



Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Παρουσίαση στο συνέδριο “Renewable & storage forum”
13^η Νοεμβρίου 2020

**Η λειτουργία των ΑΠΕ σε καθεστώς target model –
Το νέο επιχειρηματικό μοντέλο που δημιουργούν οι
τεχνολογίες αποθήκευσης**

Αναπληρωτής Καθηγητής Παντελής Μπίσκας

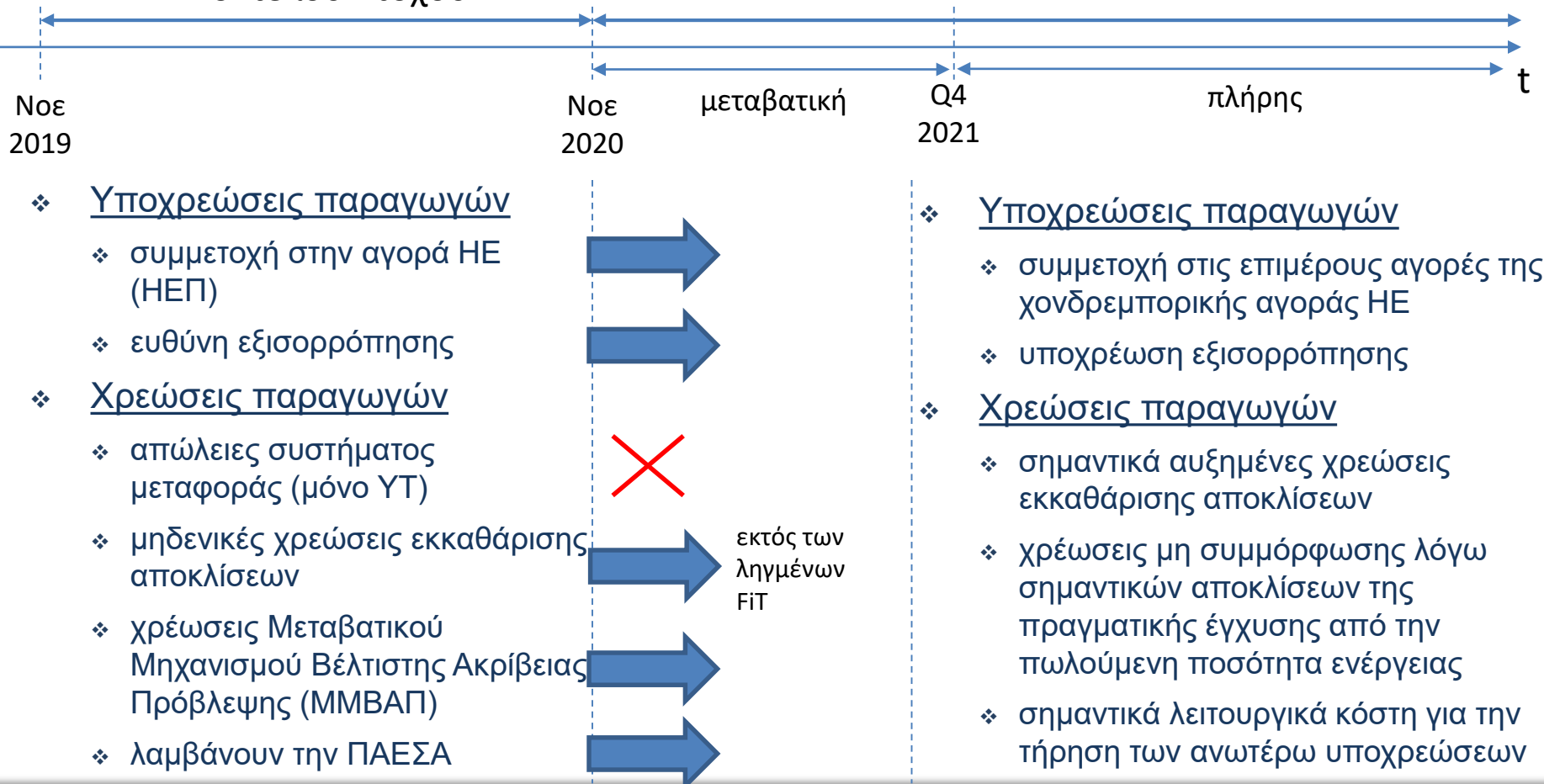
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**



Τρία στάδια εξέλιξης της χονδρεμπορικής αγοράς

Μεταβατική περίοδος
πριν την εφαρμογή του
Μοντέλου Στόχου

Εφαρμογή του Μοντέλου
Στόχου



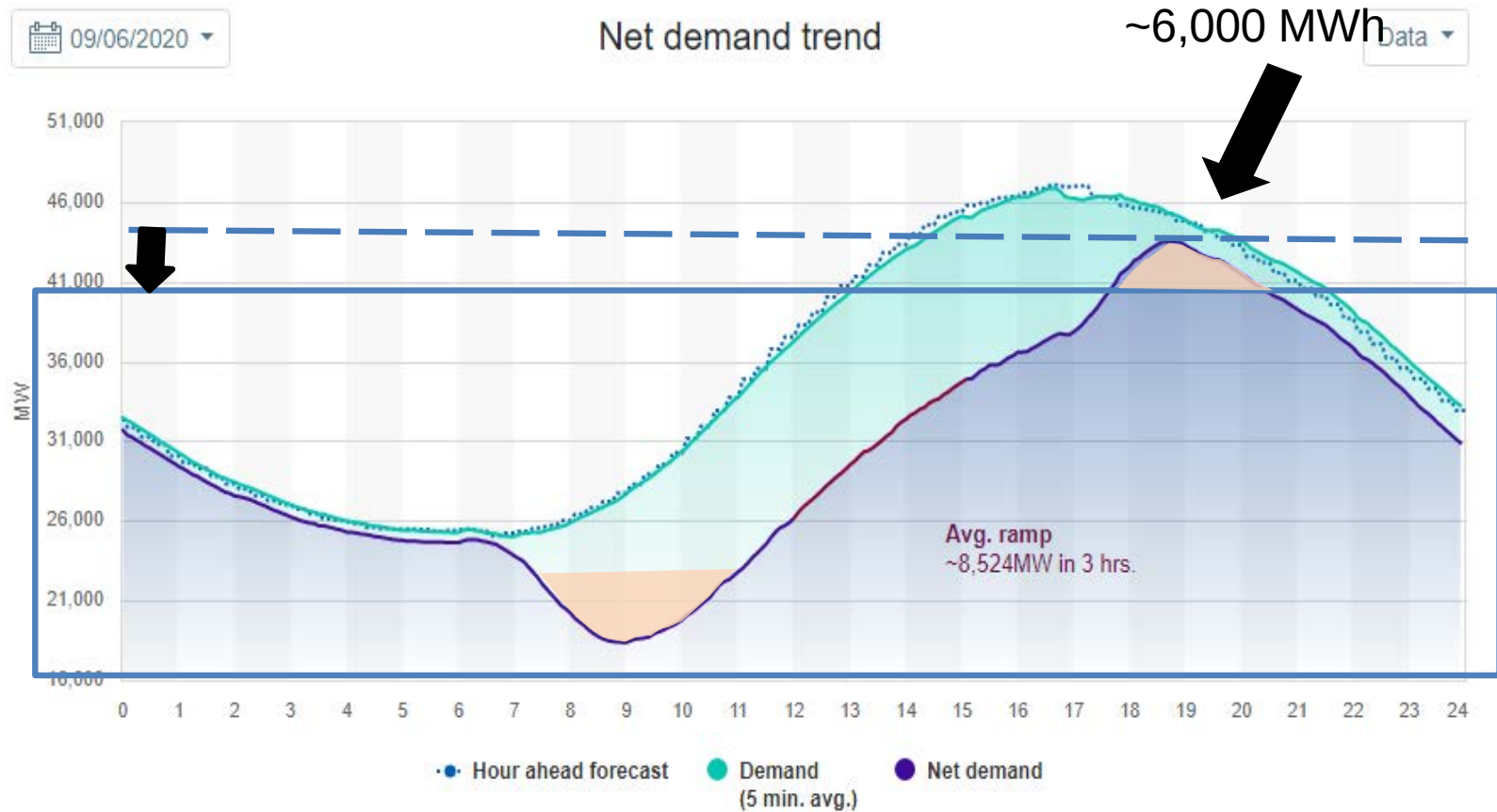


Πρώτα συμπεράσματα από λειτουργία νέας αγοράς

- ❖ Διαφορετική στρατηγική προσφορών των παραγωγών
 - ❖ εφικτότητα προγράμματος παραγωγής θερμικών μονάδων
- ❖ Σημαντικά υψηλές τιμές εκκαθάρισης της ανοδικής Ενέργειας Εξισορρόπησης
 - ❖ σε επίπεδα 90 – 200 €/MWh
- ❖ Σημαντικά χαμηλές τιμές εκκαθάρισης της καθοδικής Ενέργειας Εξισορρόπησης
 - ❖ σε επίπεδα αρνητικών τιμών ή θετικών τιμών έως 35 €/MWh
- ❖ Σημαντικά υψηλότερο κόστος εφεδρειών (ΛΠ-2)
 - ❖ σε επίπεδα 2,0 – 2,5 €/MWh
- ❖ Σημαντικά υψηλότερο κόστος οικονομικής ουδετερότητας ΑΔΜΗΕ (ΛΠ-3)
 - ❖ σε επίπεδα 5,0 – 7,0 €/MWh
- ❖ Παραγωγοί ΑΠΕ δεν υπόκεινται σε χρεώσεις Λογαριασμών Προσαυξήσεων
 - ❖ επιβαρύνονται αποκλειστικά οι προμηθευτές

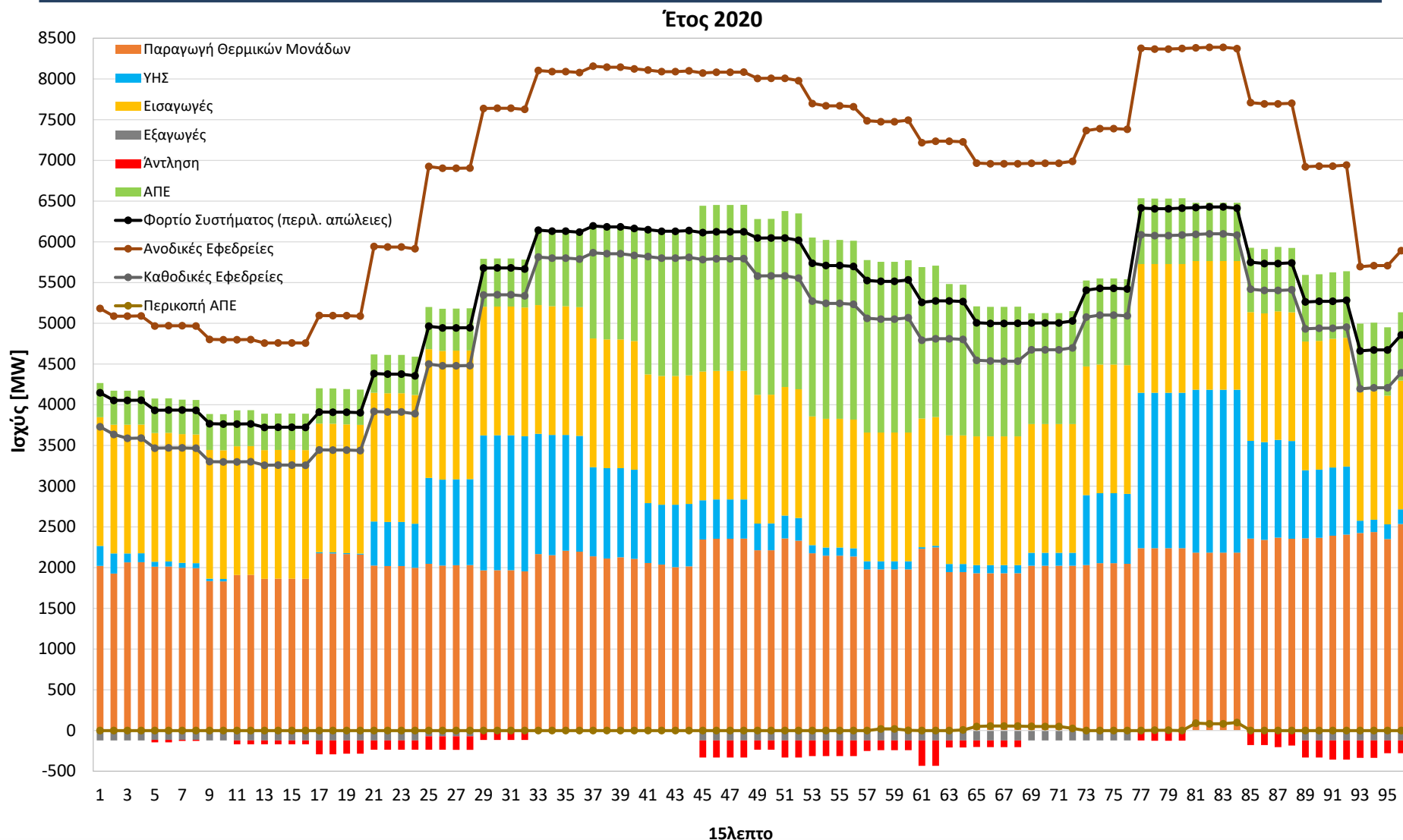


Χρήση αποθήκευσης για κάλυψη αιχμών



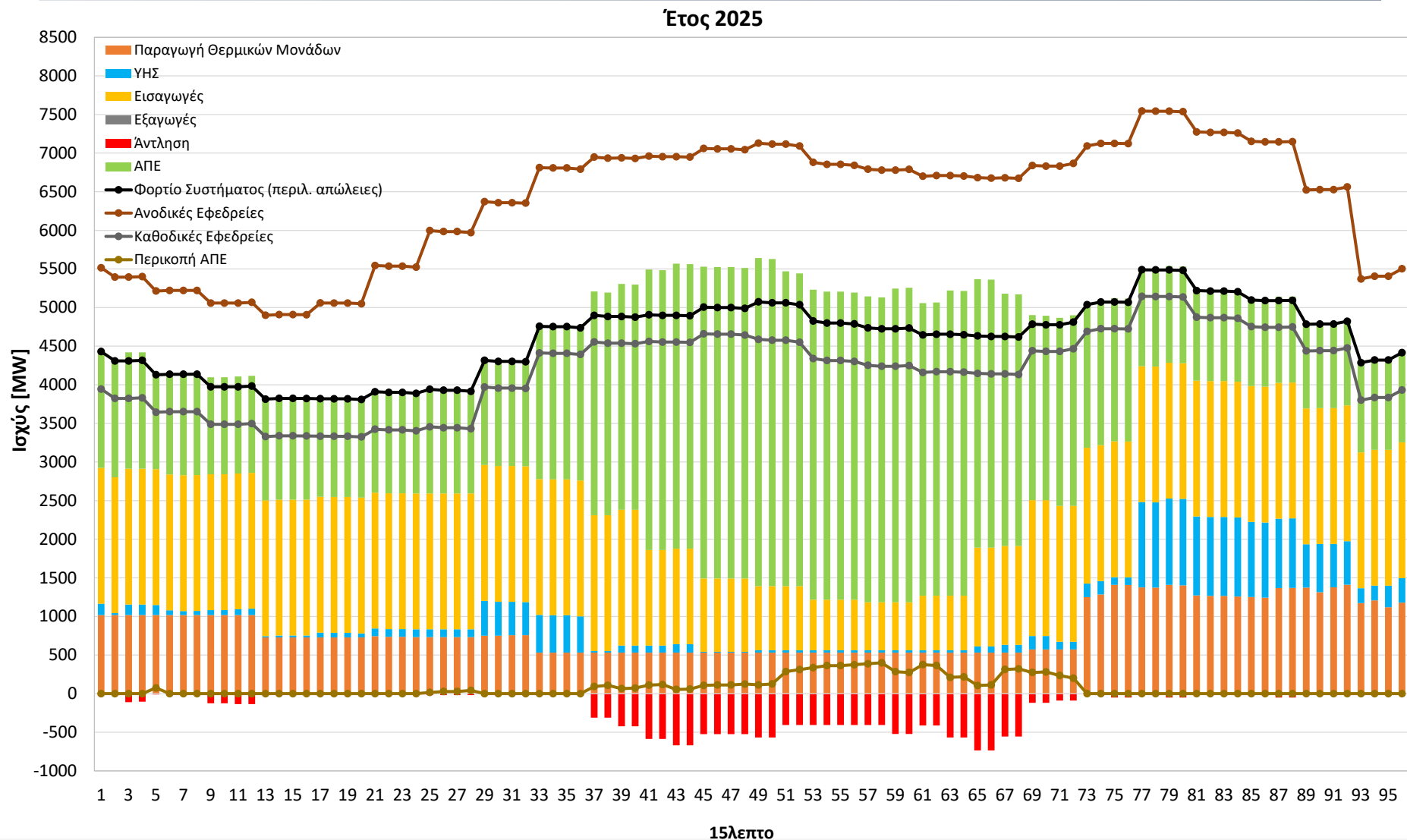


Κάλυψη φορτίου + εφεδρειών (Απρίλιος 2020)



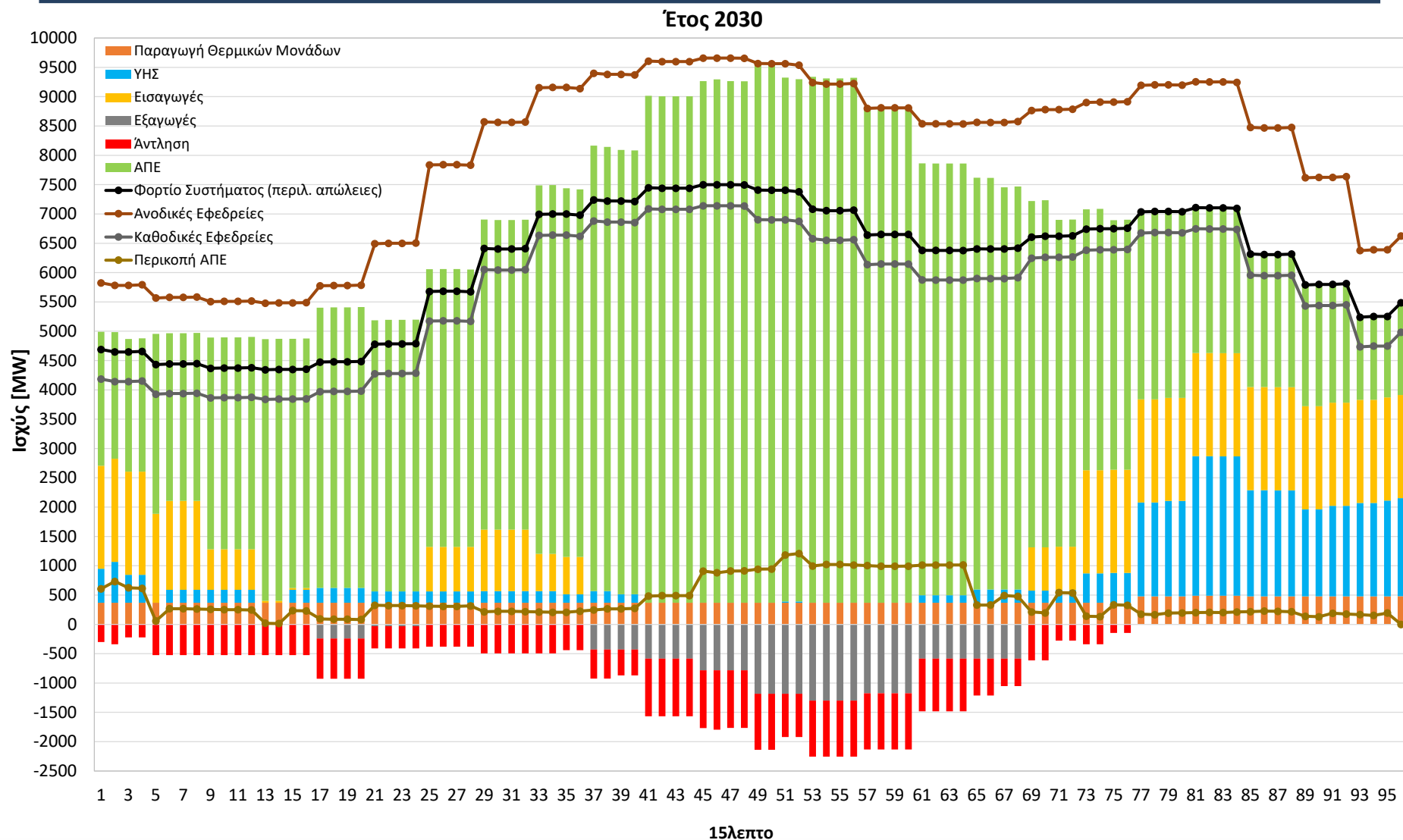


Κάλυψη φορτίου + εφεδρειών (Απρίλιος 2025)





Κάλυψη φορτίου + εφεδρειών (Απρίλιος 2030)





Ανάλυση οικονομικής βιωσιμότητας μπαταριών

- ❖ Μοντέλο βέλτιστης συμμετοχής μονάδων αποθήκευσης (σε συνδυασμό με Φ/Β σταθμό ή αιολικό σταθμό) στη Χονδρική Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας και στην Αγορά Εξισορρόπησης υπό τις διατάξεις του Μοντέλου Στόχου
- ❖ Χρονική περίοδος ανάλυσης: 2021-2030
- ❖ Είσοδοι μοντέλου:
 - ❖ Τιμή Εκκαθάρισης Αγοράς Επόμενης Ημέρας
 - ❖ Τιμές εκκαθάρισης εφεδρειών (ανά τύπο εφεδρείας και κατεύθυνση)
 - ❖ Τιμές αποζημίωσης Ενέργειας Εξισορρόπησης (ενεργοποίηση aFRR)
 - ❖ Περικοπή εγχύσεων Φ/Β και αιολικού σταθμού ανά ώρα / έτος
 - ❖ Ωριαίο προφίλ παραγωγής Φ/Β και αιολικού σταθμού
 - ❖ Κόστος εγκατάστασης μπαταριών
 - ❖ Κόστος αντικατάστασης μπαταριών (στη δεκαετία)
 - ❖ Σταθερό κόστος Ο&Μ των μπαταριών
 - ❖ Μεταβλητό κόστος Ο&Μ των μπαταριών
 - ❖ Τεχνικοί περιορισμοί φόρτισης / εκφόρτισης μπαταριών, περιορισμοί παροχής εφεδρειών

αποτελέσματα
προσομοιώσεων
αγοράς με το
μοντέλο LTSx



Δεδομένα / υποθέσεις προσομοίωσης αγοράς

1st scenario (**low** scenario for DAM

prices): The following assumptions are considered:

- ✓ Low Demand scenario
- ✓ Low scenario for Brent price (based on ICE futures, collected at 20/03/2020)
- ✓ Low scenario for TTF price (based on ICE futures, collected at 20/03/2020)
- ✓ Low scenario for CO2 emissions prices (based on EEX futures, collected at 20/03/2020)
- ✓ *Corona-virus scenario*

2nd scenario (**intermediate** scenario

for DAM prices): The following assumptions are considered:

- ✓ Intermediate Demand scenario
- ✓ Intermediate scenario for Brent price (based on ICE futures, collected at 20/02/2020)
- ✓ High scenario for TTF price (based on ICE futures, collected at 20/02/2020)
- ✓ High scenario for CO2 emissions prices (NECP-based)
- ✓ *Post corona-virus scenario*

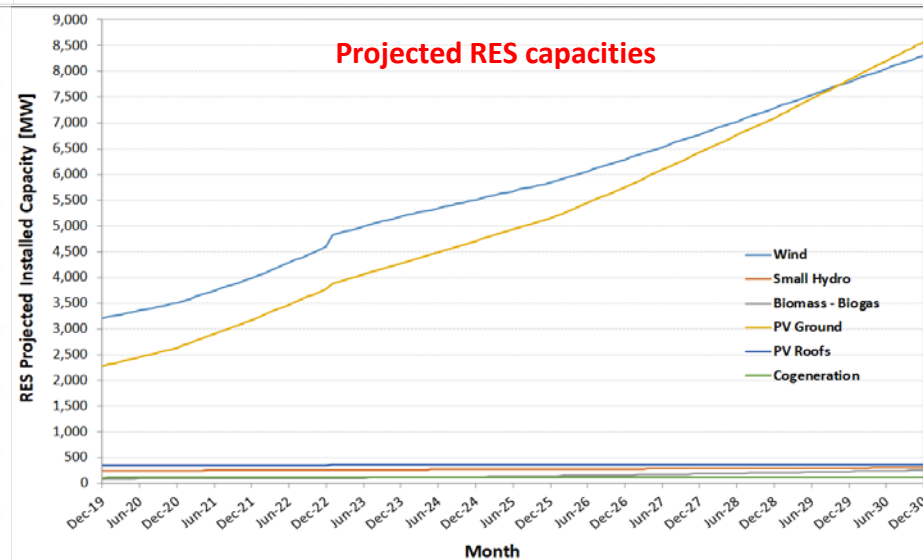
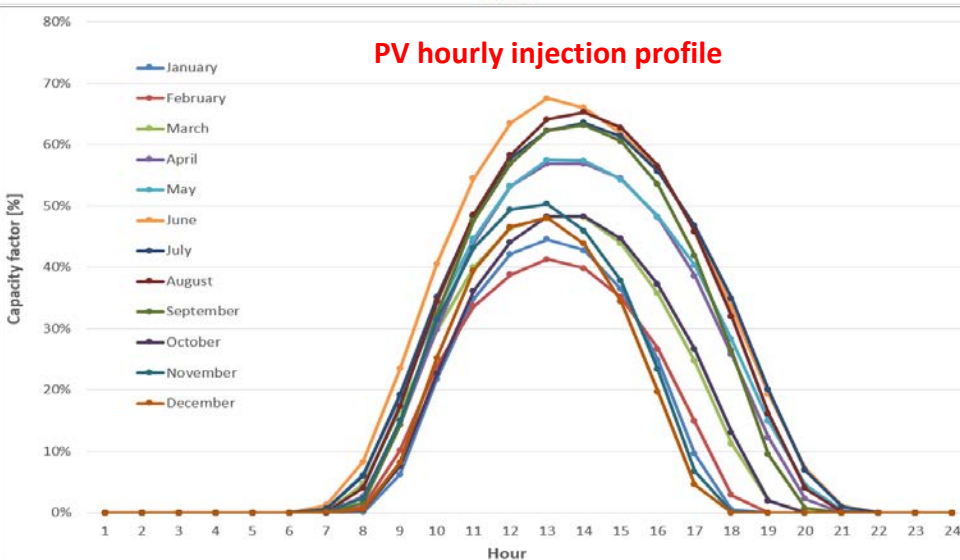
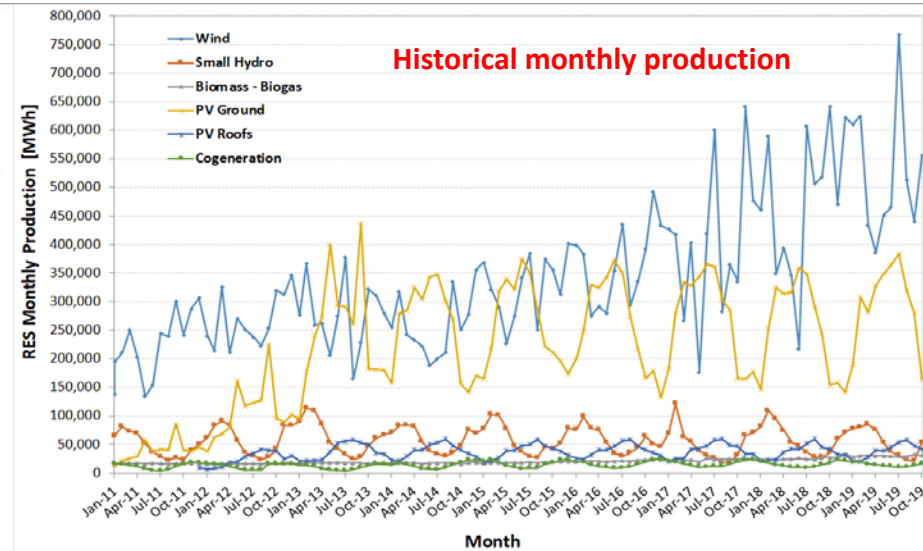
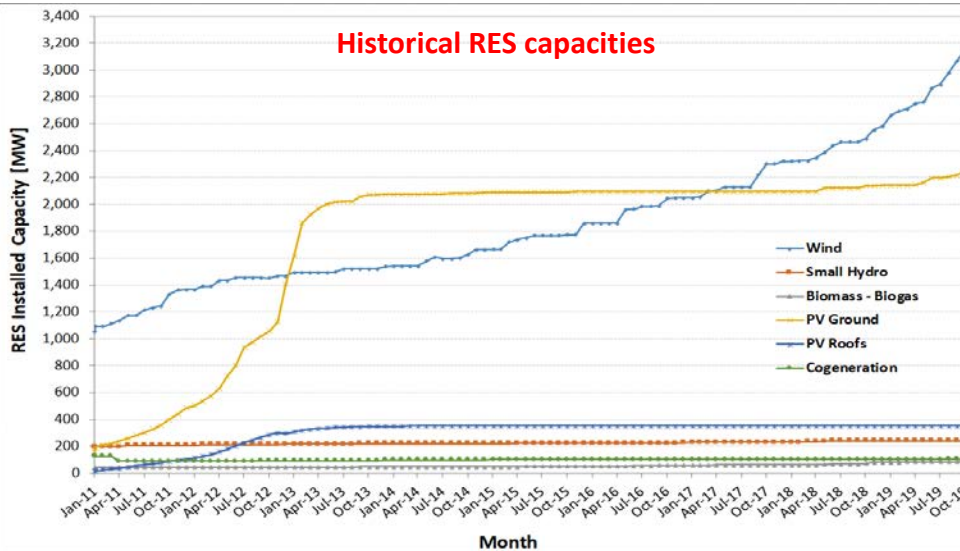
3rd scenario (**high** scenario for DAM

prices): The following assumptions are considered:

- ✓ High Demand Scenario
- ✓ High scenario for Brent price (starting from a price based on ICE futures, collected at 20/02/2020, and following a linear increasing curve until Dec. 2030)
- ✓ High scenario for TTF price (based on ICE futures, collected at 20/02/2020)
- ✓ High scenario for CO2 emissions prices (NECP-based)
- ✓ *Large economic growth scenario*



Δεδομένα / υποθέσεις προσομοίωσης αγοράς





Ανάλυση οικονομικής βιωσιμότητας μπαταριών

Year	<i>Investment Cost</i> [€/MW]	Investment Cost [€/MWh]	Fixed O&M Cost [€/MW-y]	Variable Cost [€/MWh]	Battery Replacement Cost [%]	Battery Round-Trip Efficiency [%]
2021	1,069,091	267,273	8,311	0.273	25%	90%
2022	998,182	249,545	8,051	0.273	25%	90%
2023	925,455	231,364	7,791	0.273	25%	90%
2024	856,364	214,091	7,531	0.273	25%	90%
2025	785,455	196,364	7,273	0.273	25%	90%
2026	749,091	187,273	7,014	0.273	25%	90%
2027	712,727	178,182	6,756	0.273	25%	90%
2028	676,364	169,091	6,498	0.273	25%	90%
2029	638,182	159,545	6,240	0.273	25%	90%
2030	601,818	150,455	5,982	0.273	25%	90%

Source: Cole, Wesley, and A. Will Frazier. 2019. Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-6A20-73222. <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/73222.pdf>.



Ανάλυση οικονομικής βιωσιμότητας μπαταριών

- ❖ Μοντέλο βέλτιστης συμμετοχής μονάδων αποθήκευσης (σε συνδυασμό με Φ/Β σταθμό ή αιολικό σταθμό) στη Χονδρική Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας και στην Αγορά Εξισορρόπησης υπό τις διατάξεις του Μοντέλου Στόχου
- ❖ Παραδοχές:
 - ❖ Φ/Β ή αιολικός σταθμός ονομαστικής ισχύος 10 MW
 - ❖ price-taker στην πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας στη Χονδρική Αγορά
 - ❖ price-taker στην παροχή εφεδρειών στον ΑΔΜΗΕ
 - ❖ WACC = 7% & περίοδος απόσβεσης επένδυσης = 20 έτη
 - ❖ CRF = 0,09439
 - ❖ η ισχύς των μπαταριών δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την ισχύ του σταθμού ΑΠΕ
 - ❖ συνολική απόδοση κύκλου φόρτισης – εκφόρτισης = 90%
 - ❖ παροχή και των τριών τύπων εφεδρειών (FCR, aFRR, mFRR) από τις μπαταρίες
 - ❖ παροχή Ενέργειας Εξισορρόπησης από ενεργοποίηση aFRR



Ανάλυση οικονομικής βιωσιμότητας μπαταριών

- ❖ Μοντέλο βέλτιστης συμμετοχής μονάδων αποθήκευσης (σε συνδυασμό με Φ/Β σταθμό ή αιολικό σταθμό) στη Χονδρική Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας και στην Αγορά Εξισορρόπησης υπό τις διατάξεις του Μοντέλου Στόχου
- ❖ Αποτελέσματα:
 - ❖ Βέλτιστη διαστασιολόγηση (ισχύς, αποθηκευτική) μπαταριών που μπορούν να εξυπηρετήσουν με το βέλτιστο οικονομικά τρόπο την παραγωγή του σταθμού ΑΠΕ
 - ❖ Βέλτιστη ωριαία λειτουργία μπαταριών
 - ❖ Ισχύς φόρτισης
 - ❖ Ισχύς εκφόρτισης
 - ❖ State-of-charge
 - ❖ Προβλεπόμενα ετήσια έσοδα Φ/Β ή αιολικού σταθμού και μπαταριών από την αγορά
 - ❖ Προβλεπόμενα ετησιοποιημένα έξοδα εγκατάστασης / αντικατάστασης / λειτουργίας μπαταριών
 - ❖ Προβλεπόμενα ετήσια κέρδη από εγκατάσταση και λειτουργία μπαταριών (σε συνδυασμό με Φ/Β ή αιολικό σταθμό)

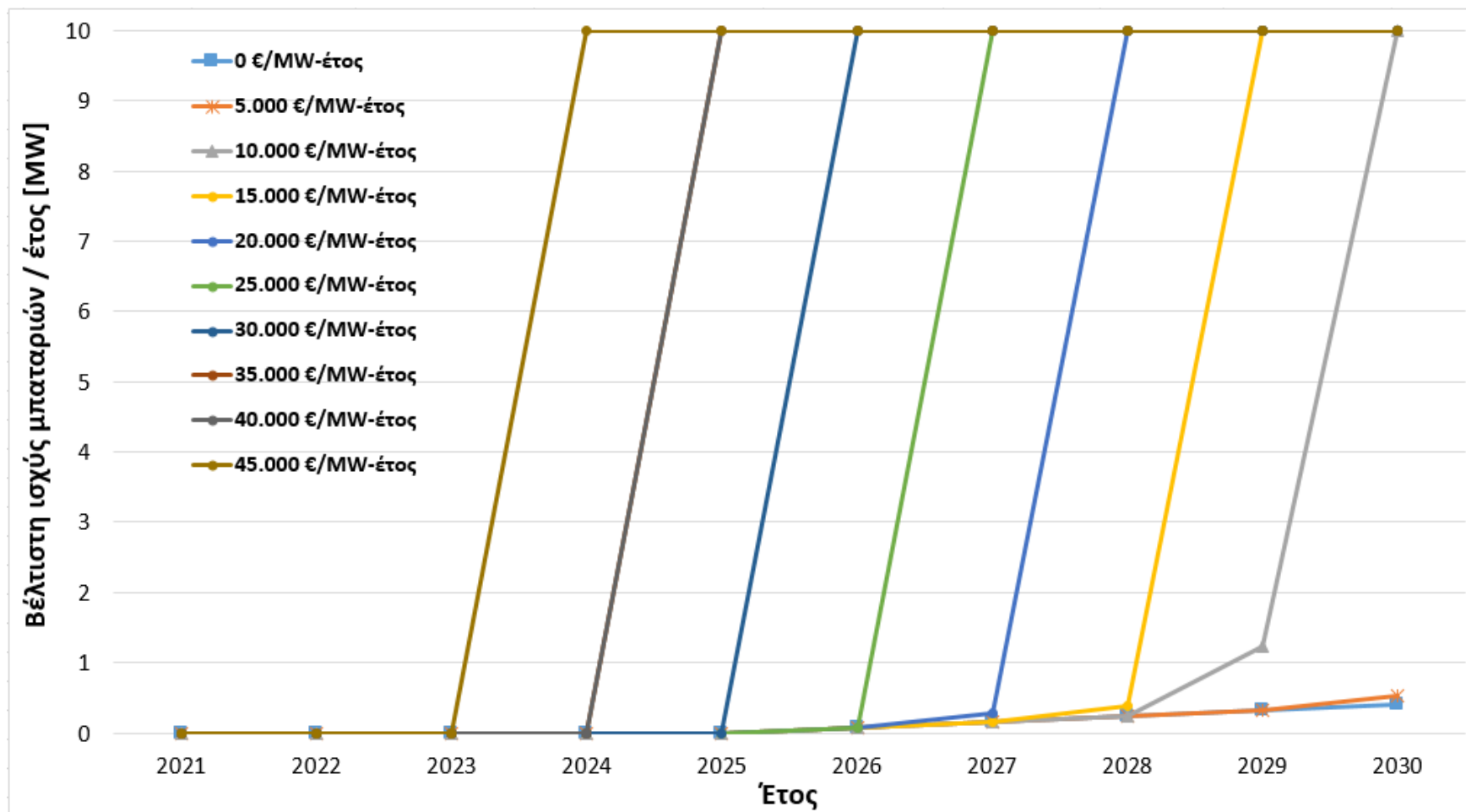


Ανάλυση οικονομικής βιωσιμότητας μπαταριών



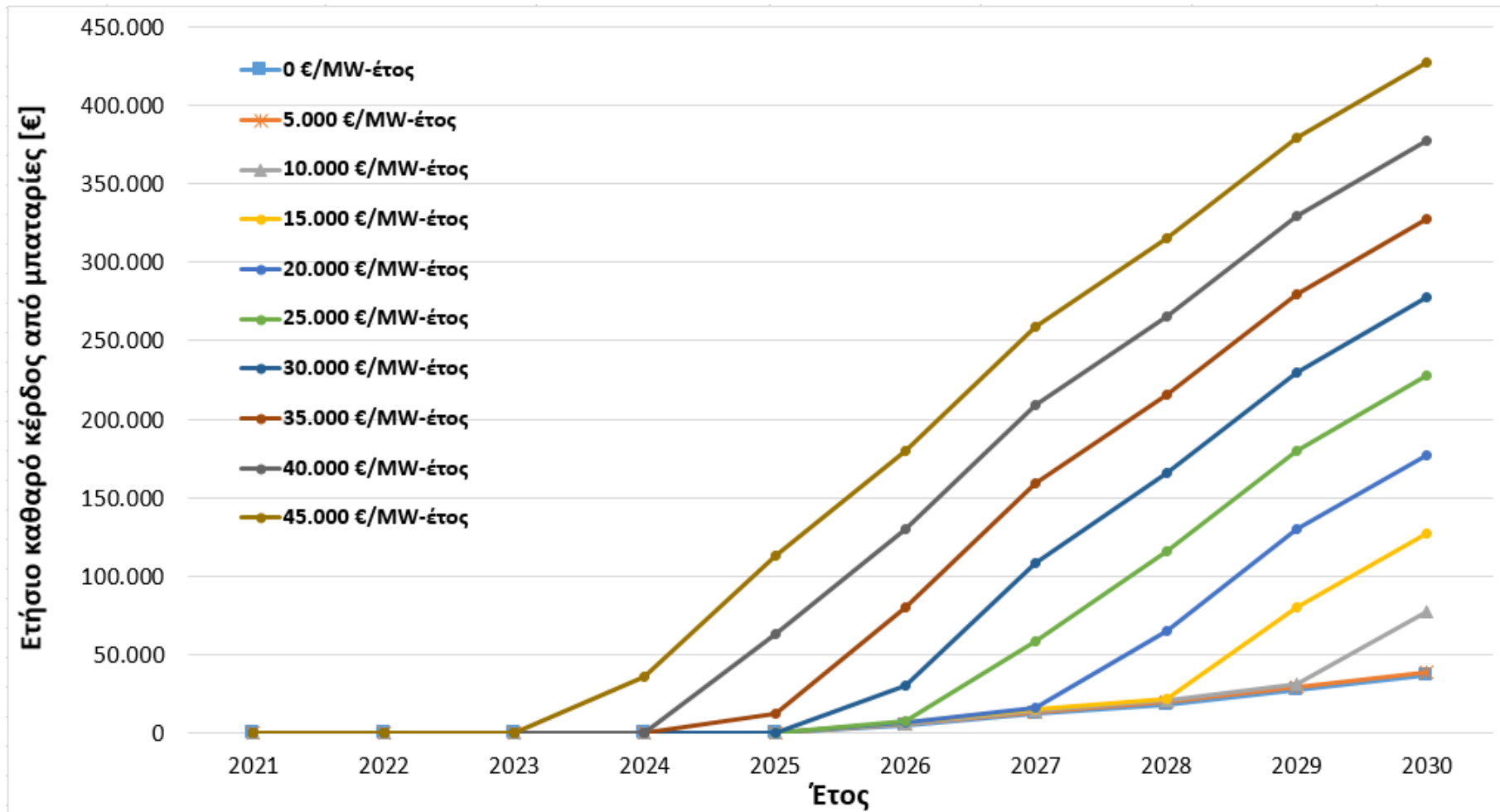


Αποτελέσματα ανάλυσης (1)



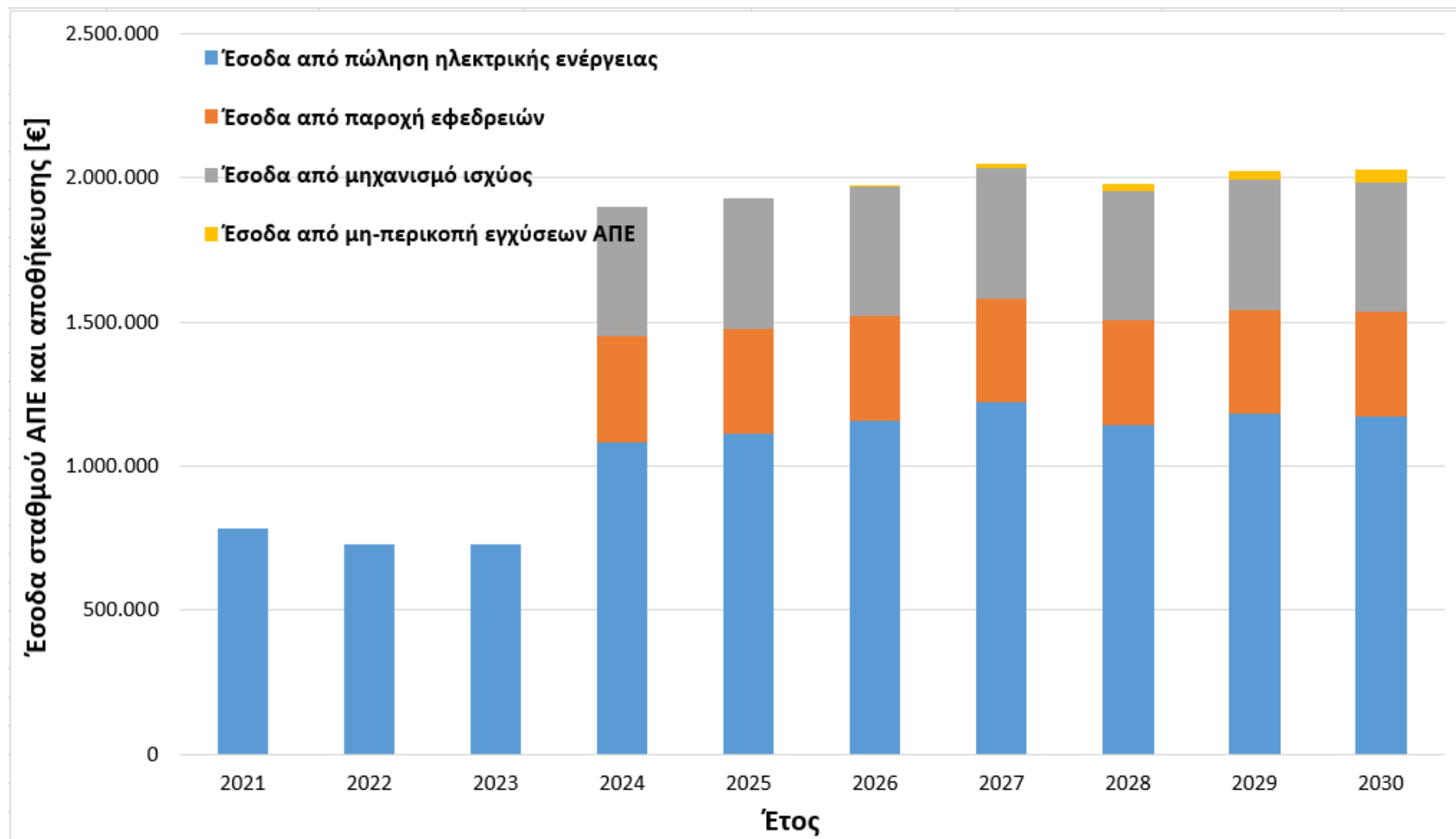


Αποτελέσματα ανάλυσης (2)



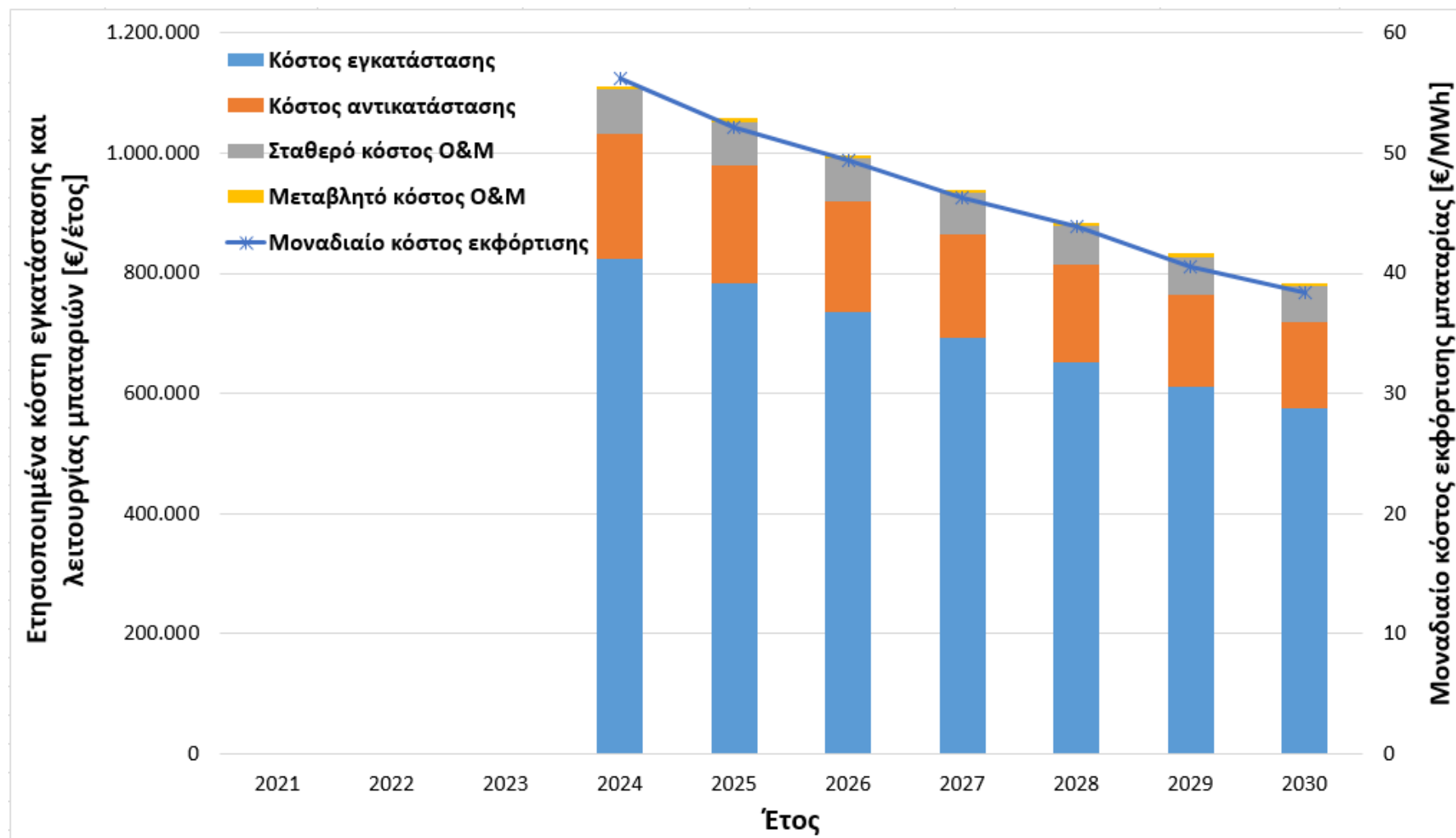


Αποτελέσματα ανάλυσης (3)





Αποτελέσματα ανάλυσης (4)



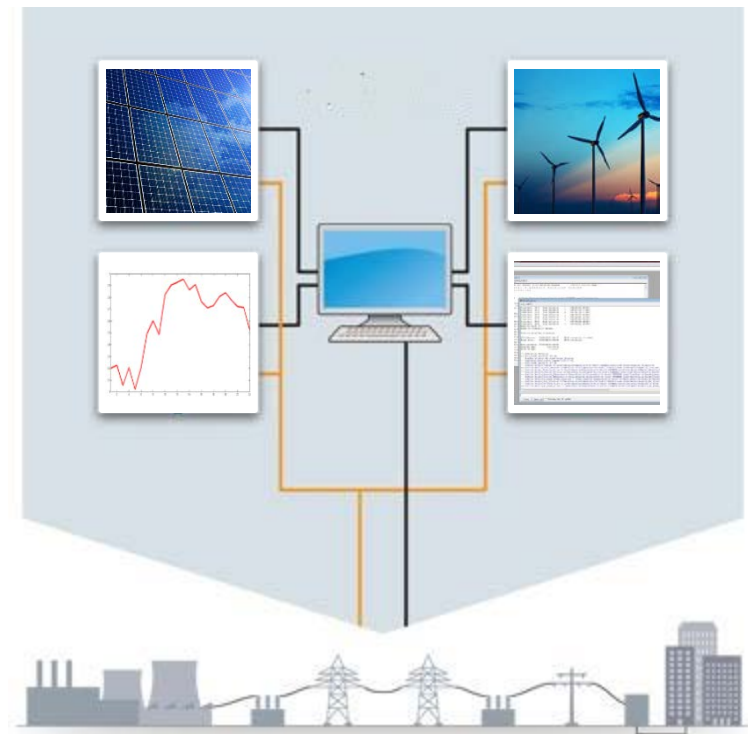


Επεκτάσεις μοντέλου / αναλύσεων

- ❖ Μοντέλο βέλτιστης συμμετοχής μονάδων αποθήκευσης (σε συνδυασμό με Φ/Β σταθμό ή αιολικό σταθμό) στη Χονδρική Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας και στην Αγορά Εξισορρόπησης υπό τις διατάξεις του Μοντέλου Στόχου
- ❖ Πιθανές επεκτάσεις (upon request):
 - ❖ ανάλυση με μεγαλύτερη ισχύ Φ/Β και αιολικών σταθμών
 - ❖ ανάλυση με διαφορετικά χρηματοοικονομικά δεδομένα
 - ❖ ανάλυση με περιορισμούς προϋπολογισμού (budget constraints)
 - ❖ ανάλυση λαμβάνοντας πιθανά έσοδα από ενεργοποίηση mFRR
 - ❖ ανάλυση λαμβάνοντας πιθανά έσοδα από παροχή υπηρεσιών στον ΔΕΔΔΗΕ (σε περιπτώσεις συμφόρησης δικτύου διανομής), εφόσον υπάρξει τέτοια αγορά
 - ❖ πρόσθετα έσοδα από αγορά σε επίπεδο δικτύου διανομής
 - ❖ ανάλυση με στοχαστικές παραμέτρους που επηρεάζουν τις τιμές της Χονδρικής Αγοράς
 - ❖ ανάλυση διαφορετικών σχημάτων ενίσχυσης από διαφορετικό σχεδιασμό μελλοντικών μηχανισμών ισχύος (π.χ. reliability options) -> πιθανές προτάσεις υποψήφιων επενδυτών προς Υπουργείο και άλλους αρμόδιους φορείς



***Ευχαριστώ για την
προσοχή σας!***



Παντελής Μπίσκας

Αναπληρωτής Καθηγητής ΤΗΜΜΥ ΑΠΘ