



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**Φορείς Σωρευτικής Εκπροσώπησης και αξιοποίηση αιολικής ενέργειας στο
Ευρωπαϊκό Μοντέλο Στόχος**

Διπλωματική Εργασία

Παχής Θεόδωρος

Επιβλέπων: Μπαργιώτας Δημήτριος

Οκτώβριος 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

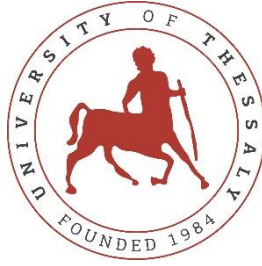
**Φορείς Σωρευτικής Εκπροσώπησης και αξιοποίηση αιολικής ενέργειας στο
Ευρωπαϊκό Μοντέλο Στόχος**

Διπλωματική Εργασία

Παχής Θεόδωρος

Επιβλέπων: Μπαργιώτας Δημήτριος

Οκτώβριος 2022



UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

**Aggregators and utilization of wind energy in the European Target
Model**

Diploma Thesis

Pachis Theodoros

Supervisor: Bargiotas Dimitrios

October 2022

Εγκρίνεται από την Επιτροπή Εξέτασης:

Επιβλέπων

Μπαργιώτας Δημήτριος

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Χροναίος Αλέξανδρος

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Λουτρίδης Σπυρίδων

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ

ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελούν αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλουν οποιασδήποτε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχουν έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Δηλώνω επίσης ότι τα αποτελέσματα της εργασίας δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση άλλου πτυχίου. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο Δηλών

Παχής Θεόδωρος, 2 Οκτωβρίου 2022

DISCLAIMER ON ACADEMIC ETHICS AND INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS

Being fully aware of the implications of copyright laws, I expressly state that this diploma thesis, as well as the electronic files and source codes developed or modified in the course of this thesis, are solely the product of my personal work and do not infringe any rights of intellectual property, personality and personal data of third parties, do not contain work / contributions of third parties for which the permission of the authors / beneficiaries is required and are not a product of partial or complete plagiarism, while the sources used are limited to the bibliographic references only and meet the rules of scientific citing. The points where I have used ideas, text, files and / or sources of other authors are clearly mentioned in the text with the appropriate citation and the relevant complete reference is included in the bibliographic references section. I also declare that the results of the work have not been used to obtain another degree. I fully, individually, and personally undertake all legal and administrative consequences that may arise in the event that it is proven, in the course of time, that this thesis or part of it does not belong to me because it is a product of plagiarism.

The Declarant

Pachis Theodoros, 2nd of October 2022

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω δημοσίως τις ευχαριστίες μου στον εκλιπόντα Επίκουρο Καθηγητή του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Παναπακίδη Ιωάννη, για την πολύτιμη βοήθειά του και συμβολή του, με απώτερο σκοπό την εκπλήρωση αυτής της εργασίας με ορθολογικό τρόπο και την πρόοδό μου σαν Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών. Τα όσα έχει προσφέρει στον κλάδο της ενέργειας καθώς και το ακαδημαϊκό του έργο, θα παραμείνουν αναλλοίωτα στον χρόνο και θα αποτελέσουν πηγή έμπνευσης για νέους μηχανικούς και επιστήμονες. Θα ήθελα να προσφέρω τα θερμά μου συλλυπητήρια στην οικογένεια του και στους οικείους του.

Πολύτιμη, επίσης, ήταν και η προσφορά του κυρίου Γούση Γεωργίου, άμεσου συνεργάτη του Παναπακίδη Ιωάννη και υποψήφιου διδάκτορα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω για την πολύτιμη βοήθειά και το ενδιαφέρον που έδειξε για την ολοκλήρωση της εργασίας.

Διπλωματική Εργασία

**Φορείς Σωρευτικής Εκπροσώπησης και αξιοποίηση αιολικής
ενέργειας στο
Ευρωπαϊκό Μοντέλο Στόχος**

Παχής Θεόδωρος

Περίληψη

Η εργασία αυτή έχει σκοπό την μελέτη, την επεξήγηση και την ανάλυση των Φορέων Σωρευτικής Εκπροσώπησης καθώς επίσης και την ένταξη της αιολικής ενέργειας στο Ευρωπαϊκό Μοντέλο Στόχος. Αρχικά, αναλύεται το θεσμικό πλαίσιο της ενεργειακής αγοράς στην Ελλάδα με την εξήγηση του Νόμου 4336/2015 και του Νόμου 4425 ΦΕΚ 185/30.09.2016. Στην συνέχεια αναλύονται οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας με επεξηγηματικό τρόπο και έπειτα περιγράφεται το Ευρωπαϊκό Μοντέλο Στόχος και ο μετασχηματισμός της Ελληνικής Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας με τον Νόμο 4512/2018, αποσκοπώντας στην πλήρη συμμόρφωση στο Ευρωπαϊκό Μοντέλο. Επιπρόσθετα γίνεται μια σύντομη περιγραφή στην αιολική ενέργεια, αναφέροντας επίσης και την σημασία της στον Ελλαδικό χώρο. Στην συνέχεια, αναλύονται οι Φορείς Σωρευτικής Εκπροσώπησης, οι κατηγορίες τους, καθώς και τα τρία είδη αξίας που δημιουργούν, όντας παίκτες της αγοράς. Τέλος, η εργασία τελειώνει με ένα ερευνητικό πεδίο, κατά το οποίο ερευνώνται δυο είδη Φο.Σ.Ε. στην προσπάθεια τους να εντάξουν την αιολική ενέργεια στις ενεργειακές αγορές, δημιουργώντας πέντε διαφορετικά σενάρια βελτιστοποίησης κέρδους, συμμετέχοντας στις αγορές της επόμενης μέρας, εξισορρόπησης και στην ενδομερήσια αγορά. Οι έρευνες έγιναν στο GAMS 39.

Λέξεις-κλειδιά:

Aggregators (Φο.Σ.Ε.), Αγορές ηλεκτρικής Ενέργειας, Θεσμικό πλαίσιο, Ευρωπαϊκό Μοντέλο Στόχος, Αιολική Ενέργεια, Παραγωγή, Προσφορά και ζήτηση (DR), ενεργειακοί πόροι, μονάδες αποθήκευσης και διανομής, Πρόβλημα Βελτιστοποίησης, Bi-level, NLP, LP, MPEC.

Aggregators and utilization of wind energy in the European

Target model

Pachis Theodoros

Abstract

This work aims to study, explain, and analyze Aggregators as well as the inclusion of wind energy in the European Target Model. First, the institutional framework of the energy market in Greece is analyzed with the explanation of Law 4336/2015 and Law 4425 185/30.09.2016. Then the electricity markets are analyzed in an explanatory way and then the European Model is described. The goal and the transformation of the Greek Electricity Market with Law 4512/2018, aiming at full compliance with the European Model. In addition, a brief description of wind energy is given, also mentioning its importance in the Greek area. Then, Aggregators, their categories, as well as the three types of value they create, being market players, are analyzed. Finally, the work ends with a research field, in which two types of Aggregators are investigated. In their effort to integrate wind energy into the energy markets, creating five different profit optimization scenarios, participating in Day-Ahead, balancing, and intraday markets. The research was done at GAMS 39.

Keywords:

Aggregators, Electricity Markets, Institutional framework, European Target Model, Wind Energy, Production, Supply and demand, energy resources, storage and distribution units, Optimization Problem, Bi-level, NLP, LP, MPEC

Πίνακας περιεχομένων

<i>Ευχαριστίες</i>	<i>vii</i>
<i>Περίληψη</i>	<i>viii</i>
<i>Abstract</i>	<i>ix</i>
<i>Πίνακας περιεχομένων</i>	<i>x</i>
<i>Κατάλογος εικόνων</i>	<i>xiii</i>
<i>Κατάλογος πινάκων</i>	<i>xiv</i>
<i>Συνομογραφίες</i>	<i>xv</i>
<i>Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή</i>	<i>1</i>
<i>Κεφάλαιο 2 Θεσμικό πλαίσιο ενεργειακής αγοράς και ανάλυση κατηγοριών ενεργειακών αγορών</i>	<i>3</i>
2.1. Θεσμικό Πλαίσιο ενεργειακής αγοράς.....	<i>3</i>
2.2 Ενεργειακές αγορές.....	<i>6</i>
2.2.1 Χονδρική Αγορά.....	<i>6</i>
2.2.2 Αγορά Επόμενης Ημέρας.....	<i>7</i>
2.2.3 Ενδοημερήσια Αγορά.....	<i>8</i>
2.2.4 Αγορά Εξισορρόπησης.....	<i>9</i>
<i>Κεφάλαιο 3 European Target Model</i>	<i>12</i>
3.1 Περιγραφή.....	<i>12</i>
3.2 Ο μετασχηματισμός της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.....	<i>14</i>
3.3 Πρώτα αποτελέσματα European Target Model στην Ελληνική αγορά.....	<i>15</i>
<i>Κεφάλαιο 4 Αιολική Ενέργεια</i>	<i>20</i>
4.1 Περιγραφή.....	<i>20</i>
4.2 Αιολική Ενέργεια σε Ελλάδα και Ευρώπη.....	<i>21</i>

Κεφάλαιο 5 Φορείς Σωρευτικής Εκπροσώπησης.....	25
5.1 Τι είναι οι Φορείς Σωρευτικής Εκπροσώπησης.....	25
5.2 Κατηγορίες Φο.Σ.Ε.....	27
5.2.1 Φο.Σ.Ε. σε συνδυασμένους ρόλους.....	27
5.2.2 Ανεξάρτητοι Φο.Σ.Ε.....	28
5.3 Ποια αξία δημιουργούν οι Φο.Σ.Ε.....	30
5.3.1 Θεμελιώδης αξία.....	32
5.3.2 Μεταβατική αξία.....	37
5.3.3 Ευκαιριακή αξία.....	39
Κεφάλαιο 6 Ερευνητικό πεδίο	45
6.1 Μαθηματικό Υπόβαθρο.....	45
6.1.1. Bi-Level programming.....	45
6.1.2 Dual theory.....	46
6.1.3 Mathematical Problem with Equilibrium Constraints (MPEC).....	47
6.1.4 Conditional Value at Risk (CVaR).....	47
6.1.5 Karush – Kuhn – Tucker Conditions (KKT).....	48
6.2 Έρευνες που αφορούν την συμμετοχή των Aggregators και των παραγωγών που αντιπροσωπεύουν στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας.....	49
6.2.1 Wind Aggregator που συμμετάσχει στις αγορές της επόμενης ημέρας, ενδοημερήσιας αγοράς και αγοράς εξισορρόπησης.....	49
6.2.2 DR Aggregator συμμετέχει στην αγορά επόμενης ημέρας.....	56
6.2.2.1 Μη γραμμικό πρόβλημα με αβεβαιότητα στην παραγωγή-Δεδομένα και Αποτελέσματα.....	58
6.2.2.2 Μη γραμμικό πρόβλημα με αβεβαιότητα στην τιμή της DA-Αποτελέσματα.....	62
6.2.2.3 Γραμμική αντιμετώπιση του προβλήματος με αβεβαιότητα στην παραγωγή-Αποτελέσματα.....	64

6.2.2.4 Γραμμικό μοντέλο προβλήματος με αβεβαιότητα στην τιμή.....	65
6.3 Συμπεράσματα.....	66
Κεφάλαιο 7 Σύναψη.....	68
Βιβλιογραφία.....	71
Παράρτημα.....	73
A.1	73
A.2	73
A.3	74

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 : Τρόπος λειτουργίας Ηλεκτρικής αγοράς.....	11
Εικόνα 2 : Συνολική Παραγωγή Αιολικής Ενέργειας βάση στατιστικών του World Wind Energy Association (WWEA).....	21
Εικόνα 3 : Γεοπληροφοριακός Χάρτης των αιολικών πάρκων στην Ελλάδα βάση των στατιστικών της ΕΛΕΤΑΕΝ (Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας).....	22
Εικόνα 4 : Offshore/onshore παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη κατά το 2000-2020.....	23
Εικόνα 5 : Πρότυπο μελλοντικής εξέλιξης της παραγωγής.....	23
Εικόνα 6 : Energy Aggregator.....	26
Εικόνα 7 : Επιχειρηματικά Μοντέλα Aggregators στην Ευρώπη.....	29
Εικόνα 8 : Είδη αξίας που δημιουργούν οι Φο.Σ.Ε.....	31
Εικόνα 9 : Προτεινόμενο Μοντέλο Ισορροπίας δυο Φο.Σ.Ε.....	36
Εικόνα 10 : Κενά Πληροφόρησης που μπορεί να εκμεταλλευτεί ο Φο.Σ.Ε.....	39
Εικόνα 11: Ενδεικτικό μοντέλο συσσώρευσης για ισορροπημένη κατανομή..... προσφορών.....	40
Εικόνα 12 : Η ευκαιριακή αξία υπό δυαδική και ενιαία αντιμετώπιση τιμής..... ανισορροπίας.....	42
Εικόνα 13: Σύγκριση μεμονωμένων φορτίων με το συσσωρευμένο ενιαίο φορτίο .	43
Εικόνα 14: Bi-Level Problem	58

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1: Σύγκριση τιμών μεταξύ των αγορών.....	17
Γράφημα 2: Πωλήσεις Αγοράς Επόμενης μέρας (πάνω) vs ενδοημερήσιας αγοράς (κάτω).....	18
Γράφημα 3: Αγορές Αγοράς Επόμενης μέρας (πάνω) vs ενδοημερήσιας αγοράς (κάτω).....	18
Γράφημα 4: Μέση τιμή εκκαθάρισης ευρώ/MWh.....	19
Γράφημα 5: Power sold to DA & RT Markets (MW)	50
Γράφημα 6: Power sold to Balancing Market (MW)	51
Γράφημα 7: Αρνητική και θετική ανισορροπία (MW)	52
Γράφημα 8: Balancing Market Ratio.....	53
Γράφημα 9: Τιμολόγηση αγοράς επόμενης μέρας.....	53
Γράφημα 10: Τιμολόγηση ενδοημερήσιας αγοράς.....	54
Γράφημα 11: Κέρδος ανά αγορά.....	55
Γράφημα 12: Ποσοστιαίο Κέρδος ανά αγορά.....	55
Γράφημα 13: Μέσος όρος παραγωγής και τιμής DA.....	59
Γράφημα 14: Τιμές DR προϊόντων άλλων ανταγωνιστών.....	59
Γράφημα 15: Ποσότητα DR που έχει προμηθευτεί ο παραγωγός.....	60
Γράφημα 16: Τιμολόγηση των DR από τον παραγωγό.....	60
Γράφημα 17: Μερίδιο DR που μοιράζονται οι ανταγωνιστές και η αγορά επόμενης μέρας.....	61
Γράφημα 18: Βελτιστοποίηση κέρδους του παραγωγού ανάλογα με το ρίσκο.....	61
Γράφημα 19: Μεγιστοποίηση κέρδους/Ελαχιστοποίηση κέρδους μέσω του συσσωρευτή ανάλογα τον ρόλο του.....	62
Γράφημα 20: Βελτιστοποίηση κέρδους με αβεβαιότητα στην τιμή ανάλογα με το ρίσκο.....	63
Γράφημα 21: Μεγιστοποίηση κέρδους/Ελαχιστοποίηση κέρδους μέσω του συσσωρευτή ανάλογα τον ρόλο του.....	63
Γράφημα 22 : Βελτιστοποίηση κέρδους σε αβεβαιότητα παραγωγής.....	65
Γράφημα 23 : Βελτιστοποίηση κέρδους σε αβεβαιότητα παραγωγής.....	66

Συντομογραφίες

ΣτΕ,	Συμβούλιο της Επικράτειας
ΟΤC,	OVER THE COUNTER
NDP,	NET DOMESTIC PRODUCT
ΑΠΕ,	ΑΝΑΝΕΩΣΗΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
DER,	DISTRIBUTED ENERGY RESOURCES
D-1... D... D+1,	ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΗΜΕΡΑ... ΗΜΕΡΑ... ΕΠΟΜΕΝΗ ΗΜΕΡΑ
ACER-ΟΣΡΑΕ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΑΡΧΩΝ
ETM,	EUROPEAN TARGET MODEL
ENTSO-E, ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ATC,	AVAILABLE TRANSFER CAPACITY
FB,	FLOW-BASED
ERC,	EUROPEAN PRICE COUPLING
NEMO-ΟΔΑΗΕ,	ΟΡΙΣΘΕΝΤΑΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
Α/Γ,	ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ
Φο.Σ.Ε.,	ΦΟΡΕΙΣ ΣΩΡΕΥΤΙΚΗΣ ΕΚΠΡΟΣΩΠΗΣΗΣ
ΑΔΜΗΕ, ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ
ΡΑΕ,	ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
BRP,	BALANCING RESPONSIBLE PARTY
BSP,	BALANCING SERVICE PROVIDER
SO,	SYSTEM OPERATOR
DSO,	DISTRIBUTION SYSTEM OPERATOR
TSO,	TRANSMISSION SYSTEM OPERATOR
DR,	DEMAND-RESPONSE
DA,	DAY AHEAD MARKET
RT,	REAL TIME MARKET
BL,	BALANCING MARKET

ICT,	INFORMATION & COMMUNICATION TECHNOLOGY
NOC,	NETWORK OPERATION CENTER
LMP,	LOCATIONAL MARGINAL PRICING
VaR,	VALUE AT RISK
CVaR,	CONDITIONAL VALUE AT RISK
MPEC,	MATHEMATICAL PROBLEM WITH EQUILIBRIUM CONSTRAINTS
KKT,	KARUSH – KUHN – TUCKER CONDITIONS
Rho/ ρ ,	RISK LEVEL (0, 0.5, 1.5, 2)

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας αντιμετωπίζουν σήμερα σημαντικές αλλαγές ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης των τεχνολογιών της πληροφορίας και των επικοινωνιών (ICTs), τα ηλεκτρονικά ισχύος και τους καταναλωμένους ενεργειακούς πόρους (π.χ. καταναμημένη παραγωγή με αέριο, ηλιακά φωτοβολταϊκά, μικρά αιολικά πάρκα, ηλεκτρικά οχήματα, αποθήκευση ενέργειας και Demand-Response). Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), σε αντίθεση με τις «παραδοσιακές» κεντρικές μονάδες παραγωγής, χαρακτηρίζονται από τις μικρές τους χωρητικότητες, και τη σύνδεσή τους με δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μέσης και χαμηλής τάσης. Αυτές οι τεχνολογίες έχουν τη δυνατότητα όχι μόνο να παρέχουν τις πολύτιμες υπηρεσίες ηλεκτρικής ενέργειας που παραδοσιακά παρέχονται από κεντρικές μονάδες παραγωγής, αλλά επίσης νέες υπηρεσίες που επιτρέπονται λόγω της καταναμημένης φύσης τους.

Οι ενδιαφερόμενοι ισχυρίζονται ότι οι συσσωρευτές ΑΠΕ δημιουργούν οικονομική αξία, δίνοντας τη δυνατότητα στους παραγωγούς να συμμετάσχουν στις αγορές και να παρέχουν τις υπηρεσίες τους σε άλλους παίκτες της αγοράς. Η παραγόμενη ισχύς των ανεμογεννητριών όμως, έχει αβέβαιο χαρακτήρα και είναι δύσκολο να προβλεφθεί. Επομένως, οι συσσωρευτές αιολικών παραγωγών αντιμετωπίζουν μια κατάσταση κινδύνου όταν συμμετέχουν και εκπροσωπούν τους παραγωγούς στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά συνέπεια, οι αιολικοί παραγωγοί, με την χρησιμοποίηση των συσσωρευτών, πρέπει να βρουν και να χρησιμοποιήσουν μια στρατηγική χαμηλού κινδύνου.

Στην είσοδο των ΑΠΕ στις αγορές και στην αντιμετώπιση των οποιαδήποτε κινδύνων μπορεί να προκύψουν λόγω της φύσης παραγωγής τους, έχει συμβάλει τα μέγιστα και το Ευρωπαϊκό Μοντέλο στόχος. Μια προσπάθεια της Ευρωπαϊκής ένωσης για συμμόρφωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας των χωρών της Ευρωπαϊκής ένωσης, με ομαλότερη παραγωγή και διανομή της παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας από τους παραγωγούς προς τους καταναλωτές για ένα καλύτερο μέλλον του πλανήτη και της πράσινης ενέργειας. Για τον λόγο αυτό σε αυτή την εργασία θα αναλυθούν οι έννοιες της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε Ελλάδα και Ευρώπη, το θεσμικό πλαίσιο

που υπήρχε και πως συμμορφώνεται στα σημερινά πλαίσια και θα αναλυθεί το μοντέλο και τα χαρακτηριστικά του Ευρωπαϊκού Μοντέλου. Στην συνέχεια θα αναφερθεί η αιολική Ενέργεια σε Ελλάδα και Ευρώπη, η μελλοντική εξέλιξή της, καθώς επίσης και η σημασία, ο ρόλος και η αξία που μπορούν να προσφέρουν οι Φορείς Σωρευτικής Εκπροσώπησης (Φο.Σ.Ε) στην αγορά και στους παραγωγούς που εκπροσωπούν. Τέλος γίνεται μια προσπάθεια μέσω ερευνών να αποκαλυφθούν και με στατιστικά, αυτά τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι Φο.Σ.Ε., εκπροσωπώντας αιολικούς παραγωγούς στις αγορές αλλά και πως συμπεριφέρονται με απώτερο σκοπό την βελτιστοποίηση κέρδους.

Κεφάλαιο 2 Θεσμικό πλαίσιο ενεργειακής αγοράς και ανάλυση κατηγοριών ενεργειακών αγορών

2.1 Εισαγωγή στο θεσμικό πλαίσιο με την εξήγηση του Νόμου 4336/2015 και του Νόμου 4425 ΦΕΚ 185/30.09.2016

Με αφετηρία το Νόμο 4336/2015 «ΕΝΕΡΓΕΙΑ» και σύμφωνα με [1], δέον, αρχικά, να επισημανθεί πως η ratio του κανόνα δικαίου θεσπιζόμενου μέσω της με αριθ. 4336/2015 νομοθετικής πρωτοβουλίας, μεταξύ άλλων, υπήρξε και ο εκσυγχρονισμός των ελληνικών αγορών ώστε να καταστούν ανταγωνιστικότερες, να προωθήσουν την καινοτομία καθώς και να εναρμονιστούν στα ευρωπαϊκά πρότυπα.

Ως αφετηρία, οι ρυθμιστικές αρχές ενέκριναν την μεταρρύθμιση αγοράς φυσικού αερίου, σύμφωνα με την οποία ένας καταναλωτής μπορεί να αλλάξει το μέσο προμήθειας του και τον προμηθευτή του με το σύστημα πληρωμών δυναμικότητας. Αυτή η μεταρρύθμιση θα είχε τεθεί σε λειτουργία έως το τέλος του 2018. Επίσης, προβαίνοντας σε μεταρρυθμίσεις, τροποποιώντας τους κανόνες αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και εφαρμόζοντας επιταγές αποφάσεων Ελληνικής Νομολογίας (βλέπε ενδεικτικά, τμήμα Δ 1888/2020 ΣτΕ), βάσει χρονοδιαγραμμάτων, και υιοθετώντας τις επιταγές της ευρωπαϊκής ένωσης, θα υπήρχε αναθεώρηση των τιμολογίων της ΔΕΗ που αφορά το κόστος. Πριν τις μεταρρυθμίσεις αυτές, είχε προηγηθεί το φθινόπωρο του 2015 μια μείωση των μεριδίων των παραγόμενων της ΔΕΗ, της τάξης του 25% στο εμπόριο λιανικής και χονδρικής αγοράς. Ο στόχος ήταν το μερίδιο αυτό να φτάσει κάτω από το 50% μέχρι το τέλος του 2020. Σε περίπτωση που το σχέδιο αποτύγχανε, οι ρυθμιστικές αρχές έπρεπε να δημιουργήσουν ένα άλλο πλάνο αποσκοπώντας στα ίδια αποτελέσματα. Ο κύριος στόχος των μεταρρυθμίσεων που έλαβαν χώρα τον Οκτώβριο του 2015, ήταν οι αξιοποίηση των Ευρωπαϊκών κονδυλίων για την σταδιακή μετάβαση σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, εκπληρώνοντας ένα νέο θεσμικό πλαίσιο για την ορθή λειτουργία τους. Κάτι παρόμοιο επιτεύχθηκε και για την αγορά φυσικού αερίου, σύμφωνα πάντα με τα κριτήρια του Ευρωπαϊκού Μοντέλου Στόχος, το οποίο θα αναλυθεί παρακάτω. Τέλος, όσον αφορά τις εταιρίες ύδρευσης και τον εφοδιασμό από αυτές, προβλέφθηκε από την ρυθμιστική αρχή ένα

μοντέλο βελτίωσης και ανάπτυξης ιδιαίτερα στο δίκτυο διανομής τους. Όλα τα παραπάνω εκπονήματα, έπρεπε να έχουν υλοποιηθεί εντός των χρονικών ορίων που είχε θέσει η Ελληνική Ρυθμιστική Αρχή και η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε).

Με τον Νόμο υπ' Αριθ. 4425 ΦΕΚ 185/30.09.2016 θεσπίστηκαν επείγουσες ρυθμίσεις των αρμόδιων Υπουργείων με στόχο την εύρυθμη εφαρμογή της συμφωνίας δημοσιονομικών στόχων και διαρθρωτικών μεταρρυθμίσεων.

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με [2], στο Κεφάλαιο Γ' του Νόμου υπ' Αριθ. 4425 ΦΕΚ 185/30.09.2016 με τίτλο «ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΑΣ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΥΠΟΚΕΦΑΛΑΙΟ Α' ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ», ο νομοθέτης μνημονεύει το σκοπό του νόμου αλλά και τους απαιτούμενους ορισμούς προς πλήρη κατανόηση των επιταγών του νόμου, με στόχο την αναδιοργάνωση της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, στα πλαίσια που ορίζει η Ευρωπαϊκή Ένωση και το Ευρωπαϊκό Μοντέλο Στόχος για την δημιουργία της ευρωπαϊκής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (βλ. (ΕΚ) 714/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και την κατάργηση του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1228/2003 (L 176/1 της 15.7.2003), καθώς και του Κανονισμού (ΕΕ) 2015/1222 (L 197/24 της 25.7.2015)). Προβαίνει σε μια απαρίθμηση των αρμοδιοτήτων της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ), βασιζόμενος στο άρθρο 6 του παραπάνω νόμου. Δεν παραλείπονται δε να συσχετιστούν καθώς και να οριοθετηθούν, στο άρθρο 7, οι σχέσεις της ΡΑΕ με την Επιτροπή Κεφαλαιαγοράς με στόχο πάντα την συνεργασία των αρχών, την ακεραιότητα και την διαφάνεια των διαδικασιών καθώς και την αποτελεσματικότητα.

Στην συνέχεια και πιο συγκεκριμένα στο άρθρο 8 από το υποκεφάλαιο Β' του παραπάνω Νόμου, με τίτλο "ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ", αναφέρονται οι αγορές οι οποίες θα απαρτίζουν την ενιαία αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, εμβαθύνοντας στα χαρακτηριστικά τους. Να σημειωθεί επίσης, ότι κάθε αρμόδιος διαχειριστής θα πρέπει να διαθέτει τα κατάλληλα συστήματα πληροφοριών, αποσκοπώντας στην ομαλή λειτουργία και την συνεργασία τους με την ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων ανάμεσα στις ορισθέντες αγορές. Σύμφωνα δε, με το άρθρο 8 του Νόμου 4425/2016, εφαρμοστέο δίκαιο για τυχόν διαφορές ορίζεται το ελληνικό δίκαιο με αποκλειστική αρμοδιότητα του δικαστηρίου Αθηνών.

Με βάση το άρθρο 9 του Νόμου 4425/2016, αρμόδιος διαχειριστής της χονδρικής αγοράς ορίζεται ο ΛΑΓΗΕ ΑΕ (Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.) και η ΡΑΕ ασκεί εποπτεία στον εκάστοτε διαχειριστή τουλάχιστον μέχρι το τέλος του 2020, έχοντας την δυνατότητα να εισηγηθεί νέου ή επιπλέον διαχειριστή στον αρμόδιο υπουργό. Επιπρόσθετα, στις παραγράφους 3, 4 και 5 αναγράφονται οι αρμοδιότητες και τα δικαιώματα των διαχειριστών των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα, διάδοχο σχήμα του ΛΑΓΗΕ ΑΕ αποτελεί το Ελληνικό ενεργειακό χρηματιστήριο, στο οποίο έχει ανατεθεί η διαχείριση της χονδρικής αγοράς, της αγοράς επόμενης ημέρας και της ενδοημερήσιας αγοράς. Στην αγορά επόμενης μέρας καθώς και στην ενδοημερήσια αγορά στην Ελλάδα, υφίστανται νόμιμο μονοπώλιο στην υπηρεσία συναλλαγών, κάτι το οποίο βάσει του κανονισμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2015/1222, δεν επιτρέπει τον ορισμό νέων διαχειριστών έτσι ώστε ο αριθμός τους να ξεπερνάει την μονάδα. Όσον αφορά την αγορά εξισορρόπησης, από την ημέρα λειτουργία της στην Ελλάδα αρμόδιος διαχειριστής ορίζεται ο ΑΔΜΗΕ, Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Οι αρμοδιότητες των διαχειριστών των αγορών της ελληνικής ενεργειακής αγοράς είναι μεταξύ άλλων :

- Κάλυψη συναλλαγών
- Εκπλήρωση συναλλαγών σε περίπτωση αδυναμίας των συμμετεχόντων
- Παρακολούθηση της συμπεριφοράς των συναλλαγών
- Διακανονισμός και εκκαθάριση των συναλλαγών
- Έλεγχος κακόβουλων συναλλαγών

Αρμοδιότητες οι οποίες αναγράφονται αναλυτικά στις παραγράφους 2 έως 6 του άρθρου 11, έχοντας ως κύριο άξονα την διαφάνεια υπό την εποπτεία της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας.

Όπως γίνεται αντιληπτό, σκοπός του Νόμου ήταν να γίνουν απτές και κατανοητές τόσο έννοιες και ορισμοί στο πλαίσιο της ενέργειας αλλά και να αξιοποιηθούν στο μέγιστο νομικά πρόσωπα της Ελληνικής Επικράτειας ώστε να εναρμονισθεί το ελληνικό σύστημα ενέργειας με τις ευρωπαϊκές επιταγές. Μνεία γίνεται, λοιπόν, στον Διαχειριστή του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ), που σκοπεύει στον εφοδιασμό των ζωνών της χώρας με ηλεκτρική

ενέργεια, με ασφαλή, αποδοτικό και αξιόπιστο τρόπο, ακολουθώντας το ίδιο μοτίβο με τους προαναφερθέντες διαχειριστές, ορίζοντας φυσικά τις αρμοδιότητες του στο άρθρο 12 παρ. 2, ενώ η ΡΑΕ εξακολουθεί να ασκεί έλεγχο και εποπτεία, όπως επισημαίνεται στην παρ. 3 του ίδιου άρθρου. Ο ρόλος του δεν παύει να είναι συντονιστικός και επιβοηθητικός, σύμφωνα με τους κανονισμούς που ορίζει η Ε.Ε., παρά το γεγονός ότι μπορεί να προσφέρει συμβουλευτικές υπηρεσίες σε άλλους διαχειριστές έναντι αμοιβής καθώς και να συμμετέχει σε ερευνητικά προγράμματα της Ε.Ε..

Τέλος, στο άρθρο 14 και πιο συγκεκριμένα στην 1^η παράγραφο, ορίζονται οι κώδικες συμπεριφοράς, οι όροι και οι προϋποθέσεις των διάφορων αγορών που απαρτίζουν την ελληνική ενεργειακή αγορά, για την ορθή λειτουργία τους και την ανάπτυξη του ανταγωνισμού. Κάθε διαχειριστής οφείλει να το υποβάλει στην Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας προκειμένου να εγκριθεί και τεθεί σε ισχύ. Η ΡΑΕ έχει την δυνατότητα να τροποποιήσει τους κώδικες και να δημοσιευτεί στην Εφημερίδα Της Κυβερνήσεως η τροποποιημένη εκδοχή ενός κώδικα. Με λίγα λόγια, μπορεί οι κώδικες των αγορών να ρυθμίζουν τον τρόπο λειτουργίας των αγορών, τους όρους και τις προϋποθέσεις, η ΡΑΕ όμως διατηρεί την δυνατότητα να αποφασίζει για διάφορες μεθοδολογίες, παραμέτρους, τις προαναφερθέντες εγκρίσεις καθώς επίσης και στον ορισμό ανώτερου η κατώτερου ορίου τιμολόγησης στις αγορές. Όλα αυτά βάσει των άρθρων 6,7 και 8 του παραπάνω Νόμου, ενώ οποιαδήποτε αλλαγή θα πρέπει να δημοσιευτεί στην Εφημερίδα Της Κυβερνήσεως.

2.2 Ενεργειακές Αγορές και τρόποι λειτουργία τους

2.2.1 Χονδρική αγορά

Η χονδρική αγορά ενέργειας αποτελεί το πρώτο μοντέλο συναλλαγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η αγορά λειτουργεί κάτω από 2 διαφορετικές συνθήκες. Τη προθεσμιακή αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (Forward Market), η οποία είναι μια άτυπη εξωχρηματιστηριακή αγορά, με υποχρεωτική τη μελλοντική φυσική παράδοση των συναλλασσόμενων ποσοτήτων, κατόπιν υπογραφής συμβάσεων. Επιπλέον, υπάρχει μία αντίστοιχη αγορά OTC (Over-the-counter Market) η οποία έχει προαιρετική συμμετοχή. Κεντρικός αντιπρόσωπος – μεσίτης (dealer – broker) αποτελεί ο

εκάστοτε αρμόδιος διαχειριστής της αγοράς. Στην ελληνική αγορά όπως είδαμε (βλ. 2.1.), τον ρόλο αυτό έχει το Ελληνικό Ενεργειακό Χρηματιστήριο.

Για την αποφυγή έλλειψης σταθερότητας και ρευστότητας στην χονδρική αγορά (η αλλιώς προθεσμιακή – forward) αλλά και στην αγορά της επόμενης ημέρας, στα αρχικά στάδια των συναλλαγών, όπου μπορεί να προκληθεί από προμηθευτές με αυξημένο μερίδιο αγοράς, έχουν καθοριστεί συγκεκριμένες ποσοτώσεις. Κάθε προμηθευτής που διαθέτει μεγάλο μερίδιο, δε μπορεί να διαθέτει προϊόντα προθεσμιακά και OTC(Over The Counter) πάνω από το 20% του χαρτοφυλακίου του. Η χονδρική αγορά θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως αγορά χαρτοφυλακίου στην συμμετοχή του στην ενεργειακή αγορά.

Η ορθή σύνδεση της Χονδρικής αγοράς με την αγορά επόμενης μέρας πρέπει να γίνεται με βάση την ορθή κατανομή των συναλλασσόμενων ποσοτήτων που έχουν διαπραγματευτεί στην Προθεσμιακή Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας. Οι ποσότητες αυτές αντιπροσωπεύουν τη καθαρή θέση των συμμετεχόντων της παραπάνω αγοράς. Η κατανομή γίνεται μέσω δηλώσεων χρήσης, είτε ανά μονάδα παραγωγής για τις πωληθείς ποσότητες, είτε ανά ζώνη ανάλογα το φορτίο στη περίπτωση που έχουν αγορασθεί. Σε περίπτωση εισαγωγής ή εξαγωγής η αναγωγή γίνεται βάση συνόρου. Οι δηλώσεις αυτές γίνονται μέχρι το πρωί της προηγούμενης ημέρας της ημέρας κατανομής.

2.2.2 Αγορά Επόμενη μέρας

Επόμενη αγορά προς ανάλυση αποτελεί η Day-Ahead Market (DA) – αγορά επόμενης μέρας. Δικαίωμα συμμετοχής φέρουν:

- παραγωγοί,
- προμηθευτές,
- έμποροι,
- Φο.Σ.Ε. (Φορείς Σωρευτικής εκπροσώπησης),
- αυτοπρομηθευόμενοι πελάτες,
- καταναλωτές.

Οι διαδικασίες που υπάρχουν στην αγορά επόμενης μέρας είναι:

- Οι ποσότητες της προθεσμιακής αγοράς και της αγοράς διμερών συμβάσεων υποβάλλονται σε μία πλατφόρμα είτε κατά την διάρκεια λειτουργίας της αγοράς, υπό την εποπτεία του αρμόδιου διαχειριστή της αγοράς (προθεσμιακά συμβόλαια), είτε από τους συμμετέχοντες (OTC).
- Κάθε απόγευμα υπολογίζονται οι συνολικές ποσότητες των Forward και OTC αγορών και οι ωριαίες κατανομές των ενεργειακών προγραμμάτων.
- Μέχρι το πρωί της επόμενης μέρας γίνονται οι δηλώσεις πωλήσεων ανά μονάδα παραγωγής/αγορών ανά φορτίου ζώνης.
- Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω, ο αρμόδιος διαχειριστής θα πρέπει υποβάλλει τις μη τιμολογούμενες προσφορές, ανά ώρα, προκειμένου να προχωρήσει η διαδικασία εκκαθάρισης της συζευγμένης ημερήσιας αγοράς βάσει των ποσοτήτων που δηλώθηκαν
- Γίνεται έλεγχος των δηλωμένων ποσοτήτων και της μέγιστης ποσότητας που μπορεί να παραχθεί ανά μονάδα παραγωγής.

Σε περίπτωση που οι δηλώσεις ξεπερνούν αυτό το όριο, ο αρμόδιος διαχειριστής της αγοράς επόμενης μέρας προχωράει σε περικοπές. Σε αντίθεση με την προθεσμιακή αγορά, στην αγορά επόμενης μέρας είναι εφικτή η συμμετοχή των ΑΠΕ. Ως αρμόδιος διαχειριστής της αγοράς ορίζεται το Ελληνικό Ενεργειακό Χρηματιστήριο.

2.2.3. Ενδοημερήσια αγορά ενέργειας

Η συνεχής ανάγκη εξισορρόπησης κατανάλωσης και παραγωγής εξηγεί τη δημιουργία μιας σειράς διαδοχικών αγορών που ακολουθούν μετά το κλείσιμο της αγοράς της επόμενης ημέρας, όπου οι συμμετέχοντες στην αγορά μπορούν να ορίσουν τις αρχικές τους θέσεις. Επομένως, ως συνέχεια της αγοράς επόμενης μέρας, η ενδοημερήσια αγορά βασίζεται στην λογική των συνεχόμενων συναλλαγών και δημοπρασιών (Continuous Trading Matching Algorithm), που πραγματοποιείται σε διάφορα στάδια συναλλαγών και περιέχει 3 στόχους:

- 1) βελτιστοποίηση του οικονομικού πλεονάσματος,
- 2) ενημέρωση της δομής δεδομένων που αφορά τις προσφορές και
- 3) υπολογισμό της διαθέσιμης χωρητικότητας

Σύμφωνα με [3], δεδομένου του γεγονότος ότι η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας εισάγει τεράστιο βαθμό αβεβαιότητας στις λειτουργίες σε πραγματικό χρόνο (συμπεριλαμβανομένης της αβεβαιότητας στα πρότυπα ροής και της διαθεσιμότητας πλεονάζοντος εφεδρικού δυναμικού), ο ρόλος της ενδοημερήσιας αγοράς έχει κεντρικό χαρακτήρα στη διαμόρφωση ακριβή πληροφοριών τιμολόγησης. Επιπλέον, παίζουν σημαντικό ρόλο στην ενσωμάτωση της αιολικής παραγωγής στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας από δύο οπτικές γωνίες. Αρχικά, για καθαρά τεχνικούς λόγους καθώς λόγω φύσης προέλευσης των πόρων μπορούν να αποφευχθεί ένας κίνδυνος και επίσης για στρατηγικούς λόγους, όπως για παράδειγμα η αποφυγή κυρώσεων σε περιθωριακές μονάδες.

Σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας, κατά γενική ομολογία στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης χρησιμοποιείται το μοντέλο των συνεχόμενων συναλλαγών, όμως τα τελευταία χρόνια οι διασυνοριακές συναλλαγές στην ενδοημερήσια έχουν γίνει περίπλοκες από την στιγμή που χώρες, όπως η Ισπανία και η Ιταλία, λειτουργούν με διακριτό τρόπο, παρόμοιο με αυτό της αγοράς επόμενης ημέρας αλλά σε μικρότερες περιόδους και σε αυτές χώρες τα αποθέματα δημοπρατούνται μετά την αγορά ενέργειας της επόμενης ημέρας και για αυτό τον λόγο οι τιμές της ενδοημερήσιας αγοράς μοιάζουν με τη συμπεριφορά των τιμών της επόμενης ημέρας. Στις υπόλοιπες χώρες, τα αποθέματα δημοπρατούνται πριν από την αγορά ενέργειας της επόμενης ημέρας (π.χ. Βέλγιο, Γερμανία, Ολλανδία). Τέλος, όσον αφορά την ελληνική αγορά, οι συναλλαγές γίνονται σε διακριτό χρόνο και οι αρμόδιες αρχές οι οποίες είναι υπεύθυνες για την ομαλή λειτουργία και τον έλεγχο της είναι ο ΛΑΓΗΕ και ο ΑΔΜΗΕ.

2.2.4 Αγορά Εξισορρόπησης

Προκειμένου να λυθεί το πρόβλημα της ισορροπίας προσφοράς και ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στη λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, η ευρωπαϊκή αγορά ηλεκτρικής ενέργειας προχώρησε στην δημιουργία της αγοράς εξισορρόπησης. Το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας στην ευρωπαϊκή αγορά ηλεκτρικής ενέργειας διακινείται μέσω της αγοράς της επόμενης ημέρας και της ενδοημερήσιας αγοράς. Μόνο ένα μικρό μέρος της μη

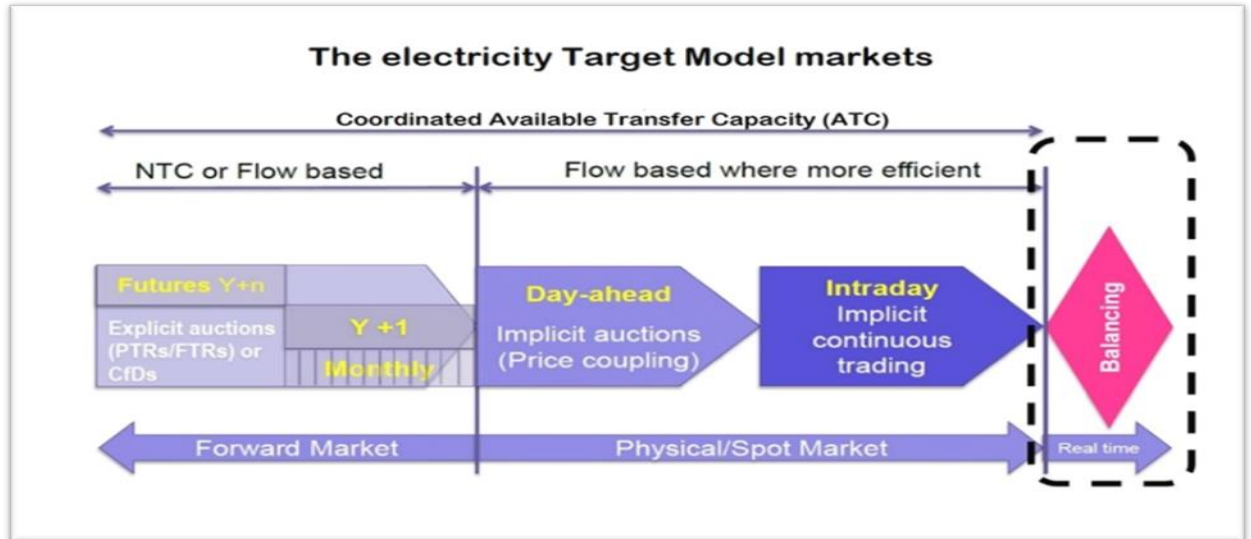
ισορροπημένης ηλεκτρικής ενέργειας διακανονίζεται μέσω της αγοράς εξισορρόπησης. Όπως αναφέρεται και στο [4], η αγορά εξισορρόπησης και η ορθή λειτουργία της, έχει μεγάλη σημασία για την ενεργειακή πολιτική της Ε.Ε. και την μετάβαση της προς την αποδοτικότερη αξιοποίηση των ΑΠΕ. Η ενσωμάτωση διαφόρων τεχνολογιών στις αγορές εξισορρόπησης, όπως η απόκριση ζήτησης, μονάδες αποθήκευσης, υβριδικές μονάδες παραγωγής ΑΠΕ και οι Aggregators, θεωρούνται απαραίτητα για την αύξηση των πόρων που αποκτώνται από ΑΠΕ.

Η αγορά εξισορρόπησης διευκολύνει αρκετά τους TSOs, προκειμένου να υπάρχει πρόσβαση σε επαρκή ποσότητα ενέργειας για να ρυθμιστεί η διαφορά μεταξύ προσφοράς και ζήτησης με το ελάχιστο δυνατό κόστος για τους πελάτες. Οι υπηρεσίες εξισορρόπησης προσφέρονται από τους παρόχους υπηρεσιών εξισορρόπησης (BSPs) και προσφέρουν ενέργεια εξισορρόπησης ή χωρητικότητα εξισορρόπησης. Οι απαιτήσεις για τους TSOs, είναι να έχουν πρόσβαση σε επαρκείς ποσότητες ενέργειας όταν χρειάζεται, παρέχοντας έτσι επαρκή απόκριση του συστήματός τους σε κανονικές καταστάσεις ή καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Σύμφωνα με τις ρυθμιστικές αρχές της Ε.Ε., η παροχή της αναγκαίας χωρητικότητας στην αγορά εξισορρόπησης αναφέρεται στον όγκο της εφεδρικής χωρητικότητας που ένας πάροχος υπηρεσιών έχει συμφωνήσει να διαθέσει ή έχει συμφωνήσει να υποβάλει προσφορές να αποκτήσει για έναν αντίστοιχο όγκο ενέργειας.

Δικαίωμα συμμετοχής στην αγορά εξισορρόπησης έχει όποιος είναι κάτοχος αδειάς εμπορίας προκειμένου να κάνουν τις προσφορές τους αποσκοπώντας σε ανοδική ή καθοδική ενέργεια εξισορρόπησης. Η περίοδος λειτουργίας της είναι 15 λεπτά και ορίζεται από την αρμόδια ρυθμιστική αρχή. Η Ευρωπαϊκή Ένωση σκοπεύει μέσα στα επόμενα χρόνια, να δημιουργήσει πλατφόρμες υποβολής προσφορών εξισορρόπησης, όπου οι BSPs (Balancing Service Providers) θα ανταμείβονται με ενιαία τιμή εκκαθάρισης. Κάθε πλατφόρμα θα λειτουργεί ξεχωριστά και θα παρέχει διαφορετικές υπηρεσίες εξισορρόπησης.

Η ανάπτυξη μιας λειτουργικής αγοράς εξισορρόπησης είναι μεγάλης σημασίας για την Ε.Ε., καθώς θα συμβάλει και αυτή, στην μετάβαση προς την καθαρή ενέργεια και αποτελεί τον κύριο στόχο της Ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής.

Στην Εικόνα 1 αντικατοπτρίζεται το μοντέλο της Ευρωπαϊκής αγοράς καθώς και ο τρόπος λειτουργίας της.



Εικόνα 1: Τρόπος λειτουργίας Ηλεκτρικής αγοράς

Κεφάλαιο 3 Ευρωπαϊκό Μοντέλο Στόχος

3.1 Περιγραφή

Από το 1996, η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) στοχεύει στην εναρμόνιση και την ελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς, με την υιοθέτηση μέτρων για τη δημιουργία της «Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς Ενέργειας», στην ενοποίηση της ευρωπαϊκής αγοράς ενέργειας με την κατάργηση των διάφορων «εμποδίων» που υπάρχουν στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και την ορθή ευθυγράμμιση τους. Πολλοί είναι οι λόγοι που ώθησαν την Ευρωπαϊκή Ένωση στην εφαρμογή αυτού του πλάνου όπως για παράδειγμα η δημιουργία αξιόπιστων μέσων τιμολόγησης, αποσκοπώντας σε ένα μία υγιής εμπορική δραστηριότητα των χωρών της Ε.Ε.. Πριν από αυτό, οι περισσότερες χώρες διαχειρίζονταν την ενεργειακή αγορά σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές ενός μοντέλου υποχρεωτικής συγκέντρωσης.

Το Ευρωπαϊκό Μοντέλο Στόχος βασίζεται σε δύο αρχές:

1. Την ανάπτυξη ολοκληρωμένων περιφερειακών αγορών χονδρικής, κατά προτίμηση εγκατεστημένες ανά ζώνη, στις οποίες οι τιμές εμπεριέχουν σημαντικές πληροφορίες για τις επιχειρησιακές και επενδυτικές αποφάσεις των παραγωγών.
2. Σύζευξη της αγοράς με βάση τον υπολογισμό χωρητικότητας «flow-based», μια μέθοδος που θεωρεί ότι η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να ρέει μέσω διαφορετικών διόδων και βελτιστοποιεί την αναπαράσταση της διαθέσιμης χωρητικότητας στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας

Το Μοντέλο Στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει ως σκοπό να παρέχει σταθερές τιμές, ενίσχυση της ρευστότητας, υποστήριξη διασυνοριακών συναλλαγών, διευκόλυνση των διασυνδέσεων και συντονίζει τη χρήση της χωρητικότητας του συστήματος μεταφοράς. Στο πλαίσιο αυτό, η ομαλή λειτουργία των αγορών (προθεσμιακή αγορά, αγορά επόμενης μέρας, ενδοημερήσια αγορά και αγορά εξισορρόπησης) είναι μια βασική εξέλιξη που επηρεάζει άμεσα την καλή λειτουργία

της αγοράς. Για την ομαλή λειτουργία του Μοντέλου Στόχου και την εναρμόνιση των Ευρωπαϊκών Αγορών, από τον Οργανισμό για την Συνεργασία των Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας (ΟΣΠΑΕ, Agency for the Cooperation of Energy Regulators - ACER) και το Ευρωπαϊκό Δίκτυο των Διαχειριστών Συστημάτων Μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (ENTSO-E), δημιουργήθηκαν οι κώδικες δικτύου και συμπεριφοράς οι οποίες κατατάσσονται σε (Α) Κώδικες Αγοράς, (Β) Κώδικες Λειτουργίας και (Γ) Κώδικες Σύνδεσης.

Πιο συγκεκριμένα:

- A.** Οι Κώδικες Αγοράς σκοπεύουν στην ομαλή λειτουργία, την αποφυγή συμφόρησης και την ορθή κατανομή δυναμικότητας στις αγορές επόμενης ημέρας και ενδοημερήσιας αγοράς, στις μελλοντικές αγορές και στην αγορά εξισορρόπησης, ανά ζώνη, σύμφωνα με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2015/1222, 2016/1719 και 2017/2195 αντίστοιχα).
- B.** Οι Κώδικες Λειτουργίας αφορούν την ομαλή λειτουργία του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (Κανονισμός 2017/1485 της Ευρωπαϊκής Ένωσης) και δίνουν οδηγίες σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ή προβλήματος στο Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Κανονισμός 2017/2196 της Ευρωπαϊκής Ένωσης).
- C.** Οι Κώδικες Σύνδεσης στοχεύουν στην ένωση των Παραγωγών Ηλεκτρικής ενέργειας με το δίκτυο διανομής, την ορθή εγκατάσταση των συστημάτων διανομής ενέργειας και την σύνδεση των Παραγωγών με συστήματα υψηλών τάσεων (Κανονισμοί 2016/631, 2016/1388 και 2016/1447 της Ευρωπαϊκής Ένωσης).

Όσον αφορά το μακροπρόθεσμο σχέδιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης με την λειτουργία του Μοντέλου Στόχου και σύμφωνα με το [5], εφόσον όλα τα κράτη μέλη της εναρμονιστούν και πορευτούν με τους κανονισμούς που έχει θέσει ο Ο.Σ.Ρ.Α.Ε., ο ENTSO-E και η Ευρωπαϊκή Ένωση, παρατηρείται πως δίνεται η δυνατότητα διαχρονικά να υπολογιστεί η δυναμικότητα των αγορών και να αναθεωρηθεί σε περίπτωση ανάγκης, επιτρέποντας τις μεθόδους ATC (Available Transfer Capacity) καθώς και την προαναφερθέν μέθοδο ροής δικτύου (Flow-Based). Δίδεται, επίσης, η

ευκαιρία σύναψης μακροπρόθεσμων δικαιωμάτων μεταφοράς μεταξύ των Κρατών Μελών της Ε.Ε. και της διασυνοριακής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, με την μέθοδο European Price Coupling (EPC), δηλαδή με την σύζευξη της τιμής της αγοράς επόμενης ημέρας μέσω δημοπρασιών όπου η ροές ενέργειας δημιουργούνται ως μια αλληλουχία τιμής διασυνδέσεων, οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν αποτελεσματικότερα ανεξαρτήτως των διαφορών τιμολόγησης που μπορεί να προκύψουν ανά περιοχή ή ζώνη. Σχετικά με την ενδοημερήσια αγορά, η καθιέρωση μια ενιαίας πλατφόρμας της Ευρωπαϊκής αγοράς για την πραγματοποίηση συναλλαγών σε πραγματικό χρόνο (Continuous Implicit Trading, CIT), δίνει την δυνατότητα στους παίκτες της αγοράς να συμμετέχουν στις αγορές αποσκοπώντας στην βελτιστοποίηση του κέρδους και την αποφυγή κινδύνων. Τέλος, επιτυγχάνεται η ισορροπία ηλεκτρικής ενέργειας καθώς δίδεται η δυνατότητα στους παίκτες της αγοράς να συμμετέχουν στην αγορά εξισορρόπησης ως εφεδρικό πλάνο με κύριο σκοπό την εξισορρόπηση των ενεργειακών πόρων.

3.2 Ο μετασχηματισμός της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Στην περίπτωση της Ελληνικής Ενεργειακής Αγοράς και στην καθιέρωση του Ευρωπαϊκού προτύπου, η Ελλάδα, πλέον, συμμορφώνεται σύμφωνα με αυτά και σκοπεύει στην είσοδο νέων παικτών της αγοράς και νέων επενδύσεων, ενώ οι ηλεκτρικές αγορές που ορίστηκαν για την συμμετοχή στο ενεργειακό «παιχνίδι», είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Ευρωπαϊκού Μοντέλου.

Πιο συγκεκριμένα, ως αποτέλεσμα του νόμου 4512/2018, όπως αναφέρεται και στο [6], η ελληνική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από :

- Την χονδρική αγορά προθεσμιακών προϊόντων (ή αλλιώς προθεσμιακή αγορά) η οποία ελέγχεται από το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας
- Την αγορά της επόμενης ημέρας (Day-Ahead Market) η οποία ελέγχεται από το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας
- Την ενδοημερήσια αγορά (Real-Time or Intra-Day market) η οποία ελέγχεται από το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας

- Την αγορά εξισορρόπησης (Balancing Market) η οποία ελέγχεται από τον ΑΔΜΗΕ.

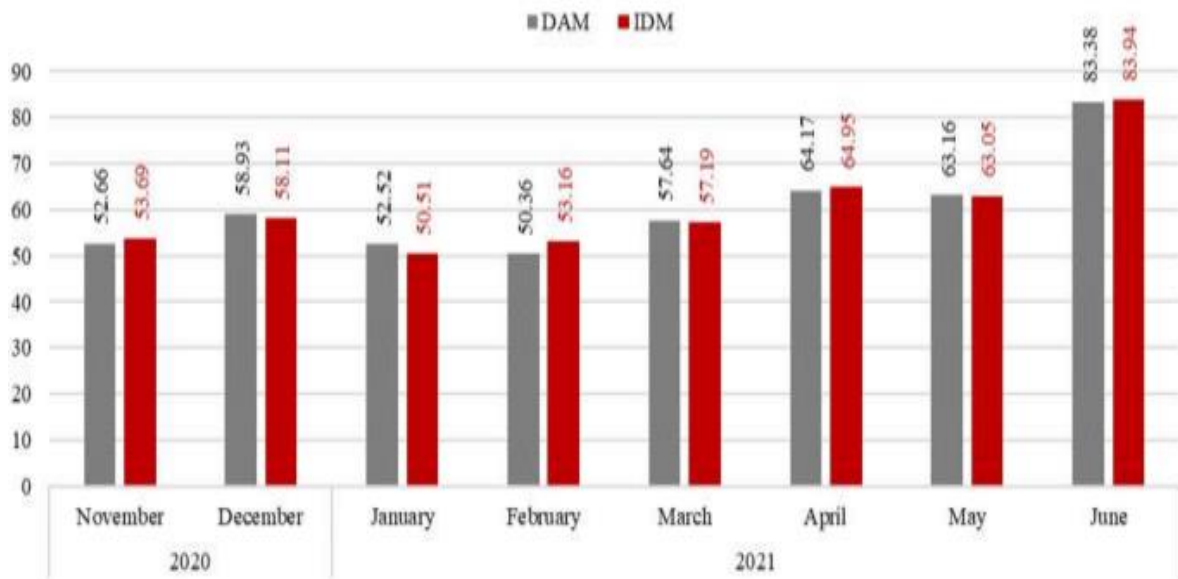
Τα μέχρι δεδομένης στιγμής, ευρήματα, δείχνουν μια σχετικά επιτυχής εφαρμογή του Target Model στην Ελλάδα, από την στιγμή που τέθηκε σε λειτουργία το Target Model στην 1^η Νοεμβρίου 2020. Παρέχει, ωστόσο, μικτά αποτελέσματα με διαταραχές τιμών που συναντώνται ως επί το πλείστον στην αγορά εξισορρόπησης.

3.3. Πρώτα αποτελέσματα ένταξης του European Target Model στην Ελληνική Αγορά

Όπως προαναφέρθηκε, μια σημαντική κίνηση για το ευρωπαϊκό μοντέλο στόχος πραγματοποιήθηκε την 1^η Νοέμβριου 2020 με την είσοδο της Ελλάδας στο πρόγραμμα και ένα μεγάλο βήμα για την χώρα προκειμένου να εκπληρώσει τις απαιτήσεις της ενεργειακής πολιτικής. Συμμετέχοντας στις προαναφερθέντες αγορές που ορίζει το μοντέλο, αναμένεται να βελτιωθούν τα δεδομένα που αφορούν τις τιμολογήσεις και την συμμετοχή στις ενεργειακές υπηρεσίες. Η Ελλάδα έχει αφήσει πίσω της το σχήμα «παράγω και ξεχνώ» που ίσχυε τα προηγούμενα χρόνια και ακολουθεί έναν προγραμματισμό, κατάλληλο για όλα τα μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης, ευέλικτο και δυναμικό. Δεν άργησε να πραγματοποιηθεί η πρώτη διασυνοριακή πρόσφορα, με την σύζευξη με την Ιταλία και την Βουλγαρία αποσκοπώντας στην ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας και την συνεχή ανάπτυξη των ΑΠΕ και του ανταγωνισμού. Κάτι το οποίο απασχολεί ιδιαίτερα τους ακαδημαϊκούς αλλά και τους παίκτες της αγοράς, είναι το πόσο απρόβλεπτη μπορεί να γίνει η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος και στο κατά πόσο μπορεί να προβλεφθεί αυτή η τιμή εύκολα. Κάποια από τα στοιχεία που επηρεάζουν την τιμολόγηση είναι για παράδειγμα οι αλλαγές στα προϊόντα προσφοράς και ζήτησης, οι διασυνδέσεις με άλλα κράτη, η τιμή των ορυκτών καυσίμων, η συνολική παραγωγή ΑΠΕ καθώς και εξωτερικοί παράγοντες όπως έγινε πρόσφατα με την πανδημία COVID-19. Παρά το γεγονός ότι η αγορά, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, για τους παραγωγούς άνοιξε με την είσοδο της Ελλάδας στο πρόγραμμα, δεν αξιοποιείται επαρκώς με αποτελέσματα να μην υπάρχει ρευστότητα πόρων ακόμα και μετά από 15 μήνες λειτουργίας.

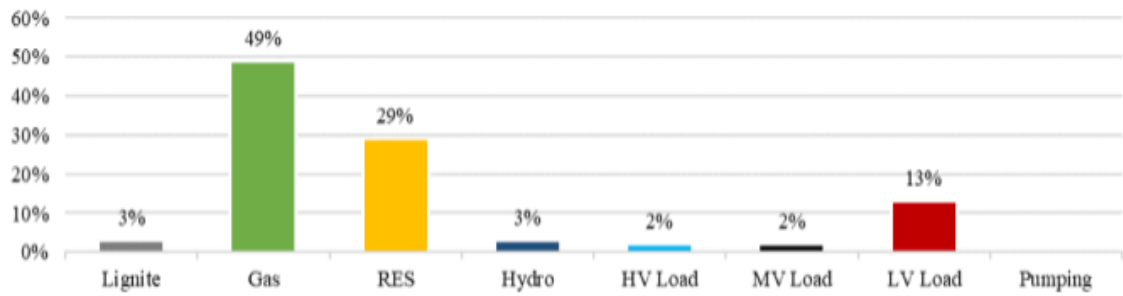
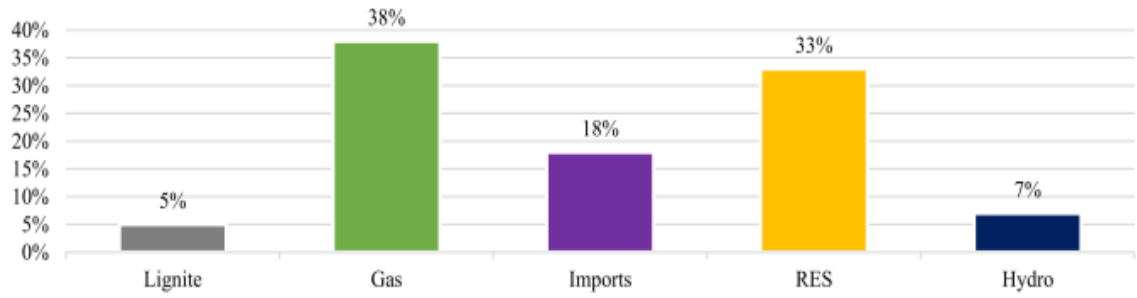
Η εκκαθάριση της τιμής της αγοράς επόμενης μέρας γίνεται στο χρονικό σημείο όπου συμβαδίζει η προσφορά και ζήτηση. Έπειτα, η τιμολόγηση γίνεται από το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας βασιζόμενοι στις συναλλαγές που πραγματοποιήθηκαν σε περασμένο χρόνο στην χονδρική αγορά και την εξωχρηματιστηριακή αγορά (Over the Counter, OTC). Για αυτό τον λόγο το Ελληνικό Ενεργειακό Χρηματιστήριο έχει μεγάλο ρόλο στην ανάπτυξη και στην ομαλή λειτουργία του Μοντέλου στόχου.

Σύμφωνα με το [7] και την έρευνα που πραγματοποιήθηκε για τα πρώτα δεδομένα στον ελληνικό ενεργειακό χώρο, καθώς και τα δεδομένα από την HEnEX (Hellenic Energy Exchange and Authors' estimations), τα οποία απεικονίζονται στο Γράφημα 1, η αγορά επόμενης ημέρας αντιπροσωπεύει κάτι περισσότερο από το 98,5% του συνολικού όγκου συναλλαγών κατά τον Μάιο του 2021, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μερίδιο της αγορασθείσας αξίας να προέρχεται από εκεί, αφού η ενδοημερήσια αγορά αντιπροσωπεύει μόνο το 1,5 % του συνολικού όγκου κατά τις τρεις ενδοημερήσιες δημοπρασίες (LIDA 1, LIDA 2, LIDA 3), ενώ εντοπίζεται μια μικρή διαφορά στην τιμολόγηση μεταξύ της αγοράς επόμενης ημέρα και της ενδοημερήσιας αγοράς. Το Γράφημα 1 δείχνει ότι, τον Μάιο του 2021, η τιμή DAM ήταν ίση με 63,16 €/MWh, ενώ ο μέσος όρος τιμής για την ενδοημερήσια αγορά ήταν ελαφρώς χαμηλότερη από 63 €/MWh (LIDA 1 (62,53 €/MWh), LIDA 2 (63,12 €/MWh) και LIDA 3 (63,52 €/MWh)). Τέλος, το Γράφημα 2 που ακολουθεί, προσφέρει μια σύγκριση των τιμών μεταξύ της αγοράς επόμενης ημέρας αλλά και τις ενδοημερήσιες αγορές, στην χρονική περίοδο Νοεμβρίου 2020 – Ιούνιο 2021.

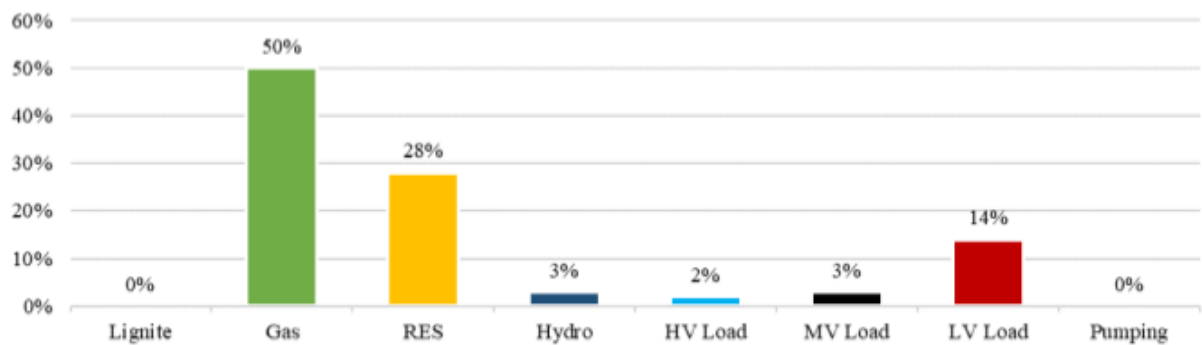
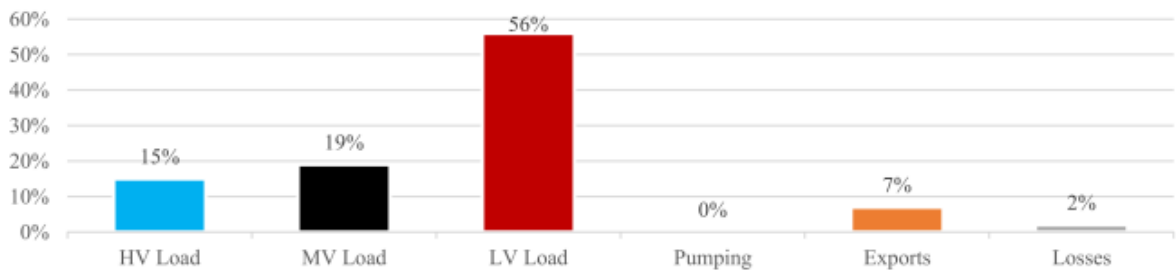


Γράφημα 1: Σύγκριση τιμών μεταξύ των αγορών

Στη συνέχεια, όσον αφορά το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας για τον Μάιο του 2021, ο όγκος πωλήσεων για την αγορά επόμενης μέρας παρουσιάζεται στο Γράφημα 3 όπου κυριαρχούν το φυσικό αέριο (38%) και οι ΑΠΕ (33%), ακολουθούν οι εισαγωγές (18%), τα υδροηλεκτρικά (7%) και ο λιγνίτης (5%) αντιπροσωπεύουν το υπόλοιπο μερίδιο παραγωγής. Τα δεδομένα για την ενδοημερήσια αγορά αποκαλύπτουν πως το φυσικό αέριο (49%) και οι ΑΠΕ (29%) αποτελούν το 78% του συνόλου. Επιπλέον, για την αγορά επόμενης μέρας, βάσει τα δεδομένα για τον Μάιο του 2021, το μεγαλύτερο ποσοστό αφορά το φορτίο χαμηλής τάσης (LV) (56%), ακολουθεί φορτίο μέσης τάσης (MV) (19%) και τέλος φορτίο υψηλής τάσης (HV) (15%). Στην ενδοημερήσια αγορά εντοπίζουμε μονάδες φυσικού αερίου που απορροφούν 50%, Φο.Σ.Ε. για ΑΠΕ στο 28%, και φορτίο χαμηλής τάσης στο 14%.

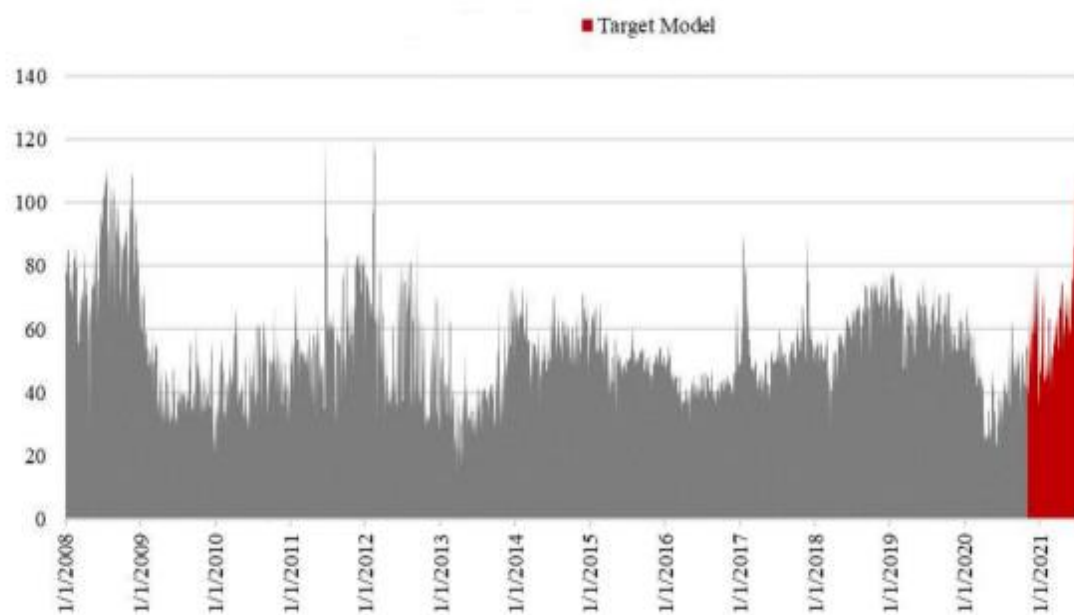


Γράφημα 2: Πωλήσεις Αγοράς Επόμενης μέρας (πάνω) vs ενδοημερήσιας αγοράς (κάτω)



Γράφημα 3: Αγορές Αγοράς Επόμενης μέρας (πάνω) vs ενδοημερήσιας αγοράς (κάτω)

Τέλος, όπως φαίνεται και στο Γράφημα 4, από το 2008 έως και τον Ιούνιο 2021, η μέση ημερήσια τιμή εκκαθάρισης της αγοράς στην Ελλάδα κυμάνθηκε από 10 €/MWh έως 123 €/MWh, με μέση τιμή, λαμβάνοντας υπόψη την περίοδο από 1^η Ιανουαρίου 2008 έως 1^η Ιουνίου 2021, 54,1 €/MWh. Όσον αφορά τη συνολική διακύμανση, πριν την εφαρμογή του Target Model, εντοπίζουμε το «peak» στις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας (αξίας άνω των 100 €/MWh) μόνο τέσσερις φορές σε περίοδο 13,5 ετών. Πριν από την λειτουργία του Target Model, σημειώθηκε σημαντική πτώση στη τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας, όπου οι τιμές κατά την 1η περίοδο του lockdown COVID-19 (Μάρτιος 2020–Απρίλιος 2020), έφτασαν 28,5 €/MWh και πιο συγκεκριμένα τον Απρίλιο του 2020.



Γράφημα 4: Μέση τιμή εκκαθάρισης ευρώ/MWh

Κεφάλαιο 4 Αιολική Ενέργεια

4.1 Περιγραφή

Το άστρο του ηλιακού συστήματος στο οποίο βρισκόμαστε, παράγει κατά μέσω όρο 1367 Watt ανά τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειας του, από τα οποία ένα πολύ μικρό ποσοστό φτάνει στην επιφάνεια της Γης. Η ακτίνες του ηλίου θερμαίνουν την επιφάνεια της Γης, προκαλώντας τα θερμά, άρα και ελαφρύτερα, στρώματα αέρα να ανέβουν υψομετρικά και η μη ομοιογένεια της φύσης του αέρα, προκαλεί διαφορές στην πίεση της ατμόσφαιρας της γης, οι οποίες προκαλούν τις στρώσεις αυτές, να αναπτύσσουν ταχύτητα με παράλληλη κατεύθυνση ως προς το έδαφος. Όλα αυτά, σε συνδυασμό με την στροφική κίνηση της Γης, προκαλούν τα σωματίδια του αέρα να κινούνται με μεγάλες ταχύτητες κατά μήκος του εδάφους. Ο άνεμος, είναι ένα στοιχείο της φύσης τα χαρακτηριστικά του οποίου, διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και ανάλογα την εποχή του χρόνου και που ο άνθρωπος, εδώ και χιλιάδες χρόνια προσπάθησε να δαμάσει.

Η αιολική ενέργεια αναφέρεται σε αυτή την προσπάθεια του ανθρώπου να εξημερώσει τον άνεμο. Είναι η αξιοποίηση του ανέμου ή των ροών του αέρα για την δημιουργία αρχικά κινητικής, μηχανικής αλλά και ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα χρησιμοποιούνται σύγχρονες ανεμογεννήτριες για τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας από τον άνεμο σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα παλαιότερα χρόνια ένας ανεμόμυλος μετέτρεπε την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ή μηχανική ενέργεια για την άντληση νερού ή την άλεση των δημητριακών. Αυτή η ιδέα ανεμόμυλου αναπτύσσεται από το 1977 έως και σήμερα αποτελώντας το βιομηχανικό πρότυπο. Παρά το γεγονός βέβαια πως μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό της ενέργειας του ηλίου μεταφέρεται στην Γη, η δυνητική αιολική ενέργεια η οποία μπορεί να παραχθεί από αυτό το ποσοστό, είναι πολύ μεγάλη και σημαντική για τα δεδομένα της ηλεκτρικής ενέργειας. Περίπου 0.8% της ηλιακής ενέργειας φτάνει στην Γη και το 0,7% αυτού μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια. Για αντιληφθεί κάποιος την σημασία της αιολικής ενέργειας και το πόσο σημαντική είναι, αξίζει να σημειωθεί ότι έστω και αν

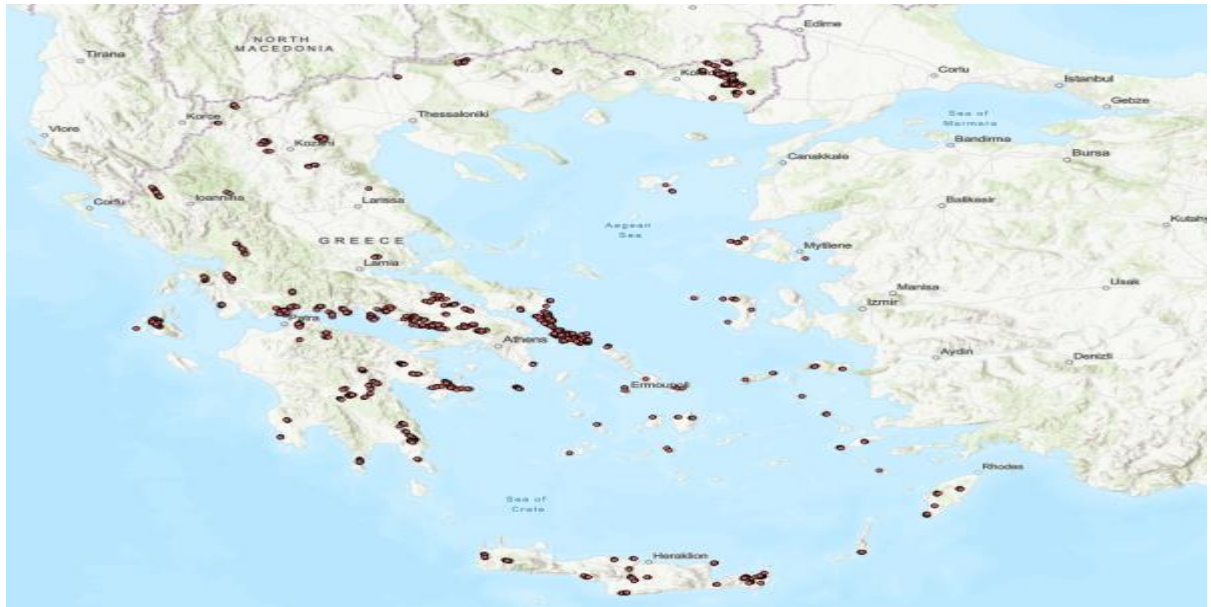
τροποποιηθεί το 10% αυτής τις κινητικής ενέργειας σε ηλεκτρική, θα κάλυπτε όλες τις ανάγκες των ανθρώπων για ηλεκτρική ενέργεια.

4.2 Αιολική Ενέργεια σε Ελλάδα και Ευρώπη

Στις Εικόνες 2 και 3, παρουσιάζεται το αιολικό δυναμικό της χώρας μας. Αρχικά παρατηρείται η ραγδαία ανάπτυξη του κλάδου αυτού από 2000 έως και το πρώτο εξάμηνο του 2021, η συνολική παραγωγή σε MW καθώς και ο γεωπληροφοριακός χάρτης όπου εκμεταλλεύεται η Ελλάδα την αιολική ενέργεια.

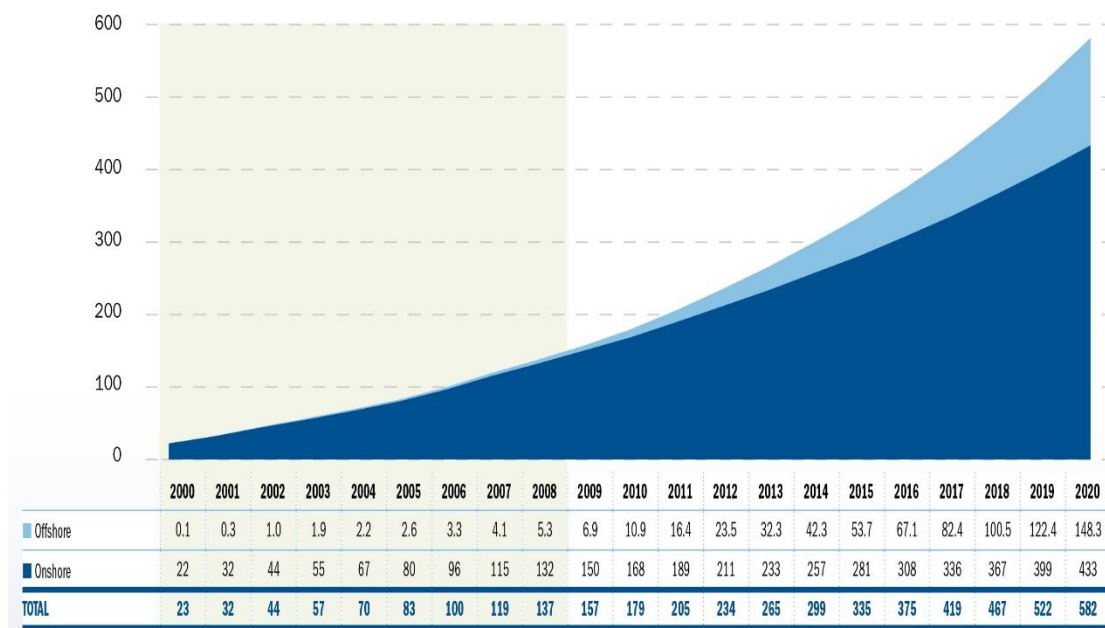


Εικόνα 2: Συνολική Παραγωγή Αιολικής Ενέργειας βάση στατιστικών του World Wind Energy Association (WWEA)

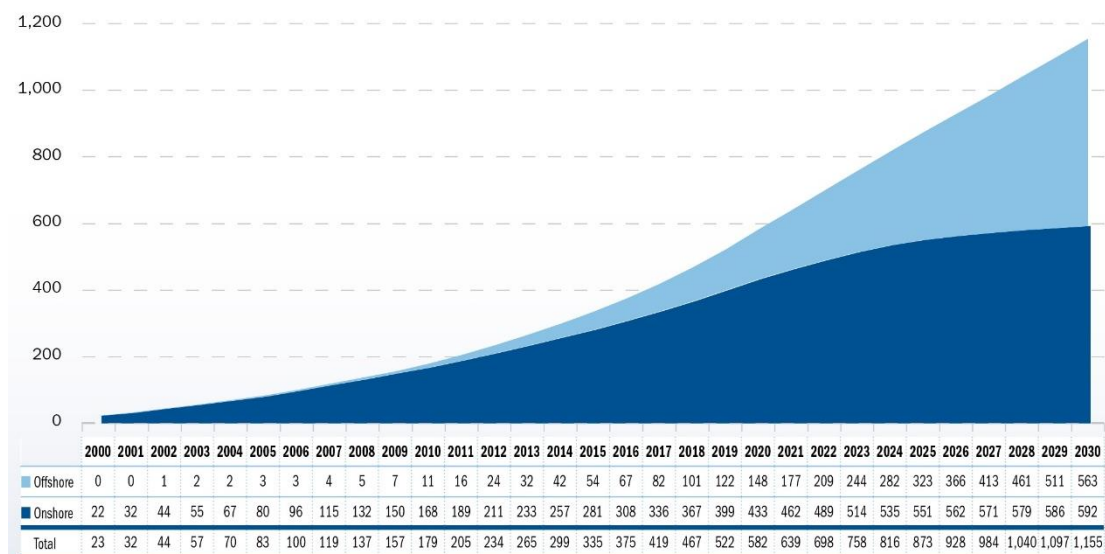


Εικόνα 3: Γεωπληροφοριακός Χάρτης των αιολικών πάρκων στην Ελλάδα βάση των στατιστικών της ΕΛΕΤΑΕΝ (Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας)

Η ΕΕ, διαθέτει αυτή τη στιγμή, τη μεγαλύτερη πλωτή αιολική ενεργειακή ικανότητα στον κόσμο - περίπου το 70% του συνόλου. Μέχρι το τέλος του 2020, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας θα μπορούσε να είχε φτάσει τα 500 GW, που ισοδυναμεί με την κάλυψη του 14% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Μέχρι το 2030 θα μπορούσε να φτάσει τα 1.2 TW, καλύπτοντας έως και το 24% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Στην Εικόνα 4 παρουσιάζεται η offshore/onshore παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη κατά το 2000-2020 σε GW, ενώ στην Εικόνα 5 παρουσιάζεται ένα πρότυπο μελλοντικής εξέλιξης της παραγωγής στα επόμενα χρόνια.



Εικόνα 4: Offshore/ onshore παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη κατά το 2000-2020.



Εικόνα 5: Πρότυπο μελλοντικής εξέλιξης της παραγωγής

Εξαιτίας των προβλημάτων που προκύπτουν από τα συστήματα μεταφοράς και την συμφόρησή τους, το 2021 δεν εγκαταστάθηκαν παραπάνω από 17,4 GW νέα αιολικά πάρκα, παρά το γεγονός ότι η συγκεκριμένη χρονιά αποτελεί έτος ρεκόρ για τις νέες εγκαταστάσεις (ξεπερνώντας τον αριθμό των 17,1 GW για το 2017). Ήταν όμως κατά 11% χαμηλότερες από τις προβλεπόμενες. Αναμένεται ότι η Ε.Ε. θα προχωρήσει στην

εγκατάσταση παραπάνω από 116 GW νέων αιολικών πάρκων κατά την περίοδο 2022-2026 δηλαδή κάτι παραπάνω από 23 GW το χρόνο κατά μέσο όρο. Το 75% αυτών των νέων εγκαταστάσεων θα αποτελέσει χερσαία αιολική ενέργεια (onshore). Αναφέρεται επίσης ότι, η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.), θα προχωρήσει στην δημιουργία επιπλέον 18 GW νέων αιολικών πάρκων κατά την ίδια χρονική περίοδο. Αυτό είναι περισσότερο από ό,τι τα προηγούμενα χρόνια, αλλά εξακολουθεί να είναι πολύ χαμηλό. Πρέπει να κατασκευάζονται 32 GW ετησίως, προκειμένου να επιτύχουν τον νέο στόχο της Ε.Ε., δηλαδή το 40% της ολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να αποτελείται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Παρά τα υψηλότερα ετήσια ποσοστά εγκατάστασης, η Ευρώπη θα χρειαστεί να εγκαταστήσει κατά μέσο όρο ετησίως 25 GW νέας χερσαίας αιολικής ενέργειας, κατά την περίοδο 2022-2026 προκειμένου να φτάσει στα επιθυμητά επίπεδα που η ίδια έχει ορίσει. Παρόμοια εικόνα και για την offshore αιολική ενέργεια, όπου η Ευρώπη θα πρέπει να εγκαθιστά περισσότερα από 8 GW, κατά μέσο όρο ετησίως, κατά την περίοδο 2022-2026.

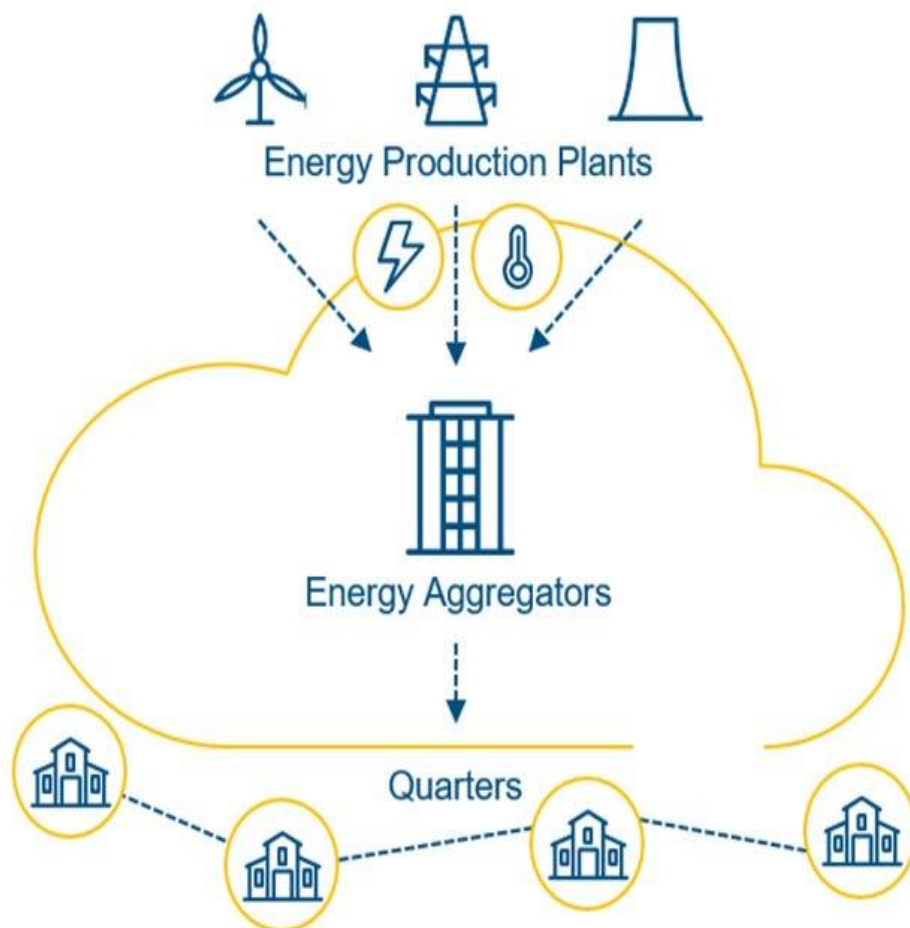
Κεφάλαιο 5 Φορείς Σωρευτικής Εκπροσώπησης

5.1 Τι είναι οι Φορείς Σωρευτικής Εκπροσώπησης

Οι Φορείς Σωρευτικής Εκπροσώπησης, ή αλλιώς Aggregators, είναι μια ομάδα πρακτόρων σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, που λειτουργεί ως μια ενιαία οντότητα συμμετέχοντας στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ρόλος του Aggregator είναι να δημιουργεί ευελιξία κινήσεων για τον παίχτη της αγοράς που αντιπροσωπεύει, με σκοπό να πουλήσει στον DSO (Distributed System Operator), το BRP (Balancing Responsible Party), απευθείας ή μέσω του BRP στον TSO (Transmission System Operator), τους πόρους του. Έτσι, ο Φο.Σ.Ε. επιδιώκει να μεγιστοποιήσει το κέρδος του και αποσκοπεί επίσης στην μείωση της συμφόρησης του δικτύου, αναβάλλοντας την ανάγκη για ενίσχυση του δικτύου διανομής, περιορίζοντας τυχόν κυρώσεις λόγω ισορροπημένης προσφοράς και αγοράζοντας ενέργεια όταν οι τιμές είναι χαμηλές. Επιπλέον, αναλαμβάνει την ευθύνη για την επίβλεψη των πελατών τους, όσον αφορά την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας, τους διακανονισμούς και την εκπλήρωση των συμβολαίων. Μέσω αυτής της οντότητας, οι τελικοί χρήστες εκτίθενται λιγότερο στους κινδύνους που κρύβει η συμμετοχή στο «παιχνίδι» της ενεργειακής αγοράς. Ειδικότερα, σύμφωνα με το [8], με την προσπάθεια της Ε.Ε. να εντάσσει την πράσινη ενέργεια και τις ΑΠΕ στην ενεργειακή αγορά, οι Φο.Σ.Ε. θα παίξουν κομβικό ρόλο στην ομαλή και ορθή λειτουργία της αγοράς. Οι Φο.Σ.Ε. θα αποτελέσουν εγγυητές για την αποτελεσματικότερη χρήση των προϊόντων των ΑΠΕ σε μια αγορά ηλεκτρική ενέργειας όπου οι παραγωγοί μπορούν να συμμετέχουν ελεύθερα αλλά με ρίσκο ή με την βοήθεια της συσσώρευσης.

Συσσωρευτής μπορεί να γίνει οποιοσδήποτε παίχτης της αγοράς ή μη, δίνοντας την δυνατότητα στους Φο.Σ.Ε. να έχουν διαφορετικούς ρόλους. Οι παράγοντες που συμμετέχουν είδη στην αγορά, όπως οι προμηθευτές ή ένας BRP, μπορεί να γίνει Aggregator. Επιπλέον, ένας ανεξάρτητος παίχτης της αγοράς, που δεν σχετίζεται με έναν προμηθευτή ή έναν BRP, μπορεί επίσης να γίνει aggregator. Το να γίνει ένας φορέας αθροιστής σημαίνει ότι θα χρειαστεί να αναλάβει μια νέα λειτουργία εκτός από τους υπάρχοντες ρόλους τους, όπως για παράδειγμα οι προμηθευτές, οι οποίοι

δεν είναι υπεύθυνοι για την αγορά και την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας για τους καταναλωτές, όταν παίρνουν τον ρόλο του αθροιστή, μπορούν να εμπορεύονται στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας. Πρέπει να σημειωθεί ότι ένας DSO, μπορεί επίσης να γίνει aggregator. Ωστόσο, αρκετές έρευνες μεταξύ ευρωπαϊκών ενδιαφερομένων στο αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, δείχνουν ότι οι DSOs όταν λειτουργούν ως Aggregators, θεωρούνται οι λιγότερο κατάλληλοι, δεδομένων των ρυθμιστικών κανόνων που ισχύουν. Στην Εικόνα 6, εικονίζεται η λειτουργία του μοντέλου αυτού και ο τρόπος λειτουργίας ενός ενεργειακού συσσωρευτή.



Εικόνα 6: Energy Aggregator

5.2. Κατηγορίες ΦΟ.Σ.Ε

5.2.1 ΦΟΣΕ με συνδυασμένους ρόλους

Για το γεγονός ότι κάθε παίχτης της αγοράς μπορεί να γίνει συσσωρευτής, έχει δημιουργηθεί μια σύγχυση προκειμένου να προκαθοριστούν οι ρόλοι τους. Αρκετά συχνά παρατηρείται το ενδεχόμενο να μην υπάρχουν επαρκής ρυθμιστικοί κανόνες που να ρυθμίζουν την λειτουργία των Φο.Σ.Ε. στην εκάστοτε αγορά, όπως επίσης και οι σχέσεις τους με τους προμηθευτές ή τους υπεύθυνους εξισορρόπησης. Αυτό το γεγονός μπορεί να αποφέρει προβλήματα στην αγορά και για αυτό τον λόγο κάποιοι Φο.Σ.Ε. αναλαμβάνουν συνδυασμένους ρόλους για την αποφυγή κινδύνων.

Στο ευρωπαϊκό μοντέλο στόχος εντοπίζονται διάφορα μοντέλα τέτοιων επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, σύμφωνα με το [9]. Πιο συγκεκριμένα:

- Συνδυασμένος Aggregator-Προμηθευτής: Η συσσώρευση και η προμήθεια των ενεργειακών πόρων προσφέρονται σαν πακέτο, με την συμβολή ενός BRP, ανά σημείο σύνδεσης. Προκύπτει μειωμένη πολυπλοκότητα και δεν υπάρχουν οικονομικές διευθετήσεις μεταξύ των παραγωγών-προμηθευτών ηλεκτρικής ενέργειας με τους Φο.Σ.Ε.. Αυτό το μοντέλο μπορεί να αναπτυχθεί εύκολα σε χώρες με σωστή λειτουργία, τόσο της χονδρικής, όσο και της λιανικής αγοράς, συμβάλλοντας στην παρουσία του ανταγωνισμού μεταξύ των παραγωγών.
- Συνδυασμένος Aggregator-BRP: Σε αυτό το μοντέλο, συνεργάζονται δύο BRPs, ένας ανεξάρτητος Φο.Σ.Ε. και ένας προμηθευτής, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την σύναψη συμφωνιών μεταξύ του παραγωγού και των ενεργειακών αγορών, με σκοπό την αποζημίωση του εκάστοτε παραγωγού για τους διαθέσιμους πόρους του. Υπάρχει μια περίπτωση βέβαια, να μην γίνει σωστή αναγνώριση του κόστους προμήθειας αυτών των πόρων και πολύ συχνά προκύπτουν επιπτώσεις στον Φο.Σ.Ε., όταν αυτός συνάπτει συμβάσεις με πολλούς διαφορετικούς πελάτες. Να σημειωθεί επίσης ότι πρέπει να ρυθμιστούν και οι ανισορροπίες μεταξύ του BRP του παρόχου και του BRP του Φ.ο.Σ.Ε.

- Συνδυασμένος Φ.ο.Σ.Ε -DSO (Distributed System Operator): Δεν προτείνεται, καθώς λειτουργεί μόνο σε μια πλήρως απελευθερωμένη και άναρχη αγορά. Η ευρωπαϊκή αγορά δεν είναι.

5.2.2 Ανεξάρτητοι Φο.Σ.Ε

Έντονη είναι και η δραστηριότητα των ανεξάρτητων Φο.Σ.Ε., για τους οποίους η Ευρωπαϊκή Ένωση είχε τονίσει ότι αποτελεί έναν παίκτη της αγοράς ο οποίος μπορεί να αντιπροσωπεύει πολλαπλά φορτία για πώληση αλλά και εξαγορά σε οποιαδήποτε αγορά με ορθολογικό χαρακτήρα. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα ενός ανεξάρτητου συσσωρευτή αποτελεί και το γεγονός ότι συμβάλλει τα μέγιστα στην ανάπτυξη του ανταγωνισμού.

Υπάρχουν τρία μοντέλα λειτουργίας ενός ανεξάρτητου Φο.Σ.Ε., σύμφωνα με [9], και πιο συγκεκριμένα:

- Ανεξάρτητος Aggregator ως πάροχος υπηρεσιών: Ένας Φο.Σ.Ε. εκπροσωπεί ένα παραγωγό ηλεκτρικής ενέργειας αλλά δεν διαχειρίζεται τους πόρους με δικό του ρίσκο. Η συμβολή του είναι να παρέχει στον παραγωγό προσβασιμότητα σε διάφορα προϊόντα εξισορρόπησης. Για αυτό τον λόγο επισυνάπτονται πολύ συχνά μακροπρόθεσμα συμβόλαια αποκλειστικότητας μεταξύ του Φο.Σ.Ε. και του παραγωγού που εκπροσωπεί. Ωστόσο, αφού ο Φο.Σ.Ε. δεν αναλαμβάνει καμία ευθύνη, ο παραγωγός μπορεί να βρεθεί σε κίνδυνο τιμολόγησης (π.χ. θετική/αρνητική ανισορροπία).
- Ανεξάρτητος κατ' εξουσιοδότηση Aggregator: Σε αντίθεση με το προηγούμενο μοντέλο, σε αυτό το μοντέλο ο Φο.Σ.Ε. αναλαμβάνει την πλήρη ευθύνη και πουλάει με δικό του ρίσκο τους διαθέσιμους πόρους στους παίκτες της αγοράς. Επειδή οι ενέργειες του έχουν σημαντικό αντίκτυπο στους άλλους παίκτες της αγοράς, δημιουργείται η ανάγκη να ρυθμιστούν αυτές οι συναλλαγές που πραγματοποιεί ο Φο.Σ.Ε. με τους άλλους παίκτες, αυξάνοντας την πολυπλοκότητα. Τέλος, επειδή προβλέπεται σημαντική

αυτό τον λόγο το μοντέλο Aggregator-Προμηθευτής χρησιμοποιείται περισσότερο από τις χώρες της Ευρώπης.

5.3 Ποια αξία δημιουργούν οι Φο.Σ.Ε

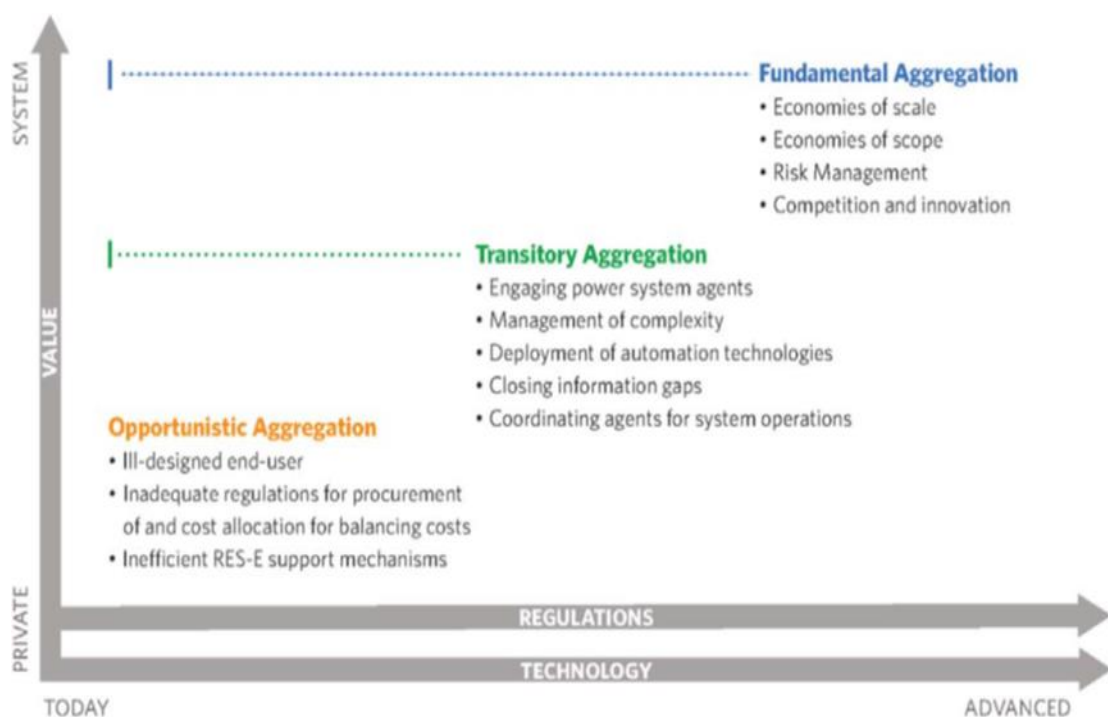
Οι ΑΠΕ, σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, χαρακτηρίζονται από τις μικρές χωρητικότητές τους, την δυνατότητα τους να διανέμουν την ισχύ τους σε μικρές τάσεις αλλά και να δημιουργήσουν νέες δυνατότητες με την φύση της διανομής τους. Σε αυτές τις δυνατότητες, μεγάλη είναι η προσφορά των Aggregators για την δημιουργία αξίας αγοράς και την είσοδό τους στην ενεργειακή αγορά. Στην λιανική αγορά της Ευρώπης, υπάρχει μεγάλος προβληματισμός για την λειτουργία των αγορών λιανικής, στην ικανότητα των πωλητών λιανικής να προσφέρουν τα επιθυμητά επίπεδα ζήτησης των καταναλωτών καθώς και στην δημιουργία της αξίας τους. Στην αντίπερα όχθη, στις αγορές των ΗΠΑ, οι Aggregators είναι αρκετά ενεργοί στις αγορές, με τους stakeholders να δημιουργούν κανόνες για την καλύτερη δυνατή λειτουργία τους στην αγορά.

Σύμφωνα με [10], οι Aggregators θα δημιουργήσουν αξία μόνο με την κεφαλαιοποίηση οικονομιών κλίμακας και εμβέλειας και με τη διαχείριση των κινδύνων (τα ονομάζουμε αυτά «θεμελιώδεις αξίες») και ότι η μεγιστοποίηση των οφελών, θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε έναν ενιαίο, κεντρικό aggregator, ο οποίος μπορεί να βλάψει άλλους στόχους του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, όπως ο ανταγωνισμός, η δέσμευση ενός πράκτορα και η καινοτομία. Επομένως, ο ρόλος των συσσωρευτών θα πρέπει να καθοριστεί, αναλύοντας τις αντισταθμίσεις μεταξύ θεμελιωδών αξιών και την αξία του ανταγωνισμού. Επιπλέον, αναγνωρίζοντας ότι τα συστήματα ισχύος σήμερα δεν παρουσιάζουν τέλειες πληροφορίες, κανονισμούς και ορθολογικούς παράγοντες, δημιουργούνται οι «μεταβατικές» αξίες συνάθροισης που μπορεί να υπάρχουν καθώς προχωρούν οι τεχνολογίες και οι κανονισμοί συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Οι Aggregators, θα δημιουργήσουν μεταβατική αξία με τη συμμετοχή πρακτόρων στην ηλεκτρική αγορά ενέργειας, κλείνοντας τα κενά πληροφόρησης και συντονίζοντας τους κατανεμημένους πόρους. Τέλος, προσδιορίζεται μια σειρά από κανονισμούς και σχέδια αγοράς που δημιουργούν «ευκαιριακές» συναθροίσεις, οι οποίες βλάπτουν την οικονομική απόδοση του

συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και για αυτό τον λόγο συνιστώνται κάποιοι κανονισμοί που επιτρέπουν την ευκαιριακή αξία να αφαιρεθεί ή να βελτιωθεί.

Ειδικότερα υπάρχουν 3 είδη συσσώρευσης τα οποία παρουσιάζονται και στην Εικόνα 8. Αναλυτικότερα:

- Η συσσώρευση με θεμελιώδη αξία, η οποία δεν εξαρτάται από τους ειδικούς κανονισμούς, το επίπεδο προσοχής της αγοράς των καταναλωτών ή τις τεχνολογίες που ισχύουν στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας και θα είναι μόνιμη ή σχεδόν μόνιμη στο χρόνο.
- Η μεταβατική συσσώρευση, που συμβάλει περισσότερο όσον αφορά το παρόν και το άμεσο μέλλον, όμως μπορεί να παρακμάσει κατά την βελτίωση τεχνικών και διαχειριστικών κανονισμών.
- Η ευκαιριακή συσσώρευση, δημιουργείται ως αποτέλεσμα από τα ελαττώματα του ρυθμιστικού σχεδιασμού ή της αγοράς.



Εικόνα 8: Είδη αξίας που δημιουργούν οι Φο.Σ.Ε.

5.3.1 Θεμελιώδης αξία

Ειδικότερα, πηγάζει από τους ίδιους τους Aggregators. Ωστόσο, ενώ οι ρυθμιστικοί κανόνες και η πολιτική τους, επηρεάζουν το κατά πόσο και από ποιους επωφελείται η αξία αυτή, παράλληλα η ίδια η αξία αποτελεί την πολιτική και τους ρυθμιστικούς κανόνες τους και είναι ανεξάρτητη από τους εκπροσώπους της. Η συσσωρευτές, δημιουργούν θεμελιώδης αξία με την συμμετοχή τους στην οικονομία κλίμακας και εμβέλειας.

Η συμμετοχή, όμως, στην ενεργειακή αγορά προϋποθέτει διάφορες επιβαρύνσεις που δεν μπορούν αποφευχθούν. Όπως :

- Πρέπει να υπάρχει ένα προσύμφωνο με έναν ή περισσότερους ιδιώτες πηγών ενέργειας.
- Εάν αυτές οι πηγές ενέργειας αλληλοεπιδρούν με την αγορά, πρέπει να εξοπλιστούν με τις απαραίτητες γνώσεις για τεχνολογίες πληροφόρησης και επικοινωνίας (ICTs).
- Οι πηγές ενέργειας και οι ιδιώτες θα πρέπει να συμμορφωθούν στους κανόνες της αγοράς και του συστήματος ενέργειας.

Αυτές οι επιβαρύνσεις περιέχουν σταθερές και μεταβλητές συνιστώσες. Η ύπαρξη πάγιου σταθερού κόστους μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του κόστους παροχής υπηρεσιών, ενώ επίσης όσο συμμετέχουν αυτές οι συνιστώσες στην ηλεκτρική αγορά ενδέχεται να δημιουργηθεί και κάποια συνάθροιση στην αγορά κλίμακας. Επιπρόσθετα, εφόσον υπάρχουν κοινές τεχνολογίες, κόστη και γνώσεις για την παροχή υπηρεσιών ή προϊόντων, η συνάθροιση τους δημιουργεί αξία και στην αγορά εμβέλειας. Υπάρχουν, επίσης, συχνά σταθερά κόστη συναλλαγής που σχετίζονται με την συμμετοχή στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και την οικονομία κλίμακας. Οι Aggregators μπορούν να μειώσουν αυτά τα κόστη για τους πράκτορες της αγοράς εξαιτίας της κεντρικής θέσης τους στην αγορά και της διαχείρισής τους με τις πληροφορίες, όμως μερικά από αυτά τα κόστη δεν είναι απαραίτητα και έτσι δημιουργείται μια θεμελιώδη αξία συνάθροισης, εάν υπάρχει ποικιλία των υπηρεσιών που παρέχεται ή επωφελείται ένας πράκτορας.

Η παρουσία ICTs (Information and Communication Technology) είναι απαραίτητη για την συμμετοχή στην αγορά, προκειμένου να δημιουργήσουν προσφορές και να δεχτούν σήματα ελέγχου. Αυτό το γεγονός μπορεί να το εκμεταλλευτούν οι συσσωρευτές. Οι οικονομίες κλίμακας είναι σωστά τεκμηριωμένες στα ICT συστήματα, πράγμα το οποίο φέρει ευκαιρίες για κλιμάκωση αυτών των συστημάτων και την ενσωμάτωση των πελατών συνάθροισης σε ένα σύστημα. Φαίνεται πως η διάθεση υπολογιστικών πόρων μέσω διαδικτύου από κεντρικά συστήματα που βρίσκονται απομακρυσμένα από τον τελικό χρήστη, τα οποία τον εξυπηρετούν αυτοματοποιώντας διαδικασίες (cloud computing) και η συγκέντρωση υπολογιστικής ισχύος, αποτελεί δυνητικός παράγοντας, για ένα πιο αποδοτικό και χαμηλότερο σε ρίπους, σύστημα ενέργειας ενώ είναι και οικονομικά αποδοτικότερο. Για παράδειγμα, ο EnerNOC, ένας DR (Demand-Response) aggregator, εγκατεστημένος στις Ηνωμένες Πολιτείες, διαθέτει ένα συγκεντρωτικό Network Operating Center (NOC), για να επικοινωνεί και κάποιες φορές να ελέγχει τα DR περιουσιακά στοιχεία. Τα αποκεντρωμένα στοιχεία που αξιοποιεί ο EnerNOC, έχουν εξοπλιστεί με απλές τεχνολογίες ελέγχου και όλη η υπολογιστική μέθοδος έχει γίνει κεντρικά.

Πολλά από τα κόστη που οδηγούν την οικονομία κλίμακας, οδηγούν και την οικονομία εμβέλειας. Οι οικονομίες εμβέλειας δημιουργούνται όταν η πρόβλεψη για διάφορες παροχές ή προϊόντα, αξιοποιούν ένα κοινό σετ επιχειρησιακών γνώσεων, τεχνολογιών, δεσμεύσεων και επιβαρύνσεων. Για παράδειγμα, τα κόστη συναλλαγής και συμμετοχής στην αγορά, μπορεί να σημαίνει, πως είναι καλύτερο να λειτουργεί ένας Aggregator για όλες τις παροχές που χρειάζονται από και προς τον πελάτη, αντί για διάφορους υπεύθυνους για κάθε μία παροχή υπηρεσιών ξεχωριστά. Καθώς υπάρχουν ήδη οι προαναφερθέντες επιβαρύνσεις, οι Aggregators θα μπορέσουν να συμμετάσχουν στην οικονομία εμβέλειας με την ομαδοποίηση των υπηρεσιών και την διάδοση του κόστους συναλλαγής σε όλα τα προϊόντα. Επίσης, με αυτή την μέθοδο, μπορούν να βρεθούν διάφοροι μέθοδοι που θα ταιριάζουν στις ανάγκες του πελάτη, όπως για παράδειγμα στην Πενσυλβάνια, ΗΠΑ, η καλωδιακή τηλεόραση και οι υπηρεσίες ηλεκτρισμού προσφέρονται ως πακέτο.

Για να απαντηθεί το ερώτημα, του κατά πόσο και εάν οι Aggregators υπαγορεύουν μια μείωση της αξίας του συστήματος, καθώς μειώνονται και οι επιστροφές στις

οικονομίες κλίμακας και εμβέλειας, θα θεωρήσουμε ένα σενάριο με 100,000 πράκτορες διανομής που στέλνουν πληροφορίες και δέχονται εντολές από έναν aggregator. Σε περίπτωση που η οικονομία κλίμακας εξαντλείται ραγδαία, το κόστος πολλαπλών aggregator που αλληλοεπιδρούν με την αγορά, είναι όσο χαμηλό θα ήταν και με την ύπαρξη ενός aggregator. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το μέσο κόστος για έναν aggregator βρίσκεται κοντά στο οριακό κόστος. Με οικονομίες κλίμακας που μειώνονται με πολύ χαμηλό ρυθμό, η χρήση πολλαπλών aggregator θα μπορούσε να επιφέρει μια αύξηση του ολικού κόστους για την αλληλοεπίδραση τους με την αγορά, καθώς κανένας aggregator δεν μπορεί να προσφέρει τις υπηρεσίες του κοντά στο κόστος που προσφέρει ένας μεγάλος κεντρικός aggregator. Επομένως, με την ύπαρξη δυνατών οικονομιών κλίμακας και εμβέλειας, ένας κεντρικός aggregator θα ήταν πιο αποδοτικός, ενώ στην πράξη ένας τέτοιος τύπος aggregator θα μπορούσε να ήταν ένας system operator, ένας DSO (Distributed System Operator) ή κάποιο άλλο μονοπώλιο.

Ένα ακόμη ερώτημα που τίθεται, είναι το πως αντιμετωπίζεται οι ανακρίβειες και το ρίσκο. Οι Aggregators, που λειτουργούν ως διαμεσολαβητές ανάμεσα σε μικρομεσαίες επιχειρήσεις και ασταθής αγορές, μπορούν να προσφέρουν αντισταθμιστικές λύσεις στους παίκτες της αγοράς. Για παράδειγμα, στην λιανική αγορά, οι πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. demand Aggregators) συχνά σταθεροποιούν την τιμή για τους καταναλωτές. Σε κάποιες αγορές, οι λιανοπωλητές φράσουν αυτή την αστάθεια της τιμής με την κάθετη ολοκλήρωση (στη μικροοικονομία, τη διαχείριση και τη διεθνή πολιτική οικονομία, η κάθετη ολοκλήρωση είναι μια ρύθμιση στην οποία η αλυσίδα εφοδιασμού μιας εταιρείας ενσωματώνεται και ανήκει σε αυτήν). Σχετικά αφορά τις οικονομίες της κλίμακας και της εμβέλειας, η συσσώρευση ηλεκτρικής ενέργειας, μετριάζει τις ανακρίβειες με το μάζεμα όλων των πληροφοριών που έχουν να κάνουν με την προσφορά και την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και την «μετάφρασή» τους σε προσφορές στην αγορά. Αυτό μπορεί να γίνει με έναν ενιαίο aggregator για όλα τα αβέβαια δεδομένα που έχει η αγορά. Το ίδιο θα μπορούσε να κάνει και ένας διαμεσολαβητής aggregator αλλά όχι και τόσο αποδοτικά.

Επιπλέον, σύμφωνα με τα προηγούμενα, οι Aggregators έχουν χαρακτηριστικά συλλόγων. Αν και έχουν την δυνατότητα να παρέχουν τις υπηρεσίες τους σε ορισμένους πράκτορες και να αποκλείσουν άλλους, μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες, όχι μόνο σε έναν επιλεγμένο πράκτορα, αλλά σε πολλούς. Επιπλέον, η αξία που μπορεί να προσφέρει ο Aggregator, ανεβαίνει όσο συσσωρεύει περισσότερους καταναλωτές. Αυτό το μοτίβο λειτουργεί πλεονεκτικά για ένα μονοπωλιακό μοντέλο Aggregator.

Τέλος, όσα έχουν ήδη προαναφερθεί, δεν εμπεριέχουν της έννοιες του ανταγωνισμού και της καινοτομίας. Η ενσωμάτωση αυτών των δύο εννοιών θα μπορούσε να αποφέρει αρκετά πλεονεκτήματα για να αντιμετωπιστεί η αύξηση κόστους με την είσοδο διαμεσολαβητών Aggregators. Φανερά υπέρ του ανταγωνισμού στην λιανική αγορά έχει τοποθετηθεί ο Stephen Littlechild [5], υποστηρίζοντας πως μπορεί να αποφέρει αύξηση της αξίας των υπηρεσιών των Aggregators, όπως οι παρακολούθηση ζήτησης, συμβουλές και ενεργειακά αποδοτικότερα προϊόντα.

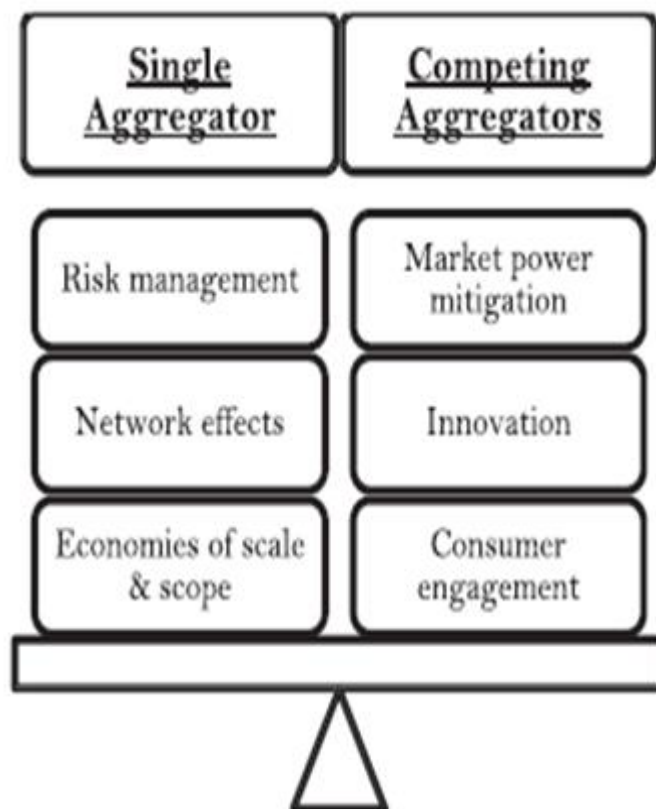
Όπως υπογράμμισε ο Defeuille [5], η καλύτερη ενσωμάτωση των DERs & ICT τεχνολογιών, θα δημιουργήσει ευκαιρίες καινοτομίας, δίνοντας έτσι την δυνατότητα στους Aggregators να παρέχουν στους πελάτες/καταναλωτές καινούργιες υπηρεσίες. Όλα αυτά τα πλεονεκτήματα βέβαια, δεν μπορεί να τα εκμεταλλευτεί ένας κοινός Aggregator, αφού μπορεί να περιορίζεται στο να πραγματοποιεί μόνο κάποιες υπηρεσίες. Ο ανταγωνισμός δίνει κίνητρο στους Aggregators να παραδώσουν ανταγωνιστικές τιμές, DERs και διάφορα άλλα καινοτόμα προϊόντα, όποτε είναι επιθυμητό και οικονομικά δυνατό, δίνοντας έτσι την δυνατότητα στους πελάτες τους να γίνουν ενεργοί παίκτες στην αγορά και να αυξήσουν τα κέρδη τους. Από την άλλη πλευρά ο Joskow [5], θεωρεί ότι με τον ανταγωνισμό θα προκύψουν και άλλα έξοδα για τους καταναλωτές από τις υπηρεσίες του marketing και από τις επιπλέον υπηρεσίες που θα δημιουργήσουν οι λιανοπωλητές.

Ερωτήματα βεβαίως υπάρχουν και για τις καινοτομίες, με τους Borenstein και Bushnell, να υποστηρίζουν πως η καινοτομία στον τομέα της παροχής ηλεκτρισμού έχει αποτύχει να εδραιωθεί για πολλούς λόγους, όπως τεχνικοί και ρυθμιστικοί περιορισμοί. Πολλοί αναφέρθηκαν και στα προβλήματα έρευνας και ανάπτυξης στον

τομέα της ενέργειας και στο δίκτυο της, ενώ αναφέρονται και στις δυσκολίες που μπορούν να προκύψουν στην σύναψη νέων πελατών από τα πρόσθετα έξοδα που θα αποφέρει ο ανταγωνισμός και τους επιπλέον κινδύνους του. Ένα προτεινόμενο μοντέλο ισορροπίας για τους Aggregators φαίνεται και στην Εικόνα 9.

Γενικά, οι aggregators μπορούν να δημιουργήσουν θεμελιώδη αξία όταν:

- I. Συμμετάσχουν και αντιλαμβάνονται τις οικονομίες κλίμακας και εμβέλειας
- II. Αντιμετωπίζουν τις ανακρίβειες και το ρίσκο
- III. Λειτουργούν ως σύλλογοι
- IV. Ενσωματώσουν τις έννοιες του ανταγωνισμού και της καινοτομίας



Εικόνα 9: Προτεινόμενο Μοντέλο Ισορροπίας δύο Φο.Σ.Ε

5.3.2 Μεταβατική αξία

Οι Aggregators μπορούν να δημιουργήσουν αξία, όταν μεταβαίνουν από κάποιους ρυθμιστικούς κανόνες και τεχνολογίες, σε άλλους πιο προχωρημένους και με μελλοντικό ιδεαλισμό. Οι ευκαιρίες για τους αντιπροσώπους των δικτύων διανομής να αυξήσουν την απόδοση του συστήματος έχουν γίνει περισσότερες, με τις δυνατότητες που δίνει η ICTs και η DERs τεχνολογία. Ωστόσο, η πολυπλοκότητα, τα κενά πληροφόρησης και έλλειψη δεσμεύσεων από τους πράκτορες, βάζουν δύσκολα στην δημιουργία και την αξιοποίηση αυτών των τεχνολογιών και οι Aggregators πρέπει να αντιμετωπίσουν αυτά τα δεδομένα.

Επίσης, ένας πράκτορας μπορεί να παρέχει τις υπηρεσίες του και ως μην διαθέτει τις απαραίτητες γνώσεις για να γίνει πιο αποδοτικός και να μπορεί να απαντήσει σε πολλά ερωτήματα των καταναλωτών. Ένας Aggregator μπορεί να παρέχει όλες αυτές τις γνώσεις και στις δυο πλευρές και να εξαλείψει αυτά τα κενά. Αυτή η κατάσταση βέβαια αλλάζει ραγδαία με την είσοδο μετρητών σε πολλές χώρες. Σε αυτό τον τομέα οι Aggregators δεν δίνουν μόνο ένα σήμα (τωρινής αξίας/ RT pricing), αλλά επίσης ενημερώνουν περί αποθέματος και ρύθμισης τάσης, όπως επίσης ενημερώνουν και τους πελάτες τους για το πότε θα πρέπει να συμμετέχουν στις αγορές. Στην περίπτωση της real-time pricing πληροφόρησης, οι λιανοπωλητές και η κάθετη ολοκλήρωση μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τα κενά πληροφόρησης, προσφέροντας προγράμματα real-time pricing στους πελάτες και υπηρεσίες αυτόματων περικοπών, ενώ έχει παρατηρηθεί και η προσφορά υπηρεσιών ως πακέτο. Επίσης, ο συνδυασμός του ανταγωνισμού με ένα ελαφρύτερο διακανονισμό των ρυθμιστικών αρχών δημιουργεί ευκαιρίες για την ύπαρξη αποδοτικότερων σημάτων και ενημερώσεων.

Επιπρόσθετα, μείζων ζήτημα στα μελλοντικά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί η δέσμευση πρακτόρων, καθώς έχουν μικρά οφέλη και μεγάλη πολυπλοκότητα. Έρευνες ωστόσο δείχνουν, πως η μικρή συμμετοχή πολλών πρακτόρων στο πεδίο δράσης δημιουργεί σημαντική αξία. Ένας Aggregator θα μπορούσε να βοηθήσει στο πρόβλημα της πολυπλοκότητας που αντιμετωπίζουν οι πράκτορες. Πολλές εταιρίες, αντιμετωπίζουν αυτές τις πολυπλοκότητες για τους πελάτες τους, αξιοποιώντας τα οφέλη που παρέχουν οι πράκτορες στο σύστημα. Η αυτοματοποίηση της κατανάλωσης και της παραγωγής ενέργειας, αποθαρρύνει, και

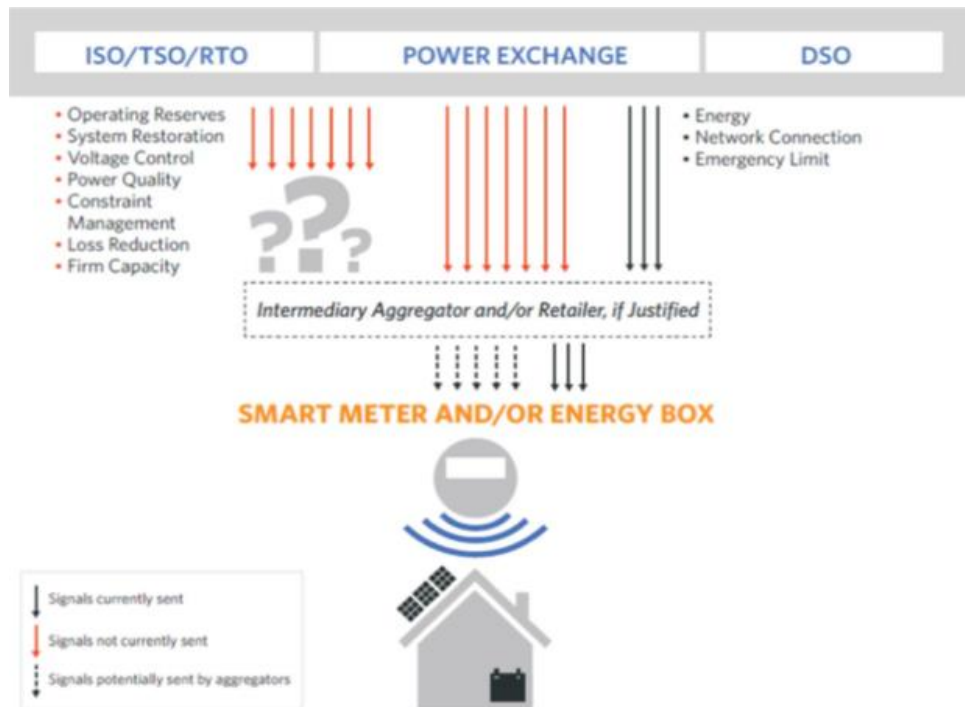
αυτό, την δέσμευση νέων πρακτόρων. Ένας ανταγωνιστικός Aggregator θα επωφεληθεί από την δέσμευση πελατών, παρέχοντας τους υπηρεσίες αυτοματοποίησης. Η αυτοματοποίηση της ενέργειας από τους Aggregators είναι το μέλλον της demand-response διαδικασίας.

Τέλος, οι Aggregators δημιουργούν μεταβατική αξία συντονίζοντας όλους τους φορείς ενός συστήματος ισχύος. Οι χειριστές (SO) του συστήματος (ISOs & TSOs) πρέπει γενικά να διαχειρίζονται τους πόρους με τέτοιο τρόπο, ώστε να ισορροπεί η ζήτηση με την προσφορά. Παραδοσιακά αυτοί οι πόροι είναι εύκολο να συγκεντρωθούν. Ο συντονισμός τους και η ομαλή συνεργασία τους είναι άλλο ζήτημα. Θα πρέπει ο SO να επικοινωνεί με τους καταναμημένους πόρους, και το αντίθετο, και αυτό μπορεί να το πραγματοποιήσει ένας συσσωρευτής. Το ερώτημα είναι εάν χρησιμοποιηθούν μόνο οι SO, εξαλείφοντας τους συσσωρευτές, θα υπάρχει κάποια αύξηση της αξίας του συστήματος;

Για να συμβεί αυτό θα πρέπει να ενσωματωθούν οι γνώσεις ICTs και γενικότερων γνώσεων στον τομέα αυτό από τον SO, πράγμα το οποίο οι Aggregators έχουν πιστοποιηθεί ότι διαθέτουν. Το γεγονός βέβαια πως οι SO, ανήκουν στο μονοπώλιο, οπότε οποιαδήποτε έξοδα θα καλυφθούν άμεσα, έχει ως αποτέλεσμα οι ρυθμιστικές αρχές να θέλουν τους Aggregators να αντιμετωπίσουν αυτό το ζήτημα, εάν θεωρούν πως είναι καλύτερα καταναμημένοι, μπορούν ανταπεξέλθουν και ελαττώσουν το ρίσκο. Εξαιτίας του συντονισμού και του κόστους, όμως, οι SO δημιουργούν τυποποιημένα προϊόντα, πράγμα το οποίο μπορεί να αφήσει εκτός αγοράς μερικούς πράκτορες που θέλουν να συμμετέχουν στην αγορά και αυτούς τους πράκτορες ο aggregator μπορεί να τους αξιοποιήσει, έχοντας τους στο «χαρτοφυλάκιό» του. Η αναπαράσταση της μεταβατικής αξίας παρουσιάζεται στην Εικόνα 10.

Γενικά, οι Aggregators δημιουργούν μεταβατική αξία όταν :

- I. Αντιμετωπίζουν την πολυπλοκότητα
- II. Καλύπτουν τα κενά πληροφόρησης
- III. Δεσμεύουν νέους πράκτορες/ παίκτες της αγοράς
- IV. Χρησιμοποιούν την συσσώρευση ως εργαλείο για την διαχείρισης της συνεργασίας



Εικόνα 10: Κενά Πληροφόρησης που μπορεί να εκμεταλλευτεί ο Φο.Σ.Ε.

5.3.3 Ευκαιριακή αξία

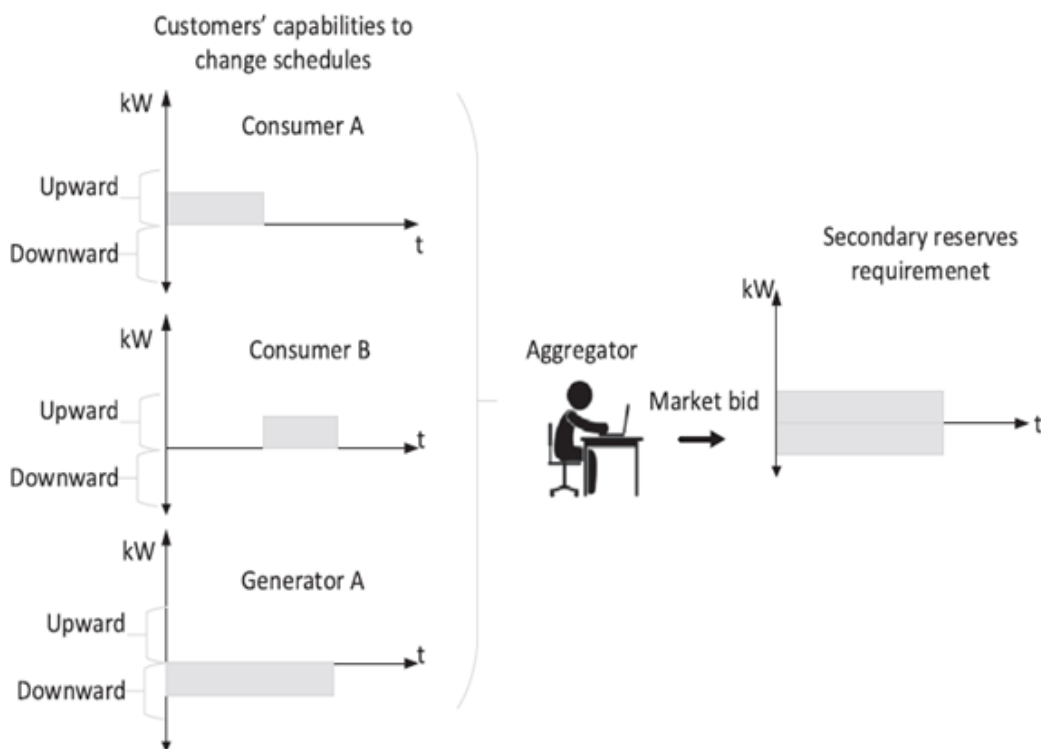
Αναδύεται, ως απάντηση σε ελαττώματα των ρυθμιστικών αρχών και είναι η συσσώρευση διάφορων πρακτόρων ή ενεργειακών πόρων ενός πράκτορα σε μια ή πολλές περιοχές, για την συσσώρευση, χωρίς να αυξάνει την οικονομική αποδοτικότητα, του ενεργειακού συστήματος ενώ επίσης περιορίζει τον ανταγωνισμό.

Παρατηρούνται τρεις κατηγορίες κανόνων για την ευκαιριακή συσσώρευση.

- 1) Κανόνες που σχετίζονται με την εξισορρόπηση υπηρεσιών
- 2) Κανόνες για την εξισορρόπηση κόστους και
- 3) Κανόνες για μη αποδοτικά σήματα τιμών ανά τοποθεσία και μη αποδοτικές χρεώσεις δικτύου διανομής

Αναλυτικότερα, για την ενεργοποίηση των δεσμευμένων αποθεμάτων από τους πράκτορες, είναι απαραίτητο να υπάρχει η χωρητικότητα που χρειάζεται για την αυξομείωση της παραγωγής και της κατανάλωσης. Οι μονάδες που τηρούν αυτά τα δεδομένα, ανταμείβονται ανάλογα με την χωρητικότητα που διαθέτουν ή που

παρέχουν στον SO, ενώ στην συνέχεια μπορεί να τους ζητηθεί η αύξηση ή η μείωση της παραγόμενης ενέργειας. Εάν κάποια μονάδα δεν έχει την δυνατότητα να προσφέρει τα αποθέματα που της έχουν ζητηθεί από τον SO, τότε της επιβάλλονται κάποιες ποινές, πέραν του οριακού κόστους ενεργοποίησης αποθεμάτων. Ένας aggregator σε αυτή την περίπτωση, που θα διαθέτει διάφορες μονάδες στο χαρτοφυλάκιο του, εάν κάποια μονάδα δεν μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις του SO, τότε κάποια άλλη μονάδα θα μπορέσει να την αντικαταστήσει με μικρότερο κόστος από το άθροισμα της ποινής και του οριακού κόστους ενεργοποίησης αποθεμάτων. Επιπλέον, σε πολλές αγορές (EE & Η.Π.Α.), η παροχή λειτουργικών αποθεμάτων, απαιτεί συμμετρικά προϊόντα ως προς την upwards/downwards ρύθμιση και τα αποθέματα τους. Αυτές οι απαιτήσεις δημιουργούν επιπλέον έξοδα στους πράκτορες, ενώ με την συσσώρευσή τους, τους δίνεται η δυνατότητα να συμμετέχουν στην όλη διαδικασία, κάτι το οποίο παρουσιάζεται και στην Εικόνα 11.



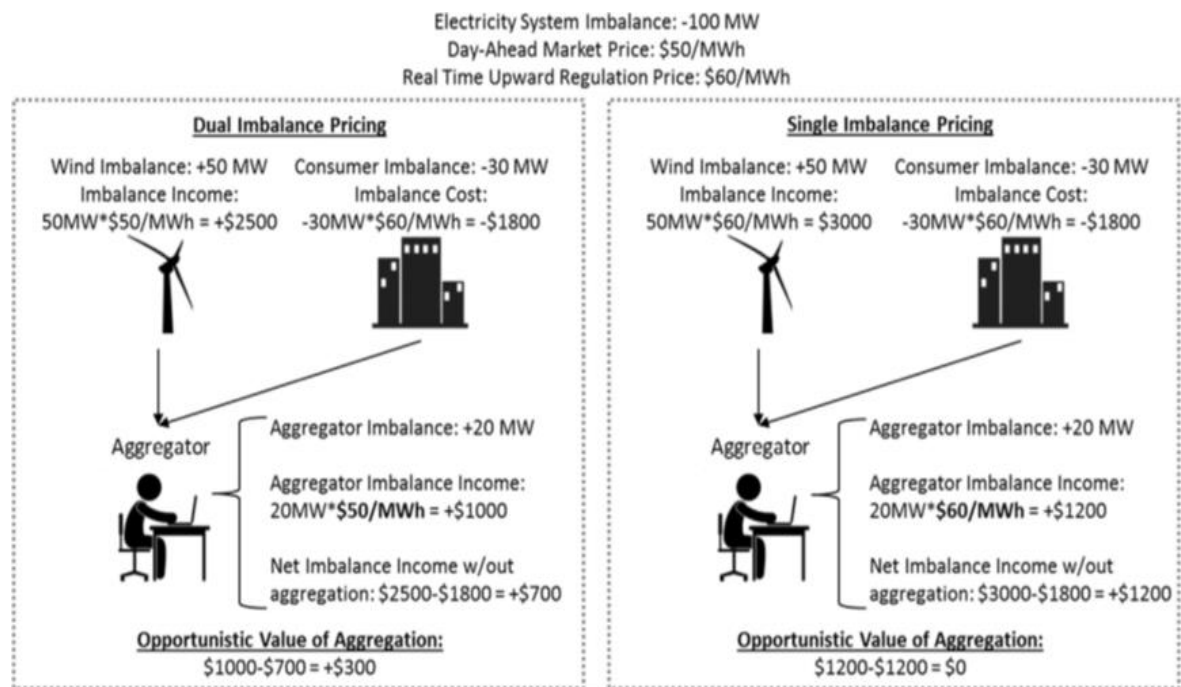
Εικόνα 11: Ενδεικτικό μοντέλο συσσώρευσης για ισορροπημένη κατανομή προσφορών

Όσον αφορά για τις αποκλίσεις από το πρόγραμμα προσφοράς και ζήτησης, πρέπει να λύνονται από τον SO με την ενεργοποίηση των λειτουργικών αποθεμάτων. Οι

κανονισμοί ανισορροπίας αναφέρονται στο πως και σε ποιες τιμές αυτές οι ανισορροπίες προσδιορίζονται. Η μέθοδος αντιμετώπισής και κατανομής αυτών των εξόδων ανισορροπίας παίζει σημαντικό ρόλο στην ομαλή λειτουργία και αποδοτικότητα του συστήματος και διαφέρει από χώρα σε χώρα, δίνοντας έτσι την ευκαιρία στους Aggregators να δημιουργήσουν ευκαιριακή αξία. Για να υπάρχει μια ισορροπία, θα πρέπει να καθοριστεί ποια μέλη της αγοράς είναι υποχρεωμένοι να υποβάλλουν τα προγράμματά τους (για παραγωγή/κατανάλωση) στον SO και ξεκαθαρίζει ποια θα είναι η μέθοδος της οικονομικής κατανομής αυτών. Στην Ευρώπη για παράδειγμα, οι ενεργειακές ανισορροπίες και τα έξοδα τους, υπολογίζονται για διάφορες συσσωρευμένες μονάδες παραγωγής. Με την συνάθροισή τους, προσφέρεται η δυνατότητα αντιστοίχισης των εξόδων, ακόμα και αν τα έξοδα των ενιαίων μονάδων είναι διαφορετικά μεταξύ τους. Στις ΗΠΑ από την άλλη, τα έξοδα ανισορροπίας αφορούν την κάθε μονάδα μεμονωμένα. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, διατρέχουν πολλές ανακρίβειες σχετικά με το πρόγραμμα που θέτει ο SO, πράγμα το οποίο σημαίνει την χρησιμοποίηση πόρων εξισορρόπησης τους. Αυτό το γεγονός, ανάγκασε τις ρυθμιστικές αρχές διάφορων αγορών ανά τον κόσμο, να έχουν μια πιο ειδική αντιμετώπιση με τις ΑΠΕ και αυτό δίνει την δυνατότητα στους Aggregators να δημιουργούν ευκαιριακή αξία αφού δεν τιμωρούνται οι ΑΠΕ σε περίπτωση ανισορροπίας. Οι ανισορροπίες, επίσης, υπολογίζονται ανά λιανοπωλητή ή ανά υπηρεσία φόρτωσης σε ΕΕ και ΗΠΑ. Ωστόσο, λόγω έλλειψης οργάνων μέτρησης, τα έξοδα μοιράζονται σε όλους τους καταναλωτές. Η παροχή, βέβαια, των υπηρεσιών ηλεκτρισμού από Aggregators, χωρίς να πρέπει να αντιμετωπιστεί η ανισορροπία των μονάδων τους, δημιουργεί επίσης μια ευκαιριακή αξία. Συμπερασματικά, όλες οι μονάδες ανεξάρτητα της πηγής ενέργειας τους, πρέπει να αντιμετωπίζουν τα έξοδα ανισορροπίας.

Τι γίνεται όμως με τα σχέδια τιμολόγησης ανισορροπίας; Στην Ευρώπη υπάρχουν δυο προσεγγίσεις για την τιμολόγηση της ανισορροπίας, η μονή και η διπλή προσέγγιση. Κατά την μονή προσέγγιση, η τιμολόγηση γίνεται βάση του οριακού κόστους που δημιουργείται από το ενεργό απόθεμα. Κατά την διπλή προσέγγιση, εξαρτάται από την αγορά και από την ανισορροπία του συστήματος. Γενικά, όπως παρατηρείται και στην Εικόνα 12, η διπλή προσέγγιση τιμολόγησης των αποκλίσεων,

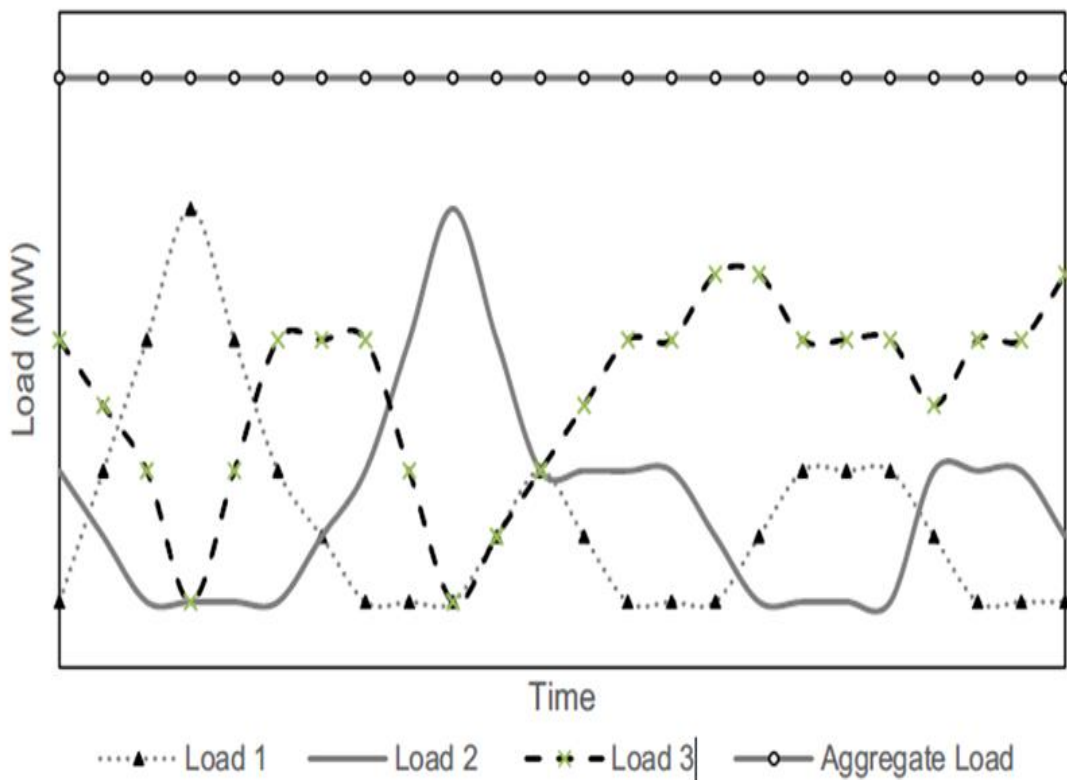
δημιουργούν ευκαιριακές συνθήκες συνάθροισης οι οποίες προέρχονται από τον συμψηφισμό διάφορων ανισορροπιών των μονάδων, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει στην μονή προσέγγιση.



Εικόνα 12: Η ευκαιριακή αξία υπό δυαδική και ενιαία αντιμετώπιση τιμής ανισορροπίας

Τέλος, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η έγκαιρη ένδειξη τιμολόγησης στους πράκτορες δεν συμβαίνει τόσο αποδοτικά και αυτό έχει δώσει μια ώθηση στην χρησιμοποίηση των Aggregators. Ένας από τους λόγους είναι η ασυνέπεια ενδειξής τιμών. Πολλές μέθοδοι για την τιμολόγηση των λειτουργικών αποθεμάτων, αποκαλύπτουν την αξία αυτών των πόρων με τέτοιο τρόπο, ώστε να θέτει ένα όριο στις οικονομικές ευκαιρίες που παρουσιάζονται. Στόχος είναι να βρεθεί το κατά πόσο είναι δυνατόν να δημιουργηθούν ευκαιριακές συνθήκες συνάθροισης με την αποτυχία εφαρμογής αυτών των μεθόδων. Πολλά συστήματα παραγωγής διαθέτουν ασυνεπείς ενδείξεις τιμών σε σύγκριση με τις πραγματικές τιμές τους. Ένα παράδειγμα αυτού αποτελεί το γεγονός ότι τα φορτία που πρεσβεύουν έναν μέσο όρο σε μια περιοχή χρεώνονται με έναν συντελεστή, ενώ στην ίδια περιοχή οι παραγωγοί ανταμείβονται με LMP (Locational Marginal Pricing: Pricing the Wholesale Electricity). Σε πολλές αγορές έχει παρατηρηθεί το λιανικό τιμολόγιο στο δίκτυο διανομής της ενέργειας, το οποίο

δημιουργεί υπεραξία. Αυτές οι περιπτώσεις δημιουργούν ευκαιριακές αξίες στους Aggregators σε περίπτωση συμμετοχής τους στην διαδικασία κάτι το οποίο αντικατοπτρίζεται και στην Εικόνα 13. Παράλληλα, δημιουργείται και ευκαιριακή αξία της συνάθροισης, με τον συμψηφισμό της μέγιστης κατανάλωσης. Σε πολλές χώρες της ΕΕ, ένα μέρος των χρεώσεων δικτύου που πληρώνουν οι καταναλωτές, είναι και οι παρακολούθηση της μέγιστης κατανάλωσης στα σημεία σύνδεσης του δικτύου. Σημαντική είναι η συνάθροιση των καταναλωτών που παρακολουθούν την μέγιστη κατανάλωση, αλλά η μέγιστη ζήτησή τους αντισταθμίζεται χρονικά, καθώς μπορεί να δημιουργήσει ιδιωτική αξία, αφού οι συγκεντρωτικές μονάδες πληρώνουν ένα μικρό ποσό για την ζήτηση, χωρίς να μειώνεται το κόστος διανομής.



Εικόνα 13: Σύγκριση μεμονωμένων φορτίων με το συσσωρευμένο ενιαίο φορτίο

Συμπερασματικά, όπου η συσσώρευση δημιουργεί θεμελιώδη ή μεταβατική αξία, οι ηγέτες ή οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής, πρέπει να λάβουν μέτρα για την άρση των φραγμών υλοποίησής τους ή να το ενθαρρύνουν άμεσα. Ωστόσο, όπου η συγκέντρωση δημιουργεί μόνο ιδιωτική ευκαιριακή αξία, οι κανονισμοί πρέπει να τροποποιούνται, εκτός εάν αυτό το γεγονός αναγνωρίζεται ρητά και είναι επιθυμητό.

Κεφάλαιο 6 Ερευνητικό πεδίο

6.1 Μαθηματικό υπόβαθρο

Για να αντιληφθούν τα μέσα και οι τρόποι με τους οποίους έχουν πραγματοποιηθεί οι παρακάτω έρευνες θα πρέπει να αναλυθούν κάποια μοντέλα/αλγόριθμοι/μαθηματικοί μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την αντιμετώπιση του εκάστοτε προβλήματος.

Αυτές είναι οι εξής:

- Bi-Level Programming
- Dual Theory
- CVaR (Conditional Value at Risk)
- MPEC (Mathematical Program with Equilibrium Conditions)
- Karush–Kuhn–Tucker (KKT) CONDITIONS

6.1.1 Bi-Level Programming

Το Bi-Level Programming ορίζεται ως ένα μαθηματικό πρόγραμμα, όπου ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης περιέχει ένα άλλο πρόβλημα βελτιστοποίησης ως περιορισμό. Αυτά τα προβλήματα έχουν λάβει σημαντική προσοχή από τον μαθηματική προγραμματιστική κοινότητα. Αυτά τα προβλήματα περιέχουν δύο επίπεδα εργασιών βελτιστοποίησης, όπου είναι ένθετη μία εργασία βελτιστοποίησης του ενός επιπέδου, μέσα στο άλλο. Το πρόβλημα της εξωτερικής βελτιστοποίησης, συνήθως αναφέρεται ως πρόβλημα βελτιστοποίησης του ανώτερου επιπέδου και το πρόβλημα της εσωτερικής βελτιστοποίησης είναι γνωστό ως χαμηλότερου επιπέδου πρόβλημα βελτιστοποίησης. Τα δύο επίπεδα έχουν τους δικούς τους στόχους και περιορισμούς, όπως επίσης και ξεχωριστές objective functions. Η βελτιστοποίηση χαμηλότερου επιπέδου είναι ένα παραμετρικό πρόβλημα βελτιστοποίησης, ενώ η objective function του ανώτερου επιπέδου λειτουργεί ως παράμετρος. Το πρόβλημα βελτιστοποίησης χαμηλότερου επιπέδου είναι και περιορισμός στο πρόβλημα βελτιστοποίησης ανώτερου επιπέδου, έτσι ώστε, μόνο όσα θεωρούνται εφικτά στο

χαμηλότερο επίπεδο μπορεί να ικανοποιεί τους περιορισμούς και του ανώτερου επιπέδου.

Η γενική περιγραφή ορίζεται ως:

$$\begin{aligned} \min_x f(x, y) \\ \text{s.t.} \\ A(x, y) \leq b \\ \min_y g(x, y) \\ \text{s.t.} \\ C(x, y) \leq d \\ x, y \geq 0 \end{aligned}$$

6.1.2 Dual Theory

Γενικά, η θεωρία δυαδικότητας απευθύνεται στη μελέτη της σύνδεσης μεταξύ δύο σχετικών προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού, όπου το ένα από αυτά, το primal, είναι πρόβλημα μεγιστοποίησης και το άλλο, το dual, είναι πρόβλημα ελαχιστοποίησης. Επίσης, κάθε πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού έχει ένα άλλο πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού που σχετίζεται με αυτό, και επομένως μπορεί να προκύψει από αυτό. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί ακολουθώντας τρία βήματα.

1. Κάθε μεταβλητή του αρχικού προβλήματος, αποτελεί και μεταβλητή του dual προβλήματος
2. Κάθε περιορισμός του αρχικού προβλήματος, αποτελεί και περιορισμός του dual προβλήματος
3. Ο σκοπός του κάθε προβλήματος μετατρέπεται, δηλαδή για το αρχικό μας πρόβλημα, σκοπός πλέον είναι η ελαχιστοποίηση της objective function του και για κάθε dual η μεγιστοποίηση.

Σύμφωνα, με το Strong duality Theorem, για κάθε γραμμική λύση του αρχικού μας προβλήματος, υπάρχει και μια γραμμική λύση του dual προβλήματος μας.

Σύμφωνα, όμως με το Weak duality Theorem, κάθε γραμμική λύση του dual, αποτελεί ανώτερο ή κατώτερο όριο για την γραμμική λύση του αρχικού μας προβλήματος, ανάλογα με τον σκοπό του προβλήματος.

6.1.3 Conditional Value at Risk

Χρησιμοποιείται για την καλύτερη διαχείριση του ρίσκου κατά τις βελτιστοποιήσεις «χαρτοφυλακίου». Δηλαδή, εάν μια επένδυση μέσα στα χρόνια, έχει επιδείξει σταθερότητα, τότε το VaR (Value at Risk) θα είναι πιο αποδοτικό στο χαρτοφυλάκιο των επενδύσεων. Αν όμως, μια επένδυση δεν έχει σταθερά χαρακτηριστικά, τότε το VaR δεν θα δώσει μια σαφή εικόνα του ρίσκου. Το CVaR, έχει ως στόχο να χρησιμοποιήσει την λειτουργία του VaR, που είναι μια στατιστική τεχνική να υπολογιστεί το οικονομικό ρίσκο μίας επένδυσης και παρουσιάζει την χειρότερη δυνατή κατάσταση, με σκοπό να παρουσιάζει το αναμενόμενο κόστος, εάν το VaR δεν λειτούργησε σωστά.

Ειδικότερα:

$$CVaR = \frac{1}{1-c} \int_{-1}^{VaR} xp(x) dx$$

Όπου :

$p(x)dx$: η πιθανότητα να υπάρχει επιστροφή με αξία x .

c : το σημείο κατά το οποίο ο αναλυτής θεωρεί ότι βρέθηκε το σημείο VaR.

VaR: Το σημείο VaR

6.1.4 Mathematical Program with Equilibrium Constraints

Αποτελεί έναν μη γραμμικό προγραμματισμό βελτιστοποίησης, κατά το οποίο διάφορα υποσύνολα ανήκουν σε ένα σύνολο, όπου υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί. Είναι, δηλαδή, μια ειδική κατηγορία προβλημάτων βελτιστοποίησης περιορισμένης χρήσης εντός του μη γραμμικού προγραμματισμού (NLP). Αυτά είναι προβλήματα

βελτιστοποίησης, όπου οι περιορισμοί περιλαμβάνουν περιορισμούς ισορροπίας, όπως μεταβλητές ανισότητες ή συμπληρωματικές συνθήκες. Οι μεταβλητές ανισώσεις, είναι ανισώσεις που περιλαμβάνουν μια συνάρτηση και πρέπει να λυθεί για όλες τις πιθανές τιμές μιας δεδομένης μεταβλητής. Έχει εφαρμογές στους τομείς του μηχανικού σχεδιασμού, της οικονομικής ισορροπίας, των παιχνιδιών υψηλού επιπέδου και της μοντελοποίησης των μεταφορών. Το εφικτό MPEC, παραβιάζει τους περισσότερους περιορισμούς και είναι δύσκολο να επιλυθεί.

Η σταθερή μορφή ενός MPEC είναι η εξής:

$$\begin{aligned} \min & f(x, y) \\ \text{s. t.} & (x, y) \in Z \\ & y \in S(x) \end{aligned}$$

Οπού:

$$(v - y)^T F(x, y) \geq 0$$

Και :

F θεωρείται το equilibrium function

Y θεωρείται το equilibrium constraint.

Το πρόβλημα βελτιστοποίησης MPEC γίνεται χρήσιμο όταν αυτοί οι περιορισμοί ισορροπίας αντιπροσωπεύουν καταστάσεις μηχανικής ή οικονομικής ισορροπίας, που μπορούν να μοντελοποιηθούν εδώ ως μεταβλητές ανισότητες

6.1.5 Karush-Kuhn-Tucker (KKT) Conditions

Πρόκειται για συνθήκες οι οποίες έχουν την δυνατότητα να μετατρέψουν ένα μη γραμμικό πρόβλημα, σε ένα αντίστοιχο ίδιο γραμμικό με τα ίδια αποτελέσματα. Ουσιαστικά γενικεύει την μέθοδο Lagrange, χρησιμοποιώντας πολλαπλασιαστές Lagrange και μετατρέποντας την objective function σε μια μεταβλητή Lagrange, έτσι ώστε να μεταμορφώσει το μη γραμμικό πρόγραμμά μας σε ένα MPEC. Χρησιμοποιώντας την τεχνική του minus minimization και με την είσοδο κάποιων δυαδικών μεταβλητών, καταφέρνει να μετατρέψει το πρόγραμμα μας από MPEC σε

ένα γραμμικό, εφικτό πλέον πρόγραμμα, το οποίο έχει τα ίδια αποτελέσματα με το αρχικό μας όπως θα παρατηρηθεί και παρακάτω.

6.2 Έρευνες που αφορούν την συμμετοχή των Aggregators και των παραγωγών που αντιπροσωπεύουν στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας

6.2.1. Wind Aggregator που συμμετάσχει στις αγορές της επόμενης ημέρας, ενδοημερήσιας αγοράς και αγοράς εξισορρόπησης.

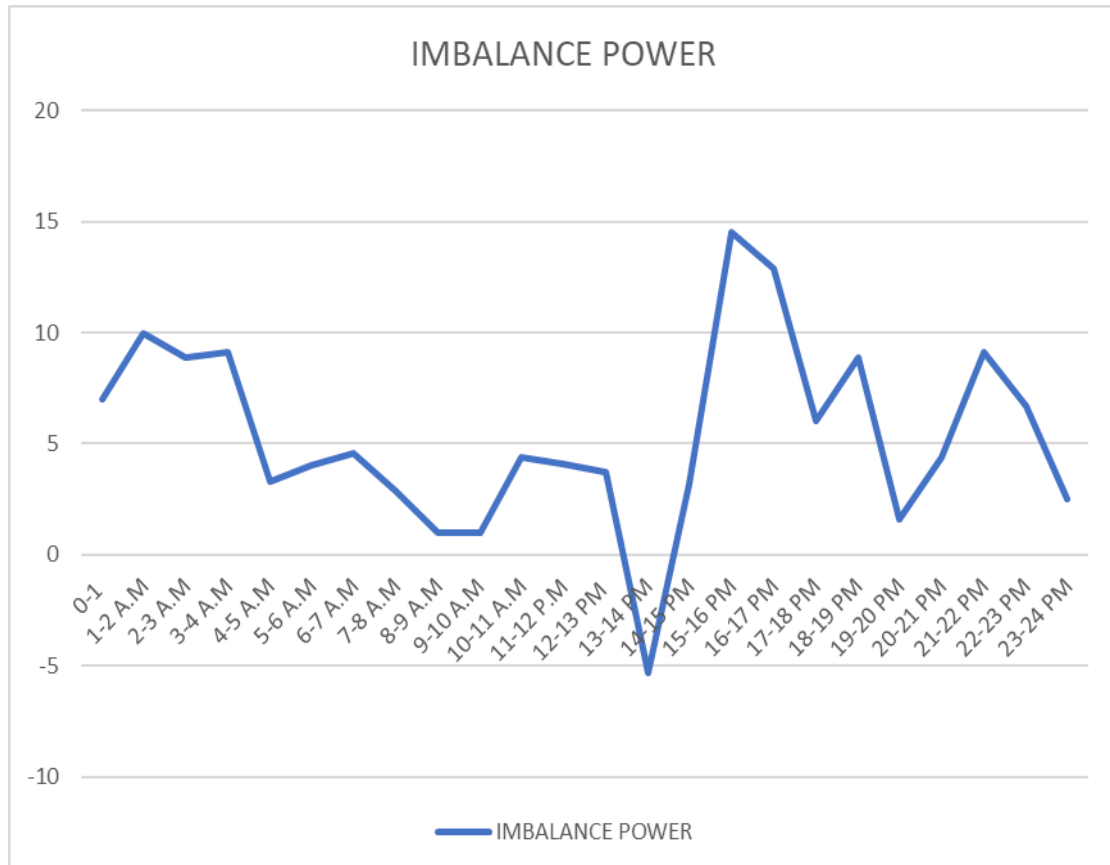
Σε πρώτη φάση θα μελετηθεί η συμμετοχή ενός Aggregator και του παραγωγού που αντιπροσωπεύει στην DA, RT και BL αγορά. Σκοπός αυτής της έρευνας είναι να ερευνηθεί η λειτουργία του Φο.Σ.Ε. σε αυτές τις αγορές και πως συμπεριφέρεται. Στην εξήγηση του προβλήματος, ένας Wind Aggregator αντιπροσωπεύει έναν αιολικό παραγωγό να συμμετάσχει στις παραπάνω αγορές με σκοπό την βελτιστοποίηση του κέρδους του. Τα δεδομένα έχουν παρθεί από την [11] βασισμένα σε μια αιολική φάρμα μέγιστης χωρητικότητας, ανά περίοδο, τα 27 MW, της Σκανδιναβικής Αγοράς και τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στους παρακάτω πίνακες. Το πρόβλημα έχει λυθεί με την δημιουργία αβεβαιότητας στην παραγωγή με κατεύθυνση την ενδοημερήσια αγορά.



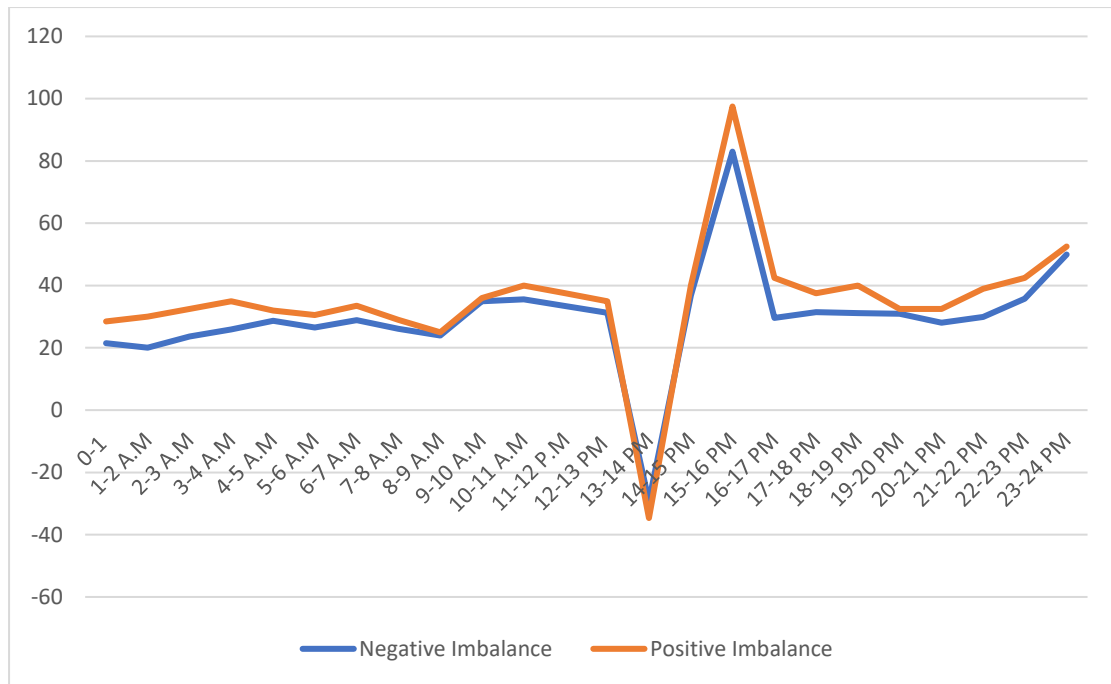
Γράφημα 5: Power sold to DA & RT Markets (MW)

Στον Γράφημα 5, φαίνεται η διάθεση των ενεργειακών πόρων στις αγορές της επόμενης μέρας και της ενδοημερήσιας αγοράς. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως η ενδοημερήσια αγορά, λαμβάνει μέρος ανά χρονική περίοδο $T = 30$ minutes και τα δεδομένα της αρχικοποιούνται 2,5 ώρες αφού κλείσει η αγορά επόμενης ημέρας. Αυτό συμβαίνει για να υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ ζήτησης και προσφοράς στις ενεργειακές αγορές, σε περίπτωση που υπάρχει υψηλή συγκέντρωση ενεργειακών πόρων. Κάτι τέτοιο βλέπει κανείς εύκολα κατά το διάστημα 14:00- 17:00 και 22:00- 23:00, όπου η συγκέντρωση των ενεργειακών πόρων είναι υψηλή. Εύκολα παρατηρείται ότι υπάρχει μια ισορροπία στους πωληθείς πόρους στις δυο αυτές αγορές κατά την διάρκεια μιας ημέρας, όπως εύκολα παρατηρείται ότι ο Aggregator επιλέγει να συμμετάσχει περισσότερο στην ενδοημερήσια αγορά, και λόγω συχνότητας προσφορών, αλλά και για το γεγονός ότι έχει την δυνατότητα να βγάλει κέρδος σε πραγματικό χρόνο.

Στο Γράφημα 6 φαίνονται οι ενεργειακοί πόροι που επιλέγει να πουλήσει ή να αγοράσει ο Aggregator από την αγορά εξισορρόπησης, προκειμένου να εξασφαλίσει την ισορροπία του προβλήματος.

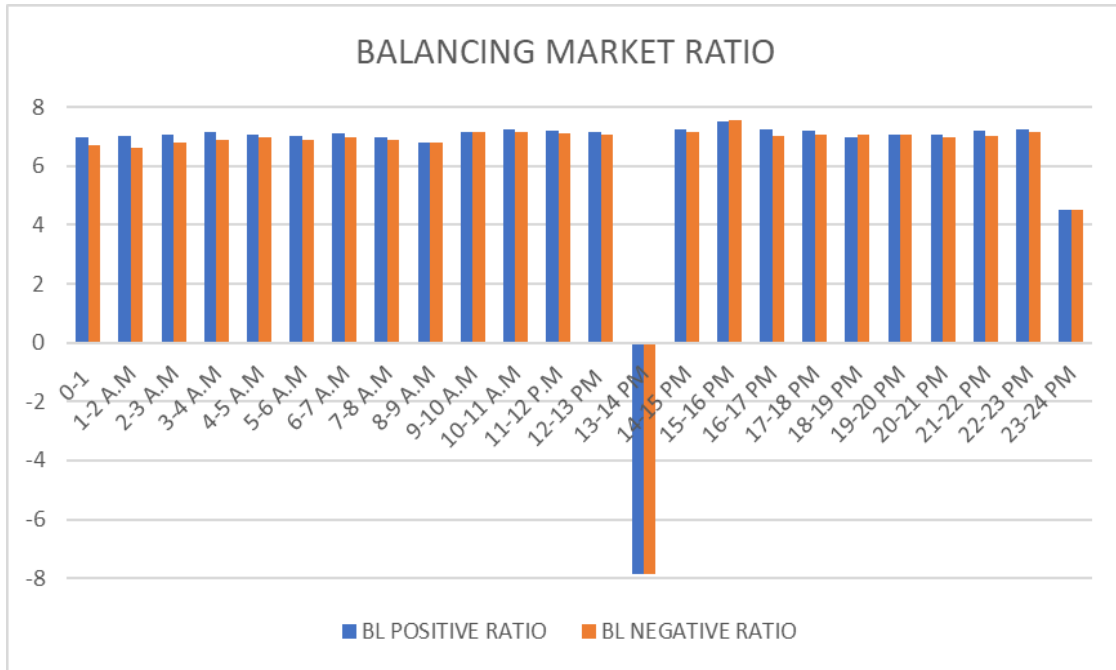


Γράφημα 6: Power sold to Balancing Market (MW)



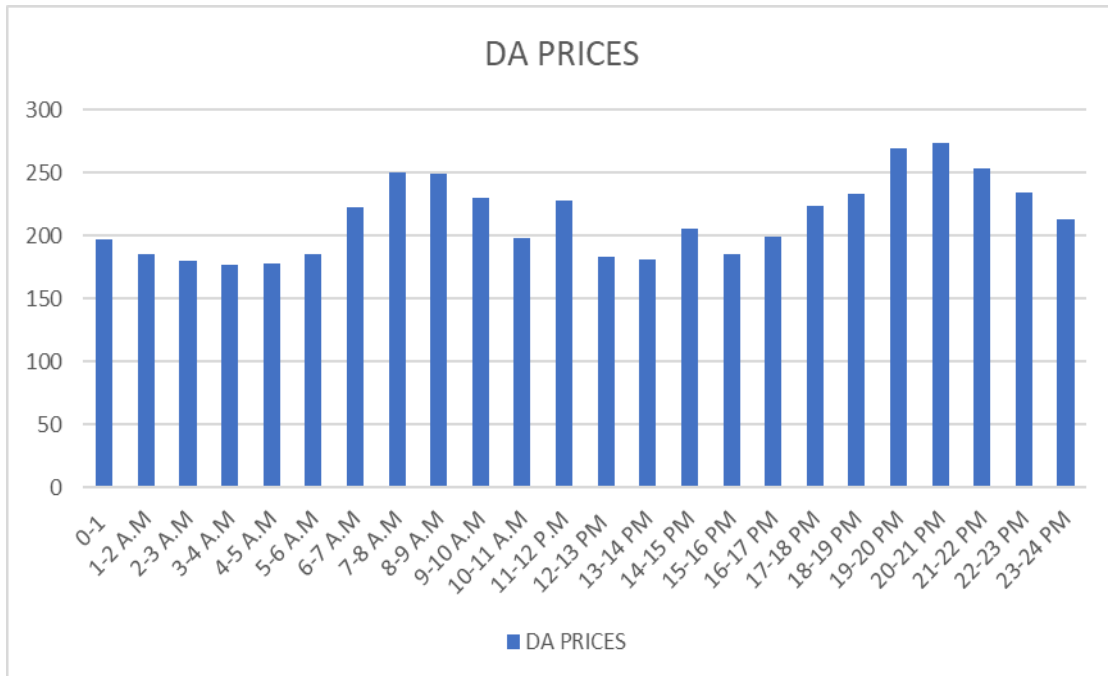
Γράφημα 7: Αρνητική και θετική ανισορροπία (MW)

Παρατηρείται πως η συμμετοχή του Aggregator στην αγορά εξισορρόπησης αποσκοπεί στην ισορροπία τους προβλήματος, σχετικά την ζήτηση και την προσφορά και για αυτό τον λόγο κατά το διάστημα 13:00-15:00, η πορεία είναι πτωτική και ο συσσωρευτής επιλέγει να αγοράσει πόρους, προκειμένου να είναι διαθέσιμοι για τις υπόλοιπες αγορές. Κάτι τέτοιο βλέπει κανείς στις τιμές της θετικής και της αρνητικής ισορροπίας (Γράφημα 7), όπως επίσης και στα Ratio Αρνητικής και Θετικής Ανισορροπίας κατά το διάστημα αυτό (Γράφημα 8).

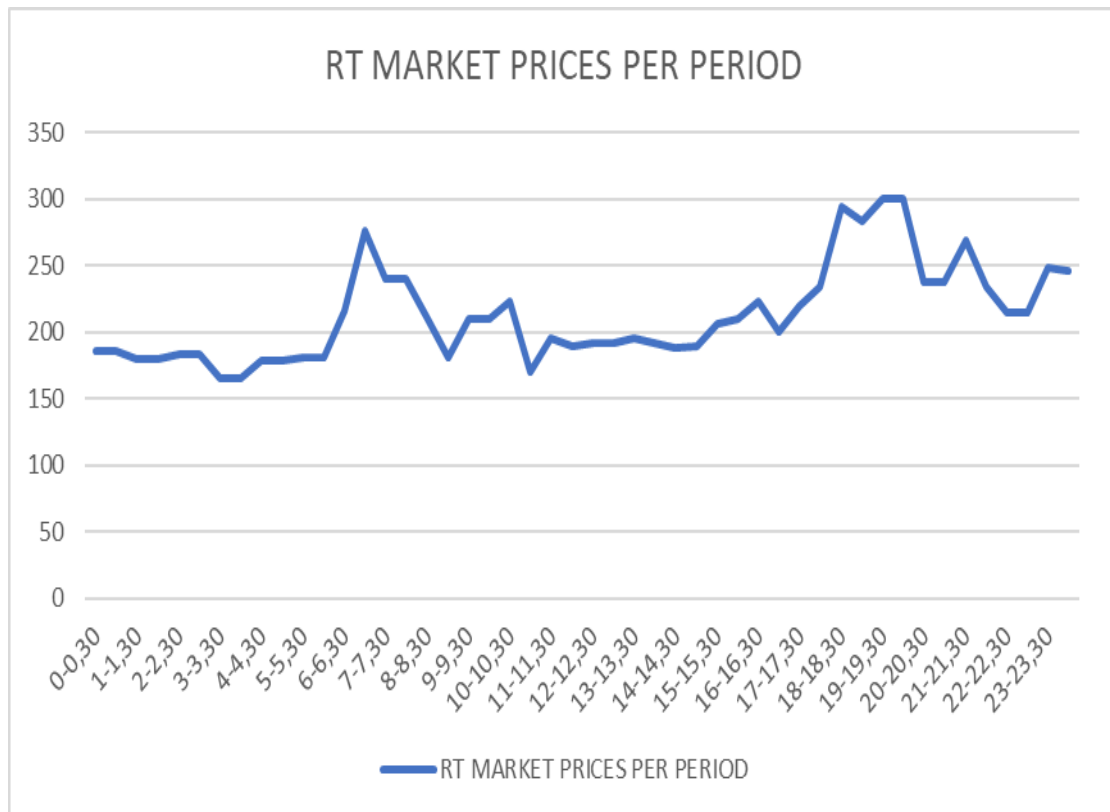


Γράφημα 8: Balancing Market Ratio

Στα Γραφήματα 9 και 10, υπάρχουν τα δεδομένα τιμολόγησης ανά περίοδο για τις αγορές της επόμενης μέρας και της ενδοημερήσιας αγορές αντίστοιχα.



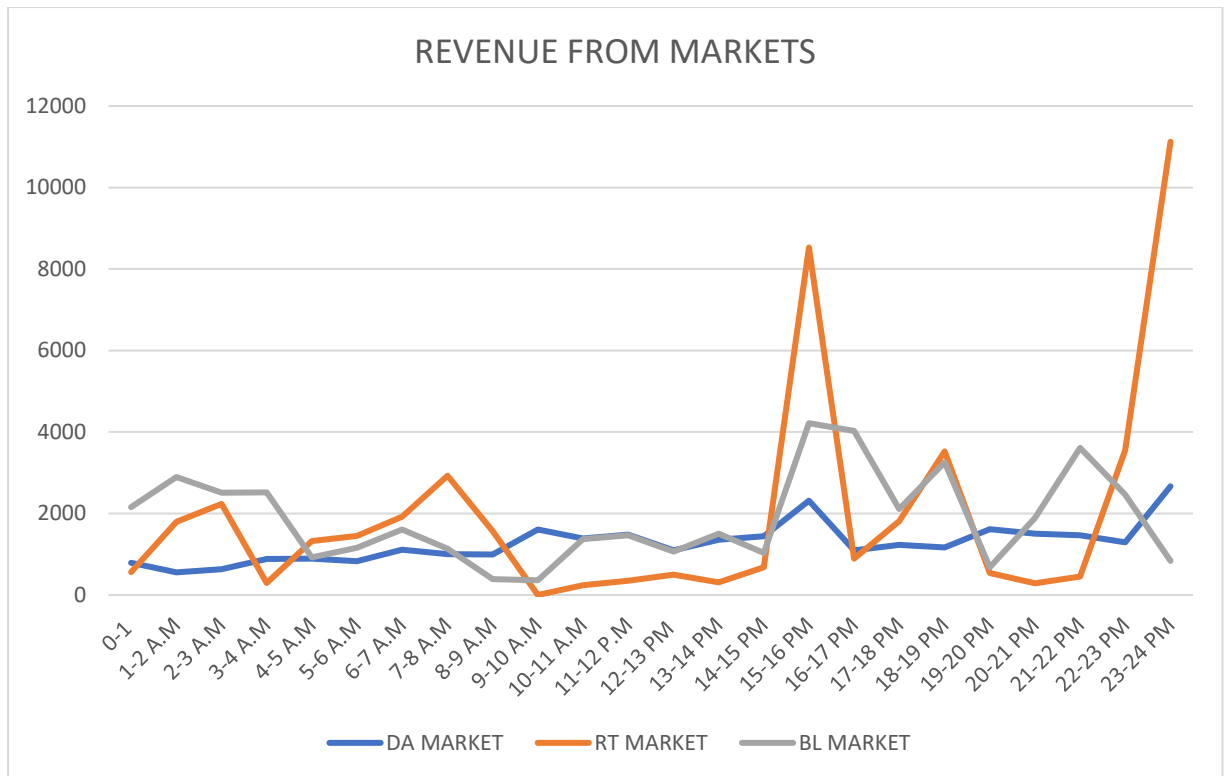
Γράφημα 9: Τιμολόγηση αγοράς επόμενης μέρας



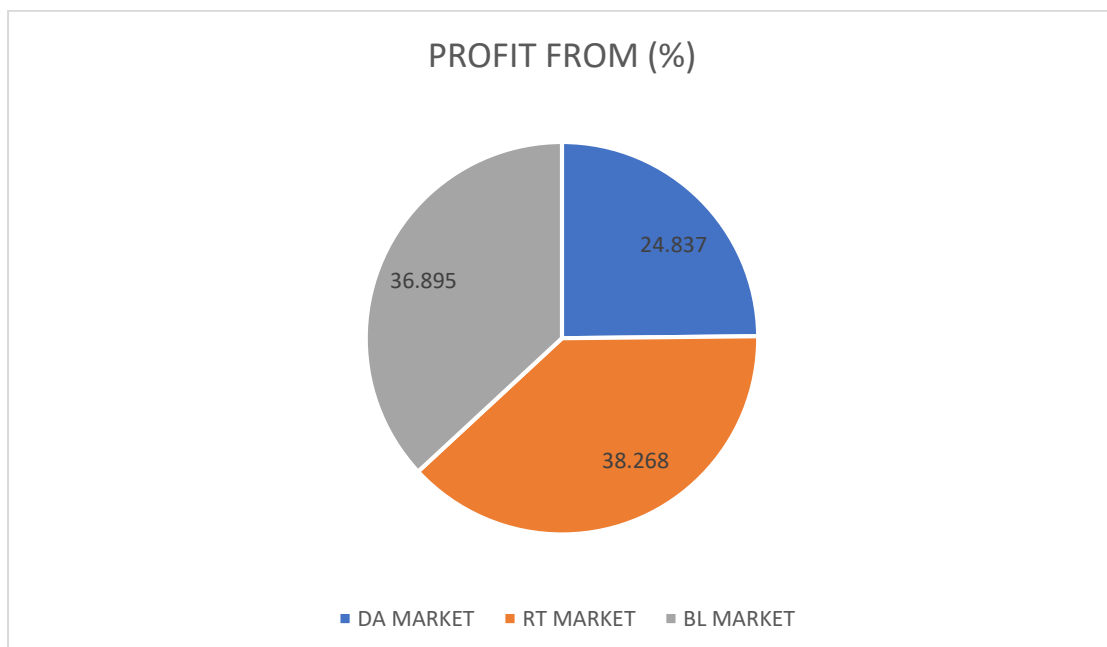
Γράφημα 10: Τιμολόγηση ενδοημερήσιας αγοράς

Φαίνεται πως οι τιμές της ενδοημερήσιας αγοράς σε βάθος μιας περιόδου, είναι σαφώς πιο υψηλές από αυτές της αγοράς επόμενης ημέρας, όμως οι τιμές της αγοράς επόμενης μέρας είναι αρκετά πιο σταθερές, επομένως υπάρχει μικρότερο ρίσκο στην συμμετοχή του στην αγορά επόμενης μέρας σε σύγκριση με την ενδοημερήσια αγορά (Γράφημα 8, Γράφημα 9).

Τέλος, στα Γραφήματα 11 και 12, αποτυπώνονται τα κέρδη που αποκομίζονται από την κάθε αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και οι ποσοστιαία συμμετοχή της κάθε αγοράς στην βελτιστοποίηση των κερδών.



Γράφημα 11: Κέρδος ανά αγορά



Γράφημα 12: Ποσοστιαίο Κέρδος ανά αγορά

Παρατηρείται πως ο συσσωρευτής, επιλέγει να συμμετάσχει περισσότερο στην ενδοημερήσια αγορά και στην αγορά εξισορρόπησης, πράγμα το οποίο υποδηλώνει ότι επιλέγει να ρισκάρει για την βελτιστοποίηση του κέρδους.

6.2.2. DR Aggregator συμμετέχει στην αγορά επόμενης ημέρας

Στην συνέχεια θα εξεταστεί ένας DR Aggregator, ο οποίος συμμετάσχει στην αγορά επόμενης ημέρας, εκπροσωπώντας έναν αιολικό παραγωγό μέγιστης χωρητικότητας 27 MW και συναλλάσσοντας DR προϊόντα με τους παίχτες της αγοράς, έχοντας πάρει τα δεδομένα της [12], μιας έρευνας που πραγματοποιήθηκε από τους Nadali Mahmoudi, Tapan K. Saha και Mehdi Eghbal, και δημιουργώντας επιπλέον σενάρια στο ήδη υπάρχον πρόβλημα [13]. Το παρών πρόβλημα, αποτελεί ένα Bi-Level πρόβλημα, όπου το ανώτερο επίπεδο αφορά την μεγιστοποίηση κερδών του παραγωγού, ενώ το κατώτερο επίπεδο, το οποίο είναι και ένας από τους περιορισμούς του ανώτερου επιπέδου, αφορά την μεγιστοποίηση των κερδών του παραγωγού μέσω του συσσωρευτή και την ελαχιστοποίηση του κόστους εξισορρόπησης των διαθέσιμων πόρων, όταν ο συσσωρευτής μας λειτουργεί σαν πωλητής και αγοραστής αντίστοιχα. Αρχικά θα ερευνηθεί η συμπεριφορά αυτής της τακτικής προκαλώντας μια αβεβαιότητα στην παραγωγή του παραγωγού δημιουργώντας σενάρια παραγωγής, συγκαταλέγοντας πάντα και το ρίσκο του εκάστοτε παραγωγού, για τέσσερα διαφορετικά σενάρια ρίσκου. Έπειτα, θα αναλυθεί και για την αβεβαιότητα στην τιμολόγηση της αγοράς επόμενης μέρας. Βλέπει κανείς εύκολα και παρακάτω, ότι το πρόβλημα μας δεν είναι γραμμικό, για αυτό τον λόγο στην συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν οι συνθήκες KKT (Karush – Kuhn – Tucker), απαραίτητες τεχνικές για να γίνει το παρών πρόβλημα, ένα ενιαίο γραμμικό πρόβλημα.

Σκοπός του ανώτερου επιπέδου είναι η μεγιστοποίηση της συνάρτησης:

$$\begin{aligned} \text{Maximize } PF = & \sum_{w \in \Omega_w} \pi(w) \cdot \sum_{t \in T} [R^{DA}(t, w) + R/C^{lmb}(t, w)] \\ & - \sum_{t \in T} P^{DR}(t) \cdot \lambda^{DR}(t) \\ & + \rho \cdot \left(\xi - \frac{1}{1-\beta} \sum_{w \in \Omega} \eta(w) \cdot \pi(w) \right) \end{aligned}$$

Όπου :

$\pi(w)$ θεωρείται η πιθανότητα ύπαρξης κάθε σεναρίου

$R^{DA}(t, w)$ το κέρδος από την DA market

R/C^{lmb} είναι η σχέση μεταξύ του κέρδους προς του κόστους ανισορροπίας

η οποία θεωρείται ως:

$$\begin{aligned} R/C^{lmb}(t, w) = & P^{pos}(t, w) \cdot S^{pos}(t, w) \cdot \lambda^{DA}(t, w) \cdot d(t) - P^{neg}(t, w) \\ & \cdot S^{neg}(t, w) \cdot \lambda^{DA}(t, w) \cdot d(t) \end{aligned}$$

με $P^{pos}, S^{pos}, P^{neg}, S^{neg}$ την θετική/αρνητική παραγωγή ανισορροπίας αντίστοιχα

και την συνιστώσα τιμή θετικής/αρνητικής ανισορροπίας παραγωγής, αντίστοιχα.

P^{DR}, λ^{DR} η παραγωγή και τιμολόγηση των DR από τον παραγωγό.

Σκοπός του κατώτερου επιπέδου είναι η μεγιστοποίηση ή η ελαχιστοποίηση της συνάρτησης :

$$\begin{aligned} \sum_{s \in \Omega_s} \pi(s) \cdot C^{DR,T}(t) \cdot \left[sp^w(t, s) \cdot \lambda^{DR}(t) + sp^{DA}(t, s) \cdot \lambda^{DA}(t, s) \right. \\ \left. + \sum_{c=1}^{N_{TC}} sp^c(t, s) \cdot \lambda^c(t, s) \right] \end{aligned}$$

Όπου $C^{DR,T}$, είναι η χωρητικότητα του συσσωρευτή για τα αποθέματα DR που συναλλάσσει, ανάλογα με τον ρόλο του (10 MW όταν είναι πωλητής, -10 MW όταν είναι αγοραστής)

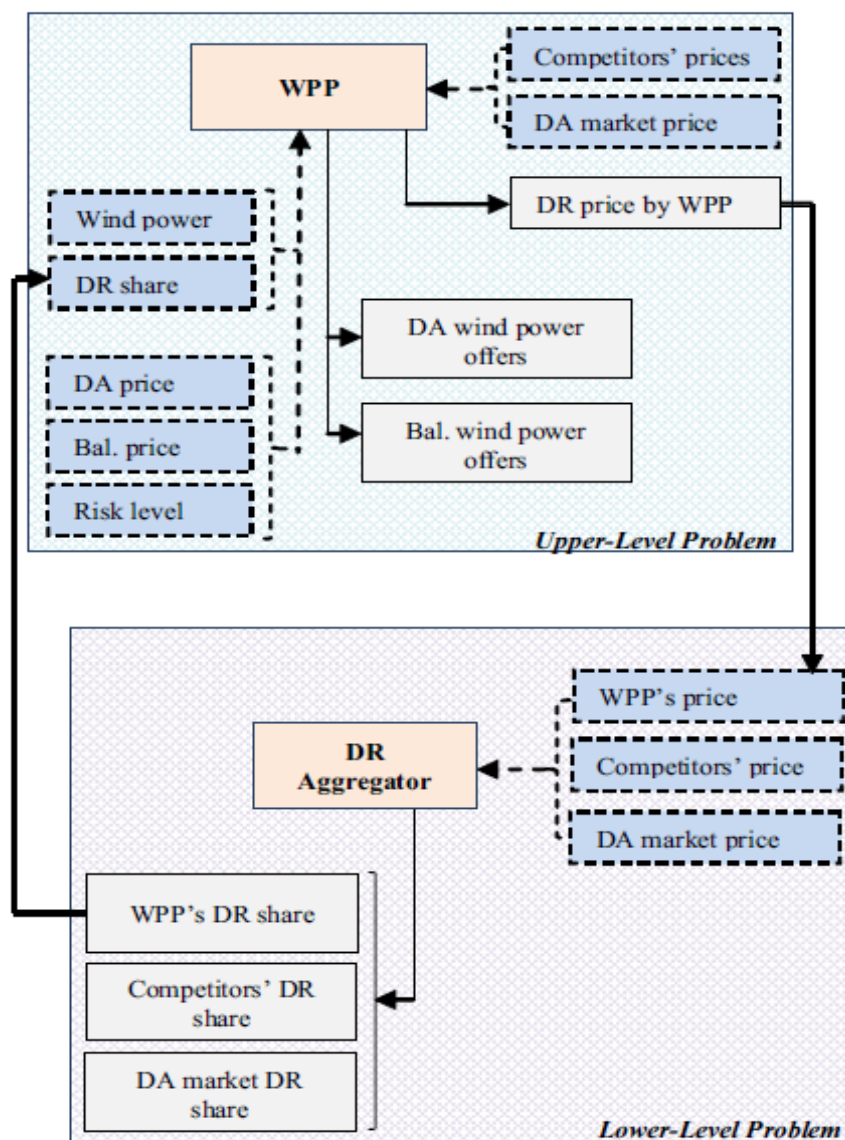
s^w, s^{DA}, s^c , είναι το μερίδιο DR του παραγωγού, της αγοράς επόμενης ημέρας και του συνόλου των ανταγωνιστών αντίστοιχα και

$p(s)$, η πιθανότητα ύπαρξης του κάθε σεναρίου.

6.2.2.1 Μη γραμμικό πρόβλημα με αβεβαιότητα στην παραγωγή-Δεδομένα και Αποτελέσματα.

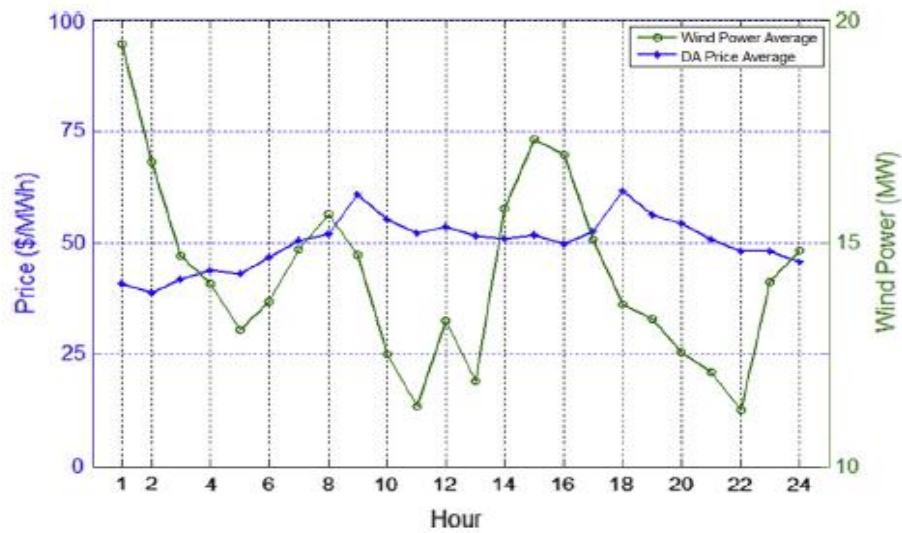
Όπως αναφέρθηκε, σε αυτήν την έρευνα θα παρουσιαστεί το Bi-Level πρόβλημα της Εικόνας 14, προκαλώντας αβεβαιότητα στην ποσότητα παραγωγής ενεργειακών πόρων του παραγωγού. Παρακάτω θα αναφερθούν τα δεδομένα του προβλήματος μας.

Το ανώτερο και το κατώτερο μέρος του προβλήματος παρουσιάζονται στην Εικόνα 14:



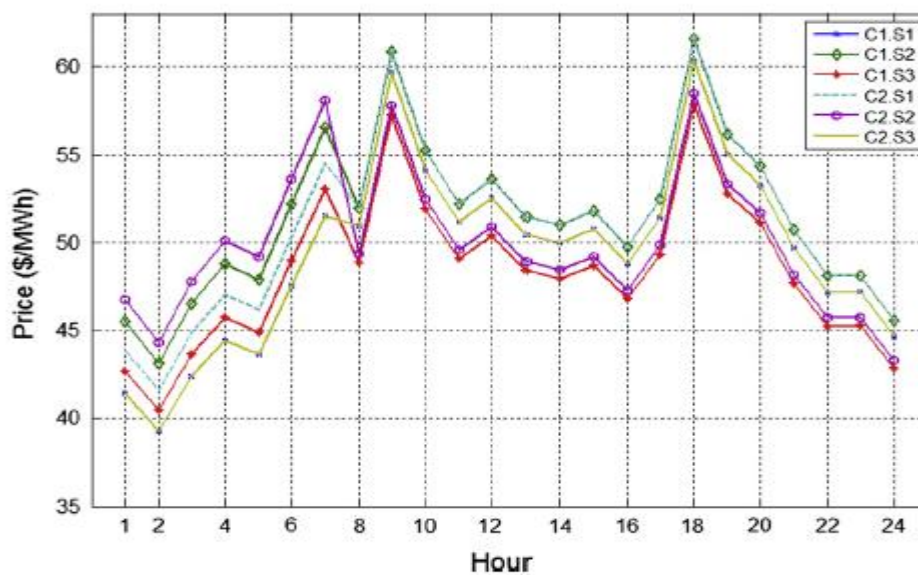
Εικόνα 14: Bi-Level Problem

Το Γράφημα 13 παρουσιάζει τον μέσο όρο παραγωγής και τιμής DA στο πρόβλημα.



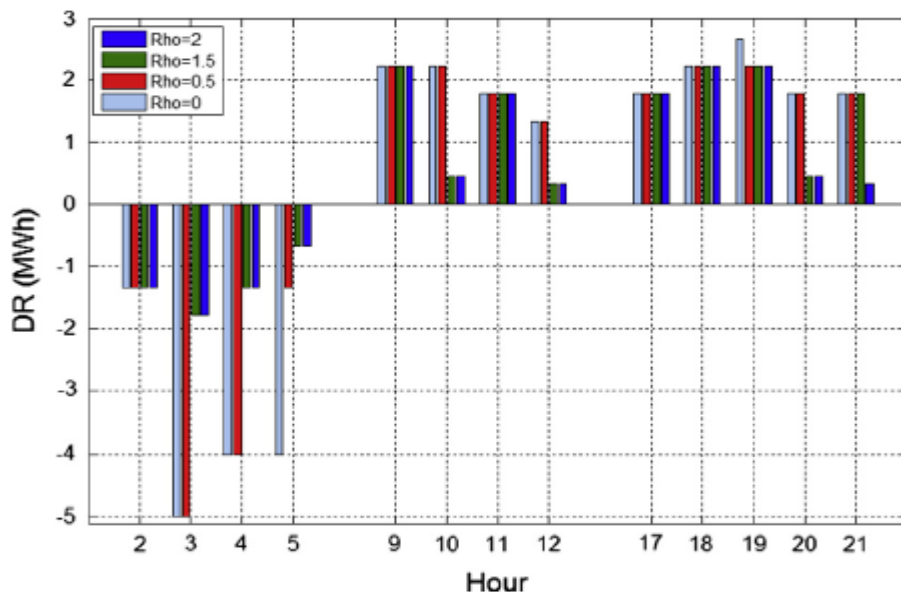
Γράφημα 13: Μέσος όρος παραγωγής και τιμής DA

Στο Γράφημα 14 παρουσιάζονται οι τιμές DR προϊόντων άλλων ανταγωνιστών σε 3 σενάρια:



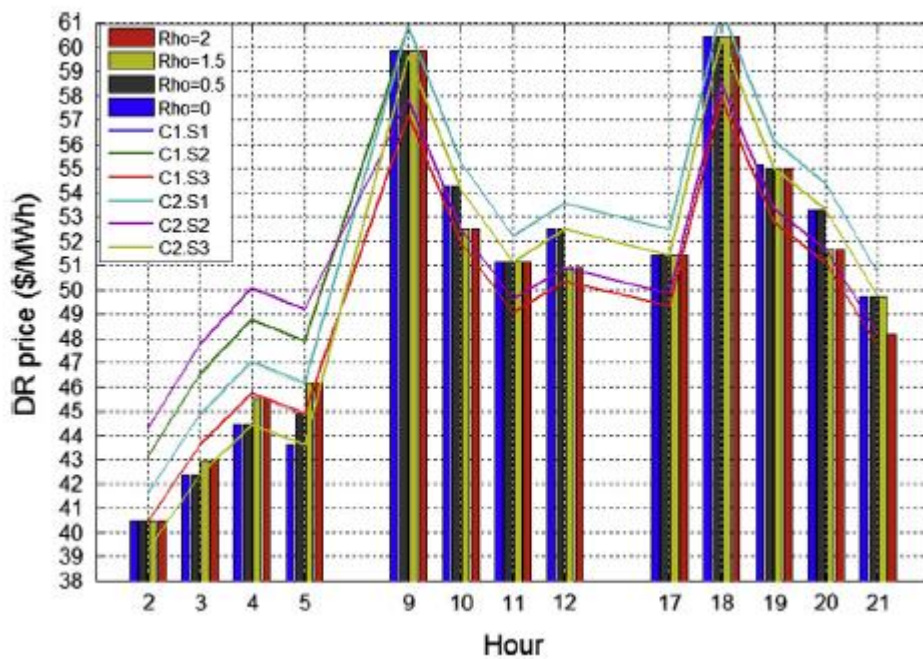
Γράφημα 14: Τιμές DR προϊόντων άλλων ανταγωνιστών

Στο Γράφημα 15 παρουσιάζεται η ποσότητα DR που έχει προμηθευτεί ο παραγωγός:



Γράφημα 15: Ποσότητα DR που έχει προμηθευτεί ο παραγωγός

Στο Γράφημα 16 παρουσιάζεται η τιμολόγηση των DR από τον παραγωγό:



Γράφημα 16: Τιμολόγηση των DR από τον παραγωγό

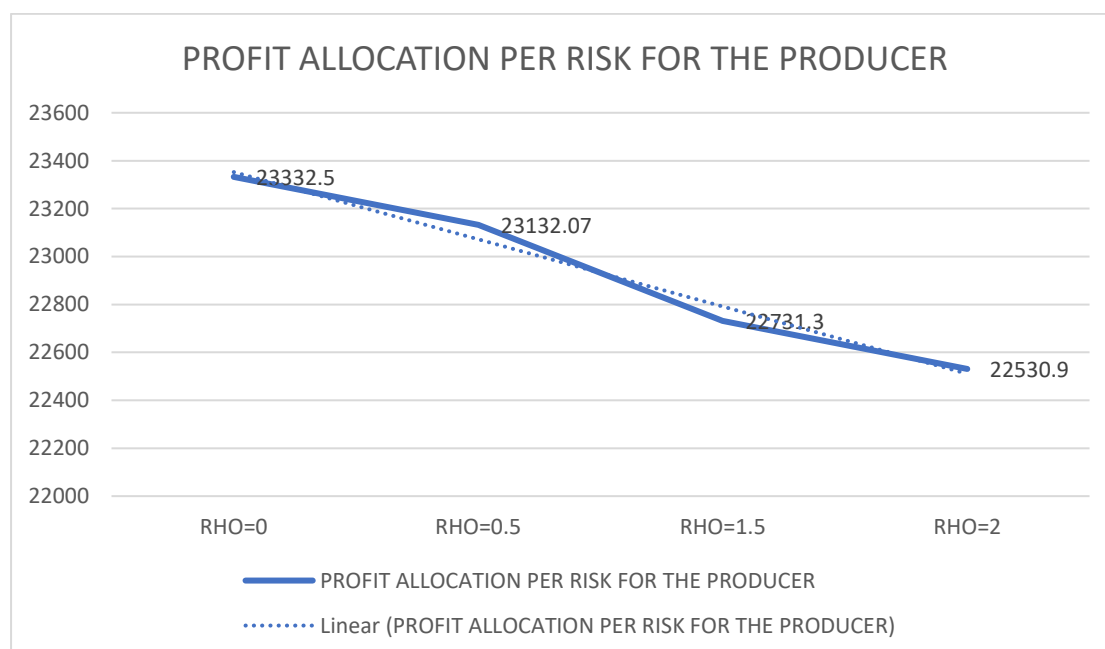
Στο Γράφημα 17 αναφέρονται τα μερίδια DR που μοιράζονται οι ανταγωνιστές και η αγορά επόμενης μέρας σε συνδυασμό με 2 σενάρια ρίσκου:

	$\rho = 0$			$\rho = 2$		
	C1	C2	DA	C1	C2	DA
2 am	-0.8	-0.9	-7	-0.7	-1	-7
3 am	0	0	-5	-1.3	-1.4	-5.4
4 am	0	0	-6	-1	-1.2	-6.4
5 am	0	0	-6	-1.8	-1.1	-6.4
9 am	1.7	1.7	4.4	1.6	1.8	4.4
10 am	1.2	1.6	5	2	2.1	5.4
11 am	1.4	1.33	5.4	1.3	1.4	5.4
Noon	0.8	0.9	7	1.1	1.6	7
5 pm	1.6	1.2	5.4	1.4	1.3	5.4
6 pm	1.3	1.4	5	1.6	1.2	5
7 pm	2	1.9	3.4	2	1.9	3.9
8 pm	1.6	1.2	5.4	2.1	2	5.4
9 pm	0.9	1.3	6	1.6	2	6.1

Γράφημα 17: Μερίδιο DR που μοιράζονται οι ανταγωνιστές και η αγορά επόμενης μέρας

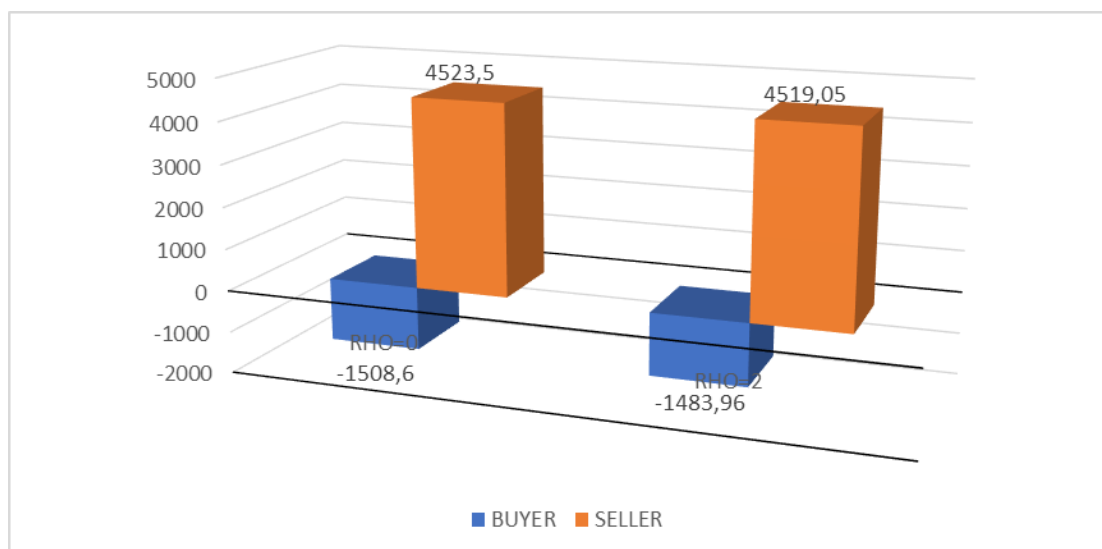
Στην συνέχεια θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα για το αρχικό πρόβλημα:

Τα αποτελέσματα του ανώτερου επιπέδου για τέσσερα σενάρια ρίσκου στο Γράφημα 18:



Γράφημα 18: Βελτιστοποίηση κέρδους του παραγωγού ανάλογα με το ρίσκο

Τα αποτελέσματα του κατώτερου επιπέδου για δύο σενάρια ρίσκου στο Γράφημα 19:



Γράφημα 19: Μεγιστοποίηση κέρδους/Ελαχιστοποίηση κέρδους μέσω του συσσωρευτή ανάλογα τον ρόλο του

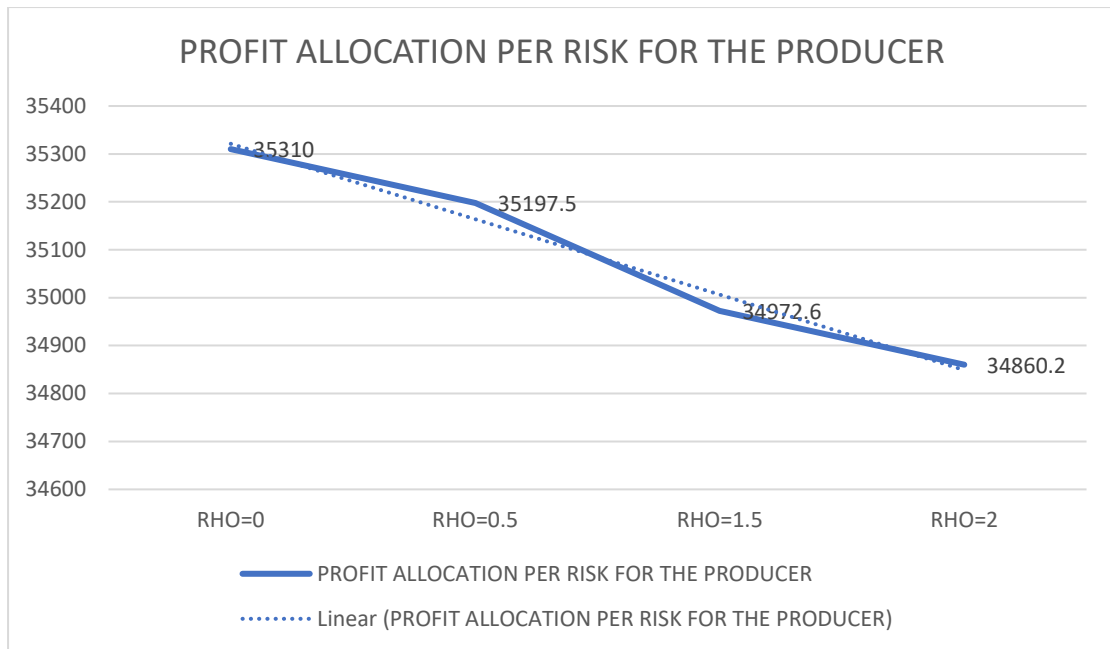
Το πρόβλημα είναι ένα bi-level πρόβλημα επομένως, τα αποτελέσματα του κατώτερου επιπέδου αποτελούν περιορισμοί στο ανώτερο επίπεδο. Δηλαδή το κέρδος του παραγωγού, το οποίο θα αποκτηθεί μέσω των συναλλαγών των προϊόντων DR από τον συσσωρευτή, δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από τα αποτελέσματα του κατώτερου επιπέδου. Το ίδιο ισχύει και για το αναμενόμενο κόστος.

6.2.2.2 Μη γραμμικό πρόβλημα με αβεβαιότητα στην τιμή της DA-Αποτελέσματα.

Ισχύουν τα δεδομένα και τα ζητούμενα των προηγούμενων παραγράφων (βλ. 6.2.2. και 6.2.2.1). Μόνο που σε αυτή την περίπτωση δημιουργείται η αβεβαιότητα στην τιμή της επόμενης μέρας.

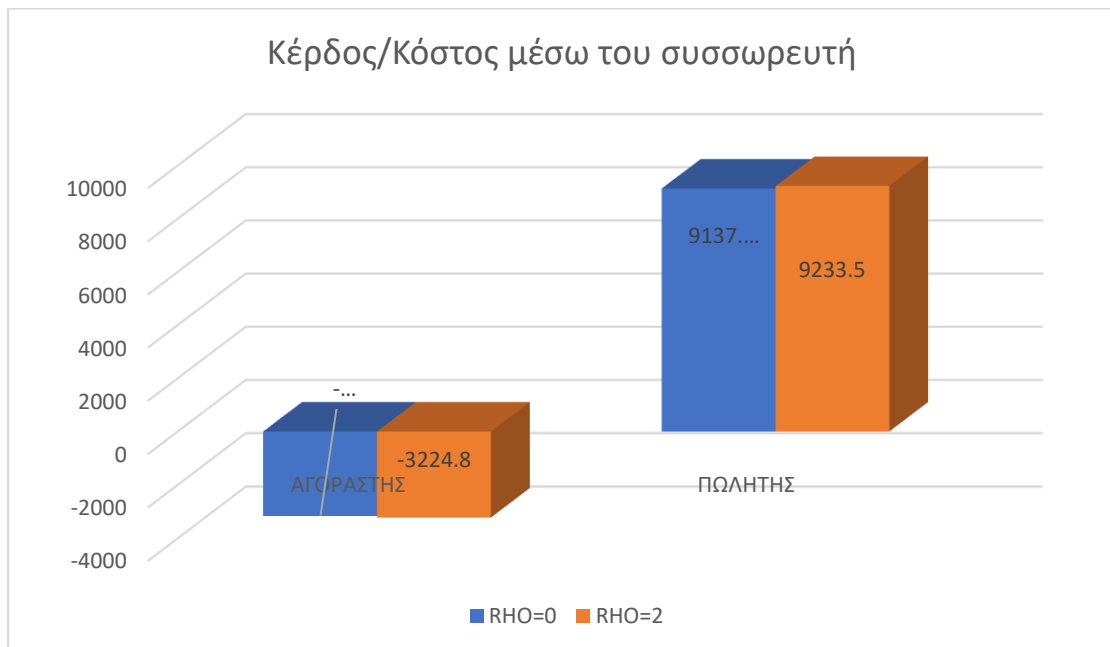
Παρακάτω θα αναφερθούν τα αποτελέσματα :

Στο Γράφημα 20 φαίνεται το κέρδος σε συνάρτηση με το ρίσκο του παραγωγού, έχοντας ως αβεβαιότητα την τιμή της επόμενης μέρας.



Γράφημα 20: Βελτιστοποίηση κέρδους με αβεβαιότητα στην τιμή ανάλογα με το ρίσκο

Στο Γράφημα 21 φαίνεται η Μεγιστοποίηση κέρδους/Ελαχιστοποίηση κέρδους, μέσω του συσσωρευτή ανάλογα τον ρόλο του με αβεβαιότητα στην τιμή.



Γράφημα 21: Μεγιστοποίηση κέρδους/Ελαχιστοποίηση κέρδους μέσω του συσσωρευτή ανάλογα τον ρόλο του

Όπως και στην παράγραφο 6.2.2.1 έτσι και εδώ ισχύουν οι ίδιοι περιορισμοί για το πρόβλημα βελτιστοποίησης.

6.2.2.3. Γραμμική αντιμετώπιση του προβλήματος με αβεβαιότητα στην παραγωγή-Αποτελέσματα.

Το πρόβλημα, όμως, δεν είναι γραμμικό. Σε αυτή την θα παράγραφο θα εξηγηθεί πως μέσω των συνθηκών ΚΚΤ αλλά και δύο ακόμα βημάτων, δημιουργείται ένα ισοδύναμο ενιαίο γραμμικό πρόβλημα.

Αρχικά, το γραμμικό ισοδύναμο έχει την παρακάτω σχέση:

$$\begin{aligned} \text{Maximize PF} = & \sum_{w \in \Omega_w} \pi(w) \cdot \sum_{t \in T} [R^{DA}(t, w) + R/C^{lmb}(t, w)] \\ & - \sum_{t \in T} \text{Cost}^{DR}(t) \\ & + \rho \cdot \left(\xi - \frac{1}{1 - \beta} \sum_{w \in \Omega} \eta(w) \cdot \pi(w) \right) \end{aligned}$$

Όπου,

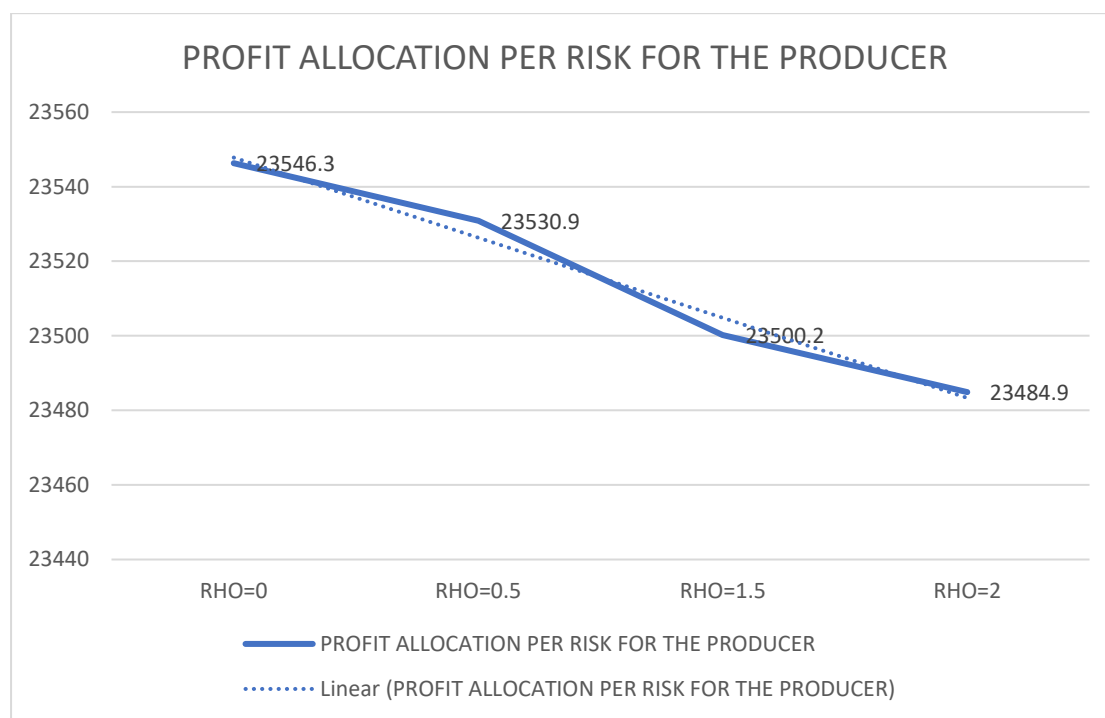
$$\begin{aligned} \text{Cost}^{DR}(t) = & - \sum_{s \in \Omega_s} \pi(s) \\ & \cdot \left(\gamma(t, s) + C^{DR,T}(t) \cdot sp^{DA}(t, s) \cdot \lambda^{DA}(t, s) + C^{DR,T}(t) \cdot \sum_{c=1}^{N_{\pi}} sp^c(t, s) \cdot \lambda^c(t, s) \right) \end{aligned}$$

Το οποίο αντικαθιστά την αρχική συνάρτηση στο σημείο που ελέγχουμε τα κέρδη ή το κόστος των DR αποθεμάτων

Και $\gamma(t, s)$, αποτελεί την dual μεταβλητή που ενώνει το ανώτερο με το κατώτερο επίπεδο του αρχικού προβλήματος.

Για να προκύψει αυτή η ισοδύναμη γραμμική συνάρτηση θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι ΚΚΤ συνθήκες. Στην συνέχεια ακολουθούν άλλα δύο βήματα (Παράρτημα Α).

Επομένως τα αποτελέσματα για το γραμμικό μοντέλο, εφαρμόζοντας τα παραρτήματα Α,Β και Γ, φαίνονται στο Γράφημα 22, έχοντας τα ίδια δεδομένα (βλ.6.2.2. και 6.2.2.1).

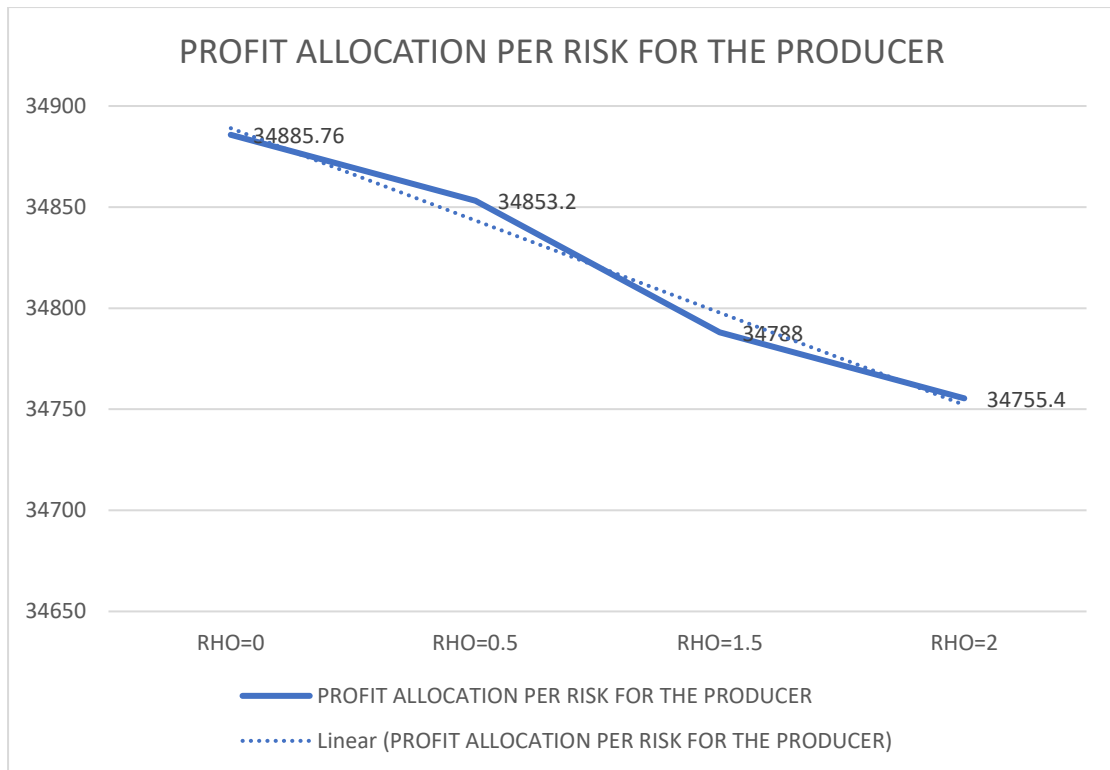


Γράφημα 22: Βελτιστοποίηση κέρδους σε αβεβαιότητα παραγωγής

Φαίνεται πως τα αποτελέσματα είναι σχεδόν ίδια με αυτά του μη γραμμικού μοντέλου.

6.2.2.4 Γραμμικό μοντέλο προβλήματος με αβεβαιότητα στην τιμή

Στην περίπτωση αβεβαιότητας τιμής και εφόσον έχει παραχθεί γραμμικό ισοδύναμο για το αρχικό πρόβλημα (βλ. 6.2.2.3) τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Γράφημα 23.



Γράφημα 23: Βελτιστοποίηση κέρδους του παραγωγού με αβεβαιότητα στην τιμή

Φαίνεται πως τα αποτελέσματα είναι σχεδόν πανομοιότυπα με αυτά του μη γραμμικού προβλήματος.

6.3. Συμπεράσματα

Είναι σαφές κατανοητό ότι το αυξημένο ρίσκο ενός παραγωγού, αποφέρει μείωση του αναμενόμενου κέρδους, αφού θα πρέπει να συμμετάσχει στην αγορά εξισορρόπησης, όπου οι τιμές των πόρων δεν είναι σταθερές και υπάρχουν αρκετοί κίνδυνοι που πρέπει να αντιμετωπίσει ένας παραγωγός. Επίσης, ένας DR Aggregator προωθεί τον ανταγωνισμό, καθώς ο παραγωγός θα πρέπει να ανταγωνιστεί με άλλους παραγωγούς για να προσφέρει καλύτερες τιμές. Επιπλέον, ένας παραγωγός μπορεί να αγοράσει προϊόντα DR, όσο έχουν την μέγιστη τιμή τους για να μειώσουν το ρίσκο της παραγωγής τους και της αβεβαιότητας της τιμής της αγοράς. Από την άλλη μπορεί να πουλήσει την ενέργεια του, μέσω DR συμβολαίων με τον Aggregator όσο δεν βρίσκεται στην υψηλότερη τιμή της με σκοπό την αύξηση του κέρδους. Όσον αφορά τις διαφορές μεταξύ των γραμμικών και των μη γραμμικών μοντέλων, το υπολογιστικό κόστος είναι σαφές

λιγότερο για τα γραμμικά μοντέλα σε σύγκριση με αυτό των μη Γραμμικών, ενώ στο χρόνο εκτέλεσης του προβλήματος οι διαφορές είναι πολύ μικρές αλλά εξακολουθεί να είναι πιο γρήγορο το γραμμικό μοντέλο.

Κεφάλαιο 7 Συμπεράσματα

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες περίπου, η αιολική ενέργεια εμφανίζεται ως σημαντική πηγή ενέργειας που μπορεί να καλύψει ορισμένες από τις απαιτήσεις της ηλεκτρικής ενέργειας σε πολλά σημεία του πλανήτη. Η σύγχρονη τεχνολογία ανεμογεννητριών έχει εξελιχθεί ως ένα εξαιρετικά αξιόπιστο και ανθεκτικό σύστημα που μπορεί να λειτουργήσει χωρίς επίβλεψη ή με ελάχιστη συντήρηση για τα επόμενα 20 χρόνια ή περισσότερα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ενόψει των ανησυχιών για την παγκόσμια κλιματική αλλαγή και το γεγονός ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω αιολικής ενέργειας, δεν παράγει ρίπους, υπάρχει μια παγκοσμίως αποδοχή και υποστήριξη αυτής της τεχνολογίας. Η βιομηχανία αιολικής ενέργειας είναι επίσης μία από τις ταχύτερες αναπτυσσόμενες βιομηχανίες στον κόσμο όπως είδαμε που αποσκοπεί μέχρι τα τέλη της δεκαετίας την αύξηση της συνολικής παραγωγής. Σε αυτόν τον στόχο, όπως παρατηρήθηκε, το Ευρωπαϊκό Μοντέλο Στόχος συμβάλει τα μέγιστα, με την ομαλή ένταξη των ΑΠΕ στις ενεργειακές αγορές, δίνοντας τους την ευκαιρία να συμμετάσχουν στις ενεργειακές αγορές και προστατεύοντας τους από τους κινδύνους που μπορεί να προκύψουν, όντας παίχτης της αγοράς. Άλλωστε, γίνεται εύκολα αντιληπτό, ότι για την διασύνδεση όλων των αγορών της Ευρώπης και την ολοκλήρωση τους, οφείλουν οι ΑΠΕ να συμμετέχουν στις αγορές αυτές βασιζόμενοι πάντα σε ότι τους επιτρέπει το θεσμικό πλαίσιο.

Σε αυτό το πλαίσιο, μεγάλη είναι η συνεισφορά και των Φορέων Σωρευτικής Εκπροσώπησης, καθώς έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν αρκετές υπηρεσίες και γνώσεις στους παίκτες της αγοράς που εκπροσωπούν, με βάση όσα τους επιτρέπει η εκάστοτε ρυθμιστική αρχή. Μπορούν να προσφέρουν, ανάλογα πάντα τον τύπο Φο.Σ.Ε., δυνατότητες πρόβλεψης παραγωγής, σύμφωνα με διάφορα πρότυπα μοντέλα αντιμετώπισης των κινδύνων που αντιμετωπίζουν οι παραγωγοί αιολικής ενέργειας, όπως επίσης και δυνατότητες πρόβλεψης αναμενόμενου κέρδους και κόστους συναλλαγών. Πολύ συχνά παρατηρείται η ανάληψη οποιαδήποτε ρίσκου και ευθύνης από τους Φο.Σ.Ε. αποσκοπώντας στην βελτιστοποίηση του κέρδους και ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής και συναλλαγών, αλλά και

αποτελεσματικότερης διαχείρισης των ενεργειακών πόρων με την εξισορρόπηση τους.

Εύκολα κάποιος αντιλαμβάνεται πως με την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και για το γεγονός ότι οφείλουμε στον πλανήτη μας να παράγουμε όλο και περισσότερο καθαρή, «πράσινη», ενέργεια, η ανάγκη για συσσώρευση αυτών των πόρων είναι επιτακτική, καθώς πρέπει να διαχειριστεί η προσφορά και η ζήτηση των ενεργειακών αυτών πόρων με τον βέλτιστο τρόπο και να μην προκύπτουν ανισορροπίες, πολυπλοκότητες και μεταβλητότητες ακόμα και κενά πληροφόρησης για τους παραγωγούς. Οι ρυθμιστικές αρχές θα πρέπει να προστατέψουν αυτήν την προσπάθεια και να θέσουν όρια για την συμμόρφωση της αγοράς και των Φο.Σ.Ε.. Η θεμελιώδης αξία που δημιουργούν οι Φο.Σ.Ε. είναι αναγκαία, καθώς εκμεταλλεύονται την δυνατότητα τους να διαχειριστούν τους κινδύνους, τα ρίσκα, τις οικονομίες κλίμακας και εμβέλειας, στηρίζοντας τον ανταγωνισμό και την καινοτομία. Το ίδιο θα πούμε και για την μεταβατική αξία που δημιουργούν, αφού καλύπτει τα κενά πληροφόρησης και εξαλείφει την πολυπλοκότητα με την δέσμευση πρακτόρων και την εκμετάλλευση τυχών αλλαγών στο σύστημα της αγοράς. Τέλος, θα πρέπει να αποφευχθεί η δημιουργία ευκαιριακής αξίας για τους Φο.Σ.Ε. καθώς μπορεί να είναι ιδιωτική και περιορίζει την ανταγωνιστικότητα στην αγορά, επομένως θα πρέπει να εφαρμοστούν νέοι ρυθμιστικοί κανόνες για την αποφυγή ύπαρξής της.

Τέλος, αναφέρθηκαν κάποια πρότυπα μοντέλα ενεργειακών Φο.Σ.Ε., που εκπροσωπούν τον πελάτη τους, αποσκοπώντας στην βέλτιστη αντιμετώπιση της ενεργειακής αγοράς. Παρατηρήθηκε πως το αυξημένο ρίσκο, προκαλεί και μείωση του κέρδους, αφού αναγκάζεται να συμμετάσχει σε μη σταθερές αγορές, όπως η αγορά εξισορρόπησης και η ενδοημερήσια αγορά, προκειμένου να εξισορροπήσει τους ενεργειακούς πόρους του και να μη παρακάμψει τους κανόνες της ρυθμιστικής αρχής, ώστε να μην υπάρχουν κυρώσεις. Με την σειρά μου προτείνω, την εύρεση ενός βέλτιστου εφικτού μοντέλου εκπροσώπησης των παραγωγών αυτών από τους Φορείς Σώρευσης, με στόχο την αντιμετώπιση οποιαδήποτε κινδύνου και ρίσκου, πάντα με τις προδιαγραφές που ορίζει το Ευρωπαϊκό Μοντέλο Στόχος και αποσκοπώντας στην προστασία τους, την ανάπτυξη τους και στην πλήρη

συμμόρφωση των ΑΠΕ και των παραγωγών ανανεώσιμων πηγών ηλεκτρικής ενέργειας στα νέα ευρωπαϊκά δεδομένα. Είναι εύκολα αντιληπτό πως η Ε.Ε., πιστεύει πάρα πολύ στην δυναμική των ΑΠΕ και υποστηρίζει το νέο αυτό μοντέλο πράσινης ενέργειας. Υπάρχει δηλαδή μια ελπίδα, πως όλες η χώρες της Ε.Ε., αλλά και ανά τον κόσμο, μέσα στα επόμενα χρόνια να συμμορφωθούν στο νέο πλαίσιο και να υποστηρίξουν περισσότερο την αιολική προέλευση της ενέργειας και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Βιβλιογραφία

- [1] Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, νόμος υπ' αριθμ. 4512/2015.
- [2] Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, νόμος υπ' αριθμ. 4425/2016 - ΦΕΚ 185/Α/30-9-2016.
- [3] Antony Papavasileiou. "Scarcity pricing and the missing European market for real-time reserve capacity". Volume 33, Issue 10, December 2020, The Electricity Journal. In 2021 International Conference on New Energy and Power Engineering, China, July 2022, Pages 1125-1136.
- [4] Cheng et. Al. "Research on European cross-region balancing market settlement method under high proportion of renewable energy". In 2021 International Conference on New Energy and Power Engineering, China, July 2022, Pages 1125-1136.
- [5] Gregory Swinand, Ashwini Natraj, Amy O'Mahoney. "The European Target Model and the impact of implicit auctions on interconnection capacity prices". 2016, 13th International Conference on the European Energy Market (EEM).
- [6] Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, νόμος υπ' αριθμ. 4512/2018.
- [7] Filippos Ioannidis, Kyriaki Kosmidou, Kostas Andriosopoulos & Antigoni Everkiadi. "Assessment of the Target Model Implementation in the Wholesale Electricity Market of Greece" School of Economics, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki, Greece.
- [8] Selina Kerscher and Pablo Arboleya. "The key role of Aggregators in the Energy Transition under the latest European regulatory framework". University of Applied Sciences, Stuttgart, 70174, Germany.
- [9] Özge Okur, Petra Heijnen, Zofia Lukszo. "Aggregator's business models in residential and service sectors: A review of operational and financial aspects". Faculty of Technology, Policy and Management, Delft University of Technology, Jaffalaan 5, 2628 BX Delft, The Netherlands.
- [10] Scott Burger, Jose Pablo Chaves-Ávila, Carlos Batlle, Ignacio J. Pérez-Arriaga. "A review of the value of aggregators in electricity systems". MIT Energy Initiative, Massachusetts Institute of Technology, 77 Massachusetts Avenue, E19-307, Cambridge, MA 02139-4307, USA.

- [11] Thanaporn Sriyakul, Kittisak Jermittiparsert. "Risk-controlled economic performance of compressed air energy storage and wind generation in day-ahead, intraday and balancing markets". Faculty of Business Administration, Mahanakorn University of Technology, Bangkok, 10530, Thailand.
- [12] Nadali Mahmoudi, Tapan K. Saha, Mehdi Eghbal. "Modelling demand response aggregator behaviour in wind power offering Strategies". School of ITEE, University of Queensland, Brisbane 4072, Australia.
- [13] Meysam Khojasteh, Pedro Faria, Zita Vale. "A robust model for aggregated bidding of energy storages and wind resources in the joint energy and reserve markets". Research Group on Intelligent Engineering and Computing for Advanced Innovation and Development, Polytechnic of Porto, P-4200-072, Porto, Portugal.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Α.1 ΚΚΤ Συνθήκες

Για την μετατροπή του Bi-level προβλήματος της 6.2.2.3, αρχικά θα χρησιμοποιηθούν οι συνθήκες ΚΚΤ (Karush – Kuhn – Tucker), κατά τις οποίες αντικαθίσταται το πρόβλημα βελτιστοποίησης του κατώτερου επιπέδου με ένα αντίστοιχο αρνητικής ελαχιστοποίησης. Τότε η συνάρτηση Lagrange που προκύπτει είναι η εξής:

$$\begin{aligned} L = & - \sum_{s \in \Omega_s} \pi(s) \cdot C^{DR,T}(t) \\ & \cdot \left[sp^w(t,s) \cdot \lambda^{DR}(t) + sp^{DA}(t,s) \cdot \lambda^{DA}(t,s) + \sum_{c=1}^{N_{TC}} sp^c(t,s) \cdot \lambda^c(t,s) \right] \\ & - \gamma(t,s) \cdot \left(sp^w(t,s) + sp^{DA}(t,s) + \sum_{c=1}^{N_{TC}} sp^c(t,s) - 1 \right) \\ & - \mu^w(t,s) \cdot sp^w(t,s) - \mu^{DA}(t,s) \cdot sp^{DA}(t,s) - \mu^c(t,s) \\ & \cdot sp^c(t,s) \end{aligned}$$

Όπου γ και μ αποτελούν πολλαπλασιαστές *Lagrange*, ενώ οι περιορισμοί που προκύπτουν είναι οι εξής:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial sp^w(t,s)} &= - \sum_{s \in \Omega_s} \pi(s) \cdot C^{DR,T}(t) \cdot \lambda^{DR}(t) - \gamma(t,s) - \mu^w(t,s) = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial sp^{DA}(t,s)} &= - \sum_{s \in \Omega_s} \pi(s) \cdot C^{DR,T}(t) \cdot \lambda^{DA}(t,s) - \gamma(t,s) - \mu^{DA}(t,s) = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial sp^c(t,s)} &= - \sum_{s \in \Omega_s} \pi(s) \cdot C^{DR,T}(t) \cdot \lambda^c(t,s) - \gamma(t,s) - \mu^c(t,s) = 0 \quad \forall c = 1, \dots, N_c \\ \mu^w(t,s), \mu^{DA}(t,s), \mu^c(t,s) &\geq 0 \dots \forall t, s, c \\ \mu^w(t,s) \cdot sp^w(t,s) &= 0 \\ \mu^{DA}(t,s) \cdot sp^{DA}(t,s) &= 0 \\ \mu^c(t,s) \cdot sp^c(t,s) &= 0 \quad \forall c = 1, \dots, N_c \end{aligned}$$

Α.2 Γραμμικές ολοκληρωτικές συνθήκες

Στην συνέχεια, με το κόστος πρόσθεσης κάποιων δυαδικών μεταβλητών οι ολοκληρωτικές συνθήκες γίνονται γραμμικές. Δηλαδή:

$$\begin{aligned}
sp^w(t,s) &\leq M^{sp} \cdot v^w(t,s) \\
sp^{DA}(t,s) &\leq M^{sp} \cdot v^{DA}(t,s) \\
sp^c(t,s) &\leq M^{sp} \cdot v^c(t,s) \quad \forall c = 1, \dots, N_c \\
\mu^w(t,s) &\leq M^\mu (1 - v^w(t,s)) \\
\mu^{DA}(t,s) &\leq M^\mu (1 - v^{DA}(t,s)) \\
\mu^c(t,s) &\leq M^\mu (1 - v^c(t,s)) \quad \forall c = 1, \dots, N_c
\end{aligned}$$

Όπου M, v σταθερές και δυαδικές μεταβλητές αντίστοιχα.

A.3 Εφαρμογή θεωρήματος ισχυρής δυαδικότητας

Τέλος, για την εξαγωγή του γραμμικού μέρους της εξίσωσης, χρησιμοποιείται το θεώρημα ισχυρής δυαδικότητας, στο οποίο ισχύει ότι:

$$Maximize \sum_{s \in \Omega_s} \pi(s) \cdot \gamma(t,s)$$

Επίσης θα πρέπει να ισχύει ότι:

$$\begin{aligned}
\sum_{s \in \Omega_s} \pi(s) \cdot \gamma(t,s) &= - \sum_{s \in \Omega_s} \pi(s) \cdot C^{DR,T}(t) \\
&\quad \cdot \left[sp^w(t,s) \cdot \lambda^{DR}(t) + sp^{DA}(t,s) \cdot \lambda^{DA}(t,s) + \sum_{c=1}^{N_{TC}} sp^c(t,s) \cdot \lambda^c(t,s) \right]
\end{aligned}$$

Επομένως :

$$\begin{aligned}
P^{DR}(t) \cdot \lambda^{DR}(t) &= \sum_{s \in \Omega_s} \pi(s) \cdot C^{DR,T}(t) \cdot sp^w(t,s) \cdot \lambda^{DR}(t) \\
&= - \sum_{s \in \Omega_s} \pi(s) \cdot \gamma(t,s) - \sum_{s \in \Omega_s} \pi(s) \cdot C^{DR,T}(t) \cdot \left(sp^{DA}(t,s) \cdot \lambda^{DA}(t,s) - \sum_{c=1}^{N_{TC}} sp^c(t,s) \cdot \lambda^c(t,s) \right)
\end{aligned}$$

Το οποίο είναι γραμμικό και είναι ένα ισοδύναμο πρόβλημα.