



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 73, Ζωγράφου – 210-7723655 - epminfo@power.ece.ntua.gr

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ ΕΝΤΟΛΩΝ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΠΟΜΕΝΗΣ ΗΜΕΡΑΣ»

Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή

Κωνσταντίνου Μουστάκα

Επιβλέπων

Δρ. Παπαβασιλείου Αντώνιος

Επίκουρος Καθηγητής

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας δεν υποδηλοί την αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.
Κατά τη συγγραφή τηρήθηκαν οι αρχές της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: «Ανάλυση επίδρασης διαφορετικών τύπων εντολών στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας επόμενης ημέρας»

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: Κωνσταντίνος Μουστάκας

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Αντώνης Παπαβασιλείου, Επίκουρος Καθηγητής, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΈΤΟΣ: 2022-2023

Η ελληνική χονδρεμπορική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας έχει σαν βασικό πυλώνα της την Αγορά Επόμενης Ημέρας (ΑΕΗ), την οποία λειτουργεί το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας (ΕΧΕ), και επιλύεται συζευγμένη με τις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες στα πλαίσια του Single Day-Ahead Coupling (SDAC). Στην ΑΕΗ υποστηρίζονται διαφορετικοί τύποι εντολών ώστε να δίνεται πληθώρα επιλογών στους συμμετέχοντες. Ωστόσο, μετά από εισήγηση του ΕΧΕ και σχετική απόφαση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ), ορίστηκαν περιορισμοί ως προς την χρήση των διαφόρων τύπων εντολών από όλες τις κατηγορίες των συμμετεχόντων που υποβάλλουν προσφορές για την ΑΕΗ στην ελληνική Ζώνη Προσφορών. Στα πλαίσια της Διπλωματικής Εργασίας εξετάστηκαν οι επιπτώσεις της άρσης των παραπάνω περιορισμών και η επέκταση χρήσης όλων των τύπων εντολών από περισσότερες κατηγορίες συμμετεχόντων. Αρχικά, παρουσιάστηκαν τα γενικά χαρακτηριστικά και οι ιδιαιτερότητες της ελληνικής Ζώνης Προσφορών της ΑΕΗ και περιεγράφηκαν οι διαφορετικοί τύποι εντολών που υποστηρίζονται από τον αλγόριθμο επίλυσης. Κατόπιν, δημιουργήθηκε μια μεθοδολογία για την μετατροπή των αρχικά υποβαλλόμενων Ωριαίων Υβριδικών Εντολών σε Εντολές Πακέτου που στην συνέχεια εφαρμόστηκε στις εντολές διαφόρων κατηγοριών συμμετεχόντων. Χρησιμοποιώντας σαν βάση την συγκεκριμένη μεθοδολογία, εξετάστηκαν διαφορετικά σενάρια ως προς τις προδιαγραφές των νέων Εντολών Πακέτου και τις κατηγορίες των συμμετεχόντων που θα μπορούσαν δυνητικά να τις χρησιμοποιήσουν. Όλα τα παραπάνω σενάρια πραγματοποιήθηκαν προσομοιώνοντας την ΑΕΗ σε συνθήκες Σύζευξης και Απομόνωσης για μια ενδεικτική περίοδο τριών εβδομάδων του έτους 2022. Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων μελετήθηκαν δείκτες που αφορούν στατιστικά στοιχεία της Τιμής Εκκαθάρισης, των Παραδόξως Απορριπτέων Εντολών Πακέτου και του Χαμένου Κόστους Ευκαιρίας, ενώ εξετάστηκε και η επίδρασή τους στις συσχετίσεις μεταξύ Τιμής Εκκαθάρισης και διαφόρων μεγεθών της ΑΕΗ. Τέλος, αναλύθηκαν τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την μελέτη ως προς την δυνατότητα παραχώρησης της χρήσης των Εντολών Πακέτου, σε συμμετέχοντες που δεν είχαν πρόσβαση σε αυτές, και οριοθετήθηκαν οι προδιαγραφές που θα πρέπει να πληρούν, ώστε να η επίδραση τους να είναι η ελάχιστη δυνατή στα μεγέθη της ΑΕΗ.

Λέξεις κλειδιά

Αγορά Επόμενης Ημέρας, Σύζευξη Αγορών, Ωριαίες Υβριδικές Εντολές, Εντολές Πακέτου, Οριακή Τιμή Εκκαθάρισης Αγοράς, Παραδόξως Απορριπτέες Εντολές Πακέτου, Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας

ABSTRACT

POST-GRADUATE THESIS: **«Analysis of impact of different order types in the Day Ahead Market»**

STUDENT: **Konstantinos Moustakas**

SUPERVISOR: **Anthony Papavasiliou, Assistant Professor, School of Electrical and Computer Engineering**

ACADEMIC YEAR: **2022-2023**

The Greek wholesale electricity market has its main pillar as the Day-Ahead Market (DAM), operated by the Hellenic Energy Exchange (HEEx), and is coupled with other European countries under the framework of the Single Day-Ahead Coupling (SDAC). In DAM, various types of orders are supported to provide participants with a plethora of options. However, following a proposal from HEEx and a relevant decision by the Regulatory Authority for Energy (RAE), restrictions were imposed on the use of various types of orders by all categories of participants submitting bids for DAM in the Greek Bidding Zone. As part of this Thesis, the implications of lifting these restrictions and expanding the use of all types of orders by more categories of participants were examined. Initially, the general characteristics and specifics of the Greek Bidding Zone of DAM were presented, and the different types of orders supported by the resolution algorithm were described. Subsequently, a methodology was developed to convert initially submitted Hourly Hybrid Orders into Block Orders, which was then applied to orders from different categories of participants. Using this methodology as a basis, different scenarios were examined regarding the specifications of the new Block Orders and the categories of participants who could potentially use them. All the above scenarios were simulated, under Coupling and Isolated conditions for an indicative three-week period in 2022. To evaluate the results, indicators related to Marginal Clearing Price (MCP) statistics, Paradoxically Rejected Block Orders, and Lost Opportunity Cost were studied, and their impact on the relationships between MCP and various DAM metrics was examined. Finally, the conclusions drawn from the study regarding the possibility of granting the use of Block Orders to participants who did not have access to them, and the specifications that should be met to minimize their impact on DAM metrics, were analyzed.

Key words

Day-Ahead Market, Markets Coupling, Hourly Hybrid Orders, Block Orders, Marginal Clearing Price, Paradoxically Rejected Block Orders, Lost Opportunity Cost

Στα πλαίσια της πραγματοποίησης της ακόλουθης μελέτης δηλώνονται ρητά τα κάτωθι:

- a) Οι δοκιμές για τα σενάρια προσομοιώσεων, έλαβαν χώρα στις εγκαταστάσεις του Ελληνικού Χρηματιστηρίου Ενέργειας Α.Ε. και αποκλειστικά από στελέχη του τελευταίου.
- b) Τα συμπεράσματα της Πτυχιακής επί των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων δεν εκφράζουν θέσεις ή προβλέψεις του Ομίλου Χρηματιστηρίου Ενέργειας. Τα συμπεράσματα της Πτυχιακής έχουν βασιστεί σε παραδοχές του Συντάκτη της, τις οποίες το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας Α.Ε. εξέλαβε ως δεδομένες για την εκτέλεση των σεναρίων προσομοίωσης ως ανωτέρω.
- c) Η επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων στο βαθμό που απαιτήθηκε για την υλοποίηση των σεναρίων προσομοίωσης έλαβε χώρα αποκλειστικά από το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας Α.Ε., έχουν δε ληφθεί όλες οι απαιτούμενες άδειες και τηρηθεί όλες οι προβλεπόμενες από το εφαρμοζόμενο πλαίσιο υποχρεώσεις και διαδικασίες για το σκοπό αυτό.

Το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας Α.Ε. στα πλαίσια της συνεισφοράς του στην εκπόνηση της Πτυχιακής διατηρεί το δικαίωμα να κάνει χρήση των συμπερασμάτων της Πτυχιακής για δικούς του σκοπούς ανάλυσης ή/και την ανάπτυξη και βελτίωση των συστημάτων του στα πλαίσια της εξυπηρέτησης της λειτουργίας των αγορών του στο πλαίσιο του Κανονισμού του.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά Εντολών Πακέτου – ΡΑΕ 661/2021 ^[5]	36
Πίνακας 2. Παράδειγμα ζευγών Τιμής - Ποσότητας ανά MTU	40
Πίνακας 3. Δεδομένα εισόδου στον αλγόριθμο k-μέσων	42
Πίνακας 4. Δεδομένα εισόδου στον αλγόριθμο k-μέσων χρησιμοποιώντας βαρύτητα στις μεταβλητές	43
Πίνακας 5. Δημιουργία Συνδεδεμένων Εντολών Πακέτου αντίθετης "πλευράς"	51
Πίνακας 6. Κατηγοριοποίηση Μονάδων και Χαρτοφυλακίων.....	59
Πίνακας 7. Σενάρια – Τροποποιήσεις.....	60
Πίνακας 8. Συσχετίσεις Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) με μεγέθη της αγοράς για το Σενάριο 1	70
Πίνακας 9. Συσχετίσεις Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) με τα ισχυρά συσχετιζόμενα μεγέθη της αγοράς (Προσομοίωση 3)	72
Πίνακας 10. Συσχέτιση MCP (€/MWh) - Net Load (MWh) για τις Προσομοιώσεις 4 και 6	80

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Ωριαίες Υβριδικές Εντολές	28
Σχήμα 2. Γραμμικές Ωριαίες Υβριδικές Εντολές ^[4]	28
Σχήμα 3. Βηματικές Ωριαίες Υβριδικές Εντολές ^[4]	29
Σχήμα 4. Εντολές Πακέτου ^[4]	30
Σχήμα 5. Συνδεδεμένες Εντολές Πακέτου.....	31
Σχήμα 6. Μέθοδος k-μέσων με την χρήση "elbow point"	38
Σχήμα 7. Διαχωρισμός Υβριδικής Εντολής σε υπο-τιμήματα.....	41
Σχήμα 8. Παράδειγμα δημιουργίας Εντολών Πακέτου για δύο διαφορετικές Μονάδες σύμφωνα με την Μέθοδο 1.	44
Σχήμα 9. Παράδειγμα δημιουργίας Εντολών Πακέτου για δύο Μονάδες σύμφωνα με την Μέθοδο 2.....	44
Σχήμα 10. Παράδειγμα 1 ^{ης} λύσης για την Μέθοδο 2.....	45
Σχήμα 11. Παράδειγμα 2 ^{ης} λύσης για την Μέθοδο 2.....	46
Σχήμα 12. Παράδειγμα δημιουργίας Εντολών Πακέτου για μια Μονάδα	48
Σχήμα 13. Παράδειγμα Συνδεδεμένων Εντολών Πακέτων - Εντολές Πακέτου πώλησης.....	50
Σχήμα 14. Παράδειγμα Συνδεδεμένων Εντολών Πακέτων - Εντολή Πακέτου αγοράς.....	50
Σχήμα 15. Εβδομαδιαίος αριθμός Εντολών Πακέτου ανά Σενάριο (Προσομοίωση 3).....	63
Σχήμα 16. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 3).....	65
Σχήμα 17. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 3)	65
Σχήμα 18. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 3).....	66
Σχήμα 19. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 3)	66
Σχήμα 20. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιουλίου (Προσομοίωση 3).....	67

Σχήμα 21. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιουλίου (Προσομοίωση 3)	67
Σχήμα 22. Εβδομαδιαία Box plots Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για όλα τα Σενάρια (Προσομοίωση 3).....	69
Σχήμα 23. Εβδομαδιαίος αριθμός Παραδόξως Απορριπτέων Εντολών Πακέτου για κάθε Σενάριο (Προσομοίωση 3).....	73
Σχήμα 24. Εβδομαδιαίο Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας για κάθε Σενάριο (€) (Προσομοίωση 3)....	73
Σχήμα 25. Μέσο ωριαίο Καθαρό Φορτίο (MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 3).....	74
Σχήμα 26. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 5).....	75
Σχήμα 27. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 5)	75
Σχήμα 28. Box plot Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου και για όλα τα Σενάρια (Προσομοίωση 5).....	76
Σχήμα 29. Box plot Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου και για όλα τα Σενάρια (Προσομοίωση 4).....	77
Σχήμα 30. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 4)	77
Σχήμα 31. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 4).....	78
Σχήμα 32. Εβδομαδιαίο Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας για κάθε Σενάριο (€) (Προσομοίωση 4)	78
Σχήμα 33. Σύγκριση αριθμού PRBs και LOC μεταξύ Προσομοίωσης 3 (άνω διαγράμματα) και 2 (κάτω διαγράμματα)	79
Σχήμα 34. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 1).....	83
Σχήμα 35. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 1)	83
Σχήμα 36. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 1).....	84

Σχήμα 37. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 1)	84
Σχήμα 38. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιουλίου (Προσομοίωση 1).....	85
Σχήμα 39. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιουλίου (Προσομοίωση 1)	85
Σχήμα 40. Εβδομαδιαία Box plots Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για όλα τα Σενάρια (Προσομοίωση 1).....	86
Σχήμα 41. Εβδομαδιαίος αριθμός Εντολών Πακέτου ανά Σενάριο (Προσομοίωση 1).....	87
Σχήμα 42. Εβδομαδιαίος αριθμός Παραδόξως Απορριπτέων Εντολών Πακέτου για κάθε Σενάριο (Προσομοίωση 1).....	87
Σχήμα 43. Εβδομαδιαίο Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας για κάθε Σενάριο (€) (Προσομοίωση 1)....	88
Σχήμα 44. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 2).....	89
Σχήμα 45. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 2)	89
Σχήμα 46. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 2).....	90
Σχήμα 47. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 2)	90
Σχήμα 48. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιουλίου (Προσομοίωση 2).....	91
Σχήμα 49. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιουλίου (Προσομοίωση 2)	91
Σχήμα 50. Εβδομαδιαία Box plots Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για όλα τα Σενάρια (Προσομοίωση 2).....	92
Σχήμα 51. Εβδομαδιαίος αριθμός Εντολών Πακέτου ανά Σενάριο (Προσομοίωση 2).....	93
Σχήμα 52. Εβδομαδιαίος αριθμός Παραδόξως Απορριπτέων Εντολών Πακέτου για κάθε Σενάριο (Προσομοίωση 2).....	93
Σχήμα 53. Εβδομαδιαίο Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας για κάθε Σενάριο (€) (Προσομοίωση 2)....	94

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. SDAC Members ^[3]	25
Εικόνα 2. Δημιουργία Συνδεδεμένων Εντολών Πακέτου μεταξύ εντολών ίδιας "πλευράς".	49

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	III
ABSTRACT.....	V
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	VII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	IX
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	XIII
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	XV
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	17
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	19
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	19
1.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	20
1.3 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	21
2. ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΓΟΡΑΣ ΕΠΟΜΕΝΗΣ ΗΜΕΡΑΣ	23
2.1 ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΑΓΟΡΩΝ	23
2.1.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΤΟΧΟΣ (TARGET MODEL).....	23
2.1.2 ΣΥΖΕΥΞΗ ΑΓΟΡΩΝ (MARKET COUPLING).....	24
2.1.3 ΣΥΖΕΥΞΗ ΤΙΜΩΝ ΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ (PCR).....	24
2.1.4 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΕΥΡΗΜΙΑ.....	26
2.2 ΑΓΟΡΑ ΕΠΟΜΕΝΗΣ ΗΜΕΡΑΣ – ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΖΩΝΗ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ	26
2.2.1 ΤΥΠΟΙ ΕΝΤΟΛΩΝ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ ΕΠΟΜΕΝΗΣ ΗΜΕΡΑΣ	27
2.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΕΝΤΟΛΩΝ ΠΑΚΕΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΖΩΝΗ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ.....	32
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ.....	37
3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ Κ-ΜΕΣΩΝ.....	37
3.2 ΒΑΣΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	39
3.3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΝΤΟΛΩΝ ΠΑΚΕΤΟΥ	40
3.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΕΝΤΟΛΩΝ ΠΑΚΕΤΟΥ	47
3.4.1 ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΤΟΛΩΝ ΙΔΙΑΣ “ΠΛΕΥΡΑΣ”.....	47

3.4.2	ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΤΟΛΩΝ ΑΝΤΙΘΕΤΗΣ “ΠΛΕΥΡΑΣ”.....	49
3.5	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΕΝΤΟΛΩΝ ΠΑΚΕΤΟΥ	51
4.	ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	53
4.1	ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΙΜΗΣ ΕΚΚΑΘΑΡΙΣΗΣ.....	53
4.2	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΓΕΘΩΝ ΑΓΟΡΑΣ.....	53
4.3	ΠΑΡΑΔΟΞΩΣ ΑΠΟΡΡΙΠΤΕΕΣ ΕΝΤΟΛΕΣ ΠΑΚΕΤΟΥ (PRB).....	56
5.	ΣΕΝΑΡΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	57
5.1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΩΝ	57
5.2	ΣΕΝΑΡΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	58
5.3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	63
5.3.1	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΤΟΛΩΝ ΠΑΚΕΤΟΥ	63
5.3.2	ΤΙΜΗ ΕΚΚΑΘΑΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ.....	64
5.3.3	ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΤΙΜΗΣ ΕΚΚΑΘΑΡΙΣΗΣ.....	70
5.3.4	ΠΑΡΑΔΟΞΩΣ ΑΠΟΡΡΙΠΤΕΕΣ ΕΝΤΟΛΕΣ ΠΑΚΕΤΟΥ – ΧΑΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΥΚΑΙΡΙΑΣ	72
5.4	ΣΧΟΛΙΑ – ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ.....	74
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΟΥΛΕΙΑ	81
6.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	81
6.2	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΟΥΛΕΙΑ.....	82
7.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	83
8.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	95

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας. Στα πλαίσια αυτής της συνεργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Εμμανουήλ Μπακιρτζή και τον υποψήφιο διδάκτορα Γιώργο Παπάζογλου για την καθοδήγηση και την υποστήριξη τους καθ' όλη την διάρκεια της εργασίας τόσο ως προς το θεωρητικό υπόβαθρο, όσο και ως προς το τεχνικό της κομμάτι.

Στην συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω από την πλευρά του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου τον Καθηγητή Αντώνιο Παπαβασιλείου και τον Δρ. Ευθύμιο Καράγγελο για την συνολική καθοδήγηση τους και τις πάντα εποικοδομητικές συναντήσεις μας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράσταση και κατανόηση τους κατά την διάρκεια αυτών των απαιτητικών μηνών.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η ελληνική χονδρεμπορική αγορά ενέργειας αποτελεί το θεμέλιο του ενεργειακού τοπίου της χώρας, διαμορφώνοντας την παραγωγή, διανομή και εμπορία ενέργειας. Η αγορά στο πλαίσιο της λειτουργίας του Μοντέλου Στόχου δομείται από τέσσερις αλληλένδετες μεταξύ τους υπο-αγορές: την Αγορά Επόμενης Ημέρας (ΑΕΗ), την Ενδοημερήσια Αγορά (αποτελούμενη από τις Συμπληρωματικές Περιφερειακές Ενδοημερήσιες Δημοπρασίες και την Συνεχή Ενδοημερήσια Συναλλαγή), την Προθεσμιακή Αγορά και την Αγορά Εξισορρόπησης. Η Αγορά Επόμενης Ημέρας, οι Ενδοημερήσιες Αγορές και η Προθεσμιακή Αγορά λειτουργούν από το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας (ΕΧΕ), ενώ ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) είναι υπεύθυνος για την λειτουργία της Αγοράς Εξισορρόπησης. Από τις παραπάνω Αγορές, η παρούσα εργασία εστίασε στην Αγορά της Επόμενης Ημέρας και στις εντολές που υποβάλλονται σε αυτήν.

Σύμφωνα με τον εγκεκριμένο Κανονισμό Λειτουργίας Αγοράς Επόμενης Ημέρας και Ενδοημερήσιας Αγοράς του ΕΧΕ^[1], οι Τύποι Εντολών που είναι διαθέσιμοι στην ΑΕΗ είναι οι εξής:

1. Ωριαίες Υβριδικές Εντολές (Hourly Hybrid Orders)
2. Εντολές Πακέτου (Block Orders)
3. Συνδεδεμένες Εντολές Πακέτου (Linked Block Orders)
4. Αποκλειστική Ομάδα Εντολών Πακέτου (Exclusive Group of Block Orders)

Ωστόσο, το ΕΧΕ πραγματοποιώντας μελέτη που αφορούσε την διερεύνηση της επίδρασης των διαφόρων τύπων εντολών στην διαμόρφωση Τιμής Εκκαθάρισης και στην δημιουργία εφικτού Προγράμματος Αγοράς, κατέληξε στο συμπέρασμα πως οι Εντολές Πακέτου θα πρέπει να μπορούν να υποβληθούν μόνο από τους Παραγωγούς και μόνο για τις Θερμικές Μονάδες Παραγωγής με τις οποίες συμμετέχουν. Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) λαμβάνοντας υπόψη αυτή την μελέτη – εισήγηση του ΕΧΕ αποφάσισε^[2] την υιοθέτηση περιορισμού ως προς τη χρήση Εντολών Πακέτου για την Αγορά Επόμενης Ημέρας. Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι για την κατασκευή Ωριαίων Υβριδικών Εντολών και Εντολών Πακέτου για τις προσομοιώσεις της ΑΕΗ, δεδομένης της απουσίας σχετικών ιστορικών δεδομένων (η μελέτη πραγματοποιήθηκε το 2018 –

πριν την έναρξη του Μοντέλου Στόχου), χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία εντολών της υπάρχουσας Προημερήσιας Αγοράς (ΗΕΠ).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της αλλαγής του μείγματος των τύπων εντολών που υποβάλλονται στην Αγορά Επόμενης Ημέρας. Θα εξεταστεί, δηλαδή, η δυνατότητα χρήσης όλων των Τύπων Εντολών και σε οποιαδήποτε ποσότητα από όλους τους Συμμετέχοντες στην ΑΕΗ, δίνοντας τους με αυτόν τον τρόπο νέες δυνατότητες στην διαμόρφωση της στρατηγικής τους και στην δημιουργία των επιθυμητών Προγραμμάτων Αγοράς. Στα πλαίσια της εργασίας, η μεταβολή του μείγματος υλοποιείται με την αύξηση της χρήσης Εντολών Πακέτου με παράλληλη μείωση των Ωριαίων Υβριδικών Εντολών, υπό διάφορα σενάρια. Σε αντίθεση με την προηγούμενη μελέτη/εισήγηση προς την ΡΑΕ, στην παρούσα εργασία τα πρωτογενή δεδομένα αποτελούνται από προσφορές που έχουν υποβληθεί κατά το διάστημα λειτουργίας του Μοντέλου Στόχου. Η εισαγωγή της νέας δυνατότητας θα εξεταστεί βάσει του αντίκτυπου που θα έχει σε διάφορα μεγέθη της αγοράς, που θα αναλυθούν στα απόμεινα κεφάλαια.

1.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Για την πραγματοποίηση της μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από προσφορές που έχουν υποβληθεί στην Αγορά Επόμενης Ημέρας για την Ζώνη Προσφορών της Ελλάδας (Βιβλίο Εντολών) και για ένα εύρος ημερομηνιών του έτους 2022. Οι προσφορές συγκεντρώθηκαν ανά ημέρα και κατατάχθηκαν σε κατηγορίες ανάλογα με το είδος της μονάδας ή του χαρτοφυλακίου εκ μέρους του οποίου υποβλήθηκαν. Στην συνέχεια, από το σύνολο των παραπάνω εντολών απομονώθηκαν οι Ωριαίες Υβριδικές Εντολές που ανήκουν σε καθεμία από τις παραπάνω κατηγορίες και χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για την δημιουργία Εντολών Πακέτου που θα μπορούσαν δυνητικά να τις αντικαταστήσουν. Οι Εντολές Πακέτου, που προέρχονται από τις Ωριαίες Υβριδικές Εντολές, δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας μια παραλλαγή της στατιστικής μεθόδου των k-μέσων, κατά την οποία συγκεντρώθηκαν τμήματα προσφορών παραπλήσιων χαρακτηριστικών σχηματίζοντας μία Εντολή Πακέτου με συγκεκριμένη τιμή και μεταβαλλόμενη ποσότητα ανά τις Αγοραίες Χρονικές Μονάδες (MTUs). Έπειτα, αντικαθιστώντας τι αρχικές Ωριαίες Υβριδικές Εντολές, που είχαν απομονωθεί, με τις νέες Εντολές Πακέτου, υποβλήθηκε το νέο Βιβλίο Εντολών σε ένα αλγόριθμο επίλυσης της Αγοράς, από όπου εξήχθησαν τα αποτελέσματα. Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων προσδιορίστηκαν κάποιοι δείκτες που αφορούν: στατιστικά της Τιμή Εκκαθάρισης, συσχετίσεις της Τιμής Εκκαθάρισης με διάφορα μεγέθη της αγοράς, στατιστικά σχετικά με τις Παραδόξως Απορριπτές Εντολές Πακέτου και το Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας.

1.3 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία δομείται από τα ακόλουθα κεφάλαια:

- Κεφάλαιο 1: Στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζεται ο σκοπός της εργασίας, η δομή της και η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε.
- Κεφάλαιο 2: Στο 2^ο Κεφάλαιο ορίζεται το Κανονιστικό πλαίσιο της ΑΕΗ και παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες που αφορούν την Σύζευξη των Αγορών (Market's Coupling).
- Κεφάλαιο 3: Το 3^ο Κεφάλαιο περιλαμβάνει την μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την μετατροπή των εντολών που έχουν υποβληθεί στην ΑΕΗ.
- Κεφάλαιο 4: Σε αυτό το κεφάλαιο ορίζονται οι Δείκτες που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των υπό μελέτη Σεναρίων.
- Κεφάλαιο 5: Το 5^ο Κεφάλαιο περιλαμβάνει τα Σενάρια μετατροπής εντολών (σύμφωνα με την μεθοδολογία του 3^{ου} Κεφαλαίου) και τις προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν. Επιπλέον, γίνεται η αξιολόγηση και ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων σύμφωνα με τους Δείκτες του Κεφαλαίου 4.
- Κεφάλαιο 6: Το τελευταίο κεφάλαιο αποτελείται από τα συνολικά συμπεράσματα που πρόκυψαν από την μελέτη και πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις της.
- Παράρτημα: Για λόγους πληρότητας, στο Παράρτημα περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα προσομοιώσεων που δεν παρουσιάστηκαν στο κυρίως σώμα της εργασίας.

2. ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΓΟΡΑΣ ΕΠΟΜΕΝΗΣ ΗΜΕΡΑΣ

Οι Ευρωπαϊκές Αγορές Ενέργειας στηρίζονται στις ρυθμιστικές και σχεδιαστικές αρχές που ορίζει το Μοντέλο Στόχος (Target Model). Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν αρχές του Μοντέλου Στόχου που διέπουν την λειτουργία των Ευρωπαϊκών Αγορών Ενέργειας, αλλά και το πως έχει επιτευχθεί η Σύζευξη αυτών. Επιπλέον, θα περιγραφεί ο τρόπος λειτουργίας της Ελληνικής Αγοράς Ενέργειας στο πλαίσιο του Target Model.

2.1 ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΑΓΟΡΩΝ

2.1.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΤΟΧΟΣ (TARGET MODEL)

Ο σχεδιασμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την επίτευξη της ενιαίας ευρωπαϊκής αγοράς ενέργειας προβλέπει ότι η κοινή αγορά θα πρέπει να διαρθρώνεται, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, σε τέσσερις (4) επιμέρους διαφορετικές αγορές: α) την Αγορά Επόμενης Ημέρας (Day-Ahead Market), β) την Ενδοημερήσια Αγορά (Intra-Day Market), γ) την Προθεσμιακή Αγορά (Forward Market) και δ) την Αγορά Εξισορρόπησης (Balancing Market), δομή που συνιστά το Μοντέλο Στόχο^[3].

Όταν οι αγορές των Χρηματιστηρίων Ενέργειας των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης που συμμετέχουν στο Μοντέλο Στόχο είναι σε ενιαία σύζευξη, στο μεν επίπεδο Αγοράς Επόμενης Ημέρας διενεργούνται δημοπρασίες (auctions), στο δε επίπεδο Ενδοημερήσιας Αγοράς πραγματοποιείται συνεχής συναλλαγή (continuous trading). Κατά την διάρκεια αυτών των διαδικασιών οι εντολές των Συμμετεχόντων που συλλέγονται αντιστοιχίζονται, ενώ ταυτόχρονα κατανέμεται η διαζωνική δυναμικότητα για διαφορετικές ζώνες προσφοράς πανευρωπαϊκά.

Στα πλαίσια της διαχείρισης του επιχειρηματικού κινδύνου με σκοπό τη μείωση της έκθεσης των εμπλεκόμενων στην αγορά στις διακυμάνσεις των τιμών, λειτουργεί και η οργανωμένη αγορά προθεσμιακών ανταλλαγών ενεργειακών προϊόντων (Ενεργειακή Χρηματοπιστωτική Αγορά / Αγορά Παραγώγων).

Στην Αγορά Ενέργειας της Ελλάδας, η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας και η Επιτροπή Κεφαλαιαγοράς (ΕΚ) συνεργάζονται για την αποτελεσματική εκτέλεση των αρμοδιοτήτων τους, καθώς και για την εφαρμογή του νομικού πλαισίου που σχετίζεται με τη λειτουργία, την

ακεραιότητα και τη διαφάνεια της αγοράς ενέργειας στα πλαίσια του εποπτικού τους ρόλου και σύμφωνα με το δίκαιο της ΕΕ.

2.1.2 ΣΥΖΕΥΞΗ ΑΓΟΡΩΝ (MARKET COUPLING)

Πριν από την εισαγωγή της Διασύνδεσης των Αγορών (Market Coupling), η διασυνοριακή δυναμικότητα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας αφενός και η ηλεκτρική ενέργεια αφετέρου, έπρεπε να αγοραστούν ξεχωριστά. Αυτό σημαίνει ότι ένα διαπραγματευόμενο μέλος έπρεπε να διατηρήσει τη διασυνοριακή δυναμικότητα σε ένα πρώτο βήμα, προτού χρησιμοποιήσει αυτή τη δυναμικότητα για να μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια που αγοράστηκε σε ένα δεύτερο βήμα. Το Market Coupling χρησιμοποιεί τις λεγόμενες έμμεσες δημοπρασίες στις οποίες οι συμμετέχοντες στην αγορά δεν λαμβάνουν μεμονωμένα κατανομές διασυνοριακής δυναμικότητας, απλώς υποβάλλουν προσφορά για την ηλεκτρική ενέργεια στο Χρηματιστήριο. Στη συνέχεια, οι ανταλλαγές ισχύος λαμβάνουν υπόψη τη διαθέσιμη διασυνοριακή δυναμικότητα κατά τη διαδικασία υπολογισμού των τιμών, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η διαφορά τιμής σε διαφορετικές περιοχές της αγοράς.

Με αυτόν τον τρόπο, η Σύζευξη των Αγορών μεγιστοποιεί την κοινωνική ευημερία, αποφεύγει τον τεχνητό διαχωρισμό των αγορών και στέλνει το πιο σχετικό σήμα τιμών για επενδύσεις σε διασυνοριακές δυνατότητες μεταφοράς. Η αποτελεσματικότητα της συζευγμένης αγοράς αποδεικνύεται επιπλέον από την αυξανόμενη σύγκλιση των τιμών μεταξύ των περιοχών της αγοράς.

2.1.3 ΣΥΖΕΥΞΗ ΤΙΜΩΝ ΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ (PCR)

Η Σύζευξη Τιμών των Περιφερειών (PCR)^[3] είναι το έργο των Ευρωπαϊκών Χρηματιστηρίων Ενέργειας (NEMOs) για την ανάπτυξη μιας ενιαίας λύσης σύζευξης τιμών που θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη την Ευρώπη με σεβασμό των περιορισμών στη χωρητικότητα δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε καθημερινή βάση. Αυτό είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη του συνολικού στόχου της ΕΕ για μια εναρμονισμένη ευρωπαϊκή αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενοποιημένη ευρωπαϊκή αγορά ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να αυξήσει τη ρευστότητα, την αποδοτικότητα και την κοινωνική ευημερία.

Το PCR βασίζεται σε τρεις βασικές αρχές: έναν αλγόριθμο, στιβαρή λειτουργία και δυνατότητα αποσυζευγμένων ανταλλαγών ενέργειας. Ο κοινός αλγόριθμος δίνει ένα δίκαιο και διαφανή προσδιορισμό των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας της επόμενης ημέρας και μια καθαρή θέση μιας

περιοχής προσφορών σε ολόκληρη την Ευρώπη. Ο αλγόριθμος αναπτύχθηκε με σεβασμό στα ειδικά χαρακτηριστικά των διαφόρων αγορών ενέργειας σε όλη την Ευρώπη και των περιορισμών του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Σημαντικό είναι, επίσης, να αναφερθεί ότι συμβάλλει στην βελτιστοποίηση της συνολικής ευημερίας και αυξάνει τη διαφάνεια. Η διαδικασία PCR βασίζεται στην αποκεντρωμένη κοινή χρήση δεδομένων, παρέχοντας μια ισχυρή και ανθεκτική λειτουργία. Η υπηρεσία *PCR Matcher and Broker* επιτρέπει την ανώνυμη ανταλλαγή εντολών και των περιορισμών δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας για τον υπολογισμό των τιμών ζώνης προσφοράς και άλλων τιμών αναφοράς και καθαρών θέσεων όλων των περιοχών υποβολής προσφορών.

Το έργο λειτουργείται επί του παρόντος από δεκαπέντε Χρηματιστήρια Ενέργειας: EPEX SPOT, GME, HENEX, NORD POOL, OMIE, OPCOM, OTE, CROPEX, EXAA, HUPX, IBEX, OKTE, SEMOPX, SOUTH POOL και TGE. Το PCR χρησιμοποιείται για τη σύζευξη των ακόλουθων χωρών: Αυστρία, Βέλγιο, Τσεχική Δημοκρατία, Κροατία, Δανία, Εσθονία, Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ουγγαρία, Ιταλία, Ιρλανδία, Λετονία, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Κάτω Χώρες, Νορβηγία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Ισπανία και Σουηδία.



Εικόνα 1. SDAC Members^[3]

2.1.4 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ EURHEMIA

Το EURHEMIA είναι ο αλγόριθμος που έχει αναπτυχθεί για να λύσει το πρόβλημα που σχετίζεται με τη σύζευξη των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας επόμενης ημέρας στην περιοχή του PCR. Αρχικά, οι συμμετέχοντες στην Αγορά ξεκινούν υποβάλλοντας τις εντολές τους στο αντίστοιχο Χρηματιστήριο Ενέργειας. Όλες αυτές οι εντολές συλλέγονται και υποβάλλονται στο EURHEMIA, που πρέπει να αποφασίσει ποιες εντολές θα εκτελεστούν και ποιες εντολές θα απορριφθούν, σύμφωνα με τις τιμές που θα δημοσιευτούν, έτσι ώστε:

- Το κοινωνικό πλεόνασμα (πλεόνασμα καταναλωτή + πλεόνασμα παραγωγού + χρέωση συμφόρησης σε όλες τις περιοχές) που δημιουργείται από τις εκτελούμενες εντολές να είναι μέγιστο.
- Οι ροές ισχύος που προκαλούνται από τις εκτελούμενες εντολές, να δημιουργούν καθαρές θέσεις που να μην υπερβαίνουν τη χωρητικότητα των σχετικών στοιχείων του δικτύου.

Ο αλγόριθμος χειρίζεται τυπικούς και πιο εξελιγμένους τύπους εντολών με όλες τις προδιαγραφές τους. Στόχος είναι η ταχύτερη δυνατή εύρεση μιας καλής πρώτης λύσης από την οποία συνεχίζει να προσπαθεί να βελτιώσει και να αυξήσει τη συνολική ευημερία. Το EURHEMIA είναι ένας γενικός αλγόριθμος που σημαίνει ότι δεν υπάρχει αυστηρός περιορισμός στον αριθμό των αγορών, των εντολών ή των περιορισμών δικτύου. Αυτό συνεπάγεται ότι όλες οι εντολές του ίδιου τύπου που υποβάλλονται από τους συμμετέχοντες αντιμετωπίζονται επί ίσοις όροις.

2.2 ΑΓΟΡΑ ΕΠΟΜΕΝΗΣ ΗΜΕΡΑΣ – ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΖΩΝΗ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ

Αφού περιεγράφηκαν, αφενός η βασική ιδέα του Target Model, αφετέρου το μοντέλο με το οποίο επιτυγχάνεται η Σύζευξη των Ευρωπαϊκών Αγορών, θα πρέπει να αναλυθεί ο τρόπος που εφαρμόζονται στην πράξη και συγκεκριμένα στην Αγορά Επόμενης Ημέρας για την ελληνική Ζώνη Προσφορών.

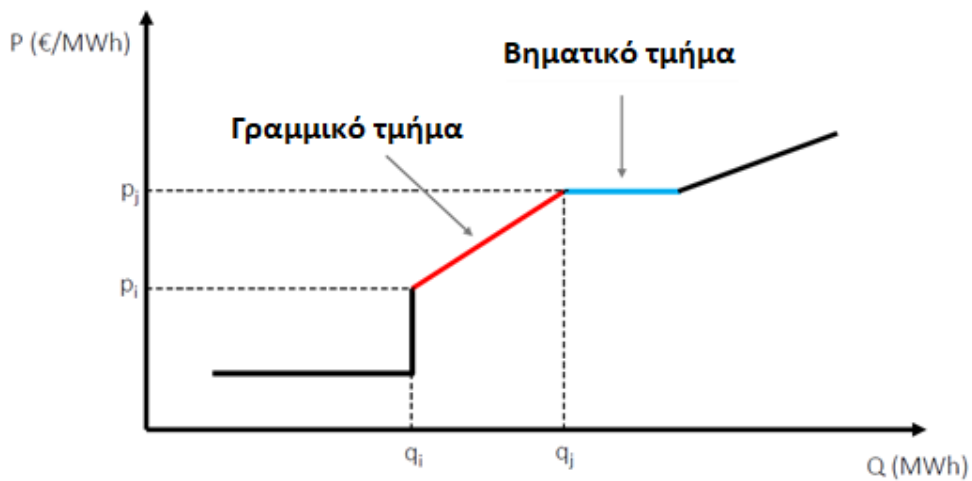
Η ΑΕΗ αφορά συναλλαγές αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με υποχρέωση φυσικής παράδοσης την ημέρα D. Οι συναλλαγές για αγορά ή πώληση ηλεκτρικής ενέργειας με φυσική υποχρέωση παράδοσης την ημέρα (D) δημοπρατούνται την ημέρα D-1, όπου δηλώνονται επίσης όλες οι συναλλαγές χρηματοοικονομικών προϊόντων ενέργειας με φυσική παράδοση, με σκοπό τη φυσική παράδοση των προϊόντων για κάθε Αγοραία Χρονική Μονάδα της Ημέρας Εκπλήρωσης Φυσικής Παράδοσης D. Στην ελληνική Ζώνη Προσφορών η συμμετοχή είναι υποχρεωτική για

τους Παραγωγούς και προαιρετική για όλους τους άλλους Συμμετέχοντες. Οι Παραγωγοί είναι υποχρεωμένοι να υποβάλλουν εντολές πώλησης για τη διαθέσιμη χωρητικότητα των μονάδων τους, που δεν έχουν ήδη εκχωρηθεί μέσω συναλλαγών ενεργειακών χρηματοοικονομικών προϊόντων ή άλλων συναλλαγών που αφορούν ενεργειακά προϊόντα χονδρικής με υποχρέωση φυσικής παράδοσης. Η ΑΕΗ λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο. Κατά το κλείσιμο της ημέρας, κάθε αγορά πρέπει να είναι ισορροπημένη υπό την έννοια ότι η προγραμματισμένη παραγωγή πρέπει να ισούται με την προβλεπόμενη ζήτηση συν/μείον τις καθαρές εξαγωγές προς ή εισαγωγές από άλλες Ζώνες Προσφορών. Τα κύρια οφέλη της ΑΕΗ είναι, μεταξύ άλλων, ότι αυξάνει την αξιοπιστία του συστήματος, μειώνει τον αντίκτυπο της αβεβαιότητας στις τιμές της αγοράς σε πραγματικό χρόνο, επειδή ένα μικρότερο ποσοστό παραγωγής εκτίθεται σε πραγματικό χρόνο στη μεταβλητότητα των τιμών, και αυξάνει τη ρευστότητα. Στο πλαίσιο της ΑΕΗ δηλώνονται επίσης οι ποσότητες ενέργειας όπως προκύπτουν από τις Διμερείς Συμβάσεις (PPAs) και την Προθεσμιακή Αγορά του ΕΧΕ για τα προϊόντα με υποχρέωση φυσικής παράδοσης.

2.2.1 ΤΥΠΟΙ ΕΝΤΟΛΩΝ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ ΕΠΟΜΕΝΗΣ ΗΜΕΡΑΣ

Οι τύποι Εντολών που απορρέουν από τα Προϊόντα της Αγοράς Επόμενης Ημέρας και δύνανται να υποβάλλονται από τους Συμμετέχοντες στην Αγορά Επόμενης Ημέρας για την ελληνική Ζώνη Προσφορών είναι οι εξής:

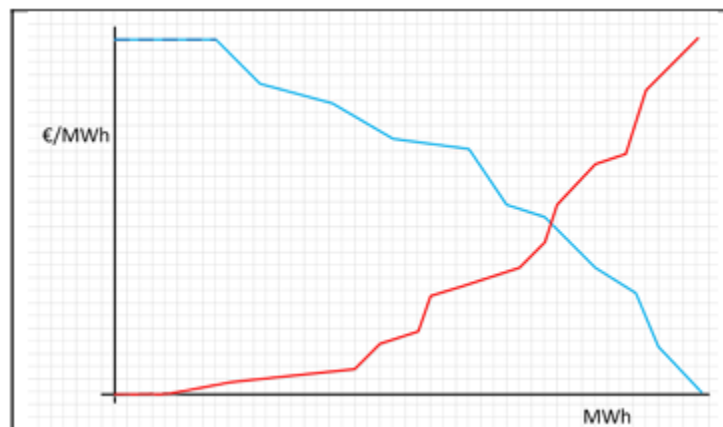
- a) Ωριαίες Υβριδικές Εντολές (Hourly Hybrid Orders): Οι Ωριαίες Υβριδικές Εντολές αποτελούνται από βηματικά τμήματα ή/και γραμμικά τμήματα με παρεμβολή, ξεχωριστά για κάθε Αγοραία Χρονική Μονάδα της Ημέρας Εκπλήρωσης Φυσικής Παράδοσης D. Η οριζόμενη καμπύλη είναι αύξουσα για Εντολές Πώλησης και φθίνουσα για Εντολές Αγοράς. Η τιμή του πρώτου σημείου του πρώτου τμήματος της καμπύλης για Εντολές Πώλησης είναι ίση με τη Κατώτατη Τιμή Εντολών της Αγοράς Επόμενης Ημέρας και η τιμή του δεύτερου σημείου του τελευταίου τμήματος της καμπύλης για Εντολές Πώλησης είναι ίση με τη Ανώτατη Τιμή Εντολών της Αγοράς Επόμενης Ημέρας. Κατ' αντιστοιχία, η τιμή του πρώτου σημείου του πρώτου τμήματος της καμπύλης για Εντολές Αγοράς είναι ίση με την Ανώτατη Τιμή Εντολών της Αγοράς Επόμενης Ημέρας και η τιμή του δεύτερου σημείου του τελευταίου τμήματος της καμπύλης για Εντολές Αγοράς είναι ίση με την Κατώτατη Τιμή Εντολών της Αγοράς Επόμενης Ημέρας.



Σχήμα 1. Ωριαίες Υβριδικές Εντολές

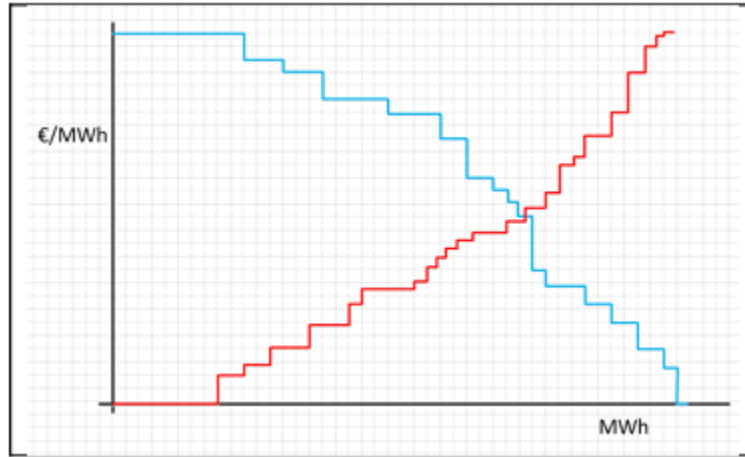
Οι Ωριαίες Υβριδικές Εντολές ζήτησης (αντίστοιχα προσφοράς) από όλους τους συμμετέχοντες που ανήκουν στην ίδια ζώνη υποβολής προσφορών θα συγκεντρωθούν σε μια ενιαία καμπύλη που αναφέρεται ως καμπύλη αθροιστικής ζήτησης (αντίστοιχα προσφοράς) και ορίζεται για κάθε περίοδο της ημέρας. Οι εντολές ζήτησης ταξινομούνται από την υψηλότερη τιμή στη χαμηλότερη. Αντίθετα, οι εντολές προσφοράς ταξινομούνται από τη χαμηλότερη στην υψηλότερη τιμή. Οι αθροιστικές καμπύλες προσφοράς και ζήτησης μπορούν να είναι των ακόλουθων τύπων:

- Γραμμικές τμηματικές καμπύλες που περιέχουν μόνο παρεμβαλλόμενες εντολές (δηλαδή δύο διαδοχικά σημεία της μονότονης καμπύλης δεν μπορούν να έχουν την ίδια τιμή, εκτός από τα δύο πρώτα σημεία που ορίζονται στις μέγιστες / ελάχιστες τιμές του ζώνη προσφορών).



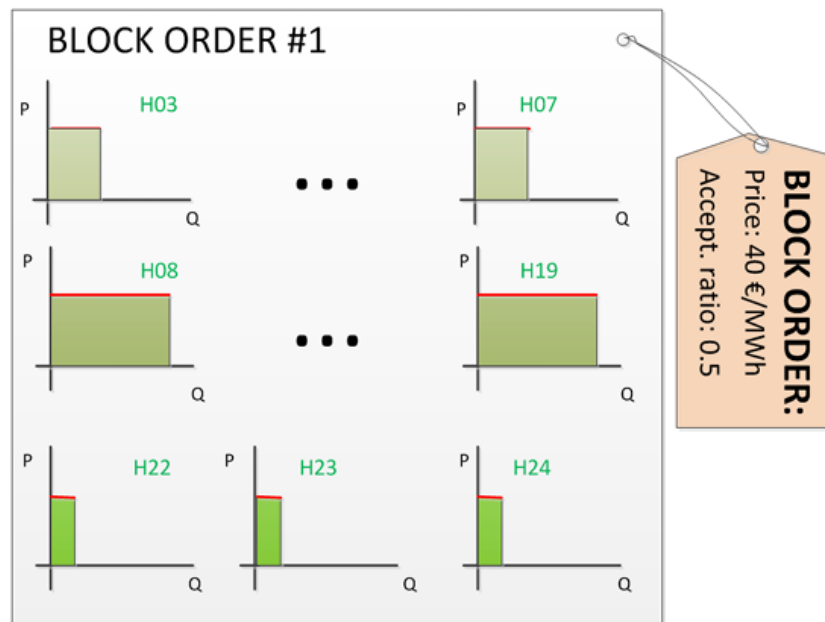
Σχήμα 2. Γραμμικές Ωριαίες Υβριδικές Εντολές^[4]

- Βηματικές καμπύλες που περιέχουν μόνο εντολές βημάτων (δηλαδή δύο διαδοχικά σημεία έχουν πάντα είτε την ίδια τιμή είτε την ίδια ποσότητα).



Σχήμα 3. Βηματικές Ωριαίες Υβριδικές Εντολές^[4]

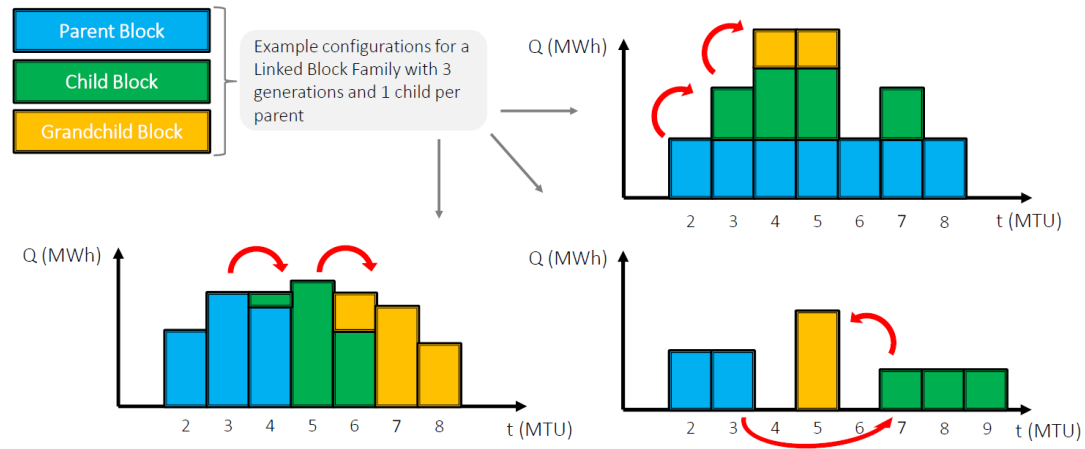
- Υβριδικές καμπύλες που περιέχουν και τους δύο τύπους εντολών (που αποτελούνται από γραμμικά και βηματικά τμήματα).
- b) Εντολές Πακέτου (Block Orders): Μια Εντολή Πακέτου περιλαμβάνει τα εξής χαρακτηριστικά: ένα σταθερό όριο τιμής, ένα Ελάχιστο Ποσοστό Αποδοχής και μία ποσότητα ενέργειας για έναν αριθμό Αγοραίων Χρονικών Μονάδων εντός της Ημέρας Εκπλήρωσης Φυσικής Παράδοσης D. Η ποσότητα ενέργειας δύναται να μην είναι η ίδια για όλες τις Αγοραίες Χρονικές Μονάδες. Εντολές Πακέτου δεν μπορούν να γίνουν δεκτές για ποσότητα μικρότερη του Ελάχιστου Ποσοστού Αποδοχής. Το Ελάχιστο Ποσοστό Αποδοχής είναι το ίδιο για όλες τις Αγοραίες Χρονικές Μονάδες που ανήκουν στην Εντολή Πακέτου.



Σχήμα 4. Εντολές Πακέτου^[4]

Οι Εντολές Πακέτου που είναι *έξω από την τιμή (out-of-the-money)* δεν μπορούν να γίνουν αποδεκτές. Επομένως όλες οι Εντολές Πακέτου υπάγονται σε δύο κατηγορίες:

- Αν μια Εντολή Πακέτου είναι *μέσα στην τιμή (in-the-money)* ή *πάνω στην τιμή (at-the-money)* τότε αυτή μπορεί να είναι πλήρως απορριπτέα (Παραδόξως Απορριπτέα Εντολή Πακέτου), πλήρως αποδεκτή ή μερικώς αποδεκτή (Μερικώς Παραδόξως Απορριπτέα Εντολή Πακέτου), σε βαθμό όπου ο λόγος “*αποδεκτός όγκος/συνολικό υποβαλλόμενο όγκο*” είναι μεγαλύτερος ή ίσος από το ελάχιστο ποσοστό αποδοχής της εντολής.
 - Αν μια Εντολή Πακέτου είναι *out-the-money*, τότε αυτή πρέπει να είναι πλήρως απορριπτέα.
- c) Συνδεδεμένες Εντολές Πακέτου (Linked Block Orders): Μια Συνδεδεμένη Εντολή Πακέτου αποτελείται από επιμέρους Εντολές Πακέτου, με χαρακτηριστικά που αναφέρονται στις Εντολές Πακέτου, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με σχέση «γονέα-παιδιού». Μία Εντολή Πακέτου τύπου «παιδί» μπορεί να εκτελεστεί μόνο όταν εκτελεστεί η Εντολή Πακέτου τύπου «γονέα» με την οποία είναι συνδεδεμένη. Οι Εντολές Πακέτου χωρίς συνδεδεμένες Εντολές Πακέτου τύπου «παιδί» ονομάζονται Εντολές Πακέτου τύπου «φύλλο».



Σχήμα 5. Συνδεδεμένες Εντολές Πακέτου

- d) Αποκλειστική Ομάδα Εντολών Πακέτου (Exclusive Group of Block Orders): Η Αποκλειστική Ομάδα Εντολών Πακέτου αποτελείται από ένα σύνολο Εντολών Πακέτου, για τις οποίες το άθροισμα του Ποσοστού Αποδοχής δε μπορεί να υπερβαίνει το 100%. Στην ειδικότερη περίπτωση που οι επιμέρους Εντολές Πακέτου έχουν Ελάχιστο Ποσοστό Αποδοχής ίσο με 100%, τότε μπορεί να εκτελεστεί το πολύ μία Εντολή Πακέτου.
- e) Εντολές με Αποδοχή Τιμής και Προτεραιότητα Εκτέλεσης (PPTs): Οι Εντολές Πώλησης/Αγοράς με Αποδοχή Τιμής και Προτεραιότητα Εκτέλεσης είναι Ωριαίες Υβριδικές Εντολές ενός βήματος που υποβάλλονται σε τιμή ίση με τη ελάχιστη/μέγιστη αποδεκτή τιμή στην ΑΕΗ, ήτοι στη Κατώτατη/Ανώτερη Τιμή Εντολών της ΑΕΗ. Για την Ελληνική Αγορά Ενέργειας ισχύει ότι ως Εντολές με Αποδοχή Τιμής και Προτεραιότητα Εκτέλεσης μπορούν να υποβληθούν οι:
- i. Εντολές Πώλησης για την παραγωγή προγραμματισμένων δοκιμών παραλαβής ή Δοκιμαστικής Λειτουργίας Μονάδων Παραγωγής,
 - ii. Εντολές Πώλησης για τις Εγχύσεις Υποχρεωτικών Νερών,
 - iii. Εντολές Αγοράς για τις προβλεπόμενες ποσότητες ενέργειας που αντιστοιχούν στις Απώλειες του Συστήματος Μεταφοράς,
 - iv. Εντολές Αγοράς/Πώλησης για τις ποσότητες ενέργειας που έχουν δηλωθεί για Φυσικό Διακανονισμό στο Σύστημα Συναλλαγών Αγορών Ενέργειας (ΣΣΑΕ) μέσω επικυρωμένων Δηλώσεων Προγραμμάτων Φυσικής Απόληψης/Παράδοσης,

- v. Εντολές Πώλησης για τις ποσότητες ενέργειας που αντιστοιχούν σε Εξαγωγές/Εισαγωγές με χρήση επιβεβαιωμένων δηλωθέντων Μακροχρόνιων Φυσικών Δικαιωμάτων Μεταφοράς σε συζευγμένες και μη συζευγμένες Διασυνδέσεις και οι οποίες δεν έχουν δηλωθεί μέσω σχετικών Δηλώσεων Προγραμμάτων Φυσικής Απόληψης/Παράδοσης,
- vi. Εντολές Αγοράς/Πώλησης για τις προβλεπόμενες ποσότητες ενέργειας που αντιστοιχούν στο ηλεκτρικό φορτίο/παραγωγή του Μικρού Συνδεδεμένου Συστήματος Κρήτης εκ μέρους κάθε Προμηθευτή/Παραγωγό που εκπροσωπεί καταναλωτές στην Κρήτη, όπως αυτές οι ποσότητες διαβιβάζονται από τον Διαχειριστή του ΕΣΜΗΕ (Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) στο ΕΧΕ κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Μικρού Συνδεδεμένου Συστήματος Κρήτης ,
- vii. Εντολές για την προβλεπόμενη παραγωγή του Χαρτοφυλακίου ΑΠΕ με συμβάσεις Σταθερής Τιμής Αποζημίωσης, καθώς και για την προβλεπόμενη παραγωγή Φωτοβολταϊκών Στεγών,
- viii. Εντολές για τις Δηλώσεις Προτεραιότητας των Κατανεμόμενων Μονάδων ΣΗΘΥΑ,
- ix. Εντολές για την προβλεπόμενη παραγωγή του Χαρτοφυλακίου ΑΠΕ των Μονάδων ΑΠΕ Κρήτης κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Μικρού Συνδεδεμένου Συστήματος Κρήτης και
- x. Εντολές για την προβλεπόμενη παραγωγή κάθε εκπροσωπούμενου Χαρτοφυλακίου Κατανεμόμενων και Μη Κατανεμόμενων Μονάδων ΑΠΕ από τον Φορέας Σωρευτικής Εκπροσώπησης Τελευταίου Καταφυγίου.

2.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΕΝΤΟΛΩΝ ΠΑΚΕΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΖΩΝΗ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ

Η εύρυθμη λειτουργία της Αγοράς Επόμενης Ημέρας βασίζεται στην διαμόρφωση Τιμής Εκκαθάρισης (price formation) η οποία επιτυγχάνεται όταν η Τιμή Εκκαθάρισης αντικατοπτρίζει το βραχυπρόθεσμο οριακό κόστος παραγωγής. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η χρήση Εντολών Πακέτου έχει εν δυνάμει αρνητική επίδραση στην διαμόρφωση Τιμής Εκκαθάρισης της Αγοράς,

το EXE πραγματοποίησε μελέτη προσομοιώνοντας διάφορα σενάρια με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης των διαφόρων Τύπων Εντολών στην διαμόρφωση Τιμής Εκκαθάρισης και στην δημιουργία εφικτού Προγράμματος Αγοράς. Το μέγεθος (MWh) των Εντολών Πακέτου, η διάρκεια των Εντολών Πακέτου σε Αγοραίες Χρονικές Μονάδες καθώς το πλήθος των Εντολών Πακέτου θεωρήθηκε ότι θα έχουν σημαντική επίδραση στην διαμόρφωση Τιμής Εκκαθάρισης οδηγώντας σε Τιμές Εκκαθάρισης με απότομες μεταβολές και μεγάλη διακύμανση, οι οποίες δεν αντικατοπτρίζουν το βραχυπρόθεσμο οριακό κόστος παραγωγής. Το πρόβλημα αυτό οφείλεται στα δομικά χαρακτηριστικά μία Εντολής Πακέτου, δηλαδή στο γεγονός ότι μία εντολή Πακέτου δομείται εμπλέκοντας Ποσότητες σε διαφορετικές Αγοραίες Χρονικές Μονάδες και είτε γίνεται αποδεκτή στην ολότητά της είτε δεν γίνεται αποδεκτή. Το χαρακτηριστικό αυτό των Εντολών Πακέτου δημιουργεί ασυνέχειες στον χώρο εφικτών λύσεων (feasible space) του Αλγορίθμου επίλυσης της Αγοράς και προκαλεί δυσκολίες στον μηχανισμό διαμόρφωσης της Τιμής Εκκαθάρισης. Σύμφωνα με την μελέτη, το μέγεθος της επίδρασης των Εντολών Πακέτου στην διαμόρφωση της Τιμής Εκκαθάρισης εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Το πλήθος των Εντολών Πακέτου αλλά κυρίως από τον επαρκή αριθμό τιμολογούμενων Ωριαίων Υβριδικών Εντολών. Ένα μεγάλο πλήθος Εντολών Πακέτου σε συνδυασμό με μικρό αριθμό τιμολογούμενων Υβριδικών Εντολών οδηγεί σε περιορισμένη «ρευστότητα» για διαμόρφωση Τιμής με αποτέλεσμα ανεπιθύμητες διακυμάνσεις της Τιμής Εκκαθάρισης.
- Το μέγεθος των Εντολών Πακέτου. Όσο μεγαλύτερο το μέγεθος τόσο μεγαλύτερες οι ασυνέχειες που παρουσιάζονται στον χώρο εφικτών λύσεων με αποτέλεσμα μεγαλύτερη πιθανότητα για μη επίτευξη διαμόρφωσης Τιμής Εκκαθάρισης.
- Τη διάρκεια των Εντολών Πακέτου σε Αγοραίες Χρονικές Μονάδες. Αντίστοιχα με το μέγεθος μία εντολής Πακέτου, όσο μεγαλύτερη η διάρκεια μία Εντολής Πακέτου τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα να επηρεαστεί η διαμόρφωση Τιμής.
- Το Ελάχιστο Ποσοστό Αποδοχής των Εντολών Πακέτου. Ένα υψηλό Ελάχιστο Ποσοστό Αποδοχής των Εντολών Πακέτου έχει μεγαλύτερη αρνητική επίδραση στην διαμόρφωση Τιμής σε σχέση με ένα χαμηλό Ελάχιστο Ποσοστό Αποδοχής.

Για την κατασκευή Ωριαίων Υβριδικών Εντολών και Εντολών Πακέτου για τις προσομοιώσεις της Αγοράς Επόμενης Ημέρας με τον Αλγόριθμο EURHEMIA, δεδομένης της απουσίας σχετικών ιστορικών δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία εντολών της υπάρχουσας Προημερήσιας αγοράς (HEP). Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω στοιχεία του HEP του έτους 2018:

- Τιμολογούμενες Προσφορές Έγχυσης και Δηλώσεις Φορτίου,
- Μη-Τιμολογούμενες Προσφορές Έγχυσης και Δηλώσεις Φορτίου και
- Τεχνοοικονομικά χαρακτηριστικά θερμικών μονάδων.

Οι προσομοιώσεις της ΑΕΗ πραγματοποιήθηκαν από το ΕΧΕ χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα του ΗΕΠ τα οποία αντανακλούσαν μερικώς την αναμενόμενη συμπεριφορά των Συμμετεχόντων. Επιπλέον, η Ζώνη Προσφορών της Ελλάδας σε όλα τα σενάρια εξετάστηκε ως απομονωμένη (isolated) από τις υπόλοιπες Ζώνες Προσφορών της Σύζευξης Αγορών.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την μελέτη επίδρασης των Διαφόρων τύπων Εντολών στη διαμόρφωση Τιμής και στα Προγράμματα Αγοράς των Μονάδων Παραγωγής είναι τα εξής:

- Η ύπαρξη επαρκούς αριθμού τιμολογούμενων Ωριαίων Υβριδικών Εντολών είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την διαμόρφωση Τιμής.
- Οι Ωριαίες Υβριδικές Εντολές δεν εξασφαλίζουν εφικτά Προγράμματα Αγοράς των Μονάδων Παραγωγής αναφορικά με του τεχνικούς περιορισμούς τους.
- Οι Εντολές Πακέτου, μπορούν να εξασφαλίσουν εφικτά Προγράμματα Αγοράς για τις Μονάδες Παραγωγής. Εντούτοις, είναι πιθανό να μην γίνουν αποδεκτές Εντολές Πακέτου με παραπλήσιες τιμές (μία ενδεχόμενη αποδοχή τους από τον Αλγόριθμο θα άλλαζε την Τιμή Εκκαθάρισης και επομένως δεν θα γινόταν αποδεκτές).
- Ένας μεγάλος αριθμός Εντολών Πακέτου σε συνδυασμό με περιορισμένο αριθμό Ωριαίων Υβριδικών Εντολών δημιουργεί έντονες ασυνέχειες στον χώρο εφικτών λύσεων του προβλήματος επίλυσης της Αγοράς και δεν επιτρέπει τελικά τη διαμόρφωση Τιμής. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε Τιμές Εκκαθάρισης που να φτάνουν την Ανώτατη Τιμή και την Κατώτατη Τιμή κατά τη διάρκεια της ίδιας Ημέρας Φυσικής Παράδοσης. Οι έντονες διακυμάνσεις της Τιμής Εκκαθάρισης δεν οφείλονται σε έλλειμα Παραγωγής/Ζήτησης αλλά στις ασυνέχειες που δημιουργούνται όταν μεγάλες ποσότητες Αγοράς/Πώλησης υποβάλλονται με Εντολές Πακέτου.

Από τα συμπεράσματα της συγκεκριμένης μελέτης προκύπτει ότι πρέπει να επιβληθεί περιορισμός στη χρήση των Εντολών Πακέτου που δύνανται να υποβληθούν ανάλογα με τον τύπο

των μονάδων/χαρτοφυλακίων. Αν δεν επιβληθεί κάποιος περιορισμός, τότε δεν διασφαλίζεται η επαρκής χρήση των Ωριαίων Υβριδικών Εντολών, γεγονός που ενδέχεται να μην επιτρέπει την διαμόρφωση Τιμής και καταστήσει την Αγορά Επόμενης Ημέρας μη λειτουργική, δημιουργώντας προβλήματα τόσο στους Συμμετέχοντες όσο και στον Εκκαθαριστικό Οίκο. Για την υιοθέτηση σχετικής ρύθμισης για τη χρήση των διαφόρων τύπων εντολών και των σχετιζόμενων παραμέτρων λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες παραδοχές:

- Οι Εντολές Πακέτου είναι απαραίτητες για τις Θερμικές Μονάδες Παραγωγής διότι επιτρέπουν την προσομοίωση των τεχνικών περιορισμών της Παραγωγής τους (Τεχνικό Ελάχιστο, Ελάχιστος Χρόνος Παραμονής, Ελάχιστος Χρόνος Κράτησης, Μέγιστος Ρυθμός Ανόδου/Καθόδου Παραγωγής). Εντολές Πακέτου με Ελάχιστο Ποσοστό Αποδοχής ίσο με 0% δίνει την δυνατότητα στις Θερμικές Μονάδες Παραγωγής να προσομοιώσουν καλύτερα το Τεχνικό Ελάχιστο.
- Οι Εντολές Πακέτου δεν είναι απαραίτητες για τις Υδροηλεκτρικές Μονάδες, των οποίων η Παραγωγή είναι ευέλικτη και επομένως η συμμετοχή μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση Ωριαίων Υβριδικών Εντολών.
- Οι Εντολές Πακέτου δεν είναι απαραίτητες για το διασυνοριακό εμπόριο, δεδομένου ότι οι Εισαγωγές/Εξαγωγές με χρήση Μακροχρόνων Φυσικών Δικαιωμάτων Μεταφοράς υποβάλλονται αυτόματα ως Εντολές Πώλησης/Αγοράς με Αποδοχή Τιμής και Προτεραιότητα Εκτέλεσης από το ΣΣΑΕ βάσει του προγράμματος χρήσης (πρόγραμμα εισαγωγής/εξαγωγής) που έχει ήδη ορισθεί από το Συμμετέχοντα.
- Οι Εντολές Πακέτου δεν είναι απαραίτητες για τους Παραγωγούς/Φ.Ο.Σ.Ε ΑΠΕ:
 - Τα Χαρτοφυλάκια ΑΠΕ είναι στην πλειοψηφία τους Μη Κατανεμόμενα και επομένως η πρόβλεψη Παραγωγής τους μπορεί να υποβληθεί με Ωριαίες Υβριδικές Εντολές οι οποίες προσφέρουν το μέγιστο δυνατό βαθμό ευελιξίας.
 - Τα Κατανεμόμενα Χαρτοφυλάκια ΑΠΕ απαρτίζονται από Μονάδες ΑΠΕ πολύ μικρής ισχύος, και επομένως η συμμετοχή τους στην Αγορά μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση Ωριαίων υβριδικών Εντολών.
- Οι Εντολές Πακέτου δεν είναι απαραίτητες για τους Εκπροσώπους Φορτίου:

- Τα Χαρτοφυλάκια Φορτίου είναι στην πλειοψηφία τους Μη Κατανεμόμενα και επομένως η πρόβλεψη της κατανάλωσής τους μπορεί να υποβληθεί με Ωριαίες Υβριδικές Εντολές.
- Τα Κατανεμόμενα Χαρτοφυλάκια Φορτίου απαρτίζονται από φορτία μικρής κατανάλωσης, και επομένως η συμμετοχή τους στην Αγορά μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση Ωριαίων Υβριδικών Εντολών.

Επομένως, το EXE εισηγήθηκε οι Εντολές Πακέτου να μπορούν να υποβληθούν μόνο από τους Παραγωγούς και μόνο για τις Θερμικές Μονάδες Παραγωγής με τις οποίες συμμετέχουν. Τα προτεινόμενα τεχνικά χαρακτηριστικά των αποδεκτών Τύπων Εντολών για την Αγορά Επόμενη Ημέρας παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Εντολές Πακέτου – γενικά χαρακτηριστικά	
Ελάχιστο πλήθος συνεχόμενων Αγοραίων Χρονικών Μονάδων για μια Εντολή Πακέτου	1
Μέγιστο πλήθος Εντολών Πακέτου ανά Θερμική Μονάδα Παραγωγής	5
Ελάχιστη ποσότητα μιας Εντολής Πακέτου	0.001 MWh
Μέγιστη ποσότητα μιας Εντολής Πακέτου	300 MWh
Ελάχιστο Ποσοστό Αποδοχής	0%
Συνδεδεμένες Εντολές Πακέτου	
Μέγιστο πλήθος Συνδεδεμένων οικογενειών ανά Θερμική Μονάδα Παραγωγής	2
Μέγιστο πλήθος Εντολών Πακέτου για μια Συνδεδεμένη Οικογένεια	5
Μέγιστο πλήθος γενιών ανά Συνδεδεμένη Οικογένεια	3
Μέγιστο πλήθος παιδιών ανά γονέα	4
Μέγιστο πλήθος γονιών ανά παιδί	1
Αποκλειστική Ομάδα Εντολών Πακέτου	
Μέγιστο πλήθος Αποκλειστικών Ομάδων Εντολών Πακέτου ανά Θερμική Μονάδα Παραγωγής	2
Μέγιστο πλήθος Εντολών Πακέτου σε μια Αποκλειστική Ομάδα Εντολών Πακέτου	5

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά Εντολών Πακέτου – PAE 661/2021^[5]

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ

Στο παρόν κεφάλαιο θα οριστεί η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την τροποποίηση του αρχικού Βιβλίου Εντολών που έχει υποβληθεί, με σκοπό την μεταβολή του μείγματος των τύπων των προσφορών της Αγοράς Επόμενης Ημέρας. Η βασική ιδέα είναι να χρησιμοποιηθούν δεδομένα από υποβαλλόμενες Ωριαίες Υβριδικές Εντολές και λαμβάνοντας υπόψη κάποιες παραμέτρους, που θα αναλυθούν στην πορεία, να δημιουργηθούν Εντολές Πακέτου που να αντικαθιστούν τις αρχικές Υβριδικές Εντολές. Για την δημιουργία των παραπάνω εντολών χρησιμοποιήθηκε μια βασική μεθοδολογία σε συνδυασμό με την χρήση της στατιστικής μεθόδου k-μέσων, που ήταν το βασικό εργαλείο για τον σχηματισμό τους.

3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ K-ΜΕΣΩΝ

Η μέθοδος των *k-μέσων* (*k-means*)^[6] είναι μια αλγοριθμική μέθοδος συσταδοποίησης που χρησιμοποιείται για να ομαδοποιήσει ένα σύνολο δεδομένων σε *k*-ομάδες. Ο στόχος είναι να εντοπιστούν *k* κέντρα συστάδας, έτσι ώστε η απόσταση μεταξύ των σημείων κάθε ομάδας και του αντίστοιχου κέντρου να ελαχιστοποιηθεί.

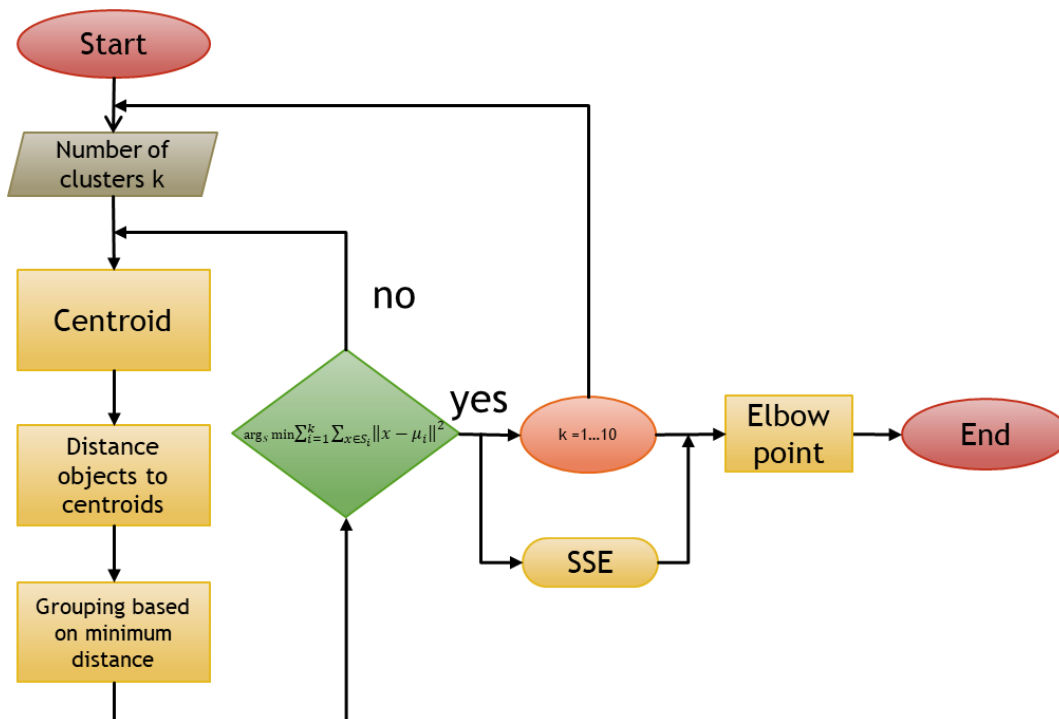
Η παραπάνω ελαχιστοποίηση εκφράζεται μέσω της συνάρτησης τετραγωνικού λάθους (SSE)^[6], η οποία χρησιμοποιείται για να μετρήσει το μέσο τετραγωνικό σφάλμα μεταξύ δύο συνόλων δεδομένων. Στη προκειμένη περίπτωση, η συνάρτηση τετραγωνικού λάθους χρησιμοποιείται για να υπολογίσει το λάθος μεταξύ της θέσης κάθε δείγματος και του κέντρου της ομάδας στην οποία ανήκει. Συγκεκριμένα, η αντικειμενική συνάρτηση που στοχεύει να ελαχιστοποιήσει ορίζεται ως εξής:

$$\operatorname{arg\,min} \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} \|x - \mu_i\|^2$$

Το “*elbow point*” αναφέρεται στο σημείο στην καμπύλη τετραγωνικού λάθους όπου η μείωση του λάθους σταματά να είναι τόσο αισθητή. Συνήθως, η καμπύλη τετραγωνικού λάθους παρουσιάζει μια καθοδική τάση όσο αυξάνεται ο αριθμός των ομάδων (*k*) στον αλγόριθμο *k-means*. Ωστόσο, υπάρχει ένα σημείο όπου η απόκλιση μειώνεται σημαντικά λιγότερο και η καμπύλη γίνεται πιο οριζόντια. Αυτό το σημείο ονομάζεται “*elbow point*” και συνήθως υποδεικνύει τον βέλτιστο αριθμό των ομάδων για τη συγκεκριμένη συστάδα δεδομένων.

Ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα, μπορεί να προσεγγιστεί ο βέλτιστος αριθμός κλάσεων:

1. Ο αλγόριθμος των k-μέσων εκτελείται για τιμές του k από 0 έως 10 (σε ορισμένες περιπτώσεις η μέγιστη τιμή του k ορίζεται από το μέγεθος του δείγματος) αυξάνοντας σταδιακά.
2. Για κάθε τιμή του k, υπολογίζεται το τετραγωνικό σφάλμα (SSE) για την ομαδοποίηση. Το SSE υπολογίζεται ως το μέσο τετραγωνικό σφάλμα μεταξύ της θέσης κάθε δείγματος και του κέντρου της ομάδας στην οποία ανήκει.
3. Σχεδιάζεται η καμπύλη του SSE ως συνάρτηση του αριθμού των κλάσεων (k).
4. Το *elbow point* είναι το σημείο όπου η μείωση του SSE σταματά να είναι τόσο αισθητή και η καμπύλη γίνεται πιο οριζόντια. Αυτό το σημείο υποδεικνύει τον βέλτιστο αριθμό κλάσεων.
5. Ο αριθμός κλάσεων που αντιστοιχεί στο *elbow point* μπορεί να θεωρηθεί ως ο βέλτιστος αριθμός κλάσεων για τη συγκεκριμένη συσταδοποίηση.



Σχήμα 6. Μέθοδος k-μέσων με την χρήση "elbow point"

Στην πράξη η παραπάνω μεθοδολογία υλοποιήθηκε στην *python* με την χρήση των βιβλιοθηκών *sklearn.cluster* και *kneed*. Από την βιβλιοθήκη *sklearn.cluster* εισήχθη η συνάρτηση *KMeans*, που

χρησιμοποιήθηκε για προσομοίωση της μεθόδου k-means, και από την βιβλιοθήκη *kneed* εισήχθη η συνάρτηση *KneeLocator*, που χρησιμοποιήθηκε για τον αυτόματο εντοπισμό του “*elbow point*”.

3.2 ΒΑΣΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η βασική μεθοδολογία αφορά την επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων των προσφορών που έχουν υποβληθεί, με σκοπό να αποκτήσουν την τελική μορφή για την εισαγωγή τους στον αλγόριθμο των k-μέσων, από όπου θα δημιουργηθούν οι Εντολές Πακέτου. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η κάθε κλάση που δημιουργείται από την μέθοδο των k-μέσων αντιστοιχεί σε μια Εντολή Πακέτου, ενώ ο αυτόματος υπολογισμός του “*elbow point*” συνεπάγεται ότι ο αριθμός των κλάσεων (Εντολών Πακέτου) δεν είναι προκαθορισμένος, αλλά εξαρτάται από τα πρωτογενή δεδομένα.

Αρχικά, για κάθε μία Ημέρα Κατανομής και για κάθε μονάδα/χαρτοφυλάκιο, ανιχνεύονται για όλες τις Περιόδους Κατανομής τα τμήματα των προσφορών της Αγοράς Επόμενης Ημέρας που έχουν υποβληθεί με παρόμοια τιμή. Οι προσφορές αυτές συγκεντρώνονται και δημιουργούν μία Εντολή Πακέτου με τα εξής χαρακτηριστικά:

- **Ποσότητα** ανά Αγοραία Χρονική Μονάδα ίση με το άθροισμα των ποσοτήτων των επιμέρους τμημάτων της συγκεκριμένης Αγοραίας Χρονικής Μονάδας και
- **Τιμή** ίση με το σταθμισμένο μέσο όρο της τιμής των επιμέρους τμημάτων όλων των Αγοραίων Χρονικών Μονάδων.

Με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία δημιουργούνται διάφορες Εντολές Πακέτου οι οποίες καλύπτουν όλη την διαθέσιμη ισχύ της Μονάδας για κάθε Αγοραία Χρονική Μονάδα της Ημέρας Εκπλήρωσης Φυσικής Παράδοσης. Το πλήθος τους εξαρτάται από το εύρος των τιμών των προσφορών που είχαν υποβληθεί για την συγκεκριμένη Ημέρα Κατανομή της περιόδου μελέτης.

Διασπάζοντας την βασική μεθοδολογία σε διακριτά βήματα, θα μπορούσε να περιγραφεί ως εξής:

1. **Βήμα 1:** Συγκέντρωση των πρωτογενών δεδομένων ανά συμμετέχοντα και μονάδα/χαρτοφυλάκιο που εκπροσωπεί. Αναλυτικά τα πρωτογενή δεδομένα, που επιλέχθηκαν να εξεταστούν, περιγράφονται στην επόμενη ενότητα.
2. **Βήμα 2:** Αποσύνθεση κάθε προσφοράς, για κάθε MTU σε ζεύγη Τιμής – Δ-Ποσότητας, τα οποία δημιουργούν πλεόνασμα (Welfare) ίδιο με αυτό της αρχικής προσφοράς.

3. Βήμα 3: Εισαγωγή των δεδομένων, όπως αυτά επεξεργάστηκαν στο Βήμα 2, στον αλγόριθμο των k-μέσων (Σχήμα 6) και καθορισμός των παραμέτρων σύμφωνα με τις οποίες έγινε η συσταδοποίηση.
4. Βήμα 4 (Προαιρετικό): Επεξεργασία των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την μέθοδο k-μέσων με σκοπό να εξαλειφθούν προβλήματα όπως αυτά που θα παρουσιαστούν στην επόμενη ενότητα.

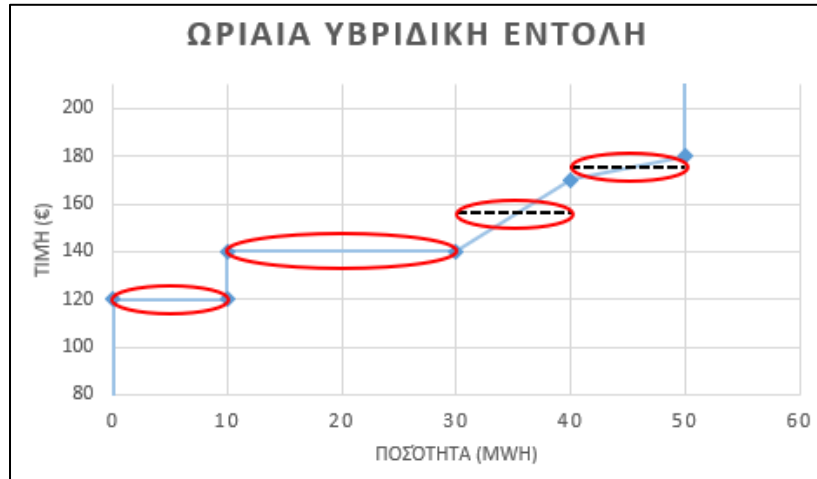
3.3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΝΤΟΛΩΝ ΠΑΚΕΤΟΥ

Η δημιουργία των Εντολών Πακέτου βασίστηκε στην Βασική Μεθοδολογία και υλοποιήθηκε με την χρήση της μεθόδου k-μέσων όπως αυτή αναλύθηκε παραπάνω. Συγκεκριμένα, σε πρώτη φάση (Βήμα 1), συγκεντρώθηκαν τα δεδομένα για τις υπο-μετατροπή Ωριαίες Υβριδικές Εντολές. Για παράδειγμα, έστω ότι έχουν υποβληθεί υβριδικές εντολές, για όλα τα MTUs μιας ημέρας, ως εξής:

MTUS	ΖΕΥΓΗ ΤΙΜΗΣ – ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ MTU								
1-6, 10-18, 22-24	0	0	75	75	170	170	265	265	Ποσότητα
	-500	539,65	539,65	554,65	554,65	569,65	569,65	4000	Τιμή
7,9	0	0	55	55	150	150	245	245	Ποσότητα
	-500	539,65	539,65	554,65	554,65	569,65	569,65	4000	Τιμή
8	0	0	55	55	150	150	245	245	Ποσότητα
	-500	555	555	570	570	585	585	4000	Τιμή
19	0	0	100	100	195	195			Ποσότητα
	-500	538	538	539,65	539,65	4000			Τιμή
20	0	0	90	90	185	185			Ποσότητα
	-500	538	538	555	555	4000			Τιμή
21	0	0	100	100	195	195			Ποσότητα
	-500	585	585	600	600	4000			Τιμή

Πίνακας 2. Παράδειγμα ζευγών Τιμής - Ποσότητας ανά MTU

Έπειτα (Βήμα 2), κάθε Ωριαία Υβριδική Εντολή χωρίζεται σε υπο-τμήματα ανάλογα με τα Επίπεδα Τιμών (price levels) στα οποία κινείται. Στην περίπτωση που μια εντολή αποτελείται και από γραμμικά τμήματα (μονότονα τμήματα), τότε σαν νέα Τιμή (UnitPrice) ορίζεται η μέση τιμή των Επιπέδων Τιμών του συγκεκριμένου τμήματος και σαν ποσότητα η διαφορά των αντίστοιχων Ποσοτήτων του τμήματος της προσφοράς (Δ-Ποσότητα).



Σχήμα 7. Διαχωρισμός Υβριδικής Εντολής σε υπο-τμήματα

Ακολουθώντας την παραπάνω μεθοδολογία για κάθε MTU, κάθε προσφορά αποσυντίθεται σε ζεύγη Τιμής – Δ-Ποσότητας τα οποία δημιουργούν πλεόνασμα ίδιο με αυτό της αρχικής προσφοράς. Τα παραπάνω ζεύγη σε συνδυασμό με το MTU στο οποίο έχουν υποβληθεί, αποτελούν τις παραμέτρους που θα χρησιμοποιήσει ο αλγόριθμος k-μέσων προκειμένου να ομαδοποιήσει τα δείγματα. Επομένως, για το παραπάνω παράδειγμα Υβριδικής Εντολής, τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν από τον αλγόριθμο ομαδοποίησης είναι τα εξής:

MTUS	Δ-ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ
1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 22, 23, 24	75	539,65
	95	554,65
	95	569,65
7, 9	55	539,65
	95	554,65

	95	569,65
8	55	555
	95	570
	95	585
19	100	538
	95	539,65
20	90	538
	95	555
21	100	585
	95	600

Πίνακας 3. Δεδομένα εισόδου στον αλγόριθμο k-μέσων

Αφού τα δεδομένα των προσφορών μετατράπηκαν σε μορφή επεξεργάσιμη από τον αλγόριθμο των k-μέσων, το επόμενο βήμα είναι να εισαχθούν στον αλγόριθμο ορίζοντας τις κατάλληλες παραμέτρους βάσει των οποίων θα δημιουργηθούν οι Εντολές Πακέτου (Βήμα 3). Οι παράμετροι που επιλέχθηκαν να εξεταστούν είναι: η Τιμή, η Δ-Ποσότητα που αντιστοιχεί σε αυτήν την τιμή και η Αγοραία Χρονική Μονάδα (MTUs), όπου εμφανίζεται το προηγούμενο ζεύγος Τιμής - Δ-Ποσότητας.

Επιπλέον, προκειμένου να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικές οι Εντολές Πακέτου, ως προς τις αρχικές Υβριδικές εντολές, και να τηρούνται κάποιες απαραίτητες προδιαγραφές ως προς τα χαρακτηριστικά των Μονάδων (π.χ. ευελιξία), επιλέχθηκε να οριστεί επιπλέον βαρύτητα σε κάποιες από τις παραμέτρους. Ο ορισμός της βαρύτητας στην συνάρτηση k-means της Python, υλοποιείται επιλέγοντας σαν δεδομένα εισόδου τις επιθυμητές στήλες, όπως αυτές φαίνονται στον Πίνακα 3. Επιπλέον βαρύτητα σε κάποια παράμετρο δίνεται προσθέτοντας στήλες, όπου επαναλαμβάνεται το περιεχόμενο της στήλης που περιέχει την πληροφορία για την μεταβλητή που θέλουμε να δώσουμε μεγαλύτερη βαρύτητα. Για παράδειγμα, όταν είναι επιθυμητό να δοθεί διπλάσια βαρύτητα στην Τιμή και τριπλάσια στην Δ-Ποσότητα ο πίνακας που θα εισαχθεί στην συνάρτηση k-means είναι ο εξής:

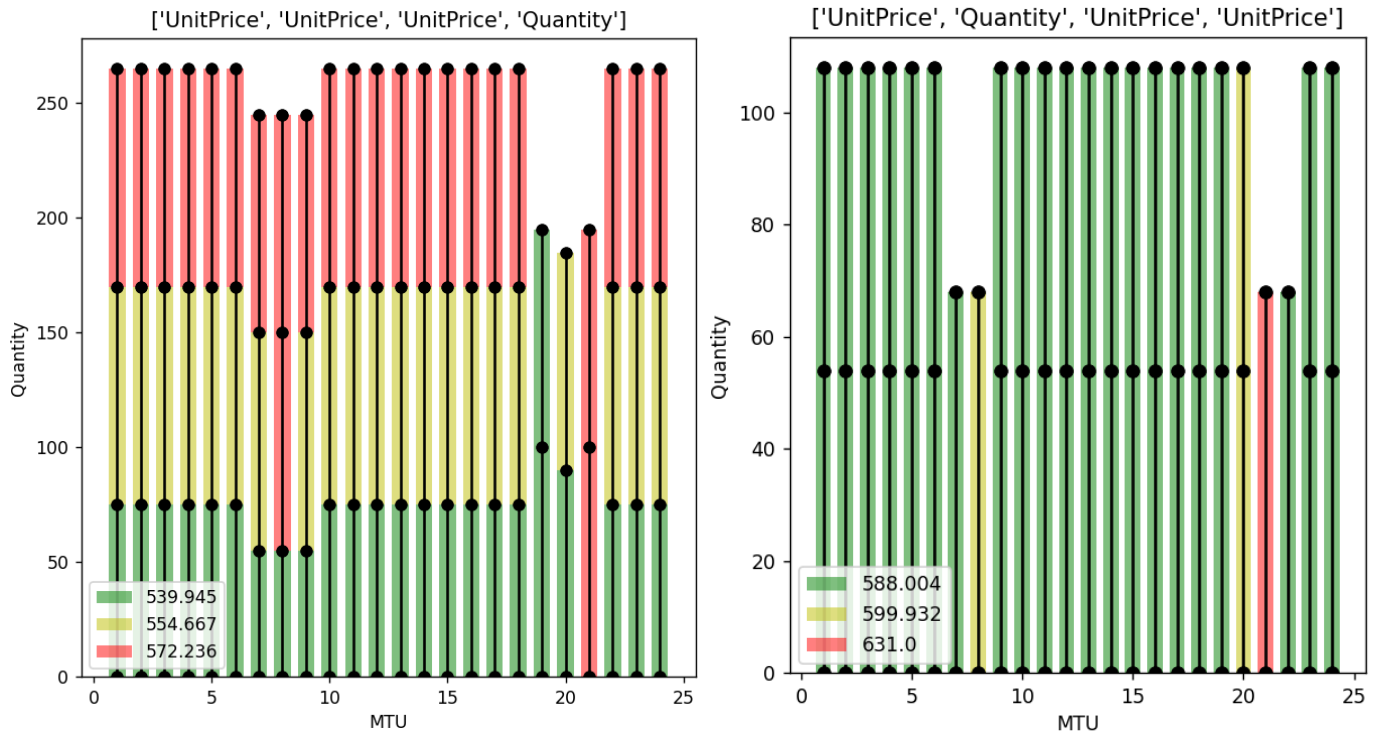
MTUS	Δ-ΠΟΣΟΤΗΤΑ	Δ-ΠΟΣΟΤΗΤΑ	Δ-ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ	ΤΙΜΗ
1, 2, 3,	75	75	75	539,65	539,65
4, 5, 6,	95	95	95	554,65	554,65

10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 22, 23, 24	95	95	95	569,65	569,65
7, 9	55	55	55	539,65	539,65
	95	95	95	554,65	554,65
	95	95	95	569,65	569,65
8	55	55	55	555	555
	95	95	95	570	570
	95	95	95	585	585
19	100	100	100	538	538
	95	95	95	539,65	539,65
20	90	90	90	538	538
	95	95	95	555	555
21	100	100	100	585	585
	95	95	95	600	600

Πίνακας 4. Δεδομένα εισόδου στον αλγόριθμο k-μέσων χρησιμοποιώντας βαρύτητα στις μεταβλητές

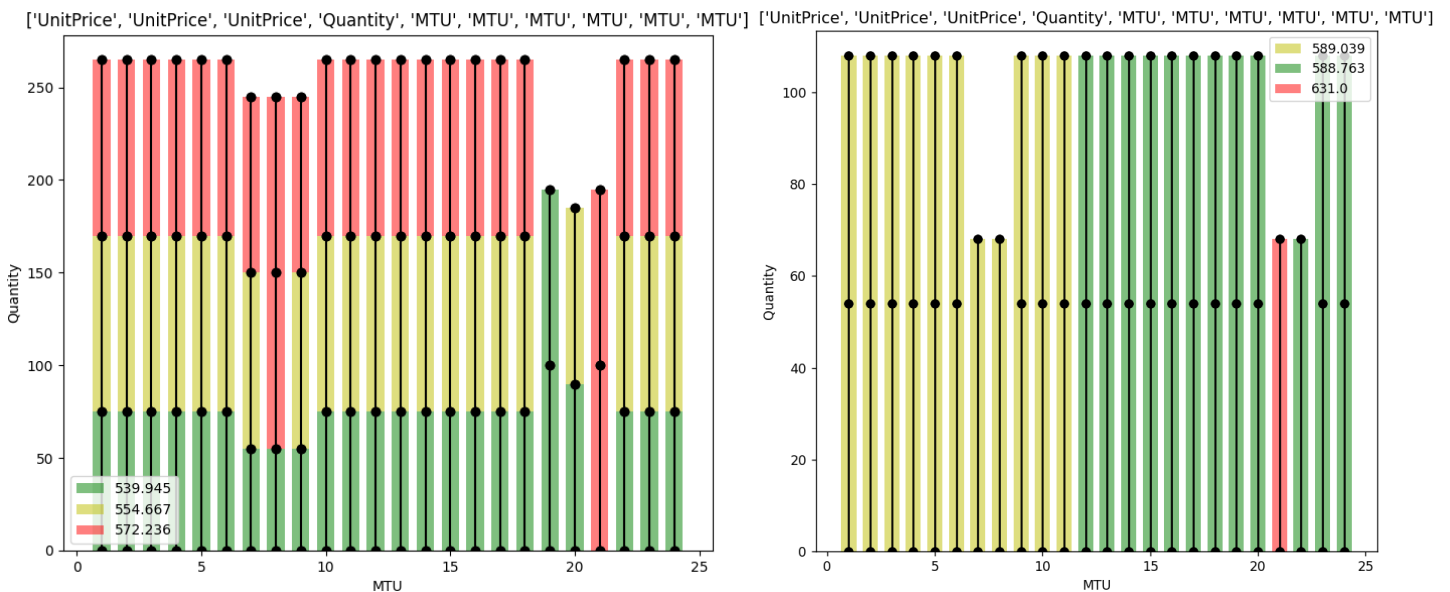
Μετά από δοκιμές εφαρμογής διαφορετικής βαρύτητας σε κάθε παράμετρο, οι επικρατέστερες μέθοδοι για την εφαρμογή τους και την δημιουργία των Εντολών Πακέτου είναι οι εξής:

1. Με κριτήριο αποκλειστικά την Τιμή (υψηλή βαρύτητα) και την Δ-Ποσότητα (χαμηλή βαρύτητα). Στις ευέλικτες μονάδες δεν θα υπάρξει σημαντικό πρόβλημα στην διακοπή της λειτουργίας τους για κάποιο/α MTUs. Σε αυτήν την περίπτωση οι Εντολές Πακέτου που θα δημιουργηθούν θα ακολουθούν με σχετική ακρίβεια την πορεία της Τιμής των αρχικών Ωριαίων Υβριδικών Εντολών.



Σχήμα 8. Παράδειγμα δημιουργίας Εντολών Πακέτου για δύο διαφορετικές Μονάδες σύμφωνα με την Μέθοδο 1.

2. Με κριτήριο την Τιμή (υψηλή βαρύτητα), την συνέχεια στον χρόνο (MTU) (πολύ υψηλή βαρύτητα) και την Δ-Ποσότητα (χαμηλή βαρύτητα).



Σχήμα 9. Παράδειγμα δημιουργίας Εντολών Πακέτου για δύο Μονάδες σύμφωνα με την Μέθοδο 2.

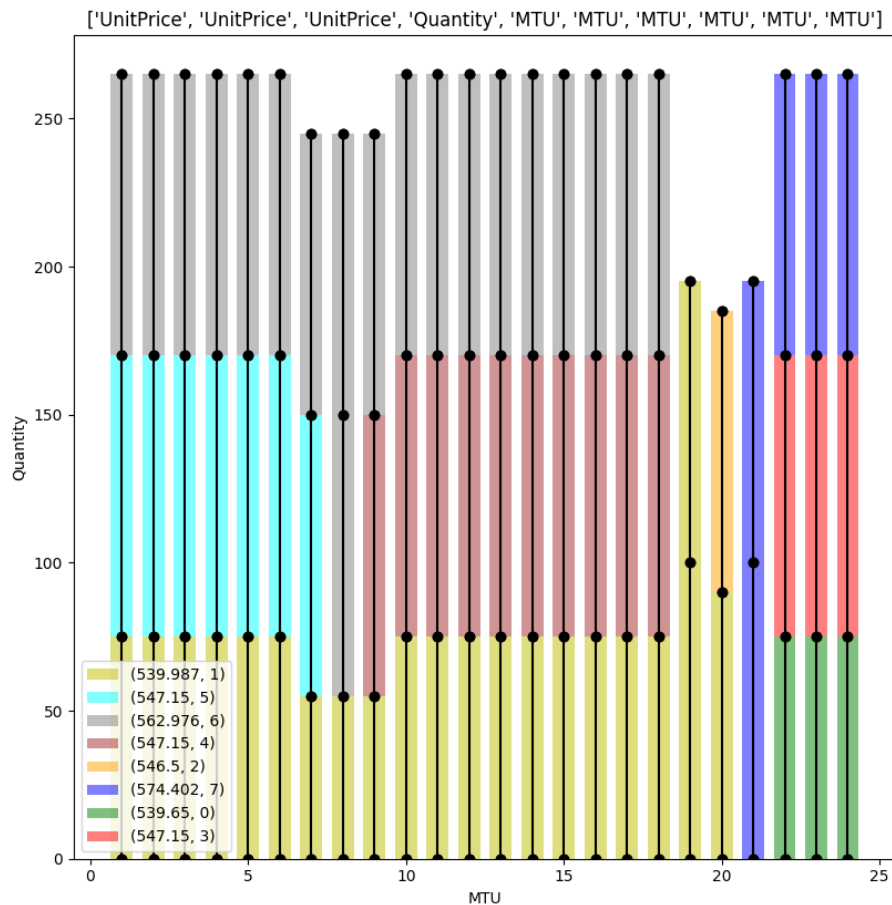
Με αυτόν τον τρόπο ομαδοποιούνται εντολές με κυρίαρχο κριτήριο τα MTUs, για τα οποία έχουν υποβληθεί, να είναι «γειτονικά» και δευτερεύον κριτήριο να έχουν παραπλήσιες Τιμές. Ο συνδυασμός των παραπάνω δύο κριτηρίων οδηγεί στην δημιουργία Εντολών Πακέτου που είναι σε μεγαλύτερη αντιστοιχία με πιθανά προφίλ παραγωγής των μονάδων/χαρτοφυλακίων, καθώς τα ενδιάμεσα MTUs με μηδενική παραγωγή δεν εμφανίζονται συχνά. Ωστόσο, κάτι τέτοιο δεν είναι πάντα εφικτό, ειδικά σε περιπτώσεις που οι αρχικές Ωριαίες Υβριδικές Εντολές είναι κατασκευασμένες με τέτοιο τρόπο, όπου υπάρχουν MTUs των οποίων οι Τιμές είναι υψηλές χωρίς να έχουν κάποια κλιμάκωση. Συνεπώς, στις περιπτώσεις που αυτό δεν είναι εφικτό εξετάστηκαν οι παρακάτω δύο λύσεις (Βήμα 4):

- a. Η πρώτη λύση είναι να δοθεί μια τεχνητή κλιμάκωση στην Τιμή για τα συγκεκριμένα MTUs, όπου αυτό είναι δυνατό (στις εντολές που αποτελούνται από δύο τουλάχιστον Επίπεδα Τιμών). Στην πράξη αυτή λύση υλοποιείται χωρίζοντας το συγκεκριμένο τμήμα σε δύο (ή και περισσότερα) υπο-τμήματα όπου το πρώτο τμήμα (φτηνό τμήμα) θα ενταχθεί στην 1^η Εντολή Πακέτου (φτηνότερη) με ποσότητα αντίστοιχη των άλλων MTUs. Φυσικά γίνεται αντιληπτό ότι σε αυτήν περίπτωση αλλάζει μερικώς η στρατηγική με την οποία είχαν υποβληθεί οι αρχικές Υβριδικές Εντολές.



Σχήμα 10. Παράδειγμα 1^{ης} λύσης για την Μέθοδο 2.

- b. Η δεύτερη λύση είναι να δημιουργηθούν περισσότερες Εντολές Πακέτου μικρότερης διάρκειας έτσι ώστε, όταν δεν υπάρχει συνέχεια για κάποια από τις δημιουργημένες εντολές στα MTUs, τότε αυτή να διαχωρίζεται σε περισσότερες εντολές. Με αυτόν τον τρόπο δεν θα παραποιηθεί σε μεγάλο βαθμό στην αρχική στρατηγική υποβολής των εντολών. Ωστόσο, ακολουθώντας αυτήν την μέθοδο θα αυξηθεί ο αριθμός των Εντολών Πακέτου που θα παραχθούν.



Σχήμα 11. Παράδειγμα 2^{ης} λύσης για την Μέθοδο 2.

Στην εργασία επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η Μέθοδος 2 (b) καθώς οι Εντολές Πακέτου που δημιουργούνται είναι αντιπροσωπευτικές των αρχικών Υβριδικών Εντολών και δεν παραποιείται η αρχική στρατηγική σύμφωνα με την οποία είχαν υποβληθεί. Επιπλέον, με την χρήση αυτής της μεθόδου επιλύονται προβλήματα όπως είναι η ασυνέχεια παραγωγής για κάποια MTUs.

3.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΕΝΤΟΛΩΝ ΠΑΚΕΤΟΥ

Όπως ακριβώς και στην περίπτωση των απλών Εντολών Πακέτου, για την δημιουργία των Συνδεδεμένων Εντολών Πακέτου χρησιμοποιήθηκε σε πρώτη φάση η Βασική Μεθοδολογία. Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν συνδέσεις μεταξύ των Εντολών Πακέτου σύμφωνα με την μεθοδολογία που θα παρουσιαστεί παρακάτω. Στα πλαίσια της εργασίας εξετάστηκαν δύο περιπτώσεις σύνδεσης των Εντολών Πακέτου:

1. Σύνδεση μεταξύ εντολών ίδιας «πλευράς»
2. Σύνδεση μεταξύ εντολών αντίθετης «πλευράς»

Ακολούθως, παρουσιάζονται οι επιμέρους μεθοδολογίες για τις δύο περιπτώσεις.

3.4.1 ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΤΟΛΩΝ ΙΔΙΑΣ “ΠΛΕΥΡΑΣ”

Αφού έχουν σχηματιστεί οι Εντολές Πακέτου μέσω της Βασικής Μεθοδολογίας, επιλέγεται για κάθε μονάδα ή χαρτοφυλάκιο και για κάθε MTU η Εντολή Πακέτου με την χαμηλότερη Τιμή και χαρακτηρίζεται ως Εντολή Πακέτου «γονέα». Τα τμήματα του ίδιου MTU με υψηλότερη Τιμή ορίζονται ως Εντολές Πακέτου «παιδιά» της παραπάνω Εντολής Πακέτου «γονέα».

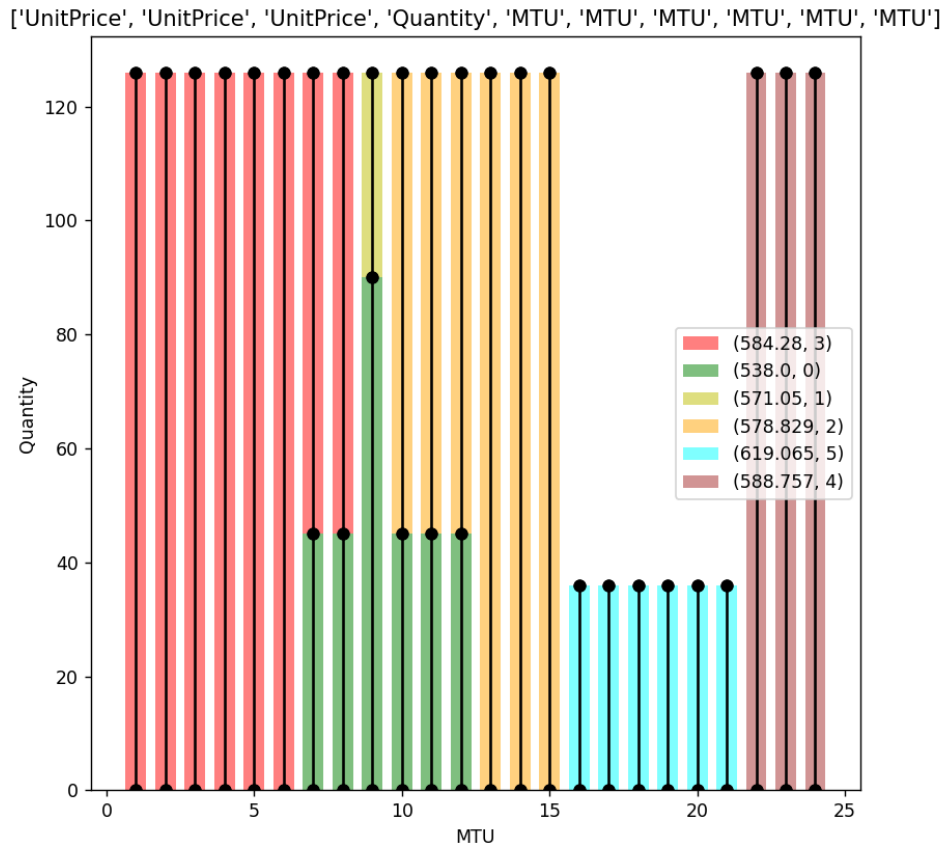
Στην περίπτωση που με την παραπάνω μεθοδολογία σε μία εντολή «παιδί» αντιστοιχηθούν δύο ή παραπάνω εντολές «γονέα», τότε επιλέγεται μια από αυτές με τα εξής κατά σειρά κριτήρια:

1. MTUs επικάλυψης μεταξύ Εντολής Πακέτου «παιδιού» και Εντολής Πακέτου υποψήφιου «γονέα».
2. Χαμηλότερη Τιμή Εντολής Πακέτου υποψήφιου «γονέα».

Στην ιδιαίτερη περίπτωση που μια Εντολή Πακέτου επικαλύπτει (είναι πιο ακριβή) μια άλλη Εντολή Πακέτου για κάποια MTUs και για κάποια άλλα δεν επικαλύπτει καμία, τότε υπάρχουν δύο εναλλακτικές επιλογές: α) να χρησιμοποιηθεί ως Εντολή Πακέτου «φύλλο» ή β) να θεωρηθεί «παιδί» της εντολής που επικαλύπτει. Η επιλογή έχει ως βασικό κριτήριο τα MTUs επικάλυψης ή μη ως προς την άλλη εντολή. Εάν δεν μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα σύμφωνα με αυτό το κριτήριο, επιλέγεται να εισαχθεί ως Εντολή Πακέτου «παιδί» της επικαλυπτόμενης εντολής.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της παραπάνω μεθόδου φαίνεται στις εικόνες που ακολουθούν. Σε αυτήν την περίπτωση για την πορτοκαλί Εντολή Πακέτου (UnitPrice = 578,8287 €/MWh) υπάρχουν δύο εναλλακτικές επιλογές: α) να χρησιμοποιηθεί ως Εντολή Πακέτου «φύλλο» ή β) να θεωρηθεί «παιδί» της εντολής με το πράσινο χρώμα (UnitPrice = 538 €/MWh). Σύμφωνα με τα

παραπάνω κριτήρια επιλέχθηκε να είναι «παιδί» της εντολή με το πράσινο χρώμα. Αντιθέτως, η κόκκινη Εντολή Πακέτου (UnitPrice = 584,28029 €/MWh) επιλέχθηκε να εισαχθεί ως Εντολή Πακέτου «φύλλο».



Σχήμα 12. Παράδειγμα δημιουργίας Εντολών Πακέτου για μια Μονάδα

	OrderId	DDay	MTU	OrderSideName	Quantity	UnitPrice	AR	Cluster	ParentId
0	22284634257	10/12/2022	1	Sell	126	584.28029	0	3	0
1	22284634257	10/12/2022	2	Sell	126	584.28029	0	3	0
2	22284634257	10/12/2022	3	Sell	126	584.28029	0	3	0
3	22284634257	10/12/2022	4	Sell	126	584.28029	0	3	0
4	22284634257	10/12/2022	5	Sell	126	584.28029	0	3	0
5	22284634257	10/12/2022	6	Sell	126	584.28029	0	3	0
6	22284634257	10/12/2022	7	Sell	81	584.28029	0	3	0
7	22284634259	10/12/2022	7	Sell	45	538.00000	0	0	0
8	22284634257	10/12/2022	8	Sell	81	584.28029	0	3	0
9	22284634259	10/12/2022	8	Sell	45	538.00000	0	0	0
10	22284634259	10/12/2022	9	Sell	90	538.00000	0	0	0
11	22284634258	10/12/2022	9	Sell	36	571.05000	0	1	22284634259
12	22284634259	10/12/2022	10	Sell	45	538.00000	0	0	0
13	22284634260	10/12/2022	10	Sell	81	578.82870	0	2	22284634259
14	22284634259	10/12/2022	11	Sell	45	538.00000	0	0	0
15	22284634260	10/12/2022	11	Sell	81	578.82870	0	2	22284634259
16	22284634259	10/12/2022	12	Sell	45	538.00000	0	0	0
17	22284634260	10/12/2022	12	Sell	81	578.82870	0	2	22284634259
18	22284634260	10/12/2022	13	Sell	126	578.82870	0	2	22284634259
19	22284634260	10/12/2022	14	Sell	126	578.82870	0	2	22284634259
20	22284634260	10/12/2022	15	Sell	126	578.82870	0	2	22284634259
21	22284634262	10/12/2022	16	Sell	36	619.06500	0	5	0
22	22284634262	10/12/2022	17	Sell	36	619.06500	0	5	0
23	22284634262	10/12/2022	18	Sell	36	619.06500	0	5	0
24	22284634262	10/12/2022	19	Sell	36	619.06500	0	5	0
25	22284634262	10/12/2022	20	Sell	36	619.06500	0	5	0
26	22284634262	10/12/2022	21	Sell	36	619.06500	0	5	0
27	22284634261	10/12/2022	22	Sell	126	588.75667	0	4	0
28	22284634261	10/12/2022	23	Sell	126	588.75667	0	4	0
29	22284634261	10/12/2022	24	Sell	126	588.75667	0	4	0

Εικόνα 2. Δημιουργία Συνδεδεμένων Εντολών Πακέτου μεταξύ εντολών ίδιας "πλευράς".

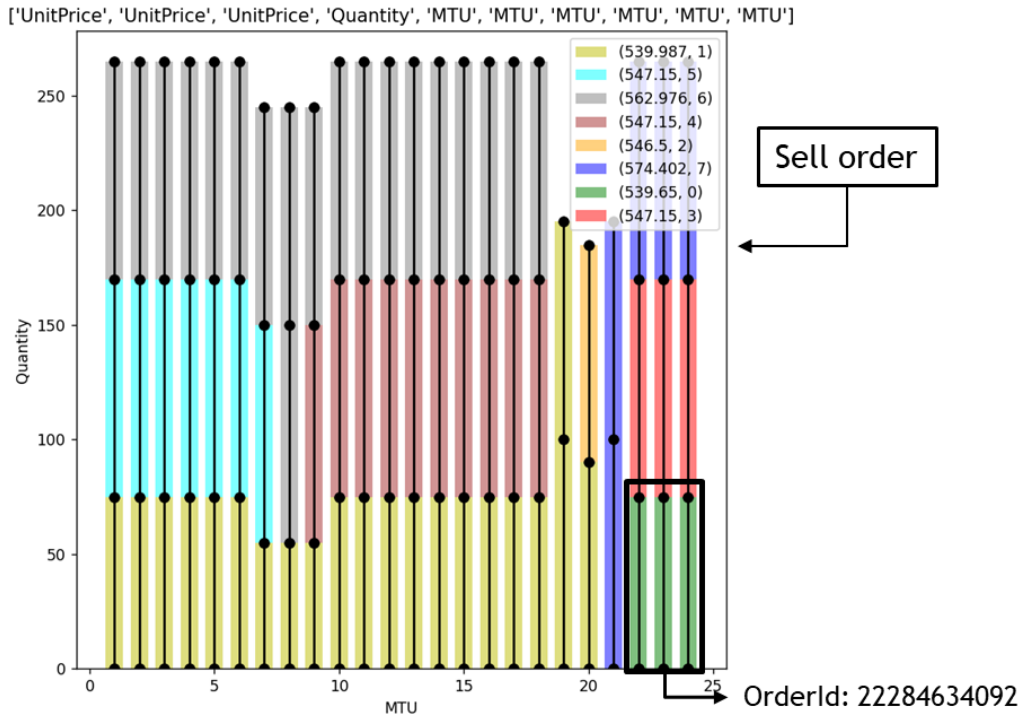
3.4.2 ΜΕΤΑΞΥ ΕΝΤΟΛΩΝ ΑΝΤΙΘΕΤΗΣ «ΠΛΕΥΡΑΣ»

Στην περίπτωση που επιθυμούμε να συνδέσουμε Εντολές Πακέτου αντίθετης «πλευράς» ακολουθείται η εξής διαδικασία:

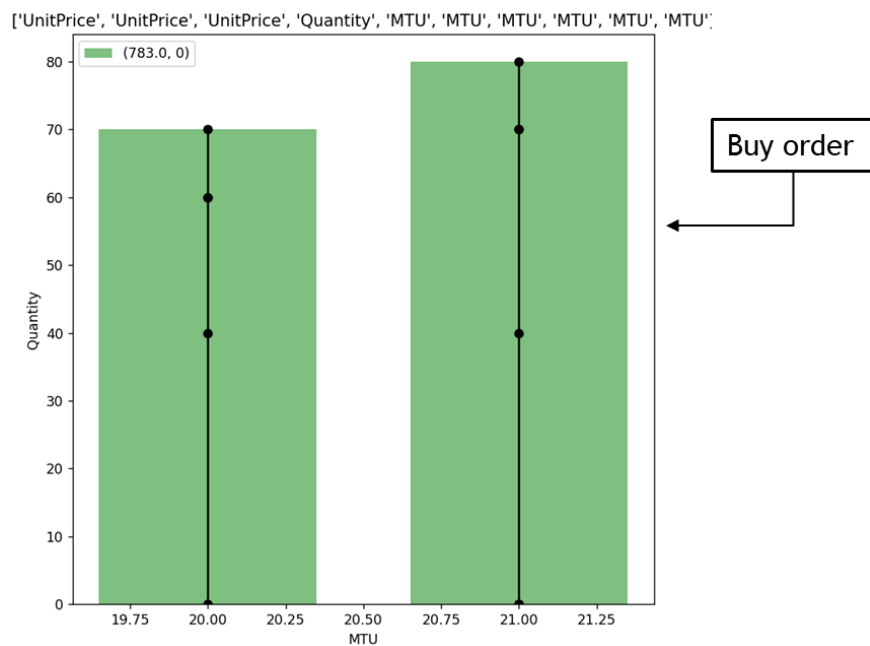
1. Οι αρχικές Ωριαίες Υβριδικές Εντολές πώλησης μετατρέπονται σε Εντολές Πακέτου σύμφωνα με την Βασική Μεθοδολογία.
2. Οι αρχικές Ωριαίες Υβριδικές Εντολές αγοράς μετατρέπονται σε μία (#1) Εντολή Πακέτου σύμφωνα με την Βασική Μεθοδολογία.
3. Σύνδεση της Εντολής Πακέτου αγοράς που δημιουργήθηκε με Εντολή Πακέτου πώλησης με την χαμηλότερη Τιμή για την αντίστοιχη¹ μονάδα/χαρτοφυλάκιο.

¹ Αφορά την περίπτωση των Μονάδων με δυνατότητα αντίστροφης λειτουργίας.

Ένα παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου δίνεται παρακάτω. Συγκεκριμένα, η φτηνότερη Εντολή Πακέτου πώλησης που έχει δημιουργηθεί συνδέεται με την μοναδική Εντολή Πακέτου αγοράς. Η εντολή πώλησης αποτελεί την εντολή «γονέα», ενώ η εντολή αγοράς την εντολή «παιδί».



Σχήμα 13. Παράδειγμα Συνδεδεμένων Εντολών Πακέτων - Εντολές Πακέτου πώλησης



Σχήμα 14. Παράδειγμα Συνδεδεμένων Εντολών Πακέτων - Εντολή Πακέτου αγοράς

	ORDERID	MTU	ORDER SIDE NAME	QUANTITY	UNIT PRICE	MAR	CLUSTER (BLOCK ORDER ID)	PARENT ID
1	23020641273	20	Buy	70	783.00	0	0	22284634092
2	23020641273	21	Buy	80	783.00	0	0	22284634092

Πίνακας 5. Δημιουργία Συνδεδεμένων Εντολών Πακέτου αντίθετης "πλευράς"

3.5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΕΝΤΟΛΩΝ

ΠΑΚΕΤΟΥ

Τέλος, για τις Αποκλειστικές Ομάδες Εντολών Πακέτου ακολουθείται, αρχικά, η μεθοδολογία όπως αυτή εφαρμόστηκε για την δημιουργία των Εντολών Πακέτου. Στην συνέχεια, για κάθε Εντολή Πακέτου που έχει δημιουργηθεί, δημιουργούνται δύο διαφορετικές εντολές με διαφοροποιημένη Τιμή, μία φτηνότερη και μία ακριβότερη, βάσει ενός προκαθορισμένου ποσοστού. Οι καινούριες δύο Εντολές Πακέτου που δημιουργούνται υποβάλλονται μαζί με την αρχική Εντολή Πακέτου από την οποία δημιουργήθηκαν ως μία Αποκλειστική Ομάδα Εντολών Πακέτου.

4. ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Στο παρόν κεφάλαιο θα οριστούν οι Δείκτες με βάση τους οποίους θα γίνει η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, που θα προκύψουν από την αλλαγή του μείγματος των εντολών στην Αγορά Επόμενης Ημέρας. Οι ακόλουθοι Δείκτες θα χρησιμοποιηθούν αφενός για την σύγκριση των αποτελεσμάτων των υπό μελέτη σεναρίων με τα αποτελέσματα όπως αυτά προκύπτουν χωρίς κάποια μετατροπή των προσφορών (αποτελέσματα υποβολής αρχικού Βιβλίου Εντολών), αφετέρου για την σύγκριση των αποτελεσμάτων των σεναρίων μεταξύ τους.

4.1 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΙΜΗΣ ΕΚΚΑΘΑΡΙΣΗΣ

Ο πιο σημαντικός δείκτης για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων είναι η διαμόρφωση της Τιμής Εκκαθάρισης. Συγκεκριμένα, για κάθε σενάριο σε επίπεδο εβδομάδας θα εξαχθούν στατιστικά που αφορούν:

- a) Την Μέση τιμή Τιμής Εκκαθάρισης
- b) Την Τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης

Επιπλέον, θα παρουσιαστούν χρονοσειρές με την μέση τιμή της Τιμής Εκκαθάρισης προκειμένου να φανεί η διακύμανση της για τα διάφορα υπό εξέταση σενάρια.

4.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΓΕΘΩΝ ΑΓΟΡΑΣ

Για την συσχέτιση των μεγεθών της αγοράς, γίνεται χρήση του συντελεστή συσχέτισης του Pearson (PCC - Pearson correlation coefficient)^[7]. Η συσχέτιση του Pearson είναι μια στατιστική μέτρηση που αξιολογεί την στενή γραμμική σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών. Πρόκειται για έναν αριθμό που κυμαίνεται από -1 έως 1 και δείχνει τη δύναμη και την κατεύθυνση της γραμμικής σχέσης μεταξύ των μεταβλητών.

- Όταν η τιμή της συσχέτισης είναι κοντά στο 1, υπάρχει θετική γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Αυτό σημαίνει ότι όταν η μία μεταβλητή αυξάνεται, η άλλη τείνει να αυξάνεται επίσης.
- Όταν η τιμή της συσχέτισης είναι κοντά στο -1, υπάρχει αρνητική γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Αυτό σημαίνει ότι όταν η μία μεταβλητή αυξάνεται, η άλλη τείνει να μειώνεται.

- Όταν η τιμή της συσχέτισης είναι κοντά στο 0, δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Αυτό δείχνει ότι οι μεταβλητές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία^[8], για τις διάφορες τιμές του συντελεστή Pearson ισχύουν οι ακόλουθες συσχετίσεις:

- $0 < PCC < 0.3$ καθόλου συσχέτιση
- $0.3 < PCC < 0.5$ ασθενής συσχέτιση
- $0.5 < PCC < 0.7$ μέτρια συσχέτιση
- $0.7 < PCC < 1$ ισχυρή συσχέτιση

Ως μια ένδειξη της αξιοπιστίας της συσχέτισης Pearson χρησιμοποιήθηκε η p-τιμή (p-value) που παρέχει πληροφορίες σχετικά με το εάν η συσχέτιση που παρατηρείται είναι στατιστικά σημαντική ή απλώς αποτέλεσμα τυχαίας διακύμανσης. Συγκεκριμένα:

- Όταν η p-τιμή είναι πολύ μικρή (συνήθως $< 0,05$), αυτό υποδηλώνει ότι η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών είναι πιθανότατα πραγματική και όχι απλώς τυχαία. Σε αυτήν την περίπτωση συμπεραίνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική γραμμική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.
- Όταν η p-τιμή είναι μεγάλη (συνήθως $\geq 0,05$), αυτό υποδηλώνει ότι η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών δεν είναι πιθανότατα πραγματική και μπορεί να είναι αποτέλεσμα τυχαίας διακύμανσης. Σε αυτήν την περίπτωση, δεν μπορεί να συμπεράνει κάποιος ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση.

Αρχικά, επιλέχθηκε να πραγματοποιηθούν συσχετίσεις μεταξύ της Τιμής Εκκαθάρισης και διαφόρων μεγεθών της αγοράς όπως:

- η ποσότητα πώλησης που προέρχεται από κυρτές εντολές (αντιστοιχούν στις Ωριαίες Υβριδικές Εντολές) και έχει εκπληρωθεί,
- η ποσότητα πώλησης που προέρχεται από μη κυρτές εντολές (αντιστοιχούν στις Εντολές Πακέτου) και έχει εκπληρωθεί,
- η ποσότητα αγοράς που προέρχεται από κυρτές εντολές και έχει εκπληρωθεί,

- η ποσότητα αγοράς που προέρχεται από μη κυρτές εντολές και έχει εκπληρωθεί και
- ο λόγος μη κυρτών προς κυρτών ποσοτήτων πώλησης που έχουν εκπληρωθεί.

Οι παραπάνω συσχετίσεις θα προσδιοριστούν για κάθε σενάριο σε επίπεδο εβδομάδας. Για την ορθή αξιολόγηση τους θα πρέπει, σε πρώτη φάση, να ελεγχθεί η συσχέτιση μεταξύ της Τιμής Εκκαθάρισης και των παραπάνω μεγεθών, στην περίπτωση που δεν υπάρχει καμία μεταβολή στο αρχικό Βιβλίο Εντολών. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται ξεκάθαρο ποια μεγέθη εμφανίζουν ισχυρή και πραγματική συσχέτιση. Αυτά θα είναι και τα μεγέθη, των οποίων οι συσχετίσεις με την Τιμή Εκκαθάρισης θα μελετηθούν και για τα υπόλοιπα σενάρια όπου εφαρμόζονται τροποποιήσεις στο Βιβλίο Εντολών.

Στην συνέχεια, θα προσδιοριστούν συσχετίσεις μεταξύ της Τιμής Εκκαθάρισης και του Καθαρού Φορτίου για κάθε σενάριο σε επίπεδο εβδομάδας. Το Καθαρό Φορτίο εκφράζει την ποσότητα ενέργειας που υποβάλλεται στην Αγορά Επόμενης Ημέρας σε τιμές που είναι ανταγωνιστικές και στην παρούσα εργασία ορίζεται ως εξής:

$$NET\ LOAD = PPT_{BUY} + PPT_{LOSSES} + NDL_{BUY} + TRADERS_{BUY} - PPT_{SELL} - RES - TRADERS_{SELL}$$

Όπου:

- **PPT_{BUY}**: Οι PPT εντολές πώλησης που υποβάλλονται από ή εκ μέρους των συμμετεχόντων
- **PPT_{LOSSES}**: Οι PPT εντολές αγοράς που αντιπροσωπεύουν τις απώλειες του δικτύου μεταφοράς
- **NDL_{BUY}**: Οι εντολές αγοράς των εκπροσώπων των χαρτοφυλακίων φορτίου
- **TRADERS_{BUY}**: Οι εντολές αγοράς των εμπόρων στις μη συζευγμένες διασυνδέσεις (συμπεριλαμβάνονται και οι εντολές PPTs λόγω των Βραχυπρόθεσμων Δικαιωμάτων Μεταφοράς)
- **PPT_{SELL}**: Οι PPT εντολές αγοράς που υποβάλλονται από ή εκ μέρους των συμμετεχόντων
- **RES**: Οι εντολές πώλησης των εκπροσώπων των μη καταναμημένων χαρτοφυλακίων παραγωγής

- **TRADERSSELL:** Οι εντολές πώλησης των εμπορών στις μη συζευγμένες διασυνδέσεις (συμπεριλαμβάνονται και οι εντολές PPTs λόγω των Βραχυπρόθεσμων Δικαιωμάτων Μεταφοράς)

4.3 ΠΑΡΑΔΟΞΩΣ ΑΠΟΡΡΙΠΤΕΕΣ ΕΝΤΟΛΕΣ ΠΑΚΕΤΟΥ (PRB)

Οι τελευταίοι δείκτες αξιολόγησης των αποτελεσμάτων που θα χρησιμοποιηθούν αφορούν τις Παραδόξως Απορριπτέες Εντολές Πακέτου (PRBs) που προκύπτουν μετά την επίλυση του αλγορίθμου. Συγκεκριμένα, θα ελεγχθούν:

- Ο αριθμός των Παραδόξως Απορριπτέων Εντολών Πακέτου για κάθε σενάριο σε επίπεδο εβδομάδας.
- Το Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας (Lost Opportunity Cost)^[9] λόγω των Παραδόξως Απορριπτέων Εντολών Πακέτου. Το Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας ανά Εντολή Πακέτου ορίζεται ως το γινόμενο $Delta_P$ επί τον όγκο της Εντολής Πακέτου που απορρίφθηκε παραδόξως ($Q_{b,t}$). Ο Δείκτης $Delta_P$ αποτελεί μια ένδειξη του πόσο «βαθιά» απορριπτέες είναι οι Παραδόξως Απορριπτέες Εντολές Πακέτου. Η τιμή του Δείκτη $Delta_P$ υπολογίζεται από την διαφορά μεταξύ της τιμής της Εντολής Πακέτου (P_b) και της Τιμής Εκκαθάρισης της συγκεκριμένης Αγοράς και ώρας (mcp_t), σταθμισμένη με τον όγκο της Εντολής Πακέτου ($Q_{b,t}$). Το LOC ουσιαστικά, εκφράζει το χαμένο πλεόνασμα της Παραδόξως Απορριπτέας Εντολής Πακέτου και ορίζεται για κάθε Εντολή Πακέτου ως εξής^[4]:

$$Delta_P_b = \left| \frac{\sum_t Q_{b,t} mcp_t}{\sum_t Q_{b,t}} - P_b \right|$$

$$LOC = Delta_P_b * Q_{b,t}$$

5. ΣΕΝΑΡΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΩΝ

Όπως αναφέρθηκε και στο 2^ο Κεφάλαιο, η συμμετοχή στην Αγορά Επόμενης Ημέρας είναι προαιρετική για όλους τους Συμμετέχοντες εκτός από τους εγγεγραμμένους στο Μητρώο Συμμετεχόντων Παραγωγούς. Οι Συμμετέχοντες μπορούν να συμμετάσχουν στην Αγορά Επόμενης Ημέρας υποβάλλοντας εντολές αγοράς ή πώλησης, είτε για τις μονάδες και τα χαρτοφυλάκια τους, είτε εμπορευόμενοι ενέργεια σε μη συζευγμένες διασυνδέσεις, όπου έχουν αποκτήσει Βραχυχρόνια Φυσικά Δικαιώματα Μεταφοράς.

Οι Μονάδες και τα Χαρτοφυλάκια των Συμμετεχόντων διαθέτουν κάποια χαρακτηριστικά που δίνουν την δυνατότητα για τον διαχωρισμό τους σε ευρύτερες κατηγορίες, πάνω στις οποίες θα βασιστούν τα σενάρια της μελέτης. Ένα βασικό χαρακτηριστικό των Μονάδων είναι η ευελιξία τους, η δυνατότητα δηλαδή αφενός να μπορούν να μεταβάλλουν την ποσότητα της ενέργειας που παράγουν σε σύντομο χρονικό διάστημα, αφετέρου η αμεσότητα που μπορούν να τροφοδοτήσουν το σύστημα με ενέργεια από κατάσταση μηδενικής παραγωγής. Ένα άλλο χαρακτηριστικό, πάνω στο οποίο μπορεί να βασιστεί η κατηγοριοποίηση των Μονάδων Παραγωγής, είναι το σύνολο της Διαθέσιμης Ισχύος τους. Επιπλέον, ένα σημαντικό κριτήριο είναι ο πιθανός ενεργειακός περιορισμός κάποιων Μονάδων. Τέλος, κάποια άλλα χαρακτηριστικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατηγοριοποίηση είναι ο Βαθμός Απόδοσης των Μονάδων, οι Ρύποι που εκπέμπουν και αν οι Μονάδες παράγουν ή απορροφούν ενέργεια.

Βάσει των παραπάνω έγινε η ακόλουθη κατηγοριοποίηση:

- **Μονάδες Τύπου Α:** Ευέλικτες μονάδες μηδενικών ρύπων με ενεργειακούς περιορισμούς και δυνατότητα αντίστροφης λειτουργίας.
- **Μονάδες Τύπου Β:** Ευέλικτες μονάδες μηδενικών ρύπων με ενεργειακούς περιορισμούς.
- **Μονάδες Τύπου Γ:** Αργές μονάδες χαμηλού βαθμού απόδοσης και υψηλών ρύπων.
- **Μονάδες Τύπου Δ:** Ευέλικτες μονάδες υψηλού βαθμού απόδοσης και χαμηλών ρύπων.
- **Μονάδες Τύπου Ε:** Ευέλικτες μονάδες χαμηλής χωρητικότητας και βαθμού απόδοσης.
- **Χαρτοφυλάκια Τύπου Α:** Χαρτοφυλάκια Μη Κατανεμόμενης Παραγωγής.

- **Χαρτοφυλάκια Τύπου Β:** Χαρτοφυλάκια Κατανεμόμενης Παραγωγής.
- **Χαρτοφυλάκια Τύπου Γ:** Χαρτοφυλάκια Μη Κατανεμόμενης Κατανάλωσης.
- **Έμποροι:** Έμποροι που έχουν αποκτήσει Βραχυχρόνια Φυσικά Δικαιώματα Μεταφοράς σε μη συζευγμένες διασυνδέσεις χωρίς να έχουν στην κατοχή τους κάποια μονάδα ή χαρτοφυλάκιο.

5.2 ΣΕΝΑΡΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στην συνέχεια είναι απαραίτητο να οριστούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εντολών που θα δημιουργηθούν για την κάθε προς εξέταση κατηγορία μονάδων και χαρτοφυλακίων. Τα χαρακτηριστικά των νέων εντολών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
-	BO_00	Βιβλίο Εντολών χωρίς μεταβολές	-
ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΥΠΟΥ Α	BO_01a	Εντολές Πακέτου	Ελαχ. Ποσ. Αποδ. = 100% ² Αρ. Εντολών Πακέτου = Απεριόριστος
	BO_01b	Συνδεδεμένες Εντολές Πακέτου: Αγορά → Εντολές Πακέτου Πώληση → Εντολές Πακέτου	Ελαχ. Ποσ. Αποδ. «Γονέων» = (Υποσημείωση 2) Ελαχ. Ποσ. Αποδ. «Παιδιών» = (Υποσημείωση 2) Αρ. Εντολών Πακέτου Αγοράς = 1 Αρ. Εντολών Πακέτου Πώλησης = Απεριόριστος
ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΥΠΟΥ Β	BO_02a	Εντολές Πακέτου	Ελαχ. Ποσ. Αποδ. = (Υποσημείωση 2) Αρ. Εντολών Πακέτου = Απεριόριστος
	BO_02b	Συνδεδεμένες Εντολές Πακέτου	Ελαχ. Ποσ. Αποδ. («γονέων» & «παιδιών») = (Υποσημείωση 2) Αρ. Εντολών Πακέτου = Απεριόριστος
	BO_02c	Αποκλειστικές Ομάδες Εντολών Πακέτου	Ελαχ. Ποσ. Αποδ. («γονέων» & «παιδιών») = (Υποσημείωση 2) Αρ. Εντολών Πακέτου «Γονέων» = Απεριόριστος

² Επιλέγεται σύμφωνα με την Προσομοίωση που εξετάζεται.

			Αρ. Εντολών Πακέτου «Παιδιού» = Απεριόριστος Απόκλιση Τιμής (%) = 2
ΕΜΠΟΡΟΙ	BO_03a	Εντολές Πακέτου	Ελαχ. Ποσ. Αποδ. = (Υποσημείωση 2) Αρ. Εντολών Πακέτου = Απεριόριστος
ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΑ ΤΥΠΟΥ Α	BO_04a	Εντολές Πακέτου	Ελαχ. Ποσ. Αποδ. = (Υποσημείωση 2) Αρ. Εντολών Πακέτου = Απεριόριστος
ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΑ ΤΥΠΟΥ Γ	BO_05a	Εντολές Πακέτου	Ελαχ. Ποσ. Αποδ. = (Υποσημείωση 2) Αρ. Εντολών Πακέτου = Απεριόριστος

Πίνακας 6. Κατηγοριοποίηση Μονάδων και Χαρτοφυλακίων

Οι διάφορες τροποποιήσεις για την κάθε κατηγορία του Πίνακα 5 θα χρησιμοποιηθούν για να δομηθούν τα σενάρια των Προσομοιώσεων.

Οι περίοδοι μελέτης επιλέχθηκαν να είναι 3 βδομάδες του έτους 2022. Οι συγκεκριμένες εβδομάδες επιλέχθηκαν έτσι ώστε να είναι ενδεικτικές ως προς τις περιπτώσεις:

- Χαμηλής παραγωγής ΑΠΕ και υψηλού φορτίου (17/01/2022 – 23/01/2022),
- Μέτριας παραγωγής ΑΠΕ και φυσιολογικά επίπεδα φορτίου (19/03/2022 – 25/03/2022) και
- Υψηλής παραγωγής ΑΠΕ και υψηλού φορτίου (21/07/2022 – 27/07/2022)

Για καθεμία από τις παραπάνω περιόδους πραγματοποιήθηκαν 9 Σενάρια. Σε κάθε σενάριο εξετάστηκαν συγκεκριμένα περιπτώσεις τροποποίησης του υποβαλλόμενου Βιβλίου Εντολών στον αλγόριθμο επίλυσης τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα:

ΣΕΝΑΡΙΑ	ΤΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	BO_00
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	BO_01a
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	BO_01b
ΣΕΝΑΡΙΟ 4	BO_01a BO_02a
ΣΕΝΑΡΙΟ 5	BO_01a BO_02b

ΣΕΝΑΠΙΟ 6	BO_01a BO_02c
ΣΕΝΑΠΙΟ 7	BO_01a BO_02a BO_03a
ΣΕΝΑΠΙΟ 8	BO_01a BO_02a BO_03a BO_05a
ΣΕΝΑΠΙΟ 9	BO_01a BO_02a BO_03a BO_04a BO_05a

Πίνακας 7. Σενάρια – Τροποποιήσεις

Σενάριο 1: Οι υποβαλλόμενες εντολές είναι οι ίδιες ακριβώς με αυτές που υποβλήθηκαν για την αντίστοιχη παραγωγική ημέρα.

Σενάριο 2: Τροποποιήσεις πραγματοποιούνται μόνο στις εντολές που υποβλήθηκαν εκ μέρους των Μονάδων Τύπου Α. Οι συγκεκριμένες εντολές υποβλήθηκαν ως Εντολές Πακέτου.

Σενάριο 3: Τροποποιήσεις πραγματοποιούνται μόνο στις εντολές που υποβλήθηκαν εκ μέρους των Μονάδων Τύπου Α. Οι συγκεκριμένες εντολές υποβλήθηκαν ως Συνδεδεμένες Εντολές Πακέτου μεταξύ των εντολών αγοράς και πώλησης για την κάθε μονάδα.

Σενάριο 4: Τροποποιήσεις πραγματοποιούνται μόνο στις εντολές που υποβλήθηκαν εκ μέρους των Μονάδων Τύπου Α και Β. Οι συγκεκριμένες εντολές υποβλήθηκαν ως Εντολές Πακέτου.

Σενάριο 5: Τροποποιήσεις πραγματοποιούνται μόνο στις εντολές που υποβλήθηκαν εκ μέρους των Μονάδων Τύπου Α και Β. Οι εντολές των Μονάδων Τύπου Α υποβλήθηκαν ως Εντολές Πακέτου. Οι εντολές των Μονάδων Τύπου Β υποβλήθηκαν ως Συνδεδεμένες Εντολές Πακέτου.

Σενάριο 6: Τροποποιήσεις πραγματοποιούνται μόνο στις εντολές που υποβλήθηκαν εκ μέρους των Μονάδων Τύπου Α και Β. Οι εντολές των Μονάδων Τύπου Α υποβλήθηκαν ως Εντολές Πακέτου. Οι εντολές των Μονάδων Τύπου Β υποβλήθηκαν ως Αποκλειστικές Ομάδες Εντολών Πακέτου.

Σενάριο 7: Τροποποιήσεις πραγματοποιούνται μόνο στις εντολές που υποβλήθηκαν εκ μέρους των Μονάδων Τύπου Α, Β και των Εμπόρων. Οι συγκεκριμένες εντολές υποβλήθηκαν ως Εντολές Πακέτου.

Σενάριο 8: Το Βιβλίο Εντολών που χρησιμοποιήθηκε είναι όμοιο με του Σεναρίου 7 προσθέτοντας τροποποιήσεις και για τις εντολές των Χαρτοφυλακίων Τύπου Γ. Οι συγκεκριμένες εντολές υποβλήθηκαν ως Εντολές Πακέτου.

Σενάριο 9: Το τελευταίο σενάριο περιλαμβάνει τις μετατροπές του Σεναρίου 8 και μετατροπές που αφορούν τις εντολές που υποβλήθηκαν εκ μέρους των Χαρτοφυλακίων Τύπου Α. Οι συγκεκριμένες εντολές υποβλήθηκαν ως Εντολές Πακέτου. Αποτελεί το Σενάριο στο οποίο Εντολές Πακέτου υποβάλλονται από όλους τους συμμετέχοντες στην ΑΕΗ.

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 6 Προσομοιώσεις, με διαφορετικές προδιαγραφές η κάθε μία, και για τα 9 Σενάρια. Τα χαρακτηριστικά της κάθε Προσομοίωσης φαίνονται παρακάτω:

1. Προσομοίωση 1 με τα εξής χαρακτηριστικά:
 - Μέση διάρκεια Εντολών Πακέτου $\approx 6,7$ MTUs
 - $MAR = 0\%$ ³
 - Ελληνική Ζώνη Προσφορών σε Σύζευξη (Coupled)

2. Προσομοίωση 2 με τα εξής χαρακτηριστικά:
 - Μέση διάρκεια Εντολών Πακέτου $\approx 10,6$ MTUs
 - $MAR = 0\%$
 - Ελληνική Ζώνη Προσφορών σε Σύζευξη (Coupled)

3. Προσομοίωση 3 με τα εξής χαρακτηριστικά:
 - Μέση διάρκεια Εντολών Πακέτου $\approx 10,6$ MTUs
 - $MAR = 100\%$

³ Αφορά τις δημιουργημένες σύμφωνα με την βασική μεθοδολογία Εντολές Πακέτου. Οι ήδη υπάρχουσες Εντολές Πακέτου διατηρούν το Ελάχιστο Ποσοστό Αποδοχής τους από την αρχική του υποβολή.

- Ελληνική Ζώνη Προσφορών σε Σύζευξη (Coupled)
4. Προσομοίωση 4 με τα εξής χαρακτηριστικά:
- Χρήση μίας (#1) Εντολής Πακέτου για κάθε μονάδα/χαρτοφυλάκιο
 - MAR = 100%
 - Ελληνική Ζώνη Προσφορών σε Σύζευξη (Coupled)
5. Προσομοίωση 5 με τα εξής χαρακτηριστικά:
- Μέση διάρκεια Εντολών Πακέτου $\approx 10,6$ MTUs
 - MAR = 100%
 - Ελληνική Ζώνη Προσφορών απομονωμένη (Isolated)
6. Προσομοίωση 6 με τα εξής χαρακτηριστικά:
- Χρήση μίας (#1) Εντολής Πακέτου για κάθε μονάδα/χαρτοφυλάκιο
 - MAR = 100%
 - Ελληνική Ζώνη Προσφορών απομονωμένη (Isolated)

Σε πρώτη φάση εξετάστηκε η Προσομοίωση 1, καθώς θεωρήθηκε ότι σε αυτήν την περίπτωση οι νέες Εντολές Πακέτου θα είναι στην υψηλότερη δυνατή αντιστοιχία με τις Ωριαίες Υβριδικές Εντολές που αντικαθιστούν. Ωστόσο, εξετάζοντας την περίπτωση που περιγράφεται από τα χαρακτηριστικά της 2^{ης} Προσομοίωσης, διαπιστώθηκε ότι η αύξηση της διάρκειας των σχηματιζόμενων Εντολών Πακέτου δεν διαφοροποίησε τα αποτελέσματα σε σημαντικό βαθμό⁴. Βασιζόμενοι στην Προσομοίωση 2, κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστεί και η περίπτωση όπου οι

⁴ Τα αποτελέσματα των Προσομοιώσεων 1 και 2 παρουσιάζονται στο [Παράρτημα](#).

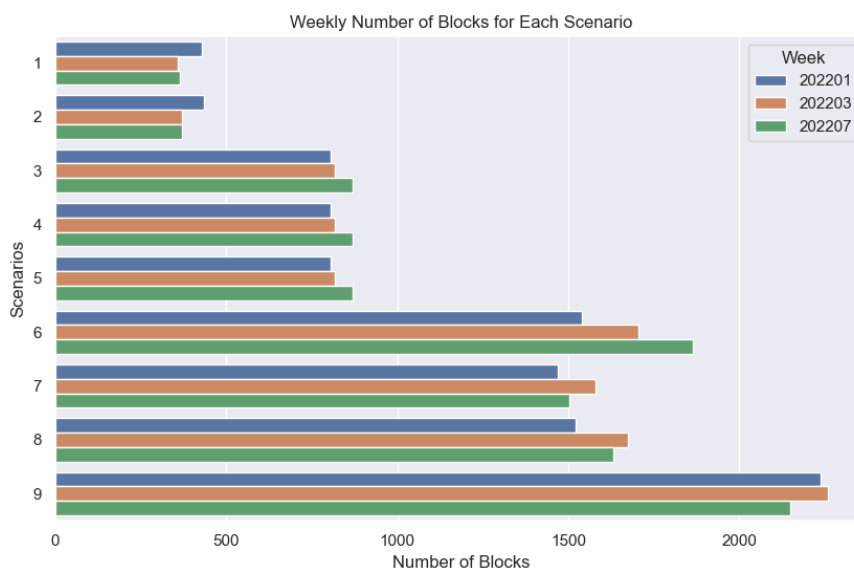
Εντολές Πακέτου είναι πιο δύσκολο να «εκκαθαριστούν», δηλαδή με $MAR = 100\%$. Τέλος, πραγματοποιήθηκαν και οι επιπλέον Προσομοιώσεις 4, 5 και 6 που έχουν υποστηρικτικό ρόλο και χρησιμοποιήθηκαν για επιβεβαιώσουν ορισμένα από τα συμπεράσματα που προέκυψαν.

Από τις παραπάνω προσομοιώσεις επιλέχθηκε να παρουσιαστεί η Προσομοίωση 3 καθώς αποτελεί το χειρότερο σενάριο σε σύγκριση τις πρώτες δύο προσομοιώσεις, ενώ παράλληλα τα χαρακτηριστικά της παραμένουν πιο ρεαλιστικά από αυτά των Προσομοιώσεων 4, 5 και 6.

5.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.3.1 ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΤΟΛΩΝ ΠΑΚΕΤΟΥ

Ο αριθμός των εντολών πακέτου που υποβάλλονται στο αναθεωρημένο Βιβλίο Εντολών του κάθε σεναρίου αυξάνεται όπως προβλεπόταν. Στο Σενάριο 2 παρατηρείται η μικρότερη αύξηση, δεδομένου ότι οι εντολές που υποβάλλονται από τις Μονάδες Τύπου Α είναι περιορισμένες σε πλήθος. Στα Σενάρια 3, 4 και 5, όπου οι Εντολές Πακέτου υποβάλλονται από τις Μονάδες Τύπου Α και Β, το συνολικό πλήθος σχεδόν διπλασιάζεται. Στην συνέχεια, στο Σενάριο 6 η δημιουργία Αποκλειστικών Ομάδων Εντολών Πακέτου για τις Μονάδες Τύπου Β οδηγεί σε μια ραγδαία αύξηση των συνολικών Εντολών Πακέτου. Στα Σενάρια 7, 8 και 9 παρατηρείται ομοίως μια, αναμενόμενη, αύξηση στον πλήθος των Εντολών Πακέτου, καθώς μετατρέπονται υβριδικές εντολές από όλο και περισσότερες κατηγορίες συμμετεχόντων.

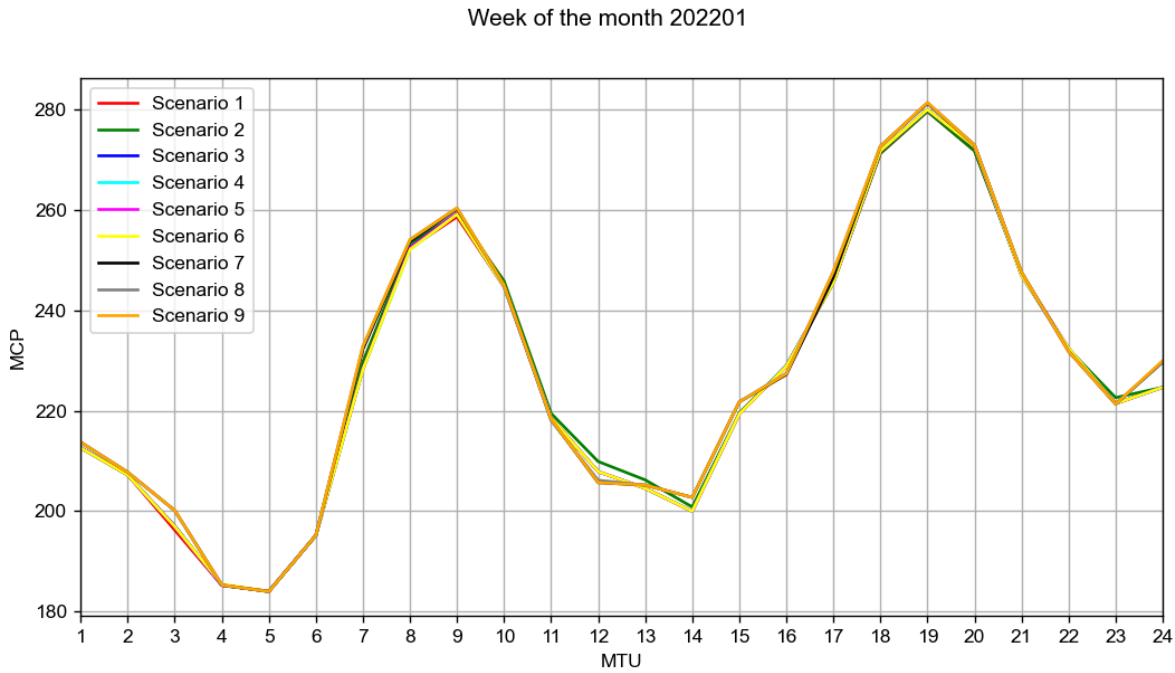


Σχήμα 15. Εβδομαδιαίος αριθμός Εντολών Πακέτου ανά Σενάριο (Προσομοίωση 3)

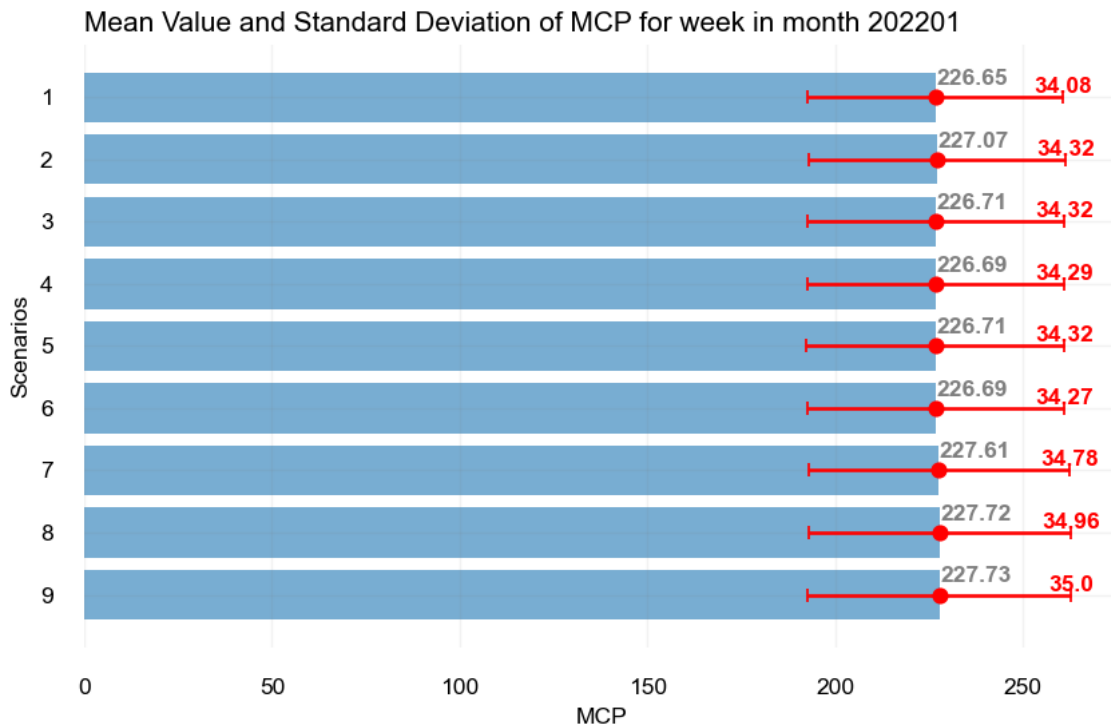
5.3.2 ΤΙΜΗ ΕΚΚΑΘΑΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ

Τα πρώτα αποτελέσματα που παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι τόσο η ωριαία μεταβολή της Τιμής Εκκαθάρισης όσο και ορισμένα στατιστικά στοιχεία σχετικά με την διακύμανσή της, για τις τρεις υπό μελέτη εβδομάδες. Συγκεκριμένα, και για τις τρεις εβδομάδες προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Το Σενάριο 2 έχει πολύ μικρή απόκλιση από το Σενάριο 1, αφενός ως προς την ωριαία διακύμανση, αφετέρου ως προς την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση της Τιμής Εκκαθάρισης. Ο μικρός αριθμός εντολών από τις Μονάδες Τύπου Α δεν μοιάζει ικανός να προκαλέσει αισθητές μεταβολές στα συγκεκριμένα μεγέθη.
- Τα Σενάρια 3, 4 και 5 που περιέχουν τις μετατροπές των εντολών των Μονάδων Τύπου Α και Β και την δημιουργία διασυνδέσεων, όπου αυτές μπορούν να εφαρμοστούν, φαίνεται να επηρεάζουν σε μικρό βαθμό την Τιμή Εκκαθάρισης και την τυπική απόκλιση της.
- Στο 6^ο Σενάριο η αύξηση του αριθμού των Εντολών Πακέτου, λόγω της δημιουργίας Αποκλειστικών Ομάδων Εντολών Πακέτου σύμφωνα με την μεθοδολογία του 3^{ου} Κεφαλαίου, δεν επιφέρει κάποια σημαντική μεταβολή στα μεγέθη της αγοράς που αφορούν την Τιμή Εκκαθάρισης.
- Το ίδιο αποτέλεσμα έχουν και οι Εντολές Πακέτου του Σεναρίου 7, που δημιουργήθηκαν από τις Ωριαίες Υβριδικές Εντολές των Εμπόρων.
- Τέλος, τα Σενάρια 8 και 9 εμφανίζουν πανομοιότυπη συμπεριφορά, ενώ σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σενάρια, και κυρίως με το Σενάριο 1, η χρήση Εντολών Πακέτου από τους εκπροσώπους του Μη Κατανεμόμενου Φορτίου δείχνει να αυξάνει σε ένα πολύ μικρό ποσοστό τόσο την διακύμανση όσο και την τυπική απόκλιση της Τιμής Εκκαθάρισης.

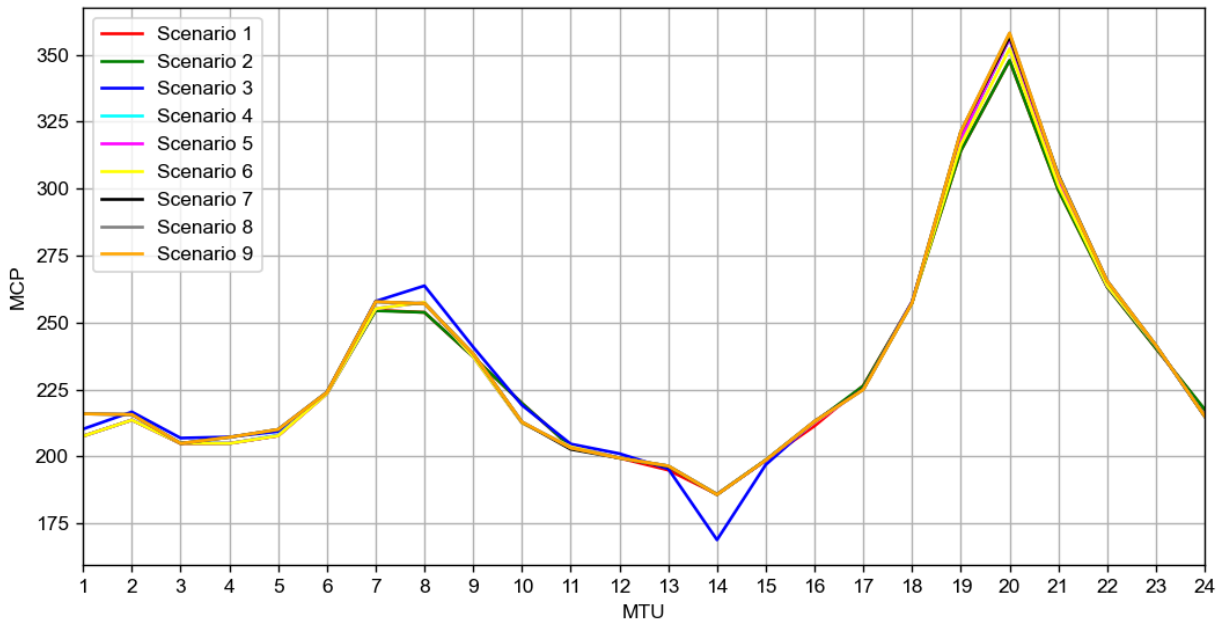


Σχήμα 16. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 3)

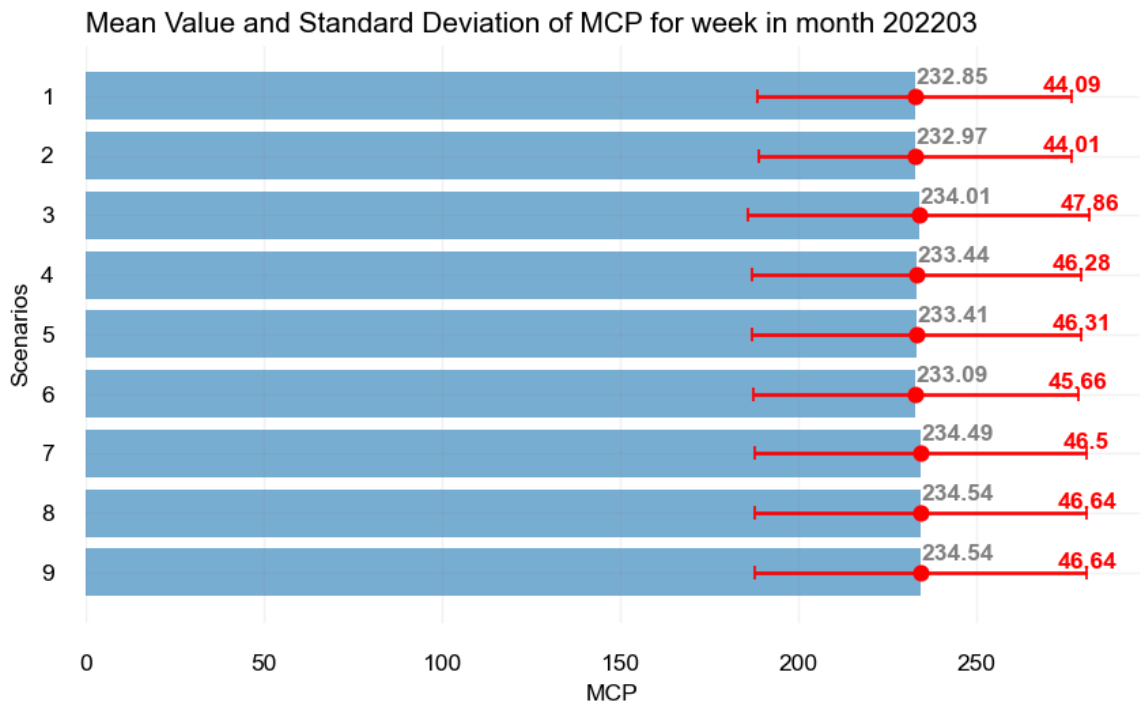


Σχήμα 17. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 3)

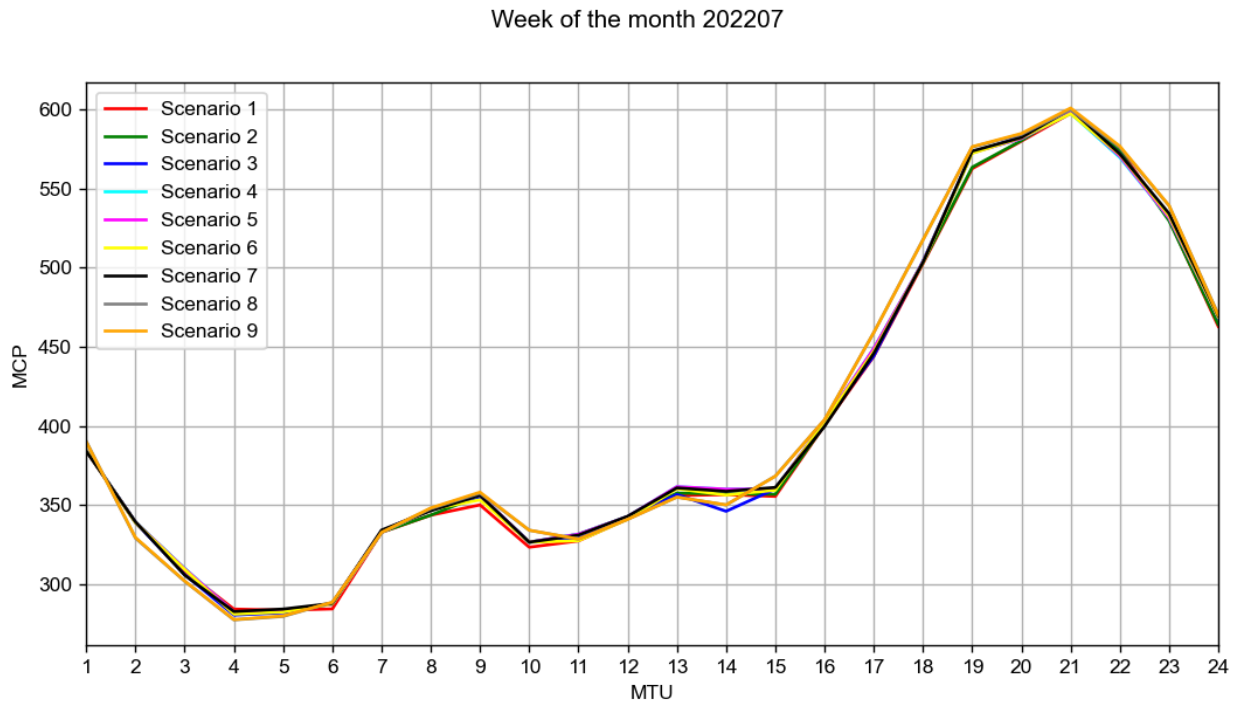
Week of the month 202203



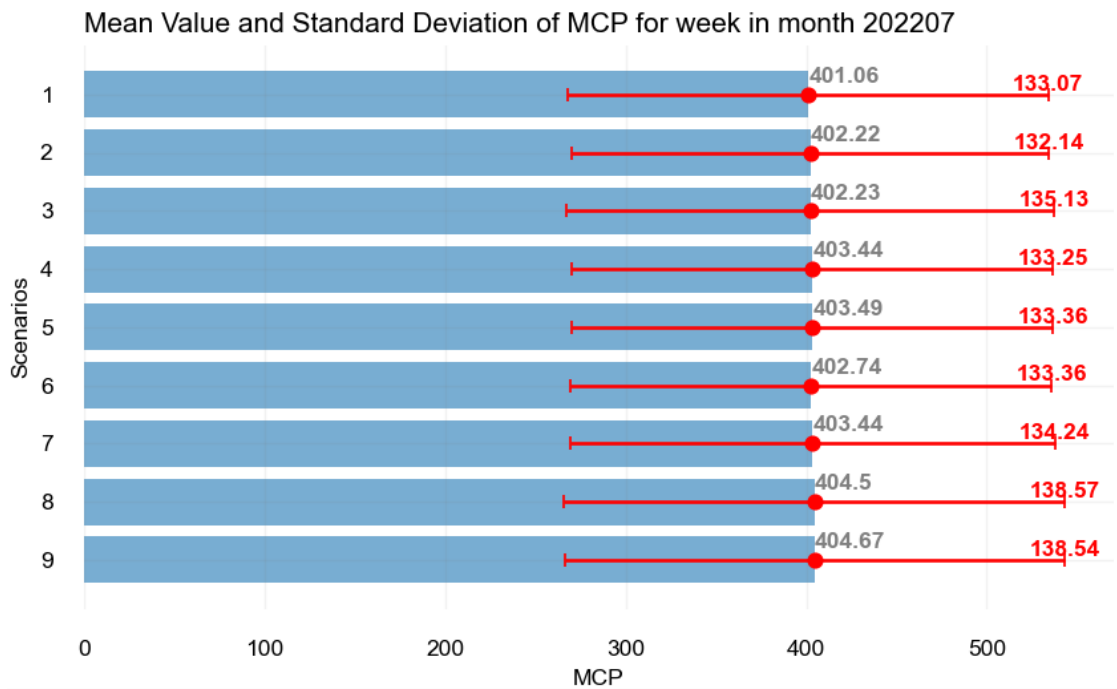
Σχήμα 18. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 3)



Σχήμα 19. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 3)



Σχήμα 20. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιουλίου (Προσομοίωση 3)



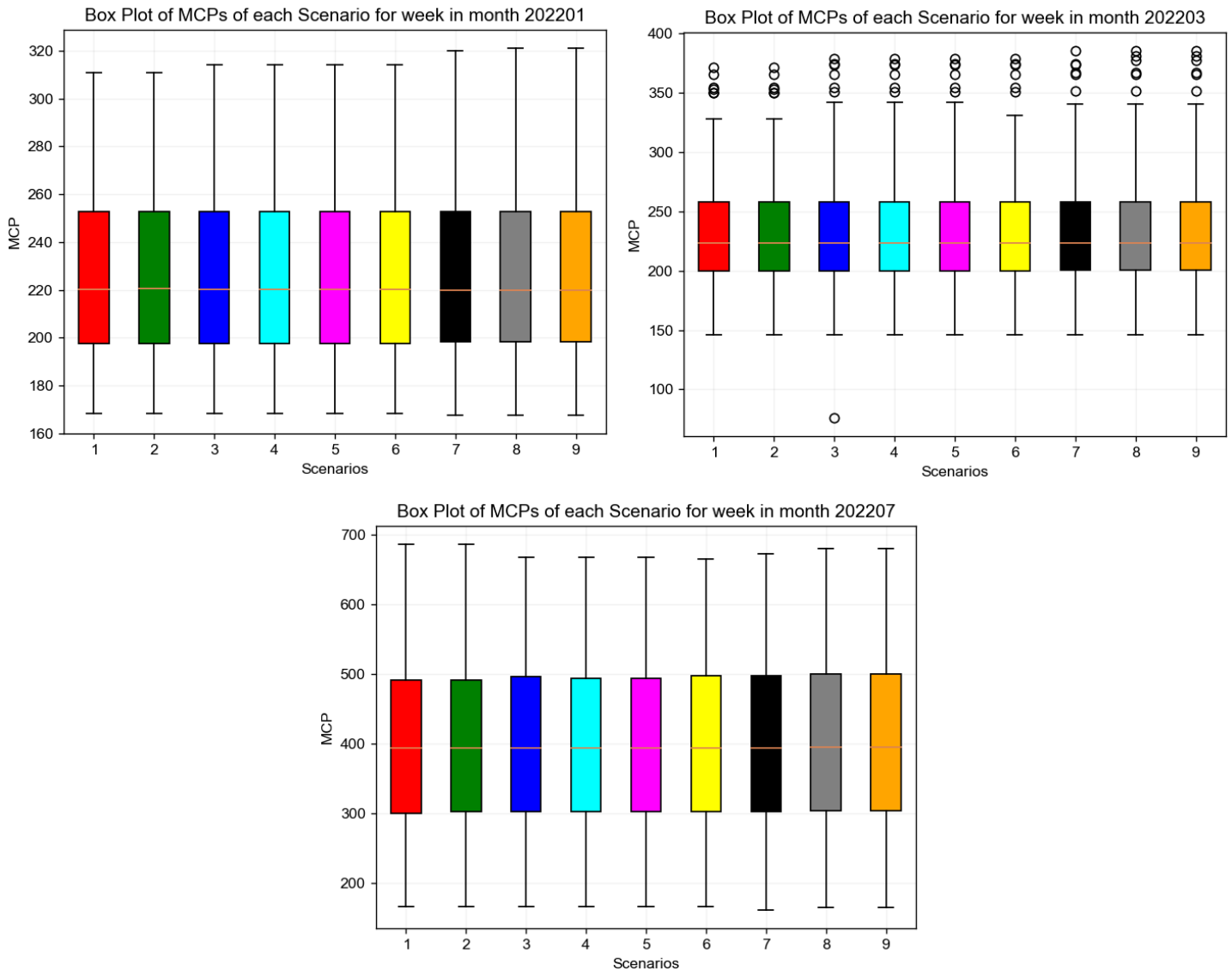
Σχήμα 21. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιουλίου (Προσομοίωση 3)

Συνοψίζοντας, η χρήση σταδιακά αυξανόμενου αριθμού Εντολών Πακέτου μεταβάλλει ελάχιστα την Τιμή Εκκαθάρισης και την διακύμανση της. Αυτό υποδηλώνει ότι, υπό τις δεδομένες συνθήκες προσομοίωσης, τα μεγέθη αυτά δεν συσχετίζονται με την χρήση ή μη Εντολών Πακέτου από οποιονδήποτε τύπου συμμετέχοντα στην Αγορά Επόμενης Ημέρας.

Μια πολύ χρήσιμη απεικονιστική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων είναι το Box plot. Το Box plot, που επίσης είναι γνωστό ως box-and-whisker plot (διάγραμμα κουτιού και γραμμών), είναι ένα γραφικό που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη διακύμανση και την κατανομή ενός συνόλου παρατηρήσεων. Το box plot παρουσιάζει τα εξής στοιχεία για ένα σύνολο δεδομένων:

- Το κουτί (**box**): Το κουτί αναπαριστά το διάστημα μεταξύ του πρώτου (κάτω) τεταρτημορίου (25^ο ποσοστημόριο) και του τρίτου (πάνω) τεταρτημορίου (75^ο ποσοστημόριο) των δεδομένων. Το εσωτερικό 50% των παρατηρήσεων βρίσκεται μέσα σε αυτό το κουτί.
- Οι γραμμές (**whiskers**): Οι γραμμές εκτείνονται από τα άκρα του κουτιού προς τα έξω και φτάνουν στις εξωκατεστάτες τιμές, που είναι οι τιμές που βρίσκονται πέραν ενός καθορισμένου κατωτάτου (lower fence) και επάνωτάτου (upper fence) ορίου. Η απόσταση από το κουτί έως την εξωκατεστάτη τιμή είναι 1,5 φορές το μεσαίο εύρος (interquartile range, IQR).
- Οι εκτείνουσες τιμές (**outliers**): Εκτείνουσες τιμές είναι οι τιμές που βρίσκονται πέραν των εξωκατεστάτων ορίων και εμφανίζονται ως ξεχωριστά σημεία εκτός του κουτιού και των γραμμών.

Το box plot αποτελεί μια εύκολη οπτική αναπαράσταση της κατανομής των δεδομένων, καθώς και πληροφορίες σχετικά με την παρουσία εκτείνουσων τιμών. Είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τη σύγκριση της κατανομής διαφορετικών συνόλων δεδομένων και την ανίχνευση απόκλισης. Στην περίπτωση της παρούσας μελέτης παρουσιάζονται παρακάτω τα box plots της Τιμής Εκκαθάρισης της αγοράς σε επίπεδο εβδομάδας και για όλα τα σενάρια:



Σχήμα 22. Εβδομαδιαία Box plots Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για όλα τα Σενάρια (Προσομοίωση 3)

Παρατηρώντας, λοιπόν, τα παραπάνω Box plots που προέκυψαν διαπιστώνεται ότι:

- Τα whiskers των διαγραμμάτων έχουν μια αυξητική τάση όσο αυξάνονται οι Εντολές Πακέτου του Βιβλίου Εντολών. Συγκεκριμένα, ενώ τα κάτω όρια των γραμμών μοιάζουν να είναι ανεξάρτητα των Εντολών Πακέτου που εισάγονται, τα άνω όρια στις περισσότερες των περιπτώσεων αυξάνονται με την προσθήκη νέων τέτοιου τύπου εντολών. Αυτό προδίδει ότι υπάρχουν μέρες και ώρες στις οποίες η Τιμή Εκκαθάρισης φτάνει σε υψηλότερα επίπεδα λόγω της προσθήκης Εντολών Πακέτου.

- Τα κουτιά παραμένουν σταθερά σε μέγεθος, που συνεπάγεται ότι ένα 50% των αποτελεσμάτων της Τιμής Εκκαθάρισης είναι αν όχι ίδια, με πολύ μικρή απόκλιση μεταξύ τους.
- Στο Box plot για την εβδομάδα του Μαρτίου του 2022 παρατηρείται μια μεγάλη αύξηση στον αριθμό των εκτινουσών τιμών ακόμα και για το Σενάριο 1. Αυτή η αύξηση οφείλεται στις ιδιαίτερες συνθήκες που ξεκίνησαν να επικρατούν την συγκεκριμένη περίοδο στην Ευρώπη και προκάλεσαν την εκτίναξη της τιμής του Φυσικού Αερίου και κατ' επέκταση της Τιμής που εκκαθαριζόταν καθημερινά η Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας. Άμεση συνέπεια αυτού ήταν εμφάνιση πολλών ακραίων τιμών που απεικονίζονται στα outliers του Box plot. Αντίστοιχες ακραίες τιμές παρουσιάζει και εβδομάδα του Ιουλίου του ίδιου έτους, όπου το η κατάσταση είχε σταθεροποιηθεί πλέον σε πολύ υψηλές τιμές και με διακυμάνσεις που έχουν γίνει δύο και τρεις φορές μεγαλύτερες. Στην συγκεκριμένη περίοδο δεν εμφανίζονται outliers, καθώς οι περιπτώσεις ακραίων, άνωθεν κυρίως τιμών, εμφανίζονταν πολύ πιο συχνά και εντάσσονταν στο ποσοστό που καλύπτουν τα whiskers.

5.3.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΤΙΜΗΣ ΕΚΚΑΘΑΡΙΣΗΣ

Σε πρώτη φάση, θα ήταν ωφέλιμο να παρουσιαστούν οι συσχετίσεις με τα διάφορα μεγέθη της αγοράς, όπως αυτά έχουν οριστεί στο Κεφάλαιο 4, για το Σενάριο 1 όπου το Βιβλίο Εντολών δεν έχει υποστεί καμία μετατροπή. Οι συσχετίσεις του Σεναρίου 1 παρουσιάζονται παρακάτω:

WEEK	MCP	MCP – MATCHED SUPPLY QUANTITY NONCURVE		MCP – MATCHED SUPPLY QUANTITY CURVE		MCP – MATCHED DEMAND QUANTITY CURVE		MCP – SUPPLY NONCURVE / CURVE RATIO		MCP – NET LOAD	
		Pearson	p-value	Pearson	p-value	Pearson	p-value	Pearson	p-value	Pearson	p-value
202201	226,65	0,728	0,000	0,407	0,000	0,607	0,000	0,110	0,156	0,840	0,000
202203	232,85	0,627	0,000	0,049	0,530	0,345	0,000	0,338	0,000	0,834	0,000
202207	401,06	0,455	0,000	0,074	0,340	0,362	0,000	-0,111	0,151	0,878	0,000

Πίνακας 8. Συσχετίσεις Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) με μεγέθη της αγοράς για το Σενάριο 1

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι ισχυρή και μέτρια συσχέτιση εμφανίζεται μόνο στις περιπτώσεις:

- a) της παραμέτρου που αφορά το σύνολο της ποσότητας των Μη Κυρτών Εντολών⁵ πώλησης που «εκκαθαρίστηκαν» και
- b) της παραμέτρου του Καθαρού Φορτίου.

Επιπλέον η τιμή του p-value για αυτές τις δύο μεταβλητές είναι μηδενικό, που σημαίνει ότι η εξέταση της συσχέτισής τους είναι ασφαλής.

Προκύπτει, συνεπώς, το συμπέρασμα ότι θα πρέπει να εξεταστεί η διακύμανση της συσχέτισης μόνο για αυτά τα δύο μεγέθη και για όλα τα υπο μελέτη σενάρια. Συνολικά οι συσχετίσεις για τα δύο μεγέθη, για τις τρεις εβδομάδες και για όλα τα σενάρια παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Week	Scenario	MCP	MCP - MATCHED SUPPLY QUANTITY NONCURVE		MCP - NET LOAD	
			Pearson	p-value	Pearson	p-value
202201	1	226,65	0,728	0,000	0,840	0,000
	2	227,07	0,711	0,000	0,836	0,000
	3	226,71	0,733	0,000	0,841	0,000
	4	226,69	0,735	0,000	0,841	0,000
	5	226,71	0,734	0,000	0,840	0,000
	6	226,69	0,735	0,000	0,839	0,000
	7	227,61	0,648	0,000	0,822	0,000
	8	227,72	0,648	0,000	0,821	0,000
	9	227,73	0,523	0,000	0,821	0,000
202203	1	232,85	0,627	0,000	0,834	0,000
	2	232,97	0,626	0,000	0,833	0,000
	3	234,01	0,640	0,000	0,803	0,000
	4	233,44	0,649	0,000	0,826	0,000
	5	233,41	0,650	0,000	0,827	0,000
	6	233,09	0,658	0,000	0,825	0,000
	7	234,49	0,682	0,000	0,827	0,000
	8	234,54	0,681	0,000	0,827	0,000
	9	234,54	0,481	0,000	0,826	0,000
202207	1	401,06	0,455	0,000	0,878	0,000

⁵ Ως Μη Κυρτές Εντολές ορίζονται οι Εντολές Πακέτου και οι Σύνθετες Εντολές (Complex Orders). Ωστόσο, στην ελληνική Ζώνη Προσφορών οι Σύνθετες Εντολές δεν είναι διαθέσιμες, συνεπώς ως Μη Κυρτές Εντολές θεωρούνται οι Εντολές Πακέτου.

2	402,22	0,486	0,000	0,877	0,000
3	402,23	0,555	0,000	0,872	0,000
4	403,44	0,551	0,000	0,875	0,000
5	403,49	0,546	0,000	0,874	0,000
6	402,74	0,585	0,000	0,876	0,000
7	403,44	0,537	0,000	0,875	0,000
8	404,50	0,564	0,000	0,869	0,000
9	404,67	0,236	0,002	0,869	0,000

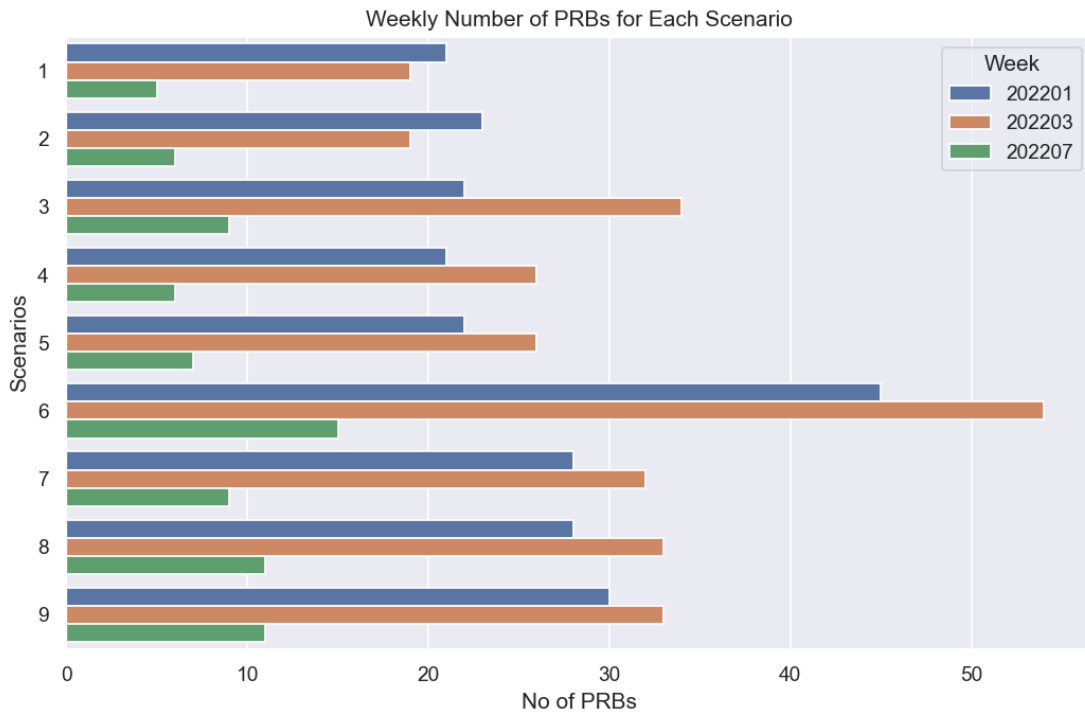
Πίνακας 9. Συσχετίσεις Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) με τα ισχυρά συσχετιζόμενα μεγέθη της αγοράς (Προσομοίωση 3)

5.3.4 ΠΑΡΑΔΟΞΩΣ ΑΠΟΡΡΙΠΤΕΕΣ ΕΝΤΟΛΕΣ ΠΑΚΕΤΟΥ – ΧΑΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΥΚΑΙΡΙΑΣ

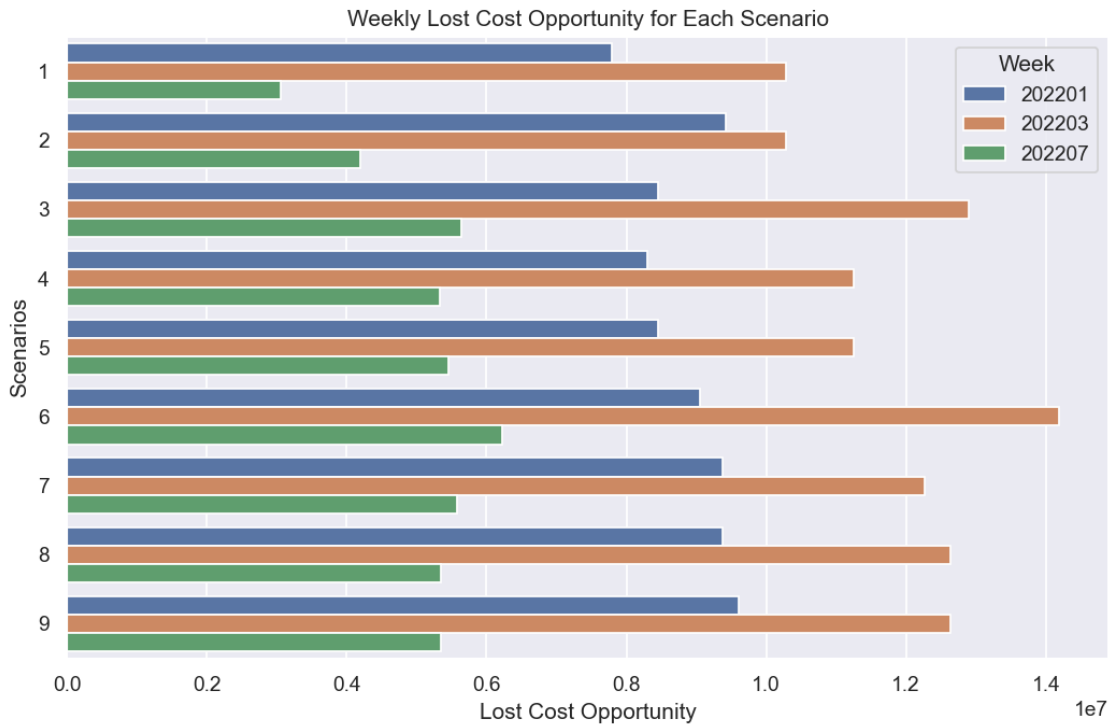
Οι δύο παράμετροι που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη διαφοροποίηση μεταξύ των Σεναρίων μελέτης είναι: α) ο αριθμός των Παραδόξως Απορριπτέων Εντολών Πακέτου και β) το Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας.

Όπως παρατηρείται στο Σχήμα 23, η αύξηση του αριθμού των Εντολών Πακέτου με ταυτόχρονη μείωση των Ωριαίων Υβριδικών Εντολών προκαλεί αύξηση του αριθμού των Εντολών Πακέτου που, ενώ είναι *in-the-money*, απορρίπτονται από τον αλγόριθμο επίλυσης προς όφελος του κοινωνικού πλεονάσματος. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του Σεναρίου 6, όπου ο μεγάλος αριθμός Εντολών Πακέτου που δημιουργούνται, σε συνδυασμό με τις σχετικά μικρές αποκλίσεις μεταξύ των τιμών των εντολών της ίδιας οικογένειας, έχει σαν αποτέλεσμα ορισμένες από αυτές τις εντολές να μην γίνονται – παραδόξως – αποδεκτές.

Παρόμοια συμπεριφορά παρατηρείται και στην περίπτωση του Χαμένου Κόστους Ευκαιρίας όπου εκεί σημαντικό ρόλο παίζει, όχι ο αριθμός των PRBs, αλλά η συνολική ποσότητα αυτών. Για αυτόν τον λόγο πολύ μεγάλες αυξήσεις στον αριθμό τους δεν συνεπάγονται μεγάλη μεταβολή και στο LCS. Χαρακτηριστικά, για τα Σενάρια 7, 8 και 9 όπου τα PRBs είναι 30 ~ 100% περισσότερα από το Σενάριο 1, το LCS παρουσιάζει μια αύξηση που δεν ξεπερνά το 10 ~ 40%.



Σχήμα 23. Εβδομαδιαίος αριθμός Παραδόζως Απορριπτέων Εντολών Πακέτου για κάθε Σενάριο (Προσομοίωση 3)

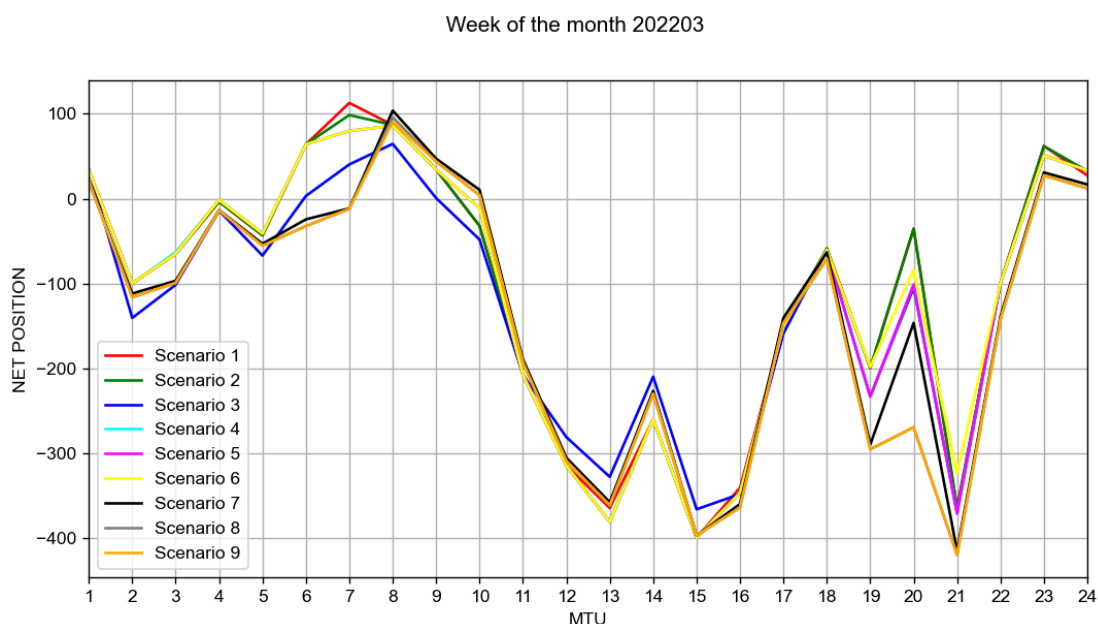


Σχήμα 24. Εβδομαδιαίο Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας για κάθε Σενάριο (€) (Προσομοίωση 3)

5.4 ΣΧΟΛΙΑ – ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ

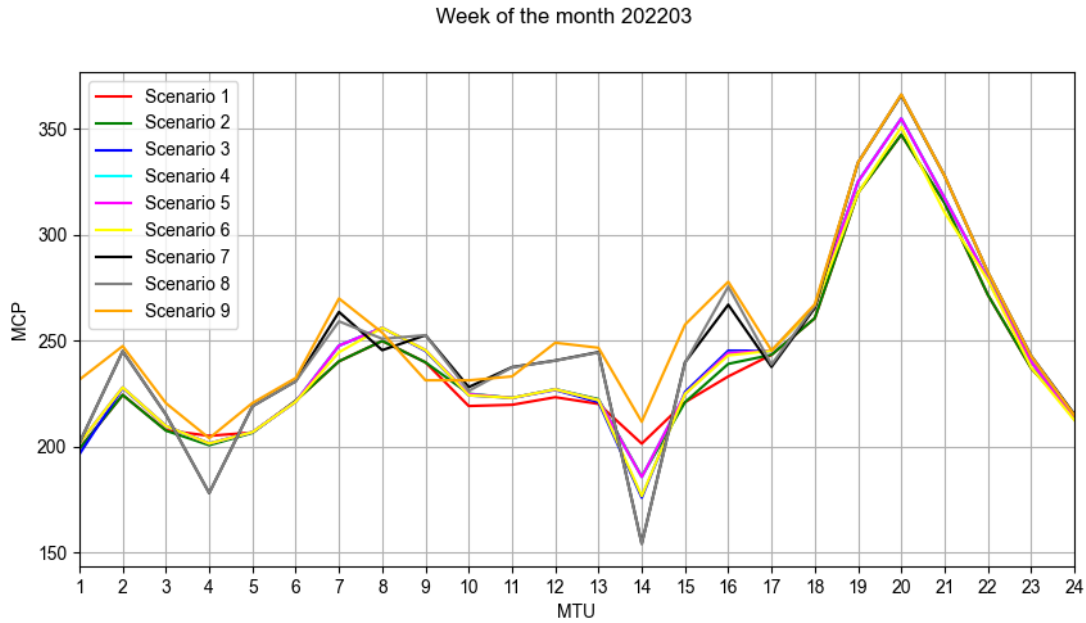
Από τα αποτελέσματα της Προσομοίωσης 3, για τα διάφορα Σενάρια, προέκυψαν ορισμένες παρατηρήσεις που θα ήταν ωφέλιμο να παρουσιαστούν και να ερμηνευτούν. Συγκεκριμένα:

1. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, η ποσότητα που δεν «εκκαθαρίζεται» λόγω της δημιουργίας Εντολών Πακέτου καλύπτεται από τις εισαγωγές/εξαγωγές μέσω των διασυνδέσεων με Ιταλία και Βουλγαρία. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί από τα διαγράμματα της ωριαίας διακύμανσης της Καθαρής Θέσης η οποία διαφοροποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό, συγκριτικά με την ωριαία διακύμανση της Τιμής Εκκαθάρισης της ελληνικής Ζώνης Προσφορών για τα αντίστοιχα MTUs. Η ωριαία Καθαρή Θέση δεν παραμένει ίδια για το κάθε σενάριο, αλλά αυξομειώνεται ανάλογα με τις ανάγκες της αγοράς για την διατήρηση της ομοιομορφίας της Τιμής Εκκαθάρισης, που αποτελεί το βασικό ζητούμενο της Σύζευξης των Αγορών. Ενδεικτικά για την εβδομάδα του Μαρτίου του 2022 προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα ωριαίας μεταβολής της Καθαρής Θέσης της ελληνικής Ζώνης Προσφορών:

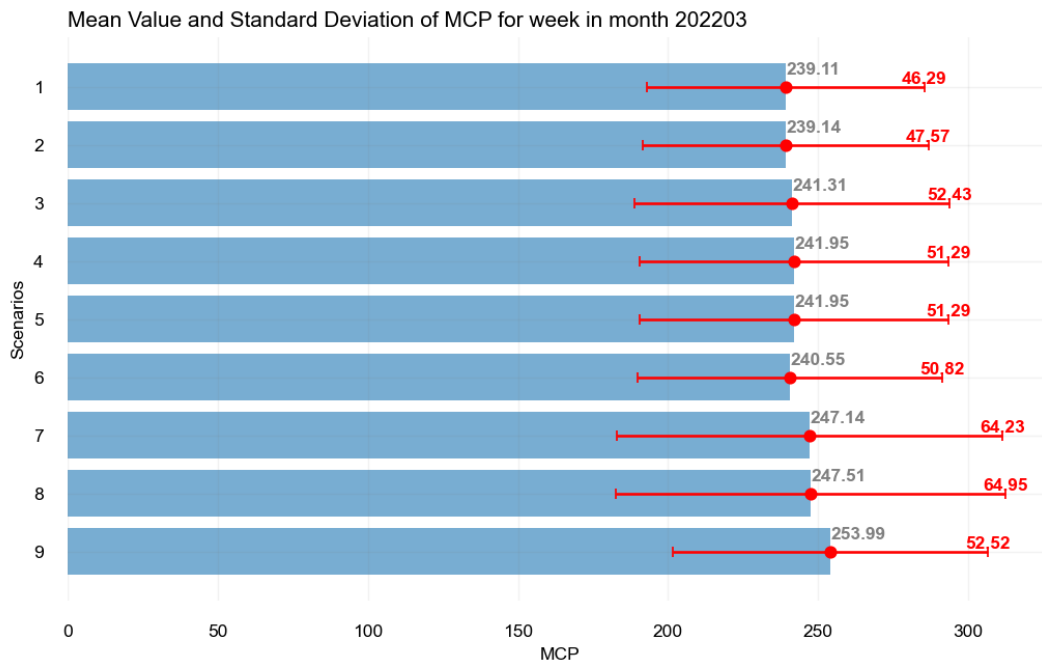


Σχήμα 25. Μέσο ωριαίο Καθαρό Φορτίο (MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 3)

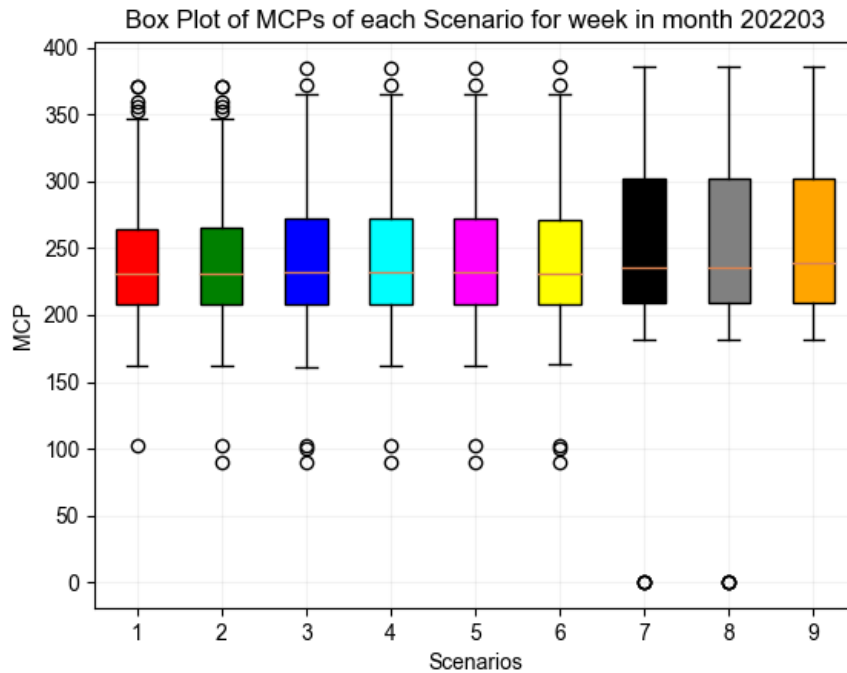
Επιπλέον, η σημασία των διασυνδέσεων και του πως αυτές επηρεάζουν την διαμόρφωση Τιμής Εκκαθάρισης μπορεί να γίνει αντιληπτή παρατηρώντας τα αποτελέσματα της Προσομοίωσης 5, όπου η ελληνική Ζώνη Προσφορών είναι απομονωμένη (Isolated) και το Βιβλίο Εντολών ίδιο με αυτό του βασικού σεναρίου (Προσομοίωση 3):



Σχήμα 26. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 5)

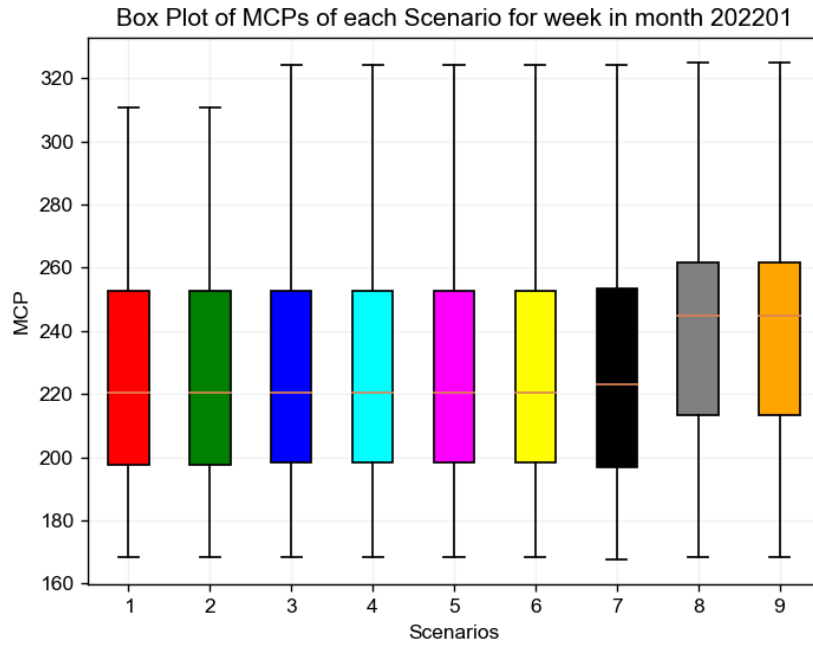


Σχήμα 27. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 5)

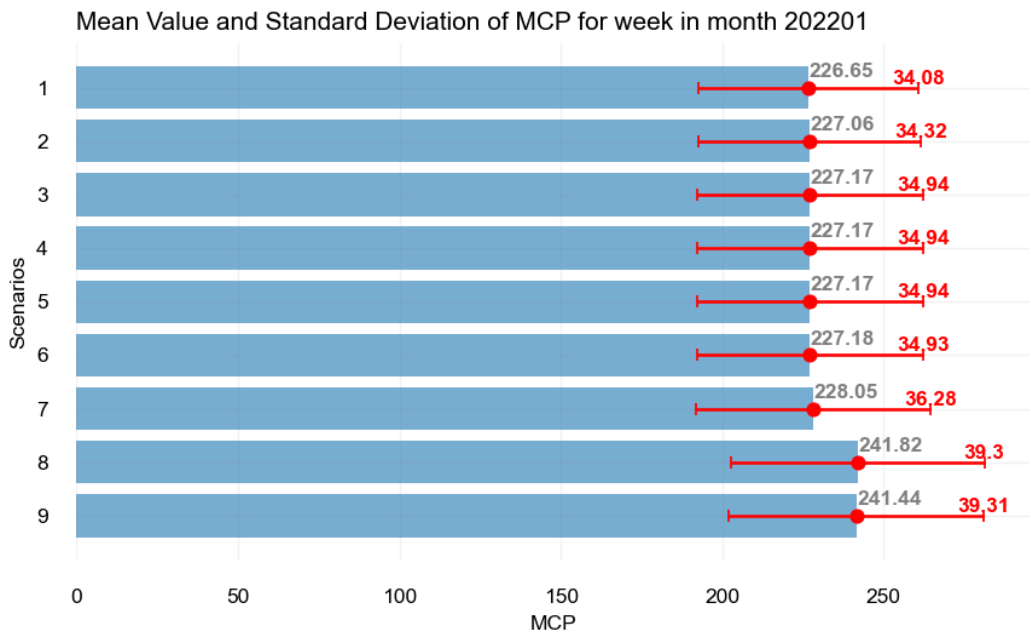


Σχήμα 28. Box plot Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου και για όλα τα Σενάρια (Προσομοίωση 5)

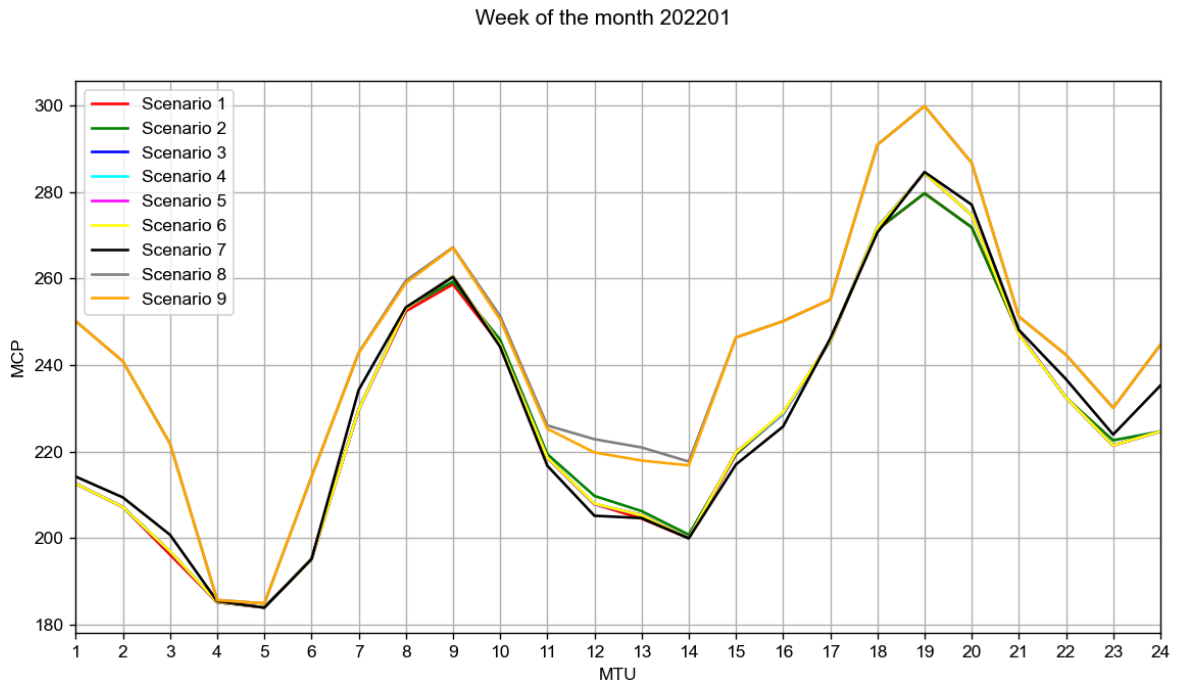
2. Οι Εντολές Πακέτου που δημιουργούνται σύμφωνα με την Βασική Μεθοδολογία έχουν μέση διάρκεια περίπου 6,7 MTUs/Block Order για την Προσομοίωση 2 και 10,6 MTUs/Block Order για την Προσομοίωση 3. Αυτό σημαίνει ότι οι αρχικές Υβριδικές Εντολές προσομοιώνονται με αρκετά μεγάλη ακρίβεια από τις Εντολές Πακέτου που τις αντικαθιστούν. Αξιοσημείωτες διαφοροποιήσεις αναμένονται με την σημαντική μείωση των Εντολών Πακέτου που δημιουργούνται για κάθε μονάδα ή χαρτοφυλάκιο με παράλληλη αύξηση της χρονικής διάρκειας τους. Για την υποστήριξη της παραπάνω πρότασης πραγματοποιήθηκε η Προσομοίωση 4, όπου δημιουργείται μία (1#) Εντολή Πακέτου για κάθε μονάδα/χαρτοφυλάκιο. Τα διαγράμματα που παρουσιάζονται παρακάτω προδίδουν σημαντικές διαφοροποιήσεις, τόσο ως προς την Τιμή Εκκαθάρισης και τα διάφορα στατιστικά στοιχεία γύρω από αυτήν, όσο και ως προς το Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας, που για τις περιπτώσεις χρήσης Εντολών Πακέτου από τα Χαρτοφυλάκια Μη Κατανεμόμενης Κατανάλωσης εκτινάσσεται σε πολύ υψηλά επίπεδα:



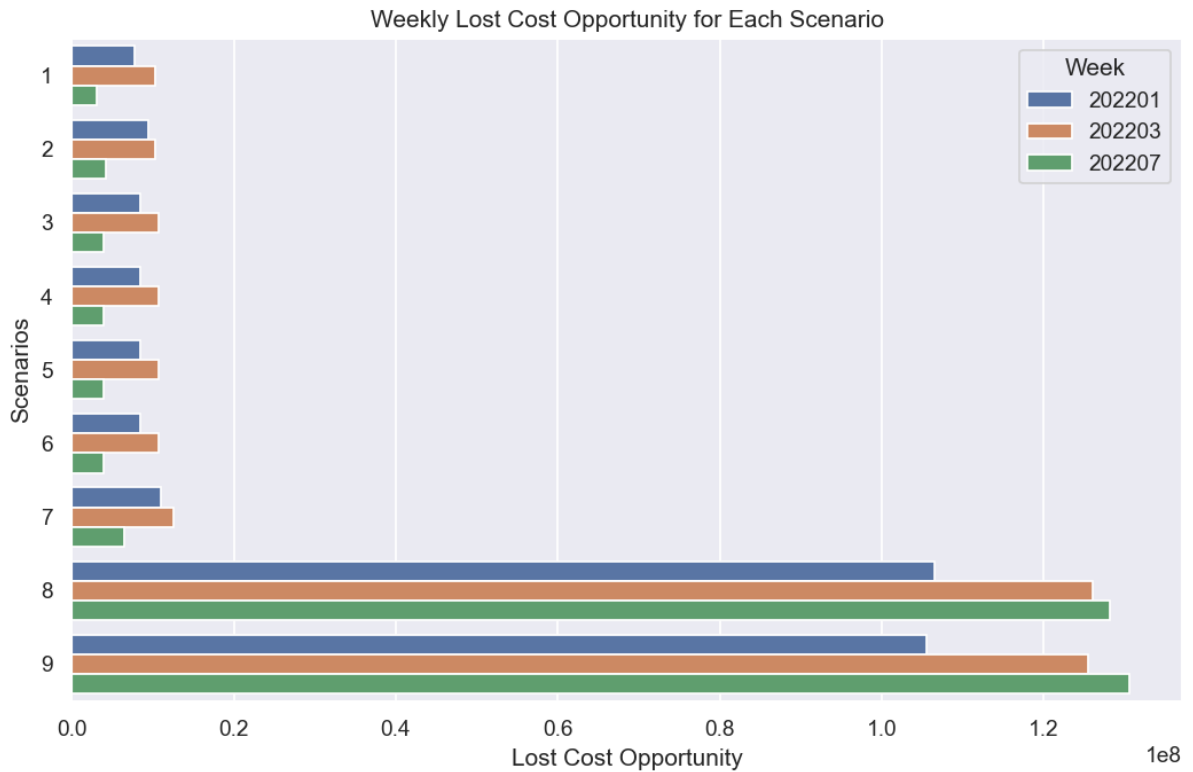
Σχήμα 29. Box plot Τιμές Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου και για όλα τα Σενάρια (Προσομοίωση 4)



Σχήμα 30. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμές Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 4)

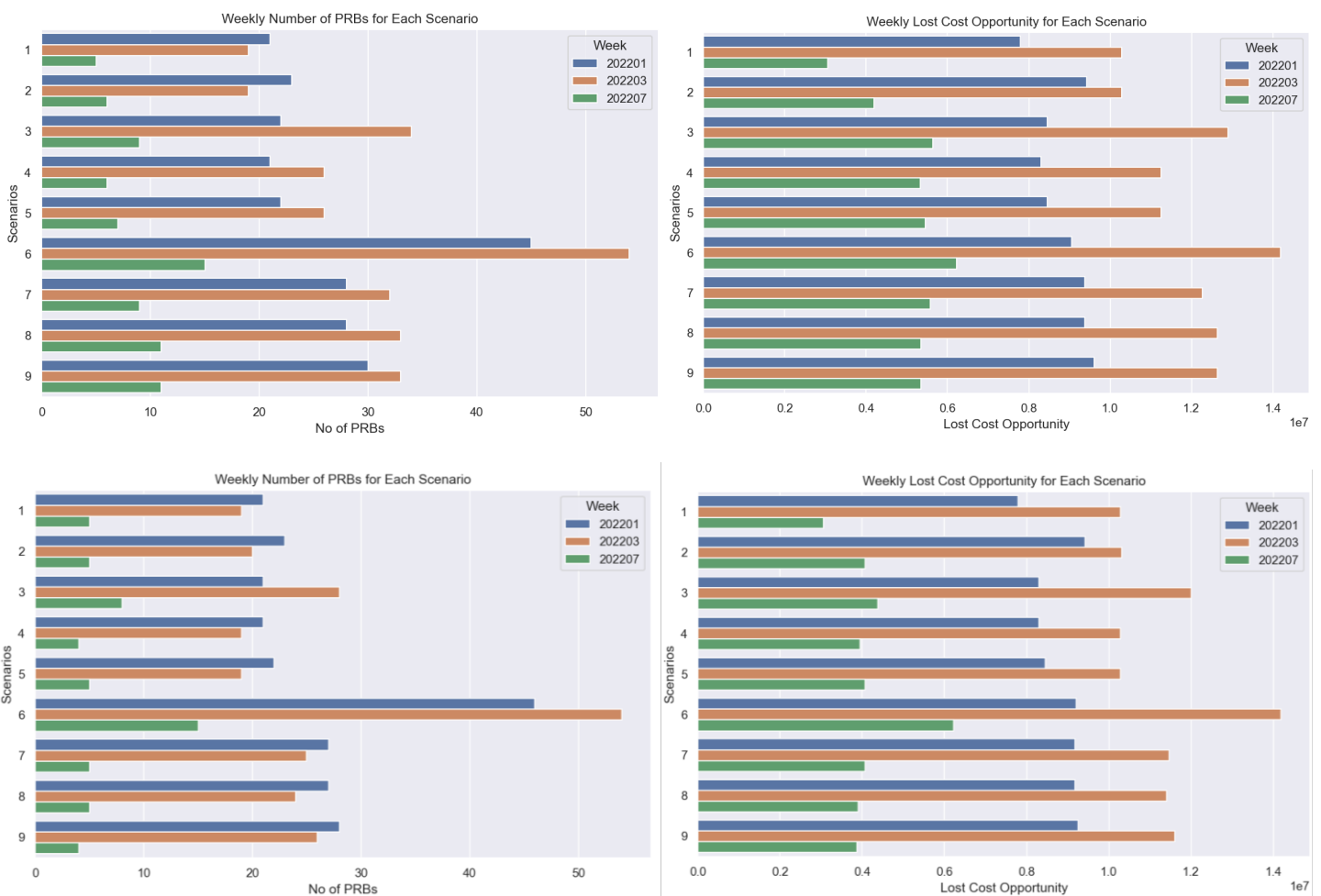


Σχήμα 31. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 4)



Σχήμα 32. Εβδομαδιαίο Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας για κάθε Σενάριο (€) (Προσομοίωση 4)

- Το Ελάχιστο Ποσοστό Αποδοχής των Εντολών πακέτου που κατασκευάστηκαν δείχνει να μην επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την Τιμή Εκκαθάρισης και την διακύμανση της. Ωστόσο, προκαλεί μια μικρή αύξηση στον αριθμό των PRBs και στο συνολικό LOC. Αυτό γίνεται εμφανές παρουσιάζοντας συγκριτικά τα αντίστοιχα διαγράμματα των Προσομοιώσεων 2 (MAR = 0%) και 3 (MAR = 100%). Η σχεδόν μηδενική διαφοροποίηση ως προς την Μέση Τιμή Εκκαθάρισης υποδηλώνει ότι οι αρχικές Ωριαίες Υβριδικές Εντολές που μετατράπηκαν σε Εντολές Πακέτου, δεν αποτελούσαν στην πλειονότητα τους εντολές που είχαν υποβληθεί σε ιδιαίτερα ανταγωνιστικές τιμές, με αποτέλεσμα να γίνονται αποδεκτές στην αρχική τους είτε στην τροποποιημένη τους μορφή.



Σχήμα 33. Σύγκριση αριθμού PRBs και LOC μεταξύ Προσομοίωσης 3 (άνω διαγράμματα) και 2 (κάτω διαγράμματα)

- Παρατηρώντας τις συσχετίσεις του Πίνακα 9, διαπιστώνεται ότι όσο αυξάνει ο αριθμός των Εντολών Πακέτου, μειώνεται ελάχιστα η συσχέτιση της Τιμής Εκκαθάρισης με το

Καθαρό Φορτίο. Αντιθέτως, μεγάλη μείωση παρουσιάζει η συσχέτιση μεταξύ της Τιμής Εκκαθάρισης και της ποσότητας των Μη Κυρτών Εντολών που γίνεται αποδεκτή από τον αλγόριθμο επίλυσης. Στην ακραία περίπτωση, μάλιστα, όπου κάθε συμμετέχοντας της ΑΕΗ είχε δικαίωμα υποβολής Εντολών Πακέτου και υποβάλλει μόνο μία (#1) για όλη την ποσότητα που επιθυμεί (ή είναι υποχρεωμένος) να διαθέσει, παρατηρείται ότι η συσχέτιση της Τιμής Εκκαθάρισης με το Καθαρό Φορτίο μειώνεται (Προσομοίωση 4). Φυσικά, η τιμή της συσχέτισης μειώνεται σε μεγάλο βαθμό στην χειρότερη των περιπτώσεων, όπου, πλέον όσων αναφέρθηκαν, η ελληνική Ζώνη Προφορών λύνεται σε συνθήκες απομόνωσης (Προσομοίωση 6).

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 4					ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ 6				
WEEK	SCENARIO	MCP	MCP - NET LOAD		WEEK	SCENARIO	MCP	MCP - NET LOAD	
			Pearson	p-value				Pearson	p-value
202207	1	401,06	0,878	0,000	202207	1	359,34	0,835	0,000
	9	317,79	0,753	0,000		9	420,49	0,332	0,000

Πίνακας 10. Συσχέτιση MCP (€/MWh) - Net Load (MWh) για τις Προσομοιώσεις 4 και 6

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΟΥΛΕΙΑ

6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε η αλλαγή του μείγματος των εντολών που υποβάλλονται στην Αγορά Επόμενης Ημέρας. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε η επίδραση της αύξησης των Εντολών Πακέτου με ταυτόχρονη μείωση των Ωριαίων Υβριδικών Εντολών ως προς διάφορα μεγέθη της αγοράς που αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 5. Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των Προσομοιώσεων και όσων αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, προκύπτουν τα εξής γενικά συμπεράσματα σχετικά με την δυνατότητα χρήσης Εντολών Πακέτου από όλες τις κατηγορίες συμμετεχόντων στην ΑΕΗ:

- Η Σύζευξη της ελληνικής Ζώνης Προσφορών με αυτές τις Ιταλίας και της Βουλγαρίας, στα πλαίσια της Σύζευξης των Αγορών, δίνει την δυνατότητα να αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά οποιεσδήποτε ασυνέχειες στον χώρο εφικτών λύσεων (feasible space), που προκαλούν δυσκολίες στον μηχανισμό διαμόρφωσης της Τιμής Εκκαθάρισης του Αλγορίθμου επίλυσης της Αγοράς και οφείλονται στην εκτεταμένη χρήση Εντολών Πακέτου. Αυτός είναι ο βασικότερος λόγος που η αύξηση των Εντολών Πακέτου δεν προκαλεί αξιοσημείωτες μεταβολές στην μέση τιμή και τυπική απόκλιση της Τιμής Εκκαθάρισης αλλά και στις συσχετίσεις της με τα μεγέθη της αγοράς. Επιπλέον, να σημειωθεί ότι στις Ζώνες Προσφορών της Βουλγαρίας και της Ιταλίας δεν υπάρχει η δυνατότητα χρήσης Εντολών Πακέτου. Σε περίπτωση που οι παραπάνω Ζώνες Προσφορών προχωρήσουν σε υιοθέτηση της χρήσης τους, το παρόν συμπέρασμα θα πρέπει να επανεξεταστεί.
- Η διάρκεια των Εντολών Πακέτου αποτελεί κομβική παράμετρο, καθώς μεγάλες σε διάρκεια Εντολές Πακέτου παρουσιάζουν αρνητική επίδραση στην Τιμή Εκκαθάρισης και προκαλούν ραγδαία αύξηση του Χαμένου Κόστους Ευκαιρίας. Από όλες τις προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν έγινε σαφές ότι η μέγιστη διάρκεια τους θα πρέπει να είναι αρκετά μικρότερη από τα 24 MTUs/Block Order. Ενδεικτικά, από τα αποτελέσματα της Προσομοίωσης 3, θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι μια μέγιστη διάρκεια της τάξης των 11 MTUs θα μπορούσε να εφαρμοστεί χωρίς να προκαλέσει σημαντικές μεταβολές στα μεγέθη της αγοράς.
- Τέλος, δεδομένων των παραπάνω δύο σημείων, το Ελάχιστο Ποσοστό Αποδοχής διαδραματίζει μικρό ρόλο, τόσο στην διαμόρφωση της Τιμής Εκκαθάρισης, όσο και στο

Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας. Συγκεκριμένα, όπως φάνηκε και από το Σχήμα 33, το ελάχιστο ποσοστό αποδοχής που ελαχιστοποιεί το LOC είναι το $MAR = 0\%$, ενώ στην περίπτωση του $MAR = 100\%$, η αύξηση στο LOC είναι λιγότερο από 10%. Επομένως η μη ύπαρξη ορίου στο Ελάχιστο Ποσοστό Αποδοχής δεν θα είχε σημαντική αρνητική επίδραση στην Τιμή Εκκαθάρισης και στο συνολικό κοινωνικό όφελος.

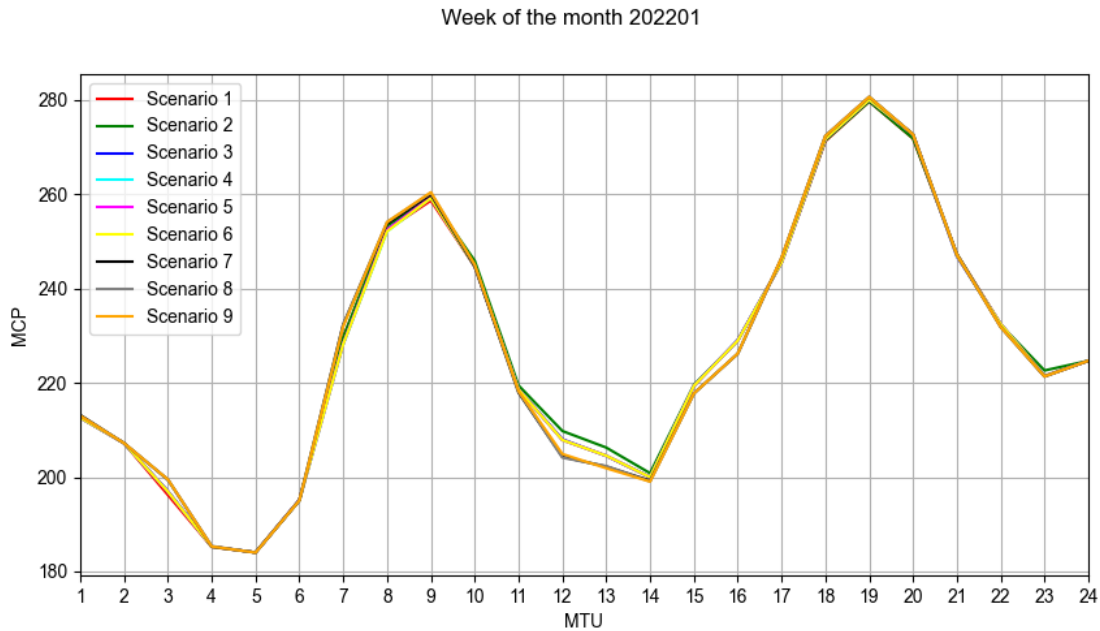
6.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΟΥΛΕΙΑ

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές προτάσεις για επέκταση της παρούσας εργασίας:

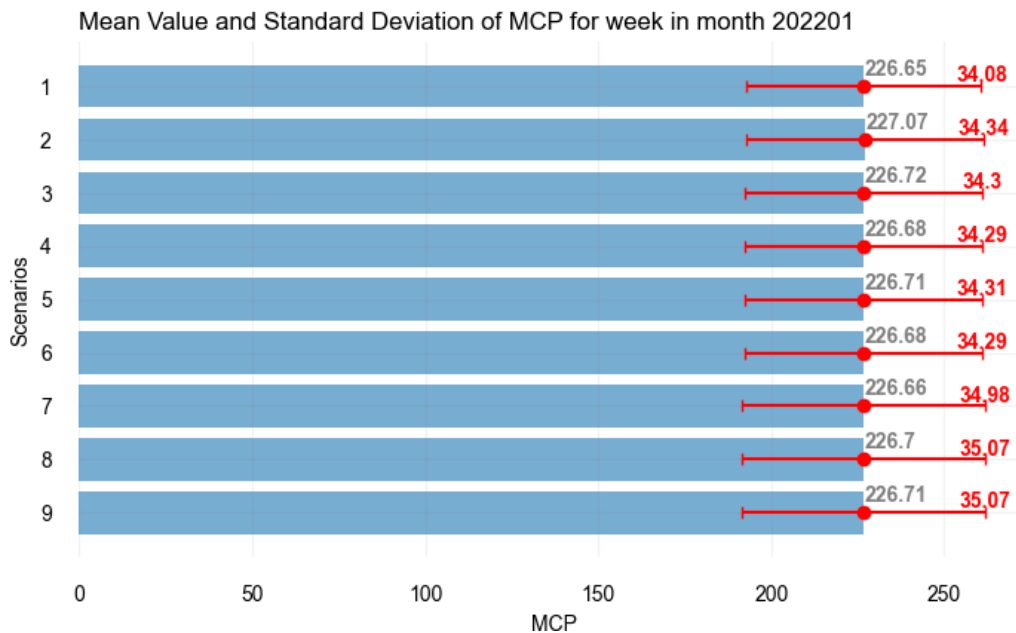
- Προσδιορισμός των ακριβή τεχνικών χαρακτηριστικών που θα πρέπει να έχουν οι Εντολές Πακέτου που θα υποβάλλονται από την κάθε κατηγορία συμμετεχόντων προκειμένου να μην προκαλέσουν προβλήματα στην εύρυθμη λειτουργία της ΑΕΗ.
- Πραγματοποίηση της αντίστοιχης μελέτης για 15λεπτα προϊόντα αντί των ωριαίων προϊόντων που χρησιμοποιούνται την παρούσα περίοδο στην ΑΕΗ.
- Εκτέλεση επιπλέον προσομοιώσεων για να εξεταστεί η περίπτωση όπου η διασύνδεση με την Ιταλία τεθεί εκτός λειτουργίας και εισαγωγές/εξαγωγές γίνονται μόνο μέσω της διασύνδεσης με την Βουλγαρία.

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την Προσομοίωση 1:

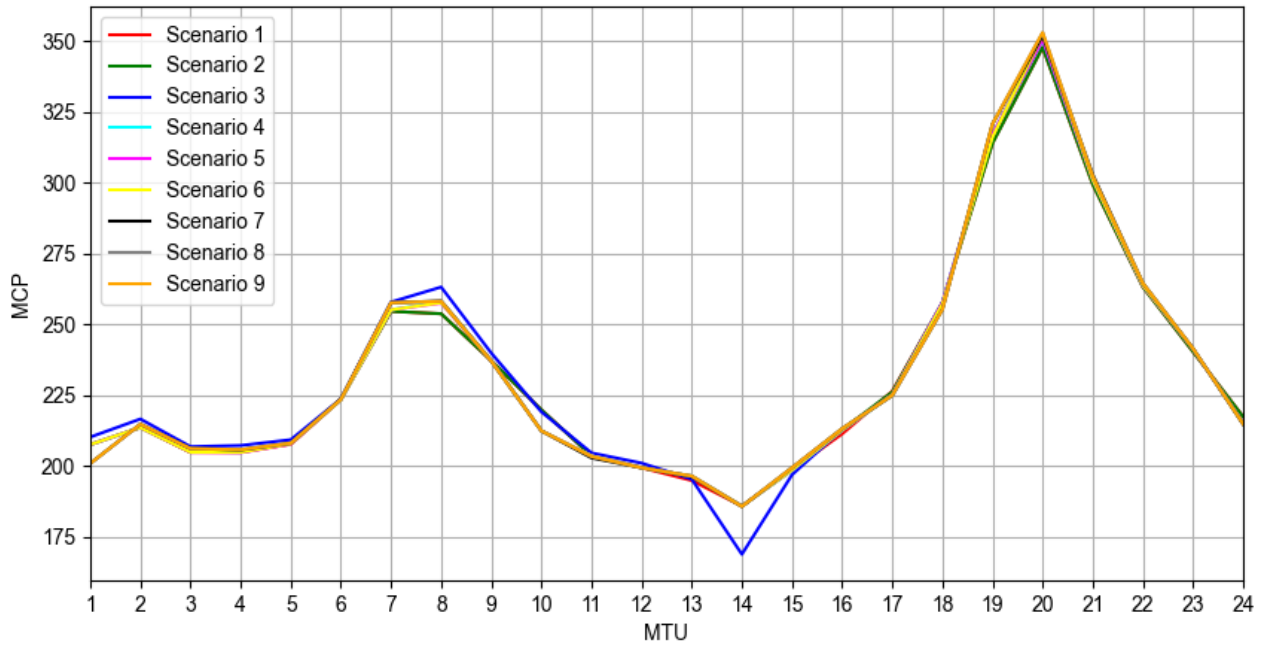


Σχήμα 34. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 1)



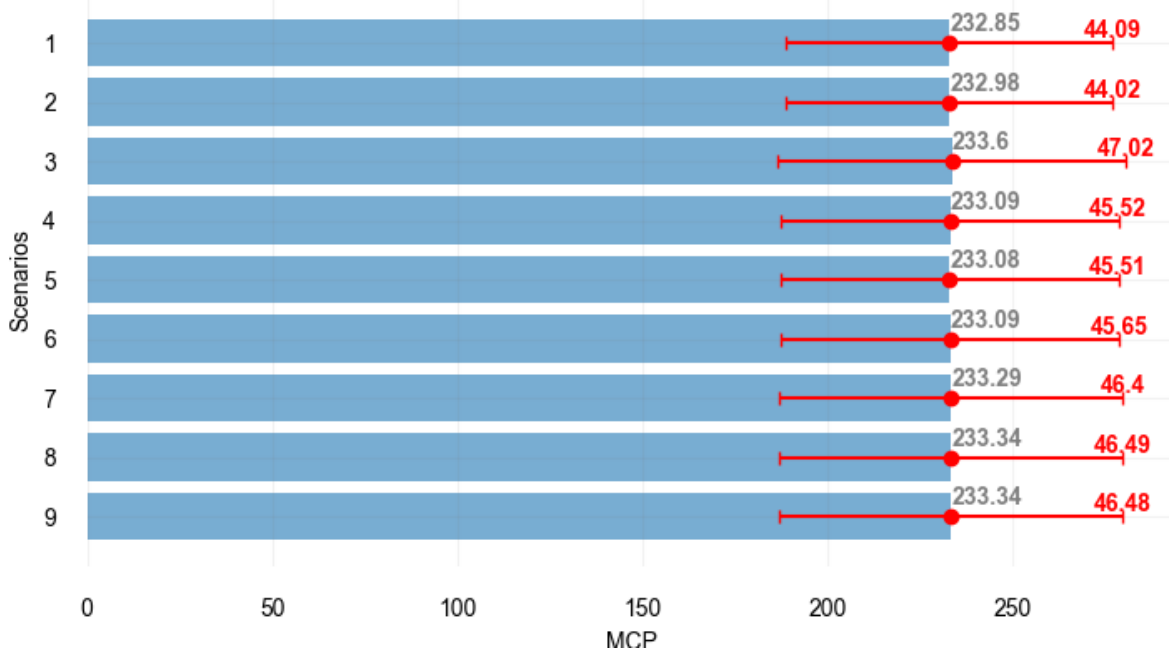
Σχήμα 35. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 1)

Week of the month 202203



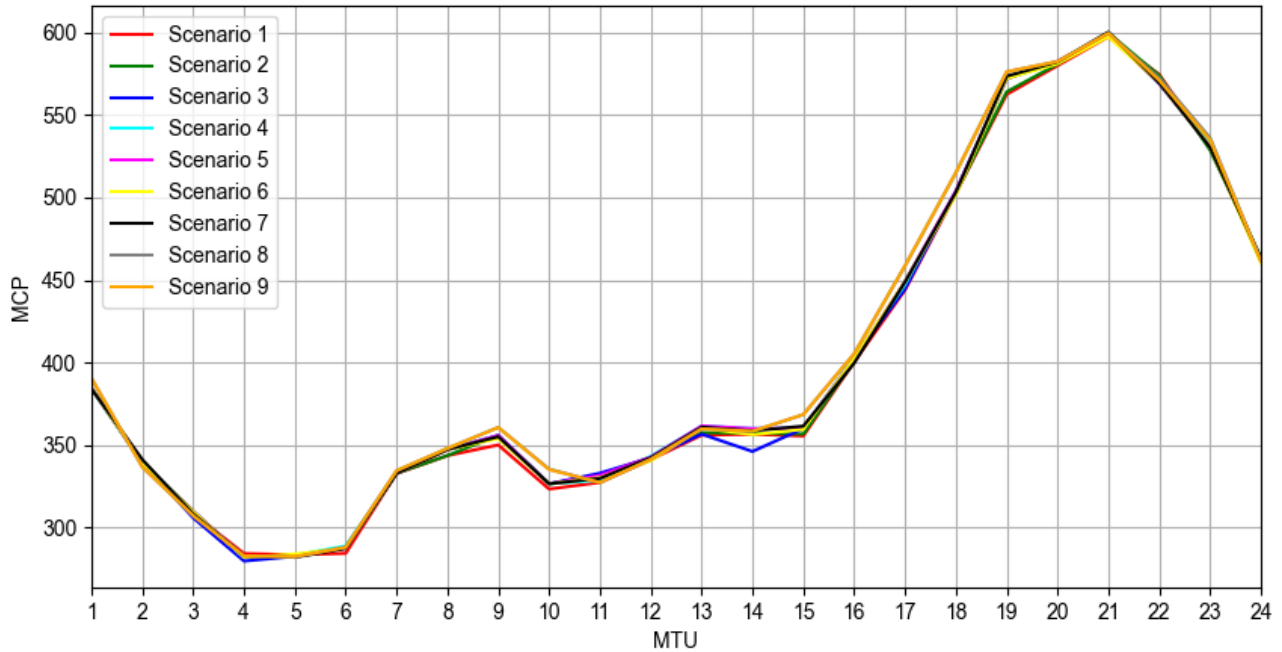
Σχήμα 36. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 1)

Mean Value and Standard Deviation of MCP for week in month 202203

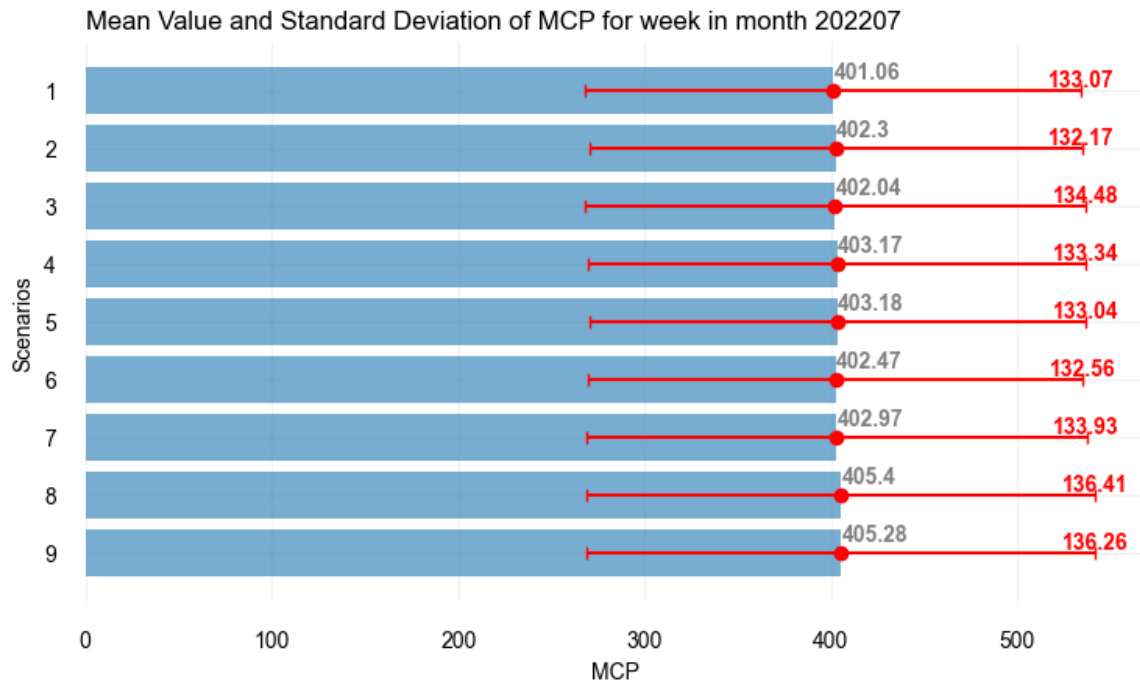


Σχήμα 37. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 1)

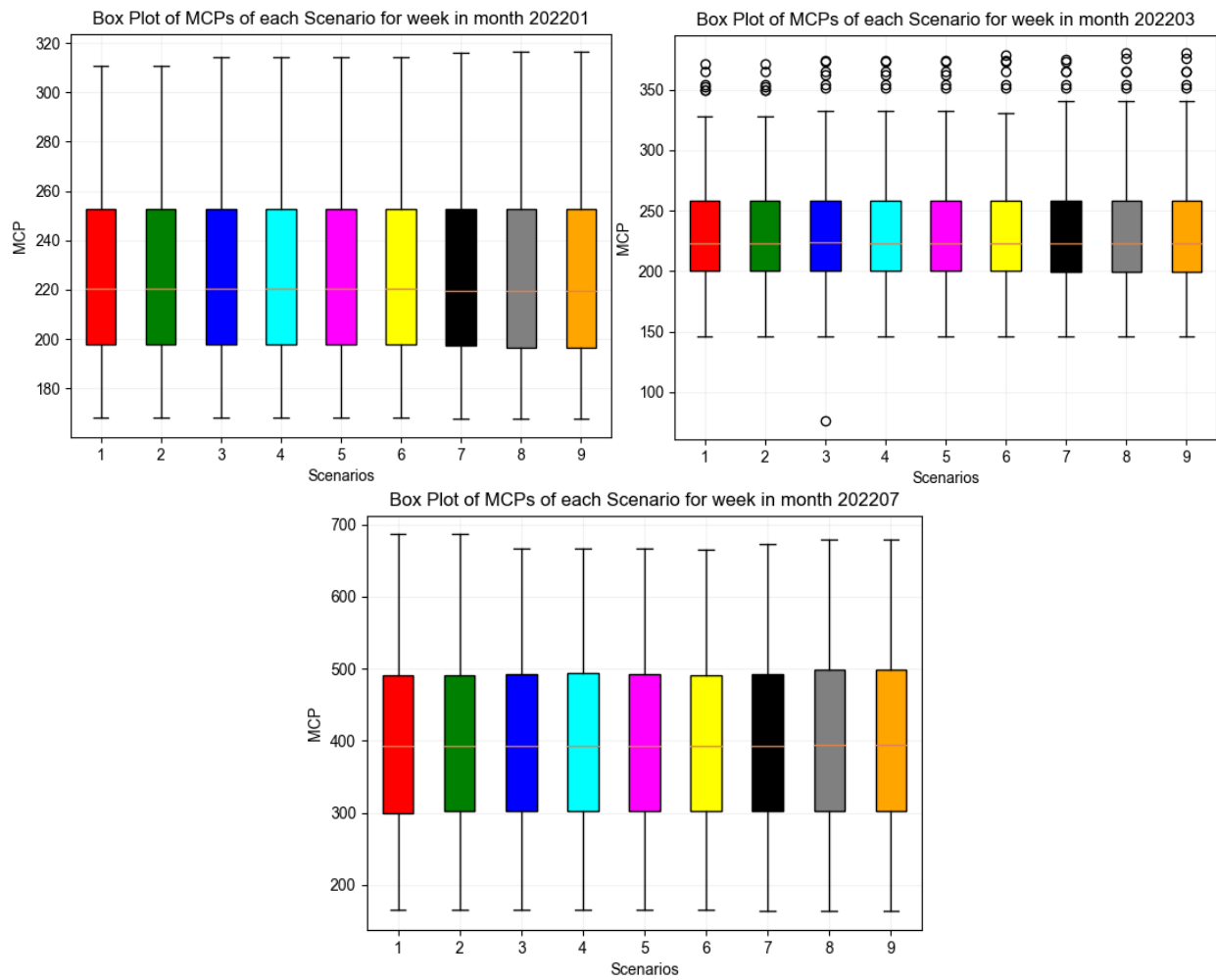
Week of the month 202207



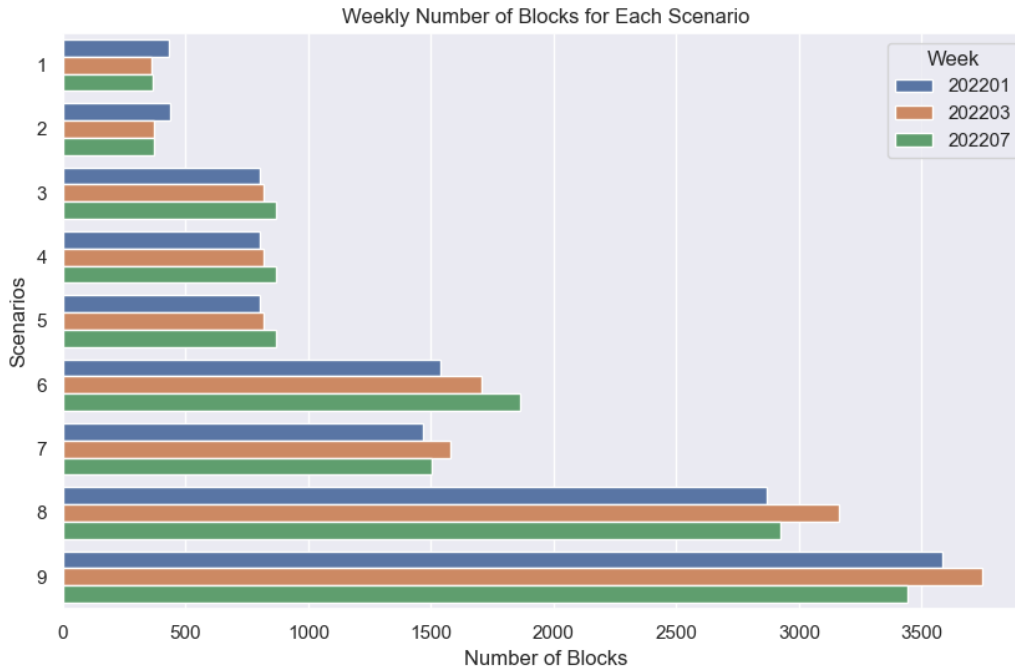
Σχήμα 38. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιουλίου (Προσομοίωση 1)



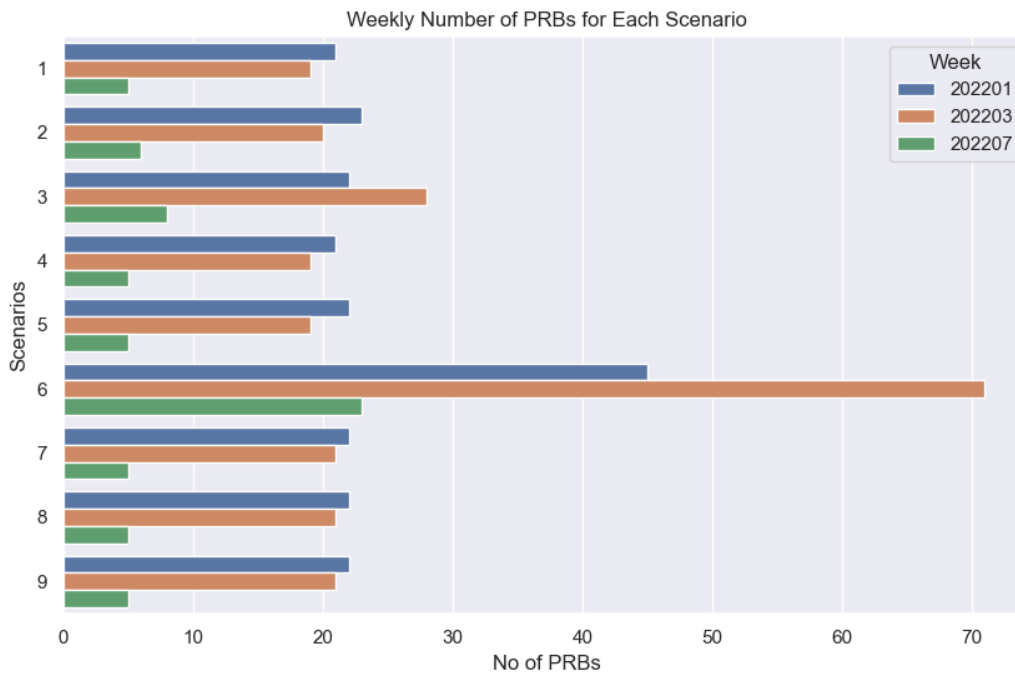
Σχήμα 39. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιουλίου (Προσομοίωση 1)



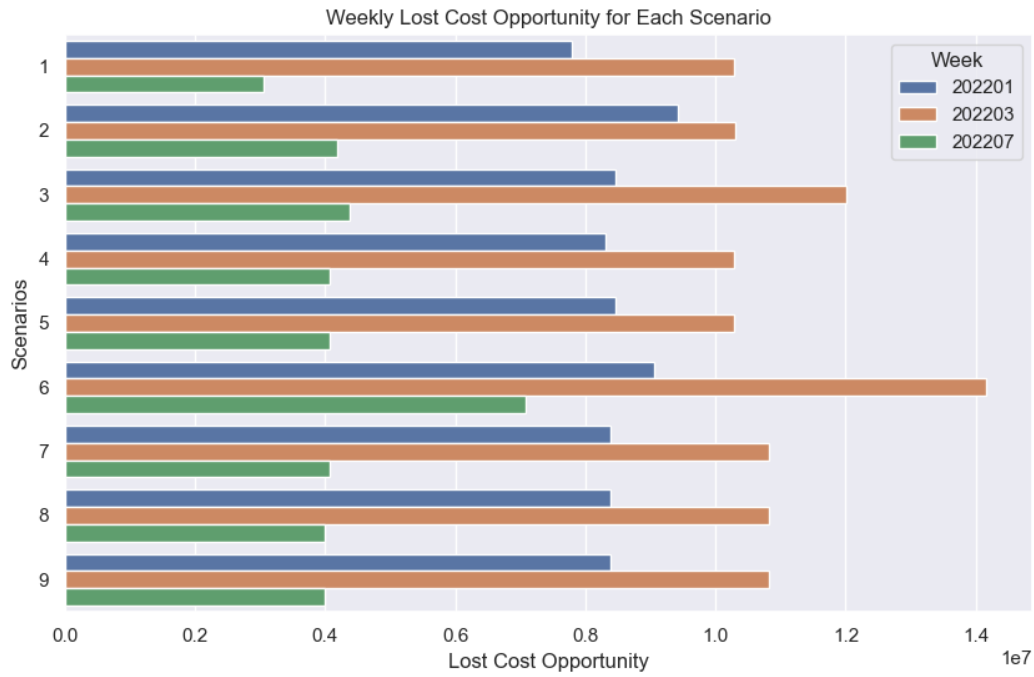
Σχήμα 40. Εβδομαδιαία Box plots Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για όλα τα Σενάρια (Προσομίωση 1)



Σχήμα 41. Εβδομαδιαίος αριθμός Εντολών Πακέτου ανά Σενάριο (Προσομοίωση 1)

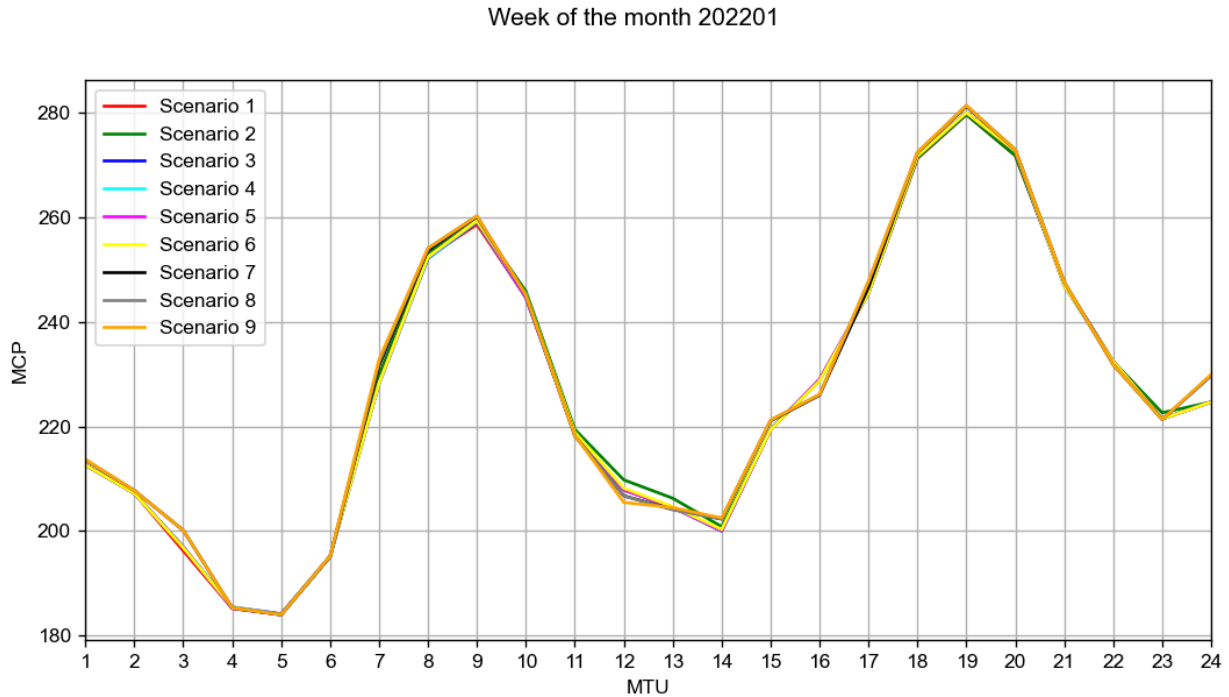


Σχήμα 42. Εβδομαδιαίος αριθμός Παραδόξως Απορριπτέων Εντολών Πακέτου για κάθε Σενάριο (Προσομοίωση 1)

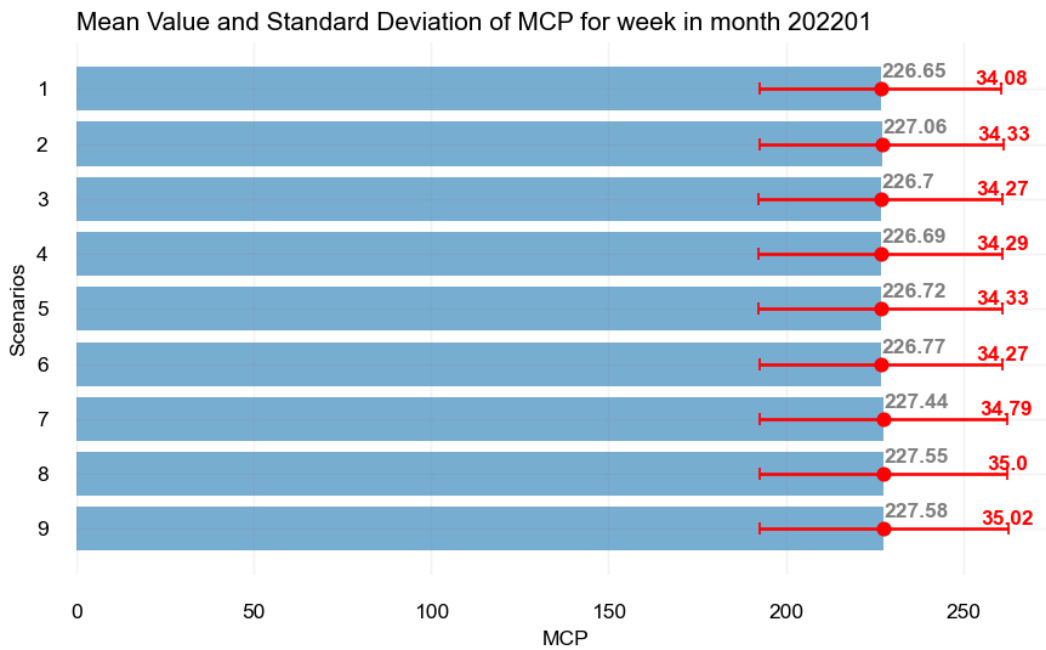


Σχήμα 43. Εβδομαδιαίο Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας για κάθε Σενάριο (€) (Προσομοίωση 1)

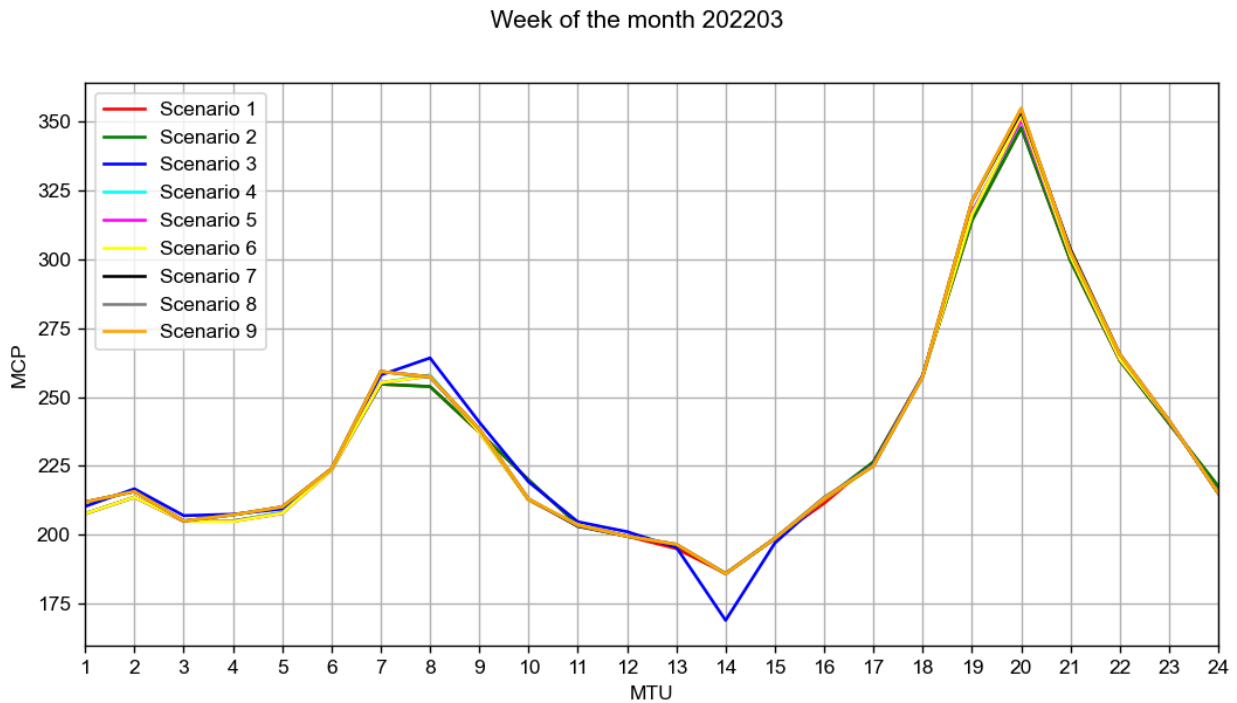
Επιπλέον, παρουσιάζονται για λόγους πληρότητας και τα αποτελέσματα της Προσομοίωσης 2:



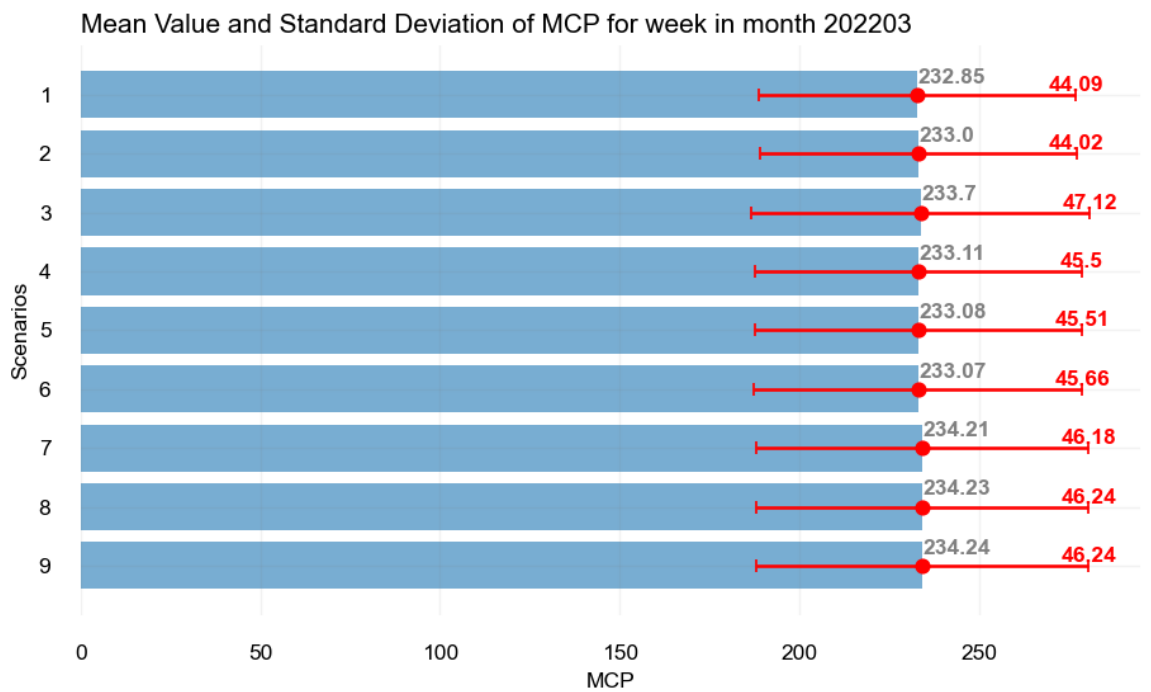
Σχήμα 44. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 2)



Σχήμα 45. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιανουαρίου (Προσομοίωση 2)

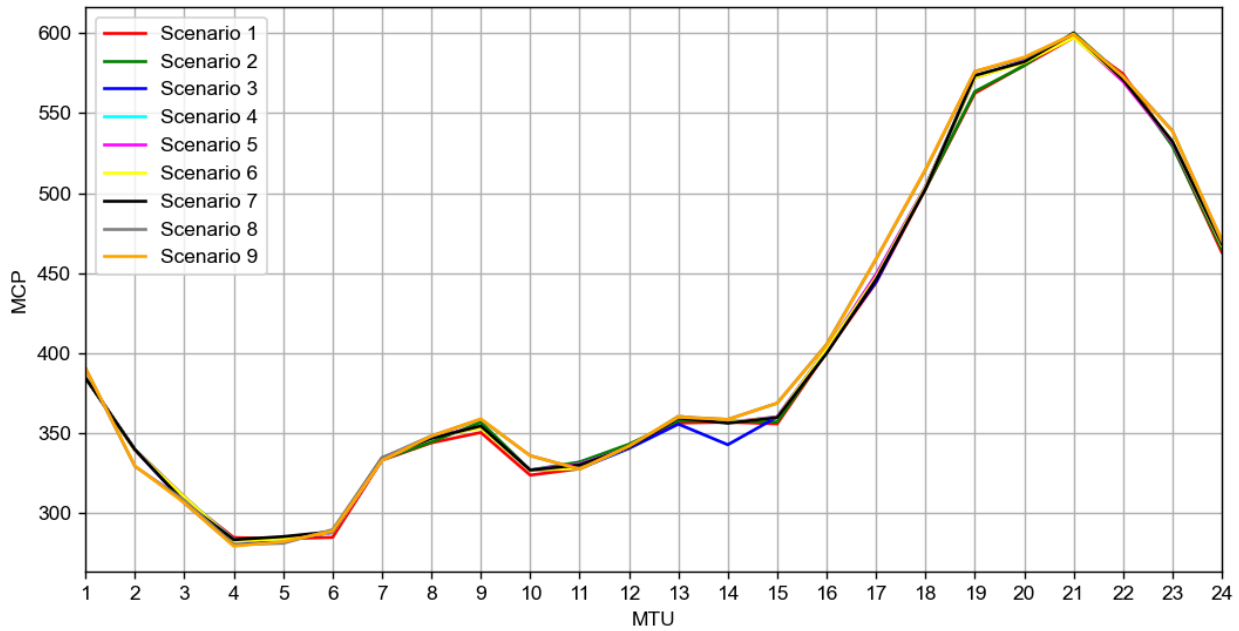


Σχήμα 46. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 2)

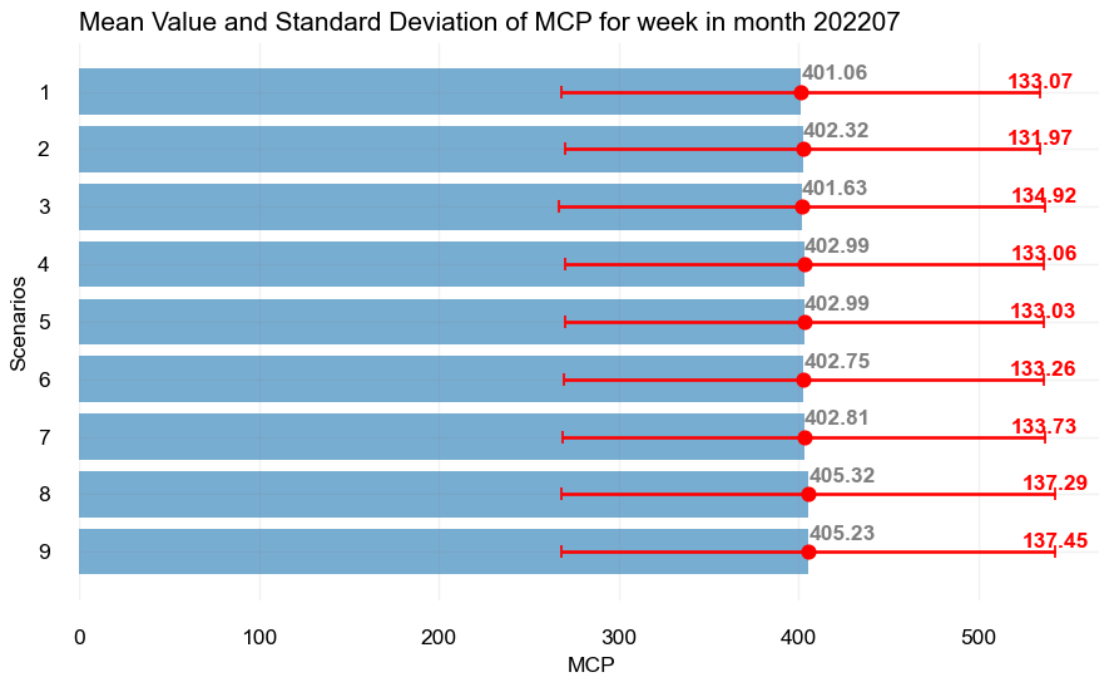


Σχήμα 47. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Μαρτίου (Προσομοίωση 2)

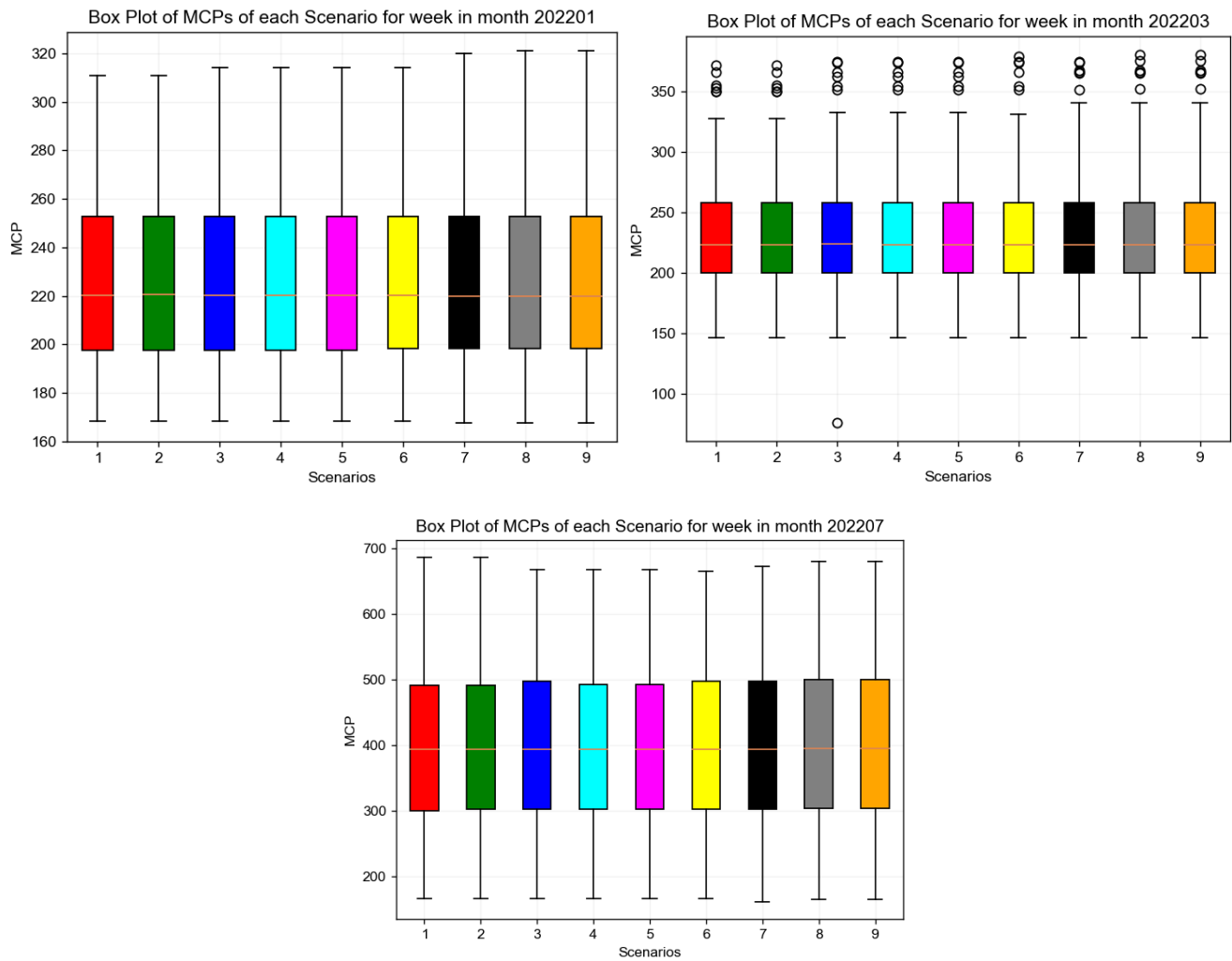
Week of the month 202207



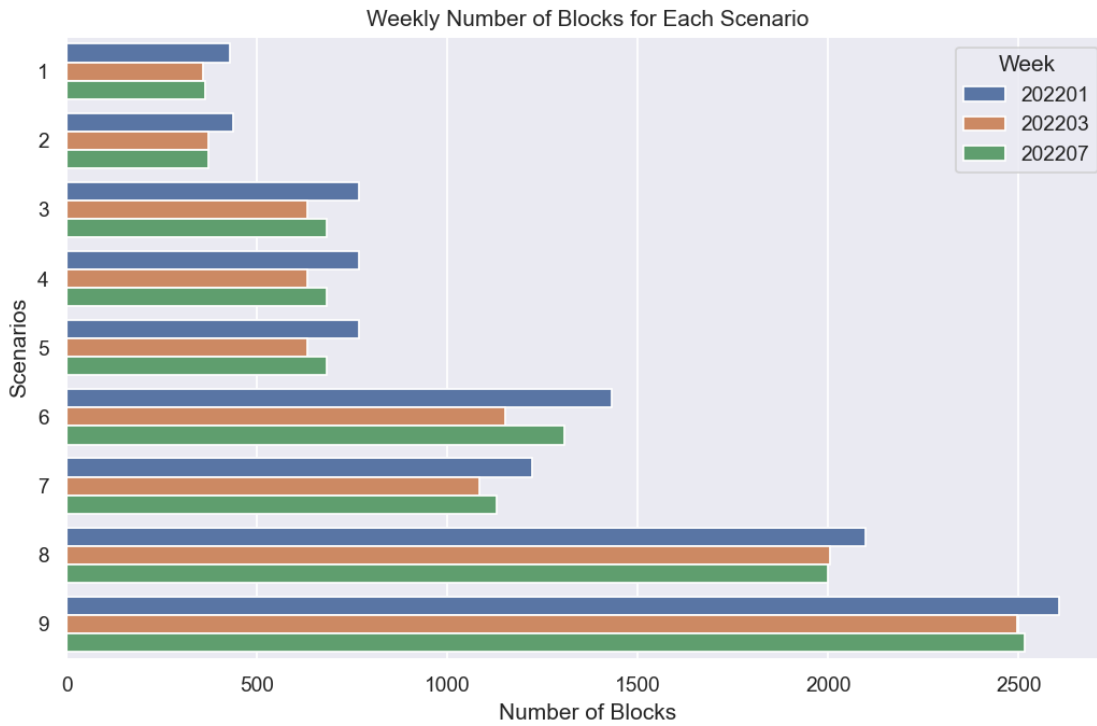
Σχήμα 48. Μέση ωριαία Τιμή Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιουλίου (Προσομοίωση 2)



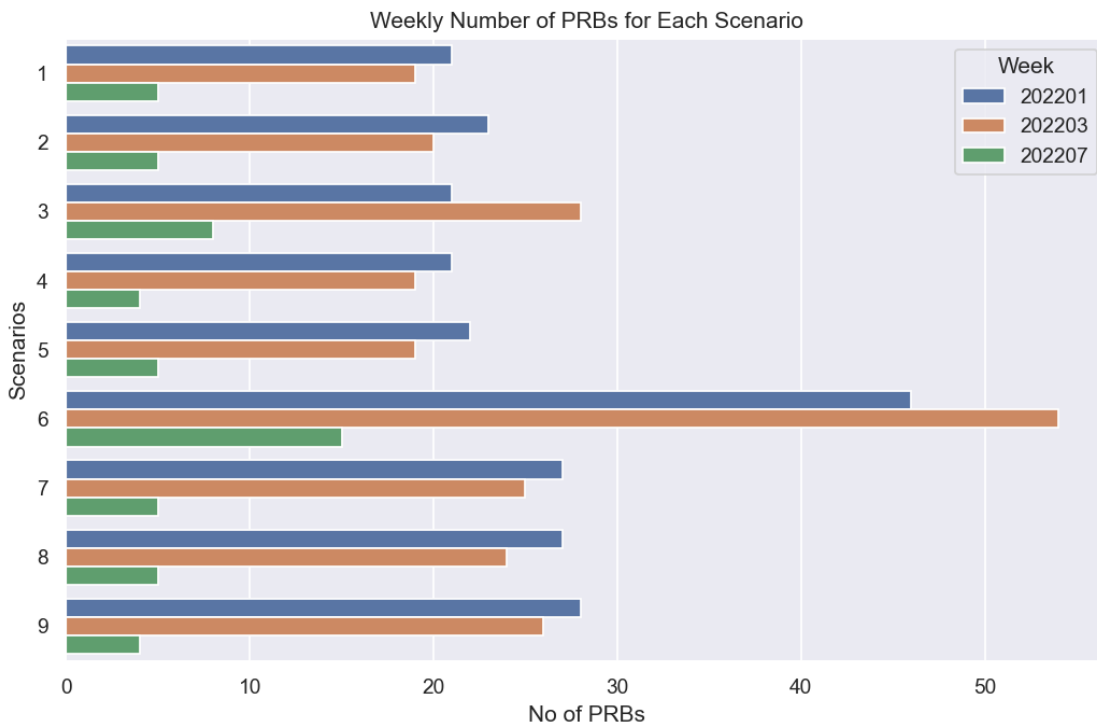
Σχήμα 49. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για την εβδομάδα του Ιουλίου (Προσομοίωση 2)



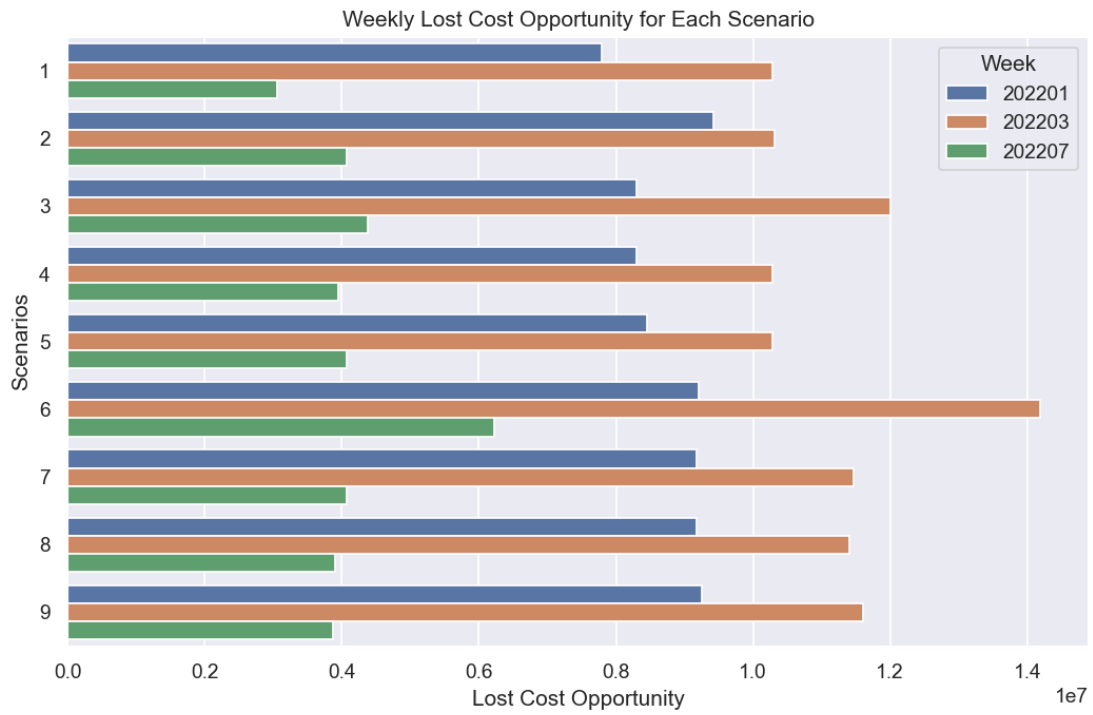
Σχήμα 50. Εβδομαδιαία Box plots Τιμής Εκκαθάρισης (€/MWh) για όλα τα Σενάρια (Προσομοίωση 2)



Σχήμα 51. Εβδομαδιαίος αριθμός Εντολών Πακέτου ανά Σενάριο (Προσομοίωση 2)



Σχήμα 52. Εβδομαδιαίος αριθμός Παραδόξως Απορριπτών Εντολών Πακέτου για κάθε Σενάριο (Προσομοίωση 2)



Σχήμα 53. Εβδομαδιαίο Χαμένο Κόστος Ευκαιρίας για κάθε Σενάριο (€) (Προσομοίωση 2)

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] EnEx Group, “DAM & IDM Trading Rulebook.” Accessed: Oct. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.enexgroup.gr/web/guest/trading-rulebooks>
- [2] ΡΑΕ, “ΑΠΟΦΑΣΗ ΡΑΕ ΥΠ’ ΑΡΙΘΜ. 947/2020.” Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: https://www.rae.gr/apofaseis_/6519/
- [3] NEMO - Committee, “Single Day-Ahead Coupling (SDAC).” Accessed: Oct. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.nemo-committee.eu/sdac>
- [4] NEMO - Committee, “Euphemia- Public Description.” Accessed: Oct. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.nemo-committee.eu/>
- [5] ΡΑΕ, “ΡΑΕ ΑΠΟΦΑΣΗ ΥΠ’ ΑΡΙΘΜ. 661/2021.” Accessed: Oct. 10, 2023. [Online]. Available: https://www.rae.gr/apofaseis_/15845/
- [6] R. Nainggolan, R. Perangin-angin, E. Simarmata, and A. F. Tarigan, “Improved the Performance of the K-Means Cluster Using the Sum of Squared Error (SSE) optimized by using the Elbow Method,” *J Phys Conf Ser*, vol. 1361, no. 1, p. 012015, Nov. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1361/1/012015.
- [7] K. Pearson, “VII. Note on regression and inheritance in the case of two parents,” *Proceedings of the Royal Society of London*, vol. 58, no. 347–352, pp. 240–242, Dec. 1895, doi: 10.1098/rspl.1895.0041.
- [8] J. A. Davies, “Elementary Survey Analysis,” *New Jersey: Prentice Hall*, 1971.
- [9] Antony Papavasiliou, *Optimization models in electricity markets*.