



Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
"Οργάνωση και Διοίκηση για Μηχανικούς"

Διπλωματική Εργασία
**Ανάλυση Επενδύσεων στο Πλαίσιο της Σύγχρονης Αγοράς
Ηλεκτρικής Ενέργειας**

ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΝΑ (Α.Μ / 170)

Επιβλέπων Καθηγητής: κ. ΚΑΡΑΠΙΔΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

Ηράκλειο Κρήτης, Φεβρουάριος 2023

Copyright © Παπαδημητρίου Βασιλίνα, 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το πρόγραμμα δεν υποδηλώνει
απαραιτήτως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του
Τμήματος

Περίληψη

Στα απελευθερωμένα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να διασφαλίζουν τον μακροπρόθεσμο συντονισμό των επενδύσεων προκειμένου να εγγυηθούν την ασφάλεια του εφοδιασμού, τη βιωσιμότητα και την ανταγωνιστικότητα. Η αγορά αναφοράς μόνο για ενέργεια, βασίζεται στην ικανότητα των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας – όπου η ωριαία τιμή ευθυγραμμίζεται με το οριακό κόστος του συστήματος – να παρέχουν επαρκές σήμα τιμών για τους επενδυτές.

Ωστόσο, στην πράξη, έχουν τεθεί ερωτήματα σχετικά με την ικανότητά του να ενεργοποιεί επενδύσεις σε τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα (LCT), συμπεριλαμβανομένων ιδίως των Ανανεώσιμων Πηγών Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΠΕ-Ε), και την ικανότητά του να διασφαλίζει επάρκεια δυναμικότητας. Μετά από έναν χαρακτηρισμό αυτών των αποτυχιών της αγοράς, η παρούσα διατριβή πραγματεύεται τα δύο ερευνητικά θέματα μέσα σε ένα μεθοδολογικό πλαίσιο που βασίζεται σε ένα μοντέλο System Dynamics που αναπτύχθηκε για την προσομοίωση ιδιωτικών επενδυτικών αποφάσεων σε αγορές ενέργειας.

Δεύτερον, φαίνεται επίσης ότι η αγορά μόνο για ενέργεια με ανώτατο όριο τιμών περικλείει αναποτελεσματική διασφάλιση επάρκειας χωρητικότητας σε ένα πλαίσιο ώριμων αγορών με συμβατικά θερμικά εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής σε μεταβατικές διαδρομές που συνεπάγονται σταθερή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στις προσπάθειες ενεργειακής απόδοσης και στην εξωγενή ανάπτυξη των ΑΠΕ χάρη στην υποστήριξη μηχανισμών ελλείψει υψηλής και σταθερής τιμής άνθρακα.

Λέξεις κλειδιά: Αγορές ηλεκτρικής ενέργειας, Επενδύσεις, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Επάρκεια χωρητικότητας.

Abstract

In liberalised electricity systems, power markets are expected to ensure the long-term coordination of investments in order to guarantee security of supply, sustainability and competitiveness. In the reference energy-only market, it relies on the ability of power markets – where the hourly price is aligned with the marginal cost of the system – to provide an adequate price-signal for investors. However, in practice, questions have been raised about its ability to trigger investments in Low-Carbon Technologies (LCT) including in particular Renewable Energy Sources of Electricity (RES-E), and its ability to ensure capacity adequacy.

In practice, however, questions have been raised about its ability to operate investments in low carbon (LCT) technologies, including in particular Renewable Energy Sources (RES-E), and its ability to ensure capacity protection. After characterizing these market failures, this dissertation addresses the two research topics in a methodological framework based on a System Dynamics model developed to simulate private investment programs in energy markets.

Secondly, it also seems that the market for energy-only energy with a maximum price includes inefficient assurance of sufficient capacity in a mature market with conventional thermal power plants in transitional paths involving steady demand for electricity in energy efficiency and external development efforts. support mechanisms in the absence of a high and stable carbon price.

Keywords: Electricity markets, Investments, Renewable energy sources, Capacity adequacy.

Περιεχόμενα

Abstract	4
Εισαγωγή	7
Κεφάλαιο 1° : Σχεδιασμός ηλεκτρικής ενέργειας	8
1.1 Σύγχρονη Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας	8
1.2 Στόχοι της αγοράς	9
1.3 Εξέλιξη της αγοράς	9
1.4 Χαρακτηριστικά της αγοράς και οι ιδιότητες της ηλεκτρικής ενέργειας	10
Κεφάλαιο 2° : Μακροπρόθεσμα επενδυτικά κίνητρα στις απελευθερωμένες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας	12
2.1 Εντοπισμός και ανάλυση των ιδιοτεροτήτων των συστημάτων ισχύος	12
2.2 Ανελαστικότητα τιμής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας	12
2.3 Μεταβλητότητα ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας	12
2.4 Ιδιαιτερότητες της προσφοράς ηλεκτρικής ενέργειας	13
2.5 Λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με τεχνικά χαρακτηριστικά	13
2.6 Δομή κόστους των μονάδων παραγωγής ως προς τον καθορισμό του θεωρητικού βέλτιστου μείγματος τεχνολογίας	14
2.7 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	15
Κεφάλαιο 3° : Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)	17
3.1 Εισαγωγικά	17
3.2 Συμφωνίες για ΑΠΕ σε διεθνές επίπεδο	18
3.3 Πράσινη Ενέργεια	19
3.4 Νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα	19
Κεφάλαιο 4° : Οι δυνάμεις ανάσχεσης ή προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα	21
4.1 Μορφές Ανανεώσιμης Πηγής Ενέργειας	21
4.2 Ελληνική Ενεργειακή Κατάσταση	24
4.3 Συμβολή των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας	25
Κεφάλαιο 5° : Τα οφέλη και οι κίνδυνοι των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα	27
5.1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	27

5.2 Εμπόδια στην ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	28
5.3 Οι προκλήσεις για την Ελληνική Ενεργειακή Πολιτική.....	28
5.4 Η μελλοντική πορεία του Ελληνικού Ενεργειακού Συστήματος.....	29
Κεφάλαιο 6° : Covid-19 και Ενέργεια	31
6.1 Αλλαγές στη ζωή μας ο COVID-19.....	31
6.2 Υπάρχοντα εμπόδια στην επάρκεια παραγωγής.....	31
6.2.1 Πρόσφατες προκλήσεις	32
6.2.2 Η βέλτιστη λειτουργία των ενεργειακών αγορών και η αναγκαιότητα μηχανισμών αμοιβής δυναμικότητας.....	33
Κεφάλαιο 7° : Επιλογές σχεδίασης αγοράς και τρέχουσα κατάσταση του πραγματικού ενεργειακού πεδίου	35
7.1 Γενικοί τύποι μηχανισμών	35
7.2 Επίπτωση υψηλού μεριδίου διακοπτόμενων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	36
7.3 Κίνητρα για ευέλικτους πόρους	36
Κεφάλαιο 8ο : Η Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα	38
8.1 : Στατιστικά Στοιχεία για την Ευρώπη	38
8.2 Στατιστικά στοιχεία για την Ελλάδα	40
8.3 Στατιστική έρευνα: Η κατανάλωση ενέργειας και η στάση απέναντι στην αιολική ενέργεια των Ελλήνων καταναλωτών	41
8.4 Αποτελέσματα	41
Συμπεράσματα.....	49
Βιβλιογραφία.....	51

Εισαγωγή

Η βέλτιστη επένδυση σε συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζονται στην αγορά είναι ένα από τα πιο σημαντικά, πολύπλοκα και προκλητικά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν επί του παρόντος στη σφαίρα της έρευνας της ενεργειακής οικονομίας, καθώς και όσον αφορά τη λειτουργική εφαρμογή στον βέλτιστο σχεδιασμό και ρύθμιση της αγοράς επενδύσεων. Είναι πολύπλοκο και προκλητικό λόγω των ειδικών ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών της ηλεκτρικής ενέργειας σε όρους επενδυτικής αγοράς και είναι σημαντικό καθώς υπάρχει μεγάλη ανάγκη για επενδύσεις νέας δυναμικότητας στον κλάδο της ηλεκτρικής ενέργειας όπου απαιτεί βέλτιστες επενδυτικές λύσεις όσον αφορά την ποσότητα, την ποιότητα, χρονοδιάγραμμα και τοποθεσία συγκεκριμένων επενδύσεων.

Τα τελευταία χρόνια έχει συσσωρευτεί πληθώρα γνώσεων σχετικά με την εμπειρία διαφόρων χωρών και περιοχών με τη μεταρρύθμιση του τομέα ηλεκτρικής ενέργειας και την απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας.

Ωστόσο, τα στοιχεία, π.χ. όσον αφορά τα κέρδη οικονομικής απόδοσης από τη μεταρρύθμιση της αγοράς¹, πηγάζουν σε μεγάλο βαθμό από τις επιπτώσεις της απελευθέρωσης και της απορρύθμισης στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας δεδομένης της δυναμικότητας, ενώ η εμπειρία μας από επενδύσεις βάσει της αγοράς για τη βέλτιστη διαστασιολόγηση της χωρητικότητας ενός δεδομένου συστήματος είναι πολύ μεγαλύτερη. Αυτό οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι γενικά υπήρχε σημαντική πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας πριν από τη μεταρρύθμιση της αγοράς, και επομένως η μεταρρύθμιση θα μπορούσε να προχωρήσει χωρίς η αγορά επενδύσεων να τεθεί σε πραγματική δοκιμασία βέλτιστων διαστάσεων δυναμικότητας μέχρι την υπέρβαση. Η χωρητικότητα απορροφήθηκε λίγο πολύ από την αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η έρευνα της βιβλιογραφίας στις επενδύσεις σε συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζονται στην αγορά ως υπόβαθρο για τον εντοπισμό και τη συζήτηση ορισμένων σημαντικών θεμάτων στον βέλτιστο σχεδιασμό και την λειτουργία τους.

Το επίκεντρο της μελέτης είναι η βέλτιστη επένδυση στα συστήματα αυτά που βασίζονται στην αγορά και όχι σε ενεργειακά συστήματα. Έτσι, θέματα που αφορούν για παράδειγμα τις επενδυτικές ευκαιρίες και το σχεδιασμό της επενδυτικής αγοράς που απορρέουν και δεν καλύπτεται η διαφοροποίηση στον κλάδο της ενέργειας, δηλαδή από την ηλεκτρική ενέργεια σε άλλους τομείς του ενεργειακού δικτύου όπως το φυσικό αέριο, η τηλεθέρμανση, η διανομή προϊόντων πετρελαίου κ.λπ., αλλά επίσης σε άλλους τομείς δικτύων όπως οι τηλεπικοινωνίες και τα συστήματα ύδρευσης.

¹ Αξιοσημείωτα παραδείγματα συλλογών τέτοιων μελετών είναι οι περιεκτικοί τόμοι που επιμελήθηκαν οι Sioshansi και Pfaffenberger (2006) και Sioshansi (2008), οι μελέτες των πέντε αναπτυσσόμενων χωρών που επιμελήθηκαν οι Victor και Heller (2007), the Special Issues of The Energy Journal (2005) and (2008), και ένα τεύχος του περιοδικού Economic and Political Weekly (2005), αφιερωμένο στην παγκόσμια εμπειρία με τις μεταρρυθμίσεις στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

Κεφάλαιο 1° : Σχεδιασμός ηλεκτρικής ενέργειας

1.1 Σύγχρονη Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας

Οι σημερινές αναδιαρθρωμένες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν απόδειξη της σημασίας και της δύναμης του αποτελεσματικού σχεδιασμού της αγοράς. Τα τελευταία 25 χρόνια, οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας έχουν εξελιχθεί για να αντιμετωπίσουν πολύπλοκες οικονομικές και μηχανολογικές προκλήσεις. Παρά τα προβλήματα στην πορεία, οι αγορές πέτυχαν σε μεγάλο βαθμό τον στόχο της παροχής αξιόπιστης ηλεκτρικής ενέργειας με ελάχιστο κόστος για τους καταναλωτές. Το συγκεκριμένο εγχείρημα είναι εξαιρετικά δύσκολο, καθώς κάθε δευτερόλεπτο, η προσφορά και η ζήτηση πρέπει να βρίσκονται σε ισορροπία. Η αγορά πρέπει να πραγματοποιείται στις σωστές τιμές, για να παρακινείται η αποδοτική παραγωγή και η επένδυση σε πόρους με την πάροδο του χρόνου.

Η πολυπλοκότητα του οικονομικού προβλήματος που πρέπει να λύσει η αγορά καθιστά αναγκαστικά πολύπλοκο τον σχεδιασμό της. Δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας διαφέρουν ως προς τον σχεδιασμό τους σε διαφορετικές περιοχές. Ορισμένες διαφορές αντικατοπτρίζουν βασικές διακυμάνσεις στο περιβάλλον της αγοράς, ή προκύπτουν για λόγους που εξαρτώνται από τη διαδρομή. Το Wilson's (2002) Presidential Address to the Econometric Society μελετά δύο εναλλακτικούς σχεδιασμούς: (i) μια ολοκληρωμένη αγορά στην οποία ο διαχειριστής του συστήματος βελτιστοποιεί κεντρικά τον προγραμματισμό και την αποστολή των πόρων και (ii) μια αγορά που βασίζεται σε ανταλλαγές.

Οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας είναι προσχεδιασμένα πεδία και δεν προέκυψαν χωρίς οργάνωση. Αντιθέτως, σχεδιάστηκαν σε μια κανονιστική διαδικασία, εν μέρει επειδή ο ηλεκτρισμός θεωρείται βασική υπηρεσία, αλλά και λόγω των τεχνικών του ιδιοτήτων. Η ηλεκτρική ενέργεια ξεκίνησε ως μονοπωλιακή εταιρεία κοινής ωφέλειας και στη συνέχεια μετατοπίστηκε σε μια ενιαία μονάδα παραγωγής ενέργειας στην οποία οι μονοπωλιακές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας μπορούσαν να ενταχθούν. Το τελευταίο βήμα προς τις αγορές ήρθε με την εισαγωγή των αγορών spot που καθορίζουν τις ποσότητες που παράγονται και καταναλώνονται καθώς και τις τιμές που πληρώνονται για την ενέργεια και τις σχετικές υπηρεσίες σε κάθε στιγμή και τοποθεσία.

Ο ορθός σχεδιασμός της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας ήταν εξαιρετικά σημαντικός. Τα λάθη σχεδιασμού μπορεί να κοστίζουν στους καταναλωτές δεκάδες δισεκατομμύρια δολάρια, όπως διαπιστώθηκε κατά την κρίση ηλεκτρικής ενέργειας στην Καλιφόρνια του 2000-1 (Borenstein, 2002). Ευτυχώς, λόγω της χρηστής διακυβέρνησης και της τεχνολογικής προόδου, τα σχέδια της αγοράς έχουν βελτιωθεί με την πάροδο του χρόνου. Τα ελαττώματα εντοπίστηκαν και αντιμετωπίστηκαν σε μεγάλο βαθμό.

Ακόμα, ο σχεδιασμός της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας απέχει πολύ από το να είναι στατικός. Νέες προκλήσεις αναδύονται με τον συνεχιζόμενο μετασχηματισμό της βιομηχανίας ηλεκτρικής ενέργειας. Οι δυνάμεις που οδηγούν στην αλλαγή είναι η επέκταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η ανταπόκριση στη ζήτηση, η καταναεμημένη παραγωγή, τα έξυπνα σπίτια και οι μπαταρίες αποθήκευσης ενέργειας.

Η ηλεκτρική ενέργεια βρίσκεται στο επίκεντρο των συζητήσεων για την κλιματική αλλαγή. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Οι προσπάθειες για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής θα μετατοπίσουν την παραγωγή από τα ορυκτά καύσιμα σε αιολικούς, ηλιακούς, πυρηνικούς και άλλους πόρους που δεν βλάπτουν το περιβάλλον. Ο σχεδιασμός της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να είναι σε θέση να χειριστεί

αυτόν τον μετασχηματισμό. Το έργο κρίνεται εξαιρετικά αναγκαίο, καθώς οι κύριοι ανανεώσιμοι πόροι, η αιολική και η ηλιακή ενέργεια, είναι ανανεώσιμες πηγές εφοδιασμού με μηδενικό οριακό κόστος παραγωγής και χωρίς αδράνεια.

1.2 Στόχοι της αγοράς

Οι ρυθμιστικές αρχές αναζητούν ένα σχέδιο αγοράς που να παρέχει αξιόπιστη ηλεκτρική ενέργεια με ελάχιστο κόστος στους καταναλωτές. Αυτό μπορεί να αναλυθεί σε δύο βασικούς στόχους.

Ο πρώτος στόχος είναι η βραχυπρόθεσμη αποτελεσματικότητα δηλαδή η βέλτιστη χρήση των υπαρχόντων πόρων. Αν και περίπλοκος λόγω του αριθμού των πόρων, της οικονομίας και των περιορισμών στο σύστημα, αυτός ο στόχος επιτυγχάνεται μέσω της άμεσης βελτιστοποίησης.

Μέχρι σήμερα, οι προσπάθειες για τον μετριασμό της ισχύος στην αγορά είναι ατελείς. Οι εξωτερικές επιπτώσεις των εκπομπών τιμολογούνται ακατάλληλα, ενώ επιβάλλονται μυριάδες επιβαρύνσεις και κανονισμοί διοίκησης και ελέγχου.

Η διαφανής και άμεση βελτιστοποίηση των πόρων βοηθά στον εντοπισμό στρεβλώσεων, όπως η ισχύς στην αγορά, ώστε να αντιμετωπιστούν. Εάν οι εκπομπές άνθρακα είναι υποτιμημένες, τότε η λύση είναι να τιμολογηθούν σωστά, αντί να τροποποιηθεί ο σχεδιασμός της αγοράς ώστε να τεθεί σε μειονεκτική θέση η παραγωγή άνθρακα με κάποιον αδιαφανή τρόπο.

Ο δεύτερος στόχος είναι η μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητα δηλαδή η διασφάλιση ότι η αγορά παρέχει τα κατάλληλα κίνητρα για αποτελεσματικές μακροπρόθεσμες επενδύσεις. Αυτός έχει αποδειχθεί ότι είναι ο πιο απαιτητικός στόχος. Στην απλούστερη θεωρία, η αποτελεσματική μακροπρόθεσμη επένδυση προκύπτει από τις σωστές τιμές. Αλλά αυτό περιπλέκεται από την απαίτηση αξιοπιστίας.

Η μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητα παραμένει ο πιο απαιτητικός και σημαντικός από τους στόχους της αγοράς. Η ώθηση για αναδιάρθρωση των αγορών προέκυψε από λανθασμένες επενδυτικές αποφάσεις βάσει της ρύθμισης του ποσοστού απόδοσης. Οι αναδιρθρωμένες αγορές παρέχουν ισχυρά κίνητρα για υγιείς επενδύσεις, δεδομένου ότι ο επενδυτής είναι αυτός που φέρει τις οικονομικές συνέπειες των αποφάσεων και όχι ο πληρωτής των επιτοκίων. Σε ανταγωνιστικές αγορές, οι καταναλωτές επωφελούνται τελικά από αυτές τις καλύτερες επενδυτικές αποφάσεις.

Υπάρχουν και άλλοι στόχοι της αγοράς, όπως η απλότητα, η διαφάνεια και η δικαιοσύνη. Οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας είναι αναγκαστικά περίπλοκες. Ακόμα οι σχεδιαστές θα πρέπει να προσπαθήσουν να διατηρήσουν το σχέδιο όσο το δυνατόν πιο απλό. Τα περίπλοκα χαρακτηριστικά θα πρέπει να προστίθενται μόνο εάν είναι απαραίτητα και συνάδουν με τις αρχές της αγοράς.

Οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας έχουν υψηλό βαθμό διαφάνειας. Οι κανόνες της αγοράς, η ανάπτυξη και η αναθεώρησή τους είναι δημόσια διαθέσιμα. Τα δεδομένα της αγοράς είναι διαθέσιμα σε πραγματικό χρόνο και επανεξετάζονται περιοδικά (μηνιαία, τριμηνιαία και ετήσια). Η διαδικασία σχεδιασμού έχει επίσης υψηλό επίπεδο διαφάνειας. Η διαφάνεια βοηθά στον εντοπισμό και την αντιμετώπιση προβλημάτων.

1.3 Εξέλιξη της αγοράς

Η ηλεκτρική ενέργεια ξεκίνησε ως μονοπωλιακή εταιρεία κοινής ωφέλειας. Κάθε περιοχή είχε τη δική της μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με μετάδοση σε γραμμές υψηλής τάσης και, τέλος, διανομή σε γραμμές χαμηλής τάσης σε σπίτια και επιχειρήσεις. Σύμφωνα με τη

ρύθμιση του ποσοστού απόδοσης, η εταιρεία κοινής ωφέλειας συνιστούσε επενδύσεις στις ρυθμιστικές αρχές και, κατόπιν έγκρισης, το κόστος συμπεριλαμβανόταν στη βάση των επιτοκίων.

Το πρώτο βήμα προς τις αγορές ήταν η δημιουργία ενός ενεργειακού δικτύου, όπου πολλές γειτονικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας συνδέονται μέσω του δικτύου μεταφοράς, επιτρέποντας το εμπόριο ενέργειας μεταξύ περιοχών. Το εμπόριο έχει οφέλη τόσο κόστους όσο και αξιοπιστίας. Πρώτον, η άντληση από έναν μεγαλύτερο στόλο γεννητριών σημαίνει ότι η απαιτούμενη ενέργεια μπορεί να παρασχεθεί με χαμηλότερο κόστος, καθώς οι πόροι χαμηλού κόστους χρησιμοποιούνται περισσότερο και οι πόροι υψηλού κόστους χρησιμοποιούνται λιγότερο. Δεύτερον, η πρόσβαση στη χωρητικότητα άλλων περιοχών διευκολύνει μια περιφέρεια να παρέχει ενέργεια όταν ένας πόρος αποτυγχάνει ή αυξάνεται η ζήτηση. Έτσι, το σύστημα γίνεται πιο αξιόπιστο και χρειάζονται λιγότερα αποθέματα. Ωστόσο, στις πρώτες δεξαμενές παραγωγής ενέργειας, τα κέρδη από αυτή τη διασύνδεση ήταν περιορισμένα λόγω της απουσίας μιας ισχυρής αγοράς.

Το τελευταίο βήμα προς τις αγορές είναι η δημιουργία μιας αγοράς χονδρικής. Η χονδρική αγορά επιτρέπει το εμπόριο και την τιμολόγηση της ενέργειας σε πραγματικό χρόνο.

1.4 Χαρακτηριστικά της αγοράς και οι ιδιότητες της ηλεκτρικής ενέργειας

Μερικά από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

- Η ηλεκτρική ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί (εκτός από την αποθήκευση νερού σε υδροηλεκτρικά συστήματα) και είναι ένα ομοιογενές προϊόν σε όρους αγοράς. Ωστόσο, τεχνικά η ηλεκτρική ενέργεια είναι ένα πολυδιάστατο προϊόν (ενέργεια (kWh), χωρητικότητα (kW), τάση, συχνότητα, άεργος ισχύς, αξιοπιστία κ.λπ.), με επιπτώσεις στις επενδυτικές αποφάσεις σε σχέση με τους δηλωμένους στόχους για το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η προσφορά και η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να εξισορροπούνται στιγμιαία από έναν διαχειριστή συστήματος για να αποφευχθούν βλάβες του συστήματος ή καταστροφές παράδοσης.
- Η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια είναι πολύ ανελαστική βραχυπρόθεσμα. Η ανταπόκριση στη ζήτηση των καταναλωτών είναι περιορισμένη και εμφανίζεται γενικά με χρονική υστέρηση, επειδή υπάρχουν περιορισμένα περιθώρια τιμολόγησης σε πραγματικό χρόνο, ιδιαίτερα για μικρούς καταναλωτές, τουλάχιστον με την τρέχουσα τελευταία λέξη της τεχνολογίας και τον λειτουργικό σχεδιασμό σε πραγματικό χρόνο τιμολόγησης.
- Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας είναι επίσης μάλλον ανελαστική βραχυπρόθεσμα, ιδιαίτερα όταν προσεγγίζει τους περιορισμούς της παραγωγικής ικανότητας. Η μακροπρόθεσμη ελαστικότητα τιμής είναι επίσης συνήθως χαμηλή.
- Η παραγωγή, η μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας και οι επενδύσεις σε επεκτάσεις δυναμικότητας είναι συνήθως ανώμαλες, μη αναστρέψιμες και μακράς διάρκειας. Γενικά, υπάρχει μια αρκετά μεγάλη περίοδος κύησης για νέες επενδύσεις, με επιπτώσεις, π.χ. όσον αφορά την αμφισβητούμενη είσοδο στην αγορά.
- Η τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από διαφορετικές μορφές ενέργειας (υδροηλεκτρική, πυρηνική, άνθρακα, πετρέλαιο κ.λπ.) έχει διαφορετικές δομές κόστους και χαρακτηριστικά. Έτσι, η βέλτιστη σύνθεση του συστήματος παραγωγής σε σχέση με τη ζήτηση αποτελεί σημαντικό επενδυτικό κριτήριο.

- Το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι θεμελιώδους σημασίας ως μέσο ή διευκόλυνσης για αποκεντρωμένες, βασισμένες στην αγορά συναλλαγές και την αποτελεσματική λειτουργία των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας.

Επομένως, οι μηχανισμοί που καθορίζουν τη βέλτιστη επένδυση στο δίκτυο μεταφοράς πρέπει να αποσαφηνιστούν και να κατανοηθούν. Πριν από τις πρώτες μεταρρυθμίσεις στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας στα τέλη της δεκαετίας του 1980, πολλοί παρατηρητές, ιδιαίτερα από την πλευρά της μηχανικής, προειδοποίησαν έντονα για κάθε προσπάθεια απελευθέρωσης της αγοράς του τομέα ηλεκτρικής ενέργειας, μόνο και μόνο λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων της ηλεκτρικής ενέργειας σε όρους αγοράς. Παρόλο που εξακολουθούν να υπάρχουν ορισμένοι θεμελιώδεις επικριτές και σκεπτικιστές, η γενική στάση τώρα, σε όλους τους κλάδους, είναι ότι αυτές οι ιδιότητες πρέπει να κατανοηθούν διεξοδικά και να ληφθούν δεόντως υπόψη στον βέλτιστο σχεδιασμό των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας τόσο βραχυπρόθεσμων όσο και μακροπρόθεσμων.

Κεφάλαιο 2° : Μακροπρόθεσμα επενδυτικά κίνητρα στις απελευθερωμένες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας

2.1 Εντοπισμός και ανάλυση των ιδιαιτεροτήτων των συστημάτων ισχύος

Η ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι ένα κοινό εμπόρευμα, καθώς οι φυσικές ισορροπίες μπορεί να διαφέρουν από τις οικονομικές ισορροπίες. Στην πράξη, οι οικονομικές ισορροπίες προσφοράς-ζήτησης προέρχονται από ωριαίες (ή ημιοριαίες) αγορές. Οι φυσικές ισορροπίες διαχειρίζονται ανεξάρτητα από τον διαχειριστή του συστήματος. Σε αντίθεση με τις περισσότερες βιομηχανίες μονοπροϊόντων με μια κυρίαρχη βιομηχανική διαδικασία, ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας χαρακτηρίζεται από ένα μείγμα διαφορετικών τεχνολογιών σε σχέση με τις ιδιαιτερότητες των λειτουργιών ζήτησης και προσφοράς.

2.2 Ανελαστικότητα τιμής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας

Η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας μοιάζει περισσότερο με μια υπηρεσία ή ένα ενδιάμεσο αγαθό παρά με ένα τελικό προϊόν. Υπάρχει διάκριση μεταξύ βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων ελαστικοτήτων τιμής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Σε μεγάλες χρονικές περιόδους, οι άνθρωποι μπορούν να προσαρμόσουν την πηγή ενέργειάς τους σε αυτήν που φαίνεται να είναι η φθηνότερη. Εν τω μεταξύ, είναι αδύνατο για τους καταναλωτές να αλλάξουν τις διαδικασίες και τις συσκευές σε σύντομες χρονικές περιόδους, αλλά είναι δυνατό σε ορισμένες περιπτώσεις να διαμορφώσουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Στην οικονομική βιβλιογραφία, αρκετές μελέτες στοχεύουν στην εκτίμηση της ελαστικότητας της ηλεκτρικής ενέργειας ως προς την τιμή.

2.3 Μεταβλητότητα ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε μια δεδομένη περιοχή ποικίλλει σημαντικά από έτος σε έτος, από μήνα σε μήνα και από ώρα σε ώρα. Αυτές οι διακυμάνσεις γενικά δεν εξηγούνται από τις διακυμάνσεις των ωριαίων τιμών ηλεκτρικής ενέργειας. Πράγματι, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ ευαίσθητη σε τουλάχιστον τρεις παράγοντες: (i) τις καιρικές συνθήκες² που μπορούν να οδηγήσουν σε ορισμένες ηλεκτρικές χρήσεις όπως συσκευές φωτισμού, ψύξης και θέρμανσης, (ii) την οικονομική δραστηριότητα που μπορεί να επηρεάσει τον

² Για παράδειγμα, στη Γαλλία, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται κατά περίπου 2.400 MW όταν η θερμοκρασία μειώνεται κατά ένα βαθμό Κελσίου κατά τη χειμερινή περίοδο (RTE, 2015). Η Γαλλία ευθύνεται για το ήμισυ περίπου της ευρωπαϊκής διαβάθμισης κατανάλωσης-θερμοκρασίας της Ευρώπης το χειμώνα. Αυτή η υψηλή μεταβλητότητα της γαλλικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας εξηγείται εν μέρει από την υψηλή χρήση της ηλεκτρικής θέρμανσης. Μεταξύ 2005 και 2009, περισσότερο από το 60% των νέων κατοικιών εξοπλίστηκε με ηλεκτρική θέρμανση. Το 2014, περίπου το 30% των νέων κατοικιών εξακολουθεί να είναι εξοπλισμένο με ηλεκτρική θέρμανση, μεταξύ των οποίων τα δύο τρίτα αντιστοιχούν σε αντλίες θερμότητας.

όγκο της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, και (iii) την ημέρα της εβδομάδας, την εποχή και την ώρα της ημέρας που μπορεί να οδηγήσει το επίπεδο κατανάλωσης ανάλογα με τις δραστηριότητες των καταναλωτών εκείνη την ώρα και επομένως μπορεί να επηρεάσει τη μορφή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Έτσι, η ανάλυση ενός δεδομένου συστήματος ισχύος πρέπει να αντιπροσωπεύει καλά τις διακυμάνσεις της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, μπορεί να είναι απαραίτητα τα ωριαία δεδομένα και ένας αντιπροσωπευτικός αριθμός καιρικών σεναρίων.

2.4 Ιδιαιτερότητες της προσφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Προκειμένου να εξυπηρετηθεί η ζήτηση, η πλευρά της προσφοράς των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας παρέχεται από μονάδες ηλεκτροπαραγωγής –είτε μεγάλες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής είτε μικρότερες αποκεντρωμένες. Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παραχθεί από διάφορες τεχνολογίες από τους συμβατικούς θερμοηλεκτρικούς σταθμούς έως τις αποκεντρωμένες Ανανεώσιμες Πηγές Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΠΕ-Ε). Κάθε τεχνολογία παραγωγής θερμότητας χαρακτηρίζεται από τουλάχιστον δύο διαστάσεις: (i) το κόστος της μεταξύ των οποίων το κοινωνικό κόστος όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και (ii) τους συγκεκριμένους λειτουργικούς περιορισμούς της (χρόνος εκκίνησης, ελάχιστος χρόνος λειτουργίας, ελάχιστος χρόνος διακοπής λειτουργίας και κλίσεις).

Συνεπώς, οι μονάδες αιχμής έχουν υψηλό μεταβλητό κόστος, χαμηλό πάγιο κόστος και γρήγορους χρόνους εκκίνησης και διακοπής λειτουργίας. Οι μονάδες βασικού φορτίου έχουν χαμηλό μεταβλητό κόστος, υψηλό σταθερό κόστος και γενικά μεγάλους χρόνους εκκίνησης και διακοπής λειτουργίας. Εφόσον οι διαθέσιμες εγκαταστάσεις αποθήκευσης είναι περιορισμένες, καθεμία από αυτές τις τεχνολογίες παραγωγής χρησιμοποιείται όταν είναι η πλέον κατάλληλη από άποψη οικονομικής συνάφειας και τεχνικής σκοπιμότητας. Από την πλευρά τους, οι ΑΠΕ παράγουν ηλεκτρική ενέργεια όταν οι πρωτογενείς πηγές τους (π.χ. άνεμος, ήλιος, κύματα) είναι διαθέσιμες ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες. Επιπλέον, αυτός ο τελευταίος τύπος τεχνολογιών είναι γενικά μικρότερου μεγέθους ισχύος και μπορούν να αποκεντρωθούν και να συνδεθούν στο δίκτυο χαμηλής τάσης.

2.5 Λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με τεχνικά χαρακτηριστικά

Θα πρέπει να γίνει μια πρώτη διάκριση μεταξύ σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με δυνατότητα αποστολής και μη. Ένας πρακτικός ορισμός του αποσπασίμου χαρακτήρα των μονάδων ισχύος δίνεται από τον Joskow (2011): οι αποσπώμενες μονάδες «μπορούν να ενεργοποιηθούν και να απενεργοποιηθούν με βάση κυρίως την οικονομική τους ελκυστικότητα ανά πάσα στιγμή, τόσο για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας όσο και για την παροχή υπηρεσιών αξιοπιστίας δικτύου».

Ως αναγκαστικές διακοπές ορίζονται η τεχνική αδυναμία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λόγω απρόβλεπτων τεχνολογικών αστοχιών. Συνήθως, οι εργασίες τεχνικής συντήρησης σχεδιάζονται από τον χειριστή του εργοστασίου σε περιόδους κατά τις οποίες η μονάδα ισχύος δεν αναμένεται να παράξει ηλεκτρική ενέργεια, έτσι ώστε τα ενεργειακά έσοδα να μεγιστοποιούνται και να μην διαταραχθεί η λειτουργία του συστήματος. Κάθε τεχνολογία παραγωγής χαρακτηρίζεται από τη δομή κόστους της και ειδικότερα από την αναλογία μεταξύ σταθερού κόστους και μεταβλητού κόστους.

2.6 Δομή κόστους των μονάδων παραγωγής ως προς τον καθορισμό του θεωρητικού βέλτιστου μείγματος τεχνολογίας

Κάθε τεχνολογία παραγωγής χαρακτηρίζεται από τη δομή του κόστους της και ειδικότερα από την αναλογία μεταξύ σταθερού κόστους και μεταβλητού κόστους. Το διαφορετικό κόστος των τεχνολογιών παραγωγής και η ορολογία που χρησιμοποιείται περιγράφονται με ακρίβεια στο παράρτημα που συνοψίζει τις υποθέσεις σχετικά με τα χαρακτηριστικά των τεχνολογιών για τέσσερις τυπικές συμβατικές τεχνολογίες και μία τεχνολογία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: πυρηνικοί σταθμοί (Πυρηνικοί), αεριοστρόβιλοι συνδυασμένου κύκλου (CCGT), άνθρακας-εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής με καύση (άνθρακας), τουρμπίνες καύσης με καύση πετρελαίου (CT) και ανεμογεννήτριες (WT).

Όταν οι χωρητικότητες αποθήκευσης είναι περιορισμένες και δεδομένου ότι υπάρχουν πολλές τεχνολογίες παραγωγής με διαφορετικές δομές κόστους (και διαφορετικά λειτουργικά χαρακτηριστικά), δεν θα ήταν οικονομικά βέλτιστο να παράγεται όλη η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια με μία μόνο τεχνολογία. Στην πραγματικότητα, η εξυπηρέτηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας με χαμηλό κόστος μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσω ενός συνδυασμού πολλών τεχνολογιών παραγωγής.

Εννοιολογικά, το βέλτιστο μείγμα παραγωγής μπορεί να οριστεί με βάση :

(i) τις δομές κόστους των διαφορετικών τεχνολογιών και

(ii) τη μονότονη καμπύλη διάρκειας φορτίου³ που είναι μια κοινή απλοποιημένη προσέγγιση για την ανάλυση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Στην πράξη, το μείγμα παραγωγής θα πρέπει επίσης να επιτρέπει την παραγωγή επαρκούς όγκου ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε περίοδο, ενώ θα συμμορφώνεται με τους επιχειρησιακούς περιορισμούς.

Η μέθοδος των καμπυλών διαλογής είναι μια κλασική και κοινή προσέγγιση για τον καθορισμό του βέλτιστου μείγματος παραγωγής για μια δεδομένη καμπύλη διάρκειας φορτίου κάτω από απλουστεύσεις στη λειτουργία των μονάδων ισχύος (Stoft, 2002, Green, 2006). Αυτή η μέθοδος σχετίζεται με την τιμολόγηση οριακού κόστους που εισήγαγε ο Boiteux (1949). Όπως σημειώθηκε στο Stoft (2002), αυτή η θεωρία αναπτύχθηκε στο πλαίσιο των ρυθμιζόμενων συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά εξακολουθεί να είναι σημαντική για τη λήψη πληροφοριών σχετικά με τις ανταγωνιστικές αγορές.

Η προσέγγιση των καμπυλών διαλογής προτείνει μια γραφική απεικόνιση του προβλήματος του καθορισμού ενός βέλτιστου μείγματος παραγωγής. Για να γίνει αυτό, αυτή η προσέγγιση χρειάζεται υποθέσεις σχετικά με το κόστος των τεχνολογιών παραγωγής και την καμπύλη διάρκειας φορτίου που θα εξυπηρετηθεί. Η καμπύλη διάρκειας φορτίου θεωρείται ως χρονικά αμετάβλητη και μπορεί είτε να αντιστοιχεί στην πραγματική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είτε στην καθαρή ζήτηση που απευθύνεται στις συμβατικές μονάδες κατά την αφαίρεση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ, υδροηλεκτρικές ή αποθηκευτικές δυνατότητες.

³ Η καμπύλη διάρκειας μονότονου φορτίου αντιστοιχεί στην ωριαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ταξινομημένη με φθίνουσα σειρά εντός ενός έτους. Αυτή η απλοποιημένη αναπαράσταση δεν επιτρέπει την καλή κατανόηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας εντός ενός έτους γιατί δεν λαμβάνει υπόψη τη χρονική σχέση μεταξύ των ωρών. Ωστόσο, μια τέτοια αναπαράσταση είναι επαρκής για: (i) να ληφθεί μια εκτίμηση των περιόδων λειτουργίας για ένα υπάρχον μείγμα παραγωγής ή (ii) για ένα βέλτιστο μείγμα παραγωγής για μια δεδομένη καμπύλη διάρκειας φορτίου.

2.7 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας διαφέρουν επίσης ως προς τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις και ειδικότερα ως προς την αναλογία εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG). Γενικά, οι περισσότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις παραμένουν εξωτερικές επιπτώσεις που δεν μεταφράζονται σε κόστος για τους παραγωγούς. Ωστόσο, οι πολιτικές για το κλίμα και το περιβάλλον μπορεί να περιλαμβάνουν την εσωτερικευση του κόστους ορισμένων εξωτερικών παραγόντων και ιδίως των εκπομπών CO₂. Με λίγα λόγια, οι συμβατικοί θερμοηλεκτρικοί σταθμοί (σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα και πετρελαίου και σε μικρότερο βαθμό εγκαταστάσεις αερίου) προκαλούν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις⁴ ενώ η πυρηνική ενέργεια και οι τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα (LCT) συμπεριλαμβανομένων των ΑΠΕ είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον όσον αφορά Εκπομπές GHG⁵.

Λαμβάνοντας υπόψη το κοινωνικό κόστος των τεχνολογιών θα μπορούσε να αλλάξει το βέλτιστο μείγμα παραγωγής εάν εσωτερικευθεί με φορολογία (ή ισοδύναμο μηχανισμό) και έτσι θα μπορούσε να αλλάξει τη σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών τεχνολογιών (Roth and Ambs, 2004). Πιο συγκεκριμένα, η εσωτερικευση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μπορεί να έχει δύο σημαντικές συνέπειες. Πρώτον, όταν οι μεταβλητές ανανεώσιμες πηγές αντιπροσωπεύουν σημαντικό μερίδιο του μείγματος παραγωγής, η αφαίρεση της μεταβλητής παραγωγής από τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να αναδιαμορφώσει σημαντικά την καμπύλη διάρκειας φορτίου, επομένως μια αλλαγή στη βέλτιστη δυναμικότητα των συμβατικών τεχνολογιών. Δεύτερον, η προσθήκη κοινωνικού κόστους τείνει να αυξήσει το μεταβλητό κόστος παραγωγής των συμβατικών θερμικών τεχνολογιών αλλά σε διαφορετικούς βαθμούς. Ως συνέπεια αυτών των δύο μεγάλων επιπτώσεων, το βέλτιστο μείγμα παραγωγής είναι πιθανό να αλλάξει ως προς τη συνολική θερμική ικανότητα και το μερίδιο των διαφορετικών τεχνολογιών.

2.8. Απαίτηση-απόκριση και η ισορροπία της αγοράς

Ανάλογα με τη χώρα, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να φτάσει πολύ υψηλές τιμές σε λίγες ώρες αιχμής μέσα σε ένα χρόνο. Η διαχείριση αυτών των γεγονότων είναι δύσκολη, επειδή η ζήτηση μπορεί να είναι τόσο υψηλή που οι εγκατεστημένες δυναμικότητες δεν επαρκούν για την παραγωγή αρκετής ηλεκτρικής ενέργειας και δεν είναι δυνατή η προσαρμογή της χωρητικότητας στη ζήτηση σε πραγματικό χρόνο. Ομοίως, στο προηγούμενο μοντέλο χρησιμότητας, μπορεί επίσης να είναι πολύ δαπανηρή η εγκατάσταση συμβατικών μονάδων αιχμής για να διασφαλιστεί το αποθεματικό περιθώριο και να ακολουθηθεί γρήγορα η μεταβαλλόμενη καθαρή ζήτηση βραχυπρόθεσμα.

Κατά μείζονα λόγο, στις απελευθερωμένες αγορές, οι ιδιώτες επενδυτές θα διατρέχουν πολύ υψηλούς κινδύνους (κίνδυνοι τιμής και όγκου) για να επενδύσουν σε μονάδες αιχμής. Σε αυτό το πλαίσιο, μια εναλλακτική λύση για την κατασκευή περισσότερων μονάδων αιχμής έγκειται στη μείωση της πραγματικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας με τη λεγόμενη απόρριψη φορτίου ή μετατόπιση φορτίου. Αυτή η έννοια της διαχείρισης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για τη

⁴ Για περισσότερες λεπτομέρειες, οι Gagnon et al. (2002) συνθέτουν μελέτες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ιδίως τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, SO₂ και NO_x) και τη χρήση γης.

⁵ Σε κανονική λειτουργία, η πυρηνική ενέργεια είναι σχεδόν απαλλαγμένη από εκπομπές CO₂. Ωστόσο, τα πυρηνικά συμβάντα μπορούν προκαλούν πολύ σημαντικές περιβαλλοντικές ζημιές.

διευκόλυνση της λειτουργίας των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας αναφέρεται γενικά ως Διαχείριση από την πλευρά της ζήτησης και Απαίτηση-Απόκριση⁶.

Συνήθως, η απαίτηση – απόκριση εξαρτάται από βραχυπρόθεσμα σήματα, από τη μακροπρόθεσμη δράση και ωφελεί το ηλεκτρικό σύστημα όσον αφορά τη μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ. Στην πράξη, η απαίτηση – απόκριση μπορεί να επιτευχθεί μέσω εποχιακών τιμολογίων ή τιμολογίων χρόνου χρήσης αφενός, ή μέσω ειδικών συμβάσεων απαίτησης – απόκρισης μεταξύ του Διαχειριστή Συστήματος Μεταφοράς (ΔΣΜ) και βιομηχανικών καταναλωτών ή συμβάσεων απαίτησης – απόκρισης μεταξύ συγκεντρωτών και μικρών καταναλωτών αφαιτέρου. Επιπλέον, οι βιομηχανικοί καταναλωτές που συμμετέχουν άμεσα σε αγορές χονδρικής μπορούν επίσης να μειώσουν την κατανάλωσή τους βάσει σημάτων τιμών σε πραγματικό χρόνο, ακόμη και αν δεν υπάρχουν συγκεκριμένα συμβόλαια.

Το υψηλότερο δυναμικό βασίζεται στη βιομηχανική απαίτηση - απόκριση που αντιστοιχεί σε αλλαγές στην οργάνωση προκειμένου να προσαρμοστεί το χρονοδιάγραμμα παραγωγής στις τιμές χονδρικής ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Στην πράξη, η βιομηχανική ΑΑ απαιτεί γενικά μικρό πάγιο κόστος (κόστος για την προσαρμογή της λειτουργίας του κλάδου) αλλά υψηλό μεταβλητό κόστος που αντιστοιχεί :

- (i) στο κόστος ευκαιρίας της μετατόπισης ή της διακοπής της παραγωγής ή
- (ii) στο επιπλέον κόστος χρήσης μιας εναλλακτικής πηγής ενέργειας.

Ένα άλλο δυναμικό της απαίτησης – απόκρισης έγκειται στον εξορθολογισμό της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα νοικοκυριά ή στον τριτογενή τομέα. Για να γίνει αυτό, είναι απαραίτητες ηλεκτρονικές συσκευές για τον έξυπνο έλεγχο της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Επειδή κάθε τοποθεσία (νοικοκυριά ή μικρές επιχειρήσεις) έχει σχετικά μικρή κατανάλωση, απαιτείται υψηλό πάγιο κόστος για την ανάπτυξη των λεγόμενων «έξυπνων μετρητών» και των σχετικών συσκευών. Μόλις εγκατασταθεί η τεχνολογία, δεν υπάρχει σχεδόν κανένα μεταβλητό κόστος για τη χρήση των νοικοκυριών και των μικρών επιχειρήσεων. Σε ένα πλαίσιο με υψηλή διακύμανση του καθαρού φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας που επιδεινώνεται από την εισαγωγή της μεταβλητής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τις ΑΠΕ, η ανάπτυξη της συμμετοχής από την πλευρά της ζήτησης φαίνεται ιδιαίτερα σημαντική (Strbac, 2008, Cappers et al., 2010, Torriti et al., 2010).

⁶ Η Διαχείριση Συστήματος Μεταφοράς περιλαμβάνει μεγαλύτερες έννοιες από αυτές που περιλαμβάνονται στο DR. Σύμφωνα με τη Διεθνή Γλώσσα Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής, το DSM ορίζεται ως «διαδικασία που έχει σκοπό να επηρεάσει την ποσότητα ή πρότυπα χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από πελάτες τελικής χρήσης» και το DR ορίζεται ως μια «δράση που προκύπτει από τη διαχείριση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ως απάντηση στις συνθήκες προσφοράς».

Κεφάλαιο 3^ο : Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

3.1 Εισαγωγικά

Η κύρια πηγή στήριξης του νέου τύπου οικονομικής ανάπτυξης σε καθολικό επίπεδο είναι η ενέργεια και οι τρόποι με τους οποίους χρησιμοποιείται. Αναμφισβήτητα οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν υπέρογκα ποσά ενέργειας για τις μετακινήσεις των ανθρώπων ή των προϊόντων, για την κάλυψη των οικιακών αναγκών όπως για παράδειγμα τον φωτισμό και τη θέρμανση αλλά και τη λειτουργία των βιομηχανικών τμημάτων. Η ολοένα αυξανόμενη βελτίωση της ποιότητας ζωής είναι απόλυτα συνδεδεμένη με την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας.

Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας αντλείται κατά κύριο λόγο από τις λεγόμενες Συμβατικές Πηγές Ενέργειας. Αυτής της μορφής αποτελούν οι θερμικές μονάδες που δουλεύουν με ορυκτούς πόρους. Τέτοιοι είναι το πετρέλαιο και τα παράγωγα του, οι στερεοί άνθρακες ακόμα το φυσικό αέριο καθώς και τα πυρηνικά. Αυτό σημαίνει πως, η ενέργεια που αξιοποιείται προκύπτει από εξώθερμη αντίδραση της καύσης των πόρων αυτών και μετατρέπεται την θερμική ενέργεια που παράγεται σε άλλου είδους. Στην πραγματικότητα αναφερόμαστε σε πλούσιους φυσικούς πόρους στο υπέδαφος της γης, που παρ'όλα αυτά στην κλίμακα χρόνου του ανθρώπινου είδους θεωρούνται εξαντλήσιμοι, διότι για να υπάρξουν ξανά χρειάζεται πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Η συνεχόμενη αξιοποίησή τους, εκτός του κινδύνου της γρήγορης εξάντλησής τους, μελέτες έδειξαν ότι προκαλεί και επιβαρυντικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα του ανθρώπου. Έτσι προκαλείται μια σειρά από προβλήματα στο περιβάλλον με βασικότερο όλων το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτές οι επιπτώσεις τείνουν να γίνουν μη αναστρέψιμες, δημιουργώντας αμφιβολίες όσον αφορά την επιβίωση των επόμενων γενεών.

Παρ'όλα αυτά, η φύση έχει στη διάθεσή της ένα μεγάλο πλήθος πηγών ενέργειας άλλης μορφής, οι οποίες μπορούσαν να αξιοποιηθούν από τα πολύ παλιά χρόνια, με στόχο την κάλυψη διαφόρων ενεργειακών αναγκών, όπως ο άνεμος και το νερό. Αυτού του είδους οι μορφές ενέργειας ονομάζονται Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), διότι αφορούν τον καθημερινό κύκλο της φύσης και αυτό τις καθιστά πρακτικά ανεξάντλητες.

Στις μέρες μας, εκτός από τον άνεμο και το νερό, στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εντάσσεται και ο ήλιος, η γεωθερμία και το αέριο από την βιοδιάσπαση των οργανικών υλικών ακόμα και από οικιακά και γεωργικά απορρίμματα. Όπως αναφέρει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ, τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αποτελούν οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες είναι η αιολική, η ηλιακή, η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια. Επίσης τα αέρια που εκπέμπονται από τόπους υγειονομικής ταφής, εγκαταστάσεων βιολογικού καθαρισμού και βιοαερίων.

Η προσπάθεια της ευρύτερης αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως και της ανάπτυξης αξιόπιστων και χρηματικά ωφέλιμων τεχνολογιών οι οποίες δεσμεύουν το δυναμικό που τους παρουσιάστηκε αρχικά μετά τις δυο κρίσεις του πετρελαίου, που έλαβαν χώρα το 1973 και το 1979, και εντατικοποιήθηκε την τελευταία δεκαετία. Αυτό συνέβη διότι έγινε πραγματικότητα η συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προκαλούσαν μεγάλη οικονομική επιβάρυνση στην αρχή και όταν πρωτοεμφανίστηκαν αντιμετωπίστηκαν σαν πειραματικές εφαρμογές.

Πλέον, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμμετέχουν στη σχεδίαση των ανεπτυγμένων κρατών όσον αφορά την ενέργεια και, παρόλο που αποτελούν μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, αναμένονται με γοργά βήματα για την ακόμη μεγαλύτερη εκμετάλλευσή τους. Ακόμα, η αξία των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας μειώνεται αισθητά με την πάροδο του χρόνου. Πιο συγκεκριμένα η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, όπως και η βιομάζα, συγκρίνονται πλέον με τις κλασικές πηγές ενέργειας όπως για παράδειγμα ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια. Για

παράδειγμα, στις Η.Π.Α. το 6 τις εκατό της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση με εντολή του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου επιδιώκεται το 20% των αναγκών της σε ηλεκτρική ενέργεια να καλύπτεται από εναλλακτικές πηγές μέχρι το 2022.

3.2 Συμφωνίες για ΑΠΕ σε διεθνές επίπεδο

Το 1987 η Επιτροπή του Ο.Η.Ε. όσον αφορά το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη αποφάσισε πως είναι αναγκαίο να βρεθεί ένα νέο αναπτυξιακό μοντέλο το οποίο υπόσχεται όχι μόνο την πρόοδο συγκεκριμένων ομάδων ανθρώπων που κατοικούν σε ορισμένα μέρη του κόσμου, αλλά την βελτίωση της ποιότητας της ζωής όλων των ανθρώπων. Η επιτροπή αυτή καθόρισε ότι η βιώσιμη ανάπτυξη είναι αυτή που μπορεί και κρατά ικανοποιημένες τις ανάγκες του σήμερα, χωρίς τη μείωση της ικανότητας των μεταγενέστερων πολιτών να ικανοποιήσουν τις δικές τους (Βλάχου Α., 2001, σελ. 313).

Το 1992 οι διασκέψεις κορυφής στο Ρίο και στο Γιοχάνεσμπουργκ είχαν ως κύριο θέμα το μέλλον του πλανήτη και την βιώσιμη ανάπτυξη. Ταυτόχρονα, με την «Ατζέντα 213» ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών, έδωσε το έναυσμα για καινούριες πολιτικές και προγράμματα με σκοπό την αύξηση της συνεισφοράς περιβαλλοντικά ασφαλών ενεργειακών συστημάτων που είναι αξιόπιστα χωρίς υψηλό κόστος. Μεγάλη προσοχή έλαβαν τα ενεργειακά συστήματα τα οποία κάνουν χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για να μειώσουν τις επιπτώσεις που αφορούν το περιβάλλον, και την αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας, της μεταφοράς της, της διανομής της και του τρόπου με τον οποίο θα χρησιμοποιηθεί. (Κορωναίος Ι. Χ., 2012).

Επίσης, τον Μάιο του 2003, η Ευρωπαϊκή Ένωση ακολούθησε την Οδηγία 2003/30/EK (EK, 2003) που είχε θέμα την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλου τύπου ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές. Τα ποσοστά που αφορούσαν τα βιοκαύσιμα στις μεταφορές ξεκινούν από το 2% για το 2005 και αγγίζουν το 5,75% για το Δεκέμβριο του 2010 (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2003α, Άρθρο 3). Στη Διεθνή Σύνοδο Κορυφής στην Κοπεγχάγη το 2009 αναμενόταν να γίνει προσπάθεια για μια παγκόσμια συμφωνία που θα αφορούσε τη μείωση των εκπομπών. Επίσης είχε ως στόχο να αντικαταστήσει και να ενισχύσει τις δεσμεύσεις του πρωτοκόλλου του Κιότο που έληγε το 2012. Δεν έχει επιτευχθεί καμία συμφωνία για τη άμεση μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) έως το 2021 και δεν έχει επιτευχθεί δεσμευτική συμφωνία για τον καθορισμό μελλοντικών στόχων μείωσης των εκπομπών. Το προκαταρκτικό σχέδιο είναι για το 2050. Ωστόσο, Η σύνοδος κορυφής έδειξε και κάποια ενθαρρυντικά στοιχεία.

Χωρίς να έχει ξανασυμβεί στο παρελθόν, το σύνολο των χωρών που συμμετείχαν, ήρθαν σε συμφωνία να θέσουν ως κοινό στόχο τους, τον περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας στους 2 βαθμούς. Επιπλέον, όλες οι ανεπτυγμένες χώρες, συμπεριλαμβανομένων των Ηνωμένων Πολιτειών, προσχώρησαν για πρώτη φορά στο ίδιο διεθνές πλαίσιο μείωσης εκπομπών, το οποίο περιλαμβάνει μεθόδους επαλήθευσης. Επιπλέον, οι ανεπτυγμένες χώρες είχαν δεσμευτεί να παρέχουν μέσα από κονδύλια πολλών εκατομμυρίων για την υποστήριξη μέτρων μείωσης της ρύπανσης στις αναπτυσσόμενες χώρες, αλλά μόνο για την περίοδο 2010-2012. Τέλος, για πρώτη φορά, οι αναπτυσσόμενες χώρες συμφώνησαν να συμμετάσχουν στις προσπάθειες περιορισμού της αλλαγής του κλίματος και εξέφρασαν την προθυμία τους να επιτρέψουν τη "διεθνή παρακολούθηση" των προσπαθειών τους (ιστότοπος του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου).

Καθώς έτρεχαν αυτές οι εξελίξεις, η εντολή που αναφέρεται στην προώθηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (2009/28 / EK) αποτελεί μια στιγμή σταθμό στην ευρωπαϊκή νομοθεσία. Το αναμενόμενο ποσοστό 20% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας από τις 27 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα προέλθει από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έως το 2021. Αυτός ήταν ο στόχος που είχε τεθεί. Για να γίνουν επιτεύξιμοι αυτοί οι στόχοι, είναι απαραίτητο τα 27 κράτη

μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης να δημιουργήσουν ένα εθνικό σχέδιο ανανεώσιμης δράσης που θα βασίζεται σε ένα πλάνο που παρέχει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2009)

3.3 Πράσινη Ενέργεια

Αρχικά θα πρέπει να προσδιορίσουμε την έννοια της πράσινης ενέργειας ή των εναλλακτικών πόρων ενέργειας. Η πράσινη ενέργεια περιέχει κλάδο που μπορεί να ελαττώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Με βάση αυτό, η πυρηνική ενέργεια μοιάζει να είναι πράσινη, αλλά από την άποψη του παρελθόντος της πυρηνικής ενέργειας και των συνεπειών των τεχνολογικών καταστροφών των πυρηνικών σταθμών, θεωρείται ότι δεν είναι πράσινη στο τρέχον επίπεδο ανάπτυξης. Η πράσινη ενέργεια χωρίζεται στις: ηλιακή, αιολική, υδροηλεκτρική ως τις κορυφαίες βιομηχανίες, γεωθερμική και παλιρροιακή. (Chernysheva et al., 2019).

Ο τρόπος λειτουργίας της μελέτης στηρίζεται στους τρόπους αξιολόγησης, προσαρμοσμένη από τους συγγραφείς στην οικονομική ανάπτυξη του BRI. Η πρωτοβουλία «BeltandRoad» (BRI) είναι ένα πλήρες έργο, το οποίο περιέχει αρκετά επιτεύγματα όσον αφορά την πράσινη ενέργεια. Τα κυριότερα από αυτά είναι: το μέρος της πράσινης ενέργειας σε σχέση με την γενική κατανάλωση ενέργειας της χώρας από το 2013 έως το 2018 και το μέρος της πράσινης ενέργειας ΑΞΕ. Μελετάμε στατιστικά δεδομένα και υπολογίζουμε τις τιμές των παραγόντων. Ομοίως, μελετάμε την κινεζική οικονομία.

Συγκεκριμένα: 2013-2016 αύξηση του ΑΕΠ / 1980-2016 μέσος ρυθμός αύξησης του ΑΕΠ, 2013-2016 ανάπτυξη της αγοράς ενέργειας / 1980-2016 μέση αύξηση της αγοράς ενέργειας, πράσινη ανάπτυξη. Η μέση αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας κατά τη διάρκεια 2013-2016 / 1980-2016, ο αριθμός των έργων πράσινης ενέργειας κατά την περίοδο 2013-2018. Έπειτα, υπολογίζουμε τις τιμές επένδυσης αυτών των οικονομιών και προσθέτουμε μια μονάδα μέτρησης πράσινης ενέργειας για να καταλήξουμε σε ένα αποτέλεσμα που αφορά την οικονομική αποδοτικότητα της πράσινης ενέργειας στις χώρες "Belt and Road" (Chernysheva et al., 2019).

Η μέθοδος αυτή μας κάνει να μπορούμε να αξιολογήσουμε την οικονομική αποτελεσματικότητα των μηχανισμών πράσινης ενέργειας BRI καθώς και την πρόβλεψη της μελλοντικής πορείας τους. Θεωρητικά η ανάπτυξη της πράσινης ενέργειας σε χώρες του «Belt and Road» θα έχει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη αυτής της βιομηχανίας στην Κίνα. Εάν το κόστος των σταθμών παραγωγής ενέργειας στην Κίνα είναι υψηλότερο, σε σχέση με άλλες χώρες που συμμετείχαν στην έρευνα, τότε, το "BeltandRoad" εξελίσσεται σε ζώνες ελεύθερου εμπορίου και το αντίστροφο. Έτσι αυτό θεωρείται αποτέλεσμα των κινεζικών εταιρειών να προωθήσουν τα ανταγωνιστικά τους πλεονεκτήματα στην ηλεκτροπαραγωγή. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του άρθρου, προτείνονται λύσεις για την ανάπτυξη της πράσινης ενέργειας όσον αφορά το πλαίσιο "BeltandRoad" (Chernysheva et al., 2019).

3.4 Νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Η ελληνική ενεργειακή αγορά χαρακτηρίζεται από μια σειρά προβλημάτων όπως οι αργοί ρυθμοί ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η μεγάλη καθυστέρηση στη διασύνδεση των νησιών καθώς και ο ελλιπής ανταγωνισμός στην αγορά ενέργειας. Σημαντική ευθύνη για τη δημιουργία αυτών των προβλημάτων είναι το θεσμικό πλαίσιο που υφίσταται στην Ελλάδα, καθώς μόνο τα τελευταία είκοσι χρόνια έχουν αρχίσει να εισάγονται νόμοι περί αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Το πρώτο βήμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τρίτους εκτός ΔΕΗ ήρθε το 1994 με τον Ν.2444 (ΦΕΚ. Α' 168), ο οποίος έδινε τη δυνατότητα ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και σε ανεξάρτητους παραγωγούς, με την υποχρέωση η ΔΕΗ να αγοράζει το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται σε σταθερές τιμές. Αργότερα το 1999, με το Ν.2773 (ΦΕΚ. Α' 286) εναρμονίζεται το θεσμικό πλαίσιο της Ελλάδας σε σχέση με την Οδηγία 96/92/ΕΚ L.0092 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, απελευθερώνοντας έτσι την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Χαρακτηριστικά του νόμου ήταν ότι έδινε προτεραιότητα απορρόφησης ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έναντι των συμβατικών και όριζε ειδικό τρόπο τιμολόγησης της, διατηρώντας ευνοϊκό τιμολογιακό καθεστώς.

Το 2006 , ψηφίστηκε ο Ν.3468 (ΦΕΚ. Α' 129) που ενσωματώνει την Οδηγία 2001/77/ΕΚ, L.283και αφετέρου προωθεί με κανόνες και αρχές την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και μονάδες Συμπαγωγής. Στη συνέχεια, στις αρχές του 2009 με τον Ν.3734 (ΦΕΚ. Α' 8) ρυθμίζονται δυο θέματα πρώτον εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2004/8/ΕΚ για την προώθηση της συμπαγωγής ενέργειας για χρήσιμη θερμότητα στην εξωτερική αγορά και δεύτερον αναπροσαρμόζονται τα τιμολόγια απορρόφησης της ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς.

Ακόμα μέσα στο 2009 με Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ Β' 1074) καταρτίζεται ειδικό πρόγραμμα ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις. Το 2010, με τον Ν.3851 (ΦΕΚ. Α' 85) προωθείται και διευκολύνεται η επένδυση σε έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή με την απλούστευση της αδειοδοτικής διαδικασίας νέων έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργεια. Σημαντικό βήμα, είναι το γεγονός ότι δεν απαιτείται πλέον Άδεια Παραγωγής από τη ΡΑΕ ή οποιαδήποτε άλλη διαπιστωτική πράξη για Φωτοβολταϊκούς και Ηλιοθερμικούς σταθμούς ισχύος ως και 1MW. Ο βασικός κορμός του νόμου είναι ότι εφαρμόστηκε με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ όπου τέθηκαν και εθνικοί στόχοι για την διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας το 2020 (αναθεωρήσιμοι ανά διετία):

- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%.
- Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%.

Τέλος, τον Αύγουστο του 2011 ψηφίστηκε ο Ν.4001 (ΦΕΚ. Α' 179), όπου έφερε διαρθρωτικές αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, με τη σύσταση ανεξάρτητων διαχειριστών για το σύστημα μεταφοράς και το δίκτυο διανομής, καθώς ορίζει και ανεξάρτητο Λειτουργό της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Ο ΛΑΓΗΕ ΑΕ θα ασκεί πλέον δραστηριότητες που πριν ασκούσε ο ΔΕΣΜΗΕ όπως σύναψη συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και καταβολή των προβλεπόμενων πληρωμών.

Επίσης, στο κομμάτι του νομοθετικού πλαισίου συμπεριλαμβάνεται και εκείνο του χωροταξικού σχεδιασμού των έργων από ΑΠΕ. Στην Ελλάδα, η εισαγωγή χωροταξικού νόμου, με σκοπό να οριοθετήσει τις περιοχές που επιτρέπεται η ανάπτυξη έργων από ΑΠΕ εφαρμόστηκε το Δεκέμβριο του 2008. Το ειδικό χωροταξικό πλαίσιο αναφέρεται στην χωροθέτηση ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και επικεντρώνεται στην αιολική ενέργεια. Επίσης, ρυθμίζεται η χωροθέτηση των μικρών υδροηλεκτρικών έργων και προτάθηκε η τροποποίηση του νομοθετικού πλαισίου για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών μονάδων στις κατοικίες.

Κεφάλαιο 4° : Οι δυνάμεις ανάσχεσης ή προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα

4.1 Μορφές Ανανεώσιμης Πηγής Ενέργειας

Οι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να διαχωρίσουμε τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι πολλοί. Μπορούν να βασιστούν στην προέλευσή τους, την πυκνότητά τους και το φορέα της ενέργειας. Πέρα από την παλιρροιακή ενέργεια των θαλασσών, που έχει παράγοντα λειτουργίας την περιστροφή της Γης και την έλξη της από τους πλανήτες, τα υπόλοιπα είδη ενέργειας αποτελούν παράγωγα της ηλιακής ενέργειας. Οι ήπιες μορφές ενέργειας περιέχουν τους εξής τύπους:

- Αιολική Ενέργεια

Η αύξηση της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας από τον άνθρωπο ξεκίνησε εκατοντάδες χρόνια πριν. Βασικά παραδείγματα ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας είναι τα ιστιοφόρα και οι ανεμόμυλοι. Στην εποχή μας, οι ανεμογεννήτριες βοηθούν στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας. Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές που παρέχουν τη δυνατότητα μετατροπής της κινητικής ενέργειας που δίνει ο άνεμος, σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή επιτυγχάνεται μέσα από δύο στάδια.

Στο αρχικό στάδιο, μέσω της πτερωτής, συμβαίνει η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, με την γεννήτρια, επιτυγχάνεται η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούνται οι ανεμογεννήτριες είναι για την καθολική κάλυψη ή την παροχή όσων χρειάζονται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Το ηλεκτρικό ρεύμα που εξασφαλίζουν οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιείται άμεσα ή εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για άλλου είδους χρήσεις. Επίσης, η ηλεκτρική ενέργεια που προκύπτει από τις ανεμογεννήτριες, στην περίπτωση που υπερκαλύπτει τις τρέχουσες ανάγκες και υπάρχει υπόλοιπο, συνήθως αποθηκεύεται για μελλοντική χρήση, σε περίπτωση που δεν επαρκεί η παραγόμενη ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών.

Ο τρόπος με τον οποίο αποθηκεύεται η ενέργεια στις μέρες μας χωρίζεται σε δύο μέρη ώστε να αποφευχθεί η οικονομική επιβάρυνση και εξαρτάται από το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι ο πιο κοινός και απλός τρόπος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, που αξιοποιείται για μικρού μεγέθους παραγωγικές μονάδες.

1. - Ηλιακή ενέργεια και φωτοβολταϊκά

Η ηλιακή ενέργεια περιέχει ένα ευρύ φάσμα μορφών ενέργειας που μπορούν να παραχθούν από τον Ήλιο. Το φως και η θερμότητα που εκπέμπει ο ήλιος μέσα από την ακτινοβολία, απορροφούνται από στοιχεία και ενώσεις στη Γη και λαμβάνουν άλλες μορφές ενέργειας. Η τεχνολογία στις μέρες μας κάνει χρήση ενός πολύ μικρού ποσοστού της καταφθάνουσας στην επιφάνεια του πλανήτη ηλιακής ενέργειας εκμεταλλευόμενη μόνο τρία συστήματα: τα θερμικά ηλιακά, τα παθητικά ηλιακά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

2. Θερμικά Ηλιακά Συστήματα

Ένα από τα θερμικά ηλιακά συστήματα που ερχόμαστε σε καθημερινή επαφή είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, που είναι ικανοί να απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και έπειτα, τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας ρευστά, όπως το νερό. Η διαδικασία με την οποία απορροφά την ηλιακή ενέργεια επιτυγχάνεται με τους ηλιακούς συλλέκτες, οι οποίοι αποτελούν επιφάνειες σκούρου χρώματος προσανατολισμένες στον ήλιο, οι οποίες έρχονται σε επαφή με

νερό και του μεταδίδουν μέρος της θερμότητας που παρέλαβαν. Η χρήση του παραγόμενου νερού είναι απλώς οικιακή ή και βιομηχανική, στις μέρες μας όμως μπορεί να γίνει χρήση και για την θέρμανση και ψύξη χώρων.

3. Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα απαρτίζονται από δομικά στοιχεία, τα οποία συνδυάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να συμβάλλουν στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τον φωτισμό ή την μεταβολή θερμοκρασίας στα κτίρια. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα σήμαναν την αρχή της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής και η χρήση τους είναι δυνατή σχεδόν σε κάθε τύπο κτιρίου.

4. Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια και για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, ο τρόπος λειτουργίας τους είχε σχέση με την ηλεκτροδότηση αποκομμένων από το ηλεκτρικό δίκτυο καταναλώσεων. Δορυφόροι, φάροι και απομονωμένα σπίτια έκαναν χρήση φωτοβολταϊκών με σκοπό την ικανοποίηση των ηλεκτρικών τους αναγκών. Με κριτήριο τη χρήση ρεύματος που παράγεται, τα φωτοβολταϊκά χωρίζονται σε: Αυτόνομα συστήματα, όπου η ενέργεια που παράγεται καταναλώνεται πλήρως με άμεσο τρόπο. Η άλλη κατηγορία είναι τα Διασυνδεδεμένα συστήματα, όπου η ενέργεια που παράγεται διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο με σκοπό τη μεταφορά της για μελλοντική χρήση.

- Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε) βασίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Για να επιτευχθεί αυτή η διαδικασία ακολουθούνται δύο βήματα. Στο πρώτο, μέσω της πτερωτής του στροβίλου, επιχειρείται η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια μέσα από την περιστροφή του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο βήμα, με την γεννήτρια, πραγματοποιείται η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Όλες αυτές οι εργασίες και τα μέσα με τα οποία μετατρέπεται η υδραυλική ενέργεια σε ηλεκτρική, απαρτίζουν το Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ).

Τα υδροηλεκτρικά έργα διαχωρίζονται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα διαφοροποιούνται σε μεγάλο βαθμό από τα μεγάλης στον τομέα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

5. Μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες

Οι μεγάλες εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής ενέργειας περιέχουν την κατασκευή φραγμάτων και τεράστιων ταμιευτήρων, κινήσεις που είναι πιθανό να έχουν αρκετές περιβαλλοντικές συνέπειες. Η δημιουργία φραγμάτων περιόρισε τις δραστηριότητες των ζώων και επέφερε αλλαγές στο συνολικό οικοσύστημα μιας άλλαξε καθολικά το σχήμα της κάθε περιοχής.

6. Μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες

Αυτού του είδους οι μονάδες λειτουργούν δίπλα σε ποτάμια ή κανάλια και ο τρόπος με τον οποίο το κάνουν προκαλεί ελάχιστη περιβαλλοντική όχληση σε σχέση με τις μεγάλης κλίμακας μονάδες. Εξ' αιτίας αυτών, οι υδροηλεκτρικές μονάδες που δεν υπερβαίνουν τα 30 MW χαρακτηρίζονται ως μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα και περιέχονται στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Μέσω του τρόπου λειτουργίας τους, μέρος της ροής ενός ποταμού καταλήγει σε στρόβιλο έτσι ώστε να παραχθεί μηχανική ενέργεια και παράλληλα ηλεκτρική μέσω της γεννήτριας. Έπειτα, η ποσότητα νερού της οποίας έγινε χρήση επιστρέφει στο φυσικό ταμιευτήρα και εντάσσεται στην κανονική της ροή.

- Ενέργεια από τους ωκεανούς

Τα ποσά ενέργειας που μπορεί να εκμεταλλευτεί ο άνθρωπος από τους ωκεανούς είναι τεράστια. Οι κυριότεροι τρόποι που μπορεί να γίνει αυτή η εκμετάλλευση χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες:

1. Ενέργεια από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες)

Το ανθρώπινο είδος εκμεταλλεύεται την παλιρροϊκή ενέργεια εδώ και εκατοντάδες χρόνια, διότι μέσω της δέσμευσης των νερών των ποταμών από την παλίρροια, ερχόταν εις πέρας η λειτουργία των νερόμυλων. Αυτό συνέβαινε διότι: Τα νερά που φτάνουν από την παλίρροια στην ακτή στην διάρκεια της πλημμυρίδας εγκλωβίζονται σε φράγματα, οπότε στη διάρκεια της άμπωτης τα αποθηκευμένα νερά αφήνονται ελεύθερα με σκοπό να δώσουν κίνηση στον υδροστρόβιλο. Η διαδικασία αυτή είναι όμοια με αυτή που συμβαίνει στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα πλέον ιδανικά μέρη για την δημιουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής αποτελούν τα στενά σημεία των ποταμών, όπως είναι οι εκβολές. Στις μέρες μας, οι μικροί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το θαλασσινό νερό δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένοι. Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να εκμεταλλευτεί είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας μικρής πόλης.

2. Ενέργεια από τα κύματα:

Τα κύματα του ωκεανού σχετίζονται με την ενέργεια που μεταφέρουν τα κύματα στην επιφάνεια και είναι πολύ ενδιαφέρον πως η συλλογή αυτής της ενέργειας μπορεί να γίνει χρήσιμη. Τέτοιες περιπτώσεις είναι, η παραγωγή ηλεκτρισμού και αφαλατώματος νερού ή η άντληση νερού (σε δεξαμενή). Οι μηχανές οι οποίες μας προσφέρουν τη δυνατότητα διαχείρισης της κυματικής ενέργειας λέγονται μετατροπείς ενέργειας κυμάτων (WEC). Παρόλες τις προσπάθειες εμπορευματοποίησης αυτής της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, δεν έχει επιτευχθεί η γενική χρήση της. Το 2008, ο πρώτος πειραματικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής κυμάτων λειτούργησε στο Aguçadoura Wave Park στην Πορτογαλία.

3. Θερμοκρασιακές διαφορές του νερού της θάλασσας

Η εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας των ωκεανών είναι δυνατό να επιτευχθεί μέσω της αξιοποίησης της διαφοράς θερμοκρασίας που έχει η επιφάνεια του νερού σε σχέση με το πολύ ψυχρότερο νερό που υπάρχει στον πυθμένα. Η διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται η μετατροπή της θερμικής ενέργειας του ωκεανού, σε αρχικό στάδιο εκμεταλλεύεται το θερμό νερό για να ζεστάνει σε ειδικό θάλαμο ένα μέρος υγρού με χαμηλό σημείο βρασμού, όπως η αμμωνία ή ένα παρόμοιου τύπου μείγμα. Μόλις ολοκληρωθεί η βράση, το παραγόμενο αέριο απελευθερώνεται με αποτέλεσμα να δημιουργεί αρκετή πίεση ώστε να οδηγήσει έναν αεριοστρόβιλο που θα παράγει την ενέργεια.

Έπειτα το εν λόγω αέριο παγώνει μιας και εισέρχεται μέσα στο ψυχρό νερό του πυθμένα του ωκεανού. Γεωθερμική Ενέργεια, όπως αναφέρει το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, είναι η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα.

Σύμφωνα με διάφορες τιμές που μπορεί να πάρει η θερμοκρασία, η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας μπορεί να εφαρμοστεί με πολλούς τρόπους:

1. Η υψηλής ενθαλπίας (>150 °C) εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο για σκοπούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
2. Η μέσης ενθαλπίας (80 έως 150 °C) βοηθά κυρίως στον τομέα της θέρμανσης ή και ξήρανσης ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς επίσης κάποιες φορές και στην παραγωγή ηλεκτρισμού, όπως είναι το κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως.
3. Η χαμηλής ενθαλπίας (25 έως 80 °C) χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες καθώς και για παραγωγή γλυκού νερού.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι η γεωθερμία δεν αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας μιας και τα γεωθερμικά πεδία αναμένεται να εξαντληθούν στο μέλλον.

Θα γίνει αναφορά στη βιομάζα η οποία είναι η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) υπόσταση. Πιο συγκεκριμένα, περιέχεται σε αυτήν το σύνολο των υλικών που παράγεται άμεσα ή έμμεσα από την χλωρίδα του πλανήτη. Ειδικότερα, η βιομάζα αποτελείται από φυτικά και δασικά υπολείμματα (καυσόξυλα, κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, κουκούτσια), απόβλητα ζώων (κοπριά), καθώς επίσης και τα απορρίμματα των πόλεων καθώς επίσης και από υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας.

Η βιομάζα ουσιαστικά είναι ένα δεσμευμένο είδος ηλιακής ενέργειας το οποίο προέρχεται από την φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών. Σύμφωνα με αυτή, η χλωροφύλλη που περιέχεται στα φυτά μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια κάνοντας κάποιες διεργασίες. Μια από αυτές είναι η χρήση της ως πρώτη ύλη διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος.

Ουσιαστικά, αναγνωρίζονται δυο τύποι βιομάζας:

1. Η βιομάζα που προέρχεται από υπολειμματικές μορφές (τα φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και απορρίμματα).
2. Η βιομάζα που προέρχεται από ενεργειακές καλλιέργειες (ΚΑΠΕ, 2006).

Η βιομάζα μπορεί να εκμεταλλευτεί με σκοπό την εκπλήρωση της ενεργειακής ζήτησης (παραγωγή θερμότητας, ψύξης, ηλεκτρισμού).

4.2 Ελληνική Ενεργειακή Κατάσταση

Τον τελευταίο μισό αιώνα στη χώρα μας παρατηρείται σημαντική άνοδος όσον αφορά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Ο τρόπος που μεταβάλλεται η ενεργειακή κατανάλωση από το 1965 μέχρι το 2014 προκαλεί μεγάλο ενδιαφέρον. Ουσιαστικά η ζήτηση ενέργειας στην Ελλάδα αυτό το διάστημα πενταπλασιάστηκε, ενώ η αύξηση σε σύγκριση με τον υπόλοιπο κόσμο κινήθηκε στο 2,7% και για την Ευρωπαϊκή Ένωση στο 1,8%. Τη δεκαετία 1997 με 2007, η κατανάλωση ενέργειας φέρει αύξηση της τάξεως του 25%, που υπερβαίνει το ποσοστό που αντιστοιχεί στον υπόλοιπο κόσμο.

Η μακροσκελής οικονομική και κοινωνική κρίση της Ελλάδας έχει επιφέρει λιγότερη ζήτηση για κάλυψη ενεργειακών αναγκών, σε αντίθεση με τις ιδιωτικές επενδύσεις στην ενέργεια που έχουν ολοκληρωθεί ή βρίσκονται στη διαδικασία ολοκλήρωσής τους. Παράλληλα, η αγορά πιέζεται διότι οι ληξιπρόθεσμες οφειλές είναι δυσανάλογα αυξημένες. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ξεκίνησαν ως μία κερδοσκοπική ιδέα ωστόσο σήμερα έχουν ως αποτέλεσμα να προκαλούν σήμερα οικονομικό βάρος το οποίο ως συνήθως μετατίθεται στις πλάτες των λαϊκών στρωμάτων. Όσον αφορά το κοινωνικό επίπεδο, από το 2012 έχουμε την πρώτη ουσιαστική εμφάνιση της 'ενεργειακής φτώχειας', πράγμα που δημιουργήθηκε λόγω της απότομης αύξησης της αξίας της ηλεκτρικής ενέργειας, της ξαφνικής αύξησης της τιμής των καυσίμων καθώς και της έλλειψης πρακτικής 'ενεργειακής συμπεριφοράς' του κτιριακού αποθέματος. Την ίδια στιγμή η μείωση της ενεργειακής ζήτησης επέφερε την υπερκάλυψη στον τομέα του ανθρώπινου δυναμικού.

Η ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδος φαίνεται στην ανάγκη εισαγωγής πετρελαίου, το οποίο απαρτίζει το 54% (2014) του συνόλου της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Αυτό είναι ένα από τα μεγαλύτερα ποσοστά στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Παρότι η προέλευση του πετρελαίου έχει μεγάλη ποικιλία στα διυλιστήρια της Ελλάδας (ΕΛΠΕ και MotorOil), το Ιράν, η Ρωσία και η Σαουδική Αραβία αποτελούν τα κύρια κράτη εισαγωγής αργού πετρελαίου μιας και από αυτά προέρχεται περίπου το 65% των εισαγωγών.

Το 1996 ξεκίνησε η διανομή του φυσικού στην Ελλάδα και από τότε παρουσιάζει σημαντική αύξηση μέχρι το 2011. Τρία χρόνια μετά ενσωματώθηκε με ποσοστό 10% στην πρωτογενή κατανάλωση και είχε ανάλογη πορεία με το γενικό σύνολο κατανάλωσης ενέργειας παρατηρώντας σημαντική πτώση τα τελευταία έτη. Οι βασικές πηγές εισαγωγής του φυσικού αερίου είναι η Ρωσία και το Αζερμπαϊτζάν μέσω αγωγών (οι μεγαλύτερες ποσότητες) αλλά και η Αλγερία σε υγρή μορφή μέσω του σταθμού της Ρεβουθούσας. Μόνο το 38% της ενέργειας που καταναλώνεται προέρχεται από την Ελλάδα καθώς το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο αποτελούν εισαγόμενες πρώτες ύλες. Το μοναδικό ορυκτό καύσιμο που παράγεται στην χώρα μας είναι ο λιγνίτης και η χρήση του αφορά μόνο την παραγωγή ηλεκτρισμού. Ακόμη, υψηλής ποιότητας άνθρακας εισάγεται σε τσιμεντοβιομηχανίες μεταλλουργίες και άλλες βιομηχανίες.

Οι ποσότητες εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την καύση των ορυκτών καυσίμων κινούνται σύμφωνα με τις αυξομειώσεις της ενεργειακής κατανάλωσης της χώρας. Η χώρα μας κατέχει την πρώτη θέση μεταξύ των χωρών του ΟΟΣΑ όσον αφορά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά μονάδα κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Αυτό συμβαίνει διότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται στην καύση του λιγνίτη, ο οποίος αποτελεί πτωχό είδος άνθρακα. Οι αλλαγές στο είδος του καυσίμου, όπως για παράδειγμα η χρήση του φυσικού αερίου, καθώς και αυξημένη απόδοση της ηλεκτροπαραγωγής έχουν τη δυνατότητα να φέρουν μεγάλη μείωση στις εκπομπές του CO₂.

Τα τελικά αποτελέσματα των συνθηκών στη χώρα μας φανερώνει αρκετές δυσκολίες και εμπόδια ως προς την ανάπτυξη μιας εθνικής ενεργειακής πολιτικής. Παράλληλα, η αναγνώριση των σημείων στα οποία υστερεί η χώρα, αλλά και των τομέων στους οποίους αναγνωρίζεται υψηλό δυναμικό μπορεί να αποτελέσει καθοριστικό παράγοντα όσον αφορά την κατάρτιση ενός οδικού χάρτη που θα θέσει εθνικούς στόχους και θα ενισχύσει την εσωτερική αγοράς ενέργειας. Τα συνολικά ποσά ενέργειας που καταναλώνονται στην Ελλάδα εξαρτώνται σχεδόν αποκλειστικά από συμβατικά καύσιμα τα οποία είναι ρυπογόνα, ενώ οι συνήθεις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στους πιο πολλούς τομείς προκαλούν χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση.

Ταυτόχρονα, παρότι η διείσδυση του φυσικού αερίου στο σύνολο της κατανάλωσης της Ελλάδας εμφάνισε μεγάλη δυναμική, συνεχίζει να λαμβάνει μικρό μερίδιο του συνόλου της κατανάλωσης και απέχει αρκετές μονάδες από τον μέσο όρο της Ευρώπης. Τέλος, η βαρύτητα που δίνεται στη χρήση των ΑΠΕ αυξήθηκε αξιοσημείωτα το τελευταίο διάστημα, λόγω της χρήσης ισχυρών πολιτικών μέτρων παρόλα αυτά, συνεχίζει να υπάρχει υψηλό αναξιοποίητο δυναμικό καθώς και σημαντικά περιθώρια βελτίωσης του θεσμικού πλαισίου στο καθεστώς υψηλής διείσδυσης ΑΠΕ.

Η χάραξη κοινών ευρωπαϊκών πολιτικών στο θέμα της ενέργειας και ειδικότερα όσον αφορά την ανάγκη για μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου έχει καθοριστικό ρόλο στις αποφάσεις που σχετίζονται με την διαμόρφωση του ενεργειακού συστήματος της Ελλάδας. Πιο συγκεκριμένα, με την πάροδο του χρόνου η μεγαλύτερη χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι ολοένα και πιο έντονη τόσο στην ηλεκτροπαραγωγή, όσο και στην συνολική χρήση ενέργειας. Παράλληλα, γίνονται σημαντικές προσπάθειες που έχουν ως στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας.

4.3 Συμβολή των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας

Ο ρόλος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο κομμάτι του εθνικού ενεργειακού προϋπολογισμού είναι αισθητά μικρότερος συγκριτικά με άλλες ανεπτυγμένες χώρες. Παρότι η χώρα μας κατέχει πλούσιο ολικό δυναμικό, υψηλή ηλιοφάνεια, αρκετά αξιοποιήσιμα γεωθερμικά πεδία και μεγάλη ποσότητα υδάτινων πόρων, ο τρόπος που τα αξιοποιεί την κάνει να βρίσκεται σε πολύ χειρότερη κατάσταση από την υπόλοιπη Ευρώπη. Γι' αυτό το λόγο το ποσοστό

συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδας δεν συμβαδίζει με αυτό των ευρωπαϊκών στόχων.

Η συνεισφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική εγχώρια κατανάλωση ενέργειας είναι σταθερή στο 8-9%. Ο λόγος είναι ότι η πρωτογενής ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι 70%, επειδή ο εγχώριος τομέας καταναλώνει βιομάζα και μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς οι οποίοι διατηρούν ένα σταθερό ποσοστό και δεν επηρεάζεται από εργαλεία χρηματοοικονομικής πολιτικής.

Εάν εξαιρεθεί η βιομάζα στον οικιακό τομέα και στους μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς, η συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα δείξει σταθερή ανοδική τάση στο πλαίσιο των μέτρων χρηματοδοτικής στήριξης. Ωστόσο, σε σύγκριση με άλλα μέρη της Ευρώπης, αυτή η κατάσταση συμβαίνει αργά. Λόγω αυτής της ανοδικής τάσης, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προέρχονται από αιολικά πάρκα, μικρούς σταθμούς υδροηλεκτρικής ενέργειας και από βιομάζα. Ακόμα, η συμβολή της παραγωγής φωτοβολταϊκής ενέργειας έγινε αισθητή. Ειδικά, λόγω του ότι η εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων ήταν μόλις 1 MW το 1990, σημειώθηκε ικανοποιητική αύξηση, φθάνοντας τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ των αιολικών πάρκων στις αρχές του 2007 των 745 MW. Κατά την ίδια περίοδο, οι μικροί σταθμοί υδροηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκαν από 43MW της ΔΕΗ το 1997 σε 108MW.

Ταυτόχρονα, η θερμική ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντλείται κυρίως από ενεργά ηλιακά συστήματα, θερμική αξιοποίηση ενέργειας από βιομάζα και γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Η τεράστια ανάπτυξη της βιομηχανίας ηλιακών συλλεκτών τις τελευταίες δεκαετίες έχει κατατάξει την Ελλάδα στη δεύτερη θέση στον τομέα της εγκατάστασης συλλεκτών στην Ευρώπη. Το βασικό τμήμα θερμότητας που παράγεται από τη βιομάζα είναι είτε από καύση βιομάζας στον οικιακό τομέα είτε από υπολείμματα βιομάζας που χρησιμοποιούνται από βιομηχανικές μονάδες για την επεξεργασία ξύλου, τροφίμων, βαμβακιού κ.λπ. Χρησιμοποιείται για τις δικές μας ανάγκες. Μπορούμε να πούμε ότι η αγορά θερμικών ΑΠΕ στην Ελλάδα βρίσκεται ακόμη στα σπάργανα. Ένας τομέας ισχύος για τη διείσδυση θερμότητας ΑΠΕ φαίνεται να είναι ο κατασκευαστικός τομέας, ο οποίος σχετίζεται πάντα με την αναθεώρηση της εθνικής νομοθεσίας για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

Παρόλα αυτά, σε σύγκριση με πολλές ευρωπαϊκές χώρες, το ποσοστό διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο παραμένει το χαμηλότερο. Το γεγονός αποτελεί κατά κύριο λόγο ευθύνη της ελληνικής κυβέρνησης. Κατά τον σχεδιασμό πολιτικών ανάπτυξης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η ελληνική κυβέρνηση τις περισσότερες φορές δεν αφουγκράζεται τις απόψεις της αναπτυσσόμενης παγκόσμιας αγοράς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αντιθέτως, συχνά φέρνει μεγάλα εμπόδια στην ανάπτυξη αυτής της αγοράς. Η ελληνική κυβέρνηση δεν παρουσιάζει καμία ευελιξία καθώς θα μπορούσε να υιοθετήσει νέα εργαλεία για την προώθηση βιώσιμων και φιλικών προς το περιβάλλον ενεργειακών μοντέλων. Το θεσμικό πλαίσιο συνεχίζει να μην είναι τέλειο ή σαφές, αλλά τα κεφάλαια ΑΠΕ έχουν πέσει στο παρελθόν

Οι περισσότερες από τις υπηρεσίες που σχετίζονται, εξακολουθούν να εξετάζονται τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, ενώ ορισμένες καινοτόμες τεχνολογίες και εργαλεία θεωρούνται εξωτερικές. Τη στιγμή που ο τομέας των κτιρίων καταναλώνει τελικά το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας, δεν υπάρχει ακόμη αρκετή ενέργεια για εξοικονόμηση και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ταυτόχρονα, διαφορετικές ενεργειακές τεχνολογίες αντιμετωπίζονται σχεδόν πάντα με το ίδιο πρότυπο, ξεχνώντας ότι ορισμένες από αυτές περιλαμβάνουν μεγάλο ποσό ενεργειακής επένδυσης, ενώ άλλες είναι πιο επιρρεπείς σε αποκεντρωμένες και μικρής κλίμακας εφαρμογές λόγω της φύσης τους.

Κεφάλαιο 5° : Τα οφέλη και οι κίνδυνοι των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα

5.1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Τα βασικά πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι τα εξής:

Αποτελούν ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και βοηθούν στη μείωση της χρήσης εξαντλήσιμων ενεργειακών πόρων της κάθε χώρας, με αποτέλεσμα η κάθε χώρα να έχει τη δυνατότητα:

- i. Να αποκτήσει την ενεργειακή ανεξαρτησία της
- ii. Να αυξήσει το εμπορικού ισοζυγίου (Εισαγωγές – Εξαγωγές), περιορίζοντας την εισαγωγή τους
- iii. Να πραγματοποιήσει στρατηγικά αποθέματα στους ορυκτούς πόρους της για την εξασφάλιση της ασφάλεια της χώρας και των επόμενων γενεών.
- iv. Οι επενδύσεις δημιουργούν σημαντικό βαθμό θέσεων εργασίας

Όλα τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα την αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, λόγω της γεωγραφικής τους διασποράς, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό επίπεδο και την μείωση του συνολικού φόρτου των συστημάτων υποδομής και την ελάττωση των απωλειών από τη μεταφορά ενέργειας. Ένα ακόμα βασικό πλεονέκτημα είναι το χαμηλό λειτουργικό κόστος το οποίο είναι ανεξάρτητο από τη διεθνή οικονομία και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.

Έτσι, δίνεται η δυνατότητα σωστής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων καλύπτοντας ένα αρκετά μεγάλο εύρος των ενεργειακών αναγκών των χρηστών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παροχή βοήθειας οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας καθώς και να προσελκύει μεγάλους επενδυτές να προβούν σε ανάλογες επενδύσεις, όπως για παράδειγμα θερμοκηπιακές καλλιέργειες με τη χρήση γεωθερμίας. Αυτές οι καλλιέργειες, δεν προκαλούν προβλήματα στο περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή ανα τον κόσμο.

Ωστόσο, αυτές οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως και κάθε τεχνολογία έχουν και κάποια μειονεκτήματα:

Ένα βασικό μειονέκτημα είναι ο χαμηλός συντελεστής απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερος, ο οποίος, σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος επένδυσης τους, καθίστανται πιο ακριβές από τις υπόλοιπες μονάδες παραγωγής ενέργειας. Επίσης, πολλές φορές δεν είναι σε θέση να καλύπτουν πάντα την ζήτηση του συστήματος, καθώς η λειτουργία τους εξαρτάται στενά από τις καθημερινές κλιματολογικές συνθήκες. Ένα ακόμη μειονέκτημα της δημιουργίας τέτοιων μονάδων είναι η δυσκολία εύρεσης κατάλληλων τοποθεσιών αφού δεν γίνεται να εγκατασταθούν σε κάθε σημείο, παρά μόνο εκεί που οι κλιματολογικές και φυσικές συνθήκες το επιτρέπουν όπως για παράδειγμα είναι περιοχές με αιολικά δυναμικά για τη δημιουργία αιολικών πάρκων ή ποταμών για υδροηλεκτρικά.

Προβληματισμό επίσης δημιουργεί το γεγονός ότι για τις αιολικές μηχανές επικρατεί η άποψη ότι δεν είναι αισθητικά όμορφες στο μάτι κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους ζώων όπως μερικών πουλιών. Παρόλα αυτά, η εξέλιξη της τεχνολογίας τους και η ακόμη πιο προσεκτική επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) έχει σχεδόν δώσει ένα οριστικό τέλος σε αυτά τα προβλήματα. Επίσης, τα υδροηλεκτρικά έργα

ακούγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό με αποτέλεσμα να συμβάλλουν στην δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου.

5.2 Εμπόδια στην ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Τα κύρια εμπόδια στην ανάπτυξη των ΑΠΕ είναι τα εξής:

- ✓ Οι διαδικασίες για την απόκτηση των πιστοποιητικών από τις διάφορες Δημόσιες Υπηρεσίες είναι αρκετά χρονοβόρες και ως ένα βαθμό οφείλονται στην έλλειψη του γενικότερου χωροταξικού σχεδιασμού. Ο χωροταξικός σχεδιασμός δεν παίρνει το μέρος των αναγκαίων ειδικών μελετών που είναι απαραίτητες για τον εντοπισμό και αξιοποίηση των ενεργειακών πόρων, αλλά μπορεί να βοηθήσει αρκετά τις αρμόδιες υπηρεσίες στην χορήγηση των σχετικών πιστοποιητικών.
- ✓ Η ελάχιστη ενημέρωση των μόνιμων κατοίκων της κάθε περιοχής για την ανάγκη ανάπτυξης των ΑΠΕ, αλλά και τα βασικά αποτελέσματα των εγκαταστάσεων ΑΠΕ στο περιβάλλον, είναι ακόμη θέμα για το οποίο επίσης η ενημέρωση είναι ανεπαρκής. Στη σημερινή εποχή είναι πλέον δεδομένο ότι με τον σωστό σχεδιασμό των εγκαταστάσεων οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να μειωθούν σε πάρα πολύ μεγάλο βαθμό, καθώς ακόμη, μπορεί να υπάρξουν για τους κατοίκους της περιοχής ακόμα και οικονομικά οφέλη.
- ✓ Στην αδυναμία των υφιστάμενων τοπικών δικτύων σε κάθε περιοχή της ΔΕΗ να απορροφήσουν ολόκληρη την ισχύ που μπορούν να παράγουν τα ΑΠΕ και η ανάγκη αναβαθμίσεώς τους, η οποία είναι πολύ χρονοβόρα και δαπανηρή, όταν πρόκειται για επεκτάσεις δικτύων υψηλής τάσεως. Το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται περισσότερο στην Θράκη, την Εύβοια και την Λακωνία, όπου η συγκέντρωση μεγάλου αιολικού δυναμικού είναι αρκετά μεγάλη.

5.3 Οι προκλήσεις για την Ελληνική Ενεργειακή Πολιτική

Οι προκλήσεις για την εθνική ενεργειακή πολιτική είναι ίδιες σε αρκετά μεγάλο βαθμό με εκείνες της Ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής και αφορούν κυρίως: στην ασφάλεια ενεργειακού ανεφοδιασμού, στην σωστή και πλήρη αντιμετώπιση των ζητημάτων που προκύπτουν σχετικά με το περιβάλλον και την λύση του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής, στην αειφόρα ανάπτυξη και στην προστασία του καταναλωτή, καθώς και στη λειτουργία της εσωτερικής αγοράς ενέργειας.

Τα θέματα που πρέπει να λύσει η κάθε χώρα για την ενεργειακή της πολιτική είναι ακόμα σημαντικότερα αν συνυπολογιστούν τα αρνητικά αποτελέσματα της οικονομικής κρίσης και η αβεβαιότητα των μελλοντικών οικονομικών συγκυριών. Ταυτόχρονα, πρέπει να συνυπολογιστεί το ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αποφασίσει να εκπληρώσει ενεργειακούς στόχους όσον αφορά τη δημιουργία νέων ΑΠΕ και τη μείωση των εκπομπών Αερίων Φαινομένου Θερμοκηπίου ενώ, από το 2013 η ηλεκτροπαραγωγή πλήττεται με το συνολικό κόστος εκπομπών. Καθώς επίσης, από το 2015 πρέπει όλες οι αγορές να πληρούν τις προϋποθέσεις και τους κανόνες του «Μοντέλου Στόχου».

5.4 Η μελλοντική πορεία του Ελληνικού Ενεργειακού Συστήματος

Ο εθνικός ενεργειακός σχεδιασμός ασχολείται κυρίως με τη μείωση της εξάρτησης από την εισαγόμενη ενέργεια και την εξάρτηση από εγχώρια ενέργεια, η αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ, η επίτευξη σημαντικής ελάττωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μέχρι το 2050, όπως και η προστασία του τελικού καταναλωτή. Επίσης, η μη χρήση της πυρηνικής ενέργειας και η ελάχιστη χρήση της συλλογής και αποθήκευσης άνθρακα (CCS) είναι με τη σειρά τους τις βασικές επιλογές όσον αφορά την σχεδίαση.

Σύμφωνα με αυτό το Σχέδιο, το πλάνο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την περίοδο 2020-2050 καθώς και την πορεία μιας σειράς κύριων παραμέτρων (οικονομική δραστηριότητα ανά κλάδο, τιμές καυσίμων σε παγκόσμιο επίπεδο, τιμές CO₂, το ποσοστό χρήσης λιγνίτη, κ.α.) αποφασίστηκαν και ερευνήθηκαν τρία σενάρια με σκοπό να δημιουργηθούν και να αξιολογηθούν εναλλακτικά μέτρα και πολιτικές για την ολοκλήρωση των Εθνικών και των Ευρωπαϊκών σκοπών.

1. Το Σενάριο «Υφιστάμενων πολιτικών» (ΥΦ) λαμβάνει υπόψιν του τη συντηρητική πραγματοποίηση των πολιτικών για την ενέργεια και το περιβάλλον, υπολογίζοντας το μέτριο επίπεδο ελαχιστοποίησης των εκπομπών CO₂ μέχρι το 2050 (40% σε σχέση με το 2005) και τη μέτρια διείσδυση ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας.
2. Το Σενάριο «Μέτρων Μεγιστοποίησης ΑΠΕ» (ΜΕΑΠ) υιοθετεί την πολιτική αύξησης στο μεγαλύτερο βαθμό της διείσδυσης των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή (σε επίπεδο 100%), με απώτερο σκοπό την ελαχιστοποίηση των εκπομπών CO₂ κατά 60%-70% και ταυτόχρονη σπουδαία εξασφάλιση ενέργειας στα κτίρια και τις μεταφορές.
3. Το Σενάριο «Περιβαλλοντικών Μέτρων Ελαχίστου Κόστους» (ΠΕΚ) διαθέτει τις ίδιες αξίες με το Σενάριο ΜΕΑΠ για τις εκπομπές CO₂ αλλά λαμβάνει υπόψιν το ποσοστό των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή για την εξασφάλιση του μικρότερου επενδυτικού κόστους.

Η επερχόμενη εικόνα του ενεργειακού συστήματος σύμφωνα με τα δύο κύρια σενάρια ενεργειακής πολιτικής είναι δυνατό να συνοψισθεί στα ακόλουθα σημεία:

- Ελαχιστοποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 60%-70% έως το 2050 συγκριτικά με το 2005. Ποσοστό 85-100% ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, με την αξιοποίηση όλων των τεχνολογιών.
- Εμπορικά ώριμων τεχνολογιών. Συνολική διείσδυση ΑΠΕ σε ποσοστό 60%-70% στην ακαθάριστη τελική αξία.
- Κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2050. Σταθεροποίηση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης από τους πολίτες.
- Εξοικονόμησης ενέργειας. Μερική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω εξηλεκτρισμού των μέσων μεταφορών και αρκετά μεγαλύτερη χρήση αντλιών θερμότητας τριτογενή τομέα. Σπουδαία ελάττωση της κατανάλωσης πετρελαιοειδών.
- Ραγδαία αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων στις μεταφορές.
- Κυρίαρχο μερίδιο του ηλεκτρισμού στις επιβατικές μεταφορές μικρής απόστασης και μεγάλη αύξηση του τμήματος των μέσων σταθερής τροχιάς. Αρκετά καλύτερη ενεργειακή απόδοση όλων των κτιρίων.
- Μεγαλύτερη χρήση των εφαρμογών ΑΠΕ στον κτιριακό τομέα. Δημιουργία μονάδων αποκεντρωμένης παραγωγής και έξυπνων δικτύων.

Το αρχικό σπουδαίο πόρισμα της ανάλυσης είναι ότι η υλοποίηση των υφιστάμενων πολιτικών (Σενάριο ΥΦ) καταλήγει σε μικρή μείωση των εκπομπών CO₂ έως το 2050, που δεν είναι αρκετή για την εκπλήρωση των ευρωπαϊκών στόχων όσον αφορά την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής ούτε είναι η καλύτερη εξέλιξη του ενεργειακού τομέα. Οι σκέψεις μιας

καινούριας ενεργειακής πολιτικής (Σενάρια ΜΕΑΠ και ΠΕΚ) που έχει σημαντικό μερίδιο η υψηλή χρησιμοποίηση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας, κατορθώνουν να πετύχουν σημαντική ελάττωση των εκπομπών CO₂ (κατά 60% με 70% σε σχέση με το 2005) με ταυτόχρονη μείωση της εισαγόμενης ενέργειας όπως επίσης και της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας από εισαγωγές ορυκτών καυσίμων.

Για να δελεάσουν νέους επενδυτές όσον αφορά τις ΑΠΕ στην Ελλάδα και γενικότερα στην Ευρώπη, οι κυβερνήσεις προέβησαν σε δύο μέτρα: α) καθορισμός μιας σταθερής τιμής όσον αφορά την αγορά της παραγόμενης ενέργειας (Feed-in Tariffs - FIT) και β) την κατά προτεραιότητα απορρόφηση της από την Ημερήσια Αγορά. Ακόμα, με στόχο την εξασφάλιση της αποδοχής αυτών των επενδύσεων από τις τοπικές κοινωνίες, έγινε υποχρεωτική η απόδοση ενός τμήματος των εσόδων πώλησης απευθείας στις τοπικές κοινωνίες, λειτουργώντας οι δήμοι ως μεσολαβητές.

Η αρχική στρατηγική προκάλεσε την αύξηση του ποσοστού συμμετοχής των ΑΠΕ στην ενδοχώρα αγορά, αυτή η πολιτική έχει ως αποτέλεσμα σοβαρές διαφοροποιήσεις με επίδραση τόσο στην ευστάθεια και ασφάλεια του συστήματος της εκάστοτε χώρας όσο και στην επίτευξη της καλύτερης τιμολογιακής πολιτικής, δημιουργώντας προβλήματα τελικά τον τελικό αποδέκτη που είναι ο καταναλωτής. Θεωρώντας γνωστό ότι η αγορά των ΑΠΕ αποτελεί μια υποκατηγορία στη συνολική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, είναι σωστό ότι πριν αναφερθεί στις καινούριες τάσεις της αγοράς των ΑΠΕ, να προχωρήσει σε μια γρήγορη επισκόπηση της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, με απώτερο σκοπό να μπορέσει έπειτα να γίνει κατανοητή η σπουδαιότητα των θεσμοθετημένων αλλαγών και των προβλεπόμενων εξελίξεων σε αυτή την αγορά μαζί πάντα με την προβλεπόμενη αλλαγή προς στο καινούριο επαναστατικό μοντέλο της ηλεκτρικής αγοράς.

Κεφάλαιο 6° : Covid-19 και Ενέργεια

6.1 Αλλαγές στη ζωή μας ο COVID-19

Η χρονιά του 2020 θα μείνει αξέχαστη για τη διάδοση του COVID-19, όπου έφερε μεγάλες αλλαγές και μεταβάσεις στις ζωές πολιτών σε πολλούς διαφορετικούς τόπους του κόσμου που δημιούργησαν αρκετά μεγάλο αριθμό θανάτων. Η σπουδαιότητα του φαρμάκου είναι αναγκαία για την αποτροπή της διάδοσης του ιού. Οι υποχρεώσεις άλλων επιστημονικών πεδίων σχετίζονται με την απεικόνιση του μέλλοντος προτείνοντας τρόπους ώστε να ξαναρχίσει η παγκόσμια οικονομία. Η παγκόσμια οικονομία έχει διαλυθεί από τον ιό και χρειάζεται να παρθεί άμεση δράση ώστε να δοθεί ένα τέλος σε αυτή την πανδημία.

Είναι δεδομένο ότι μερικές φυσικές καταστροφές είναι ικανές να προκαλέσουν ανεπανόρθωτες ζημιές, αλλά η ανθεκτικότητα των κατασκευών μπορεί να ελαττώσει αυτή τη ζημιά. Πάνω σε αυτό το δεδομένο, η γνώση γίνεται δύναμη. Η νομιμοποίηση απαιτεί εξουσία και η γνώση δίνει την δυνατότητα καθοδήγησης της απάντησης σε αυτήν την πρόκληση, με τη συνεισφορά όλων των φορέων. Η μη υλοποίηση της υποδομής δημιουργεί μια αργοπορία που δεν είναι πλέον αποδεκτή από το κοινό. Η διαθεσιμότητα των υποδομών είναι αναγκαία για τη ανάπτυξη οικονομικών και κοινωνικών ευκαιριών, χωρίς να έχουν στο νου τους την προστασία του περιβάλλοντος.

Παρόλα αυτά, το κύριο κέρδος που προέρχεται από τη θετική επίδρασή τους στο περιβάλλον και την αλλαγή του κλίματος, είναι δυνατό να μειώσει την πιθανότητα νέων περιβαλλοντικών καταστροφών. Ο COVID-19 δίνει στην ανθρωπότητα την ευκαιρία να διορθώσει το όραμά της όσον αφορά τις υποδομές. Ένα μακροπρόθεσμο πλάνο είναι αναγκαίο να υπάρχει, όπου απαιτούνται δημόσιοι πόροι και δυνατές εταιρικές σχέσεις ιδιωτικού-δημόσιου τομέα για την διάδοση ρευστότητας στο οικονομικό σύστημα, στο οποίο από την κυκλική ροή του χρήματος είναι δυνατόν να μεγαλώσει η ζήτηση.

6.2 Υπάρχοντα εμπόδια στην επάρκεια παραγωγής

Τα φυσικά εμπόδια στον τομέα της ΗΕ βασίζονται κυρίως στο γεγονός ότι τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να εξισορροπούν την παραγωγή και την κατανάλωση σε κάθε δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας την κάθε χρονική στιγμή, καθώς η διακοπή της συχνότητας ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές ζημιές, όπως η καταστροφή συνδεδεμένων συσκευών ή ακόμα και την κατάρρευση ολόκληρου του συστήματος ισχύος (Kwoka and Madjarov, 2007).

Οι δυνατότητες για οικονομική αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας εξακολουθούν να είναι περιορισμένες. Οι αποκλίσεις από την αναμενόμενη καταναλωτική ζήτηση καθώς και η απροσδόκητη μη διαθεσιμότητα δυναμικού παραγωγής προκαλούν ανάγκη για βραχυπρόθεσμη διαπραγμάτευση καθώς οι αγορές spot συνήθως διαθέτουν υψηλή ρευστότητα.

Επομένως, ένας σχεδιασμός αγοράς ενέργειας χωρίς συμβόλαια αξιοπιστίας δεν μπορεί να κάνει διάκριση μεταξύ πελατών που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν για την αξιοπιστία και εκείνων που δεν είναι (Joskow and Tirole, 2007). Αυτές οι τεχνικές ιδιότητες είναι ένας λόγος για τον οποίο οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας δεν μπορούν να μεταφέρουν όλες τις πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την αξιόπιστη μακροπρόθεσμη λειτουργία και τις απαιτούμενες επενδύσεις στην υποδομή παραγωγής.

Ένα παράδειγμα για τα εμπόδια που σχετίζονται με την αγορά είναι τα ανώτατα όρια τιμών στις αγορές spot, τα οποία είναι ένα ρυθμιστικό εμπόδιο που εισάγεται για την προστασία των καταναλωτών και για την αποφυγή της κατάχρησης της ισχύος στην αγορά (Stoft, 2002). Ωστόσο, όπως οι Petit et al. (2017) επισημαίνουν ότι τα ανώτατα όρια τιμών συνήθως ορίζονται κάτω από την τιμή του χαμένου φορτίου (VoLL) για πολιτικούς λόγους και οι επενδύσεις που προκύπτουν σε δυναμικότητα παραγωγής είναι πιθανό να μην επαρκούν για να καλύψουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας ανά πάσα στιγμή. Παρόλο που είναι θεωρητικά δυνατό να καθοριστούν οι τιμές που βρίσκονται σε έλλειψη ή τα ανώτατα όρια τιμών που είναι αρκετά υψηλά, δηλαδή ίσα με το VoLL, στην πράξη θα έπρεπε πρώτα να καθοριστεί η συγκεκριμένη τιμή του, μια εργασία που συχνά περιγράφεται ως δύσκολη ή και αδύνατο να εκτελεστεί (Cramton et al., 2013· Willis and Garrod, 1997).

Ένα άλλο πρόβλημα στις τρέχουσες αγορές χονδρικής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ότι μεγάλα τμήματα της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι ανελαστικά από βραχυπρόθεσμη προοπτική. Ένα παράδειγμα είναι πως τα νοικοκυριά έχουν ένα σταθερό συντελεστή για την κατανάλωση ενέργειας σε συνδυασμό με ένα τιμολόγιο βάσης (Dütschke and Paetz, 2013). Επομένως, δεν συμμετέχουν ενεργά στην ευμετάβλητη αγορά χονδρικής ή δεν δείχνουν καμία αντίδραση ακόμη και σε δραστικές αλλαγές τιμών (Cramton και Stoft, 2005).

Ως εκ τούτου, το οριακό κόστος του βασικού φορτίου και με την αυξανόμενη ζήτηση, οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με φορτίο αιχμής καθορίζουν την τιμή της αγοράς έως ότου η συνολική ζήτηση δεν μπορεί πλέον να καλυφθεί από την υπάρχουσα δυναμικότητα παραγωγής. Για το λόγο αυτό, οι Lynch και Devine (2017) αναφέρουν ότι η επάρκεια εφοδιασμού και παραγωγής μπορεί να θεωρηθεί αδύναμη. Ο Kerpler (2017) υποστηρίζει μάλιστα ότι πολλά προβλήματα σχετικά με την ασφάλεια της προσφοράς θα μπορούσαν να λυθούν εάν η πλευρά της ζήτησης γινόταν πιο ελαστική και συμμετείχε αποτελεσματικά στην αγορά.

6.2.1 Πρόσφατες προκλήσεις

Εκτός από τα ήδη αναφερθέντα μακροχρόνια εμπόδια που υπάρχουν στις αγορές χονδρικής ηλεκτρικής ενέργειας, αρκετές πρόσφατες εξελίξεις αναβιώνουν τη συζήτηση σχετικά με τους μηχανισμούς που ανταμείβουν την παραγωγική ικανότητα. Με γνώμονα την εισαγωγή διαφόρων προγραμμάτων επιδοτήσεων, οι ΑΠΕ έχουν σημειώσει αξιοσημείωτη άνοδο. Το χαμηλό κόστος παραγωγής των ΑΠΕ έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των τιμών του ηλεκτρικού ρεύματος. (Sensfuß et al., 2008).

Οι χαμηλότερες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας με τη σειρά τους μειώνουν τις αποδόσεις της συμβατικής παραγωγής και, ταυτόχρονα, το μεγαλύτερο μερίδιο των ΑΠΕ μειώνει τους συντελεστές φορτίου των θερμικών δυναμικών. Σε συνδυασμό με την αποστολή κατά προτεραιότητα των ΑΠΕ που εφαρμόζεται σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες (Hu et al., 2017; Newbery et al., 2017), αυτή η επίδραση μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε αρνητικές τιμές (Nicolosi, 2010). Επιπλέον, η παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μειώνει την κερδοφορία των μονάδων που εξαρτώνται από την ανάκτηση του κόστους κεφαλαίου τους κατά τη διάρκεια περιορισμένου αριθμού ωρών (Kerpler, 2017).

Στην Ευρώπη, έχουν επεκταθεί πολύ οι ΑΠΕ σε συνδυασμό με αρκετούς άλλους παράγοντες. Λόγω της εξάρτησης από τις καιρικές συνθήκες, η παραγωγή φωτοβολταϊκών και αιολικής ενέργειας είναι εξαιρετικά διακοπτόμενη και ιδιαίτερα η παραγωγή ανέμου είναι δύσκολο να προβλεφθεί (Newbery, 2016b). Καθώς το επίπεδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ημι-κατανομημένο, μόνο μια μείωση είναι δυνατή (Lynch and Devine, 2017; Di Cosmo and Lynch, 2016), κατά αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μια πρόσθετη ανάγκη για ευελιξία, η οποία, για παράδειγμα, μπορεί να επιτευχθεί με την αποθήκευση μεγάλης κλίμακας ή σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με δυνατότητα γρήγορης αύξησης ή πτώσης (Pollitt and Anaya, 2016· Cepeda και Finon, 2013). Ως εκ τούτου, χωρίς περαιτέρω πρόοδο, οι διαλείπουσες ΑΠΕ δεν είναι

επί του παρόντος σε θέση να αντικαταστήσουν επαρκώς τους συμβατικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής (Hach et al., 2016; Doorman et al., 2016) και η ανάγκη για αποσπώμενη δυναμικότητα παραγωγής παραμένει υψηλή.

Επιπλέον, καθώς οι ΑΠΕ βρίσκονται συχνά μακριά από τα κέντρα ζήτησης και τις τοποθεσίες δυναμικότητας που αντικαθιστούν, οι περιορισμοί του δικτύου θα διαδραματίσουν πιο έντονο ρόλο. Οι ΑΠΕ αναφέρονται ήδη ως ο κύριος μοχλός για τη συμφόρηση του δικτύου (Bruninx et al., 2013). Στο μέλλον, η προσφορά και η ζήτηση πρέπει να εξισορροπηθούν σε διαφορετικά γεωγραφικά επίπεδα, π.χ. σε τοπικό, εθνικό ή υπερεθνικό επίπεδο.

Τέλος, οι επενδυτές αντιμετωπίζουν διαφορετικές αβεβαιότητες σχετικά με τις τιμές των καυσίμων και της ηλεκτρικής ενέργειας και το ρυθμιστικό πλαίσιο, π.χ. την απόφαση σταδιακής κατάργησης των πυρηνικών, τη μείωση των ορυκτών καυσίμων ή τους στόχους για τις εκπομπές άνθρακα. Παρόλο που η σταδιακή κατάργηση επηρεάζει την ασφάλεια του εφοδιασμού, οι Becker et al. (2016) ισχυρίζονται ότι ούτε οι πολιτικοί ούτε οι επιστήμονες συζητούν τη μείωση του επιπέδου ασφάλειας του εφοδιασμού για την επίτευξη ενός βιώσιμου και προσιτού συστήματος. Πέρα από αυτό, σε περίπτωση επενδυτικής απόφασης, η άμεση θέση σε λειτουργία της δυναμικότητας παραγωγής, ειδικά για αμφιλεγόμενες τεχνολογίες (π.χ. δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα), αποδεικνύεται άλλο ένα εμπόδιο, καθώς η διαδικασία αδειοδότησης είναι κουραστική και προσθέτει άλλο ένα στρώμα αβεβαιότητας (Doorman et al., 2016).

6.2.2 Η βέλτιστη λειτουργία των ενεργειακών αγορών και η αναγκαιότητα μηχανισμών αμοιβής δυναμικότητας

Σύμφωνα με την παρούσα κατάσταση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, παρουσιάζουν αρκετές ατέλειες (Cepeda και Finon, 2011). Στις αγορές του πραγματικού κόσμου, ένας μικρός αριθμός παραγωγών κυριαρχεί συχνά στην αγορά, με αποτέλεσμα ένα διπώλιο ή ολιγοπώλιο (π.χ. Schwenen, 2014) και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επενδύουν στρατηγικά (Grimm and Zöttl, 2013, Zöttl, 2010). Ακόμη, οι επενδυτές συνήθως αποστρέφονται τον κίνδυνο, με αποτέλεσμα να δημιουργούν λιγότερη ικανότητα από ό,τι οι επενδυτές (Neuhoff and de Vries, 2004).

Επιπλέον, οι συμμετέχοντες στην αγορά μπορεί να μην έχουν πάντα λογικές προσδοκίες και, με την παρουσία των μεγάλων αβεβαιοτήτων, π.χ., σχετικά με την εξέλιξη των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας, και των μακρών προθεσμιών για νέες επενδύσεις, οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας είναι επιρρεπείς σε επενδυτικούς κύκλους (Arango και Larsen, 2011· Ford, 2002· Olsina et al., 2006). Η εναλλαγή μεταξύ πλεονάζουσας χωρητικότητας και ελλειπούς δυναμικότητας έχει ως αποτέλεσμα αναποτελεσματικές κατανομές της αγοράς, δηλαδή, στην πρώτη περίπτωση, ασύμφορες επενδύσεις και, στη δεύτερη περίπτωση, υπερβολικό κίνδυνο περικοπής φορτίου και υψηλό κόστος για τους καταναλωτές (Réseau de transport d'électricité, 2014α). Ακόμη, οι de Vries και Hakvoort (2004) υποστηρίζουν ότι ακόμη και τα μακροπρόθεσμα συμβόλαια δεν παρέχουν λύση καθώς προσφέρουν στους καταναλωτές την ευκαιρία να κάνουν δωρεάν οδήγηση.

Οι επενδύσεις σε δυναμικό παραγωγής δεν είναι αυθαίρετα επεκτάσιμες, αλλά μάλλον λαμβάνουν διακριτές αξίες. Ο συνδυασμός με τα δραματικά χαμηλότερα έσοδα κατά τη μετάβαση από την υποεπένδυση στην υπερεπένδυση. Οι επενδυτές έχουν ισχυρά ασύμμετρα κίνητρα και, ως εκ τούτου, τείνουν να υποεπενδύουν παρά να υπερεπενδύουν.

Ορισμένες από τις πιο επικριτικές φωνές τονίζουν ότι οι ατέλειες της αγοράς, ιδίως η έλλειψη ανταπόκρισης στη ζήτηση, θα επιμένουν πάντα στις αγορές ενέργειας και θα οδηγούν στην άσκηση ισχύος στην αγορά, η οποία οδηγεί σε υψηλές κορυφές τιμών. Ως εκ τούτου, απαιτείται ένα διαφορετικό πλαίσιο ή πρόσθετα μέτρα, π.χ., CRMs, για να διασφαλιστεί αποτελεσματικά η επάρκεια παραγωγής (Cramton και Stoff, 2005· Joskow και Tirole, 2007). Άλλοι

απαντούν ότι το κύριο πρόβλημα των αγορών ενέργειας είναι η έλλειψη πολιτικής βούλησης να επιτρέψουν τις απεριόριστες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας και τις περιοδικές ελλείψεις (Besser et al., 2002· Hogan, 2005).

Ωστόσο, συχνά υποστηρίζεται ότι οι μηχανισμοί αποδοχής χωρητικότητας είναι αναποτελεσματικά και σύμφωνα με τον Ogen (2000) το λιγότερο επιθυμητό εργαλείο ή σύμφωνα με τον Hogan (2017) μόνο η τρίτη καλύτερη επιλογή για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας, με την πρώτη επιλογή να είναι η εξάλειψη των βασικών υποκείμενων αιτιών. π.χ., η παροχή κινήτρων για μια ευέλικτη ζήτηση και η δεύτερη καλύτερη επιλογή είναι μια διοικητική καμπύλη τιμών για τη χρήση της εφεδρικής ενέργειας.

Ο Wolak (2004) ισχυρίζεται ακόμη ότι η λογική για τους μηχανισμούς αποδοχής χωρητικότητας είναι ουσιαστικά μια παρακράτηση από το ρυθμιζόμενο καθεστώς του ενεργειακού τομέα που ενθαρρύνει τις υπερεπενδύσεις. Επομένως, συχνά απαιτεί ρυθμιστική παρέμβαση για τον καθορισμό μιας μη στρεβλωμένης τιμής χωρητικότητας. Σε μια πρόσφατη δημοσίευση, ο Wolak (2017) υποστηρίζει ότι η επάρκεια παραγωγής μπορεί να διασφαλιστεί με τη δημιουργία μιας αγοράς για τυποποιημένα προθεσμιακά συμβόλαια και την εντολή συμμετοχής λιανοπωλητών προκειμένου να παρέχεται επαρκής ρευστότητα. Δηλώνει ότι με αυτόν τον τρόπο μπορεί να διασφαλιστεί η επάρκεια παραγωγής με το χαμηλότερο δυνατό κόστος, καθώς η σπανιότητα αντανάκλαται στις προθεσμιακές τιμές και παρέχεται στους επενδυτές η απαραίτητη χρηματοδότηση.

Είναι προφανές ότι η αποτελεσματική κατανομή πόρων από την αγορά ενέργειας είναι ένα έργο εξαιρετικά απαιτητικό, δεδομένου του ιδιαίτερου συνδυασμού των ασυνήθιστων χαρακτηριστικών της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Ορισμένοι αναλυτές υποστηρίζουν ότι οι εξελίξεις σε μια συγκεκριμένη αγορά χρησιμεύουν ως παράδειγμα για τις εγγενείς αδυναμίες της αγοράς ενέργειας, οι υποστηρικτές όμως απαντούν ότι η αγορά δεν μπόρεσε να λειτουργήσει καλά λόγω ρυθμιστικών λαθών (Doorman et al., 2016). Πέρα από αυτό, ο Hogan (2017) δηλώνει ότι η οικονομική δυσπραγία που υπάρχει σε πολλές αγορές ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη, καθώς και στη Βόρεια Αμερική, μπορεί να αποδοθεί στην πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα. Ωστόσο, οι πρόσφατες εξελίξεις έχουν εγείρει σοβαρές αμφιβολίες για την αποτελεσματικότητα ενός ΑΠΕ, έτσι ώστε πολλοί πολιτικοί να θεωρούν απαραίτητη την εισαγωγή μηχανισμών αποδοχής χωρητικότητας.

Κεφάλαιο 7° : Επιλογές σχεδίασης αγοράς και τρέχουσα κατάσταση του πραγματικού ενεργειακού πεδίου

7.1 Γενικοί τύποι μηχανισμών

Συνήθως, οι μηχανισμοί αποδοχής χωρητικότητας έχουν σχεδιαστεί για να δίνουν κίνητρα για επενδύσεις και μ'αυτόν τον τρόπο να βελτιώνουν την επάρκεια παραγωγής, δηλαδή να αποφεύγουν καταστάσεις έλλειψης. Αυτό υλοποιείται προσφέροντας στους παρόχους χωρητικότητας εισόδημα πέρα από τα κέρδη και από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά (Hawker et al., 2017). Ωστόσο, οι μηχανισμοί ποικίλλουν στον τρόπο με τον οποίο προσδιορίζονται οι απαιτούμενες ποσότητες που παρέχονται και τις αντίστοιχες τιμές δυναμικότητας (Hach et al., 2016).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2016) κάνει διάκριση μεταξύ μηχανισμών που βασίζονται στον όγκο, για τον οποίο ορίζεται μια δυναμικότητα, επαρκής για να εγγυηθεί το επιθυμητό επίπεδο επάρκειας παραγωγής, και στη συνέχεια καταλήγει σε μια τιμή που καθορίζεται από την αγορά και μηχανισμούς με βάση τις τιμές και μεταξύ των μηχανισμών όπου το ποσό της προμήθειας καθοδηγείται με τον καθορισμό μιας τιμής στόχου.

Και οι δύο κατηγορίες μπορούν επίσης να υποδιαιρεθούν σε προσεγγίσεις σε επίπεδο αγοράς και στοχευμένες προσεγγίσεις. Ενώ οι μηχανισμοί σε όλη την αγορά παρέχουν υποστήριξη στη χωρητικότητα του συνόλου της αγοράς, οι στοχευμένοι μηχανισμοί αποσκοπούν στην υποστήριξη μόνο ενός υποσυνόλου, π.χ. νέας κατασκευής χωρητικότητας που αναμένεται να απαιτηθεί επιπρόσθετα με αυτήν που ήδη παρέχεται από την αγορά. Πιο συγκεκριμένα, μπορούν να διαφοροποιηθούν έξι διαφορετικοί τύποι μηχανισμών:

(1) Διαγωνισμός για νέα δυναμικότητα. Χορηγείται οικονομική στήριξη σε παρόχους χωρητικότητας προκειμένου να δημιουργηθεί η απαιτούμενη πρόσθετη χωρητικότητα. Είναι δυνατές διαφορετικές παραλλαγές, π.χ. χρηματοδότηση της κατασκευής νέας χωρητικότητας ή μακροπρόθεσμες συμφωνίες αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

(2) Στρατηγικό αποθεματικό. Ένα ορισμένο ποσό πρόσθετης χωρητικότητας έχει συναφθεί και διατηρείται σε αποθεματικό εκτός του EOM. Η εφεδρική χωρητικότητα λειτουργεί μόνο εάν πληρούνται συγκεκριμένες προϋποθέσεις, π.χ. έλλειψη χωρητικότητας στην αγορά spot ή διακανονισμός τιμών πάνω από μια συγκεκριμένη τιμή ηλεκτρικής ενέργειας.

(3) Στοχευμένη πληρωμή χωρητικότητας. Ένας κεντρικός φορέας ορίζει μια σταθερή τιμή που καταβάλλεται μόνο για την επιλέξιμη χωρητικότητα, π.χ. επιλεγμένους τύπους τεχνολογίας ή νεόδμητη χωρητικότητα.

(4) Κεντρικός αγοραστής. Το συνολικό ποσό της απαιτούμενης χωρητικότητας καθορίζεται από έναν κεντρικό φορέα και προμηθεύεται μέσω κεντρικής διαδικασίας υποβολής προσφορών, έτσι ώστε η αγορά να καθορίζει την τιμή. Δύο κοινές παραλλαγές του κεντρικού μηχανισμού αγοραστή περιλαμβάνουν την αγορά προθεσμιακής χωρητικότητας (Cramton and Stoft, 2005, 2006) και τις επιλογές αξιοπιστίας (Perez-Arriaga, 1999; Vázquez et al., 2001; Battle et al., 2007).

(5) Αποκεντρική υποχρέωση. Επιβάλλεται η υποχρέωση στους φορείς παροχής φορτίου να εξασφαλίσουν μεμονωμένα τη συνολική χωρητικότητα που χρειάζονται για να καλύψουν τη ζήτηση των καταναλωτών τους. Σε αντίθεση με το μοντέλο του κεντρικού αγοραστή, δεν υπάρχει κεντρική διαδικασία υποβολής προσφορών. Αντίθετα, διαπραγματεύονται μεμονωμένες συμβάσεις μεταξύ προμηθευτών ηλεκτρικής ενέργειας και παρόχων δυναμικότητας.

(6) Πληρωμές χωρητικότητας σε όλη την αγορά. Με βάση τις εκτιμήσεις του επιπέδου των πληρωμών χωρητικότητας που απαιτούνται για την προώθηση της απαιτούμενης δυναμικότητας,

καθορίζεται κεντρικά μια τιμή χωρητικότητας, η οποία στη συνέχεια καταβάλλεται σε όλους τους παρόχους χωρητικότητας στην αγορά.

7.2 Επίπτωση υψηλού μεριδίου διακοπόμενων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Ένα από τα κεντρικά ερωτήματα που σχετίζονται με τη ραγδαία επέκταση των ΑΠΕ είναι εάν επιδεινώνουν το πρόβλημα επάρκειας. Πρώτα απ' όλα, οι Cramton et al. (2013) επισημαίνουν ότι τα ανώτατα όρια τιμών που υπάρχουν στις περισσότερες ενεργειακές αγορές δεν επηρεάζονται καθώς το επίπεδο δεν μειώνεται ούτε αυξάνεται από τις ΑΠΕ. Ωστόσο, η αύξηση των ανώτατων ορίων χαμηλών τιμών μπορεί να γίνει πιο σημαντική καθώς είναι πιθανό να απαιτηθούν μεγάλες επενδύσεις σε δυναμικότητα παραγωγής και φορτίου αιχμής ως εφεδρικό για τις διακοπόμενες ΑΠΕ.

Ωστόσο, αυτό θα μπορούσε να αποφευχθεί με ένα ανώτατο όριο τιμής που ορίστηκε πολύ χαμηλό (Cepeda and Finon, 2013· Jaehnert και Doorman, 2014). Καθώς οι ΑΠΕ, λόγω του οριακού τους κόστους κοντά στο μηδέν, μπορούν να θεωρηθούν ως ανελαστική ζήτηση ως προς τις τιμές —με εξαίρεση τις περιπτώσεις όπου οι τιμές είναι αρνητικές— οι Cramton et al. (2013) υποστηρίζουν ότι οι ΑΠΕ αυξάνουν τη μεταβλητότητα και την αβεβαιότητα σχετικά με τη ζήτηση και τις τιμές της αγοράς και, ως εκ τούτου, επιδεινώνουν το πρόβλημα επάρκειας.

Ο Newbery (2017) ισχυρίζεται ότι ένα υψηλό μερίδιο διακοπόμενων ΑΠΕ από τη μία και η αβεβαιότητα σχετικά με την εξέλιξη της τιμής των δικαιωμάτων άνθρακα, από την άλλη πλευρά, πιθανότατα απαιτούν μακροπρόθεσμες συμβάσεις δυναμικότητας.

Ακόμα, σε έναν κόσμο με 100% ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι Weiss et al. (2017) υποστηρίζουν ότι μία αποκλειστικά ενεργειακή αγορά μπορεί να λειτουργήσει επαρκώς εάν οι τιμές της αγοράς λαμβάνουν υπόψη το κόστος ευκαιρίας των ευέλικτων πόρων. Ωστόσο, σε ένα τέτοιο σενάριο, οι ΑΠΕ πιθανώς εξακολουθούν να απαιτούν ειδικό μηχανισμό χρηματοδότησης. Επιπλέον, ένας μηχανισμός αποδοχής χωρητικότητας μπορεί να είναι απαραίτητο για την ελαχιστοποίηση του σχετικού κινδύνου υποεπένδυσης σε ευέλικτες ικανότητες.

7.3 Κίνητρα για ευέλικτους πόρους

Καθώς τα αυξανόμενα μερίδια των διακυμάνσεων της προσφοράς ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας γίνονται πιο έντονα, απαιτούνται ευέλικτοι πόροι (Nicolosi, 2010; Grave et al., 2012), διαχείριση από την πλευρά της ζήτησης ή επιλογές βραχυπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης αποθήκευσης που δεν έχουν ακόμη εντοπιστεί επαρκώς στο σχεδιασμό της αγοράς μέχρι σήμερα (Cepeda and Finon, 2013· Joskow, 2008). Ένας επαρκής σχεδιασμός της αγοράς πρέπει να δίνει επαρκή προσοχή σε ευέλικτους πόρους προκειμένου να αξιοποιήσει πλήρως τις δυνατότητές τους (Neuhoff et al., 2016; Weiss et al., 2017).

Προκειμένου να προσδιοριστεί με αξιοπιστία η ανάγκη και η αξία της ευελιξίας, είναι καλύτερο να συγκρίνει κανείς την αξία της ενέργειας σε έλλειψη με αυτήν σε καταστάσεις αφθονίας, η οποία εξαρτάται από την τρέχουσα κατάσταση του ηλεκτρικού συστήματος. Σε μία αποκλειστικά ενεργειακή αγορά που λειτουργεί σωστά, οι συμμετέχοντες στην αγορά εκτίθενται σε εξαιρετικά υψηλές τιμές σε περιόδους σπανιότητας ή αρνητικές τιμές σε περιόδους υπερπροσφοράς, δημιουργώντας έτσι κίνητρα για μακροπρόθεσμες επενδύσεις σε τεχνολογίες

αποθήκευσης καθώς και κίνητρα για τους καταναλωτές να αντιδράσουν άμεσα σε εξελίξεις των τιμών (Hu et al., 2017).

Για το λόγο αυτό, οι ενεργειακές αγορές μπορούν να επωφεληθούν ιδιαίτερα από την αυξημένη ευελιξία, π.χ. μέσω της ανταπόκρισης στη ζήτηση, καθώς η αγορά μπορεί στη συνέχεια να αντιδράσει σε ακραίες κορυφώσεις τιμών και οι καταναλωτές δεν εκτίθενται πλέον στην υπερβολική ισχύ στην αγορά των προμηθευτών, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για ρύθμιση ανώτατων ορίων τιμών (Schwenen, 2014).

Οι Auer και Haas (2016) υποστηρίζουν ακόμη ότι η εισαγωγή πληρωμών χωρητικότητας καταστρέφει τον ανταγωνισμό της αγοράς, πράγμα που σημαίνει ότι οι επιλογές ευελιξίας δεν θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν, αφήνοντας έτσι την ανάπτυξή τους μόνο στα χέρια της ρυθμιστικής αρχής. Παρόλο που αυτά τα θεωρητικά ευρήματα αποτελούν σαφές μειονέκτημα για τους μηχανισμούς αποδοχής χωρητικότητας, οι εμπειρικές έρευνες δείχνουν ότι οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων φαίνεται να γνωρίζουν αυτό το ζήτημα καθώς, για παράδειγμα στις ΗΠΑ, οι μηχανισμοί αποδοχής χωρητικότητας περιλαμβάνουν ρητά οικονομική υποστήριξη για ανανεώσιμους πόρους (Rious et al., 2015).

Κεφάλαιο 8ο : Η Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα

8.1 : Στατιστικά Στοιχεία για την Ευρώπη

Η ηλιακή ακτινοβολία συμβάλλει στην παραγωγή αιολικής ενέργειας με έμμεσο τρόπο. Αυτό οφείλεται στο ότι η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια τοποθεσία στην άλλη, κάτι που με τη σειρά του δημιουργεί ανέμους. Πρόκειται για ένα ήπιο είδος ενέργειας που δεν είναι επιβλαβές για το περιβάλλον και το οικοσύστημα και είναι ουσιαστικά απεριόριστο και ανεξάντλητο. Προβλέπεται ότι εάν ήταν εφικτό, με την τεχνολογία που είναι διαθέσιμη σήμερα, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το πλήρες αιολικό δυναμικό της γης, η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται σε ένα μόνο έτος θα ήταν υπερδιπλάσια από αυτή που απαιτείται από την ανθρωπότητα κατά τη διάρκεια της ίδιας χρονικής περιόδου (Αιολική Ενέργεια, ΚΟΠΕ 1998). Υπολογίζεται ότι το είκοσι πέντε τοις εκατό της επιφάνειας της γης δέχεται ανέμους που, σε ύψος δέκα μέτρων πάνω από το έδαφος, ταξιδεύουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από πέντε μέτρα ανά δευτερόλεπτο κατά μέσο όρο.

Σύμφωνα με τις διαθέσιμες πληροφορίες, το αιολικό δυναμικό της τοποθεσίας θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οικονομικά βιώσιμο μόνο όταν ο άνεμος εκεί πνέει με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή. Όταν συμβεί αυτό, οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες. Η τιμή της παραγωγής ανεμογεννητριών έχει μειωθεί δραματικά τα τελευταία χρόνια και θα μπορούσε κανείς να υποστηρίξει ότι η αιολική ενέργεια βρίσκεται επί του παρόντος στο «πρώτο» στάδιο της ανάπτυξης της επειδή μπορεί πλέον να καταστεί ανταγωνιστική των παραδοσιακών τύπων ενέργειας. Η αιολική ενέργεια έχει τη δυνατότητα να γίνει ουσιαστικός παράγοντας για την ανάπτυξη του ελληνικού κράτους, το οποίο διαθέτει ήδη ένα εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό. Από τότε που η ΔΕΗ εγκατέστησε το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο το 1982, έχουν κατασκευαστεί εγκαταστάσεις παραγωγής αιολικής ενέργειας συνολικής ισχύος άνω των 30 Μεγαβάτ στην Άνδρο, την Εύβοια, τη Λήμνο, τη Λέσβο, τη Χίο, τη Σάμο και την Κρήτη. Ο ιδιωτικός τομέας επιδεικνύει επίσης σημαντικό ενδιαφέρον για την εμπορευματοποίηση της αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα στην Κρήτη, όπου το Υπουργείο Ανάπτυξης έχει χορηγήσει άδειες εγκατάστασης νέων αιολικών πάρκων συνδυασμένης ισχύος δεκάδων μεγαβάτ (MW) (AAE, 2022).

Σύμφωνα με τη σύγχρονη έρευνα, η αιολική ενέργεια αποτελεί μία από τις διαρκώς δημοφιλέστερες και πιο ανταγωνιστικές μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

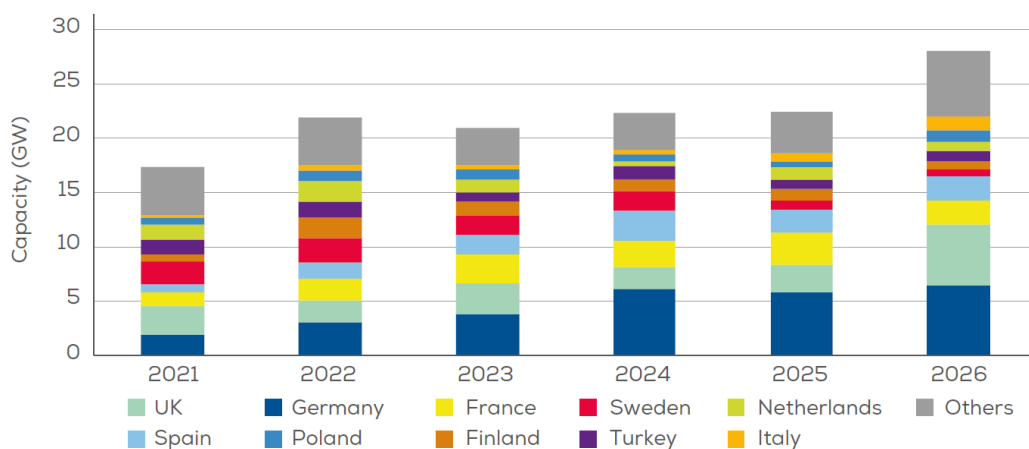
Το έτος 2021, η Ευρώπη πρόσθεσε συνολικά 17 GW νέας αιολικής ισχύος, με την ΕΕ-27 να αντιπροσωπεύει τα 11 GW από αυτό το σύνολο. Ωστόσο, ο αριθμός αυτός βρίσκεται πολύ μακριά από το ποσοστό στο οποίο θα έπρεπε να φτάσει η ΕΕ για να παραμείνει σε τροχιά επίτευξης των στόχων της για το κλίμα και την ενέργεια έως το έτος 2030.

Στην Ευρώπη, οι χερσαίες αιολικές εγκαταστάσεις αποτελούσαν το 81% του συνολικού αριθμού νέων αιολικών εγκαταστάσεων το 2017. Τα περισσότερα χερσαία αιολικά πάρκα κατασκευάστηκαν στη Σουηδία, τη Γερμανία και την Τουρκία. Λόγω του γεγονότος ότι είναι υπεύθυνα για την πλειονότητα των νέων υπεράκτιων αιολικών έργων, το Ηνωμένο Βασίλειο είχε τις περισσότερες συνολικά νέες αιολικές εγκαταστάσεις. Η αιολική ισχύς στην Ευρώπη ανέρχεται πλέον στα 236 GW.

Κατά τα έτη 2022 έως 2026, αναμένεται ότι η Ευρώπη θα κατασκευάσει νέα αιολικά πάρκα αξίας 116 GW. Αυτές οι πρόσθετες επεκτάσεις χωρητικότητας θα αποτελούνται από χερσαία αιολική ενέργεια σε έκταση τριών τετάρτων. Αναμένεται ότι η ΕΕ-27 θα κατασκευάσει κατά μέσο όρο 18 GW νέων αιολικών πάρκων μεταξύ των ετών 2022 και 2026. Προκειμένου να

εκπληρώσει τον νέο στόχο 40% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που έχει τεθεί για την ΕΕ, πρέπει να προσθέτει κατά μέσο όρο 32 GW κάθε χρόνο (Windflix, 2022).

Το ακόλουθο διάγραμμα απεικονίζει τις νέες και τις μελλοντικές εγκαταστάσεις μονάδων παραγωγής αιολικής ενέργειας ανά Ευρωπαϊκό κράτος, επιτρέποντας να γίνει κατανοητή η σημασία των επόμενων ετών για τον κλάδο:



Διάγραμμα 1: Εγκαταστάσεις Μονάδων Παραγωγής Αιολικής Ενέργειας στην Ευρώπη ανά κράτος 2021-2026

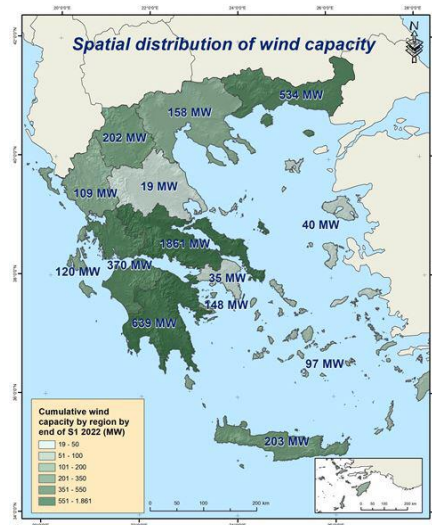
Παρακάτω, απεικονίζεται το διάγραμμα καταγραφής των ετήσιων επενδύσεων σε εγκαταστάσεις μονάδων παραγωγής αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη κατά τα τελευταία δέκα έτη:



Source: WindEurope

Διάγραμμα 2: Εγκαταστάσεις Μονάδων Παραγωγής Αιολικής Ενέργειας στην Ευρώπη 2012-2021

Εικόνα 1: Χάρτης κατανομής αιολικής ισχύος στην Ελλάδα ανά περιφέρεια



8.2 Στατιστικά στοιχεία για την Ελλάδα

Στο κλείσιμο του Ιουνίου 2022, η συνολική αιολική ισχύς στην Ελλάδα μετρήθηκε στα 4.534 μεγαβάτ (MW). Αυτό είναι το συμπέρασμα που μπορεί να συναχθεί από τις Στατιστικές Αιολικής Ενέργειας που δημοσιεύονται σε εξαμηνιαία βάση η Ελληνική Επιστημονική Εταιρεία Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ).

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία, κατά το πρώτο εξάμηνο του 2022, υπήρχαν συνολικά 28 νέες ανεμογεννήτριες που συνδέθηκαν με το δίκτυο και η συνδυασμένη ισχύς εξόδου τους ήταν 83,1 MW. Αυτό το μέγεθος δεν διαφέρει σημαντικά από τη χωρητικότητα που προστέθηκε το δεύτερο εξάμηνο του 2021. Ωστόσο, είναι τρεις φορές μικρότερη από τη χωρητικότητα που είχε εγκατασταθεί το πρώτο εξάμηνο του προηγούμενου έτους.

Σύμφωνα με την Ένωση, η υποτονική ανάπτυξη τα δύο τελευταία εξάμηνα μπορεί να αποδοθεί στην αύξηση της γραφειοκρατίας και των διοικητικών φραγμών που καθυστερούν τις επενδύσεις, καθώς και στην αύξηση του χρόνου που απαιτείται για την εκτέλεση των έργων.

Από την άλλη πλευρά, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μέχρι τα τέλη Ιουνίου 2022, υπήρχαν πάνω από 650 MW νέων αιολικών πάρκων που βρίσκονταν σε διαδικασία κατασκευής. Η συντριπτική πλειοψηφία αυτών των αιολικών πάρκων αναμένεται να συνδεθεί στο δίκτυο εντός του επόμενου έτους.

Σε επίπεδο Περιφερειών, η Στερεά Ελλάδα βρίσκεται στην κορυφή των αιολικών εγκαταστάσεων αφού περιλαμβάνει 1 861 MW (41%) και ακολουθεί η Πελοπόννησος με 639 MW (14%) και η Ανατολική Μακεδονία – Θράκη όπου βρίσκονται 534 MW (12%) (Voria, 2022)

Σχετικά με τους επιχειρηματικούς ομίλους, στην κορυφή κατατάσσονται:

- ✓ η ΤΕΡΝΑ Ενεργειακή με 703 MW (15,5%)
- ✓ ο ΕΛΛΑΚΤΩΡ με 482 MW (10,6%)
- ✓ η ENEL Green Power με 368 MW (8,1%)
- ✓ η Iberdrola Rokas με 304 MW (6,7%) και
- ✓ η Total Eren με 250 MW (5,5%)

Κατά το Α' εξάμηνο 2022 ολοκλήρωσαν αιολικά πάρκα και τα συνέδεσαν στο ελληνικό δίκτυο αιολικής ενέργειας:

- ✓ η Iberdrola Rokas (33,6MW)
- ✓ η Elica του ομίλου Κοπελούζου (20,7MW)
- ✓ η Cubico (12MW)
- ✓ και άλλοι μικρότεροι επενδυτές.
- ✓ (Voria, 2022)

8.3 Στατιστική έρευνα: Η κατανάλωση ενέργειας και η στάση απέναντι στην αιολική ενέργεια των Ελλήνων καταναλωτών

Για την παρούσα έρευνα αξιοποιήθηκε η μέθοδος της ποσοτικής έρευνας με ερωτηματολόγια και της στατιστικής ανάλυσης του δείγματος που προέκυψε από την έρευνα. Χρησιμοποιήθηκε πρωτότυπο ερωτηματολόγιο 10 ερωτήσεων που διανεμήθηκε διαδικτυακά, μέσω google forms και συμπληρώθηκε ανώνυμα από εθελοντές. Το δείγμα αποτέλεσαν άτομα ηλικίας 18-62 ετών, με ένα ποσοστό 56% να βρίσκεται στην ηλικιακή ομάδα 35-50 ετών. Ο αριθμός των συμπληρωμένων ερωτηματολογίων ανήλθε στα 43, με την πλειοψηφία των συμμετεχόντων (59%) να είναι γυναίκες, με μισθό μεταξύ 700-1300€ (52%) και μορφωτικό επίπεδο αποφοίτου δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (72%). Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για τους σκοπούς της έρευνας και τη διατήρηση της ανωνυμίας τους. Τα ερευνητικά ερωτήματα τα οποία τέθηκαν είναι τα ακόλουθα:

- Ποια η μέση μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος των συμμετεχόντων;
- Σε τι ποσοστό είναι ενημερωμένοι οι καταναλωτές σχετικά με τη χρήση αιολικής ενέργειας;
- Σε τι ποσοστό οι καταναλωτές θα ήταν πρόθυμοι να επενδύσουν στην αιολική ενέργεια;

8.4 Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τις απαντήσεις του δείγματος σχετικά με τη μέση μηνιαία κατανάλωση ρεύματος εκ μέρους τους, προέκυψαν τα ακόλουθα στοιχεία:

Πίνακας 1: Μέση μηνιαία κατανάλωση ρεύματος

Μέση κατανάλωση ρεύματος μηνιαίως σε KW	Πληθυσμός (43 ενήλικες Έλληνες καταναλωτές)
Μέσος όρος	324
Διάμεσος	320
Δεσπόζουσα τιμή	300
Τυπική απόκλιση	39
Διακύμανση	1523
Εύρος	120
Ελάχιστο	270
Μέγιστο	390
Λοξότητα	0,44
Κυρτότητα	-1,16

Value	Frequency
270	3 (6.9767441860465%)
280	5 (11.627906976744%)
300	12 (27.906976744186%)
320	6 (13.953488372093%)
324	3 (6.9767441860465%)
360	3 (6.9767441860465%)
365	3 (6.9767441860465%)
380	3 (6.9767441860465%)
390	5 (11.627906976744%)

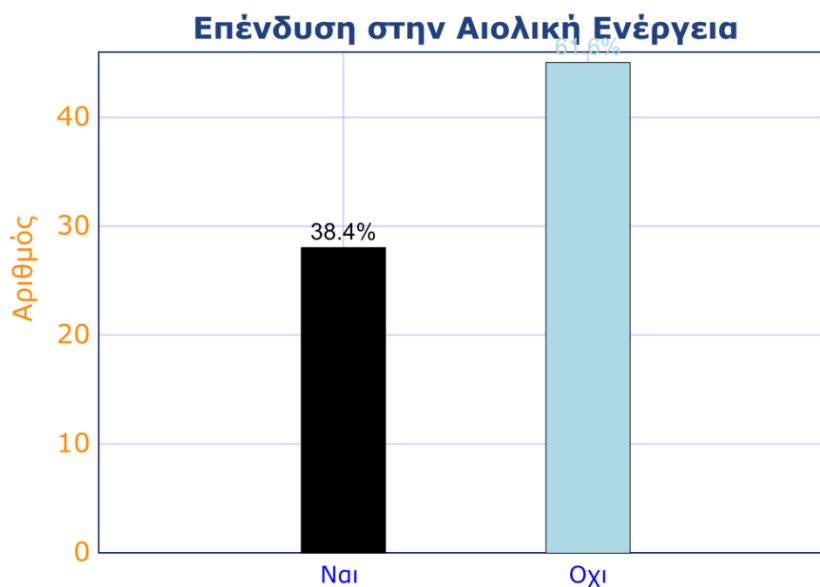
Η παρούσα έρευνα, αν και περιλαμβάνει ένα σχετικά μικρό στατιστικό δείγμα, έρχεται σε συμφωνία με αντίστοιχα στοιχεία των επίσημων στατιστικών για την Ελλάδα, σύμφωνα με τα οποία η KW ανά ελληνικό νοικοκυριό κυμαίνονται στις 300-400 KW μηνιαίως. Σχετικά με την ενημέρωση των καταναλωτών για την αιολική ενέργεια, τα αποτελέσματα εικονίζονται στον ακόλουθο πίνακα παρουσίασης των αποτελεσμάτων των ερωτήσεων που αξιολογήθηκαν μέσω της κλίμακας Likert (1-5):

Πίνακας 2: Ενημέρωση μέσου καταναλωτή σχετικά με την αιολική ενέργεια

Ερωτήματα	Καθόλου	Λίγο	Μέτρια	Πολύ	Πάρα πολύ
Είμαι ενημερωμένος για την προέλευση του ρεύματος που καταναλώνω	28	2	7	3	3
Γνωρίζω τι είναι η αιολική ενέργεια	5	13	10	10	5
Αναγνωρίζω τη σημασία της στροφής της Ελλάδας στην αιολική ενέργεια	6	10	10	6	11
Γνωρίζω τις ευρωπαϊκές εξελίξεις σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	18	10	10	2	3

Όπως προκύπτει από τον πίνακα παραπάνω, οι περισσότεροι συμμετέχοντες γνωρίζουν το είναι η αιολική ενέργεια, χωρίς όμως να γνωρίζουν την προέλευση του ρεύματος που καταναλώνουν και χωρίς να γνωρίζουν τις ευρωπαϊκές εξελίξεις σχετικά με την αιολική ενέργεια. Ωστόσο, φαίνεται πως στην πλειοψηφία τους αναγνωρίζουν τη σημασία της στροφής της Ελλάδας στην αιολική ενέργεια.

Στο παρακάτω διάγραμμα, καταγράφονται οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στο ερώτημα αν θα επένδυαν ή όχι στην αιολική ενέργεια:

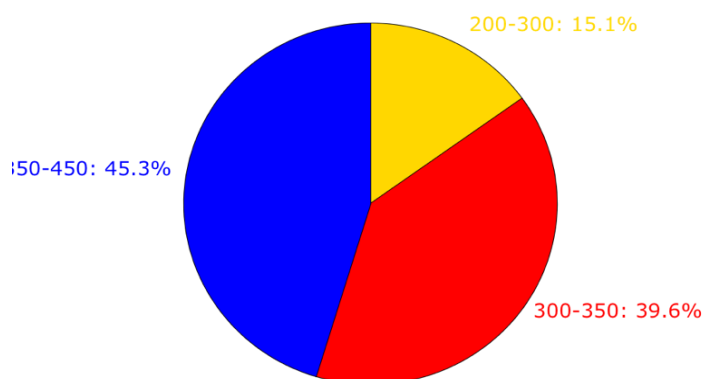


Διάγραμμα 3: Θα επενδύατε στην αιολική ενέργεια;

Όπως προκύπτει, ένα σημαντικό ποσοστό του δείγματος δήλωσε ότι δε θα επένδυε στην αιολική ενέργεια. Παρά το γεγονός ότι σύμφωνα με τη ανασκόπηση ερευνών μία τέτοια επένδυση θα ήταν προσοδοφόρα, ενδεχομένως η άγνοια των συμμετεχόντων για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η παρερμηνεία στην ανάλυση των συνεπειών της ενεργειακής κρίσης να αποτελούν αίτια του αποτελέσματος.

Με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα τα οποία τέθηκαν στη συγκεκριμένη έρευνα προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα. Σχετικά με την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας, η μέσα κατανάλωση απεικονίζεται στο ακόλουθο διάγραμμα:

Μέση κατανάλωση σε KW



Διάγραμμα 4: Μέση κατανάλωση σε KW

Όπως προκύπτει, η ισχυρή πλειοψηφία ανέρχεται στο 85% του δείγματος καταναλώνει κατά μέσο όρο 300-400 KW ρεύματος ημερησίως. Στο παρακάτω διάγραμμα, απεικονίζεται ο αριθμός των νοικοκυριών στην Ελλάδα σύμφωνα με την τελευταία απογραφή από την ΕΛΣΤΑΤ

Σύνολο	4.134.540
1 μέλος	1.061.547
2 μέλη	1.218.466
3 »	817.921
4 »	726.554
5 »	209.569
6 »	68.602
7 »	20.273
8 »	7.511
9 μέλη	1.881
10 μέλη και άνω	2.216



Διάγραμμα 5: Ελληνικά Νοικοκυριά κατά αριθμό μελών

Πολλαπλασιάζοντας τον μ.ο του δείγματος (324KW ανά μήνα) με τον αριθμό του συνόλου των νοικοκυριών στην ελληνική επικράτεια προκύπτει το ποσό 133.959 GW, μόνο για τις ανάγκες των νοικοκυριών, δηλαδή χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι ανάγκες των επιχειρήσεων, των δημόσιων υποδομών, των ιδρυμάτων κτλ.

Κατά συνέπεια, αν και η Ελλάδα αποτελεί μία μικρή χώρα, έχει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες, οι οποίες καθιστούν κρίσιμες τις προσπάθειες στροφής σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, με στόχο την εξασφάλιση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου μέρους των αναγκών.

Ωστόσο, εκτός από την κατανάλωση ανά νοικοκυριό, η οποία εξετάζεται και από άλλες έρευνες, μεγαλύτερης κλίμακας, στόχος της παρούσας έρευνας ήταν να εξετάσει τη στάση των Ελλήνων καταναλωτών απέναντι στην αιολική ενέργεια. Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκε αν γνωρίζουν από τι είδους πηγές ενέργειας προέρχεται το ρεύμα που καταναλώνουν, αν γνωρίζουν σχετικά με την αιολική ενέργεια και αν προτίθενται να επενδύσουν σε αυτή αλλά και να προτιμήσουν μία επιχείρηση που τη χρησιμοποιεί.

Αν και όπως προέκυψε από τον πίνακα 2 οι Έλληνες καταναλωτές δεν είναι επαρκώς ενημερωμένοι σχετικά με την αιολική ενέργεια και δεν γνωρίζουν πως καλύπτονται οι ενεργειακές τους ανάγκες, στο ερώτημα αν θα υποστήριζαν μία επιχείρηση που αξιοποιεί ανανεώσιμες πηγές ενέργειας απάντησαν θετικά σε μία σημαντική πλειοψηφία. Οι απαντήσεις τους απεικονίζονται κάτωθι:

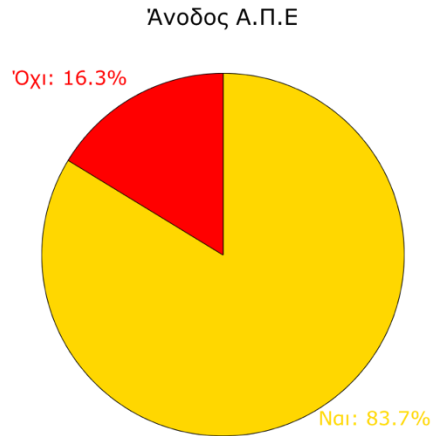


Διάγραμμα 6: Θα υποστηρίζατε μία επιχείρηση που παρέχει ενέργεια προερχόμενη από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας;

Το στοιχείο αυτό είναι εξαιρετικά σημαντικό, καθώς αποτελεί ένα ισχυρό κίνητρο ενίσχυσης των δράσεων των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στον τομέα της ενέργειας αλλά και ένα κίνητρο για επιχειρήσεις να στραφούν στην κατεύθυνση αυτή. Η ευαισθητοποίηση του πληθυσμού μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην προσπάθεια της Ελλάδας να καταστεί ενεργειακά αυτόνομη και να προσπαθήσει για ένα βιώσιμο μέλλον.

Αν και οι ίδιοι οι καταναλωτές δήλωσαν ότι δεν θα επένδυαν στην αιολική ενέργεια σε ποσοστό άνω του 60%, οι ίδιοι υποστήριξαν ότι βλέπουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να αποτελούν σημαντικό μέρος της αγοράς ενέργειας στην επόμενη δεκαετία, σε ποσοστό 83%:

Διάγραμμα 7: Θα υπάρξει άνοδος των Α.Π.Ε έως το 2030;



Τέλος, οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν αν θεωρούν ότι το μέλλον της αιολικής ενέργειας θα κριθεί από πολιτικές αποφάσεις ή την ιδιωτική αγορά και φάνηκαν αρκετά διχασμένοι, όπως προκύπτει στο ακόλουθο διάγραμμα:



Διάγραμμα 8: Η στροφή στην αιολική ενέργεια είναι πολιτική ή οικονομική υπόθεση

Οι πολιτικές αποφάσεις της Ε.Ε. καθώς και η σύγχρονη ενεργειακή κρίση λόγω του πολέμου Ουκρανίας-Ρωσίας αποτελούν ισχυρές αποδείξεις ότι η πολιτική επηρεάζει τα ενεργειακά ζητήματα. Ωστόσο, εξαιρετικά σημαντικός είναι ο ρόλος των επιχειρήσεων ιδιωτικών συμφερόντων, που εντέλει διαμορφώνουν την αγορά προς το συμφέρον τους. Συνεπώς, το δείγμα φάνηκε διχασμένο.

Η παραπάνω έρευνα αποτέλεσε μία προσπάθεια διερεύνησης της μέσης κατανάλωσης και της στάσης των Ελλήνων καταναλωτών απέναντι στην αιολική ενέργεια. Είναι σημαντικό αντίστοιχες έρευνες να πραγματοποιηθούν σε ευρεία κλίμακα, ούτως ώστε να παρέχεται ανατροφοδότηση στις επιχειρήσεις αλλά και κίνητρο για προώθηση σε στοχευμένες αγορές. Ανεξάρτητα από τα συμφέροντα, οικονομικά και πολιτικά, η στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελεί μία αναγκαιότητα για την αυτονομία των λαών και την βιωσιμότητα του περιβάλλοντος.

Συμπεράσματα

Οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας είναι από πολλές απόψεις παρόμοιες με τις περισσότερες άλλες αγορές. Ωστόσο, απαιτούν ένα συγκεκριμένο ρυθμιστικό πλαίσιο λόγω μιας σειράς ιδιαιτεροτήτων όπως τα φυσικά χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής ενέργειας εμπορευμάτων, η ανελαστική ασταθής ζήτηση και το πρόβλημα της έλλειψης χρημάτων. Παραδοσιακά ορυκτά καύσιμα, πετρέλαιο, άνθρακας και φυσικό αέριο τροφοδοτούν την παγκόσμια οικονομία τον τελευταίο αιώνα, αλλά αυτό έχει τις επιπτώσεις του και τους κινδύνους του. Η εξασφάλιση επαρκούς εφοδιασμού ορυκτών καυσίμων από πλούσιες σε ενέργεια, αλλά συχνά πολιτικά ασταθείς περιοχές είναι μια πρόκληση που απαιτεί σημαντικές προσπάθειες, καθώς οι επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου μεγαλώνουν και εντείνονται οι κίνδυνοι της κλιματικής αλλαγής.

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και της ανάπτυξης τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση της έντασης των εκπομπών της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ την ίδια στιγμή απαιτείται και μελλοντική εξασφάλιση ενέργειας για έναν συνεχώς αναπτυσσόμενο κόσμο. Όμως, το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα επεκτείνεται αργά. Τεράστιες επενδύσεις απαιτούνται για νέες υποδομές, και οι νέοι επενδυτές και οι πηγές χρηματοδότησης είναι απαραίτητοι για την ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών σε μεγαλύτερη κλίμακα. Καθώς οι κάθε είδους επενδύσεις συνδέονται άρρηκτα με την οικονομική βιωσιμότητα του έργου και την κερδοφορία από πλευράς επενδυτών η εμφάνιση του κινδύνου είναι αναπόφευκτη.

Η ορθή διαχείριση του κινδύνου είναι ζωτικής σημασίας για να προσελκύσει το απαραίτητο κεφάλαιο, και οι πλήρως ανεπτυγμένες λύσεις μεταφοράς χρηματοοικονομικών κινδύνων θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση των υπόλοιπων μέτρων διαχείρισης του κινδύνου. Η ασφάλεια έχει τη δυνατότητα να αμβλύνει ορισμένους από τους κινδύνους που σχετίζονται με τα περιουσιακά στοιχεία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ο κίνδυνος της παραγωγής ο οποίος συνδέεται άμεσα με τις επιπτώσεις των δυσμενών καιρικών συνθηκών.

Η προώθηση της τεχνολογίας, η διαχείριση κινδύνων και η εφαρμογή νέων τεχνικών, η ήδη υπάρχουσα και αποδοτική ασφάλιση προϊόντων, θα διευκολύνουν τις απαραίτητες επενδυτικές αποφάσεις για την ανάπτυξη και την καινοτομία στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Για αυτό το λόγο, κάθε επενδυτής πρέπει να είναι σωστά και ολοκληρωμένα ενημερωμένος για τους επερχόμενους κινδύνους και τα όργανα τα οποία διαθέτει για τη σωστή αντιμετώπιση, το μετριασμό τους με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη ανάπτυξη των επενδύσεων ΑΠΕ τόσο στην Ελλάδα όσο και στις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες.

Αναλύοντας τη μορφή και την εξέλιξη των ανανεώσιμων τόσο στην Ελλάδα όσο και σε κάποιες ενδεικτικές χώρες της Ευρώπης παρατηρήθηκε ότι έχει ξεκινήσει η ενεργειακή ανεξαρτησία και η απεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα, ωστόσο η προσπάθεια που καταβάλλουν πρέπει να γίνει πιο δραστική αν επιδιώκουν την πλήρη απεξάρτηση από αυτά. Όσον αφορά την υφιστάμενη τιμολογιακή πολιτική, τα καθεστώτα και οι μηχανισμοί στήριξης διαμορφώνονται σύμφωνα με τις ανάγκες και τις προδιαγραφές της κάθε χώρας.

Ωστόσο, οι συνεχείς πολιτικές εξελίξεις που εμφανίζονται στο προσκήνιο αναδιαμορφώνουν τις τιμολογιακή πολιτική προώθησης (δημοσιονομικό έλλειμμα, αναπροσαρμογή τιμολογιακής πολιτικής, κτλ.). Στόχος είναι πάντα βέβαια η αναπροσαρμογή της τιμολογιακής πολιτικής, να γίνεται προς όφελος των επενδυτών-καταναλωτών. Μετά από τη σύγκριση των επενδύσεων σε Ελλάδα και Ευρώπη, είναι εμφανές ότι παρά τις οποιεσδήποτε προσαρμογές στους νόμους ή την τιμολογιακή πολιτική οι επενδύσεις σε φωτοβολταϊκά και αιολικά ήταν και παραμένουν επικερδείς.

Σήμερα το κόστος από ανανεώσιμες είναι μεγαλύτερο από το κόστος της ενέργειας που προέρχεται από συμβατικές μορφές, ωστόσο η αποκλιμάκωση των εγγυημένων τιμών σε συνδυασμό με την αποκλιμάκωση του κόστους επένδυσης διατηρεί τις επενδύσεις σταθερές. Οι

επενδύσεις σε Γερμανία παρουσιάζουν μεσαία επίπεδα απόδοσης λόγω των κλιματικών συνθηκών και των όχι υψηλών εγγυημένων τιμολογίων.

Αντίθετα στην Ελλάδα τα υψηλά τιμολόγια και οι ευνοϊκότερες κλιματικές συνθήκες συντελούν σε μεγαλύτερη απόδοση της επένδυσης. Ωστόσο, δεδομένων των στατιστικών, η Γερμανία βρίσκεται στη πρώτη θέση της εγκατεστημένης ισχύς σε αιολικά και φωτοβολταϊκά με την Ελλάδα να χάνει τις πρώτες θέσεις λόγω των πολύπλοκων διαδικασιών που απαιτούνται για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων έργων σε σχέση με την ασφάλεια που προσφέρουν άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Κοινό στοιχείο της πολιτικής όλων των ευρωπαϊκών χωρών είναι η ασφάλεια που παρέχουν για την απόδοση της επένδυσης με εγγυημένα τιμολόγια για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Επίσης, όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά μειώνονται και οι κίνδυνοι και οι αβεβαιότητες καθώς τα συστήματα είναι πλέον πιο τυποποιημένα.

Βιβλιογραφία

- ACER, 2013. Capacity remuneration mechanisms and the internal market for electricity. Agency for the Cooperation of Energy Regulators.
- Ahmad, S., Tahar, R. M., Muhammad-Sukki, F., Munir, A. B., and Rahim, R. A., 2016. Application of system dynamics approach in electricity sector modelling: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56:29–37.
- Ahmed, S., King, A. J., and Parija, G., 2003. A multi-stage stochastic integer programming approach for capacity expansion under uncertainty. *Journal of Global Optimization*, 26(1):3–24.
- Aïd, R., 2010. Long-term risk management for utility companies: the next challenges. *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, 13(04):517–535.
- Aïd, R. A review of optimal investment rules in electricity generation. In *Quantitative Energy Finance*, pages 3–40. Springer, 2014.
- Alagappan, L., Orans, R., and Woo, C.-K., 2011. What drives renewable energy development? *Energy Policy*, 39(9):5099–5104.
- Arango, S., 2007. Simulation of alternative regulations in the Colombian electricity market. *Socio-Economic Planning Sciences*, 41(4):305–319.
- Arrow, K. and Lind, R. C., 1970. Uncertainty and the evaluation of public investment decisions. *American Economic Review*, 60(3):364–78.
- Arrow, K. J., 1970. Essays in the theory of risk-bearing. Arrow, K. J., 1971. The theory of risk aversion. *Essays in the theory of risk-bearing*, pages 90–120.
- Arrow, K. J. and Fisher, A. C. Environmental preservation, uncertainty, and irreversibility. In *Classic Papers in Natural Resource Economics*, pages 76–84. Springer, 1974.
- Arrow, K. J., 1965. Aspects of the theory of risk-bearing. *Yrjö Jahanssonin Säätiö*.
- Arthur, W. B., Durlauf, S. N., and Lane, D. A., 1997. The economy as an evolving complex system II, volume 28. Addison-Wesley Reading, MA.
- Assili, M., DB, M. H. J., and Ghazi, R., 2008. An improved mechanism for capacity payment based on system dynamics modeling for investment planning in competitive electricity environment. *Energy Policy*, 36(10):3703–3713.
- Awerbuch, S., Dillard, J., Mouck, T., and Preston, A., 1996. Capital budgeting, technological innovation and the emerging competitive environment of the electric power industry. *Energy Policy*, 24(2):195–202.

Aalami, H.A., Moghaddam, M.P., Yousefi, G.R., 2010. Demand response modeling considering interruptible/curtailable loads and capacity market programs. *Appl. Energy* 87, 243–250.

Abani, A.O., Hary, N., Rious, V., Sagan, M., 2018. The impact of investors' risk aversion on the performances of capacity remuneration mechanisms. *Energy Policy* 112, 84–97. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.008>.

Abani, A.O., Hary, N., Sagan, M., Rious, V., 2016. Risk aversion and generation adequacy in liberalized electricity markets: benefits of capacity markets. 2016 13th International Conference on the European Energy Market (EEM). pp. 1–5. <https://doi.org/10.1109/EEM.2016.7521264>.

ACER, CEER, 2017. Annual Report on the Results of Monitoring the Internal Electricity and Gas Markets in 2016: Electricity Wholesale Markets Volume.

Arango, S., Larsen, E., 2011. Cycles in deregulated electricity markets: empirical evidence from two decades. *Energy Policy* 39, 2457–2466. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.010>.

Assili, M., Javidi, D.B., Hossein, M., Ghazi, R., 2008. An improved mechanism for capacity payment based on system dynamics modeling for investment planning in competitive electricity environment. *Energy Policy* 36, 3703–3713. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.06.034>.

Auer, H., Haas, R., 2016. On integrating large shares of variable renewables into the electricity system. *Energy* 115, 1592–1601. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.05.067>.

Ausubel, L.M., Cramton, P., 2010. Using forward markets to improve electricity market design. *Util. Policy* 18, 195–200. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2010.05.004>

Babcock, B. A., Choi, E. K., and Feinerman, E., 1993. Risk and probability premiums for CARA utility functions. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, pages 17–24.

Babiker, M., Gurgel, A., Paltsev, S., and Reilly, J., 2009. Forward-looking versus recursive-dynamic modeling in climate policy analysis: A comparison. *Economic Modelling*, 26(6):1341–1354.

Babrowski, S., Heffels, T., Jochem, P., and Fichtner, W., 2014. Reducing computing time of energy system models by a myopic approach. *Energy Systems*, 5(1):65–83.

Baker, H. K., Dutta, S., and Saadi, S., 2011. Management views on real options in capital budgeting. *Journal of Applied Finance*, 21(1).

Barlas, Y., 1989. Multiple tests for validation of system dynamics type of simulation models. *European journal of operational research*, 42(1):59–87.

Battle, C. and Rodilla, P., 2010. A critical assessment of the different approaches aimed to secure electricity generation supply. *Energy Policy*, 38(11):7169–7179.

Battle, C. and Rodilla, P., 2013. An enhanced screening curves method for considering thermal cycling operation costs in generation expansion planning. *IEEE transactions on power systems*, 28(4):3683–3691.

Battle, C., Pérez-Arriaga, I. J., and Zambrano-Barragán, P., 2012. Regulatory design for RES-E support mechanisms: Learning curves, market structure, and burden-sharing. *Energy Policy*, 41:212–220.

Bellman, R. E. and Dreyfus, S. E., 1962. *Applied Dynamic Programming*. RAND Corporation.

Benhmad, F. and Percebois, J., 2015. Wind power feed-in impact on electricity prices in Germany 2009-2013. *The European Journal of Comparative Economics*, 13(1):81–96.

Biezma, M. and San Cristobal, J., 2006. Investment criteria for the selection of cogeneration plants – A state of the art review. *Applied Thermal Engineering*, 26(5): 583–588.

Bohm-Bawerk, E., 1890. Capital and interest. *History of Economic Thought Books*.
Boiteux, M., 1949. De la tarification des pointes de demande. *Revue générale de l'électricité*, pages 321–340.

Bompard, E., Huang, T., Wu, Y., and Cremenescu, M., 2013. Classification and trend analysis of threats origins to the security of power systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 50:50–64.

Borenstein, S. and Bushnell, J., 2015. The US electricity industry after 20 years of restructuring. Technical report, National Bureau of Economic Research.

Botterud, A., 2003. Long-term planning in restructured power systems. PhD thesis, Carnegie Mellon University.
Bower, J. and Bunn, D., 1999. A model-based comparison of pool and bilateral market mechanisms for electricity trading. London Business School.

Bradfield, R., Wright, G., Burt, G., Cairns, G., and Van Der Heijden, K., 2005. The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning. *Futures*, 37(8):795–812.

Branger, F., Lecuyer, O., and Quirion, P., 2015. The european union emissions trading scheme: should we throw the flagship out with the bathwater? *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 6(1):9–16.

Brohé, A. and Burniaux, S., 2015. The impact of the EU ETS on firms' investment decisions: evidence from a survey. *Carbon Management*, 6(5-6):221–231.

Buckland, R. and Fraser, P., 2001. Political and regulatory risk: Beta sensitivity in UK electricity distribution. *Journal of Regulatory Economics*, 19(1):5–25.

Bunn, D. W. and Larsen, E. R., 1992. Sensitivity of reserve margin to factors influencing investment behaviour in the electricity market of England and Wales. *Energy policy*, 20(5):420–429.

Bunn, D. W. and Larsen, E. R., 1994. Assessment of the uncertainty in future UK electricity investment using an industry simulation model. *Utilities Policy*, 4(3):229– 236.

Bunn, D. W. and Oliveira, F. S., 2001. Agent-based simulation-an application to the new electricity trading arrangements of England and Wales. *IEEE transactions on Evolutionary Computation*, 5(5):493–503.

Bunn, D. W., Larsen, E. R., and Vlahos, K., 1993. Complementary modelling approaches for analysing several effects of privatization on electricity investment. *Journal of the Operational Research Society*, pages 957–971. Bushnell, J., 2005. Electricity resource adequacy: matching policies and goals. *The Electricity Journal*, 18(8):11–21.

Bushnell, J., 2010. Building blocks: Investment in renewable and non-renewable technologies. *Harnessing Renewable Energy in Electric Power Systems: Theory, Practice, Policy*. Washington.

Bushnell, J. B., Mansur, E. T., and Saravia, C., 2008. Vertical arrangements, market structure, and competition: An analysis of restructured US electricity markets. *The American Economic Review*, 98(1):237–266.

Bajo-Buenestado, R., 2017. Welfare implications of capacity payments in a pricecapped electricity sector: a case study of the Texas market (ERCOT). *Energy Econ.* 64, 272–285. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.03.026>.

Banal-Estanol, A., Ottaviani, M., 2006. Mergers with product market risk. *J. Econ. Manag. Strateg.* 15, 577–608. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9134.2006.00111.x>.

Battle, C., Pérez-Arriaga, I.J., 2008. Design criteria for implementing a capacity mechanism in deregulated electricity markets. *Util. Policy* 16, 184–193. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2007.10.004>.

Battle, C., Rodilla, P., 2010. A critical assessment of the different approaches aimed to secure electricity generation supply. *Energy Policy* 38, 7169–7179. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.07.039>.

Battle, C., Vázquez, C., Rivier, M., Pérez-Arriaga, I.J., 2007. Enhancing power supply adequacy in Spain: migrating from capacity payments to reliability options. *Energy Policy* 35, 4545–4554. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.04.002>.

Becker, S., Schober, D., Wassermann, S., 2016. How to approach consumers' nonmonetary evaluation of electricity supply security? The case of Germany from a multidisciplinary perspective. *Util. Policy* 42, 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.06.012>.

Beckers, T., Hoffrichter, A., von Hirschhausen, C., 2012. Internationale Erfahrungen mit Kapazitätsinstrumenten und Schlussfolgerungen für die deutsche Diskussion. https://www.wip.tu-berlin.de/fileadmin/fg280/forschung/publikationen/2012/tu_berlin-wip_2012-internationale_erfahrungen_mit_kapazitaetsmechanismen.pdf

Besser, J.G., Farr, J.G., Tierney, S.F., 2002. The political economy of long-term generation adequacy: why an ICAP mechanism is needed as part of standard market design. *Electr. J.* 15, 53–62. [https://doi.org/10.1016/S1040-6190\(02\)00349-4](https://doi.org/10.1016/S1040-6190(02)00349-4).

Bhagwat, P.C., de Vries, L.J., 2013. The effect of German strategic reserves on the central European electricity market. 2013 10th International Conference on the European Energy Market (EEM). pp. 1–7. <https://doi.org/10.1109/EEM.2013.6607362>.

Bhagwat, P.C., Richstein, J.C., Chappin, E.J., de Vries, L.J., 2016a. The effectiveness of a strategic reserve in the presence of a high portfolio share of renewable energy sources. *Util. Policy* 39, 13–28. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.01.006>.

Bhagwat, P.C., de Vries, L.J., Hobbs, B.F., 2016b. Expert survey on capacity markets in the US: lessons for the EU. *Util. Policy* 38, 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2015.11.005>.

Bhagwat, P.C., Iychettira, K., de Vries, L.J., 2014. Cross-border effects of capacity mechanisms. 2014 11th International Conference on the European Energy Market (EEM). pp. 1–5. <https://doi.org/10.1109/EEM.2014.6861269>.

Bhagwat, P.C., Iychettira, K.K., Richstein, J.C., Chappin, E.J., de Vries, L.J., 2017a. The effectiveness of capacity markets in the presence of a high portfolio share of renewable energy sources. *Util. Policy* 48, 76–91. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2017.09.003>.

Bhagwat, P.C., Marcheselli, A., Richstein, J.C., Chappin, E.J., de Vries, L.J., 2017b. An analysis of a forward capacity market with long-term contracts. *Energy Policy* 111, 255–267. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.09.037>.

Bhagwat, P.C., Richstein, J.C., Chappin, E.J., Iychettira, K.K., de Vries, L.J., 2017c. Crossborder effects of capacity mechanisms in interconnected power systems. *Util. Policy* 46, 33–47. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2017.03.005>.

Bloomberg, 2015. E.ON files to close unprofitable Irsching gas power plants. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-03-30/eon-files-to-close-twounprofitable-irsching-gas-power-plants>.

Blume, S.W., 2007. *Electric power system basics: for the nonelectrical professional*. . IEEE Press series on power engineering Wiley-Interscience, Hoboken, N.J and Piscataway, NJ.

Briggs, R.J., Kleit, A., 2013. Resource adequacy reliability and the impacts of capacity subsidies in competitive electricity markets. *Energy Econ.* 40, 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.07.009>.

Bruninx, K., Madzharov, D., Delarue, E., D'haeseleer, W., 2013. Impact of the German nuclear phase-out on Europe's electricity generation—a comprehensive study. *Energy Policy* 60, 251–261. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.026> .

Bublitz, A., Keles, D., Fichtner, W., 2017. An analysis of the decline of electricity spot prices in Europe: who is to blame? *Energy Policy* 107, 323–336. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.034>.

Bublitz, A., Renz, L., Keles, D., Genoese, M., Fichtner, W., 2015. An assessment of the newly proposed strategic reserve in Germany. 2015 12th International Conference on the European Energy Market (EEM). pp. 1–5. <https://doi.org/10.1109/EEM.2015.7216660>.

Byers, C., Levin, T., Botterud, A., 2018. Capacity market design and renewable energy: performance incentives, qualifying capacity, and demand curves. *Electr. J.* 31, 65–74. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2018.01.006>.

Cappers, P., Goldman, C., and Kathan, D., 2010. Demand response in US electricity markets: Empirical evidence. *Energy*, 35(4):1526–1535.

Caramanis, M., 1982. Investment decisions and long-term planning under electricity spot pricing. *Power Apparatus and Systems, IEEE Transactions on*, (12):4640–4648.

Caramanis, M. C., Bohn, R. E., and Schweppe, F. C., 1982. Optimal spot pricing: practice and theory. *Power Apparatus and Systems, IEEE Transactions on*, (9):3234– 3245.

Cepeda, M. and Finon, D., 2011. Generation capacity adequacy in interdependent electricity markets. *Energy Policy*, 39(6):3128–3143.

Cepeda, M. and Finon, D., 2013. How to correct long-term system externality of large scale windpower development by a capacity mechanism? CEEM Working Paper no3. Chamberlain, G., 1983. A characterization of the distributions that imply mean-variance utility functions. *Journal of Economic Theory*, 29(1):185–201.

Chao, H., Oren, S., and Wilson, R., 2008. Reevaluation of vertical integration and unbundling in restructured electricity markets. *Competitive electricity markets: Design, implementation, and performance*, pages 27–65.

Chermack, T., Lynham, S. A., and Ruona, W. E., 2001. A review of scenario planning literature. *Futures Research Quarterly*, 17(2). Chipman, J. S., 1973. The ordering of portfolios in terms of mean and variance. *The Review of Economic Studies*, 40(2):167–190.

Concettini, S. et al., 2014. Merit order effect and strategic investments in intermittent generation technologies. University of Paris West-Nanterre la Défense, *EconomiX*, Working Paper no2014-44.

Crampes, C., 2014. Regulation mismatch in tackling co2 emissions. Peitz, M. and Yossi Spiegel, NPI B.-D., editors, *Analysis of Competition Policy and Sectoral Regulation*, pages 339–363.

Cramton, P. and Ockenfels, A., 2012. Economics and design of capacity markets for the power sector. *Zeitschrift für Energiewirtschaft*, 36(2):113–134.

Cramton, P. and Stoft, S., 2006. The convergence of market designs for adequate generating capacity.

Cramton, P. and Stoft, S., 2008. Forward reliability markets: Less risk, less market power, more efficiency. *Utilities Policy*, 16(3):194–201.

Cramton, P., Ockenfels, A., and Stoft, S., 2013. Capacity market fundamentals. *Economics of Energy & Environmental Policy*, 2(2):27–46.

Creti, A. and Fabra, N., 2007. Supply security and short-run capacity markets for electricity. *Energy Economics*, 29(2):259–276. CWE FB MC Project, 2014. Documentation of the CWE FB MC solution as basis for the formal approval request. Annex 16.10 Economic assessment based on the 2013 parallel run.

Dantzig, G. B., 1955. Linear programming under uncertainty. *Management science*, 1 (3-4):197–206.

Day, C. J., Hobbs, B. F., and Pang, J.-S., 2002. Oligopolistic competition in power networks: a conjectured supply function approach. *Power Systems, IEEE Transactions on*, 17(3):597–607.

Day, R. H. and Chen, P., 1993. *Nonlinear dynamics and evolutionary economics*. Oxford University Press Oxford.

De Jonghe, C., Hobbs, B. F., and Belmans, R., 2012. Optimal generation mix with short-term demand response and wind penetration. *IEEE Transactions on Power Systems*, 27(2):830–839.

De Vries, L. and Heijnen, P., 2008. The impact of electricity market design upon investment under uncertainty: The effectiveness of capacity mechanisms. *Utilities Policy*, 16(3):215–227.

De Vries, L. J., 2007. Generation adequacy: Helping the market do its job. *Utilities Policy*, 15(1):20–35.

de Maere d Aertrycke, G., Ehrenmann, A., Smeers, Y., 2017. Investment with incomplete markets for risk: the need for long-term contracts. *Energy Policy* 105, 571–583. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.01.029>.

de Sisternes, F.J., Parsons, J.E., 2016. The Impact of Uncertainty on the Need and Design of Capacity Remuneration Mechanisms in Low-carbon Power Systems. de Vries, L.J., 2007. Generation adequacy: helping the market do its job. *Utilities Policy* 15, 20–35. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2006.08.001>.

de Vries, L.J., Hakvoort, R.A., 2004. The question of generation adequacy in liberalised electricity markets. FEEM Working Paper 120.04. <https://doi.org/10.2139/ssrn.600503>.

de Vries, L.J., Heijnen, P., 2008. The impact of electricity market design upon investment under uncertainty: the effectiveness of capacity mechanisms. *Util. Policy* 16, 215–227. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2007.12.002>.

Deutscher Bundestag, 2016. Gesetz zur Weiterentwicklung des Strommarktes (Strommarktgesetz). http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBL&jumpTo=bgbl116s1786.pdf.

Di Cosmo, V., Lynch, M.Á., 2016. Competition and the single electricity market: which lessons for Ireland? *Util. Policy* 41, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.05.002>.

DNV GL, 2014. Potential interactions between capacity mechanisms in France and Germany. Descriptive overview, cross-border impacts and challenges.: Study on behalf of Agora Energiewende. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2014/kapazitaetsmodelle-deutschland-frankreich-vergleich/Agora_DE-FR-CRM_EN_web.pdf.

Doorman, G., Barquin, J., Barroso, L., Batlle, C., Cruickshank, A., Dervieux, C., Flanagan, R., Gilmore, J., Greenhalg, J., Höschle, H., Mastropietro, P., Keech, A., Krupa, M., Riesz, J., LaRose, B., Schwenen, S., Thorpe, G., de Vos, K., de Vries, L.J., Wright, J., 2016. Capacity Mechanisms: Needs, Solutions and State of Affairs. CIGRÉ, Paris. Dütschke, E., Paetz, A.-G., 2013. Dynamic electricity pricing— which programs do consumers prefer? *Energy Policy* 59, 226–234. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.03.025>.

Ehrenmann, A., Smeers, Y., 2011. Generation capacity expansion in a risky environment: a stochastic equilibrium analysis. *Oper. Res.* 59, 1332–1346. <https://doi.org/10.1287/opre.1110.0992>.

EirGrid plc, SONI Limited, 2017. Capacity market: a helicopter guide to understanding the capacity market. <http://www.sem-o.com/ISEM/General/Capacity%20Market%20-%20A%20Helicopter%20Guide%20to%20Understanding%20the%20Capacity%20Market.pdf>.

Elia Group, 2015. The strategic reserve - a mechanism to cover structural shortages in generation. http://www.elia.be/~/_media/files/Elia/Products-and-services/ProductSheets/E-Evenwicht/E9_E_strategic-reserve.pdf.

Elia Group, 2017a. Elia no longer expects to activate strategic reserves this week. http://www.elia.be/~media/files/Elia/PressReleases/2017/20170119_pressrelease-Elia-no-longer-expects-to-activate-strategic-reserves-this-week.pdf.

Elia Group, 2017b. Strategic reserve. <http://www.elia.be/en/grid-data/StrategicReserve>.

European Commission, 2013. Commission staff working document generation adequacy in the internal electricity market - guidance on public interventions: SWD (2013) 438 final. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/com_2013_public_intervention_swd01_en.pdf.

European Commission, 2014. State aid: commission authorises UK capacity market electricity generation scheme. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-865_en.htm.

European Commission, 2016a. Commission decision (EU) 2017/503 of 8 November 2016 on state aid scheme SA.39621 2015/C (ex 2015/NN). Off. J. Eur. Union L83, 116–156. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017D0503&from=EN>.

European Commission, 2016b. Commission staff working document on the final report of the sector inquiry on capacity mechanisms: SWD(2016) 385 final. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/swd_2016_385_f1_other_staff_working_paper_en_v3_p1_870001.pdf.

European Commission, 2016c. State aid: commission approves revised French marketwide capacity mechanism. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-3620_en.htm.

European Commission, 2017a. State aid: commission opens in-depth investigation into German plans for electricity capacity reserve. http://europa.eu/rapid/pressrelease_IP-17-903_en.htm.

European Commission, 2017b. State aid SA.45852 (2017/N) - Germany - Capacity reserve. Off. J. Eur. Union C159, 6–33. [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017XC0519\(06\)&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017XC0519(06)&from=EN).

European Commission, 2017c. State aid to secure electricity supplies. http://ec.europa.eu/competition/sectors/energy/state_aid_to_secure_electricity_supply_en.html.

Fabra, N., von der Fehr, N.-H.M., de Frutos, M.-Á., 2011. Market design and investment incentives. *Econ. J.* 121, 1340–1360. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2011.02450.x>.

Fan, L., Norman, C.S., Patt, A.G., 2012. Electricity capacity investment under risk aversion: a case study of coal, gas, and concentrated solar power. *Energy Econ.* 34, 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.10.010>.

Finon, D., Meunier, G., Pignon, V., 2008. The social efficiency of long-term capacity reserve mechanisms. *Util. Policy* 16, 202–214. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2008.01.001>.

Ford, A., 1999. Cycles in competitive electricity markets: a simulation study of the western United States. *Energy Policy* 27, 637–658. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(99\)00050-6](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(99)00050-6).

Ford, A., 2002. Boom and bust in power plant construction: lessons from the California electricity crisis. *J. Ind. Compet. Trade* 2, 59–74. <https://doi.org/10.1023/A:1020826920972>.

Franco, C.J., Castaneda, M., Dyrner, I., 2015. Simulating the new British electricity market reform. *Eur. J. Oper. Res.* 245, 273–285. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.02.040>.

Genoese, M., Genoese, F., Fichtner, W., 2012. Model-based analysis of the impact of capacity markets on electricity markets. 2012 9th International Conference on the European Energy Market (EEM 2012). pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/EEM.2012.6254704>.

Gestore dei Mercati Energetic, 2017. Purchasing price - National Single Price PUN. <http://www.mercatoelettrico.org/>.

Gore, O., Vanadzina, E., Viljainen, S., 2016. Linking the energy-only market and the energy-plus-capacity market. *Util. Policy* 38, 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2015.12.002>.

Government of Western Australia, 2017. Reserve capacity auction - final design and implementation. http://www.treasury.wa.gov.au/uploadedFiles/Sitecontent/Public_Utility_Office/Industry_reform/Reserve-Capacity-AuctionFinal-Design-and-Implementation.pdf.

Grave, K., Paulus, M., Lindenberger, D., 2012. A method for estimating security of electricity supply from intermittent sources: scenarios for Germany until 2030. *Energy Policy* 46, 193–202. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.050>.

Grimm, V., Zöttl, G., 2013. Investment incentives and electricity spot market competition. *J. Econ. Manag. Strateg.* 22, 832–851. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jems.12029/full>. <https://doi.org/10.1111/jems.12029>.

Hach, D., Chyong, C.K., Spinler, S., 2016. Capacity market design options: a dynamic capacity investment model and a GB case study. *Eur. J. Oper. Res.* 249, 691–705. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.034>.

Hach, D., Spinler, S., 2016. Capacity payment impact on gas-fired generation investments under rising renewable feed-in – a real options analysis. *Energy Econ.* 53, 270–280. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.04.022>.

Hancher, L., de Hauteclocque, A., Sadowska, M. (Eds.), 2015. Capacity mechanisms in the EU energy market. Oxford University Press, Oxford, UK. Harbord, D., 2016. CREG expert panel on Colombian energy market reform. [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1aed427ff782911965256751001e9e55/536e4d4ad166cd5a052580420070e8d0/\\$FILE/Circular069-2016%20Anexo2.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1aed427ff782911965256751001e9e55/536e4d4ad166cd5a052580420070e8d0/$FILE/Circular069-2016%20Anexo2.pdf).

Hary, N., Rious, V., Saguan, M., 2016. The electricity generation adequacy problem: assessing dynamic effects of capacity remuneration mechanisms. *Energy Policy* 91, 113–127. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.037>.

Hasani, M., Hosseini, S.H., 2011. Dynamic assessment of capacity investment in electricity market considering complementary capacity mechanisms. *Energy* 36, 277–293. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.10.041>.

Hasani-Marzooni, M., Hosseini, S.H., 2013. Dynamic analysis of various investment incentives and regional capacity assignment in Iranian electricity market. *Energy Policy* 56, 271–284. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.059>.

Hawker, G., Bell, K., Gill, S., 2017. Electricity security in the European Union - the conflict between national capacity mechanisms and the single market. *Energy Res. Soc. Sci.* 24, 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.12.009>.

Herrero, I., Rodilla, P., Batlle, C., 2015. Electricity market-clearing prices and investment incentives: the role of pricing rules. *Energy Econ.* 47, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.10.024>.

Hirth, L., 2018. What caused the drop in European electricity prices? a factor decomposition analysis. *Energy J.* 39, <https://doi.org/10.5547/01956574.39.1.lhir>.

Hobbs, B.F., Hu, M.-C., Inon, J.G., Stoft, S.E., Bhavaraju, M.P., 2007. A dynamic analysis of a demand curve-based capacity market proposal: the PJM reliability pricing model. *IEEE Trans. Power Syst.* 22, 3–14. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2006.887954>.

Hogan, M., 2017. Follow the missing money: ensuring reliability at least cost to consumers in the transition to a low-carbon power system. *Electr. J.* 30, 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2016.12.006>.

Hogan, W.W., 2005. On an ‘Energy Only’ Market Design for Resource Adequacy.

Höschle, H., de Jonghe, C., Le Cadre, H., Belmans, R., 2017. Electricity markets for energy, flexibility and availability – impact of capacity mechanisms on the remuneration of generation technologies. *Energy Econ.* 66, 372–383. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.06.024>.

Hu, J., Harmsen, R., Crijns-Graus, W., Worrell, E., van den Broek, M., 2017. Identifying barriers to large-scale integration of variable renewable electricity into the electricity market: a literature review of market design. *Renew. Sust. Energ. Rev.* <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.028>.

Jaehnert, S., Doorman, G., 2014. Analysing the generation adequacy in power markets with renewable energy sources. 2014 11th International Conference on the European Energy Market (EEM). pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/EEM.2014.6861225>.

Joskow, P., Tirole, J., 2007. Reliability and competitive electricity markets. *RAND J. Econ.* 38, 60–84. <https://doi.org/10.1111/j.1756-2171.2007.tb00044.x>.

Joskow, P.L., 2008. Capacity payments in imperfect electricity markets: need and design. *Util. Policy* 16, 159–170. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2007.10.003>.

Kallabis, T., Pape, C., Weber, C., 2016. The plunge in German electricity futures prices - analysis using a parsimonious fundamental model. *Energy Policy* 95, 280–290. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.04.025>.

Karacsonyi, K., Tinoco, M., Rios, R., Montoya, F., IEEE, 2006. Supply adequacy mechanisms and cross-border contracts in the central american regional electricity market. *Power Engineering Society General Meeting*. pp. 1–8.

Keles, D., Bublitz, A., Zimmermann, F., Genoese, M., Fichtner, W., 2016. Analysis of design options for the electricity market: the German case. *Appl. Energy* 183, 884–901. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.189>.

Keppler, J.H., 2017. Rationales for capacity remuneration mechanisms: security of supply externalities and asymmetric investment incentives. *Energy Policy* 105, 562–570. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.10.008>.

Kim, H., Kim, S.-S., 2012. The resource adequacy scheme in the Korean electricity market. *Energy Policy* 47, 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.04.035>.

Kwoka, J., Madjarov, K., 2007. Making markets work: the special case of electricity. *Electr. J.* 20, 24–36. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2007.10.008>.

Laleman, R., Albrecht, J., 2016. Nuclear and old fossil phase out scenarios: assessment of shortages, surpluses and the load factor of flexible assets with high renewable generation targets - A Belgian case study. *Int. J. Electr. Power Energy Syst.* 74, 338–347. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.08.007>.

Lara-Arango, D., Arango-Aramburo, S., Larsen, E.R., 2017a. Towards long-term economic welfare in deregulated electricity markets: testing capacity mechanisms in an experimental setting. *Electr. J.* <https://doi.org/10.1016/j.tej.2017.06.001>.

Lara-Arango, D., Arango-Aramburo, S., Larsen, E.R., 2017b. Uncertainty and the longterm adequacy of supply: simulations of capacity mechanisms in electricity markets. *Energy Strateg. Rev.* 18, 199–211. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2017.10.002>.

Le Coq, C., Orzen, H., Schwenen, S., 2017. Pricing and capacity provision in electricity markets: an experimental study. *J. Regul. Econ.* 51, 123–158. <https://doi.org/10.1007/s11149-017-9324-z>.

Léautier, T.-O., 2016. The visible hand: ensuring optimal investment in electric power generation. *Energy J.* 37, <https://doi.org/10.5547/01956574.37.2.tlea>.

Levin, T., Botterud, A., 2015. Electricity market design for generator revenue sufficiency with increased variable generation. *Energy Policy* 87, 392–406. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.09.012>.

Lueken, R., Apt, J., Sowell, F., 2016. Robust resource adequacy planning in the face of coal retirements. *Energy Policy* 88, 371–388. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.10.025>.

Lynch, M.Á., Devine, M.T., 2017. Investment vs. refurbishment: examining capacity payment mechanisms using stochastic mixed complementarity problems. *Energy J.* 38, <https://doi.org/10.5547/01956574.38.2.mlyn>.

Mastropietro, P., Herrero, I., Rodilla, P., Batlle, C., 2016. A model-based analysis on the impact of explicit penalty schemes in capacity mechanisms. *Appl. Energy* 168, 406–417. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.108>.

Mastropietro, P., Rodilla, P., Batlle, C., 2017. Performance incentives in capacity mechanisms: conceptual considerations and empirical evidence. *Econ. Energy Environ. Policy* 6, <https://doi.org/10.5547/2160-5890.6.1.pmas>.

Meeus, L., Purchala, K., Belmans, R., 2005. Development of the internal electricity market in Europe. *Electr. J.* 18, 25–35. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2005.06.008>.

Meunier, G., 2013. Risk aversion and technology mix in an electricity market. *Energy Econ.* 40, 866–874. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.10.010>.

Meyer, R., Gore, O., 2015. Cross-border effects of capacity mechanisms: do uncoordinated market design changes contradict the goals of the European market integration? *Energy Econ.* 51, 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.06.011>.

Miller, R.B., Butterklee, N.H., Come, M., 2012. Buyer-side mitigation in organized capacity markets: time for a change. *Energy Law J.* 33, 449–473.

Milligan, M., Frew, B.A., Bloom, A., Ela, E., Botterud, A., Townsend, A., Levin, T., 2016. Wholesale electricity market design with increasing levels of renewable generation: revenue sufficiency and long-term reliability. *Electr. J.* 29, 26–38. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2016.02.005>.

Milstein, I., Tishler, A., 2012. The inevitability of capacity underinvestment in competitive electricity markets. *Energy Econ.* 34, 62–77. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.07.004>.

Mohamed Haikel, K., 2011. A game theoretic model for generation capacity adequacy: comparison between investment incentive mechanisms in electricity markets. *Energy J.* 32, <https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol32-No4-7>.

Neuhoff, K., Diekmann, J., Kunz, F., Rüster, S., Schill, W.-P., Schwenen, S., 2016. A coordinated strategic reserve to safeguard the European energy transition. *Util. Policy* 41, 252–263. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.02.002>.

Neuhoff, K., Diekmann, J., Schill, W.-P., Schwenen, S., 2013. Strategische Reserve zur Absicherung des Strommarkts. *DIW Wochenbericht* 48, 5–15. New York Independent System Operator, 2018. Installed capacity market. [https:// www.nyiso.com/installed-capacity-market](https://www.nyiso.com/installed-capacity-market).

Newbery, D.M., 1989. Missing markets: consequences and remedies. In: Hahn, F. (Ed.), *The economics of missing markets, information, and games*. Clarendon Press, Oxford, pp. 221–242.

Newbery, D.M., 2016a. Missing money and missing markets: reliability, capacity auctions and interconnectors. *Energy Policy* 94, 401–410. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.10.028>.

Newbery, D.M., 2016b. Towards a green energy economy? The EU energy union's transition to a low-carbon zero subsidy electricity system - lessons from the UK's electricity market reform. *Appl. Energy* 179, 1321–1330. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.046>.

Newbery, D.M., 2017. Tales of two islands - lessons for EU energy policy from electricity market reforms in Britain and Ireland. *Energy Policy* 105, 597–607. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.10.015>.

Newbery, D.M., Pollitt, M.G., Ritz, R., Strielkowski, W., 2017. Market Design for a High-renewables European Electricity System.

Nicolosi, M., 2010. Wind power integration and power system flexibility - an empirical analysis of extreme events in Germany under the new negative price regime. *Energy Policy* 38, 7257–7268. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.002>.

Ochoa, C., Gore, O., 2015. The Finnish power market: are imports from Russia lowcost? *Energy Policy* 80, 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.01.031>.

Olsina, F., Garcés, F., Haubrich, H.-J., 2006. Modeling long-term dynamics of electricity markets. *Energy Policy* 34, 1411–1433. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.11.003>.

Oren, S.S., 2005. Ensuring generation adequacy in competitive electricity markets. In: Griffin, J.M., Puller, S.L. (Eds.), *Electricity Deregulation*. University of Chicago Press., pp. 388–413. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226308586.003.0011>.

Osorio, S., van Ackere, A., 2016. From nuclear phase-out to renewable energies in the Swiss electricity market. *Energy Policy* 93, 8–22. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.02.043>.

Ozdemir, O., de Joode, J., Koutstaal, P., van Hout, M., 2013. Financing investment in new electricity generation capacity: the impact of a German capacity market on Northwest Europe. 2013 10th International Conference on the European Energy Market (EEM). pp. 1–8.

Park, J.-Y., Ahn, N.-S., Yoon, Y.-B., Koh, K.-H., Bunn, D.W., 2007. Investment incentives in the Korean electricity market. *Energy Policy* 35, 5819–5828. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.06.025>.

Patrian, R., 2017. Italy's new capacity market facing delays. <https://www.icis.com/resources/news/2017/06/08/10114199/italy-s-new-capacity-market-facingdelays/>. Perez-Arriaga, I.J., 1999. Reliability and generation adequacy. *IEEE Power Eng. Rev.* 19, 4–5.

Petit, M., Finon, D., Janssen, T., 2017. Capacity adequacy in power markets facing energy transition: a comparison of scarcity pricing and capacity mechanism. *Energy Policy* 103, 30–46. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.032>. *PJM*, 2018.

Pjm manual 18: Pjm capacity market. <https://www.pjm.com/~media/documents/manuals/m18.ashx>.

Pollitt, M.G., Anaya, K.L., 2016. Can current electricity markets cope with high shares of renewables? A comparison of approaches in Germany, the UK and the State of New York. *Energy J.* 37, <https://doi.org/10.5547/01956574.37.SI2.mpol>.

Ringler, P., Keles, D., Fichtner, W., 2017. How to benefit from a common European electricity market design. *Energy Policy* 101, 629–643. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.011>.

Rious, V., Perez, Y., Roques, F., 2015. Which electricity market design to encourage the development of demand response? *Econ. Anal. Policy* 48, 128–138. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2015.11.006>.

Roques, F., Perekhodtsev, D., Tseomashko, A., 2016. Review of RAE's proposed capacity mechanism: report for PPC. http://www.rae.gr/site/file/categories_new/about_rae/activity/global_consultation/history_new/2016/1210_lix_120716?p=file&i=3.

Roques, F., Verhaeghe, C., Le Thieis, Y., Li, Y., 2017. Assessment of the impact of the Polish capacity mechanism on electricity markets: a report for the Polish electricity association. http://www.pkee.pl/upload/files/A_Report_for_the_Polish_Electricity_Association_FTI.pdf.

Schmidt, T.S., 2014. Low-carbon investment risks and de-risking. *Nat. Clim. Chang.* 4, 237–239. <https://doi.org/10.1038/nclimate2112>.

Schwenen, S., 2014. Market design and supply security in imperfect power markets. *Energy Econ.* 43, 256–263. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.02.012>.

Schwenen, S., 2015. Strategic bidding in multi-unit auctions with capacity constrained bidders: the New York capacity market. *RAND J. Econ.* 46, 730–750. <https://doi.org/10.1111/1756-2171.12104>.

Schweppe, F.C., Caramanis, M.C., Tabors, R.D., Bohn, R.E., 1988. Spot Pricing of Electricity. Springer US, Boston, MA. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1683-1>.

See, P.C., Fosso, O.B., Wong, K.Y., Molinas, M., 2016. Flow-based forward capacity mechanism: an alternative to the regulated capacity remuneration mechanisms in electricity market with high RES penetration. *IEEE Trans. Sustain. Energy* 7, 830–840. <https://doi.org/10.1109/TSTE.2015.2497158>.

Sensfuß, F., Ragwitz, M., Genoese, M., 2008. The merit-order effect: a detailed analysis of the price effect of renewable electricity generation on spot market prices in Germany. *Energy Policy* 36, 3086–3094. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.03.035>.

Single Electricity Market Committee, 2016. Capacity requirement and de-rating factor methodology - detailed design: decision paper SEM-16-082. <https://www.semcommittee.com/sites/semcommittee.com/files/media-files/SEM-16-082%20CRM%20Capacity%20Requirement%20%20De-rating%20Methodology%20Decision%20Paper.pdf>. Southwest Power Pool, I., 2018a. Open Access Transmission Tariff, Sixth Revised Volume No. 1: Attachment AA Resource Adequacy. <https://www.spp.org/documents/58597/attachment%20aa.pdf>. Southwest Power Pool, I., 2018b.

Spees, K., Newell, S.A., Pfeifenberger, J.P., 2013. Capacity markets - lessons learned from the first decade. *Econ. Energy Environ. Policy* 2, <https://doi.org/10.5547/2160-5890.2.2.1>.

Stoft, S., 2002. *Power System Economics: Designing Markets for Electricity*. IEEE Press Wiley-Interscience, Piscataway, New Jersey and New York.

Svenska Kraftnät, 2016. Power reserve. <http://www.svk.se/en/national-grid/operations-and-market/power-reserve/>. Tashpulatov

Traber, T., 2017. Capacity remuneration mechanisms for reliability in the integrated European electricity market: effects on welfare and distribution through 2023. *Util. Policy* 46, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.10.005>.

U.S. Government Accountability Office, 2017. Electricity markets, four regions use capacity markets to help ensure. <https://www.gao.gov/assets/690/688811.pdf>.

Vázquez, C., Rivier, M., Pérez-Arriaga, I.J., 2001. If pay-as-bid auctions are not a solution for California, then why not a reliability market? *Electr. J.* 14, 41–48. [https://doi.org/10.1016/S1040-6190\(01\)00196-8](https://doi.org/10.1016/S1040-6190(01)00196-8).

Vazquez, C., Rivier, M., Perez-Arriaga, I.J., 2002. A market approach to long-term security of supply. *IEEE Trans. Power Syst.* 17, 349–357. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2002.1007903>.

Weiss, O., Bogdanov, D., Salovaara, K., Honkapuro, S., 2017. Market designs for a 100% renewable energy system: case isolated power system of Israel. *Energy* 119, 266–277. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.12.055>.

Willems, B., Morbee, J., 2010. Market completeness: how options affect hedging and investments in the electricity sector. *Energy Econ.* 32, 786–795. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.10.019>.

Willis, K.G., Garrod, G.D., 1997. Electricity supply reliability. *Energy Policy* 25, 97–103. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(96\)00123-1](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(96)00123-1).

Winzer, C., 2013. Robustness of various capacity mechanisms to regulatory errors. 2013 10th International Conference on the European Energy Market (EEM). pp. 1–7. <https://doi.org/10.1109/EEM.2013.6607374>.

Wolak, F.A., 2004. What’s wrong with capacity markets. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.369.6388&rep=rep1&type=pdf>.

Wolak, F.A., 2017. Measuring the impact of purely financial participants on wholesale and retail market performance: the case of Singapore. https://web.stanford.edu/group/fwolak/cgi-bin/sites/default/files/benefits-forward-contracting_july_2017.pdf.

Zöttl, G., 2010. A framework of peak load pricing with strategic firms. *Oper. Res.* 58, 1637–1649. <https://doi.org/10.1287/opre.1100.0836>