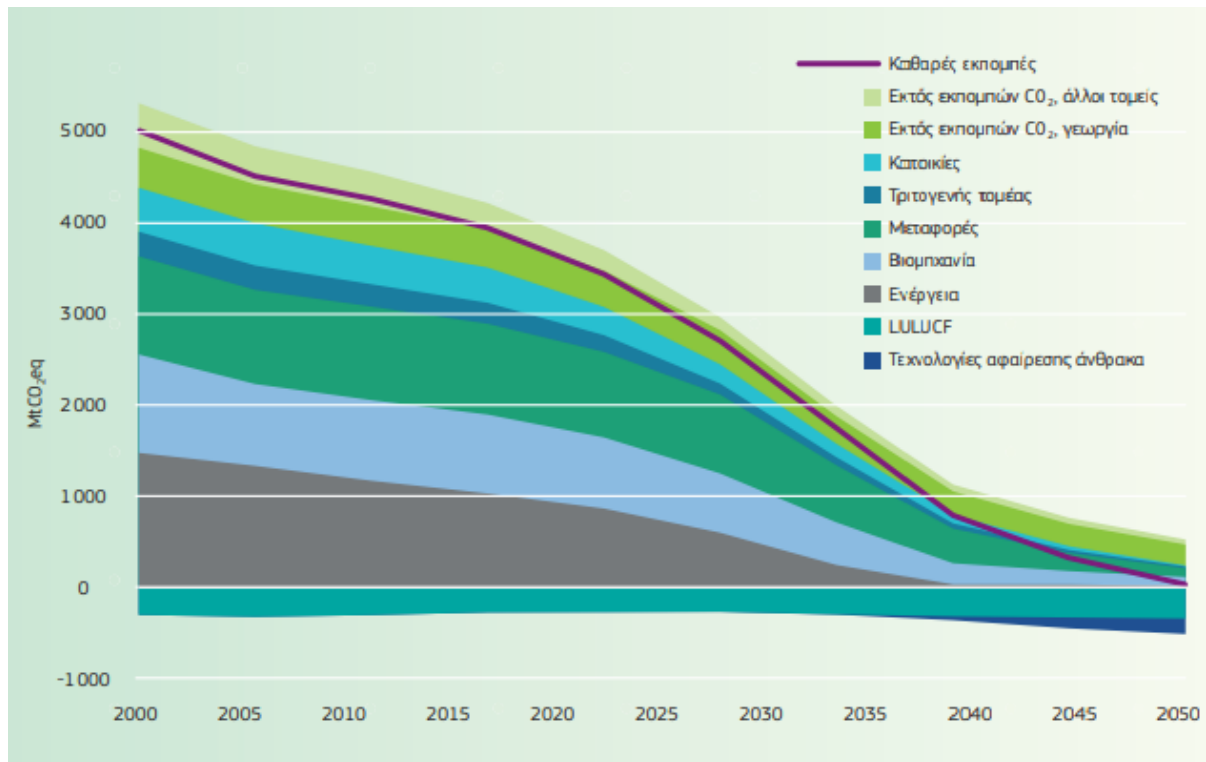


Εικόνα 7: Γενική απεικόνιση Target Model

2.4. Ευρωπαϊκοί στόχοι και κανονιστικό πλαίσιο για την Ενεργειακή ασφάλεια

2.4.1. Κλιματική Ουδετερότητα & διείδυση των ΑΠΕ

Το πλαίσιο της δέσμης μέτρων "Fit For 55" τον Ιούλιο του 2021, περιλαμβάνει μια σειρά από στόχους, ιδίως τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030, σε σχέση με τα επίπεδα που παρατηρήθηκαν το 1990. Επιπλέον, η ατζέντα φιλοδοξεί να επιτύχει μια κατάσταση ισορροπίας όπου οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα έχουν ουσιαστικά εξουδετερωθεί έως το 2050 καθώς και την εξασφάλιση της διασύνδεσης τουλάχιστον του 15% των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (BAHGAT, 2006).

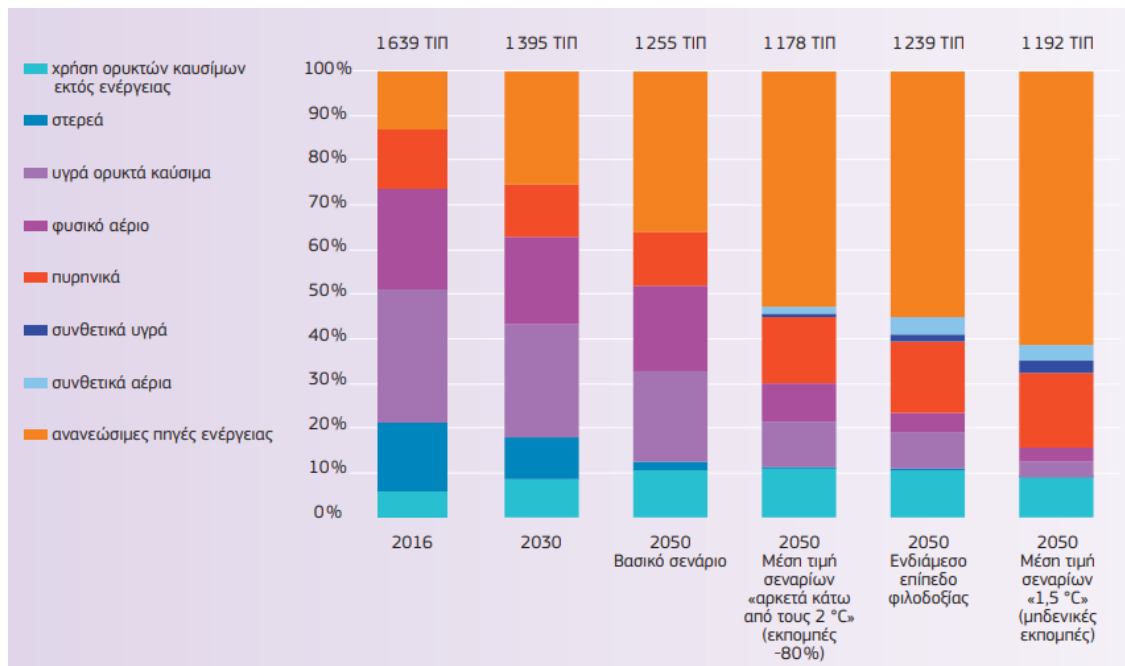


Εικόνα 8: Πορεία εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο σενάριο «1,5 °C»

Οι προτεινόμενοι ενεργειακοί στόχοι για την Ευρωπαϊκή Ένωση το 2030, οι οποίοι συμφωνήθηκαν ανεπίσημα τον Μάρτιο του 2023, επιδιώκουν την επίτευξη μεγαλύτερου ποσοστού ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική κατανάλωση ενέργειας. Οι στόχοι αυτοί αποσκοπούν στην επίτευξη μεριδίου 42,5%, με απώτερο

στόχο την επίτευξη του 45%. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει πρόταση για μείωση κατά 11,7% της πρωτογενούς και τελικής κατανάλωσης ενέργειας εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε σύγκριση με τα προβλεπόμενα στοιχεία για το έτος 2020. Η μείωση αυτή ισοδυναμεί με σημαντική μείωση κατά 40,5% και 38%, αντίστοιχα, σε σχέση με τις προβλέψεις για την κατανάλωση ενέργειας που έγιναν το 2007.

(Obadi & Korcek, 2017).



Εικόνα 9: Ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας

Εντός των ορίων του συγκεκριμένου πλαισίου, τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης οφείλουν να καταρτίσουν ολοκληρωμένα 10ετή ολοκληρωμένα εθνικά σχέδια για την ενέργεια και το κλίμα (NECPs). Επιπλέον, τα εν λόγω κράτη υποχρεούνται να υποβάλλουν ανά διετία εκθέσεις προόδου, ενώ παράλληλα διαμορφώνουν συνεκτικές εθνικές μακροπρόθεσμες στρατηγικές που ευθυγραμμίζονται με τους προκαθορισμένους ενεργειακούς στόχους και σκοπούς που περιγράφονται στη Συμφωνία του Παρισιού. (Streimikiene, 2020).

2.4.2. Βελτίωση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού

Η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης περιλαμβάνει μέτρα για την ενεργειακή ασφάλεια και τον συντονισμό μεταξύ των κρατών μελών. Τα κύρια σημεία είναι:

- Κανονισμός (ΕΕ) 2019/941: Προβλέπει συνεργασία μεταξύ των κρατών μελών για τη διασφάλιση της βέλτιστης κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους κρίσης, με έμφαση στην προληπτική αποτροπή κρίσεων.
- Κανονισμός (ΕΕ) 2018/1999: Ορίζει τον στόχο διασύνδεσης ηλεκτρικής ενέργειας σε επίπεδο 15% έως το 2030.
- Κανονισμός (ΕΕ) 2017/1938: Αφορά την προστασία του εφοδιασμού με φυσικό αέριο, με ενίσχυση μηχανισμών αλληλεγγύης και πρόληψης κρίσεων.
- Αναθεώρηση αποθήκευσης φυσικού αερίου (2022): Εισήχθησαν νέες υποχρεώσεις για την πλήρωση αποθήκης φυσικού αερίου με στόχους 80% για το 2022 και 90% για τα επόμενα έτη.
- Κανονισμός (ΕΕ) 2022/2576: Στόχος η ενίσχυση της ενεργειακής αλληλεγγύης μέσω συντονισμού και διευκόλυνσης διασυνοριακών ανταλλαγών φυσικού αερίου. (Egenhofer et al., 2004).
- Οδηγία 2009/119/ΕΚ: Υποχρεώνει τα κράτη μέλη να διατηρούν αποθέματα πετρελαίου έκτακτης ανάγκης για 90 ημέρες.
- Οδηγία 2013/30/ΕΕ: Περιλαμβάνει διατάξεις για την ασφάλεια των υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου.
- Ταμείο Δίκαιης Μετάβασης: Στήριξη περιφερειών εξαρτώμενων από άνθρακα για τη μετάβαση σε πηγές ενέργειας χαμηλών εκπομπών.
- Κανονισμός TEN-E (ΕΕ) 2022/869: Πλαίσιο για ανάπτυξη υποδομών ενέργειας και διαδρόμων προτεραιότητας για ηλεκτρική ενέργεια και υδρογόνο.

(Turton & Barreto, 2006).

2.4.3 Εξελίξεις στη σύζευξη της ευρωπαϊκής αγοράς (Αγορά Σύζευξης)

Η αρχή της σύζευξης των ευρωπαϊκών αγορών ηλεκτρικής ενέργειας ξεκίνησε το 2006, όταν οι αγορές του Βελγίου, της Γαλλίας και των Κάτω Χωρών ενοποιήθηκαν, αυξάνοντας τη ρευστότητα και βελτιώνοντας τη χρήση των διασυνοριακών δυνατοτήτων. Οι απαιτούμενες προϋποθέσεις για αυτήν την πρωτοβουλία καθορίστηκαν από τον Κανονισμό αριθ. 1228/2003 και την Οδηγία 2006/108/ΕΚ. Το 2007, η Πορτογαλία και η Ισπανία προχώρησαν σε διμερή σύζευξη, δημιουργώντας την ενοποιημένη αγορά MIBEL.

Το 2010, η Γερμανία και το Λουξεμβούργο αποφάσισαν να συμμετάσχουν στην πρωτοβουλία σύζευξης της αγοράς, εντάσσοντας τις αγορές τους στο έργο της Δυτικής Ευρώπης. Το ίδιο έτος, η Αυστρία συμμετείχε στο έργο αυτό, ενισχύοντας τη διασυνοριακή συνεργασία. Το 2013, η Αυστρία εντάχθηκε επίσημα στο έργο CWE, δημιουργώντας συνδέσεις με τις αγορές άλλων δυτικοευρωπαϊκών κρατών. (Møllgaard and Nielsen, 2003)

Το 2014, η σύζευξη της αγοράς επεκτάθηκε σε 15 ευρωπαϊκές χώρες με την εφαρμογή του Κανονισμού Σύζευξης Τιμών Περιφερειών, ενώ το 2016 ολοκληρώθηκε η σύζευξη των αγορών της Αυστρίας και της Σλοβενίας. Μέχρι το 2016, η πολυπεριφερειακή σύζευξη κάλυπτε συνολικά 19 ευρωπαϊκές χώρες, καλύπτοντας το 85% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη.

Ο μηχανισμός σύζευξης της αγοράς με βάση τη ροή (Flow-Based Market Coupling - FBMC) εφαρμόστηκε το 2015 στην Κεντρική Δυτική Ευρώπη, ενισχύοντας την ολοκλήρωση της διασυνοριακής κατανομής δυναμικότητας. (Mabea & Okoli, 2019).

2.4.4 Ενίσχυση των εξωτερικών ενεργειακών σχέσεων

Το 2012, η ΕΕ εισήγαγε έναν μηχανισμό ανταλλαγής πληροφοριών για τον συντονισμό μεταξύ κρατών μελών και τη συμμόρφωση με τη νομοθεσία της ΕΕ, βάσει της απόφασης 2017/684. Η ενεργειακή πολιτική της ΕΕ επικεντρώνεται στη διαφοροποίηση των ενεργειακών πηγών και στη μείωση της εξάρτησης από τη

Ρωσία. Τον Μάρτιο του 2022, η ανακοίνωση REPowerEU προτείνει μείωση της χρήσης φυσικού αερίου κατά 155 δισ. κυβικά μέτρα εντός ενός έτους. Εστιάζει στην ενίσχυση του εφοδιασμού με υγροποιημένο φυσικό αέριο και νέο αέριο από αγωγούς. Η Ενεργειακή Πλατφόρμα της ΕΕ δημιουργήθηκε για να συντονίσει τις προμήθειες φυσικού αερίου και υδρογόνου, ενώ η Εξωτερική Ενεργειακή Στρατηγική της ΕΕ παρέχει στήριξη σε ευάλωτες περιοχές όπως η Ουκρανία, η Μολδαβία και τα Δυτικά Βαλκάνια. (Mišić, 2022).

2.5 Ο μετασχηματισμός της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

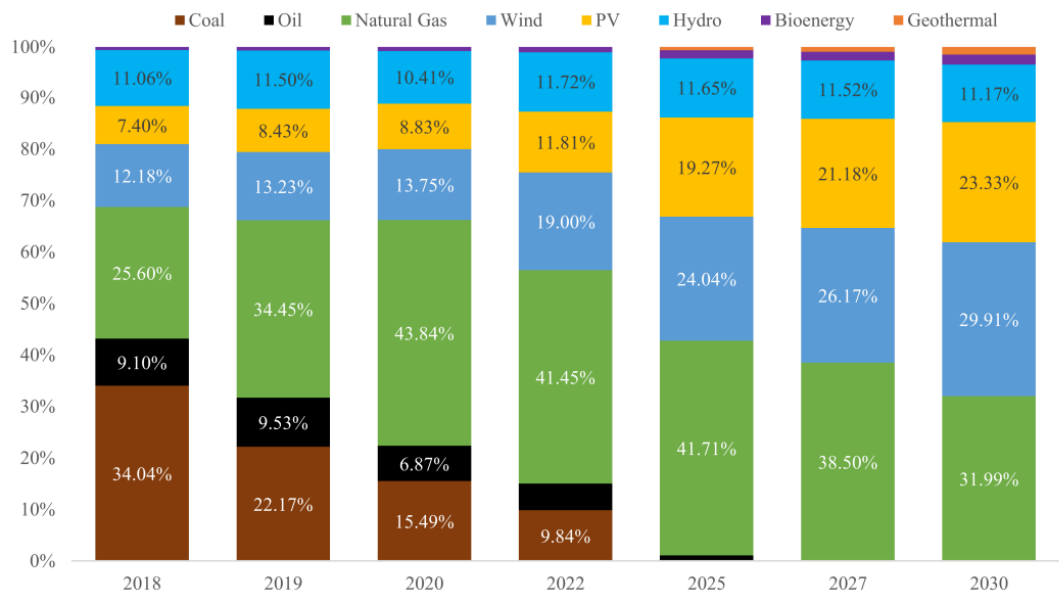
Ο Νόμος 3851/2010 ενσωμάτωσε στην ελληνική νομοθεσία τις διατάξεις της Ευρωπαϊκής Οδηγίας σχετικά με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, θέτοντας φιλόδοξους εθνικούς στόχους για τη συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της χώρας. Συγκεκριμένα:

- Ο νόμος θέτει στόχο το 20% της τελικής συνολικής κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ΑΠΕ, σε σύγκριση με τον ευρωπαϊκό στόχο του 18% για την Ελλάδα.
- Για την ηλεκτρική ενέργεια, ο στόχος είναι πάνω από το 40% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας να παράγεται από ΑΠΕ, υπερβαίνοντας τον ευρωπαϊκό στόχο του 18%.
- Στον τομέα της ψύξης και θέρμανσης, ο στόχος είναι το 20% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ΑΠΕ.
- Στον τομέα των μεταφορών, η τελική κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ πρέπει να φτάνει το 10%.

Αυτοί οι στόχοι εντάσσονται στην προσπάθεια της Ελλάδας να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις της ΕΕ και να ενισχύσει τη συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό της μείγμα, συνεισφέροντας στην ενεργειακή μετάβαση της χώρας.

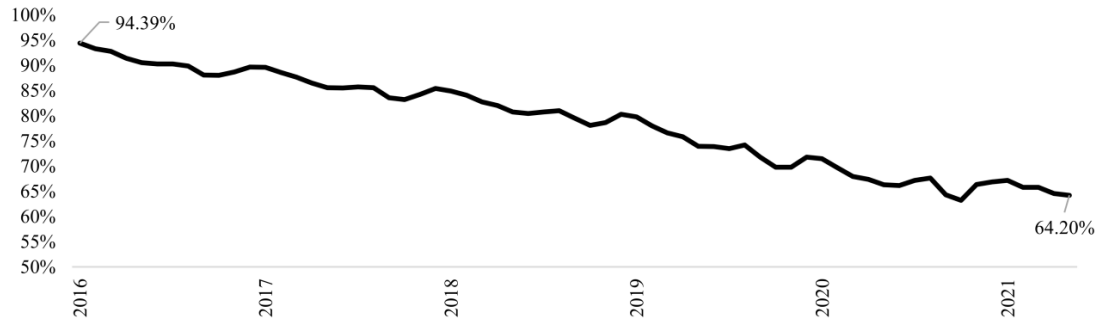
(Makrygiorgou, 2023)

Σύμφωνα με την Εικόνα 10, η περαιτέρω διαδικασία αποανθρακοποίησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα συνεχίζεται, με το μερίδιο του λιγνίτη να πέφτει στο 15,4% το 2020. Το μερίδιο ΑΠΕ κατέγραψε τη μεγαλύτερη αύξηση στο ενεργειακό μείγμα, αυξανόμενο κατά 9,7% κατά την περίοδο Δεκέμβριος 2019 - Οκτώβριος 2020. Επιπλέον, ο Απρίλιος του 2020 χαρακτηρίστηκε ως «στιγμιότυπο από το Μέλλον», καθώς το φυσικό αέριο και οι ΑΠΕ επικράτησαν στο ενεργειακό μείγμα. Ταυτόχρονα, η τιμή των δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ επηρεάζει άμεσα τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας και συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών σε όλη την Ευρώπη. Εκτός από τις μονάδες καύσης λιγνίτη, και οι μονάδες φυσικού αερίου επηρεάζονται από την αυξανόμενη τιμή των εκπομπών CO₂, αλλά σε μικρότερο βαθμό.



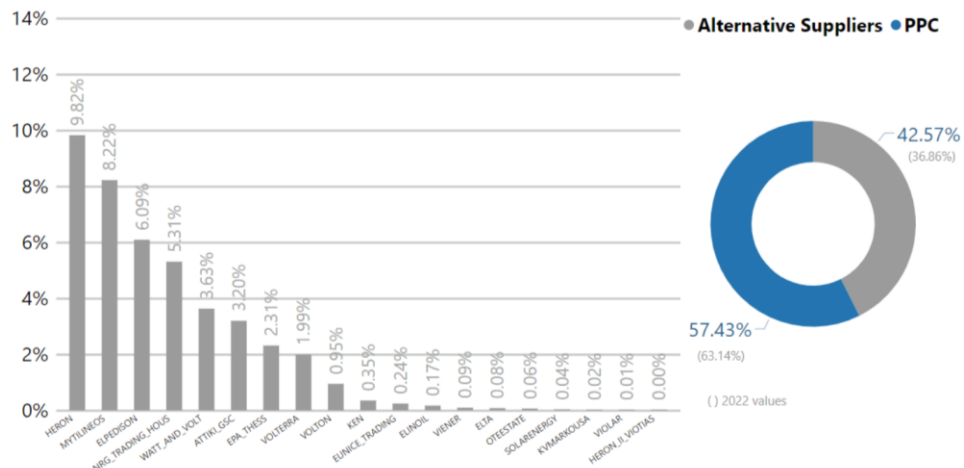
Εικόνα 10: Εξέλιξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Το 2020, οι ΑΠΕ και τα υδροηλεκτρικά μαζί αντιπροσώπευαν μεγαλύτερο μερίδιο της συνολικής ισχύος (53%) σε σύγκριση με τον άνθρακα και το φυσικό αέριο μαζί (47%). Σύμφωνα με την Εικόνα 11, ο κυρίαρχος παίκτης, η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), διατήρησε κυρίαρχη θέση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το μερίδιο της ΔΕΗ στη λιανική αγορά συνέχισε την πτωτική τάση, φτάνοντας το 64,2% τον Μάιο του 2020 από 94,3% τον Ιανουάριο του 2016 (Σχήμα 4).



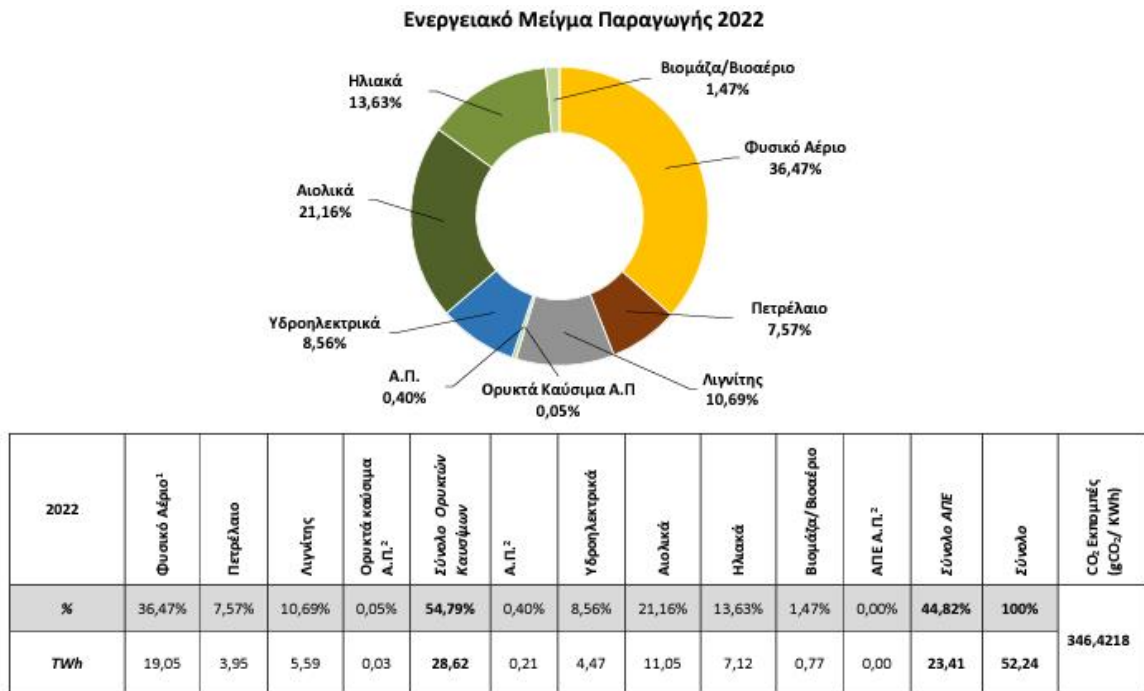
Εικόνα 11: Εξέλιξη του μεριδίου αγοράς της ΔΕΗ

Το ολιγοπώλιο που επικρατεί λόγω του μικρού αριθμού θερμικών παραγωγών έχει παραμορφώσει τον ανταγωνισμό στη χονδρική αγορά. Τα τελευταία χρόνια, οι δημοπρασίες τύπου NOME έχουν παίξει καθοριστικό ρόλο στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως στη μείωση του μεριδίου της ΔΕΗ στη λιανική αγορά. Ουσιαστικά, οι εναλλακτικοί προμηθευτές εισήλθαν στην αγορά, εκμεταλλευόμενοι φθηνή ενέργεια από τις δημοπρασίες NOME και αυξάνοντας τα μερίδιά τους χωρίς ουσιαστικό ρίσκο. Οι προμηθευτές ενέργειας που δεν είναι κάθετα ολοκληρωμένοι στην αγορά αναγκάζονται να αγοράζουν ενέργεια σε υψηλές τιμές, με συνέπεια να χάνουν μερίδιο αγοράς, να αυξάνουν τα τιμολόγια τους ή να παρουσιάζουν ζημιές στους ισολογισμούς τους.



Εικόνα 12: Μεριδία αγοράς για εγχώριο φορτίο ανά συμμετέχοντα στην αγορά

Η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα εκτιμάται να αγγίζει τα 52,2 TWh. Όσον αφορά την κατανομή της κατανάλωσης, το 38,5% προορίζεται για εμπορική χρήση, το 33,4% για κατοικία, το 24,2% για βιομηχανική χρήση και το 3,9% για τομείς μεταφορών και άλλους. (ΥΠΕΝ , 2023)

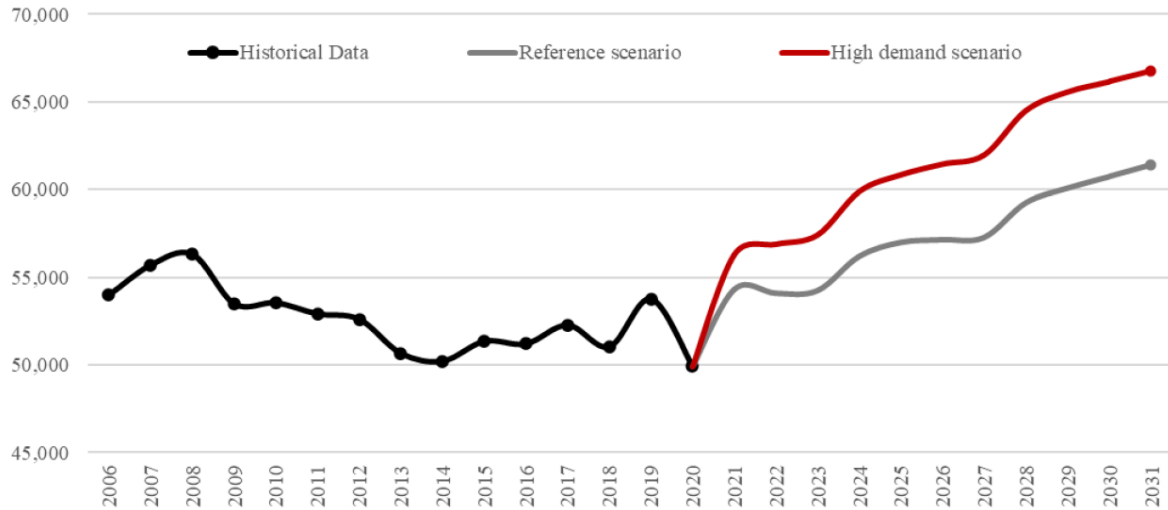


Εικόνα 13: Ενεργειακό Μείγμα Παραγωγής Ελλάδα 2022

Τα προηγούμενα χρόνια, η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα λειτουργούσε μέσω της δημόσιας εταιρείας ΛΑΓΗΕ , η οποία είχε την ευθύνη για τη λειτουργία και την παρακολούθηση της αγοράς επόμενης ημέρας (Κανονισμός 2015/1222/ΕΚ). Οι περαιτέρω ευθύνες της ΛΑΓΗΕ περιλάμβαναν τον καθαρισμό, τον εκκαθάριση και την αναφορά συναλλαγών τόσο στην ΡΑΕ όσο και στον Οργανισμό Συνεργασίας των Ρυθμιστικών Ενεργειακών Αρχών.

Με στόχο την τροποποίηση της προαναφερόμενης δομής, οι ελληνικές αρχές - σε συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή - έχουν δημιουργήσει ένα πλαίσιο για την εφαρμογή των κατευθυντηρίων γραμμών του στόχου μοντέλου. Η υλοποίηση των μεταρρυθμίσεων ανέλαβε το Κοινό Κέντρο Ερευνών, το οποίο, σε συνεργασία με τη

ΛΑΓΗΕ, διόρισε διεθνή σύμβουλο για την παροχή λεπτομερούς σχεδιασμού αγοράς και κωδικών. Τον Ιούνιο του 2018, δημιουργήθηκε το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας και ανέλαβε όλες τις ευθύνες που προηγουμένως ανήκαν στη ΛΑΓΗΕ.



Εικόνα 14: Ιστορικά Στοιχεία και Πρόβλεψη Συνολικής Ετήσιας Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα (GWh)

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, η ΛΑΓΗΕ θα συμμετέχει με μια μερίδα 22% στο νέο σύνολο, εξασφαλίζοντας έτσι τη συμμετοχή του ελληνικού κράτους. Το Ελληνικό Χρηματιστήριο Αθηνών κατέχει μια μερίδα 21% και ο ρόλος της είναι κεντρικής σημασίας, καθώς αναμένεται να συνεισφέρει την απαραίτητη τεχνογνωσία στον σχηματισμό του ΕΧΕ. Πέραν από αυτούς τους δύο κύριους μετόχους, το υπόλοιπο απαιτούμενο κεφάλαιο θα καλυφθεί από τις συνεισφορές άλλων φορέων, όπως οι ΕΔΕΕ (ΑΔΜΗΕ 20% και ΔΕΣΦΑ 7%, αντίστοιχα), η Ευρωπαϊκή Τράπεζα Ανασυγκρότησης και Ανάπτυξης (20%) και η Χρηματιστηριακή Αγορά Κύπρου (10%). (Ioannidis et. Al. 2019).

2.6 Βασικοί Συμμετέχοντες στο Χρηματιστήριο Ενέργειας

Με σκοπό την εναρμόνιση της Ελλάδας με το Μοντέλο Στόχο και τις οδηγίες της Ε.Ε. που το συνοδεύουν, ανασυστάθηκαν οι φορείς που θα πραγματοποιήσουν την μετάβαση στην απελευθερωμένη αγορά ενέργειας. Εξαιτίας της πολύπλοκης

φύσης της αγοράς, οι αρμοδιότητές τους είναι ποικίλες και σύνθετες και παρουσιάζονται στη συνέχεια:

Οι φορείς που λειτουργούν στα πλαίσια της Ελληνικής Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι οι εξής:

- Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος (ΥΠΕΝ)
- Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας (ΕΧΕ Α.Ε.)
- Διαχειριστής ΑΠΕ και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ Α.Ε.)
- Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.)
- Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ Α.Ε.)
- Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ)



Εικόνα 16: Βασικοί Συμμετέχοντες στο Χρηματιστήριο Ενέργειας

2.6.1 Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας

Η ΡΑΕ, ως ανεξάρτητη ρυθμιστική αρχή, ιδρύθηκε για να επιβλέπει την εγχώρια αγορά ενέργειας και να υποστηρίζει την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Αρχικά, οι αρμοδιότητές της επικεντρώνονταν στην παρακολούθηση της αγοράς ενέργειας σε όλους τους τομείς, όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και το φυσικό αέριο.

Με την πάροδο του χρόνου, η ΡΑΕ απέκτησε περισσότερες εκτελεστικές αρμοδιότητες, όπως η χορήγηση αδειών παραγωγής, η προστασία των καταναλωτών, η παρακολούθηση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού και η εποπτεία των διαχειριστών συστημάτων μεταφοράς. Από το 2011 και έπειτα, ο ρόλος της ενισχύθηκε περαιτέρω, καθώς έγινε η εγγυήτρια της ομαλής λειτουργίας των ενεργειακών αγορών, επιβλέποντας τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις των διαχειριστών και των συμμετεχόντων στην αγορά.

2.6.2 Διαχειριστής ΑΠΕ και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ.ΑΕ.)

Ο ΔΑΠΕΕΠ Α.Ε. διαχειρίζεται τις ΑΠΕ και την Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης του Εθνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος, καθώς και τις Εγγυήσεις Προέλευσης ηλεκτρικής ενέργειας που έχουν παραχθεί από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ. Πρωτεύον καθήκον του είναι ο εκπλειστηριασμός των δικαιωμάτων ρύπων στην Ελλάδα, ενώ παράλληλα λειτουργεί και ως Φορέας Σωρευτικής Εκπροσώπησης (ΦΟΣΕ) παραγωγών ΑΠΕ. Ως μετεξέλιξη του ΛΑΓΗΕ Α.Ε., δημιουργήθηκε με σκοπό να ικανοποιήσει τις σύγχρονες προκλήσεις στον χώρο των ΑΠΕ, ενώ παράλληλα αποτελεί τον μεγαλύτερο μέτοχο στο Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας και τον δεύτερο μεγαλύτερο πωλητή μετά τη ΔΕΗ στην Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας. Ο ΔΑΠΕΕΠ στοχεύει στην δημιουργία ενός επιχειρησιακά άρτιου λειτουργικού πλαισίου που θα προωθεί τους παραγωγούς ΑΠΕ και τους υπόλοιπους συμβαλλόμενους να επιδίδονται στην προσπάθεια για πιο πράσινες μορφές ενέργειας.

2.6.3 Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ Α.Ε)

Ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε., ιδρυθέντας με τον ν. 4001/2011, λειτουργεί ως Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς σύμφωνα με την Οδηγία 2009/72/ΕΚ. Είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, εξασφαλίζοντας τον ασφαλή και αξιόπιστο εφοδιασμό της χώρας. Παρέχει πληροφορίες στους διαχειριστές διασυνδεδεμένων συστημάτων για την αποδοτική λειτουργία τους και εποπτεύει την Αγορά Εξισορρόπησης και το διασυνοριακό εμπόριο. Είναι επίσης υπεύθυνος για την είσπραξη τελών πρόσβασης και τη διευθέτηση χρεοπιστώσεων, διασφαλίζοντας την ίση μεταχείριση όλων των συμμετεχόντων.

2.6.4 Το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας (EXE Α.Ε.)

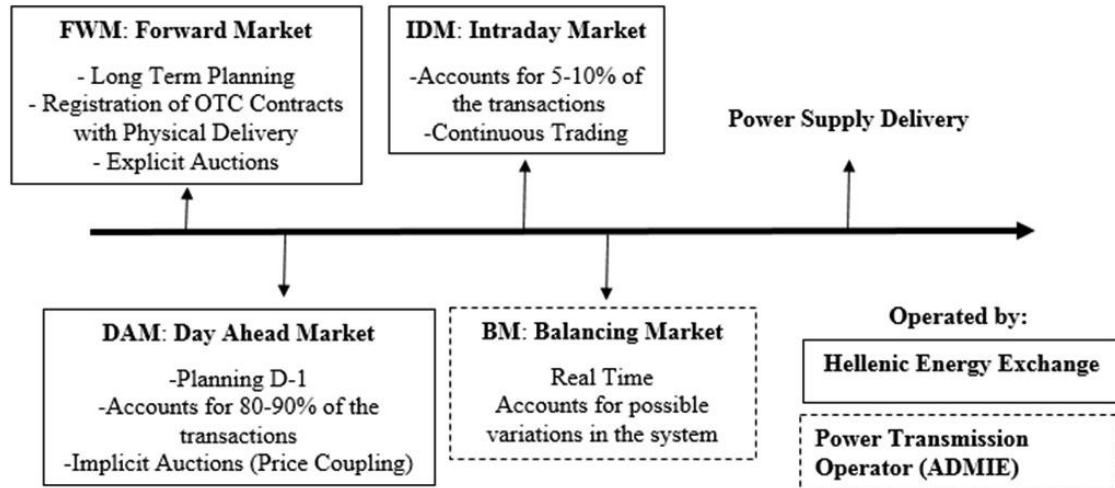
Ο Όμιλος Χρηματιστηρίου Ενέργειας αποτελείται από το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας Α.Ε. και την Εταιρεία Εκκαθάρισης Συναλλαγών Χρηματιστηρίου Ενέργειας Α.Ε. (EnExClear). Η ίδρυση της EXE Α.Ε. πραγματοποιήθηκε στις 18.06.2018 έπειτα από την απόσχιση του κλάδου της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας από το ΛΑΓΗΕ Α.Ε. Παράλληλα, από τον Μάρτιο του 2020 και ύστερα λειτουργεί και την Ενεργειακή Χρηματοπιστωτική Αγορά ως Διαχειριστής Αγοράς Παραγωγών Ενέργειας έχοντας την έγκριση της Επιτροπής Κεφαλαιαγοράς.

2.6.5 Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.)

Η ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. συστάθηκε με την απόσχιση του κλάδου Διανομής της ΔΕΗ Α.Ε. σύμφωνα με το Ν. 4001/2011 και σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2009/72/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σχετικά με την οργάνωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό να αναλάβει τα καθήκοντα του Διαχειριστή του Ελληνικού Δικτύου Διανομής. Σήμερα το μετοχικό κεφάλαιο της Εταιρείας ανήκει κατά 51% στη ΔΕΗ Α.Ε. και κατά 49% στη Macquarie Asset Management.

Έργο της εταιρείας είναι η λειτουργία, η συντήρηση και η ανάπτυξη του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και η διασφάλιση της

διαφανούς και αμερόληπτης πρόσβασης των καταναλωτών και γενικότερα όλων των χρηστών του δικτύου.



Εικόνα 15: Ακολουθία των αγορών, μαζί με τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε αγοράς.

2.6.6 ΦοΣΕ

Κάθε έργο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με ισχύ μικρότερη των 400kW και με μέχρι δύο έργα ανά τεχνολογία, συνάπτει Σύμβαση λειτουργικής ενίσχυσης Σταθερής Τιμής με τον ΔΑΠΕΕΠ (ΣΕΣΤ), συμμετέχει αυτόματα στις αγορές και εκπροσωπείται από το ΔΑΠΕΕΠ. Κάθε έργο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με ισχύ μεγαλύτερη των 400kW, οφείλει να συμμετέχει στις αγορές ενέργειας είτε απευθείας είτε μέσω ενός Φο.Σ.Ε: Μπορεί να συνάψει Σύμβαση Λειτουργικής Ενίσχυσης Διαφορικής Προσαύξησης (ΣΕΔΠ) με τον ΔΑΠΕΕΠ. Στην περίπτωση αυτή, αποζημιώνεται και από τις αγορές ενέργειας και από τον ΔΑΠΕΕΠ. Λαμβάνει από τον ΔΑΠΕΕΠ ένα premium. Μπορεί να συμμετέχει απευθείας στις αγορές ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή, αποζημιώνεται με βάση την τιμή της Αγοράς Επόμενης Μέρας. Μπορεί να συνάψει συμφωνία πώλησης ενέργειας (Power Purchase Agreement) με κάποιον προμηθευτή ή κάποιον καταναλωτή. Στην περίπτωση αυτή, συμμετέχει στις αγορές ενέργειας, όπως και στις παραπάνω περιπτώσεις, αλλά η τελική αποζημίωσή του, έπειτα από τις εκκαθαρίσεις, είναι σταθερή και ίση με τη συμφωνηθείσα, μεταξύ των δύο μερών, τιμή.

3 Θεσμικό πλαίσιο και ολοκλήρωση της αγοράς στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και την ΕΕ

3.1. Ανάλυση του θεσμικού πλαισίου για την ολοκλήρωση της αγοράς

Η ολοκλήρωση της ευρωπαϊκής ενεργειακής αγοράς και η διαμόρφωση του θεσμικού πλαισίου που την διέπει αποτελεί σημαντικό βήμα για τη δημιουργία μιας ενιαίας αγοράς ενέργειας στην ΕΕ. Αυτό το θεσμικό πλαίσιο περιλαμβάνει:

1. Οδηγία MiFID και MiFID II (Οδηγία 2004/39/ΕΚ και Οδηγία 2014/65/ΕΕ): Αυτές οι οδηγίες διέπουν τις χρηματοπιστωτικές αγορές στην ΕΕ και καλύπτουν και τις ενεργειακές συναλλαγές. Η MiFID εισήγαγε τις ρυθμιζόμενες αγορές και τους πολυμερείς μηχανισμούς διαπραγμάτευσης, ενώ η MiFID II ενίσχυσε τη διαφάνεια και την προστασία των επενδυτών, επεκτείνοντας το πεδίο εφαρμογής των χρηματοπιστωτικών μέσων.
2. Κανονισμός EMIR (Κανονισμός ΕΕ 648/2012): Ο κανονισμός αυτός αφορά τα παράγωγα χρηματοπιστωτικά μέσα και την υποχρεωτική κεντρική εκκαθάριση για ορισμένα από αυτά, επιδιώκοντας τη μείωση του κινδύνου αντισυμβαλλομένου.
3. Κανονισμός REMIT (Κανονισμός ΕΕ 1227/2011): Αφορά την ακεραιότητα και τη διαφάνεια στις χονδρικές αγορές ενέργειας, επιβάλλοντας κανόνες για την αποτροπή της χειραγώγησης των αγορών και την εξασφάλιση της δημοσιοποίησης εμπιστευτικών πληροφοριών.
4. Κανονισμός «Σύζευξης» (ΕΕ 2015/1222): Προβλέπει τη διασύνδεση των εθνικών αγορών ηλεκτρικής ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο μέσω της σύζευξης της αγοράς επόμενης ημέρας, προωθώντας την αποτελεσματική χρήση των διασυνοριακών δυνατοτήτων.

Η διαμόρφωση μιας καλά ρυθμιζόμενης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό στο νομοθετικό πλαίσιο που θεσπίστηκε με τον νόμο 4425/2016 και ενισχύθηκε με τον νόμο 4512/2018. Με το ισχύον νομοθετικό

πλαίσιο ιδρύεται ανώνυμη εταιρεία με την επωνυμία «Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας Α.Ε.» (EXE Α.Ε.) με απόσχιση από την εταιρεία ΛΑΓΗΕ ΑΕ και κύριες αρμοδιότητες τη διενέργεια του Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού, τον προγραμματισμό των εγχύσεων ηλεκτρικής ενέργειας στο ΕΣΜΗΕ, και των απορροφήσεων ηλεκτρικής ενέργειας από αυτό, τον υπολογισμό της Οριακής Τιμής Συστήματος, την οργάνωση και διεξαγωγή δημοπρασιών πώλησης προθεσμιακών προϊόντων ηλεκτρικής ενέργειας με φυσική παράδοση, σύμφωνα με τα οριζόμενα στο ν. 4389/2016.

Η νομική δομή που δημιούργησε ο νόμος 4425/2016 είναι δυναμική. Σύμφωνα με τις μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς, τις τεχνικές εξελίξεις και τις αυξανόμενες ρυθμιστικές ανάγκες, η νομοθεσία είναι ανοικτή σε επικαιροποιήσεις και αναθεωρήσεις.

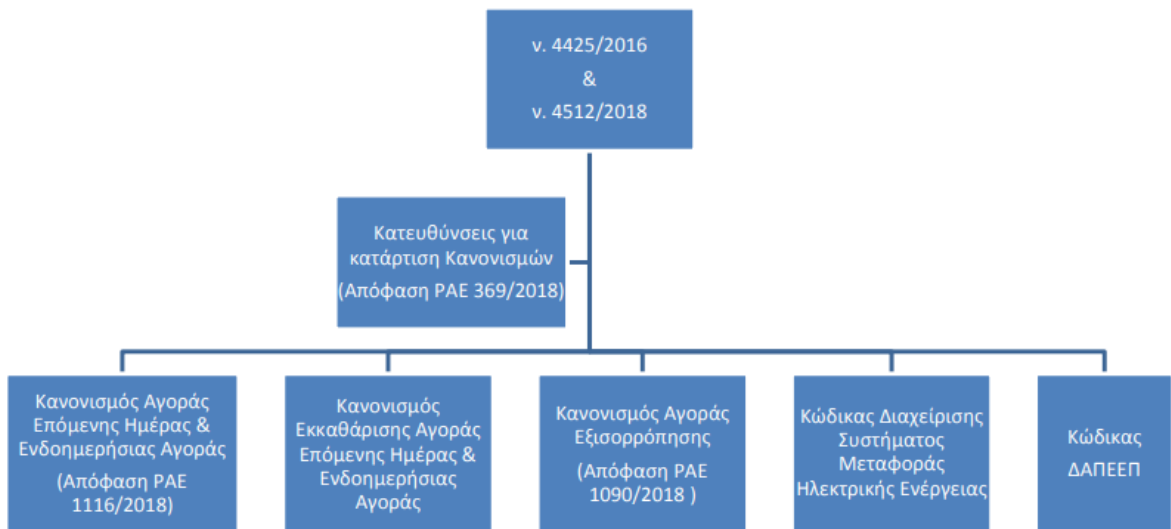
Το πλαίσιο περιγράφει τις συνιστώσες της διάρθρωσης της ελληνικής αγοράς, οι οποίες είναι:

- Η χονδρική αγορά είναι η αγορά όπου οι παραγωγοί και οι προμηθευτές μπορούν να ανταλλάσσουν ηλεκτρική ενέργεια. Βασικό μέρος των δραστηριοτήτων της χονδρικής αγοράς είναι η Ελληνική Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας.
- Η λιανική αγορά: Επιτρέποντας στους πελάτες να επιλέξουν τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας, η λιανική αγορά προάγει τον ανταγωνισμό και την επιλογή των καταναλωτών.
(Τσαλικίδης, 2022).

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται σχηματικά το νέο νομοθετικό πλαίσιο που θεσπίστηκε για την αναδιάρθρωση της ελληνικής αγοράς σύμφωνα με το πλέγμα των κανόνων του «Μοντέλου Στόχου», (ν. 4425/2016, όπως αυτός τροποποιήθηκε με τον ν. 4512/2018) καθώς και τις αποφάσεις της ΡΑΕ 1116/2018 και 1090/2018 με τις οποίες εγκρίθηκαν ο Κανονισμός λειτουργίας της Αγοράς Επόμενης

Ημέρας & της Ενδοημερήσιας Αγοράς και ο Κανονισμός της Αγοράς Εξισορρόπησης αντίστοιχα.

Ο ν. 4512/2018 πρόσθεσε επίσης ότι η εκκαθάριση των συναλλαγών στην Αγορά Εξισορρόπησης θα διενεργείται από τον ΑΔΜΗΕ, με δυνατότητα ανάθεσης αυτής της λειτουργίας σε εξωτερικό φορέα εκκαθάρισης, υπό την έγκριση της ΡΑΕ. Επιπλέον, το άρθρο 87 του ν. 4512/2018 εισήγαγε το νέο άρθρο 16 στον ν. 4425/2016, που ρυθμίζει την εκκαθάριση των συναλλαγών στην Ενεργειακή Χρηματοπιστωτική Αγορά, η οποία ανατίθεται σε αδειοδοτημένο από την Επιτροπή Κεφαλαιαγοράς διαχειριστή συστήματος. Για την υποστήριξη των ενεργειακών χρηματοπιστωτικών αγορών, η EXE Α.Ε. συνάπτει συμφωνίες με το Χρηματιστήριο Αθηνών Α.Ε. και τη θυγατρική του, την Εταιρεία Εκκαθάρισης Συναλλαγών Χρηματιστηρίου Αθηνών Α.Ε.



Εικόνα 16: Νέο Ρυθμιστικό Πλαίσιο - Κατευθύνσεις και Ρυθμιστικά Κείμενα

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας ιδρύθηκε βάσει του ν. 2773/1999, με στόχο την επίβλεψη της ελληνικής αγοράς ενέργειας και την προώθηση της απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές Οδηγίες 2003/54/ΕΚ και 2003/55/ΕΚ. Αρχικά, οι αρμοδιότητές της ήταν κυρίως γνωμοδοτικές και περιλάμβαναν την παρακολούθηση της αγοράς ενέργειας,

καλύπτοντας τόσο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όσο και το φυσικό αέριο. Με την εισαγωγή του ν. 3851/2010, η ΡΑΕ απέκτησε αυτοτελή νομική προσωπικότητα, καθώς και ευρύτερες εκτελεστικές αρμοδιότητες. Πλέον, ανέλαβε κρίσιμα καθήκοντα όπως η έκδοση αδειών παραγωγής, η προστασία των καταναλωτών, η παρακολούθηση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού, η εποπτεία των Ανεξάρτητων Διαχειριστών Μεταφοράς και η έγκριση τιμολογίων για μη ανταγωνιστικές δραστηριότητες. Το 2011, με την εφαρμογή της Τρίτης Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Δέσμης, η ΡΑΕ αναβαθμίστηκε περαιτέρω, αναλαμβάνοντας το ρόλο του εγγυητή της εύρυθμης λειτουργίας των ενεργειακών αγορών, επιβλέποντας την τήρηση των νομοθετικών διατάξεων και των δικαιωμάτων και υποχρεώσεων των διαχειριστών και των συμμετεχόντων στην αγορά. (Αναγνωστοπούλου, 2023).

Λειτουργίες (Functions)	SPOT Markets-Προϊόντα Άμεσης Παράδοσης			Προθεσμιακές Αγορές	
	Αγορές Επόμενης Ημέρας (Day Ahead)	Ενδοημερήσια Αγορά (Intraday)	Αγορά Εξισορρόπησης (Balancing)	Φυσικής Παράδοσης	Διακανονισμού με Μετρητά (Cash Settlement)
Εκτέλεση Συναλλαγών (Trading)	EXE A.E.	EXE A.E	ΑΔΜΗΕ	EXE A.E	EXE A.E
Εκκαθάριση, Διακανονισμός, Διαχείριση Κινδύνου	ΕΕΣΧΕ A.E (EnEx Clear)	ΕΕΣΧΕ A.E (EnEx Clear)	ΑΔΜΗΕ *Clearing House	ΕΤ.ΕΚ (ATHEX Clear)	ΕΤ.ΕΚ (ATHEX Clear)
Τεχνική και Λειτουργική Υποστήριξη	ATHEX	ATHEX	ΑΔΜΗΕ	ATHEX	ATHEX

Εικόνα 17: Το χρηματιστηριακό μοντέλο οργάνωσης και οι εκκαθαριστές των συναλλαγών.

3.2 Το θεσμικό πλαίσιο ΑΠΕ

Η νομοθεσία που διέπει τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναπτυχθεί με στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας και την προώθηση της

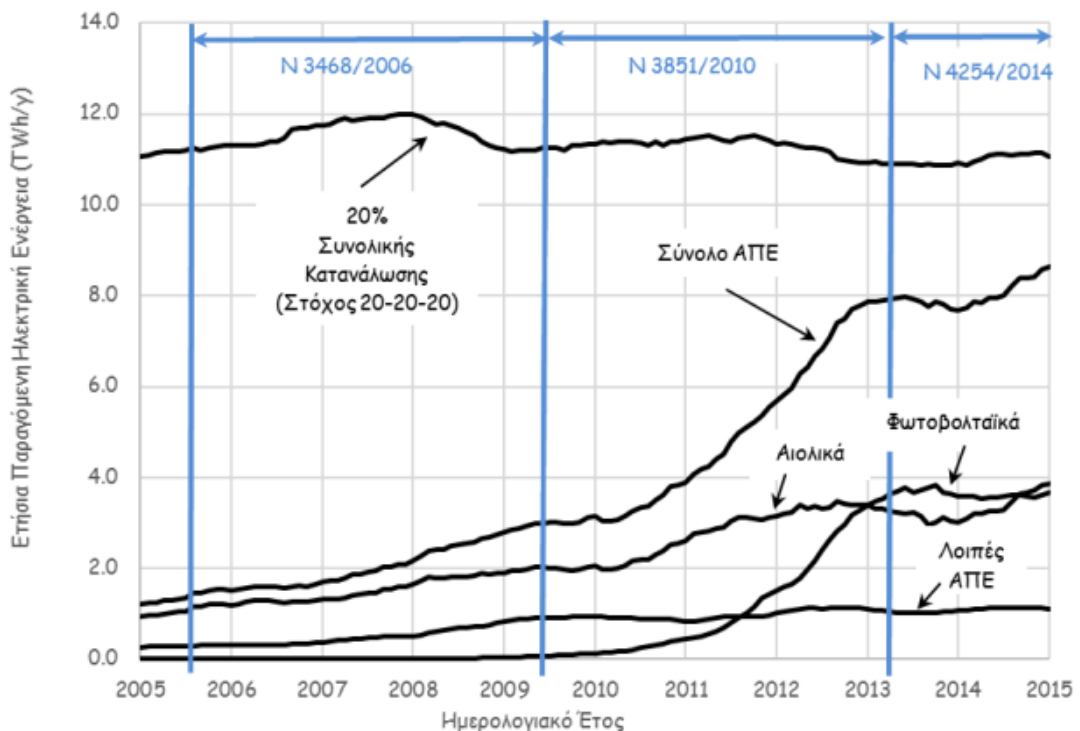
αιφορίας. Κύριοι νόμοι και οδηγίες που έχουν συμβάλει στη διαμόρφωση του νομοθετικού πλαισίου περιλαμβάνουν:

1. Οδηγία 2001/77/ΕΚ: Η πρώτη σημαντική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης που έθεσε τα θεμέλια για την προώθηση της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, ορίζοντας εθνικούς στόχους για τα κράτη μέλη.
2. Οδηγία 2009/28/ΕΚ (RED I): Αντικατέστησε την Οδηγία 2001/77/ΕΚ, εισάγοντας δεσμευτικούς στόχους για όλα τα κράτη μέλη, με σκοπό το 20% της ενέργειας να προέρχεται από ΑΠΕ μέχρι το 2020.
3. Νόμος 3468/2006: Στην Ελλάδα, εισήγαγε το σύστημα των εγγυημένων τιμών (Feed-in Tariffs) για την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ, προσφέροντας σταθερές και προβλέψιμες τιμές στους παραγωγούς.
4. Νόμος 3851/2010: Ενίσχυσε το πλαίσιο για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα, αναθεωρώντας τις εγγυημένες τιμές και επιταχύνοντας τις διαδικασίες αδειοδότησης.
5. Οδηγία 2018/2001/ΕΕ (RED II): Καθιέρωσε νέους στόχους για το 2030, απαιτώντας από τα κράτη μέλη να εξασφαλίσουν ότι τουλάχιστον το 32% της ενέργειας θα προέρχεται από ΑΠΕ.
6. Νόμος 4414/2016: Εισήγαγε το σύστημα των ανταγωνιστικών δημοπρασιών για την τιμολόγηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα, αντικαθιστώντας το προηγούμενο σύστημα των εγγυημένων τιμών.
7. Νόμος 4685/2020: Αναμόρφωσε το αδειοδοτικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ, επιταχύνοντας τις διαδικασίες και μειώνοντας τη γραφειοκρατία. Αποτελεί σημαντικό βήμα για την εναρμόνιση της περιβαλλοντικής νομοθεσίας της Ελλάδας με τις ευρωπαϊκές οδηγίες και την προώθηση των ΑΠΕ. Ο νόμος ενσωματώνει τις οδηγίες 2018/844 και 2019/692 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εστιάζοντας στην περιβαλλοντική αδειοδότηση, τη διαχείριση προστατευόμενων περιοχών και τη βελτίωση των διαδικασιών αδειοδότησης. Επιπλέον, ρυθμίζει θέματα σχετικά με τους δασικούς χάρτες, την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, και την εσωτερική αγορά φυσικού αερίου, σύμφωνα με την οδηγία 2009/73/ΕΚ. (Tsagkari, 2021).

8. Με τον Νόμο 4643/2019, συμπληρώθηκε το πλαίσιο λειτουργίας, επιτρέποντας στους σταθμούς ΑΠΕ να συμμετέχουν απευθείας στη χονδρεμπορική αγορά ηλεκτρισμού. Καθιερώθηκε η υποχρέωση συμμετοχής των παραγωγών ΑΠΕ που λαμβάνουν διαφορική προσαύξηση στους μηχανισμούς της αγοράς, είτε αυτοβούλως είτε Φ.Ο.Σ.Ε.. Ορίστηκε η ΔΑΠΕΕΠ Α.Ε. ως Φορέας Σωρευτικής Εκπροσώπησης Τελευταίου Καταφυγίου.
9. Ο Ν. 4643/2019 (ΦΕΚ 193 Α') επιτρέπει στους σταθμούς ΑΠΕ να συμμετέχουν στη χονδρεμπορική αγορά ηλεκτρισμού χωρίς να λάβουν λειτουργική ενίσχυση, προσφέροντας ευελιξία και ανταγωνιστικότητα στους παραγωγούς ΑΠΕ.

(Λέντζας, 2017)

Στα κατωτέρω φαίνεται η επιρροή που είχε η νομοθεσία στην διεύρυνση των φωτοβολταϊκών:



Εικόνα 18: Ετήσια Παραγόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (Δεδομένα ΛΑΓΗΕ).

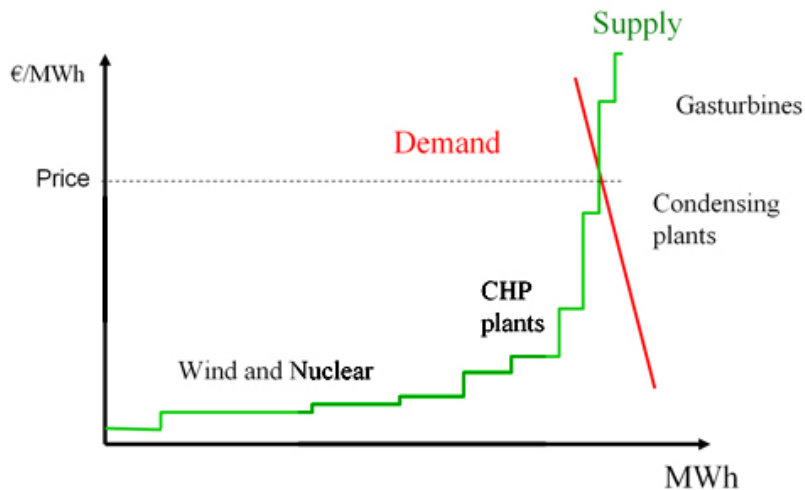
4. Παραγωγή και ανάλυση των τιμών χονδρικής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορα τμήματα της αγοράς

4.1. Διαμόρφωση των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας

Ο καθορισμός των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας είναι μια σύνθετη διαδικασία, επηρεαζόμενη από διάφορους αλληλένδετους παράγοντες που καθορίζουν το συνολικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας στις αγορές χονδρικής. Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας αντανακλά άμεσα το σύνολο των δαπανών που σχετίζονται με την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή της στους τελικούς καταναλωτές. Παράγοντες όπως το ενεργειακό μείγμα, το κόστος των καυσίμων, οι ρυθμιστικές πολιτικές, οι επιδοτήσεις, η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και οι μηχανισμοί ανταγωνισμού και διαμόρφωσης των τιμών στην αγορά, επηρεάζουν σημαντικά τη διαμόρφωση του τελικού κόστους. (Pradhan et al., 2021).

4.1.1. Ρόλος της δυναμικής της προσφοράς και της ζήτησης

Η δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ της προσφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία συχνά επηρεάζεται από την προσβασιμότητα και τον προγραμματισμό λειτουργίας των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, και του επιπέδου της ζήτησης, το οποίο διαμορφώνεται κυρίως από τις καταναλωτικές συμπεριφορές, χρησιμεύει ως βάση για τον καθορισμό της τιμής ισορροπίας στην αγορά. Σε περιπτώσεις που χαρακτηρίζονται από αυξημένη ζήτηση ή μειωμένη προσφορά, παρατηρείται ότι οι τιμές έχουν την τάση να κλιμακώνονται ως αποτέλεσμα της περιορισμένης διαθεσιμότητας των πόρων. Αντίθετα, σε περιπτώσεις που χαρακτηρίζονται από πλεονάζουσα προσφορά ή μειωμένη ζήτηση, είναι πιθανό οι τιμές να παρουσιάζουν τάση μείωσης (Akkemik, 2011).



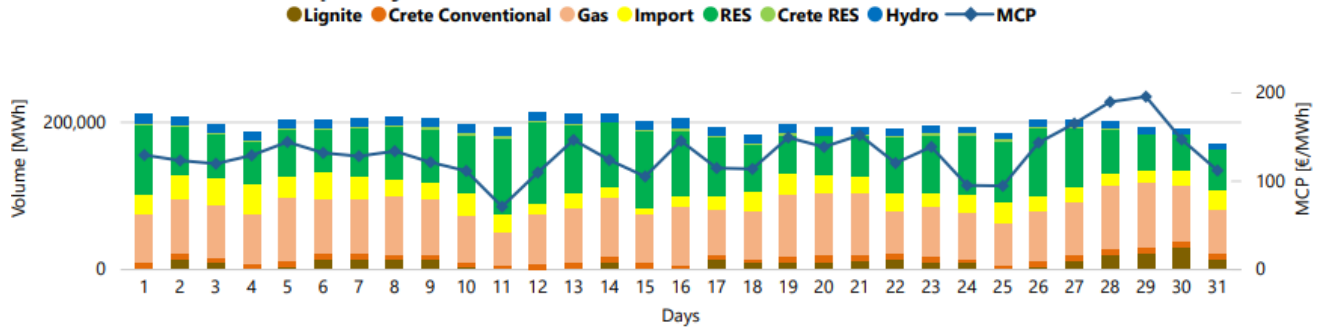
Εικόνα 19: Καμπύλη προσφοράς και ζήτησης για το Χρηματιστήριο Ενέργειας

4.1.2. Εξέταση του μείγματος παραγωγής και του κόστους καυσίμου

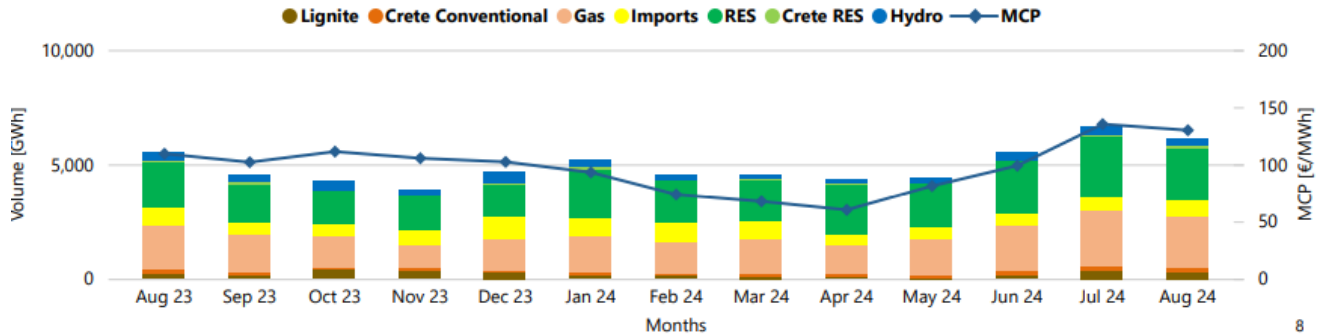
Η διαμόρφωση του μείγματος παραγωγής αποτελεί κρίσιμο παράγοντα που επηρεάζει την τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας. Κάθε κατηγορία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής παρουσιάζει διαφορετικό κόστος παραγωγής, με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να διακρίνονται συνήθως για τις χαμηλότερες λειτουργικές δαπάνες, σε αντίθεση με τους σταθμούς που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα. Το κόστος λειτουργίας των συμβατικών σταθμών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις τιμές των καυσίμων, όπως το φυσικό αέριο και ο άνθρακας, γεγονός που συμβάλλει στις διακυμάνσεις των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας. Η επίδραση συγκεκριμένων τεχνολογιών παραγωγής στις συνολικές τιμές της αγοράς υπογραμμίζει τον σημαντικό ρόλο τους στο ενεργειακό μείγμα.

(Akkemik, 2011).

1.8 Volume mix of sell side per day



1.9 Volume mix of sell side per month



Εικόνα 20: Μίξη του όγκου της προσφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ανά ημέρα τον Αύγουστο 2024 και ανα μήνα το έτος 2023 στην ελληνική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

Παρατηρείται η καθημερινή διακύμανση της τιμής του ηλεκτρισμού η οποία επηρεάζεται από τη διαθεσιμότητα και την κατανομή της παραγωγής μεταξύ των διαφορετικών τύπων πηγών. Το έτος 2023 υπήρχε αυξητική τάση στις τιμές τους καλοκαιρινούς, η οποία μπορεί να αποδοθεί στη μεγαλύτερη ζήτηση λόγω υψηλών θερμοκρασιών και, πιθανόν, στην υψηλότερη χρήση φυσικού αερίου και εισαγωγών για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Οι ανανεώσιμες πηγές, με χαμηλό λειτουργικό κόστος, βοηθούν στη συγκράτηση των τιμών, ενώ η χρήση λιγνίτη και φυσικού αερίου, που είναι πιο ακριβά λόγω του κόστους των καυσίμων, αυξάνει τις τιμές.

4.1.3. Επίδραση των ρυθμιστικών πολιτικών και των επιδοτήσεων

Οι ρυθμιστικές πολιτικές και οι επιδοτήσεις έχουν αντίκτυπο στον καθορισμό των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος λειτουργίας των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα μπορεί να επηρεαστεί από περιβαλλοντικούς κανονισμούς, ανώτατα όρια εκπομπών και μηχανισμούς

τιμολόγησης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, οι οποίοι θα μπορούσαν δυνητικά να οδηγήσουν σε κλιμάκωση των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίθετα, η παροχή επιδοτήσεων προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή την ηλιακή και την αιολική ενέργεια, μπορεί να αντισταθμίσει αποτελεσματικά τα έξοδα που προκύπτουν κατά την παραγωγή, οδηγώντας έτσι σε μείωση των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές που διαθέτουν σημαντικό ποσοστό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ενεργειακή τους σύνθεση (Chaiken et al., 2021).

4.1.4. Ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) παρουσιάζουν σχεδόν μηδενικό οριακό κόστος παραγωγής, γεγονός που οδηγεί σε μείωση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις περιόδους όπου υπάρχει αυξημένη παραγωγή από αυτές τις πηγές. Η εισαγωγή σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας από ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα έχει γενικά θετική επίδραση στη μείωση των τιμών, καθώς η ενέργεια που παράγεται από τον ήλιο και τον άνεμο δεν απαιτεί κόστος καυσίμου.

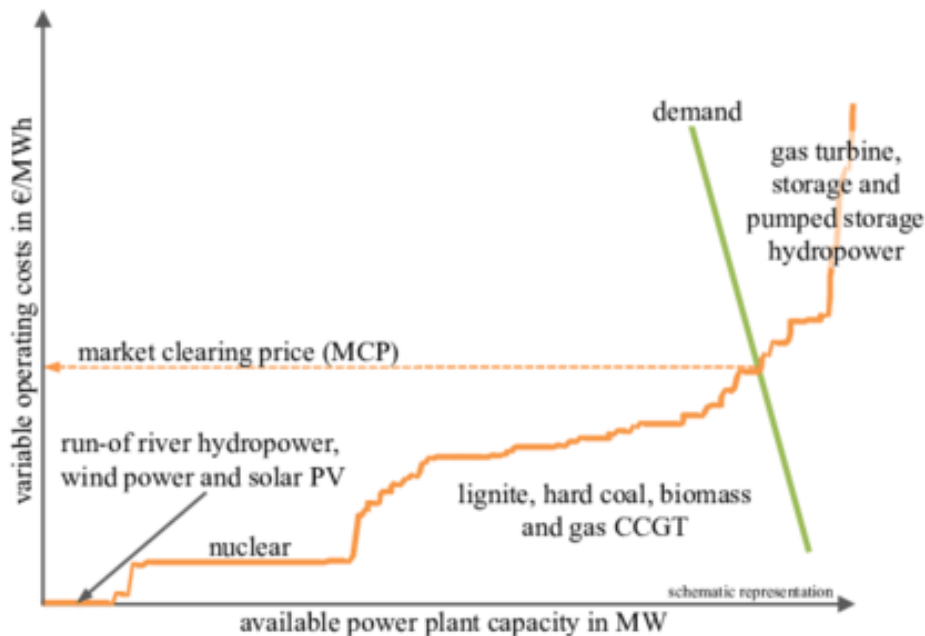
Ωστόσο, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη τα στοχαστικά (διαλείποντα) χαρακτηριστικά των ΑΠΕ. Αυτά τα χαρακτηριστικά, δηλαδή η μη προβλεψιμότητα και η μεταβλητότητα της παραγωγής λόγω καιρικών συνθηκών, μπορούν να προκαλέσουν διακυμάνσεις στις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας, ιδιαίτερα όταν η παραγωγή από ΑΠΕ δεν επαρκεί για την κάλυψη της ζήτησης. Σε περιπτώσεις μειωμένης παραγωγής από ΑΠΕ, η ανάγκη κάλυψης του ενεργειακού κενού με συμβατικές πηγές, οι οποίες παρουσιάζουν υψηλότερα οριακά κόστη, μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των τιμών.

Επιπλέον, η έλλειψη δυνατότητας μεγάλης κλίμακας αποθήκευσης ενέργειας σε πολλά συστήματα αποτελεί έναν κρίσιμο περιορισμό για την αποτελεσματική ενσωμάτωση των ΑΠΕ. Η αποθήκευση ενέργειας, μέσω τεχνολογιών όπως οι μπαταρίες ή τα αντλησιοταμιευτικά συστήματα, μπορεί να προσφέρει λύσεις στη στοχαστικότητα των ΑΠΕ, επιτρέποντας την αποθήκευση πλεονάζουσας παραγωγής σε περιόδους χαμηλής ζήτησης και την αξιοποίησή της σε περιόδους αιχμής. Η

ανεπάρκεια συστημάτων αποθήκευσης μπορεί να αυξήσει τη μεταβλητότητα των τιμών, καθώς το ενεργειακό σύστημα είναι υποχρεωμένο να καλύπτει τη ζήτηση με πιο ακριβές, συμβατικές πηγές ενέργειας.(Macedo et al., 2020).

4.1.5. Ανταγωνισμός στην αγορά και μηχανισμοί ανίχνευσης τιμών

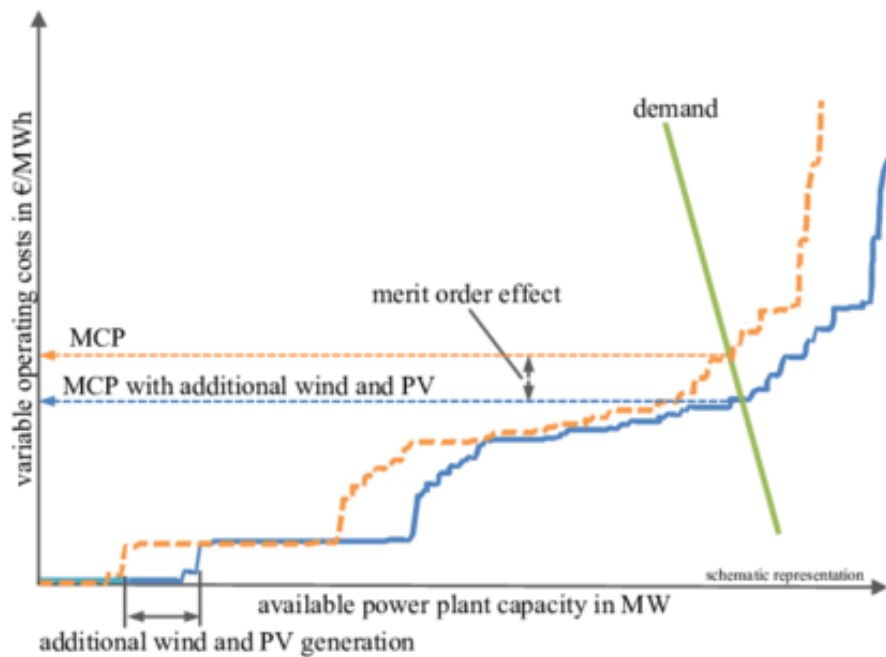
Ο ανταγωνισμός στην αγορά και οι μηχανισμοί διαμόρφωσης τιμών συμβάλλουν ουσιαστικά στον αποτελεσματικό προσδιορισμό των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ανταγωνιστικές αγορές, που χαρακτηρίζονται από τη συμμετοχή πολλών παραγωγών και καταναλωτών, ενισχύουν τη διαμόρφωση τιμών μέσα από τον ανταγωνισμό και περιορίζουν τη δυνατότητα των κυρίαρχων παραγόντων να ασκήσουν υπερβολική επιρροή στην αγορά. Οι μηχανισμοί διαμόρφωσης τιμών, όπως οι διαδικασίες υποβολής προσφορών στις αγορές ημερήσιου και πραγματικού χρόνου, διασφαλίζουν ότι οι τιμές αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια τη δυναμική της προσφοράς και της ζήτησης, συμβάλλοντας στην ορθολογική κατανομή των πόρων.(Pradhan et al., 2021).



Εικόνα 21: Διαμόρφωση της Τιμής Εκκαθάρισης της Αγοράς (MCP) βάσει της Merit Order

Η εικόνα 21 δείχνει τη διαδικασία καθορισμού της τιμής εκκαθάρισης της αγοράς βάσει της σειράς προτεραιότητας των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα με το κόστος (Merit Order). Οι μονάδες με το χαμηλότερο μεταβλητό κόστος καταλαμβάνουν τις πρώτες θέσεις στη Merit Order, καθώς έχουν σχεδόν μηδενικό λειτουργικό κόστος. Ακολουθούν οι μονάδες πυρηνικής ενέργειας, που επίσης έχουν σχετικά χαμηλό κόστος λειτουργίας. Στη συνέχεια, μονάδες με υψηλότερο κόστος, όπως οι λιγνιτικές, και οι μονάδες βιομάζας, κατέχουν μεγαλύτερο μερίδιο ισχύος με αυξημένο κόστος λειτουργίας. Τέλος, οι πιο ακριβές μονάδες, όπως οι μονάδες φυσικού αερίου και οι αποθήκες ενέργειας, βρίσκονται στο δεξί μέρος του γραφήματος, με τις υψηλότερες τιμές λειτουργικού κόστους.

Η πράσινη γραμμή αντιπροσωπεύει τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Το σημείο τομής της ζήτησης με τη γραμμή του μεταβλητού κόστους καθορίζει την τιμή εκκαθάρισης της αγοράς.



Εικόνα 22: Η Επίδραση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Μείωση της Τιμής Εκκαθάρισης μέσω του Merit Order Effect

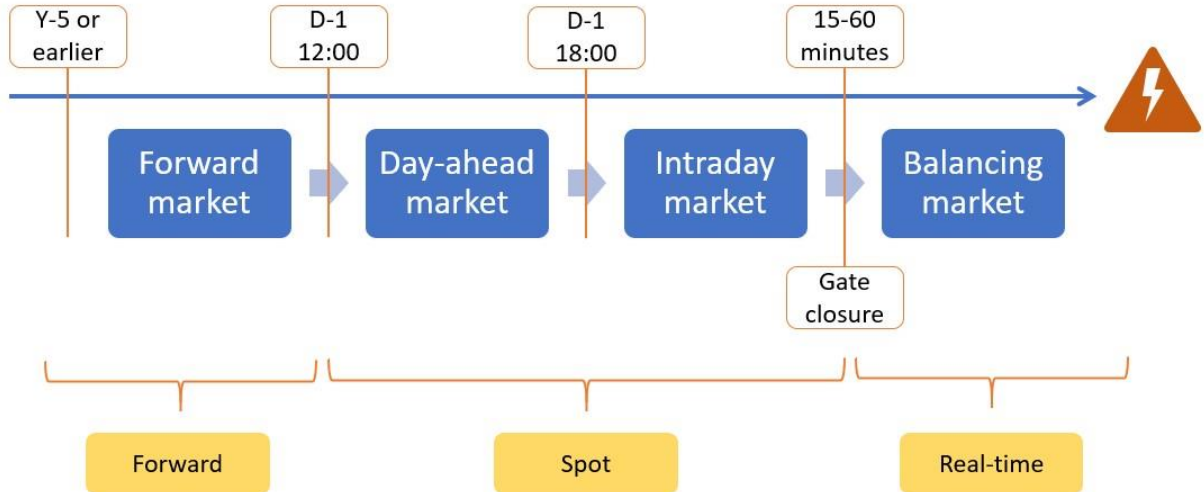
Παραπάνω φαίνεται η επίδραση της ενσωμάτωσης πρόσθετων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τιμή εκκαθάρισης της αγοράς, φαινόμενο που είναι γνωστό ως "Merit Order Effect".

- Η προσθήκη περισσότερης ισχύος από ΑΠΕ μετατοπίζει τη γραμμή παραγωγής προς τα δεξιά, αυξάνοντας τη συνολική διαθέσιμη ισχύ με χαμηλό ή μηδενικό οριακό κόστος.
- Αυτή η προσθήκη μειώνει το επίπεδο του MCP, όπως φαίνεται από τη μετατόπιση της πορτοκαλί γραμμής προς τα κάτω προς τη μπλε γραμμή
- Το "Merit Order Effect" έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της συνολικής τιμής της αγοράς, καθώς οι πιο ακριβές μονάδες παραγωγής (φυσικό αέριο, αποθήκευση, κ.λπ.) δεν χρειάζεται να ενταχθούν στο σύστημα ή να χρησιμοποιηθούν λιγότερο.

Ωστόσο, η μεταβλητότητα και στοχαστικότητα των ΑΠΕ μπορούν να επηρεάσουν την αξιοπιστία της συνολικής παραγωγής, κάνοντας απαραίτητη τη χρήση ακριβότερων μονάδων για την κάλυψη των αναγκών σε περιόδους χαμηλής παραγωγής από ΑΠΕ.

4.2. Τμήματα αγοράς για τη διαπραγμάτευση ηλεκτρικής ενέργειας

Η χονδρική τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμεύει ως θεμελιώδες μέτρο που αποτελεί τη βάση για τη λειτουργία των σύγχρονων αγορών ηλεκτρικής ενέργειας. Λειτουργεί ως καθοριστικός παράγοντας για τη διαμόρφωση των οικονομικών κερδών των παραγωγών, των δαπανών που επιβαρύνουν τους καταναλωτές και της συνολικής αποτελεσματικότητας της αγοράς. Ο εγγενής δυναμισμός που παρουσιάζουν αυτές οι μεταβλητές αναδεικνύει την αναγκαιότητα ύπαρξης διαφορετικών τμημάτων της αγοράς, καθένα από τα οποία είναι προσαρμοσμένο σε διαφορετικούς χρονικούς ορίζοντες, προκειμένου να διευκολυνθεί ο βέλτιστος καθορισμός των τιμών και η κατανομή των πόρων (Göknur Umutlu et al., 2011).



Εικόνα 23: Τμήματα αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

4.2.1. Προθεσμιακή αγορά (Forward Market)

Η προθεσμιακή αγορά είναι μια πλατφόρμα για τους παραγωγούς, τους καταναλωτές και τους επενδυτές ώστε να συμμετέχουν σε δραστηριότητες αντιστάθμισης κινδύνου, μετριάζοντας έτσι τον αντίκτυπο της αστάθειας και της μεταβλητότητας των μελλοντικών. Τα προθεσμιακά συμβόλαια παρουσιάζουν ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό με τη μορφή προκαθορισμένων τιμών, επιτρέποντας έτσι στους συμμετέχοντες στην αγορά να διασφαλίζουν τις τιμές.

Ο καθορισμός των τιμών στην προθεσμιακή αγορά υπόκειται σε πλήθος παραγόντων, που περιλαμβάνουν ενδεικτικά τις αναμενόμενες συνθήκες προσφοράς και ζήτησης, το κόστος καυσίμων, τις ρυθμιστικές πολιτικές και το κλίμα της αγοράς. Οι προσκλήσεις και οι προσφορές που υποβάλλουν οι συμμετέχοντες στην αγορά είναι ενδεικτικές των προβλέψεών τους σχετικά με την επερχόμενη δυναμική της αγοράς

Οι προθεσμιακές συμβάσεις ηλεκτρικής ενέργειας αντιπροσωπεύουν συμφωνίες για αγορά και πώληση σταθερών ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας σε δεδομένη τιμή και συγκεκριμένη χρονική περίοδο στο μέλλον. Οι ανωτέρω συμφωνίες μπορεί να περιλαμβάνουν:

- **Βασικό Φορτίο:** Αναφέρεται στη σταθερή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να καλύπτεται συνεχώς καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ανεξάρτητα από τις διακυμάνσεις. Μονάδες όπως τα υδροηλεκτρικά, οι πυρηνικές και οι λιγνιτικές μονάδες καλύπτουν αυτή τη ζήτηση.
- **Φορτίο Αιχμής:** Αναφέρεται στην αυξημένη ζήτηση που παρατηρείται κατά τις ώρες αιχμής, συνήθως το πρωί και το απόγευμα. Μονάδες που μπορούν να αυξήσουν γρήγορα την παραγωγή, όπως οι μονάδες φυσικού αερίου ή αποθήκευσης, καλύπτουν το φορτίο αιχμής.

Daily Settlement prices for Month-Ahead (M+1) Instrument



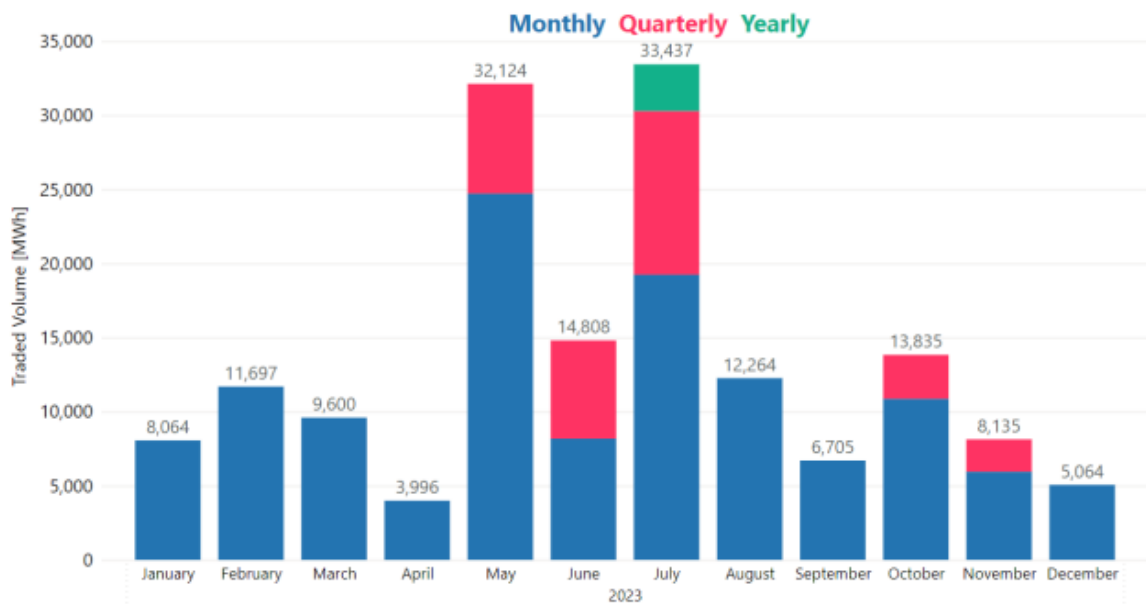
Εικόνα 24: Εξέλιξη των τιμών εκκαθάρισης για τα στην αγορά παραγώγων κατά το έτος 2023

Η τιμή εκκαθάρισης για το βασικό φορτίο και το φορτίο αιχμής καταγράφει σταδιακή μείωση από τον Ιανουάριο έως το Νοέμβριο του 2023.

Παράλληλα, το γράφημα με τους όγκους συναλλαγών αναδεικνύει την προτίμηση της αγοράς για μηνιαία και τριμηνιαία συμβόλαια, ιδιαίτερα κατά τους μήνες Μάιο και Ιούνιο του 2023, όπου καταγράφηκαν οι μεγαλύτεροι όγκοι συναλλαγών. Τα ετήσια συμβόλαια καταλαμβάνουν μικρότερο μερίδιο στις συνολικές συναλλαγές, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι επενδυτές και οι επιχειρήσεις ενδέχεται να προτιμούν βραχυπρόθεσμες δεσμεύσεις, προκειμένου να διαχειριστούν καλύτερα την αβεβαιότητα της αγοράς.

Από την ανάλυση των συνολικών δεδομένων συναλλαγών, προκύπτει ότι το baseload συμβόλαιο αποτελεί τη βάση των συναλλαγών, αντιπροσωπεύοντας το 96,39% του συνολικού όγκου συναλλαγών. Το reaktload αντιπροσωπεύει μόνο το 3,61%, γεγονός που επιβεβαιώνει την κυρίαρχη θέση του βασικού φορτίου στις εμπορικές συναλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας. (Wozabal & Rameseder, 2020).

Traded Instruments – Value (€), Volume (MWh), Number & Vol



Εικόνα 25: Εξέλιξη των όγκων συναλλαγών ΣΜΕ κατά το έτος 2023

Ο τύπος της προθεσμιακής τιμής (που υποθέτει μηδενικά μερίσματα) είναι:

$$F = S_0 x e^{rt}$$

Όπου:

F = Η προθεσμιακή τιμή του συμβολαίου

S0 = Η τρέχουσα τιμή spot του υποκείμενου περιουσιακού στοιχείου

e = Η μαθηματική ανορθολογική σταθερά που προσεγγίζεται από το 2,7183

r = Το επιτόκιο άνευ κινδύνου που ισχύει για τη διάρκεια του προθεσμιακού συμβολαίου

T = Η ημερομηνία παράδοσης σε έτη

Επιπλέον, όταν προκύπτουν έξοδα μεταφοράς, ο τύπος της προθεσμιακής τιμής μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να ληφθούν υπόψη τα πρόσθετα έξοδα:

$$F = S_0 x e^{(r-q)t}$$

όπου:

q = Κόστος μεταφοράς

Εάν το υποκείμενο περιουσιακό στοιχείο διανέμει μερίσματα κατά τη διάρκεια της σύμβασης, ο τύπος για την προθεσμιακή τιμή είναι:

$$F = (S - D)x e^{r+t}$$

Ας υποθέσουμε ότι η τρέχουσα τιμή spot είναι 100 €. Το επιτόκιο άνευ κινδύνου (r) είναι 5% ετησίως, το κόστος μεταφοράς (q) είναι 2% ετησίως, και το συμβόλαιο έχει διάρκεια 1 έτος (T=1). Χρησιμοποιούμε τον τροποποιημένο τύπο που περιλαμβάνει το κόστος μεταφοράς: Η προθεσμιακή τιμή του συμβολαίου μετά από 1 έτος, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος μεταφοράς, είναι περίπου 103,05 €.

4.2.2. Ημερήσια Αγορά (Day-Ahead market)

Η αγορά της επόμενης ημέρας διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς αποτελεί τον βασικό μηχανισμό μέσω του οποίου οι συμμετέχοντες μπορούν να υποβάλλουν προσφορές για την αγορά ή πώληση ηλεκτρικής ενέργειας που θα παραδοθεί την επόμενη ημέρα. Ο διαχειριστής της αγοράς συγκεντρώνει όλες τις προσφορές και, χρησιμοποιώντας ειδικούς αλγόριθμους εκκαθάρισης, καθορίζει την τιμή ισορροπίας (Market Clearing Price - MCP) και την αντίστοιχη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που θα διατεθεί στην αγορά. Ο καθορισμός των τιμών στην ημερήσια αγορά εξαρτάται από το σημείο τομής μεταξύ των καμπυλών προσφοράς και ζήτησης. Οι προσφορές που υποβάλλουν οι παραγωγοί και οι καταναλωτές εκδηλώνουν το μέγεθος της ηλεκτρικής ενέργειας

που είναι διατεθειμένοι να προμηθευτούν ή να πωλήσουν σε διάφορα επίπεδα τιμών. Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιεί ο διαχειριστής της αγοράς χρησιμεύουν για την ενοποίηση αυτών των προσφορών, προσδιορίζοντας έτσι την τιμή εκκαθάρισης, η οποία υποδηλώνει το σημείο στο οποίο η προσφορά ευθυγραμμίζεται με τη ζήτηση. Η αγορά της επόμενης ημέρας παρέχει μια πλατφόρμα στην οποία οι συμμετέχοντες μπορούν να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις λαμβάνοντας υπόψη τις προβλεπόμενες συνθήκες προσφοράς και ζήτησης. Διευκολύνει τη βελτιστοποίηση της κατανομής των πόρων και την αποκάλυψη των τιμών, καλλιεργώντας έτσι ένα κλίμα ανταγωνισμού και διαφάνειας της αγοράς. Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ότι η ημερήσια αγορά αντιμετωπίζει διάφορες προκλήσεις που αφορούν την αβεβαιότητα στις προβλέψεις ζήτησης, το ενδεχόμενο κατάχρησης της ισχύος στην αγορά και την ανάγκη για ισχυρούς μηχανισμούς παρακολούθησης της αγοράς για την αποτελεσματική αποτροπή τυχόν περιπτώσεων χειραγώγησης .

Κριτήριο Εκτέλεσης Προσφορών	
Προσφορές Αγοράς (Demand)	$P_{di} \geq MCP$
Προσφορές Πώλησης (Supply)	$P_{si} \leq MCP$

Εικόνα 26: Κριτήριο εκτέλεσης προσφορών αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας

Όλες οι προσφορές αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας με τιμή $P_{di} \geq MCP$ θα εκτελεστούν στην τιμή MCP. Όλες οι προσφορές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας (με τιμή $P_{si} \leq MCP$) θα εκτελεστούν στη τιμή MCP. Κάθε συμμετοχή στην αγορά, πώλησης ή αγοράς, πληροί τα κριτήρια, πληρώνεται στην τιμή εκκαθάρισης της αγοράς MCP, ανεξάρτητα του ύψους της τιμής εντολής αγοράς (P_{di}) ή πώλησης P_{si} ηλεκτρικής ενέργειας. (Shah & Chatterjee, 2020)

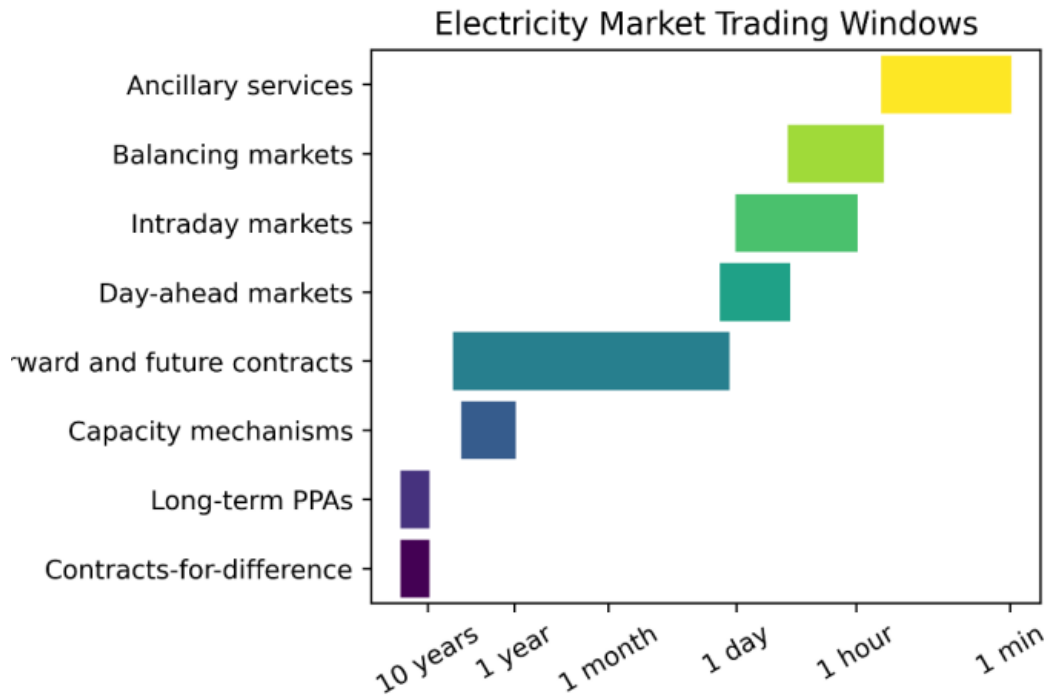
4.2.3. Ενδοημερήσια αγορά (Intraday Market)

Η Ενδοημερήσια Αγορά, που λειτουργεί σε άμεση γειτνίαση με την αγορά σε πραγματικό χρόνο, διευκολύνει τους συμμετέχοντες να προσαρμόζουν άμεσα τις θέσεις τους στις συναλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας, ανταποκρινόμενοι στις απότομες

διακυμάνσεις της προσφοράς και της ζήτησης. Η παροχή ευελιξίας στους συμμετέχοντες στην αγορά και ο επακόλουθος μετριασμός των βραχυπρόθεσμων ανισορροπιών αποτελούν βασικές λειτουργίες αυτού του συστήματος.

Στην Ενδοημερήσια Αγορά, οι τιμές καθορίζονται μέσω της αξιοποίησης μηχανισμών συνεχούς διαπραγμάτευσης που καλύπτουν αποτελεσματικά την ανάγκη για προσαρμογές σε πραγματικό χρόνο. Κατά τη διάρκεια της περιόδου διαπραγμάτευσης, οι συμμετέχοντες έχουν τη δυνατότητα να υποβάλλουν προσφορές και προσκλήσεις, επηρεάζοντας έτσι τις τιμές οι οποίες υφίστανται διακυμάνσεις ως απόκριση στις μεταβολές σε πραγματικό χρόνο στα επίπεδα προσφοράς και ζήτησης. Η εφαρμογή της δυναμικής τιμολόγησης είναι ενδεικτική της ανάγκης για άμεση και αποτελεσματική διαχείριση της ισορροπίας του δικτύου.

Η Ενδοημερήσια Αγορά εξυπηρετεί την ενίσχυση της σταθερότητας του δικτύου μέσω της ικανότητάς της να διευκολύνει τις στιγμιαίες τροποποιήσεις για την αντιμετώπιση των ανισοτήτων μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Η προσαρμογή της διαλείπουσας παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έχει ιδιαίτερη σημασία. Παρόλα αυτά, η παρούσα προσπάθεια συνεπάγεται τη διεκπεραίωση των περιπλοκών της βελτιστοποίησης της αποτελεσματικότητας των βραχυπρόθεσμων συναλλαγών, τον μετριασμό των κινδύνων που συνδέονται με τη χειραγώγηση της αγοράς και τη διατήρηση της σταθερότητας της αξιοπιστίας του δικτύου μέσα στο διαρκώς μεταβαλλόμενο τοπίο της δυναμικής των τιμών.



Εικόνα 27: Χρονικά «Παράθυρα» κάθε αγοράς

Κατά τη διάρκεια της συνεδρίασης διαπραγμάτευσης, αναφέρουμε την αναμενόμενη παραγωγή ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές. Υποθέτουμε ότι οι αναθεωρήσεις των προβλέψεων είναι αποτέλεσμα νέων δεδομένων και συνεπώς οδηγούν σε τυχαίες μεταβολές του t . Ως εκ τούτου, η αβεβαιότητα μοντελοποιείται μέσω της δυναμικής (Kolkmann et al., 2022):

$$dD_t = \sigma_D dW_{t,D}$$

όπου:

σ_D είναι η μεταβλητότητα και $(W_{t,D})_{0 \leq t \leq T}$ είναι μια συνήθης κίνηση Μπράουν.

Πρώτον, συμβολίζουμε με $(Y_t)_{0 \leq t \leq T}$ τη μόνιμα επηρεασμένη μέση τιμή, δηλαδή το άθροισμα της μέσης τιμής της ενέργειας και της μόνιμης επίδρασης των συναλλαγών του πράκτορα, η οποία μοντελοποιείται: $\psi: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$

Η δυναμική του Y μοντελοποιείται από την SDE.

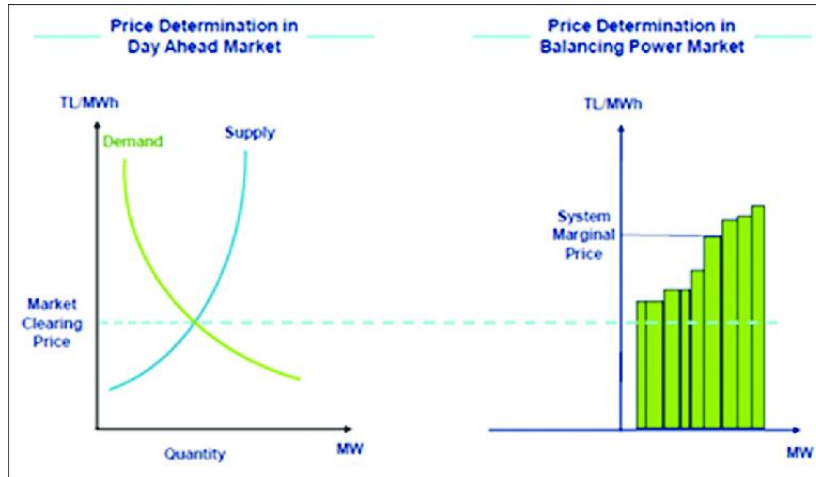
$$dY_t = (\mu_t + \psi(q_t))dt + \sigma_\gamma dW_{t,Y}$$

όπου μ_γ είναι η ολίσθηση, σ_γ είναι η μεταβλητότητα και $(W_{t,Y})_{0 \leq t \leq T}$ είναι μια τυπική κίνηση Brown. Συμβολίζουμε με $Y_{q;t,\gamma}$ τη λύση της SDE ξεκινώντας από το γ τη χρονική στιγμή t που εξαρτάται από q_t .

4.2.4. Αγορά εξισορρόπησης ενέργειας (Balancing energy market)

Η αγορά ενέργειας εξισορρόπησης χρησιμεύει ως ο τομέας στον οποίο οι διαχειριστές του δικτύου εποπτεύουν και ρυθμίζουν αποτελεσματικά τις στιγμιαίες διαφορές που προκύπτουν μεταξύ της παροχής και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Ο προαναφερόμενος μηχανισμός διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση της σταθερότητας του δικτύου και στην άμβλυνση των αποκλίσεων μεταξύ της πραγματικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και της προγραμματισμένης παραγωγής.

Η δομή τιμολόγησης που παρατηρείται στο πλαίσιο της αγοράς ενέργειας εξισορρόπησης επηρεάζεται εγγενώς από την απαίτηση διατήρησης της ισορροπίας του δικτύου σε πραγματικό χρόνο. Η εγγενής αστάθεια των φαινομένων αυτών προκύπτει από την ανάγκη άμεσης διόρθωσης των υφιστάμενων ανισορροπιών. Ο διαχειριστής της αγοράς κοινοποιεί αποτελεσματικά την απαίτηση για ενέργεια εξισορρόπησης και οι τιμές καθορίζονται μέσω μηχανισμών που δίνουν προτεραιότητα στην ταχεία ανταπόκριση προκειμένου να διατηρηθεί η σταθερότητα του δικτύου. Οι προκλήσεις που περικλείει το συγκεκριμένο θέμα αφορούν την ανάπτυξη αποτελεσματικού σχεδιασμού της αγοράς, τον μετριασμό της χειραγώγησης της αγοράς και τη βελτιστοποίηση των μηχανισμών εξισορρόπησης, προκειμένου να ενσωματωθεί απρόσκοπτα η αυξανόμενη εισροή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. (Brijs et al., 2017)



Εικόνα 28: Σχέση τιμών μεταξύ της ημερήσιας αγοράς και της αγοράς εξισορρόπησης ισχύος

Χρησιμοποιούμε τα σφάλματα πρόβλεψης ως μεταβλητές για την εξίσωση της ζήτησης με βάση την εργασία που έγινε από τους Επειδή η καμπύλη προσφοράς είναι διαφορετική για τα βραχυπρόθεσμα και τα μακροπρόθεσμα συστήματα κάνουμε χρήση ψευδομεταβλητών για να λάβουμε υπόψη αυτές τις αποκλίσεις. Ως συνδιαλλαγματική μεταβλητή για την εξίσωση της προσφοράς χρησιμοποιείται ο σταθμισμένος μέσος όρος των τιμών ενέργειας των θετικών και αρνητικών FRR. Υποθέτουμε γραμμική σχέση για όλες τις συνδιακυμάνσεις (Glas et al., 2020).

$$P_t = \beta_1 \cdot Q_t + S_t \cdot (\beta_{2S} \cdot FRR_t + \beta_{0s}) + L_t \cdot (\beta_{2L} \cdot FRR_t + \beta_{0L}) + \mu_t$$

Όπου:

Q = ανισορροπία συστήματος (MW)

P = τιμή ανισορροπίας (€/MWh)

DA = ημερήσια τιμή (€/MWh)

err_{load} = σφάλματα πρόβλεψης φορτίου (MW)

err_{solar} = σφάλματα πρόβλεψης ηλιακής παραγωγής (MW)

err_{wind} = σφάλματα πρόβλεψης αιολικής παραγωγής (MW)

$FRR_{+/-}$ = σταθμισμένη τιμή εφεδρείας αποκατάστασης συχνότητας (προς τα πάνω: + / προς τα κάτω: -) (€/MWh)

S, L = Ψευδομεταβλητές για συστήματα μικρής (S) και μεγάλης διάρκειας (L)
 α_1 = Ανταπόκριση της ζήτησης ενέργειας ανισορροπίας στην τιμή (MW ανά €/MWh)
 $\alpha_{2...5}$ = Επίδραση των επεξηγηματικών μεταβλητών στην ανισορροπία του συστήματος (MW ανά €/MWh ή ανά MW)
 β_1 = Επίδραση της ανισορροπίας του συστήματος στην τιμή ανισορροπίας (€/MWh ανά MW)
 β_2 = Επίδραση της τιμής FRR στην τιμή ανισορροπίας (€/MWh ανά €/MWh)
 α_0, β_0 = Σταθερές (€/MWh και MW)
 ϵ, μ = Όροι σφάλματος (€/MWh και MW) (Glas et al., 2020).

4.3. Περιορισμοί συνάφειας

Οι προβλέψεις για την παραγωγή ενέργειας από αιολικές και ηλιακές πηγές βασίζονται κυρίως σε μετεωρολογικά μοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την πρόγνωση καιρού ευρύτερα. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι βραχυπρόθεσμες επιδράσεις αυτών των μοντέλων δεν επηρεάζονται άμεσα από την τιμή ανισορροπίας στην αγορά ενέργειας. Παράλληλα, οι προβλέψεις φορτίου βασίζονται σε τυποποιημένα προφίλ κατανάλωσης, τα οποία κατασκευάζονται με τη χρήση ιστορικών δεδομένων για μικρούς καταναλωτές, λαμβάνοντας υπόψη και τα σχέδια παραγωγής μεγάλων καταναλωτών.

Βραχυπρόθεσμα, είναι δύσκολο να φανταστούμε μηχανισμούς με τους οποίους τα σφάλματα πρόβλεψης (δηλαδή αποκλίσεις μεταξύ προβλεπόμενης και πραγματικής παραγωγής ή ζήτησης) θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις τιμές ανισορροπίας, εκτός από τη ζήτηση για ενέργεια εξισορρόπησης. Θεωρητικά, η βελτίωση της ποιότητας των προβλέψεων θα μπορούσε να αποτελέσει κίνητρο για την αύξηση των τιμών ανισορροπίας, αλλά αυτό φαίνεται να έχει νόημα κυρίως μακροπρόθεσμα. Επομένως, δεδομένων των πολλαπλών χρήσεων των μετεωρολογικών προβλέψεων, είναι απίθανο αυτές να έχουν άμεσο αντίκτυπο στις τιμές ανισορροπίας (Koch & Hirth, 2019).

Οι τιμές Εφεδρείας Αποκατάστασης Συχνότητας (ΕΑΣ) χρησιμοποιούνται ως μέτρο κόστους για την ενεργοποίηση των αποθεμάτων εξισορρόπησης, δηλαδή της ενέργειας που προμηθεύονται οι πάροχοι αυτών των αποθεμάτων. Η τιμή ΕΑΣ προκύπτει από τον υπολογισμό της μέσης τιμής των επιτυχημένων προσφορών που γίνονται τόσο στις αυτοματοποιημένες όσο και στις χειροκίνητες δημοπρασίες ΕΑΣ. Οι προσφορές αυτές σταθμίζονται σύμφωνα με την πιθανότητα ενεργοποίησής τους, η οποία εξαρτάται από τη θέση τους στην αξιολογική σειρά των προσφορών εξισορρόπησης. Οι προσφορές με χαμηλότερη τιμή έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα ενεργοποίησης, οπότε λαμβάνουν μεγαλύτερο βάρος στον υπολογισμό.

Ο δείκτης ΕΑΣ δεν επηρεάζει άμεσα την ανισορροπία του συστήματος, εκτός από το γεγονός ότι μπορεί να επηρεάσει την τιμή ανισορροπίας. Εξαιτίας του χρονικού διαστήματος των 14 μηνών που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της πιθανότητας ενεργοποίησης, οι τιμές ΕΑΣ παραμένουν ανεπηρέαστες από τις βραχυπρόθεσμες ανισορροπίες του συστήματος, οι οποίες συμβαίνουν εντός συγκεκριμένων τριμηνιαίων περιόδων.

Ωστόσο, η ημερήσια τιμή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να επηρεάσει τόσο τις τιμές ΕΑΣ όσο και την ανισορροπία του συστήματος. Αυτό συμβαίνει επειδή οι πάροχοι ενέργειας εξισορρόπησης λαμβάνουν υπόψη τις προσδοκώμενες τιμές της επόμενης ημέρας ως κόστος ευκαιρίας κατά την υποβολή των προσφορών τους. Επομένως, οι τιμές της επόμενης ημέρας μπορεί να επηρεάσουν τις ενδοημερήσιες τιμές και να οδηγήσουν σε ανισορροπίες του συστήματος, ιδίως σε περιπτώσεις όπου εμφανίζονται στρατηγικές αποκλίσεις (Eicke et al., 2021).

4.4. Στρατηγικές αποκλίσεις και ισορροπία στις ενδοημερήσιες αγορές και στις αγορές ανισορροπίας

Μέχρι στιγμής, η προσοχή μας έχει στραφεί στην επίδραση της ανισότητας των τιμών στην κατάσταση της ανισορροπίας του συστήματος. Έχει αποδειχθεί ότι η διαδικασία εξισορρόπησης μπορεί να κατανοηθεί ως κατάσταση ισορροπίας στο πεδίο της αγοράς ανισορροπίας. Επεκτείνοντας την προαναφερθείσα άποψη είναι

σημαντική η σημασία της ενδοημερήσιας τιμής εντός των ορίων αυτής της ισορροπίας. Με μεγαλύτερη ακρίβεια, προσπαθούμε να αξιολογήσουμε την επίδραση της τιμής ανισορροπίας στην ενδοημερήσια τιμή. Για να το επιτύχουμε αυτό, αναλαμβάνουμε το έργο της τροποποίησης της εξίσωσης αντικαθιστώντας την ανισορροπία του συστήματος με την ενδοημερήσια τιμή ως εξαρτημένη μεταβλητή. Η ενδογενής μεταβλητή είναι η τιμή ανισορροπίας, για την οποία χρησιμοποιούμε τις τιμές ΕΑΣ ως εργαλειακή μεταβλητή. Στο πλαίσιο του συγκεκριμένου υποδείγματος, η επίδραση της τιμής ανισορροπίας στην ενδοημερήσια τιμή μεταφέρεται τόσο μέσω μιας άμεσης όσο και μιας έμμεσης οδού, με την ανισορροπία του συστήματος να λειτουργεί ως μεσολαβητής (Hirth & Ziegenhagen, 2015).

Ο προβληματικός χαρακτήρας αυτών των αποκλίσεων εξαρτάται από την κατεύθυνση και το μέγεθος των οικονομικών κινήτρων στα οποία αντιδρούν οι Υπεύθυνων εξισορρόπησης (BRP). Τα αποτελέσματα της μελέτης μας παρέχουν μια ποσοτικοποίηση της αντίδρασης των BRPs στις τιμές σε σχετικούς όρους, ειδικά σε σχέση με τις μεταβολές στην τιμή ανισορροπίας. Παρ' όλα αυτά, είναι ανάγκη να αναγνωριστεί ότι ο ακριβής αντίκτυπος αυτών των στρατηγικών αποκλίσεων δεν μπορεί να συναχθεί συμπερασματικά. Τα ευρήματα της μελέτης μας καταδεικνύουν τον τρόπο με τον οποίο η διαφορά στη διακύμανση των τιμών χρησιμεύει ως καθοριστικό χαρακτηριστικό του εκ των υστέρων κινήτρου, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το στοιχείο της αβεβαιότητας κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Παρ' όλα αυτά, εξακολουθεί να είναι πολύτιμη η αξιολόγηση των επιπτώσεων των στρατηγικών αποκλίσεων. Η αναμενόμενη μείωση της ζήτησης ενέργειας εξισορρόπησης θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της μέσης ενεργοποίησης των αποθεμάτων εξισορρόπησης, οδηγώντας κατά συνέπεια σε μείωση του κόστους ενεργοποίησης (Koch & Maskosa, 2019). Το δυναμικό των στρατηγικών αποκλίσεων που μετριάζουν την ενεργοποίηση των εφεδρειών εξισορρόπησης και το σχετικό κόστος υπόσχεται πολλά. Ωστόσο, η αποδοτικότητα της προσέγγισης αυτής εξαρτάται από τη δυνατότητα προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας από οικονομικότερους παραγωγούς στο πλαίσιο της ενδοημερήσιας αγοράς. Αντιθέτως, σε περιπτώσεις όπου οι ενδοημερήσιες τιμές παρουσιάζουν σημαντική αύξηση,

μπορεί να είναι οικονομικά συμφέρουσα η χρήση πιο προσιτών αποθεμάτων εξισορρόπησης ως εναλλακτική λύση (Hirth & Ziegenhagen, 2015).

Αναμφίβολα, ο κεντρικός στόχος της ισορροπίας της ενεργειακής ρύθμισης υπερβαίνει την απλή οικονομικά αποδοτική κατανομή. Ο θεμελιώδης σκοπός της έγκειται στη διασφάλιση της ασφάλειας του εφοδιασμού και στον μετριασμό των δαπανών που συνδέονται με τις διακοπές του εφοδιασμού. Ιστορικά, υπήρξαν περιπτώσεις όπου οι στρατηγικές αποκλίσεις συνέβαλαν στην επιδείνωση των ανισορροπιών του συστήματος, ιδίως σε ακραίες συνθήκες. Ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα συνέβη στις 12 Ιουνίου 2019, όταν στρεβλά οικονομικά κίνητρα έδωσαν κίνητρα για την εσκεμμένη εκμετάλλευση της ανισορροπίας του συστήματος, φέρνοντάς το έτσι επικίνδυνα κοντά σε κατάσταση κατάρρευσης. Στο εξής, ο βαθμός στον οποίο οι στρατηγικές αποκλίσεις αποδεικνύονται επωφελείς για την ασφάλεια του εφοδιασμού εξαρτάται από τη διαμόρφωση των αντίστοιχων οικονομικών κινήτρων (Eicke et al., 2021).

4.5. Μελλοντικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη.

Η κυρίαρχη τάση στο σύνολο των Ευρωπαϊκών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ήταν η επικράτηση των ορυκτών μονάδων παραγωγής. Σε πολλές περιπτώσεις, οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής που επικρατούν σήμερα στην αγορά έχουν φθάσει σε κατάσταση προχωρημένης ωρίμανσης, γεγονός που επιβάλλει τον ενδεχόμενο παροπλισμό ή την αντικατάστασή τους έως το 2050. Ταυτόχρονα, τα αποτελέσματα της ευρωπαϊκής πολιτικής για το κλίμα επηρεάζουν την εξέλιξη της ευρωπαϊκής υποδομής σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Στο παρόν πλαίσιο, αξίζει να παρατηρήσουμε ότι η σημαντική πλειοψηφία των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει λάβει τη στρατηγική απόφαση να καταργήσει σταδιακά τον άνθρακα ως μέσο για τον μετριασμό των δυσμενών συνεπειών που απορρέουν από τις αυξημένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Οι καθιερωμένες και εμπειρικά επικυρωμένες τεχνολογίες που κατέχουν εξέχουσα θέση για μελλοντική ανάπτυξη περιλαμβάνουν σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με καύση φυσικού αερίου, ανανεώσιμες πηγές

ενέργειας και, σε επιλεγμένες αγορές, πυρηνικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής (Kober et al., 2020).

Το δυναμικό ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας και των φωτοβολταϊκών, ιδίως των τελευταίων, παραμένει σημαντικό. Η σημερινή ανταγωνιστικότητα αυτών των τεχνολογιών μπορεί να αποδοθεί στη σημαντική μείωση του κόστους. Το φαινόμενο αυτό τεκμηριώνεται περαιτέρω από τον κλιμακούμενο πολλαπλασιασμό των πρωτοβουλιών που επικεντρώνονται σε συμφωνίες αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (PPA), ιδίως στο πεδίο των εγκαταστάσεων ηλιακής ενέργειας.

Στο πλαίσιο του κεντρικού σεναρίου, προβλέπεται ότι το ποσοστό των "μεταβλητών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας" (vRES) θα γνωρίσει σημαντική αύξηση, φθάνοντας περίπου το 76% της συνολικής παροχής ενέργειας έως το 2050. Ως αποτέλεσμα, η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις εν λόγω οντότητες είναι συχνότερη και μειώνει σημαντικά την ωριαία τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Όλες οι ερευνητικές προσπάθειες. Στο πλαίσιο της επαύξησης του διαθέσιμου ορυκτού παραγωγικού δυναμικού, αναμένεται ότι οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με καύσιμο φυσικό αέριο θα αποτελέσουν τις κύριες επαυξήσεις σε ευρωπαϊκή κλίμακα κατά την προσεχή περίοδο. Οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα τους ξεπερνούν από άποψη εκπομπών. Παρ' όλα αυτά, δεν έχει ακόμη προσδιοριστεί αν η προτεινόμενη απαγόρευση της εισαγωγής ρωσικού αερίου από αγωγούς το αργότερο έως το 2027, σε συνδυασμό με την απόκτηση ακριβότερου υδροποιημένου φυσικού αερίου (LNG), θα οδηγήσει σε προσωρινή μείωση των δυνατοτήτων φυσικού αερίου, όπως υποστηρίζουν οι Kober και συν. (2020).

Ταυτόχρονα, οι σύγχρονες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με αεριοστρόβιλο που θεωρούνται "H2-ready" διαθέτουν τη δυνατότητα καύσης υδρογόνου και άλλων συνθετικών καυσίμων ως εναλλακτικές λύσεις για το συμβατικό φυσικό αέριο ορυκτής προέλευσης. Κατά συνέπεια, μπορεί να συναχθεί ότι οι αεριοστρόβιλοι και οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής συνδυασμένου κύκλου θα υποστούν μετασχηματισμό στην κατηγοριοποίησή τους ως γεννήτριες που λειτουργούν με ορυκτά καύσιμα στο ορατό μέλλον, καθώς θα συμπεριληφθούν στην

ταξινόμηση των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής "χωρίς εκπομπές", έστω και σε κάποιο βαθμό. Όταν εξετάζεται η χρήση του φυσικού αερίου, είναι αξιοσημείωτο ότι το ποσοστό της παραγωγής χωρίς εκπομπές παρουσιάζει σημαντική αύξηση, φτάνοντας το 94% έως το έτος 2050 και ένα ακόμη πιο εντυπωσιακό 99% έως το έτος 2060. Ως εκ τούτου, υποστηρίζεται ότι οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με καύσιμο φυσικό αέριο θα παραμείνουν ως κεντρική τεχνολογία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο άμεσο μέλλον, όπως υποδεικνύουν οι Caglayan και συν. (2021).

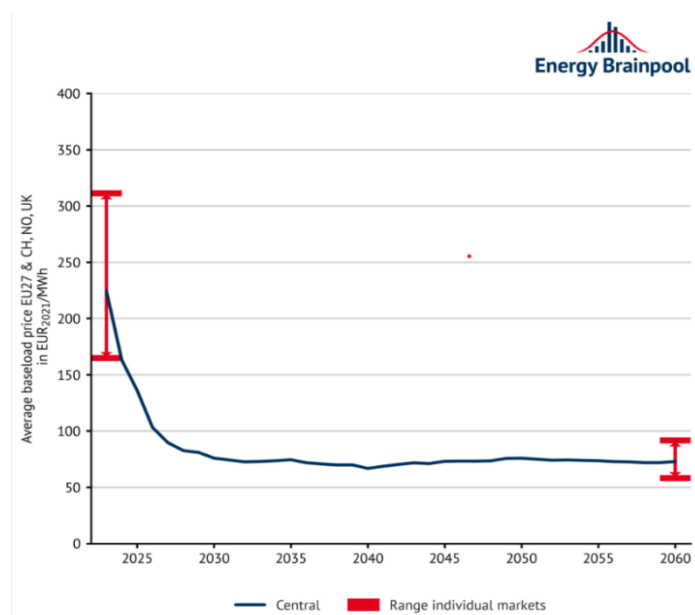
Η δυναμικότητα των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα παρουσιάζει σημαντική μείωση άνω του 80% έως το έτος 2050, ακολουθούμενη από περαιτέρω μείωση άνω του 90% έως το έτος 2060. Σύμφωνα με τις προβλέψεις, αναμένεται ότι ο τομέας της πυρηνικής ενέργειας θα παρουσιάσει αξιοσημείωτη μείωση της υφιστάμενης εγκατεστημένης ισχύος του, η οποία εκτιμάται ότι θα ανέλθει σε περίπου 25 τοις εκατό έως το έτος 2050. Στο ευρύτερο πλαίσιο, παρατηρείται ότι το ποσοστό της παραγωγικής ικανότητας που αποδίδεται σε διανεμητικούς, θερμικούς σταθμούς, το οποίο περιλαμβάνει και τη χρήση φυσικού αερίου, προβλέπεται να υποστεί σημαντική μείωση από το σημερινό του επίπεδο του 43% περίπου σε 15% περίπου έως το έτος 2050. Η διάρθρωση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζεται κυρίως από την αυξανόμενη παρουσία των μεταβλητών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ασκώντας έτσι ουσιαστικό αντίκτυπο. Οι τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελούν συνολικά ένα σημαντικό 85% του στόλου των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής (Schmitt & Zhou, 2022).

4.6. Εξέλιξη των μέσων τιμών ηλεκτρικής ενέργειας

Ιδιαίτερη σημασία έχει η δυναμική των τιμών των εμπορευμάτων και του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), παράλληλα με τη συνεχιζόμενη επέκταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα επόμενα χρόνια, η δυναμική των τιμών της ενέργειας επηρεάζεται από το επικρατούν υψηλό επίπεδο τιμών που παρατηρείται στις προθεσμιακές αγορές. Από το έτος 2030 και μετά, έχει παρατηρηθεί ότι η κλιμάκωση των τιμών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και η αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, ιδίως με ευέλικτο τρόπο, έχουν αξιοσημείωτο αντίκτυπο στις

τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας (Luderer et al., 2021). Παρ' όλα αυτά, η συνεχιζόμενη αύξηση της τροφοδότησης από αιολικούς και φωτοβολταϊκούς σταθμούς ενέργειας χρησιμεύει για τον μετριασμό της προαναφερθείσας προόδου. Κατά συνέπεια, έχει σημειωθεί σημαντική αύξηση της χρονικής διάρκειας κατά την οποία οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζουν πτωτική τάση, φθάνοντας σε επίπεδα είτε χαμηλού είτε ακόμη και αρνητικού χαρακτήρα. Κατά συνέπεια, το παρατηρούμενο φαινόμενο δείχνει ότι υπάρχει αξιοσημείωτη σταθερότητα στις πραγματικές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας από το έτος 2030 έως το 2060, όπως αποδεικνύεται από το γεγονός ότι κυμαίνονται επίμονα γύρω από την τιμή των 76 EUR/MWh.

Σε αντίθεση με την επανάληψη των ενεργειακών προοπτικών της ΕΕ που διαδόθηκε τον Απρίλιο του 2022, είναι διακριτό ότι οι μέσες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας που καλύπτουν το χρονικό διάστημα από το 2030 έως το 2050 έχουν παρουσιάσει μια οριακά ανοδική τάση. Η κλιμάκωση των τιμών των βασικών εμπορευμάτων, συγκεκριμένα, συμβάλλει στην άνοδο των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της περιόδου που εκτείνεται από το 2030 έως το 2035. Ωστόσο, ο πολλαπλασιασμός των αιολικών και φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων οδηγεί στη συνέχεια σε μείωση των τιμών σε πολλά έθνη μετά το 2040 (Schmitt & Zhou, 2022).



Εικόνα 29: Ετήσιες τιμές βασικού φορτίου και εύρος διακύμανσης των εθνικών επιμέρους αγορών για επιλεγμένες χώρες της Ευρώπης κατά μέσο όρο

Σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των διαφόρων ευρωπαϊκών εθνών όσον αφορά τις μεγάλες αποκλίσεις. Η αύξηση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας είναι εντονότερη σε χώρες με περιορισμένη υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κυρίως λόγω των διακυμάνσεων στις τιμές των βασικών εμπορευμάτων (Kober et al., 2020).

Η τιμή πώλησης αναφέρεται στη μέση σταθμισμένη κατά όγκο τιμή ηλεκτρικής ενέργειας που μπορούν να επιτύχουν οι αιολικοί και φωτοβολταϊκοί σταθμοί στην αγορά spot καθ' όλη τη διάρκεια ενός έτους. Ο υπολογισμός λαμβάνει υπόψη αποκλειστικά τις ώρες παραγωγής που χαρακτηρίζονται από θετικές τιμές ισχύος, οι οποίες περιλαμβάνουν περιπτώσεις όπου η τιμή είναι 0 EUR/MWh. Η σημαντική διάρκεια κατά την οποία, παρά το σημαντικό ποσοστό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι διαθέσιμοι ορυκτοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής υπαγορεύουν την τιμή, διευκολύνει τη δημιουργία ευνοϊκών ροών εσόδων. Η μεταβλητότητα των τιμών σύλληψης καταδεικνύει τις διαφορές στις μέσες προοπτικές εσόδων των αιολικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορες χώρες (Kober et al., 2020).

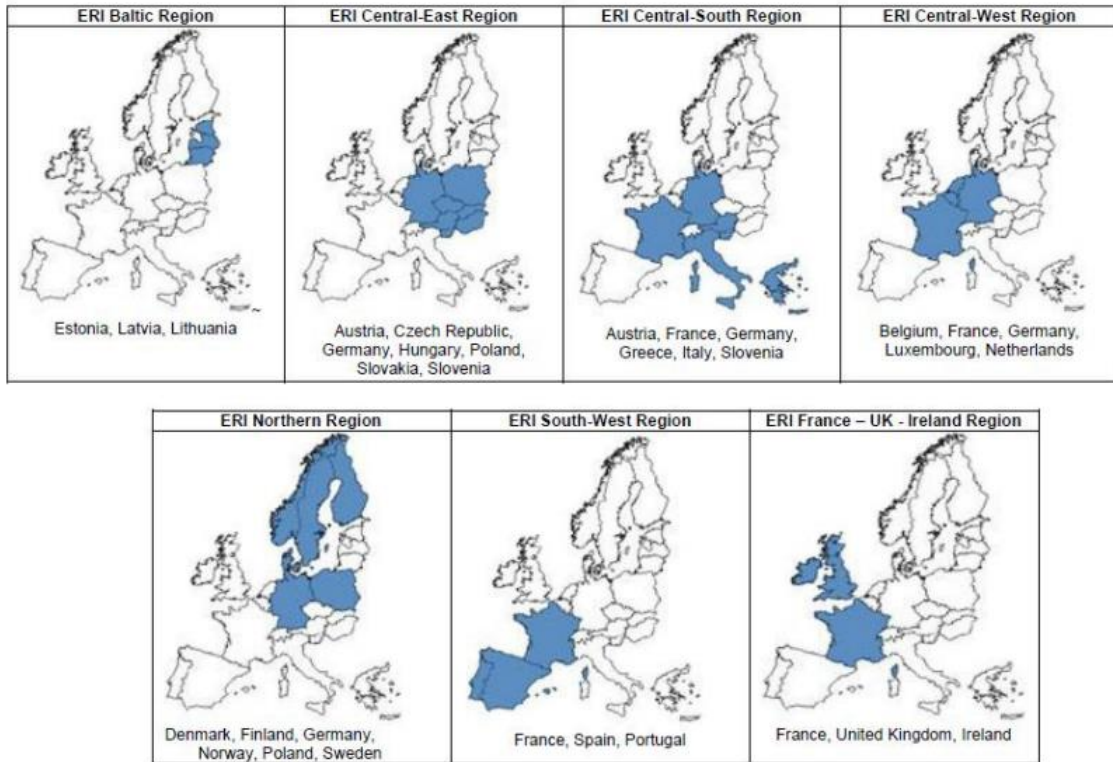
Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι η μείωση της μέσης αξίας πώλησης και της τιμής σύλληψης των φωτοβολταϊκών συστημάτων παρουσιάζει πιο έντονη πτωτική τάση σε σύγκριση με την αιολική ενέργεια μετά το 2035. Η λογική πίσω από αυτό το φαινόμενο έγκειται στην αξιοσημείωτη διάδοση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, ιδίως στη Γερμανία, σε συνδυασμό με το έντονο φαινόμενο της ταυτόχρονης λειτουργίας που παρατηρείται στα φωτοβολταϊκά συστήματα. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι ένα σημαντικό ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται κατά τη διάρκεια ημερήσιων περιόδων, ιδίως κατά τη θερινή περίοδο. Κατά τη διάρκεια περιόδων που χαρακτηρίζονται από σημαντική παραγωγή ηλιακής ενέργειας, έχει παρατηρηθεί ότι οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζουν πτώση, οδηγώντας στη συνέχεια σε μείωση των εσόδων (Luderer et al., 2021).

Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία θέτει έναν υψηλό στόχο για την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) να αναδειχθεί ως η πρώτη ήπειρος με ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα έως το έτος 2050. Κατά τη διάρκεια της επικαιροποίησης του σεναρίου του τέταρτου

τριμήνου του 2022, η ομάδα εμπειρογνομόνων της Energy Brainpool διατύπωσε ένα νέο σενάριο με τίτλο "GoHydrogen" σε ευθυγράμμιση με τον προαναφερθέντα στόχο (Kober et al., 2020).

5. Σύζευξη της αγοράς (Market Coupling)

Η σύζευξη αγορών αναφέρεται στη διαδικασία ολοκλήρωσης των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας που εκτείνονται πέρα από τα εθνικά σύνορα, επιτρέποντας τη λειτουργία τους ως διασυνδεδεμένα συστήματα. Η διαδικασία αυτή διευκολύνει τον ταυτόχρονο καθορισμό των τιμών και την κατανομή των πόρων, ενισχύοντας την αποδοτικότητα και τη διαφάνεια στις σχετικές συναλλαγές. Πριν από την εισαγωγή του μηχανισμού σύζευξης, η διασυνοριακή χωρητικότητα και η ηλεκτρική ενέργεια έπρεπε να αγοραστούν ανεξάρτητα. Στο προηγούμενο σύστημα, οι συμμετέχοντες στην αγορά έπρεπε αρχικά να δεσμεύσουν τη διασυνοριακή χωρητικότητα, ώστε να την αξιοποιήσουν στη συνέχεια για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας που είχαν αγοράσει. Η σύζευξη των αγορών επιτυγχάνεται μέσω ολοκληρωμένων δημοπρασιών, κατά τις οποίες η διασυνοριακή χωρητικότητα περιλαμβάνεται στη διαδικασία δημοπρασίας της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η διαθέσιμη χωρητικότητα μεταξύ των συζευγμένων αγορών ενσωματώνεται στον μηχανισμό υπολογισμού της τιμής spot, συμβάλλοντας στην εξομάλυνση των αποκλίσεων στις τιμές μεταξύ διαφορετικών γεωγραφικών περιοχών της αγοράς. (Lam, Ilea, & Bovo)



Εικόνα 30: Οι επτά τοπικές αγορές ηλεκτρικής ενέργειας του ERGEG

5.1 Στρατηγικές Σύζευξης Ηλεκτρικών Ενεργειακών Αγορών

5.1.1 Σύζευξη της Αγοράς Επόμενης Ημέρας (SDAC)

Βάσει του πλαισίου κατανομής χωρητικότητας και διαχείρισης συμφόρησης (CACM) του 2015, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει καθιερώσει ένα μοντέλο στόχου για μια ενιαία σύζευξη της επόμενης ημέρας. Το μοντέλο SDAC δηλαδή, εξασφαλίζει διασυνοριακή μεταφορά με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο συνδέοντας αγορές χονδρικής ηλεκτρικής ενέργειας από διαφορετικές περιοχές μέσω ενός κοινού αλγορίθμου, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη τους διασυνοριακούς περιορισμούς μετάδοσης. Ακολουθεί ένα σύντομο ιστορικό:

- 2014: Έναρξη της σύζευξης της αγοράς της Βορειοδυτικής Ευρώπης και πλήρης σύζευξη με την περιοχή Νοτιοδυτικής Ευρώπης.
- 2015: Η Ιταλία και η Σλοβενία εντάχθηκαν στη σύζευξη της MRC (Multi-Regional Coupling).

- 2016: Η Βουλγαρία και η Κροατία εντάχθηκαν σε απομονωμένη λειτουργία στη MRC.
- 2018: Πλήρης σύζευξη της Κροατίας με την MRC και η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας της Ιρλανδίας συνδέθηκε με την MRC.
- 2020: Η Ελλάδα εντάχθηκε στο SDAC.
- 2021: Συμπερίληψη νέων συνόρων, όπως Βουλγαρία-Ρουμανία, και επέκταση της σύζευξης στην Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη.
- 2022: Εφαρμογή της μεθόδου κατανομής δυναμικότητας με βάση τη ροή στο πλαίσιο της σύζευξης της αγοράς SDAC.

Το SDAC αποτελεί μια συνεργασία μεταξύ των NEMOs και των TSOs. Οι προκλήσεις της εφαρμογής περιλαμβάνουν την πολυπλοκότητα της συνδυαστικής λειτουργίας διαφόρων συστημάτων και αγορών, καθώς και τον κίνδυνο τεχνικών δυσλειτουργιών που μπορεί να οδηγήσουν σε μερική αποσύζευξη αγορών. Ένα τέτοιο περιστατικό σημειώθηκε στις 24 Ιουλίου 2024, όταν η Τσεχία αποσύρθηκε προσωρινά από το SDAC λόγω τοπικού τεχνικού προβλήματος.

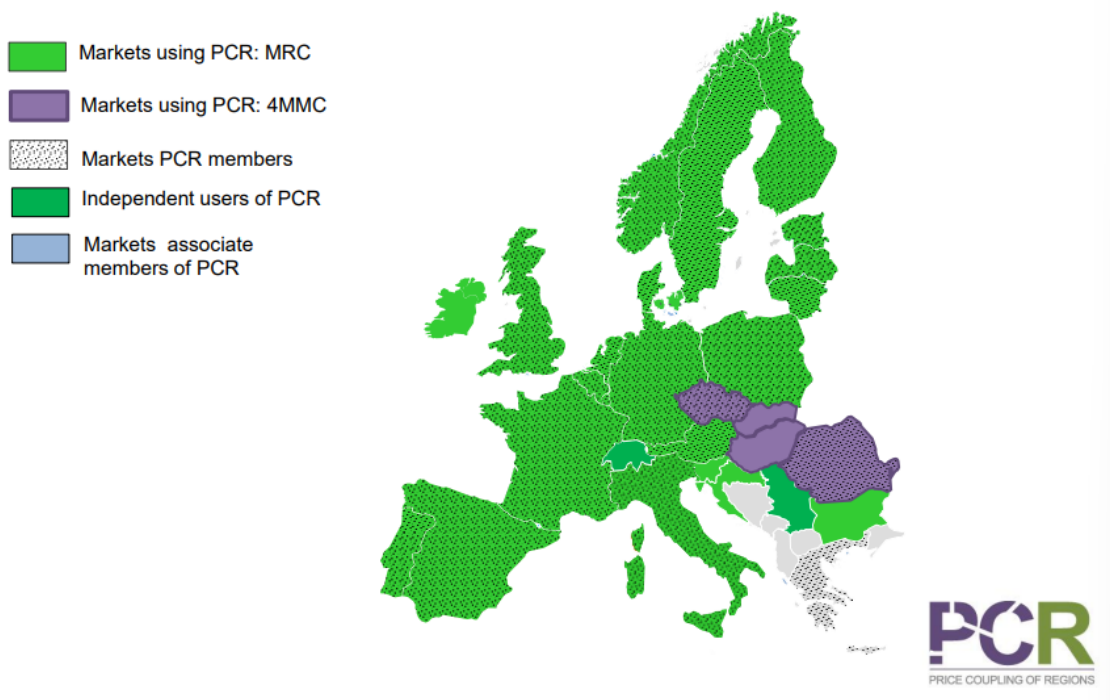
(Committee, 2024)

5.1.2 Σύζευξη τιμών περιοχών (PCR)

Η σύζευξη τιμών περιοχών είναι ένα έργο των Ευρωπαϊκών Χρηματιστηρίων Ενέργειας. Στο πλαίσιο της Σύζευξης της Αγοράς Επόμενης το PCR αναπτύσσει κοινά εργαλεία και αλγόριθμους για τον υπολογισμό των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη την Ευρώπη, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα τη βέλτιστη κατανομή της διασυνοριακής δυναμικότητας.

Ο αλγόριθμος EUPHEMIA, που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του PCR, χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των τιμών ενέργειας, των καθαρών θέσεων και των κατανομών ενέργειας σε όλη την Ευρώπη. Ο αλγόριθμος αυτός βελτιστοποιεί τη συνολική κοινωνική ευημερία και αυξάνει τη διαφάνεια στις τιμές και τις ροές ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς του δικτύου και μεγιστοποιώντας τη χρήση των ηλεκτρικών δικτύων και τις δυνατότητες μεταφοράς ενέργειας.

Μέχρι στιγμής, τη σύζευξη τιμών περιοχών χρησιμοποιούν οι εξής χώρες: Ηνωμένο Βασίλειο, Δημοκρατία της Ιρλανδίας, Πορτογαλία, Ισπανία, Ολλανδία, Λουξεμβούργο, Γερμανία, Αυστρία, Γαλλία, Βέλγιο, Ιταλία, Τσεχία, Πολωνία, Σλοβακία, Νορβηγία, Σουηδία, Δανία, Εσθονία, Φινλανδία, Ουγγαρία, Λετονία, Λιθουανία, Σλοβενία και Ρουμανία. (Glachant, 2010).



Εικόνα 31: Χώρες που συμμετέχουν στο PCR

5.1.3. Ενδοημερήσια σύζευξη (SIDC)

Η Ενδοημερήσια Σύζευξη Αγοράς είναι ένα σημαντικό βήμα προς την ολοκλήρωση της ενιαίας ευρωπαϊκής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Η σύζευξη αυτή επιτρέπει τη συνεχή διαπραγμάτευση ηλεκτρικής ενέργειας σε επίπεδο Ευρώπης, προσφέροντας ευκαιρίες στους συμμετέχοντες της αγοράς να προσαρμόσουν τις θέσεις τους κοντά στον χρόνο παράδοσης. Αυτό μειώνει τις αποκλίσεις μεταξύ της προβλεπόμενης και της πραγματικής ζήτησης ή προσφοράς, συμβάλλοντας έτσι στην ισορροπία του συστήματος.

Η ενδοημερήσια αγορά βασίζεται κυρίως σε δύο μηχανισμούς: τον μηχανισμό Συνεχούς Διαπραγμάτευσης (Continuous Trading) και τις Διακριτές Δημοπρασίες (Discrete Auctions). Ο πρώτος επιτρέπει την αγορά και πώληση ενέργειας

οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ οι διακριτές δημοπρασίες λαμβάνουν χώρα σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές.

Ένα σημαντικό έργο για την επίτευξη αυτής της ενοποίησης είναι το "Cross-Border Intraday Market Project" (XBID), το οποίο υποστηρίζει την κατανομή δυναμικότητας μεταξύ των χωρών. Οι αγοραπωλησίες που πραγματοποιούνται μέσω αυτού του μηχανισμού βασίζονται σε έναν αλγόριθμο αντιστοίχισης (Continuous Trading Matching Algorithm - CTMA), ο οποίος επιλέγει τις οικονομικά βέλτιστες συναλλαγές, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς του δικτύου. Επιπλέον, η σύζευξη αυτή διευκολύνει την ενσωμάτωση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο σύστημα, επιτρέποντας τη δυναμική προσαρμογή της παραγωγής τους ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τη ζήτηση, βελτιώνοντας έτσι τη σταθερότητα και την ασφάλεια του εφοδιασμού ηλεκτρικής ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο. (Wyrwoll et al., 2018).

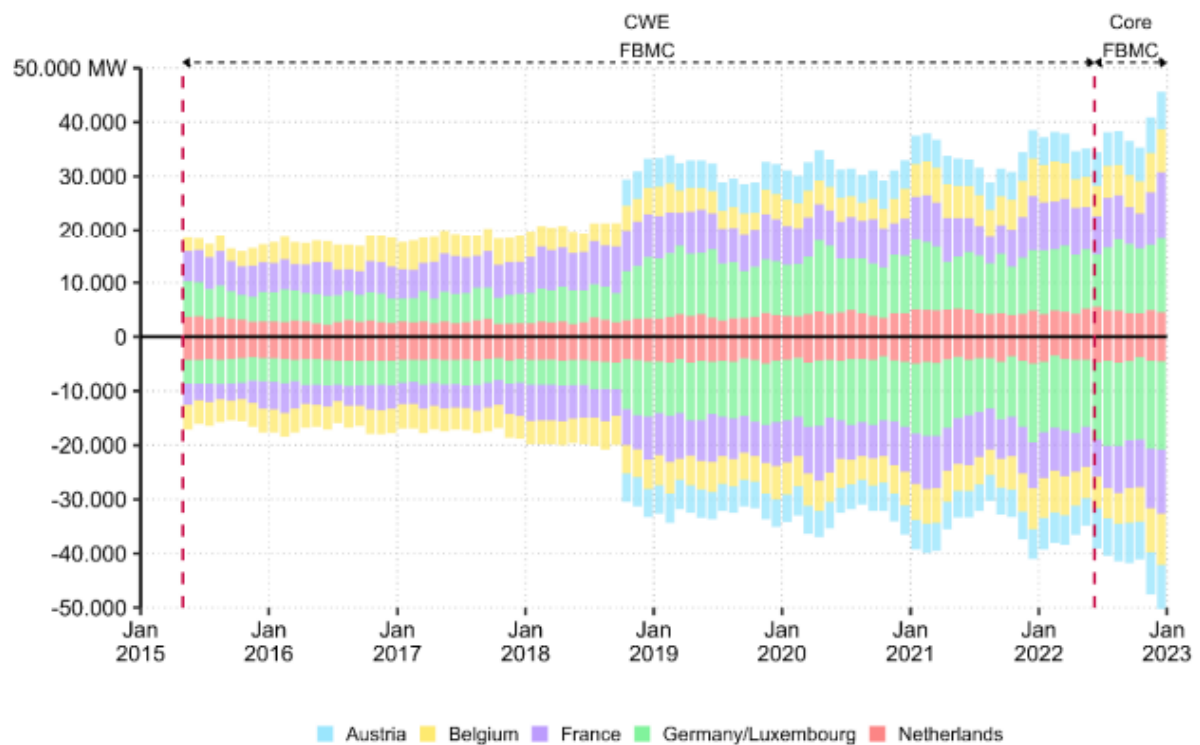
5.1.4 Σύζευξη της αγοράς με βάση τις ροές (Flow Based Market Coupling)

Η σύζευξη αγορών μπορεί να εφαρμοστεί με διαφορετικές μεθοδολογίες, με την σύζευξη βασισμένη στη ροή (Flow-Based Market Coupling, FBMC) και την προσέγγιση της Καθαρής Ικανότητας Μεταφοράς (Net Transfer Capacity, NTC) να είναι οι πιο συνήθεις. Η FBMC προσφέρει πιο ακριβή κατανομή δυνατοτήτων λαμβάνοντας υπόψη τις πραγματικές φυσικές ροές στο δίκτυο, σε αντίθεση με την προσέγγιση NTC, η οποία χρησιμοποιεί ένα απλοποιημένο μοντέλο. Η FBMC ορίζει τις διασυνοριακές δυναμικότητες με βάση τους Συντελεστές Κατανομής Μεταφοράς Ισχύος (PTDFs) και το Εναπομένον Περιθώριο Διαθέσιμης Ικανότητας (RAM), επιτρέποντας μια πιο δυναμική και ακριβή αναπαράσταση των περιορισμών του δικτύου. Αυτό οδηγεί σε πιο αποδοτική χρήση των δικτύων μεταφοράς, μειώνοντας τις συμφόρηση και οδηγώντας σε πιο σταθερές και συγκλίνουσες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των περιοχών.

Από τον Ιούνιο του 2022, παρατηρήθηκε μια αύξηση στις χωρητικότητες που προσφέρονται για διασυνοριακές ανταλλαγές ενέργειας, ειδικά μετά την εφαρμογή του συστήματος σύζευξης με βάση τις ροές στην Κεντρική Δυτική Ευρώπη (CWE).

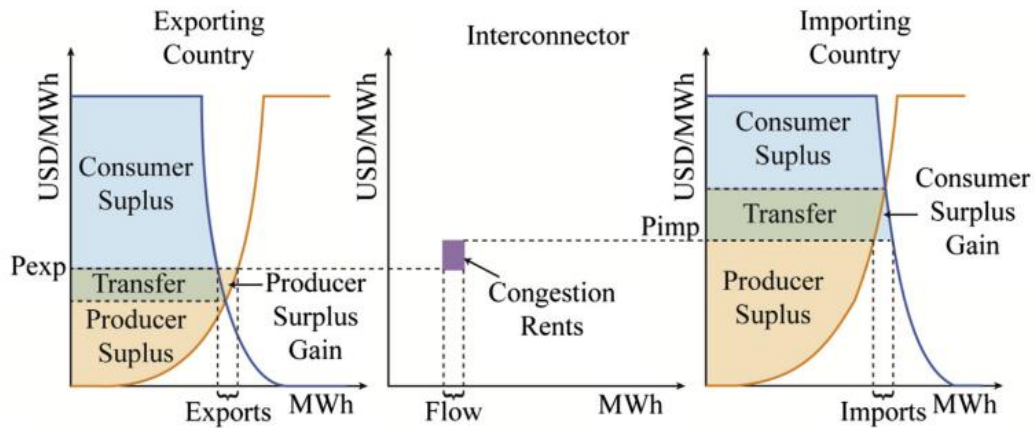
Το γράφημα δείχνει την εξέλιξη των μέγιστων μέσων εισαγωγικών και εξαγωγικών δυνατοτήτων σε μηνιαία βάση για τις ζώνες υποβολής προσφορών στην Κεντρική Δυτική Ευρώπη και στην ευρύτερη περιοχή Core. Παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση των δυνατοτήτων εισαγωγής και εξαγωγής σε αυτές τις περιοχές, κυρίως από το 2022 και μετά. Αυτό συνδέεται με την εισαγωγή της αγοράς σύζευξης ροών στην περιοχή Core, η οποία έγινε τον Ιούνιο του 2022.

(ACER, 2023)



Εικόνα 32: Εξέλιξη των μέγιστων μέσων εισαγωγικών και εξαγωγικών δυνατοτήτων σε μηνιαία βάση για τις ζώνες υποβολής) στην Κεντρική Δυτική Ευρώπη και στην ευρύτερη περιοχή Core.

Η εφαρμογή της σύζευξης αγορών έχει οδηγήσει σε αυξημένη ρευστότητα, μειωμένη μεταβλητότητα τιμών και ενισχυμένη ασφάλεια εφοδιασμού. Χώρες όπως η Σουηδία, η Γερμανία και η Γαλλία έχουν δει σημαντικές αυξήσεις στα εισοδήματα από συμφόρηση, τα οποία συνδέονται άμεσα με την αποδοτικότητα της σύζευξης αγορών.



Εικόνα 33: Πλεόνασμα των καταναλωτών, των παραγωγών και του διασυνδετήριου συστήματος μεταξύ δύο χωρών που συμμετέχουν σε μια διασυνοριακή αγορά

- Στην εξαγωγική χώρα, το πλεόνασμα των καταναλωτών είναι η περιοχή πάνω από την τιμή εξαγωγής (P_{exp}) και κάτω από την καμπύλη της ζήτησης. Αντίστοιχα, το πλεόνασμα των παραγωγών είναι το τμήμα κάτω από την τιμή και πάνω από την καμπύλη προσφοράς. Το συνολικό τους όφελος αυξάνεται με την εξαγωγή ενέργειας.
- Στην εισαγωγική χώρα, το πλεόνασμα των καταναλωτών αυξάνεται με την εισαγωγή φθηνότερης ενέργειας από την εξαγωγική χώρα, ενώ το πλεόνασμα των παραγωγών μειώνεται, λόγω της εισαγωγής φθηνότερης ενέργειας που πιέζει την εγχώρια αγορά.
- Ο διασυνδετήριος σύνδεσμος (Interconnector) παράγει έσοδα από τη διαφορά τιμής μεταξύ των δύο χωρών. Αυτό είναι το congestion rent, το οποίο προκύπτει από τη μεταφορά ενέργειας από τη χώρα με χαμηλότερη τιμή προς τη χώρα με υψηλότερη τιμή.

Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα εξισορροπεί τις τιμές ενέργειας μεταξύ των δύο αγορών, ενώ παράλληλα βελτιστοποιεί την εκμετάλλευση των πόρων σε περιφερειακό επίπεδο. (ENTSO-E, 2023)



Εικόνα 33: Εξέλιξη των συμμετεχόντων στην αγορά Συνεχούς Διαπραγμάτευσης

5.2.1. Ρόλος των ρυθμιστικών αρχών και διασυνοριακή συνεργασία

Για να λειτουργήσει ορθά η ανάπτυξη του Target model κρίνεται αναγκαία η εφαρμογή των ισχυόντων κανονισμών.

5.2.1.1 Συμβούλιο των Ευρωπαϊκών Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας CEER

Ο CEER ιδρύθηκε τον Μάρτιο του 2000 με στόχο να συντονίζει και να προάγει τη συνεργασία μεταξύ των ρυθμιστικών αρχών της Ευρώπης στον τομέα της ενέργειας. Το έργο του CEER λειτουργεί συμπληρωματικά με αυτό του ACER, διατηρώντας ωστόσο την ανεξαρτησία και τις διακριτές δράσεις τους. Μέσω της συμμετοχής του στο ICER, ο CEER συνεργάζεται με αντίστοιχες ρυθμιστικές

οργανώσεις παγκοσμίως, προωθώντας τις βέλτιστες πρακτικές που εφαρμόζει. (CEER, 2021).

5.2.1.2 Οργανισμός Συνεργασίας των Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας ACER

Ο ACER ιδρύθηκε στις 13 Ιουλίου 2021 με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 713/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, αντικαθιστώντας τη ρυθμιστική αρχή ERGEG, που ήταν προηγουμένως υπεύθυνη για την ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο (EUR-Lex, 2009). Ο ACER λειτουργεί ως ανεξάρτητη οργάνωση με αποστολή την εξασφάλιση της ομαλής λειτουργίας της εσωτερικής αγοράς ενέργειας στην Ευρώπη, εστιάζοντας στην ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο. Έχει τον ρόλο να ενσωματώνει τις εθνικές αγορές και να διασφαλίζει τη συμμόρφωση των κρατών-μελών με τη νομοθεσία που προκύπτει από τα ρυθμιστικά πλαίσια της ενεργειακής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο ACER επιτηρεί και παρεμβαίνει όταν εντοπίζονται δυσλειτουργίες, ώστε να αποτρέπονται καταχρηστικές πρακτικές. (ACER, 2021).

5.2.1.3 Διεθνή Συνομοσπονδία Ενεργειακών Ρυθμιστικών Αρχών ICER

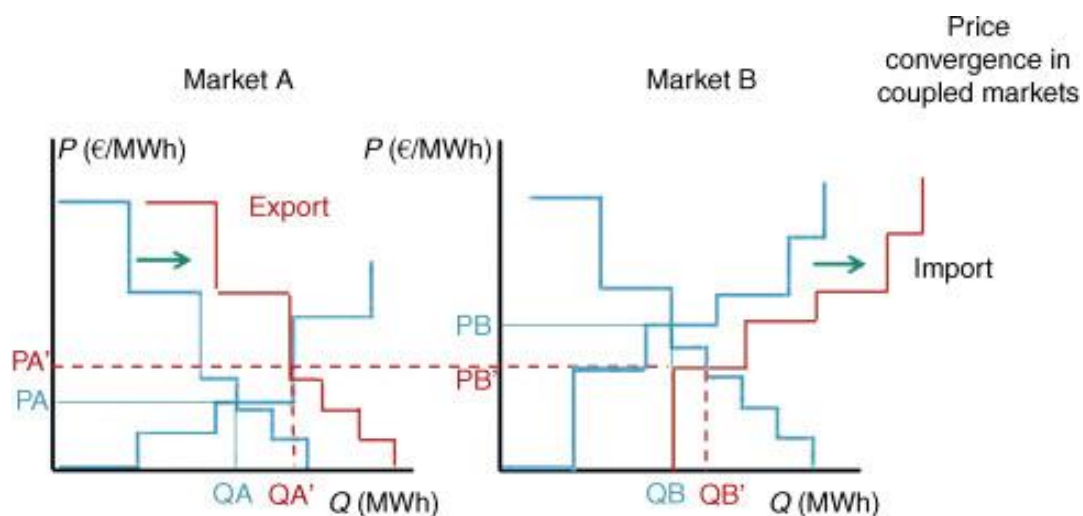
Η συγκρότηση του Διεθνούς Συμβουλίου Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας (ICER) πραγματοποιήθηκε στις 19 Δεκεμβρίου 2009 στην Αθήνα, φιλοξενούμενη από τη ΡΑΕ. Την εποχή εκείνη υπήρχε ευρέως αντιληπτή η ανάγκη για την δημιουργία μιας διεθνούς συνεργασίας ρυθμιστικών αρχών ενέργειας, με στόχο την παροχή αξιοπιστίας και ασφάλειας στον εφοδιασμό ενέργειας, την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας και τη διασφάλιση προσιτών τιμών στον ενεργειακό τομέα. (Paolo Mastropietro, 2014).

5.3. Οφέλη της σύζευξης της αγοράς

Η σύζευξη της αγοράς είναι ένας μηχανισμός που προάγει τη δικαιοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων στην αγορά με την εναρμόνιση των τιμών. Ενισχύει τη διαφάνεια της αγοράς διευκολύνοντας τον καθορισμό των τιμών μέσω συντονισμένης διαδικασίας σε όλες τις διασυνδεδεμένες αγορές. Αυτή η διαφάνεια διευκολύνει τους συμμετέχοντες να λαμβάνουν ενημερωμένες αποφάσεις και να

μετριάζουν την παρουσία ασυμμετρίας πληροφοριών. Κατά συνέπεια, οι συμμετέχοντες στην αγορά είναι σε θέση να προβλέπουν προληπτικά τις διακυμάνσεις των τιμών, να εφαρμόζουν επενδυτικά σχέδια και να διαμορφώνουν με επάρκεια στρατηγικές διαχείρισης κινδύνων. (Pedro Mejía Gómez, 2016).

Το Market Coupling επιφέρει τόσο κερδισμένους όσο και χαμένους. Οι κύριοι κερδισμένοι είναι οι καταναλωτές σε χώρες όπου οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας μειώνονται λόγω της εισαγωγής φθηνότερης ενέργειας από άλλες περιοχές. Αυτό συμβάλλει στην αύξηση της αποδοτικότητας του συστήματος και στη μείωση του κόστους για τους καταναλωτές σε περιοχές με υψηλότερο κόστος. Από την άλλη πλευρά, οι παραγωγοί ενέργειας σε αυτές τις περιοχές μπορεί να αντιμετωπίσουν δυσκολίες, καθώς οι χαμηλότερες τιμές οδηγούν σε μειωμένα έσοδα, επηρεάζοντας αρνητικά την κερδοφορία τους και ενδεχομένως επηρεάζοντας τις επενδύσεις στον ενεργειακό τομέα. Στις περιοχές με φθηνή παραγωγή ενέργειας, οι παραγωγοί ωφελούνται από τη δυνατότητα εξαγωγής ενέργειας σε αγορές με υψηλότερες τιμές, αυξάνοντας έτσι τα κέρδη τους. Παράλληλα, οι καταναλωτές σε αυτές τις περιοχές ενδέχεται να αντιμετωπίσουν αυξημένες τιμές λόγω της μεταφοράς ενέργειας προς αγορές με μεγαλύτερη ζήτηση. Η σύζευξη αγορών ενισχύει τον ανταγωνισμό και μπορεί να οδηγήσει σε πιο σταθερές τιμές σε ευρύτερες περιοχές, ενώ μειώνει το περιθώριο κέρδους για τους παραγωγούς σε αγορές με υψηλότερο κόστος παραγωγής (Neuhoff & van Ackere, 2015).



Εικόνα 34 :Οφέλη του Market Coupling

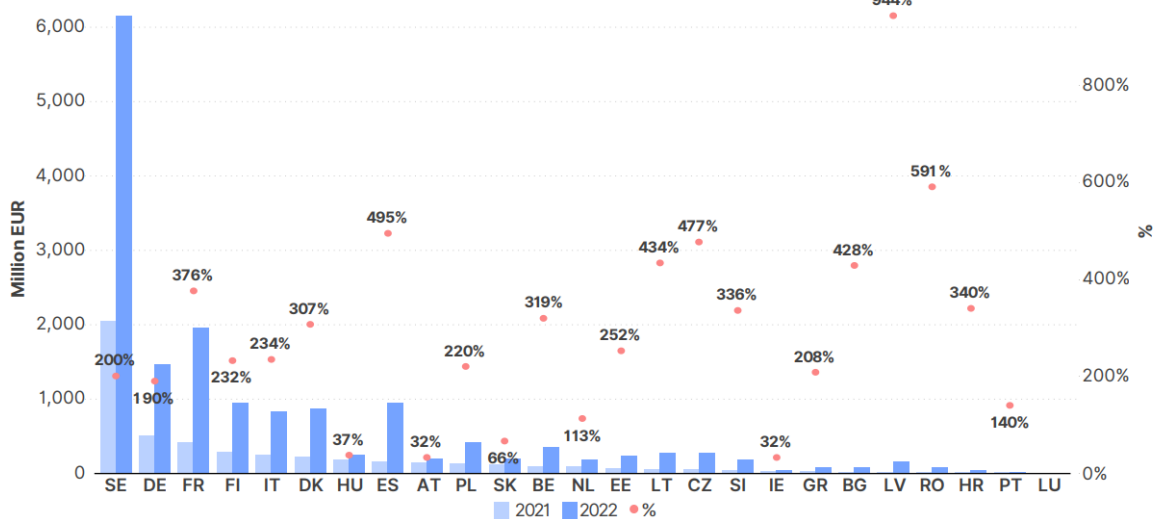
5.3.1 Έσοδα απο Συμφόρηση (Congestion Income)

Αναφέρεται στα έσοδα που δημιουργούνται όταν υπάρχει διαφορά στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ δύο ζωνών προσφορών σε μια συζευγμένη αγορά. Αυτό συμβαίνει διότι η ηλεκτρική ενέργεια πρέπει να ρέει από μια φθηνότερη ζώνη σε μια πιο ακριβή, και η διαφορά στην τιμή δημιουργεί εισόδημα, γνωστό ως εισόδημα από συμφόρηση. Το γράφημα δείχνει ότι το εισόδημα από συμφόρηση σε όλη την Ευρώπη αυξήθηκε σημαντικά το 2022, συχνά κατά μερικές εκατοντάδες τοις εκατό σε σύγκριση με το 2021. Το πιο ακραίο παράδειγμα είναι η Σουηδία, όπου το εισόδημα από συμφόρηση αυξήθηκε κατά 944%.

Η αύξηση του εισοδήματος από συμφόρηση οφείλεται κυρίως στις διαφορές στις τιμές μεταξύ των διαφόρων ζωνών προσφορών, που επιδεινώθηκαν από την ενεργειακή κρίση. Για παράδειγμα, στη Σουηδία, υπήρχε τεράστια διαφορά στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ της βόρειας και της νότιας ζώνης προσφορών λόγω της διαφορικής εξάρτησης από το φυσικό αέριο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η απότομη αύξηση του εισοδήματος από συμφόρηση υπογραμμίζει την ανάγκη για μεγιστοποίηση της διαθέσιμης διασυνοριακής χωρητικότητας και βελτιστοποίηση της χρήσης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να διασφαλιστεί μια πιο ισορροπημένη κατανομή των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των περιοχών. (Ochoa & van Ackere)

Figure 12: Annual congestion income per member state and year-on-year change, 2021-2022 (Million EUR and %)



Εικόνα 35: Ετήσιο Εισόδημα από Συμφόρηση ανά Κράτος Μέλος & Ετήσια Μεταβολή, 2021-2022 (Εκατ. EUR & %)

5.3.2 Μελέτες Περίπτωσης: Λατινική Αμερική και Ευρώπη

Στη Λατινική Αμερική, η σύζευξη αγορών μεταξύ Κολομβίας και Εκουαδόρ παρουσιάζει ένα ενδιαφέρον παράδειγμα όπου οι καταναλωτές σε και τις δύο χώρες ωφελούνται από τη μείωση των τιμών ενέργειας, ενώ οι παραγωγοί σε Κολομβία αντιμετωπίζουν μειωμένα έσοδα. Αντίθετα, στην Ευρωπαϊκή περίπτωση μεταξύ Μεγάλης Βρετανίας και Γαλλίας, η συμπληρωματικότητα των ενεργειακών πόρων έχει οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα, όπου η συνολική κοινωνική ευημερία μπορεί να αυξηθεί, αλλά με ανισορροπίες μεταξύ των συμμετεχόντων χωρών.

5.4. Προκλήσεις και προβληματισμοί κατά την εφαρμογή της σύζευξης της αγοράς

Το Market Coupling προσφέρει σημαντικά οφέλη, αλλά αυτά δεν κατανέμονται ισότιμα μεταξύ των αγορών. Οι παραγωγοί σε περιοχές υψηλού κόστους μπορεί να χάσουν έσοδα, ενώ οι καταναλωτές σε περιοχές με χαμηλό κόστος μπορεί να δουν αύξηση στις τιμές λόγω εξαγωγών ενέργειας. Τεχνικές και ρυθμιστικές προκλήσεις, όπως η διαλειτουργικότητα των συστημάτων και οι διαφορές στα ρυθμιστικά πλαίσια, καθιστούν τη σύζευξη αγορών δύσκολη. Παράλληλα, υπάρχει ανησυχία για την ενεργειακή ασφάλεια, καθώς οι χώρες γίνονται πιο εξαρτημένες από τις γειτονικές αγορές.

5.4.1 Συγχρονισμός των δικτύων

Ο συγχρονισμός των δικτύων αποτελεί σημαντικό τεχνικό εμπόδιο στην εκτέλεση της σύζευξης της αγοράς. Τα διάφορα έθνη λειτουργούν συχνά με διαφορετικές διαμορφώσεις δικτύων, επίπεδα τάσης και πρότυπα συχνότητας. Η επίτευξη του συγχρονισμού απαιτεί συντονισμό, σημαντικές επενδύσεις σε υποδομές δικτύου και την εφαρμογή εξελιγμένων μηχανισμών ελέγχου. Επιπλέον, η υλοποίηση της σύζευξης των αγορών απαιτεί τον συγχρονισμό των πλατφορμών συναλλαγών και των συστημάτων πληροφορικής σε όλες τις διασυνδεδεμένες αγορές. Η παρουσία ανομοιογενών συστημάτων διαπραγμάτευσης, διαφορετικών μορφών δεδομένων και ασύμβατων υποδομών IT αποτελεί πρόκληση για τη διαδικασία της ενοποίησης.

5.4.2 Συγκέντρωση Ισχύος, Ενεργειακή Ασφάλεια, Δεδομένα και Πολιτική

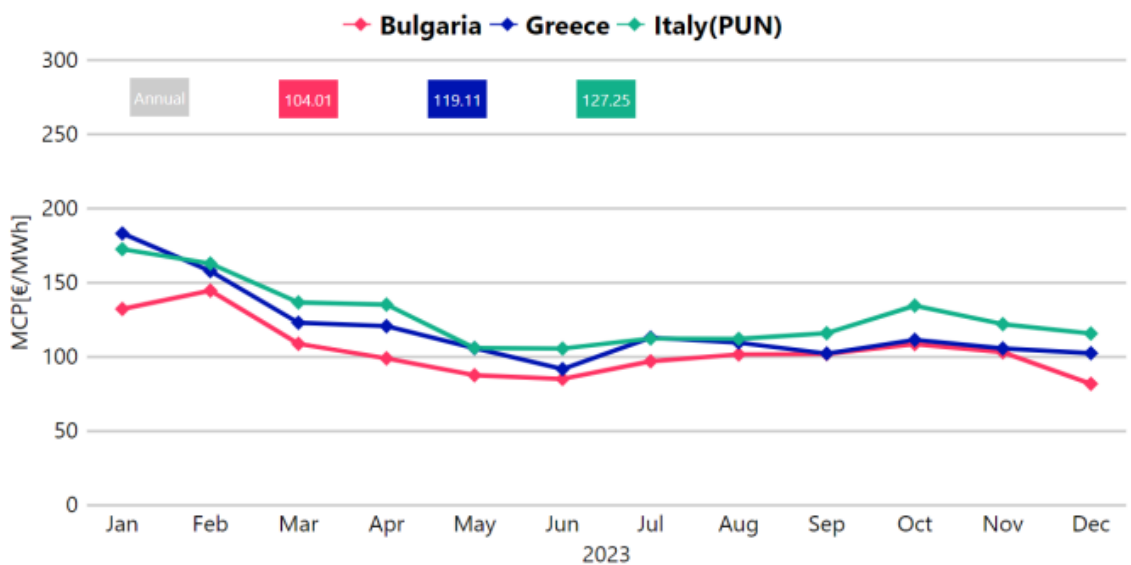
Η επίτευξη της διαλειτουργικότητας στην αγορά ενέργειας απαιτεί την καθιέρωση κοινών προτύπων, συμφωνίες για την ανταλλαγή δεδομένων και μηχανισμούς για διασυνοριακούς διακανονισμούς. Η ύπαρξη διαφορετικών ρυθμιστικών πλαισίων και σχεδιασμών αγοράς δημιουργεί εμπόδια, όπως διαφορές στην τιμολόγηση και τους κανόνες συμμόρφωσης. Η επιτυχία της σύζευξης της αγοράς εξαρτάται από την εγκαθίδρυση θεμιτού ανταγωνισμού και την αποτροπή της κατάχρησης ισχύος στην αγορά. Το φαινόμενο της συγκέντρωσης ισχύος στην αγορά σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές ή οργανισμούς έχει τη δυνατότητα να εισάγει στρεβλώσεις στους Επιπλέον, η εφαρμογή της σύζευξης της αγοράς δημιουργεί ανησυχίες σχετικά με τη διατήρηση της ενεργειακής ασφάλειας και τη διαφύλαξη της εθνικής κυριαρχίας. Τα έθνη ενδέχεται να είναι επιφυλακτικά όταν πρόκειται να στηριχθούν σε γειτονικές αγορές για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών, ιδίως σε περιπτώσεις διαταραχών του εφοδιασμού. Επιπρόσθετα, οι πολιτικοί προσδιορισμοί έχουν την ικανότητα να επηρεάζουν την τάση για συνεργασία, να διευκολύνουν την κοινή χρήση πόρων και να προωθούν την εναρμόνιση των ρυθμιστικών πλαισίων. Το ενδεχόμενο πολιτικές προτεραιότητες, όπως η προώθηση των εγχώριων βιομηχανιών ή η εγγύηση της τιμής της ενέργειας, να συγκρούονται ενδεχομένως με τους στόχους της σύζευξης της αγοράς είναι ένα θέμα που αξίζει να εξεταστεί. (Finck, 2021).

5.5. Παραδείγματα σύζευξης αγοράς: Η περίπτωση Ελλάδας-Ιταλίας

Συνδεδεμένες με ένα υποθαλάσσιο καλώδιο από γεωγραφική άποψη, η Ελλάδα και η Ιταλία όχι μόνο δημιουργούν μια φυσική σύνδεση, αλλά και αποτελούν παράδειγμα της διακρατικής συνεργασίας. Ο πρωταρχικός στόχος ήταν να δημιουργηθεί μια συγχρονισμένη και αλληλοεξαρτώμενη αγορά που θα λειτουργεί ως μια συνεκτική οντότητα. Οι εθνικές αγορές ενέργειας λειτουργούν συχνά με διαφορετικούς κανονισμούς, μεθοδολογίες διαπραγμάτευσης και τεχνικές παραμέτρους. Η διαδικασία σύζευξης απαιτούσε προσπάθειες για τη ευθυγράμμιση

αυτών των στοιχείων, διασφαλίζοντας ότι οι προσφορές, και οι εμπορικές δραστηριότητες και από τις δύο πλευρές των συνόρων θα μπορούσαν να αλληλεπιδρούν. Έτσι, οι ρυθμιστικές αρχές ανέλαβαν μια συντονισμένη προσπάθεια για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των διαφορών στους μηχανισμούς τιμολόγησης, στις διαδικασίες διακανονισμού και στις απαιτήσεις συμμόρφωσης.

Ο μηχανισμός σύζευξης, στο πλαίσιο αυτό, λειτουργεί ως παράγοντας που συμβάλλει στην επίτευξη ενός πιο ισορροπημένου και αποδοτικού ενεργειακού συστήματος (Lam et al., 2018).



Εικόνα 36: "Μηνιαία Τιμή Εκκαθάρισης Αγοράς Επόμενης Ημέρας για την Ελλάδα, την Ιταλία (PUN) και τη Βουλγαρία".

5.5.1. Διασυνοριακοί μηχανισμοί διαπραγμάτευσης και δημοπρασίες

Οι δημοπρασίες αποτελούν τον βασικό μηχανισμό για τις διασυνοριακές συναλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας στο πλαίσιο της σύζευξης αγορών μεταξύ Ελλάδας και Ιταλίας. Σε αυτές τις δημοπρασίες συμμετέχουν ενεργά παραγωγοί, έμποροι και καταναλωτές, υποβάλλοντας προσφορές και αιτήσεις για ηλεκτρική ενέργεια με συγκεκριμένες τιμές. Η διαδικασία αυτή παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της τελικής διασυνοριακής τιμής. Οι συμμετέχοντες από κάθε χώρα καταθέτουν τις προσφορές τους σε μια κοινή πλατφόρμα, η οποία λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ των

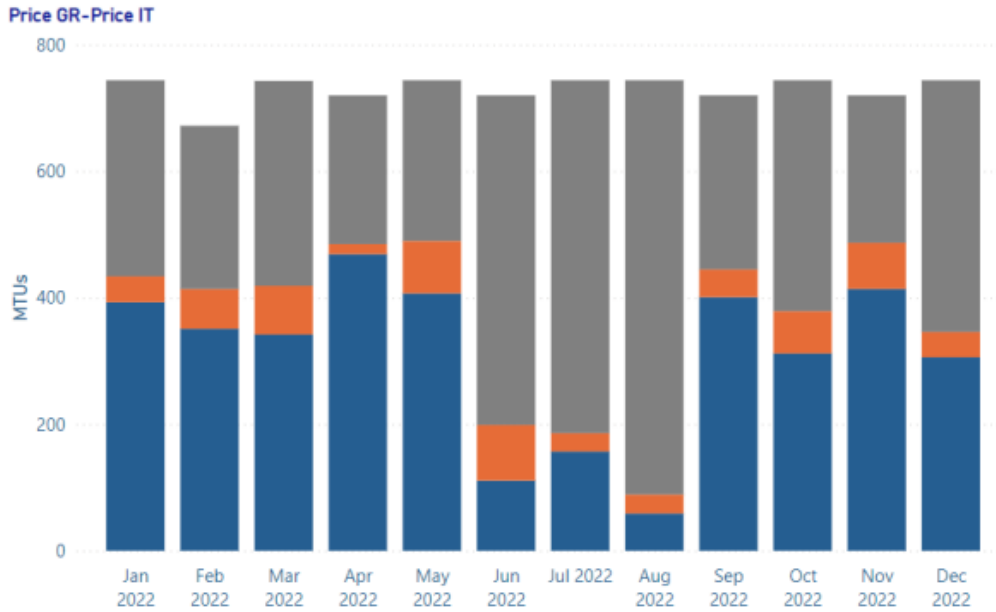
δύο αγορών. Οι προσφορές συνδυάζονται και οργανώνονται, με στόχο την επίτευξη μιας ενιαίας τιμής που αντικατοπτρίζει την ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης στις δύο χώρες. (Papaioannou et al., 2020).

Το φαινόμενο του αρμπιτράζ, το οποίο αφορά την εκμετάλλευση των διαφορών στις τιμές με σκοπό τη δημιουργία οικονομικών κερδών, αντιμετωπίζεται αποτελεσματικά με την εφαρμογή των δημοπρασιών στο πλαίσιο της σύζευξης Ελλάδας-Ιταλίας. Πριν από την πράξη της σύζευξης, οι διαφορές στις τιμές μεταξύ των δύο χωρών μπορούν να λειτουργήσουν ως κίνητρο για τους ιδιώτες να προμηθεύονται ηλεκτρική ενέργεια με χαμηλότερο κόστος στη μία αγορά και στη συνέχεια να την πωλούν σε συγκριτικά υψηλότερη τιμή στην άλλη αγορά. Το φαινόμενο της διασυνοριακής σύγκλισης των τιμών χρησιμεύει για την αποτελεσματική εξάλειψη των ευκαιριών αρμπιτράζ. Η σύγκλιση των τιμών ενισχύει τη διαφάνεια και την διαπραγμάτευση, διατηρώντας την ακεραιότητα της αγοράς και την εμπιστοσύνη των επενδυτών. Επιπλέον, η σύζευξη διευκολύνει την αποτελεσματική κατανομή πόρων, σταθεροποιώντας τις τιμές και μειώνοντας την ανάγκη για ακριβή εφεδρική παραγωγή.

(Biskas et al., 2012).

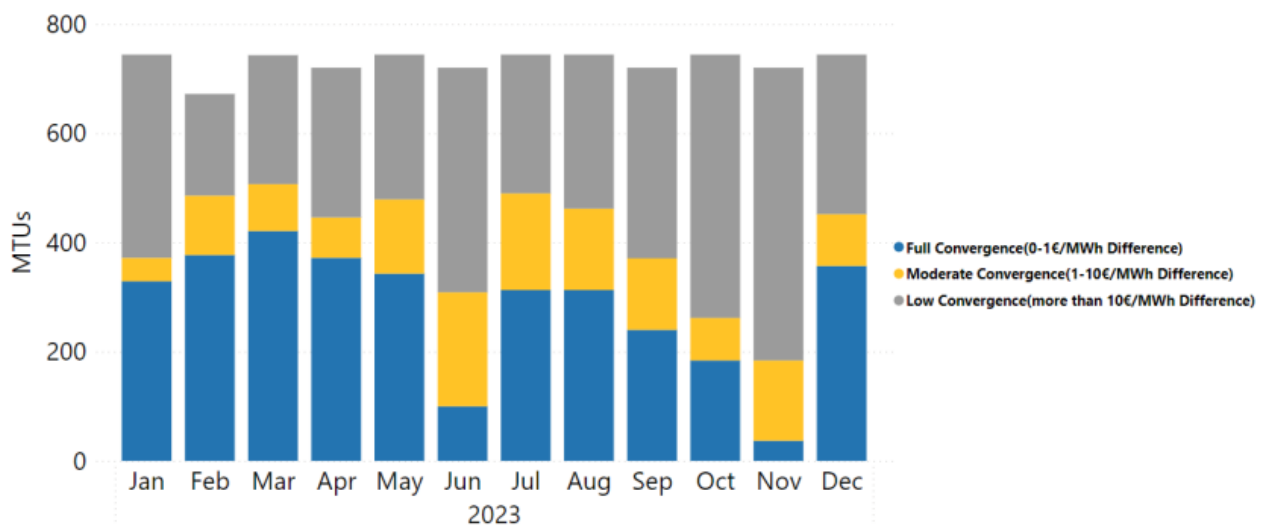
5.5.2 Σύγκλιση Τιμών

Στην πρώτη εικόνα για το 2022, παρατηρούμε ότι η πλήρης σύγκλιση των τιμών (με διαφορά 0-1€/MWh) απεικονίζεται με μπλε χρώμα, η μέτρια σύγκλιση (με διαφορά 1-10€/MWh) με πορτοκαλί και η χαμηλή σύγκλιση (με διαφορά άνω των 10€/MWh) με γκρι. Στο μεγαλύτερο μέρος του έτους, ειδικά από τον Ιούλιο και μετά, οι τιμές τείνουν προς τη χαμηλή σύγκλιση, γεγονός που υποδηλώνει σημαντικές αποκλίσεις στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των δύο χωρών. Ωστόσο, παρατηρείται σταθερή βελτίωση στη σύγκλιση κατά τους τελευταίους μήνες του έτους, όπου η πλήρης σύγκλιση αυξάνεται.



Εικόνα 37: Σύγκλιση τιμών στην Αγοράς Επόμενης Ημέρας για Ελλάδα, και Ιταλία 2022

Στη δεύτερη εικόνα για το 2023, φαίνεται ότι το φαινόμενο της πλήρους σύγκλισης βελτιώθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια του έτους, με τους μήνες από τον Απρίλιο έως τον Σεπτέμβριο να δείχνουν υψηλότερα επίπεδα πλήρους και μέτριας σύγκλισης σε σύγκριση με το 2022. Αυτό υποδηλώνει μια θετική εξέλιξη στην ευθυγράμμιση των τιμών ενέργειας μεταξύ των δύο χωρών, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί σε πιο αποτελεσματική χρήση των διασυνδέσεων και βελτιώσεις στη διαχείριση των ενεργειακών ροών.



Εικόνα 38: Σύγκλιση τιμών στην Αγοράς Επόμενης Ημέρας για Ελλάδα, και Ιταλία 2023

Συνολικά, συμπεραίνεται ότι ενώ εξακολουθούν να υπάρχουν αποκλίσεις στις τιμές, οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας Ελλάδας και Ιταλίας τείνουν προς μια μεγαλύτερη σύγκλιση, ενισχύοντας τη συνεργασία και την ενιαία λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή. (S.A., 2022)

5.5.3. Επιπτώσεις στην ενεργειακή ασφάλεια και την αξιοποίηση των πόρων

Η σύζευξη Ελλάδας-Ιταλίας συμβάλλει σημαντικά στη σταθερότητα και ευελιξία του δικτύου, ιδίως σε περιόδους μεταβλητής ζήτησης ή απρόβλεπτων περιορισμών στην προσφορά. Αυτή η συνεργασία βοηθά στη διατήρηση της σταθερότητας και μειώνει την ανάγκη για δαπανηρά μέτρα έκτακτης ανάγκης. Και τα δύο έθνη έχουν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ηλιακή και αιολική, με τη σύζευξη να διευκολύνει την ανταλλαγή αυτών των πόρων όταν υπάρχει πλεόνασμα στη μία χώρα και αυξημένη ζήτηση στην άλλη.

Η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ενισχύεται μέσω της σύζευξης, με τη μεταφορά πλεονάζουσας ενέργειας από την Ελλάδα στην Ιταλία να συμβάλλει στη σταθερότητα της ενεργειακής τροφοδοσίας και στη μείωση των διακυμάνσεων. Έτσι, μειώνονται οι ανισοροπίες στην προσφορά και αυξάνεται η αξιοπιστία του συστήματος. Επιπλέον, η ενίσχυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας προωθεί την κοινή δέσμευση για μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. (Pellini, 2012)

6. Πως Επηρεάζεται η Τιμή της Ηλεκτρικής Ενέργειας Γεωπολιτικά σε Ελλάδα και Ευρώπη

Η γεωπολιτική αποτελεί έναν καθοριστικό παράγοντα που επηρεάζει την παγκόσμια αγορά ενέργειας. Η έρευνα αναδεικνύει ότι οι γεωπολιτικοί κίνδυνοι επηρεάζουν άμεσα και αρνητικά τόσο τις εισαγωγές όσο και τις εξαγωγές ενέργειας. Αυτό οφείλεται στο ότι οι γεωπολιτικοί κίνδυνοι διαταράσσουν την παραγωγή, κατανάλωση και μεταφορά ενέργειας, ενώ έχουν μεγαλύτερη επίδραση στις εξαγωγές παρά στις εισαγωγές.

Η μελέτη δείχνει ότι οι αυξανόμενοι γεωπολιτικοί κίνδυνοι μπορούν να καταστείλουν την ενεργειακή ζήτηση, οδηγώντας σε πτώση της παραγωγής και των εξαγωγών. Για παράδειγμα, σε χώρες που εξάγουν ενέργεια, οι πολιτικές συγκρούσεις ή οι διεθνείς διαφωνίες μπορεί να προκαλέσουν καθυστερήσεις ή διακοπές στη μεταφορά ενέργειας, όπως συνέβη με τον πόλεμο μεταξύ Ιράν και Ιράκ ή την κρίση στην Ουκρανία

Οι γεωπολιτικοί κίνδυνοι δεν επηρεάζουν μόνο βραχυπρόθεσμα το εμπόριο ενέργειας, αλλά εμφανίζουν και χρονική καθυστέρηση στη δράση τους. Ενδέχεται να υπάρξει αρνητική επίδραση ακόμη και μετά από αρκετούς μήνες από την εκδήλωση ενός γεγονότος. Ταυτόχρονα, οι τιμές των βασικών ενεργειακών πόρων, όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας και το φυσικό αέριο, λειτουργούν ως μεταβατικοί παράγοντες, επηρεάζοντας περαιτέρω τις εισαγωγές και εξαγωγές ενέργειας.

Η μελέτη διαπιστώνει ότι οι χώρες που εισάγουν ενέργεια επηρεάζονται περισσότερο αρνητικά από τις γεωπολιτικές κρίσεις σε σχέση με τις χώρες που εξάγουν ενέργεια. Αυτό οφείλεται στην εξάρτησή τους από εισαγωγές, γεγονός που τις καθιστά ευάλωτες σε διαταραχές στην προσφορά.

Η επίδραση των γεωπολιτικών γεγονότων διαφέρει ανάλογα με το είδος του γεγονότος. Πολιτικά γεγονότα, όπως οι πόλεμοι, τείνουν να αυξάνουν τις τιμές της ενέργειας, αυξάνοντας την εμπορική δραστηριότητα, καθώς οι χώρες προσπαθούν να εξασφαλίσουν επαρκείς προμήθειες. Από την άλλη πλευρά, κοινωνικά γεγονότα, όπως πανδημίες, μειώνουν τη ζήτηση και οδηγούν σε πτώση του εμπορίου ενέργειας.

(Li, Yang, Li, & Failler, 2021)

Η γεωπολιτική αστάθεια και η εξάρτηση από τα εισαγόμενα καύσιμα έχουν σημαντική επίδραση στις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη. Κατά την περίοδο 2015-2021, το 58% του χρόνου οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας καθορίζονταν από τις τιμές των ορυκτών καυσίμων, με το φυσικό αέριο να διαδραματίζει κεντρικό ρόλο. Το 2021, χώρες όπως το Βέλγιο, η Μεγάλη Βρετανία, η Ελλάδα, η Ιταλία και οι Κάτω Χώρες βασίστηκαν στο φυσικό αέριο για περισσότερο από το 80% του χρόνου για τον καθορισμό των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι τιμές του φυσικού αερίου, οι οποίες επηρεάζονται από τις παγκόσμιες αγορές και τις γεωπολιτικές εξελίξεις, παρουσίασαν σημαντική αστάθεια, ιδιαίτερα μετά τη σύγκρουση Ρωσίας-Ουκρανίας. Το φυσικό αέριο παραμένει το βασικό καύσιμο για την κάλυψη των αιχμών ζήτησης, ενώ η μείωση της χρήσης του άνθρακα, λόγω των υψηλών εκπομπών CO₂, ενίσχυσε περαιτέρω τον ρόλο του φυσικού αερίου. Η αύξηση των τιμών του άνθρακα και των δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ στην ΕΕ, ιδίως μετά την εισαγωγή του μηχανισμού Market Stability Reserve το 2018, μείωσε την ανταγωνιστικότητα των μονάδων άνθρακα υπέρ του φυσικού αερίου και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Εκτός από τους γεωπολιτικούς παράγοντες, οι συναλλαγματικές ισοτιμίες επηρεάζουν επίσης τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας. Για παράδειγμα, η αποχώρηση του Ηνωμένου Βασιλείου από την ΕΕ (Brexit) προκάλεσε μείωση της αξίας της στερλίνιας, αυξάνοντας το κόστος εισαγόμενων καυσίμων και, κατά συνέπεια, τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας.

Παρά την αυξημένη παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η εξάρτηση από το φυσικό αέριο παραμένει υψηλή για την κάλυψη των αιχμών ζήτησης. Η μετάβαση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα συνεχίσει να επηρεάζει τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η εξάρτηση από το φυσικό αέριο και οι συναλλαγματικές ισοτιμίες θα παραμείνουν καθοριστικοί παράγοντες για την ενεργειακή ασφάλεια της Ευρώπης.

Η παρούσα μελέτη εξετάζει επίσης τον αντίκτυπο των γεωπολιτικών κινδύνων και της οικονομικής αβεβαιότητας στις αγορές ανανεώσιμης ενέργειας. Χρησιμοποιώντας δεδομένα από το 2012 έως το 2022, αναλύθηκαν πέντε υποτομείς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οι σχέσεις τους με τους δείκτες γεωπολιτικού κινδύνου (GPR) και οικονομικής αβεβαιότητας (EUI). Τα αποτελέσματα έδειξαν σαφείς σχέσεις μεταξύ των δεικτών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των δεικτών κινδύνου, με διαφορετική ανταπόκριση στις γεωπολιτικές εξελίξεις και τις οικονομικές αβεβαιότητες.

Συνολικά, η γεωπολιτική αβεβαιότητα και η οικονομική αστάθεια έχουν άμεσες επιπτώσεις στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ευρώπη, ενισχύοντας την ανάγκη για διαφοροποίηση των πηγών εφοδιασμού και μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για τη διασφάλιση ενεργειακής σταθερότητας. (Overland, 2019).

6.1 Επίδραση των Γεωπολιτικών Κινδύνων και της Οικονομικής Αβεβαιότητας στην Αγορά Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Η παγκόσμια ενεργειακή αγορά έχει υποστεί σημαντικές μεταβολές τα τελευταία χρόνια, καθώς οι γεωπολιτικοί κίνδυνοι επηρεάζουν άμεσα την προσφορά και τη ζήτηση ενέργειας. Η μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχει γίνει πλέον κρίσιμη, διότι οι ανανεώσιμες πηγές προσφέρουν τη δυνατότητα μείωσης της εξάρτησης από τις παραδοσιακές ενεργειακές αγορές και ενίσχυσης της ενεργειακής ασφάλειας.

Σύμφωνα με έρευνα που βασίστηκε σε δεδομένα από το 2012 έως το 2022 και ανέλυσε πέντε υπο-αγορές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακή, αιολική, γεωθερμική, καύσιμα βιο-καθαρισμού και κυψέλες καυσίμου), υπάρχουν σαφείς σχέσεις μεταξύ των αγορών αυτών και των δεικτών γεωπολιτικού κινδύνου (GPR) και οικονομικής αβεβαιότητας (EUI). Οι αγορές ανανεώσιμης ενέργειας παρουσιάζουν διαφορετικές αντιδράσεις στους γεωπολιτικούς κινδύνους και την οικονομική αβεβαιότητα, ανάλογα με τον τύπο ενέργειας.

Ειδικότερα, η έρευνα διαπίστωσε ότι οι γεωπολιτικοί κίνδυνοι έχουν θετική επίδραση σε ορισμένους τομείς ανανεώσιμης ενέργειας, όπως τα καύσιμα βιοκαθαρισμού και η αιολική ενέργεια, καθώς οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούνται «καταφύγιο» κατά τη διάρκεια γεωπολιτικών αναταραχών. Αυτό συμβαίνει διότι οι ανανεώσιμες πηγές μειώνουν την εξάρτηση από τις παραδοσιακές πηγές, όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, που είναι πιο ευάλωτες σε γεωπολιτικές κρίσεις. Ωστόσο, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια παρουσίασαν αρνητικές αντιδράσεις στους γεωπολιτικούς κινδύνους, δείχνοντας ότι διαφορετικές τεχνολογίες επηρεάζονται με ποικίλους τρόπους από εξωτερικούς παράγοντες.

Η έρευνα καταδεικνύει επίσης ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να λειτουργήσουν ως «καταφύγιο» σε περιόδους γεωπολιτικών αναταραχών και οικονομικής αβεβαιότητας. Η στρατηγική επένδυση σε ανανεώσιμες πηγές μπορεί να ενισχύσει την ενεργειακή ανεξαρτησία των χωρών, μειώνοντας τους κινδύνους που συνδέονται με τις παραδοσιακές ενεργειακές αγορές και τους γεωπολιτικούς κινδύνους.

(Zhao, Si Mohammed, Wang, Ste_prien', & Mentel, 2023)

6.2 Η επίδραση της Ρωσικής εισβολής στην Ουκρανία στη Γεωπολιτική της ενέργειας και στην ενεργειακή μετάβαση.

Ο πόλεμος στην Ουκρανία προκάλεσε έντονη αύξηση στις τιμές ενέργειας και σημαντική αστάθεια στις ενεργειακές αγορές της Ευρωζώνης. Οι ανησυχίες για πιθανές διακοπές στην ενεργειακή προμήθεια, καθώς και οι αυστηρότερες κυρώσεις που επιβλήθηκαν στον ενεργειακό τομέα της Ρωσίας, οδήγησαν σε έντονες διακυμάνσεις στις τιμές της ενέργειας, καθώς οι αγορές προσπαθούσαν να αξιολογήσουν τις επιπτώσεις στην παγκόσμια προσφορά ενέργειας. Η Ευρωζώνη, λόγω της μεγάλης εξάρτησής της από τη Ρωσία για την προμήθεια ενέργειας πριν την εισβολή, επηρεάστηκε έντονα από τις μεταβολές στις τιμές και τις προμήθειες ενέργειας.

Οι τιμές του πετρελαίου, του άνθρακα και του φυσικού αερίου εκτοξεύθηκαν αμέσως μετά την εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία. Συγκεκριμένα, οι τιμές του πετρελαίου αυξήθηκαν κατά 40%, του άνθρακα κατά 130% και του φυσικού αερίου κατά 180%, προκαλώντας επίσης αυξήσεις στις χονδρικές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωζώνη. Παρά την πτώση που ακολούθησε, οι τιμές της ενέργειας παραμένουν υψηλότερες σε σχέση με την περίοδο πριν την εισβολή, με το πετρέλαιο να είναι 27% πιο ακριβό και ο άνθρακας 50%. Ειδικά οι τιμές του φυσικού αερίου, αν και χαμηλότερες κατά 11%, παραμένουν πολύ ευμετάβλητες.

Η εξάρτηση της Ευρωζώνης από τη Ρωσία είναι ιδιαίτερα έντονη στον τομέα του φυσικού αερίου. Το 2020, το 35% των εισαγωγών φυσικού αερίου της Ευρωζώνης προήλθε από τη Ρωσία, γεγονός που το καθιστά κρίσιμο παράγοντα για την ενεργειακή ασφάλεια της περιοχής. Χώρες όπως η Γερμανία και η Ιταλία εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το ρωσικό φυσικό αέριο και αντιμετωπίζουν προκλήσεις στην υποκατάστασή του με άλλες πηγές.

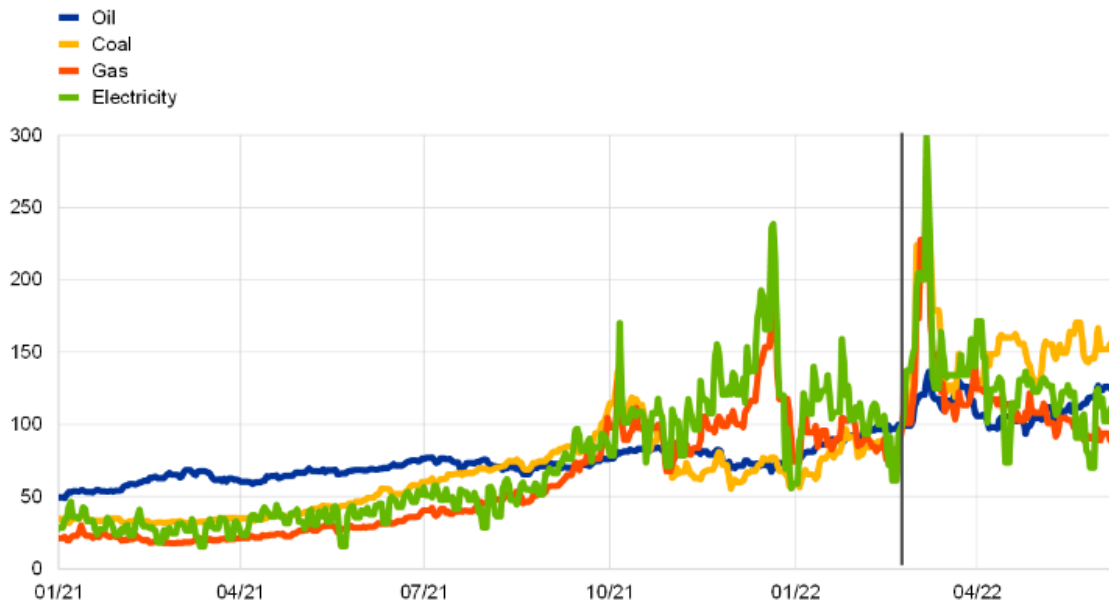
Ως απάντηση, η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε οικονομικές κυρώσεις που στόχευσαν τον ρωσικό ενεργειακό τομέα, κυρίως στον τομέα του άνθρακα και του πετρελαίου, ενώ προωθήθηκαν πολιτικές για τη μείωση της εξάρτησης από το ρωσικό φυσικό αέριο. Η απόφαση της ΕΕ να απαγορεύσει τις εισαγωγές ρωσικού πετρελαίου, καθώς και η προσωρινή αναστολή της λειτουργίας του αγωγού Nord Stream 2, αποτελεί μέρος των προσπαθειών να ενισχυθεί η ενεργειακή ανεξαρτησία της Ευρωζώνης.

Το σχέδιο "REPowerEU" στοχεύει στη μείωση της εξάρτησης από το ρωσικό φυσικό αέριο κατά τα δύο τρίτα έως το τέλος του 2022. Αυτό περιλαμβάνει την αύξηση των εισαγωγών υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) από άλλους προμηθευτές, όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες και το Κατάρ, καθώς και τη βελτίωση των υποδομών για την αποθήκευση και διανομή ενέργειας σε χώρες όπως η Γερμανία και η Ιταλία.

Οι αυξήσεις στις τιμές των ενεργειακών προϊόντων οδήγησαν σε άνοδο των τιμών της καταναλωτικής ενέργειας στην Ευρωζώνη, με τον πληθωρισμό στον τομέα

της ενέργειας (HICP) να φτάνει το 44% τον Μάρτιο του 2022. Οι κυβερνήσεις της Ευρωζώνης έλαβαν διάφορα μέτρα για την ελάφρυνση των καταναλωτών, όπως μείωση φόρων και επιδοτήσεις, μειώνοντας τις αυξήσεις των τιμών κατά 4-5 ποσοστιαίες μονάδες.

(index: 23 February 2022 = 100)



Εικόνα 39 : Τιμές Ενέργειας πριν και μετά την εισβολή στην Ουκρανία

6.2.1 Το "κεντρικό" σενάριο

Σύμφωνα με το "κεντρικό" σενάριο, υποτίθεται ότι η Ευρώπη θα σταματήσει να εισάγει ρωσικό αέριο από αγωγούς το αργότερο έως το 2027, λόγω των εντάσεων που επικρατούν με τη Ρωσία. Από το έτος 2027 και μετά, η αποτίμηση του φυσικού αερίου εντός της ευρωπαϊκής περιοχής καθορίζεται με βάση την επικρατούσα τιμή της παγκόσμιας αγοράς για το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG). Με την πάροδο του χρόνου, αναμένεται ότι το φυσικό αέριο ορυκτής προέλευσης θα αντικατασταθεί από συνθετικά καύσιμα, με ιδιαίτερη έμφαση στο πράσινο υδρογόνο.

(Hainsch et al, 2022).

Προκειμένου να διατηρηθεί η ανταγωνιστικότητα, είναι ανάγκη να μειωθεί η τιμή του φυσικού αερίου, δεδομένης της σημερινής χρήσης του στην ηλεκτροπαραγωγή. Η μετάβαση αυτή αποσκοπεί στον περιορισμό της συνολικής εξάρτησης της Ευρώπης από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα μεσοπρόθεσμα, με

απώτερο στόχο την πλήρη εξάλειψη της εξάρτησης αυτής το συντομότερο δυνατό. Η προαναφερθείσα διαδικασία συνοδεύεται από αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας που παρουσιάζει μεγαλύτερο βαθμό ευελιξίας. Σε συνδυασμό με την κλιμακούμενη παραγωγή υδρογόνου μέσω ηλεκτρολυτών, η απαλλαγή από τον άνθρακα των διαδικασιών θέρμανσης αναμένεται να επιτευχθεί στο σύνολό της έως το έτος 2060, κυρίως μέσω της εκτεταμένης διάδοσης των αντλιών θερμότητας. Μέχρι το έτος 2060, προβλέπεται ότι το ποσοστό των ηλεκτρικών οχημάτων και φορτηγών στην Ευρώπη θα γνωρίσει σημαντική άνοδο, φθάνοντας το εντυπωσιακό ποσοστό του 95% (Kober et al., 2020).

Η ενεργειακή στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης επικεντρώνεται στη μείωση της εξάρτησης από το ρωσικό φυσικό αέριο μέσω της διαφοροποίησης των πηγών και οδών εφοδιασμού, της προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας. Αυτή η στρατηγική απαιτεί σημαντικές επενδύσεις σε εναλλακτικές ενεργειακές υποδομές και τεχνολογίες, γεγονός που μπορεί να αυξήσει τις τιμές βραχυπρόθεσμα, αλλά στοχεύει σε μακροπρόθεσμα σταθερότητα και βιωσιμότητα. Επιπλέον, οι γεωπολιτικές εντάσεις, όπως οι διαμάχες φυσικού αερίου μεταξύ Ρωσίας και Ουκρανίας, αναδεικνύουν την ευπάθεια της ενεργειακής προμήθειας, ωθώντας την ΕΕ να ενισχύσει τα μέτρα ενεργειακής ασφάλειας, όπως οι τερματικοί σταθμοί LNG και ο Νότιος Διάδρομος Φυσικού Αερίου.

6.2.2 Το σενάριο "Εντάσεις"

Το σενάριο με τίτλο "Εντάσεις" προβλέπει τη συνέχιση και κλιμάκωση των υφιστάμενων γεωπολιτικών εντάσεων μεταξύ της Ρωσίας και των δυτικών κρατών στο ορατό μέλλον. Ως αποτέλεσμα, η Ευρώπη παύει τάχιστα την εισαγωγή ρωσικού αερίου από αγωγούς. Η τιμολόγηση του φυσικού αερίου καθορίζεται στη συνέχεια από την επικρατούσα τιμή της παγκόσμιας αγοράς για το υγροποιημένο φυσικό αέριο. Οι Ευρωπαίοι καταναλωτές συμμετέχουν σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον για το υγροποιημένο φυσικό αέριο μαζί με τους ομολόγους τους στις ασιατικές αγορές. Προβλέπεται επικείμενη εκτίναξη των τιμών του διοξειδίου του άνθρακα, σε σχέση με το κεντρικό σενάριο. Η πρόβλεψη αυτή βασίζεται στους διπλούς στόχους

της δημιουργίας συμπληρωματικών εσόδων για την αναχρηματοδότηση του δημόσιου χρέους και της προώθησης της τεχνολογικής προόδου στις εφαρμογές υδρογόνου. Σε συγκεκριμένα κράτη, όπως η Γερμανία, η κατάσταση προβλέπει μια συγκριτικά πιο σταδιακή διάδοση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε αντίθεση με το κεντρικό σενάριο. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην έλλειψη εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού και στην ανεπαρκή υποστήριξη από τις πολιτικές οντότητες (Ansari et al., 2019).

6.2.3 Το σενάριο "Ανακούφιση"

Το σενάριο "Ανακούφιση" υποθέτει ότι η διμερής δυναμική μεταξύ Ευρώπης και Ρωσίας αναμένεται να βελτιωθεί στο άμεσο μέλλον. Κατά συνέπεια, αναμένεται ότι η εισαγωγή ρωσικού αερίου μέσω αγωγών θα συνεχιστεί στο προσεχές μέλλον. Παρά ταύτα, είναι προφανές ότι στο ευρωπαϊκό πλαίσιο υπάρχει μια ευδιάκριτη τάση για περιορισμό της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα που προέρχονται από τη Ρωσία. Κατά συνέπεια, ο όγκος του εισαγόμενου φυσικού αερίου μειώθηκε μετά την έναρξη της σύγκρουσης στην Ουκρανία. Επιπλέον, οι προηγουμένως καθορισμένοι στόχοι για την επέκταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι οποίοι εφαρμόστηκαν κατά τη διάρκεια της κρίσης, παραμένουν αμετάβλητοι

Συνοψίζοντας, οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας είναι βαθιά συνδεδεμένες με τις γεωπολιτικές δυναμικές, ιδιαίτερα σε περιοχές που εξαρτώνται από εισαγόμενη ενέργεια. Έργα όπως ο Nord Stream 2 δείχνουν την άμεση επίδραση της γεωπολιτικής στις ενεργειακές αγορές, επηρεάζοντας τόσο την ασφάλεια του εφοδιασμού όσο και την τιμολόγηση. Οι προσπάθειες της ΕΕ να διαφοροποιήσει τις ενεργειακές πηγές και να ενισχύσει τα μέτρα ασφάλειας αντανακλούν μια στρατηγική απάντηση σε αυτές τις γεωπολιτικές προκλήσεις, με στόχο τη σταθεροποίηση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας μακροπρόθεσμα, ενώ αντιμετωπίζουν τις πολυπλοκότητες της διεθνούς ενεργειακής πολιτικής. (Kober et al., 2020).

6.3 Επέκταση των σεναρίων τιμών ηλεκτρικής ενέργειας έως το 2060

Η γεωπολιτική παίζει καθοριστικό ρόλο στην παγκόσμια αγορά ενέργειας, επηρεάζοντας άμεσα τις εισαγωγές και εξαγωγές ενέργειας. Οι γεωπολιτικοί κίνδυνοι διαταράσσουν την παραγωγή, κατανάλωση και μεταφορά ενέργειας, με μεγαλύτερη

επίδραση στις εξαγωγές παρά στις εισαγωγές. Οι διεθνείς συγκρούσεις, όπως ο πόλεμος Ρωσίας-Ουκρανίας, επηρεάζουν άμεσα την ενεργειακή ζήτηση και προμήθεια, προκαλώντας καθυστερήσεις και διακοπές στη μεταφορά ενέργειας. Αυτές οι επιπτώσεις μπορεί να εμφανίζονται με καθυστέρηση, επηρεάζοντας τις τιμές των βασικών ενεργειακών πόρων, όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, αρκετούς μήνες μετά το αρχικό γεγονός.

Οι χώρες που εισάγουν ενέργεια είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στους γεωπολιτικούς κινδύνους λόγω της εξάρτησής τους από εξωτερικές πηγές. Αντίθετα, οι εξαγωγικές χώρες αντιμετωπίζουν προκλήσεις, αλλά οι εισαγωγικές χώρες πλήττονται περισσότερο από διαταραχές στην προμήθεια. Πολιτικά γεγονότα, όπως οι πόλεμοι, τείνουν να αυξάνουν τις τιμές της ενέργειας, ενώ κοινωνικά γεγονότα, όπως οι πανδημίες, μειώνουν τη ζήτηση και τις εμπορικές συναλλαγές.

Στην Ευρώπη, η γεωπολιτική αστάθεια και η εξάρτηση από τα εισαγόμενα καύσιμα έχουν καθοριστική επίδραση στις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας. Το διάστημα 2015-2021, οι τιμές καθορίζονταν κατά το 58% του χρόνου από τα ορυκτά καύσιμα, με το φυσικό αέριο να αποτελεί το κύριο καύσιμο σε χώρες όπως το Βέλγιο, η Ελλάδα και η Ιταλία. Η αστάθεια των τιμών του φυσικού αερίου, ιδιαίτερα μετά τη σύγκρουση Ρωσίας-Ουκρανίας, επηρέασε τις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η μείωση της χρήσης άνθρακα λόγω των υψηλών εκπομπών CO₂ ενίσχυσε τον ρόλο του φυσικού αερίου. Επιπλέον, οι συναλλαγματικές ισοτιμίες, όπως συνέβη με το Brexit, επηρεάζουν τις τιμές μέσω του αυξημένου κόστους εισαγόμενων καυσίμων.

Παρά την αύξηση της παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η εξάρτηση από το φυσικό αέριο παραμένει υψηλή για την κάλυψη των αιχμών ζήτησης. Η μετάβαση στις ανανεώσιμες πηγές αναμένεται να συνεχίσει να διαμορφώνει τις τιμές της ενέργειας, με την εξάρτηση από το φυσικό αέριο και τις συναλλαγματικές ισοτιμίες να παραμένουν κρίσιμοι παράγοντες για την ενεργειακή ασφάλεια της Ευρώπης.

Τέλος, η μελέτη δείχνει ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας επηρεάζονται από τους γεωπολιτικούς κινδύνους και την οικονομική αβεβαιότητα, με τις αγορές να

παρουσιάζουν διαφορετικές αντιδράσεις ανάλογα με τις εξελίξεις. Η ανάγκη για διαφοροποίηση των πηγών ενέργειας και η στροφή στις ανανεώσιμες πηγές είναι κρίσιμη για τη μακροπρόθεσμη ενεργειακή σταθερότητα στην Ευρώπη. (Luderer et al., 2021).

Συμπέρασμα

Η παρούσα μελέτη παρέχει μια ολοκληρωμένη ανάλυση της διαμόρφωσης των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας, με έμφαση στη δυναμική του "Market Coupling" και τον ρόλο των γεωπολιτικών εξελίξεων. Μέσα από την εξέταση της ιστορικής εξέλιξης των ενεργειακών αγορών, αναδεικνύονται οι προκλήσεις και οι ευκαιρίες που προκύπτουν από την απελευθέρωση των αγορών, ενώ παράλληλα αναλύονται οι θεσμικές μεταρρυθμίσεις και οι μηχανισμοί που επιτρέπουν την ομαλή λειτουργία των αγορών ενέργειας.

Η σύζευξη των ενεργειακών αγορών αποδεικνύεται καθοριστική για την επίτευξη μιας ενιαίας ευρωπαϊκής αγοράς ηλεκτρισμού, ενώ παράλληλα υποστηρίζεται η ανάγκη για αυξημένη διασυνοριακή συνεργασία και ανταγωνιστικότητα. Η ανάλυση της ελληνικής αγοράς ενέργειας, η οποία μετασχηματίζεται για να συμβαδίζει με τις ευρωπαϊκές πολιτικές, υποδεικνύει ότι η περαιτέρω διείσδυση των ΑΠΕ και η εναρμόνιση με τους ευρωπαϊκούς στόχους μπορούν να οδηγήσουν σε πιο σταθερές και αποδοτικές αγορές.

Παράλληλα, η γεωπολιτική επιρροή παραμένει κεντρική, διαμορφώνοντας το πλαίσιο της ενεργειακής ασφάλειας. Τα γεγονότα που σχετίζονται με τη Ρωσία και την Ουκρανία αναδεικνύουν την ανάγκη διαφοροποίησης των ενεργειακών πηγών, ενώ η διαμόρφωση των τιμών επηρεάζεται από εξωγενείς παράγοντες, όπως η πολιτική σταθερότητα και οι διεθνείς σχέσεις.

Τέλος, η ανάλυση των διαφόρων σεναρίων μελλοντικής εξέλιξης τιμών έως το 2060 δείχνει ότι η μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η περαιτέρω ενσωμάτωση τεχνολογιών θα παίξουν κεντρικό ρόλο στη σταθεροποίηση των τιμών ενέργειας και την επίτευξη των κλιματικών στόχων.

Βιβλιογραφία

Akkemik, K.A. (2011). Potential impacts of electricity price changes on price formation in the economy: a social accounting matrix price modeling analysis for Turkey. *Energy Policy*, 39(2), pp.854–864. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.11.005>.

Alt, R. and Wende, E. (2020). Blockchain technology in energy markets – An interview with the European Energy Exchange. *Electronic Markets*, 30(2), pp.325–330. doi:<https://doi.org/10.1007/s12525-020-00423-6>.

Ansari, D., Holz, F. and Al-Kuhlani, H. (2019). *Energy, climate, and policy towards 2055: An interdisciplinary energy outlook (DIW-REM outlook)*. [online] www.econstor.eu. Available at: <https://www.econstor.eu/handle/10419/203259>.

Ardila Putri and Vini Lili Natalia (2023). Striving for Energy Security. 6(1). doi:<https://doi.org/10.33116/ije.v6i1.147>.

BAHGAT, G. (2006). Europe's energy security: challenges and opportunities. *International Affairs*, 82(5), pp.961–975. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1468-2346.2006.00580.x>.

Biskas, P.N., Chatziyiannis, D.I. and Bakirtzis, A.G. (2012). *Volume-coupling between a power pool and a power exchange*. [online] IEEE Xplore. doi:<https://doi.org/10.1109/EEM.2012.6254660>.

Božić, Z., Dobromirov, D., Arsić, J., Radišić, M. and Ślusarczyk, B. (2020). Power Exchange Prices: Comparison of Volatility in European Markets. *Energies*, [online] 13(21), p.5620. doi:<https://doi.org/10.3390/en13215620>.

Caglayan, D.G., Heinrichs, H.U., Robinius, M. and Stolten, D. (2021). Robust design of a future 100% renewable european energy supply system with hydrogen infrastructure. *International Journal of Hydrogen Energy*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.12.197>.

Chaiken, B., Duggan, J.E. and Sioshansi, R. (2021). Paid to produce absolutely nothing? A Nash-Cournot analysis of a proposed power purchase agreement. *Energy Policy*, 156, p.112371. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112371>.

Chevalier, J.-M. (2006). Security of energy supply for the European Union. *European Review of Energy Markets*, [online] 1(3). Available at: <https://www.eeinstitute.org/european-review-of-energy-market/EREM%203%20article%20Jean-Marie%20Chevalier.pdf>.

Deane, J.P., Driscoll, Á. and Gallachóir, B.P.Ó. (2015). Quantifying the impacts of national renewable electricity ambitions using a North–West European electricity market model. *Renewable Energy*, 80, pp.604–609. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.02.048>.

Egenhofer, C., Gialoglou, K., Luciani, G., Boots, M., Scheepers, M., Costantini, V., Gracceva, F., Markandya, A. and Vicini, G. (2004). Market-based Options for Security of Energy Supply. *SSRN Electronic Journal*. doi:<https://doi.org/10.2139/ssrn.593824>.

Eicke, A., Ruhnau, O. and Hirth, L. (2021). Electricity balancing as a market equilibrium: An instrument-based estimation of supply and demand for imbalance energy. *Energy Economics*, 102, p.105455. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105455>.

Energypolicy, C. and Edu May (2019). RURAL ELECTRICITY SUPPLY: COMMODITY OR ENTITLEMENT? CGEP FACULTY GRANT PROGRAM. [online] (1). doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.01.015>),%22.

European parliament (n.d.). *Energy policy: general principles / Fact Sheets on the European Union / European Parliament*. [online] www.europarl.europa.eu. Available at: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/68/energy-policy-general-principles>.

Finck, R. (2021). Impact of Flow Based Market Coupling on the European Electricity Markets. *Sustainability Management Forum | NachhaltigkeitsManagementForum*, 29(2), pp.173–186. doi:<https://doi.org/10.1007/s00550-021-00520-w>.

Fürsch, M., Hagspiel, S., Jägemann, C., Nagl, S., Lindenberger, D. and Tröster, E. (2013). The role of grid extensions in a cost-efficient transformation of the European electricity system until 2050. *Applied Energy*, 104, pp.642–652. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.050>.

Gabriel, S.A., Conejo, A.J., Fuller, J.D., Hobbs, B.F. and Ruiz, C. (2012). *Complementarity Modeling in Energy Markets*. [online] *Google Books*. Springer Science & Business Media. Available at: https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=Lu1L5wUea8IC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Energy+Markets&ots=2hGSXb7t3u&sig=r2aFEMHrIIm7do-Q_3dTnCA0erM&redir_esc=y#v=onepage&q=Energy%20Markets&f=false

Giacomarra, M. and Bono, F. (2015). European Union commitment towards RES market penetration: From the first legislative acts to the publication of the recent guidelines on State aid 2014/2020. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 47, pp.218–232. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.006>.

Glachant, J.-M. (2010). *The Achievement of the EU Electricity Internal Market through Market Coupling*. [online] cadmus.eui.eu. Available at: <https://cadmus.eui.eu/handle/1814/15189>.

Glas, S., Kiesel, R., Sven Kolkmann, Kremer, M., Luckner, von, Lars Ostmeier, Urban, K., and Weber, C. (2020). Intraday renewable electricity trading: advanced modeling and numerical optimal control. *Journal of Mathematics in Industry*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13362-020-0071-x>

Göknur Umutlu, A.B. Dorsman and Erdinç Telatar (2011). The Electricity Market, Day-Ahead Market and Futures Market. *Springer eBooks*, pp.109–128. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-642-19709-3_7.

Hagspiel, S., Jägemann, C., Lindenberger, D., Brown, T., Cherevatskiy, S. and Tröster, E. (2014). Cost-optimal power system extension under flow-based market coupling. *Energy*, [online] 66, pp.654–666. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.01.025>.

Hainsch, K., Löffler, K., Burandt, T., Auer, H., Crespo del Granado, P., Pisciella, P. and Zwickl-Bernhard, S. (2022). Energy transition scenarios: What policies, societal attitudes, and technology developments will realize the EU Green Deal? *Energy*, 239, p.122067. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122067>.

Harsunen, S. (2016). VALUE CREATION IN DAY-AHEAD ELECTRICITY MARKETS - Perspective of a Nordic Hydropower Producer. *osuva.uwasa.fi*. [online] Available at: <https://osuva.uwasa.fi/handle/10024/7088>.

Hirth, L. and Ziegenhagen, I. (2015). Balancing power and variable renewables: Three links. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, pp.1035–1051. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.180>.

Ihlemann, M., van Stiphout, A., Poncelet, K. and Delarue, E. (2022). Benefits of regional coordination of balancing capacity markets in future European electricity markets. *Applied Energy*, 314, p.118874. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118874>.

Karwatka, K., Dennis and Dennis (2011). *Zenobe Gramme and His Industrial Dynamo* - ProQuest. [online] www.proquest.com. Available at: <https://www.proquest.com/openview/3c1b3604c564e2e671e1fcab0831e68d/1.pdf?pq-origsite=gscholar&cbl=182>.

Kober, T., Schiffer, H.-W. ., Densing, M. and Panos, E. (2020). Global energy perspectives to 2060 – WEC’s World Energy Scenarios 2019. *Energy Strategy Reviews*, 31, p.100523. doi:<https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100523>.

Koch, C. and Hirth, L. (2019). Short-term electricity trading for system balancing: An empirical analysis of the role of intraday trading in balancing Germany’s electricity system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113, p.109275. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109275>.

Koch, C. and Maskosa, P. (2019). Passive Balancing through Intraday Trading. *SSRN Electronic Journal*. doi:<https://doi.org/10.2139/ssrn.3399001>.

Lam, L.H., Ilea, V. and Bovo, C. (2018). European day-ahead electricity market coupling: Discussion, modeling, and case study. *Electric Power Systems Research*, 155, pp.80–92. doi:<https://doi.org/10.1016/j.epsr.2017.10.003>.

Leuthold, F.U., Weigt, H. and von Hirschhausen, C. (2008). ELMOD - A Model of the European Electricity Market. *SSRN Electronic Journal*. doi:<https://doi.org/10.2139/ssrn.1169082>.

Lise, W., Linderhof, V., Kuik, O., Kemfert, C., Östling, R. and Heinzow, T. (2006). A game theoretic model of the Northwestern European electricity market—market power and the environment. *Energy Policy*, 34(15), pp.2123–2136. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.03.003>.

Lucas, A., Pegios, K., Kotsakis, E. and Clarke, D. (2020). Price Forecasting for the Balancing Energy Market Using Machine-Learning Regression. *Energies*, 13(20), p.5420. doi:<https://doi.org/10.3390/en13205420>.

Luderer, G., Madeddu, S., Merfort, L., Ueckerdt, F., Pehl, M., Pietzcker, R., Rottoli, M., Schreyer, F., Bauer, N., Baumstark, L., Bertram, C., Dirnaichner, A., Humpenöder, F., Levesque, A., Popp, A., Rodrigues, R., Strefler, J. and Kriegler, E. (2021). Impact of declining renewable energy costs on electrification in low-emission scenarios. *Nature Energy*, 7(1), pp.32–42. doi:<https://doi.org/10.1038/s41560-021-00937-z>.

Mabea, G.A. and Okoli, P.N. (2019). Power market coupling: towards harmonised electricity policies in the East African Community. *Journal of Energy & Natural Resources Law*, pp.1–22. doi:<https://doi.org/10.1080/02646811.2019.1687237>.

Macedo, D.P., Marques, A.C. and Damette, O. (2020). The impact of the integration of renewable energy sources in the electricity price formation: is the Merit-Order Effect occurring in Portugal? *Utilities Policy*, 66, p.101080. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101080>.

Mišík, M. (2022). The EU needs to improve its external energy security. *Energy Policy*, 165, p.112930. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112930>.

Newbery, D., Strbac, G. and Viehoff, I. (2016). The benefits of integrating European electricity markets. *Energy Policy*, 94, pp.253–263. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.047>.

ObadiS.M. and Korcek, M. (2017). EU Energy Security - Multidimensional Analysis of 2005-2014 Development. *International Journal of Energy Economics and Policy*, [online] 7(2), pp.113–120. Available at: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijeeep/issue/31921/351186>.

Oggioni, G., Smeers, Y., Allevi, E. and Schaible, S. (2011). A Generalized Nash Equilibrium Model of Market Coupling in the European Power System. *Networks and Spatial Economics*, 12(4), pp.503–560. doi:<https://doi.org/10.1007/s11067-011-9166-7>.

Panwar, N.L., Kaushik, S.C. and Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [online] 15(3), pp.1513–1524. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>.

Papaiouannou, G.P., Dikaiakos, C., Kaskouras, C., Evangelidis, G. and Georgakis, F. (2020). Granger Causality Network Methods for Analyzing Cross-Border Electricity Trading between Greece, Italy, and Bulgaria. *Energies*, 13(4), p.900. doi:<https://doi.org/10.3390/en13040900>.

Pederson, C.E. (2007). *Thomas Edison*. [online] *Google Books*. ABDO. Available at: https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=HGnmX5WR2BAC&oi=fnd&pg=PA6&dq=The+history+of+power+generation+thomas+edison&ots=btJyCPI9UI&sig=F3Jz7H7LcnKCX_fYgZQ62j6bYXc&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.

Pedro Mejía Gómez (2016). Benefits of Market Coupling in Terms of Social Welfare. *Elsevier eBooks*, pp.185–198. doi:<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804436-0.00010-2>.

Pellini, E. (2012). Measuring the impact of market coupling on the Italian electricity market. *Energy Policy*, 48, pp.322–333. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.05.029>.

Philipsen, R., Morales-España, G., de Weerd, M. and de Vries, L. (2019). Trading power instead of energy in day-ahead electricity markets. *Applied Energy*, 233-234, pp.802–815. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.205>.

Pollitt, M.G. (2009). Electricity Liberalisation in the European Union: A Progress Report. doi:<https://doi.org/10.17863/cam.5277>.

Pradhan, A.K., Rout, S. and Khan, I.A. (2021). Does market concentration affect wholesale electricity prices? An analysis of the Indian electricity sector in the COVID-

19 pandemic context. *Utilities Policy*, 73, p.101305.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jup.2021.101305>.

References Kolkman, S., Ostmeier, L., and Weber, C. (2022, June 6). Modeling Multivariate Intraday Forecast Update Processes for Wind Power. Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4132502>

Schönheit, D. (2021). Short- and mid-term uncertainties affecting the trade and transmission of electricity with a focus on flow-based market coupling. [online] doi:<https://doi.org/10.25368/2021.5>.

Schreurs, M. (2004). Environmental Protection in an Expanding European Community: Lessons from Past Accessions. *Environmental Politics*, 13(1), pp.27–51. doi:<https://doi.org/10.1080/09644010410001685128>.

Shah, D. and Chatterjee, S. (2020). A comprehensive review on day-ahead electricity market and important features of world's major electric power exchanges. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 30(7). doi:<https://doi.org/10.1002/2050-7038.12360>.

Sioshansi, F. and Pfaffenberger, W. (2006). *Electricity Market Reform: An International Perspective*. [online] *Google Books*. Elsevier. Available at: https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=vzqljpT_kWwC&oi=fnd&pg=PA265&dq=The+advancement+of+the+European+energy+market&ots=BJfAKIBb5G&sig=dDYTUvFdASDe9tqk7zKwdkHlBxg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.

Streimikiene, D. (2020). RANKING OF BALTIC STATES ON PROGRESS TOWARDS THE MAIN ENERGY SECURITY GOALS OF EUROPEAN ENERGY UNION STRATEGY. *Journal of International Studies*, [online] 13(4), pp.24–37. Available at: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=978564>.

Tsagkari, M. (2021). How Greece undermined the idea of renewable energy communities: An overview of the relevant legislation. *Law Env't & Dev. J.*, 17, 85.

Turton, H. and Barreto, L. (2006). Long-term security of energy supply and climate change. *Energy Policy*, 34(15), pp.2232–2250. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.03.016>.

Umbach, F. (2010). Global energy security and the implications for the EU. *Energy Policy*, [online] 38(3), pp.1229–1240. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.01.010>.

van der Veen, R.A.C. and Hakvoort, R.A. (2016). The electricity balancing market: Exploring the design challenge. *Utilities Policy*, 43, pp.186–194. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.10.008>.

Vandezande, L., Meeus, L., Belmans, R., Saguan, M. and Glachant, J.-M. (2010). Well-functioning balancing markets: A prerequisite for wind power integration. *Energy Policy*, 38(7), pp.3146–3154. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.034>.

Wozabal, D. and Rameseder, G. (2020). Optimal bidding of a virtual power plant on the Spanish day-ahead and intraday market for electricity. *European Journal of Operational Research*, 280(2), pp.639–655. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.07.022>.

Wyrwoll, L., Kollenda, K., Müller, C. and Schnettler, A. (2018). *Impact of Flow-Based Market Coupling Parameters on European Electricity Markets*. [online] IEEE Xplore. doi:<https://doi.org/10.1109/UPEC.2018.8541904>.

Αναγνωστοπούλου, Β. (2023). *Η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε στην Ελλάδα - Ρυθμιστικό πλαίσιο - Ανταγωνισμός και επενδύσεις - ProQuest*. [online] www.proquest.com. Available at: <https://www.proquest.com/openview/73df13b3587cf31fec68da9b38818db8/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>.

Νάστου, Σ. (2020). *Η προσαρμογή της Ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκαιο της Ε.Ε.* [online] Apothesis.eap.gr. Available at: <https://apothesis.eap.gr/archive/item/6175>.

Τσαλικίδης, X. (2022). Ανάλυση και αποτίμηση προμηθευτών της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. *dspace.lib.uom.gr*. [online] Available at: <https://dspace.lib.uom.gr/handle/2159/27895>.

Schmitt, A. and Zhou, H. (2022). *EU Energy Outlook to 2060: how will power prices and revenues develop for wind, solar, gas, hydrogen + more*. [online] Energy Post. Available at: <https://energypost.eu/eu-energy-outlook-to-2060-how-will-power-prices-and-revenues-develop-for-wind-solar-gas-hydrogen-more/>.

ACER. (2023). Retrieved from <https://www.acer.europa.eu/>

Algarvio, H., & Lopes, F. (2023). Contracting and Price-Based Demand Response in Multi-Agent Electricity Markets: A Study on Time-of-Use Tariffs. *Energies*, 645.

Committee, M. C. (2024). *SDAC Report on the Partial Decoupling Incident of July 24, 2024*.

Dagoumas, A. (2019). Impact of Bilateral Contracts on Wholesale Electricity Markets: In a Case Where a Market Participant Has Dominant Position. *Applied Sciences*, 382.

ENTSO-E. (2023). *Market Report 2023*.

Gabriel, S. A., Conejo, A. J., Fuller, J. D., Hobbs, B. F., & Ruiz, C. (2012). *Complementarity Modeling in Energy Markets*. Springer.

Honkapuro, S., Jaanto, J., & Annala, S. (2023). Honkapuro, Samuli; Jaanto, Jasmin; Annala, Salla. *Energies*, 3704.

Kirchen, D., & Strbac, G. (2004). *Fundamentals of Power System Economics*. Wiley.

Lam, H., Ilea, V., & Bovo, C. (n.d.). *Integrated European Intra-Day Electricity Market: Rules, Modeling and Analysis*.

Li, F., Yang, C., Li, Z., & Failler, P. (2021). Does Geopolitics Have an Impact on Energy Trade? Empirical Research on Emerging Countries. *MDPI*.

- Makrygiorgou, J. J. (2023). The Electricity Market in Greece: Current Status, Identified Challenges, and Arranged Reforms.
- Ochoa, C., & van Ackere, A. (n.d.). Winners and Losers of Market Coupling. *University of Lausanne, Faculty of Business and Economics (HEC Lausanne)* .
- Pfaffenberger, W. S. (2006). *Electricity Market Reform: An International perspective*. Retrieved from https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=vzqljpT_kWwC&oi=fnd&pg=PA265&dq=The+advancement+of+the+European+energy+market&ots=BJfAKIBb5G&sig=dDYTUvFdASDe9tqk7zKwdkHlBxg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.
- Philipsen, R., Morales-España, G., de Weerd, M., & de Vries, L. (2019). Trading power instead of energy in day-ahead electricity markets. *Applied Energy*, 802–815.
- Pollitt, M. (2009). Electricity Liberalisation in the European Union: A Progress Report. <https://doi.org/10.17863/cam.5277>.
- Regulators), A. (. (2023). *Cross-zonal capacities and the 70% margin available for cross-zonal electricity trade (MACZT)*.
- S.A., H. E. (2022). *Annual Report 2022*.
- Shah, D., & Chatterjee, S. (n.d.). A Comprehensive Review on Day-Ahead Electricity Market and Important Features of World's Major Electric Power Exchanges.
- Shah, D., & Chatterjee, S. (2020). A comprehensive review on day-ahead electricity market and important features of world's major electric power exchanges. *International Transactions on Electrical Energy Systems*.
- van der Veen, R., & Hakvoort, R. (2016). The electricity balancing market: Exploring the design challenge. 186–194.
- Vial, G. (2023). Power purchase agreements affected by unexpected circumstances: lessons from real litigation. *The Journal of World Energy Law & Business*, 267-279.

Zhao, X., Si Mohammed, K., Wang, Y., Stepien', P., & Mentel, G. (2023). Effect of Geopolitical Risk and Economic Uncertainty Indices on Renewable Energy. *Elsevier*.