



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών  
Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος

# Το σύγχρονο πλαίσιο Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ως πρόβλημα προσομοίωσης



Βασικές αρχές και πιλοτική εφαρμογή στον ημερήσιο ενεργειακό προγραμματισμό  
συστήματος συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών

Μαρία Κλαίρη Ζαβραδινού

Επιβλέπων Καθηγητής: Ευστρατιάδης Ανδρέας, Επίκουρος Καθηγητής, ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2021

# Αντικείμενα της εργασίας

01

Επισκόπηση του σύγχρονου πλαισίου της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

02

Προσομοίωση της λειτουργίας της αγοράς ενέργειας εικονικής χώρας με υποτιθέμενο ενεργειακό μίγμα

03

Επίλυση Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού (HEΠ)



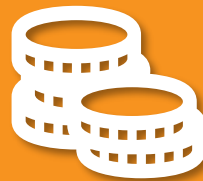
# Ερευνητικοί Στόχοι



## Ηλεκτρική Ενέργεια

Προϊόν ιδιαίτερης φύσεως με αυξημένες προδιαγραφές διαχείρισης

Συναλλάσσεται σε μια σύνθετα δομημένη και διαφοροποιημένη αγορά



## Αγορά

## Ηλεκτρικής Ενέργειας

Εξισορρόπηση παραγωγής – ζήτησης σε πραγματικό χρόνο

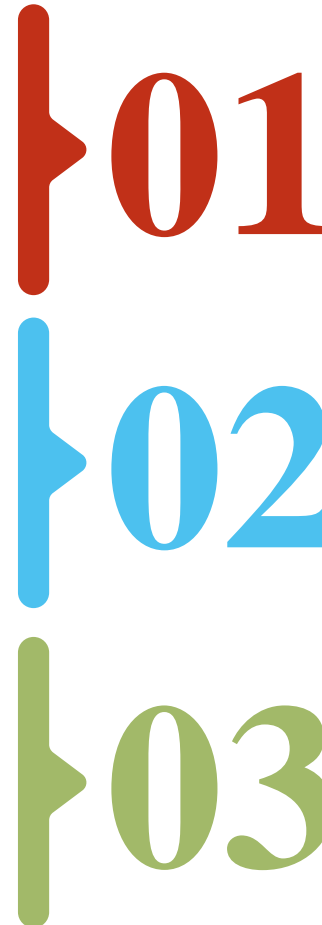
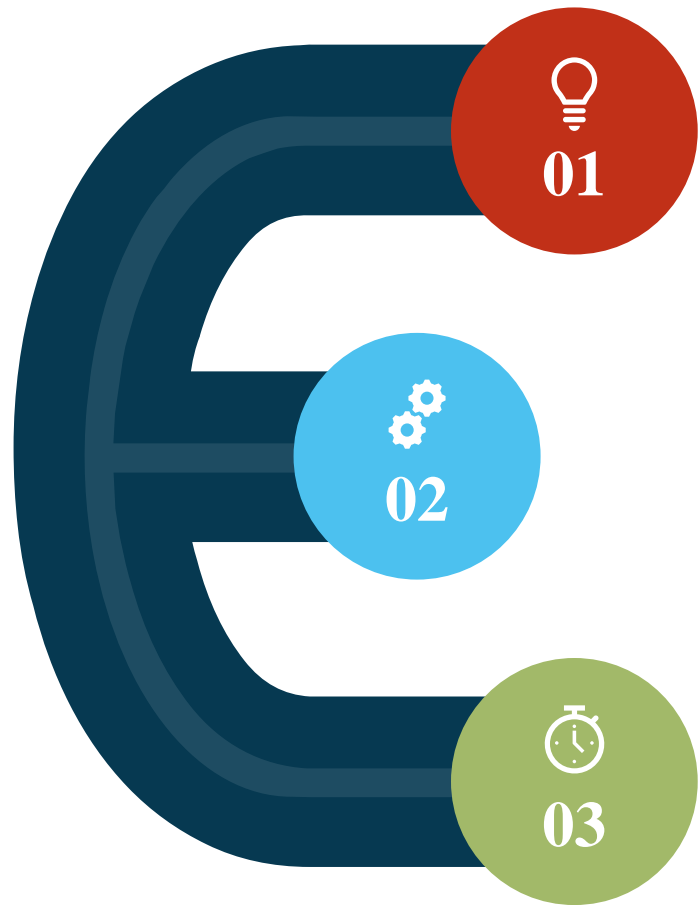
Προγραμματισμός & ανάλυση δεδομένων με στόχο τον σχεδιασμό της λειτουργίας των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας

# Η περίπτωση της Ελλάδας

## Ελληνική Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας



# Ισχύον πλαίσιο Αγοράς Ενέργειας πριν την εφαρμογή του Target Model



## Μοντέλο Υποχρεωτικής Κοινοπραξίας Ισχύος

Διάθεση και συναλλαγή του συνόλου της ηλεκτρικής ενέργειας που θα παραχθεί την επόμενη ημέρα σε μια συγκεντρωτική αγορά: την χονδρεμπορική αγορά

## Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός

Βέλτιστος προγραμματισμός λειτουργίας μονάδων παραγωγής

## Εκκαθάριση Αγοράς

Αποζημίωση/Χρέωση παραγωγών με τις Οριακές Τιμές Συστήματος (ΟΤΣ) και Αποκλίσεων (ΟΤΑ)

# Ευρωπαϊκό Μοντέλο – Στόχος (Target Model)

- Κοινή αρχιτεκτονική λειτουργίας της αγοράς
- Διασύνδεση εθνικών αγορών ενέργειας → άρση περιορισμών στις συναλλαγές
- Σύζευξη τιμών εθνικών αγορών ενέργειας → αποδοτική διαμόρφωση τιμών, περιορισμός στρεβλώσεων
- Απώτερος σκοπός η **ικανοποίηση του τελικού καταναλωτή**





# Αγορές Ενέργειας σύμφωνα με το Μοντέλο – Στόχος



Διάκριση αγορών → τιμή ανά προσφερόμενη υπηρεσία

Περισσότερα προϊόντα/υπηρεσίες → καλύτερη διαχείριση αποκλίσεων χαρτοφυλακίων

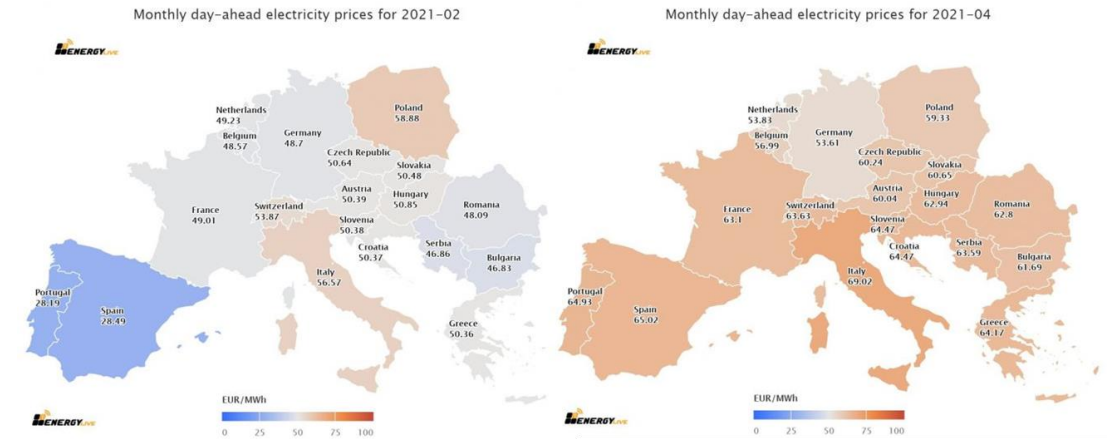


## Σύζευξη Αγορών (Market Coupling)

## Σύζευξη Τιμών και Περιφερειών (Price Coupling of Regions, PCR)



- **Εκτιμήσεις:** Βουλγαρία καθαρός εξαγωγέας ενέργειας στην Ελλάδα έως το 2023
- Ελληνική αγορά φθηνότερη από τη Βουλγαρική έως το 2025
- 2025 – 2028 τιμές αγορών στα ίδια επίπεδα
- 2028: Αλλαγή «ροής» ενέργειας → Ελλάδα καθαρός εξαγωγέας



- **Αλγόριθμος σύζευξης ενιαίας τιμής (EURHEMIA)** → υπολογισμός κατανομής ενέργειας & τιμών ηλεκτρικής ενέργειας σε ολόκληρη την Ευρώπη
- **Διαφάνεια** υπολογισμού τιμών και ροών ισχύος

# Οφέλη Μοντέλου – Στόχου & Απελευθέρωσης Αγοράς Ενέργειας

Προώθηση ανοικτού και  
δίκαιου ανταγωνισμού –  
λήξη μονοπωλίων Η/Ε

Ενοποίηση αγορών –  
αποδοτικότερη χρήση  
διασυνδέσεων – ασφάλεια  
ενεργειακού εφοδιασμού



Διαφανές πλαίσιο για  
το κόστος της αγοράς

Σύγκλιση τιμών –  
αποτελεσματικές  
«ροές» ενέργειας

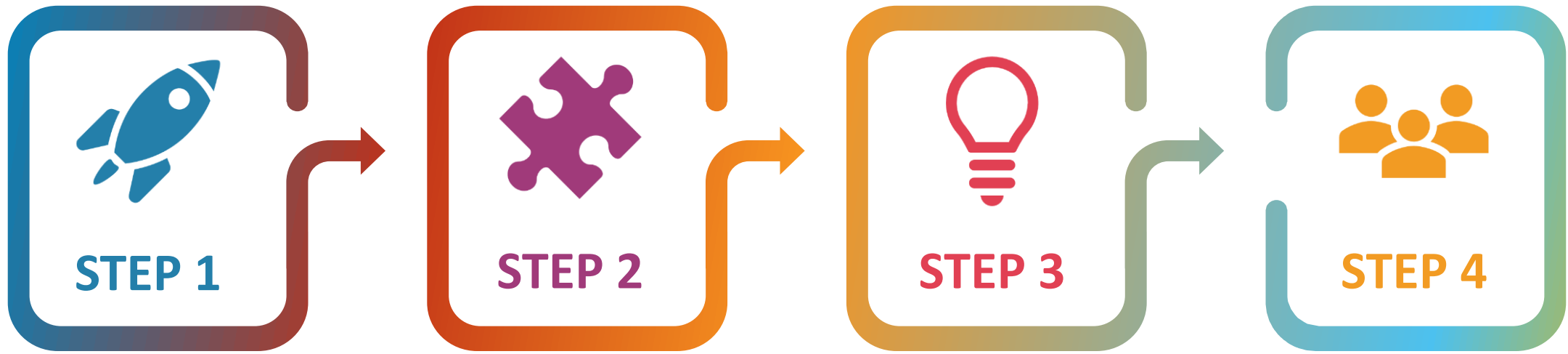
Αύξηση του μεριδίου των  
ΑΠΕ στα χαρτοφυλάκια μέσω  
νέων αγορών πλησιέστερων  
στον πραγματικό χρόνο  
κατανάλωσης

# Αποτελέσματα από την έως τώρα εφαρμογή του Μοντέλου – Στόχου στην **Ελλάδα**

- **10 χρόνια** καθυστέρηση
- Σε 1 μήνα → τιμές ηλεκτρικής ενέργειας **4x↑** → παρέμβαση ΡΑΕ
  - Έλλειμμα προσφοράς – ζήτησης αγοράς εξισορρόπησης
  - Τεχνητό αποτέλεσμα για υπερβολικό κέρδος
- Υψηλότερη η τιμή χονδρικής στην Ευρώπη, αλλά χαμηλότερη τιμή λιανικής → στρέβλωση
- Εκτιμήσεις για **1 – 1,5 χρόνο προσαρμογής**



# Πορεία εκτέλεσης της προσομοίωσης



## Περιοχή Μελέτης

Παραδοχές  
διαμόρφωσης εικονικής  
χώρας – σχεδιασμός  
μονάδων παραγωγής  
του συστήματος  
ηλεκτρικής ενέργειας

## Αγορά Ενέργειας

Διαμόρφωση παικτών –  
παραγωγών  
Χρηματιστηρίου  
Ενέργειας και κανόνων  
λειτουργίας της Αγοράς  
Ενέργειας

## Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός (ΗΕΠ)

Προσομοίωση επίλυσης  
ΗΕΠ για εναλλακτικά  
σενάρια λειτουργίας της  
αγοράς

## Βέλτιστο Σενάριο – Συμπεράσματα

Αξιολόγηση μέσω  
μέτρων επίδοσης και  
εξαγωγή  
συμπερασμάτων  
έρευνας

# Περιοχή Μελέτης

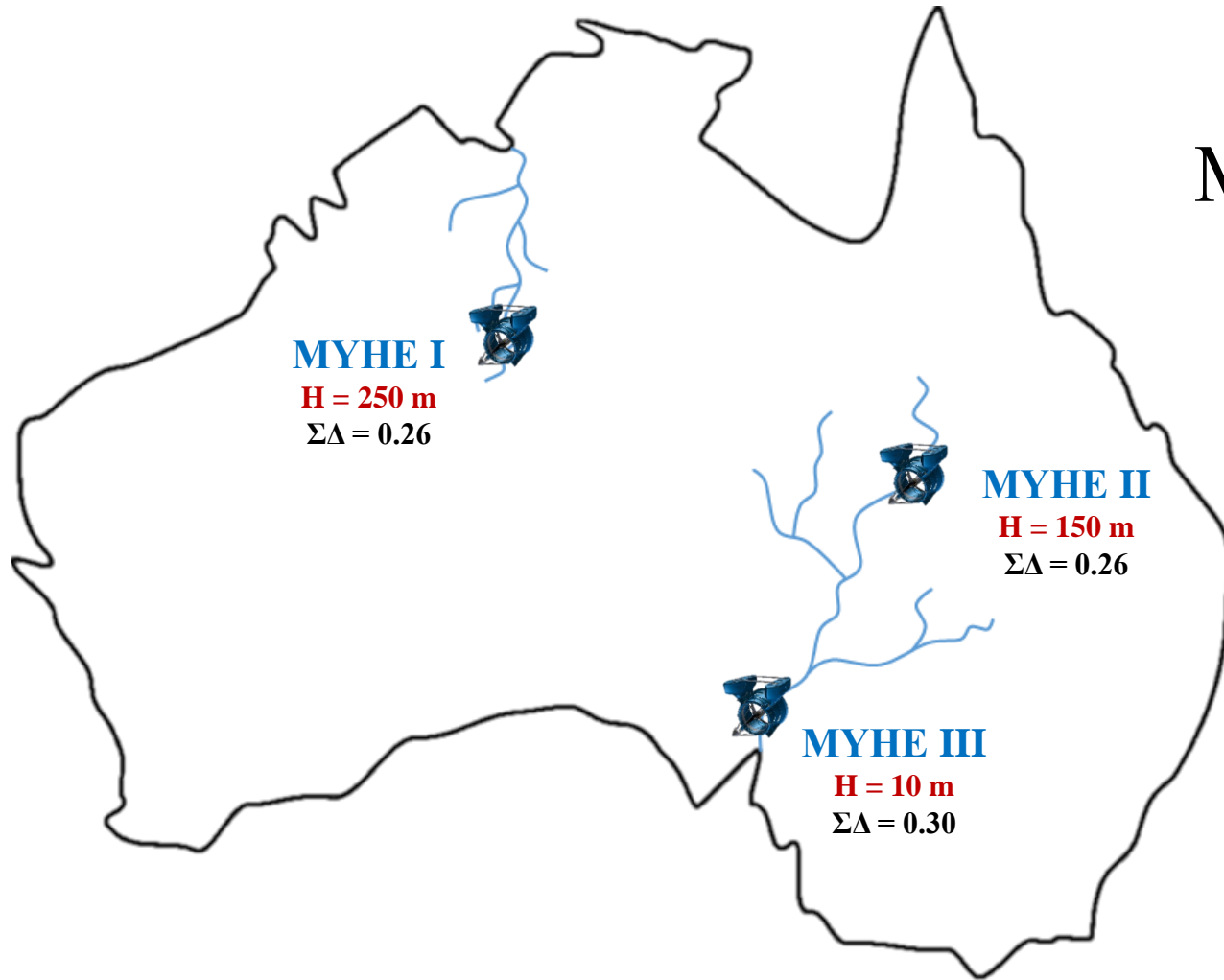
- Μικρής έκτασης εικονική χώρα (100.000 κάτοικοι)
- **Ωριαία αιχμή ζήτησης 100 MWh**
- Έντονες καιρικές συνθήκες (βροχοπτώσεις, ηλιοφάνεια, άνεμοι) → **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)**

Εφαρμογή **καινοτόμου σχεδίου ηλεκτροδότησης** → συνδυασμός ανανεώσιμων & συμβατικών πηγών με προτεραιότητα στις ΑΠΕ (ισόποση κατανομή ισχύος)  
→ **Πράσινη μετάβαση**

Αντικείμενο προσομοίωσης λειτουργίας αγοράς ενέργειας  
→ **Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός (ΗΕΠ)**



# 1<sup>η</sup> Μονάδα Παραγωγής ΑΠΕ Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα (ΜΥΗΕ)



---

**ΜΥΗΕ I – 10.00 MW**

Pelton 7.50 MW

Pelton 2.50 MW

**ΜΥΗΕ II – 6.46 MW**

Pelton 5.91 MW

Pelton 0.55 MW

**ΜΥΗΕ III – 13.35 MW**

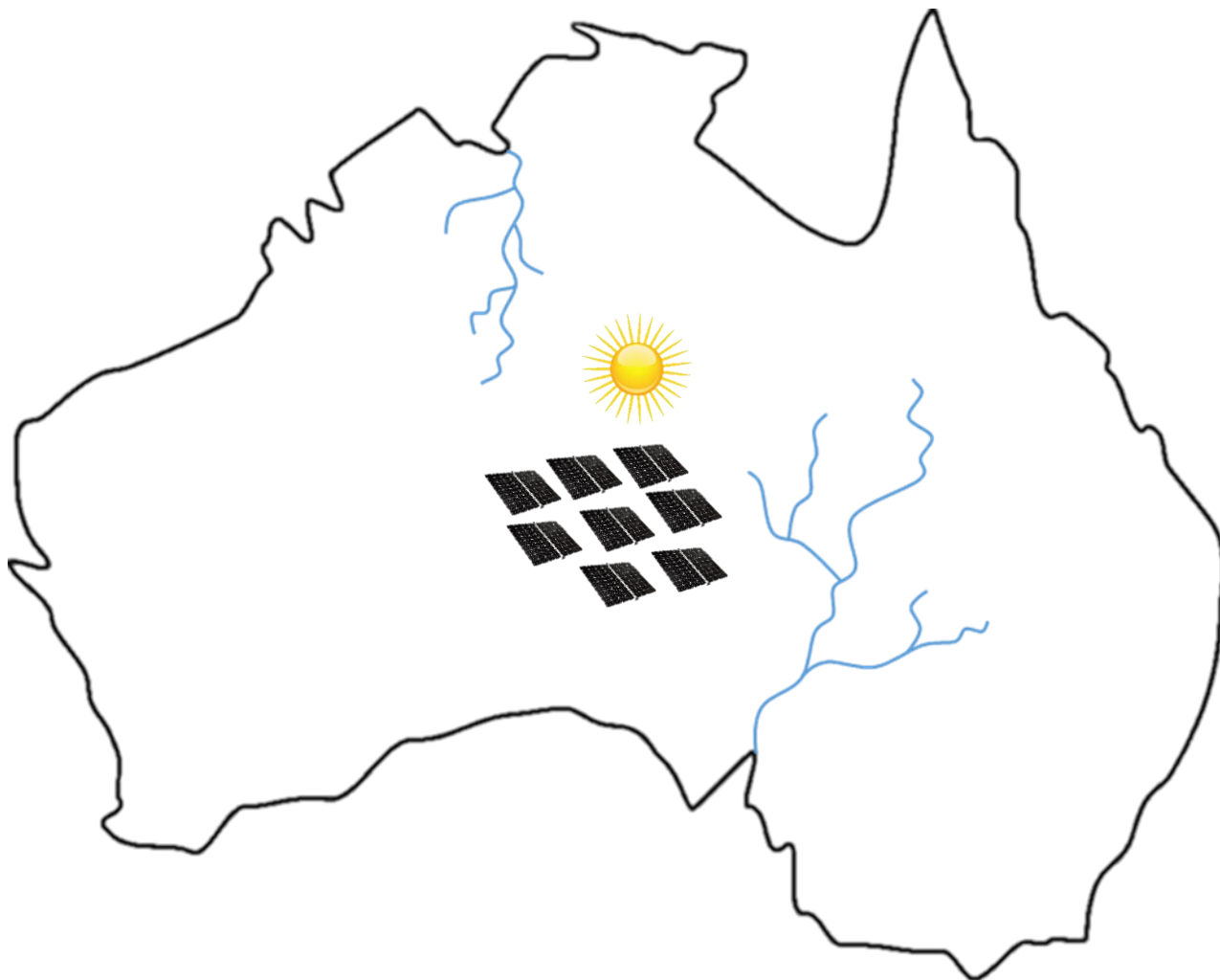
Kaplan 3.50 MW

Kaplan 9.85 MW

---

**Συνολική Ισχύς ΜΥΗΕ 29.8 MW**

---



## 2<sup>η</sup> Μονάδα Παραγωγής ΑΠΕ Φωτοβολταϊκό Πάρκο

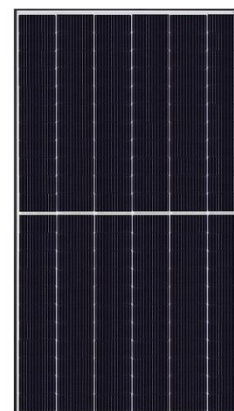
---

Πλήθος Φ/Β Πάνελ	100.000
Εγκατεστημένη Ισχύς	360 W
Συντελεστής Απόδοσης	19 %

---

**Συνολική Ισχύς Φ/Β Πάρκου 36.0 MW**

---



### Q.PEAK DUO ML-G9

HIGH DENSITY MODULE TO MAXIMIZE PERFORMANCE

Nominal Power  
370 - 390 Wp

Efficiency  
Up to 20.8 %

Maximum System Voltage  
1000 V

Wind/Snow Load  
4000 / 5400

Format  
1840 mm × 1030 mm × 32 mm (including frame)

Weight  
19.9 kg

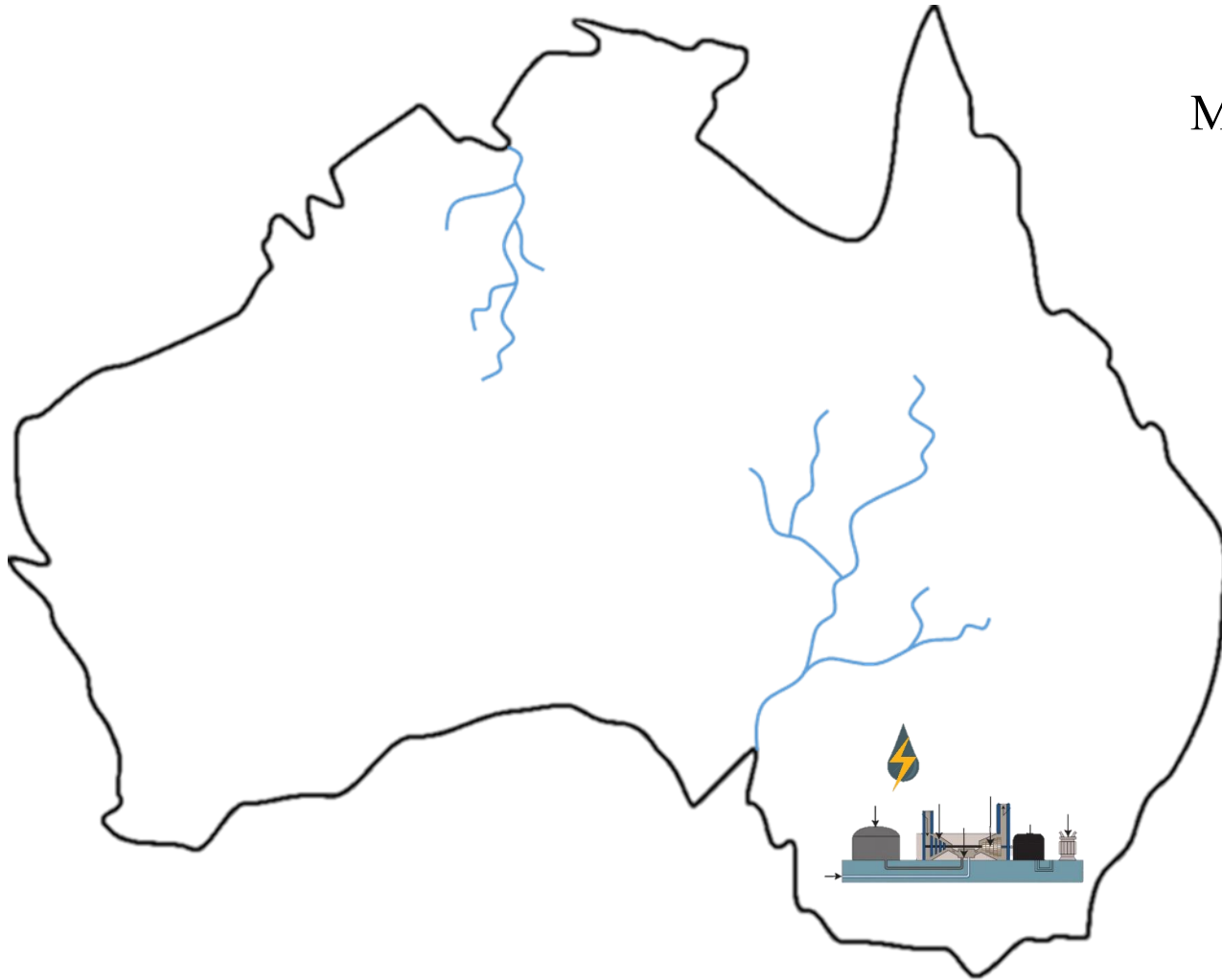




## 3<sup>η</sup> Μονάδα Παραγωγής ΑΠΕ Αιολικό Πάρκο

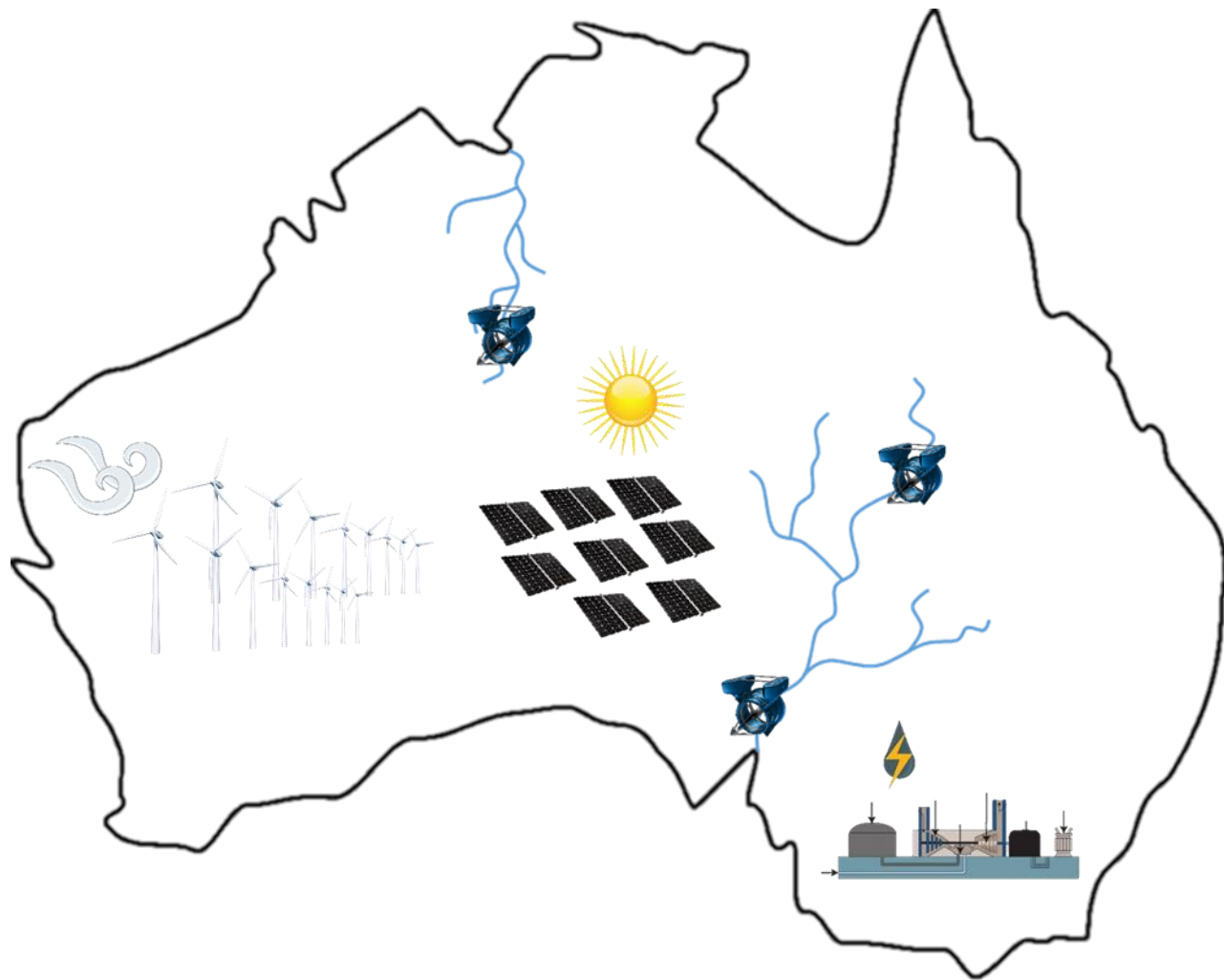
Πλήθος Α/Γ	23
Εγκατεστημένη Ισχύς	1.50 MW
Ύψος Πτερωτής	100 m
<b>Συνολική Ισχύς Α/Γ Πάρκου 34.5 MW</b>	



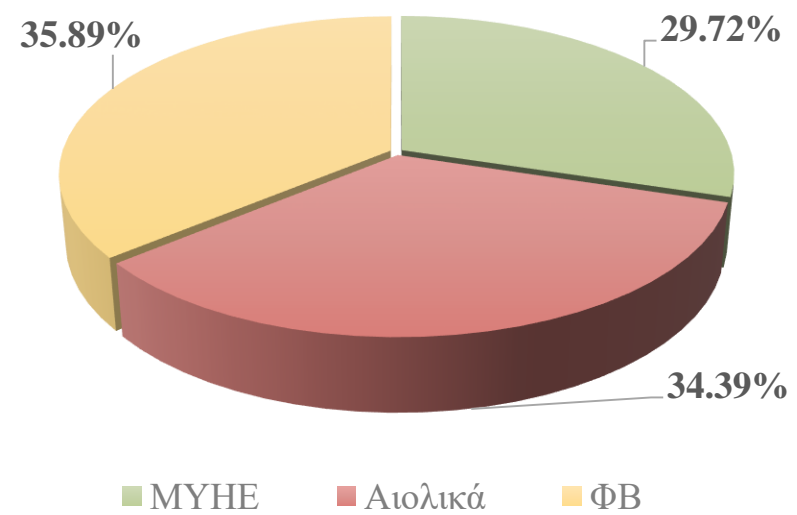


## Μονάδα Παραγωγής μέσω Συμβατικών Καυσίμων Σταθμός Φυσικού Αερίου

- **Κάλυψη ενεργειακών ελλειμμάτων**
- Εγκατεστημένη ισχύς **100 MW** ~ όση και η **αιχμή της ζήτησης**
- Καύσιμο «θεμέλιο» για μια πράσινη οικονομία στηριζόμενη στις ΑΠΕ
- Καθαρό, ανθεκτικό και αξιόπιστο ηλεκτρικό δίκτυο



## Ενεργειακό Μίγμα Ηλεκτροπαραγωγής ΑΠΕ



Μερίδιο Συμμετοχής των ΑΠΕ

Αφορά τρία (3) 24ωρα και  
αναλύεται σε πέντε (5) στάδια

Κατάθεση προσφοράς με  
συγκεκριμένη τιμή ενέργειας και  
συγκεκριμένο μέγεθος παραγωγής

Επίλυση χονδρεμπορικής  
αγοράς – προγραμματισμός  
λειτουργίας μονάδων  
παραγωγής

Προσομοίωση μέσω γλώσσας  
προγραμματισμού R (RStudio)

Ένα (1) ημερολογιακό έτος  
(μήνας εκκίνησης δεδομένων:  
Οκτώβριος)



## Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός

# Κανόνες επίλυσης «Βασικού Σεναρίου»

Κάθε παίκτης διαθέτει από **μία** μονάδα παραγωγής

Παίκτης – Παραγωγός	Μονάδα παραγωγής	Ονομαστική Ισχύς (MW)
Παίκτης Α	Αιολικό πάρκο	29.8
Παίκτης Β	Φωτοβολταϊκό πάρκο	34.5
Παίκτης Γ	Μικρά υδροηλεκτρικά έργα	36.0
Παίκτης Δ	Σταθμός φυσικού αερίου	100.0

Ιεραρχία **ίδια** σε κάθε χρονικό βήμα για όλο το έτος της προσομοίωσης

Σενάριο #	Παίκτης Α	Παίκτης Β	Παίκτης Γ	Παίκτης Δ
Σενάριο 1 <b>Βασικό Σενάριο</b>	1 <sup>ος</sup>	2 <sup>ος</sup>	3 <sup>ος</sup>	4 <sup>ος</sup>
Σενάριο 2	1 <sup>ος</sup>	3 <sup>ος</sup>	2 <sup>ος</sup>	4 <sup>ος</sup>
Σενάριο 3	2 <sup>ος</sup>	1 <sup>ος</sup>	3 <sup>ος</sup>	4 <sup>ος</sup>
Σενάριο 4	2 <sup>ος</sup>	3 <sup>ος</sup>	1 <sup>ος</sup>	4 <sup>ος</sup>
Σενάριο 5	3 <sup>ος</sup>	1 <sup>ος</sup>	2 <sup>ος</sup>	4 <sup>ος</sup>
Σενάριο 6	3 <sup>ος</sup>	2 <sup>ος</sup>	1 <sup>ος</sup>	4 <sup>ος</sup>

## Στάδιο 1<sup>ο</sup>

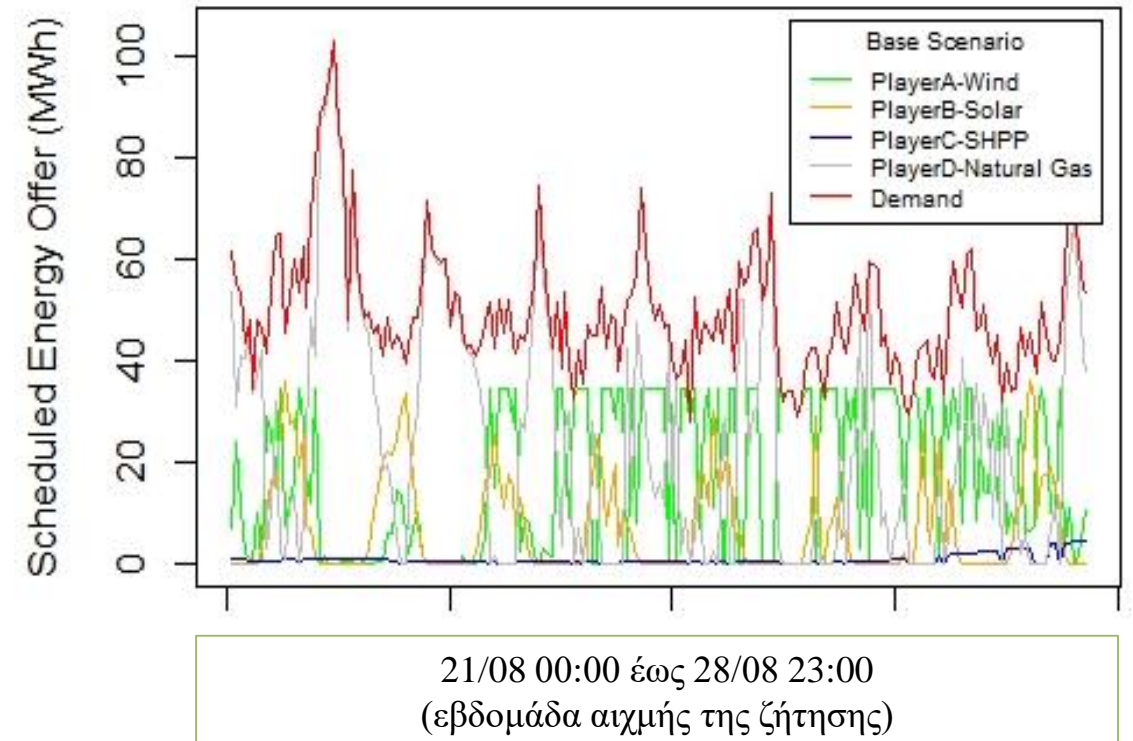
# Προηγούμενη ημέρα (D-1): Προβλέψεις και υποβολή προσφορών

- **Πρόγνωση ζήτησης & παραγόμενων ποσοτήτων ενέργειας**
  - ΜΥΗΕ (Drakaki et al., 2021)
  - Λοιπά δεδομένα με προσθήκη τυχαίου σφάλματος κανονικής κατανομής ( $\mu = 0$ ,  $\sigma$ : ανάλογα την περίπτωση)
- **Υποβολή προσφορών** εκ μέρους των παικτών – παραγωγών (Μοντέλο Υποχρεωτικής Κοινοπραξίας Ισχύος)
- **Παίκτης Δ** (κάτοχος σταθμού φυσικού αερίου) προσφέρει το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος του (**100 MW**)

## Στάδιο 2<sup>ο</sup>

# Προηγούμενη ημέρα (D-1): Προγραμματισμός λειτουργίας

- Με βάση την ιεραρχία και την πρόγνωση της παραγόμενης ενέργειας – **Πρόγραμμα Αγοράς (Market Schedule)**
- IF Loop
  - Εάν είναι 1<sup>ος</sup> → **min(ζήτηση, ενέργεια)**
  - Εάν είναι 2<sup>ος</sup> → **υπολειπόμενη ενέργεια από την προσφορά του 1<sup>ου</sup> παίκτη για κάλυψη ζήτησης (εάν τη διαθέτει)**
  - Εάν είναι 3<sup>ος</sup> → **υπολειπόμενη ενέργεια από τις προσφορές των 2 πρώτων παικτών για κάλυψη ζήτησης (εάν τη διαθέτει)**
- Παίκτης Δ: κάλυψη ενεργειακών **ελλειμάτων**

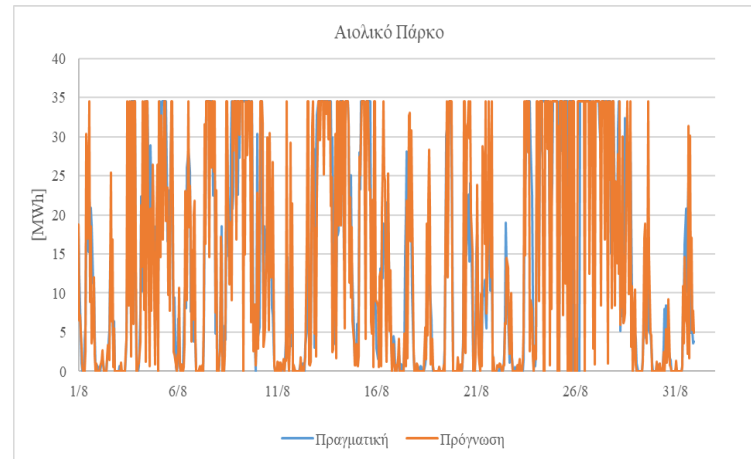
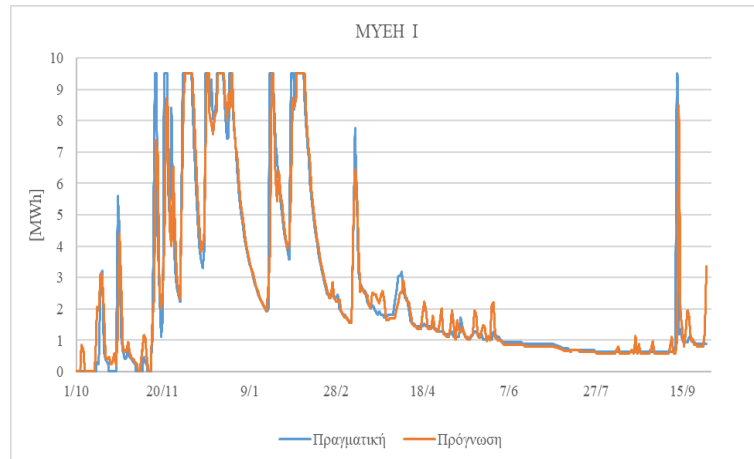




# Στάδιο 3<sup>ο</sup>

## Ημέρα φυσικής παράδοσης (D): Πραγματική παραγωγή

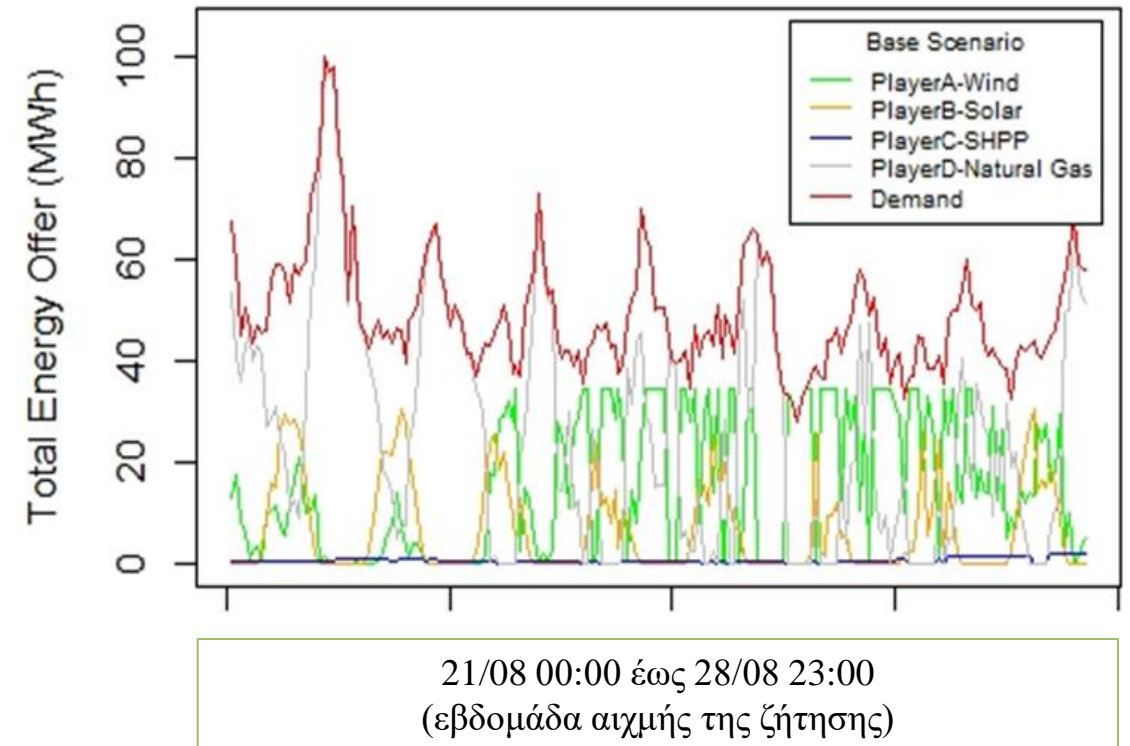
### Καταγραφή πραγματικής παραγωγής ενέργειας



## Στάδιο 4<sup>ο</sup>

# Ημέρα φυσικής παράδοσης (D): Πραγματική λειτουργία και εντολές κατανομής

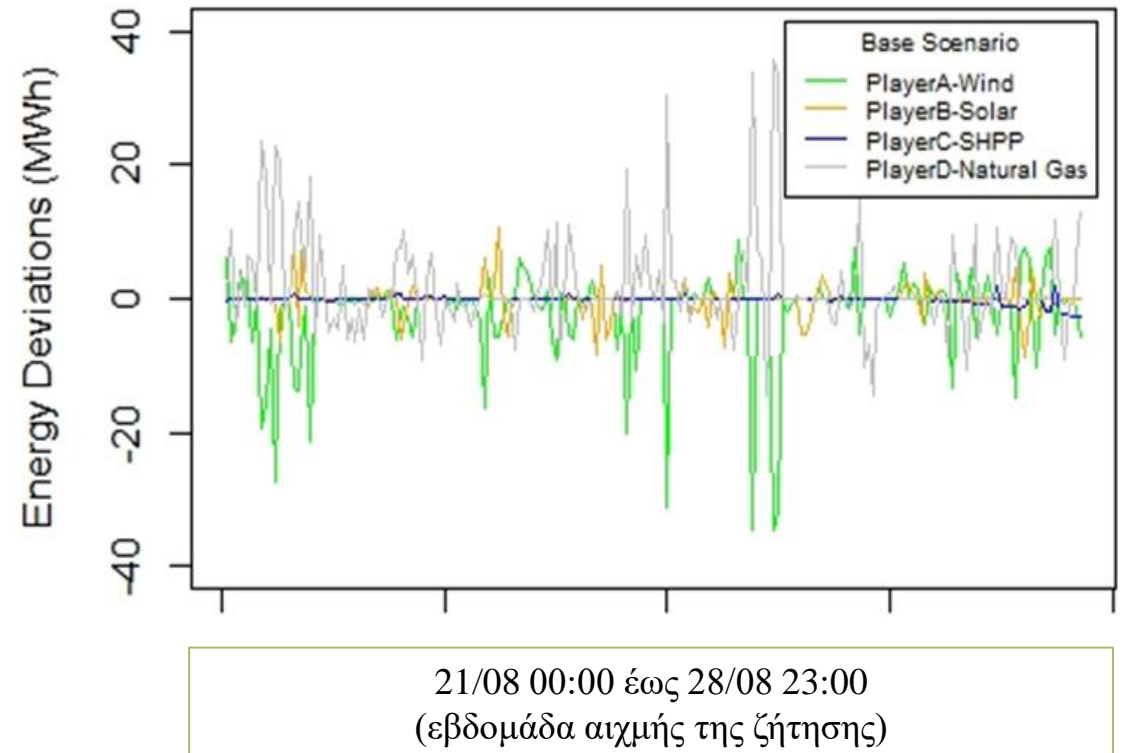
- IF Loop: **Πρώτος Γύρος Κατανομής**
  - Εάν είναι 1<sup>ος</sup> →  $\min(\text{ζήτηση}, \min(\text{πραγματική παραγωγή}, \text{προγραμματισμένη παραγωγή}))$
  - Εάν είναι 2<sup>ος</sup> ή 3<sup>ος</sup> → ομοίως
  - Παίκτης Δ:  $\min(\text{ελλείμματος ενέργειας}, \text{προγραμματισμένης προσφοράς})$
- IF Loop: **Δεύτερος Γύρος Κατανομής: Διαχείριση Πλεονασμάτων – Ελλειμμάτων**
  - Εάν είναι 1<sup>ος</sup> →  $\min(\text{ελλείμματος ενέργειας}, \text{υπολειπόμενης παραγωγής})$
  - Εάν είναι 2<sup>ος</sup> ή 3<sup>ος</sup> → ομοίως
  - Παίκτης Δ: κάλυψη ελλειμμάτων ενέργειας



## Στάδιο 5<sup>ο</sup>

# Επόμενη ημέρα από τη φυσική παράδοση (D+1): Υπολογισμός αποκλίσεων

- **Απόκλιση:** διαφορά κατανεμημένης ποσότητας που αποδίδεται σε ένα Συμβαλλόμενο Μέρος με Ευθύνη Εξισορρόπησης και της τελικής θέσης του εν λόγω υπόχρεου  
*(περίπτωση 8 του άρθρου 2 του Κανονισμού (ΕΕ) 2017/2195)*
- **Θετική ή αρνητική**, ανάλογα με το αν προσφέρεται **περισσότερη ή λιγότερη** ενέργεια από την προγραμματισμένη



Ημέρα Εντολής	Περίοδοι Κατανομής	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00
<b>Προηγούμενη ημέρα (D-1)</b> Προβλέψεις και υποβολή προσφορών	Ζήτηση (MW)	61.38	55.61	52.94	43.25	48.14	34.41	48.00	46.64	41.72	53.73
	Παίκτης Α (MW)	6.92	23.83	11.15	2.13	0.89	0.00	9.88	0.64	28.81	26.16
	Παίκτης Β (MW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	3.23	8.87	16.40
	Παίκτης Γ (MW)	0.88	0.86	0.84	0.83	0.81	0.80	0.79	0.78	0.82	0.82
	Παίκτης Δ (MW)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Προηγούμενη ημέρα (D-1)</b> Προγραμματισμός λειτουργίας	Παίκτης Α (MW)	6.92	23.83	11.15	2.13	0.89	0.00	9.88	0.64	28.81	26.16
	Παίκτης Β (MW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	3.23	8.87	16.40
	Παίκτης Γ (MW)	0.88	0.86	0.84	0.83	0.81	0.80	0.79	0.78	0.82	0.82
	Παίκτης Δ (MW)	53.59	30.91	40.95	40.29	46.43	33.62	37.21	42.00	3.23	10.36
<b>Ημέρα φυσικής παράδοσης (D)</b> Πραγματική παραγωγή	Παίκτης Α (MW)	15.15	17.52	8.42	6.25	0.97	2.53	3.43	2.93	9.46	10.43
	Παίκτης Β (MW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	2.94	9.02	15.91
	Παίκτης Γ (MW)	0.64	0.64	0.64	0.65	0.65	0.70	0.71	0.71	0.72	0.72
<b>Ημέρα φυσικής παράδοσης (D)</b> Πραγματική λειτουργία και εντολές κατανομής	Ζήτηση (MW)	67.33	59.35	44.98	50.39	46.71	43.40	47.08	45.53	45.98	55.79
	Παίκτης Α (MW)	13.10	17.52	8.42	6.25	0.89	2.53	3.43	0.64	9.46	10.43
	Παίκτης Β (MW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	2.94	9.02	15.91
	Παίκτης Γ (MW)	0.64	0.64	0.64	0.65	0.65	0.70	0.71	0.71	0.72	0.72
	Παίκτης Δ (MW)	53.59	41.19	35.92	43.49	45.17	40.17	42.83	41.24	26.78	28.73
<b>Επόμενη ημέρα από τη φυσική παράδοση (D+1)</b> Υπολογισμός αποκλίσεων	Ζήτηση (MW)	-5.95	-3.75	7.95	-7.14	1.43	-8.99	0.92	1.11	-4.25	-2.05
	Παίκτης Α (MW)	6.18	-6.32	-2.72	4.12	0.00	2.53	-6.45	0.00	-19.35	-15.73
	Παίκτης Β (MW)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.29	0.15	-0.50
	Παίκτης Γ (MW)	-0.24	-0.22	-0.20	-0.18	-0.16	-0.10	-0.08	-0.07	-0.10	-0.09
	Παίκτης Δ (MW)	0.00	10.28	-5.03	3.20	-1.26	6.56	5.63	-0.75	23.55	18.37

10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
64.31	64.88	45.45	52.46	59.76	53.57	62.47	50.63	68.88	78.30	88.58	91.06	95.70	102.95
16.30	34.50	7.42	11.95	16.60	34.50	27.68	17.72	12.04	34.50	0.00	1.75	0.00	0.00
15.05	27.61	36.00	27.51	28.62	26.32	25.45	7.66	7.23	1.63	0.05	0.00	0.00	0.00
0.82	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.95	0.96	0.98	0.99	1.01	1.02	1.04	1.06
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
16.30	34.50	7.42	11.95	16.60	34.50	27.68	17.72	12.04	34.50	0.00	1.75	0.00	0.00
15.05	27.61	36.00	27.51	28.62	19.07	25.45	7.66	7.23	1.63	0.05	0.00	0.00	0.00
0.82	0.82	0.83	0.84	0.85	0.00	0.95	0.96	0.98	0.99	1.01	1.02	1.04	1.06
32.13	1.94	1.19	12.16	13.69	0.00	8.39	24.30	48.63	41.18	87.52	88.29	94.66	101.89
11.70	7.24	5.52	12.90	18.43	21.23	13.86	10.30	10.67	13.31	2.27	1.35	0.00	0.00
22.04	26.64	29.41	30.61	29.57	26.12	21.20	14.92	8.16	2.14	0.05	0.00	0.00	0.00
0.73	0.74	0.74	0.75	0.76	0.76	0.77	0.78	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.82
58.73	59.17	57.41	51.30	58.73	57.07	58.69	59.57	72.55	75.74	81.51	100.00	96.73	97.61
11.70	7.24	5.52	11.95	16.60	21.23	13.86	10.30	10.67	13.31	0.00	1.35	0.00	0.00
15.05	26.64	29.41	27.51	28.62	26.12	21.20	14.92	8.16	2.14	0.05	0.00	0.00	0.00
0.73	0.74	0.74	0.75	0.76	0.76	0.77	0.78	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.82
31.25	24.55	21.73	11.09	12.76	8.97	22.86	33.57	52.93	59.51	80.66	97.84	95.91	96.79
5.58	5.71	-11.96	1.15	1.03	-3.50	3.78	-8.94	-3.67	2.56	7.06	-8.93	-1.03	5.34
-4.61	-27.26	-1.91	0.00	0.00	-13.27	-13.82	-7.41	-1.37	-21.19	0.00	-0.40	0.00	0.00
0.00	-0.97	-6.59	0.00	0.00	7.04	-4.24	7.27	0.93	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	0.76	-0.18	-0.19	-0.19	-0.20	-0.21	-0.22	-0.22	-0.23
-0.89	22.61	20.54	-1.06	-0.93	8.97	14.46	9.27	4.30	18.33	-6.85	9.55	1.25	-5.10

# Εκκαθάριση Αγοράς με τις ΟΤΣ και ΟΤΑ

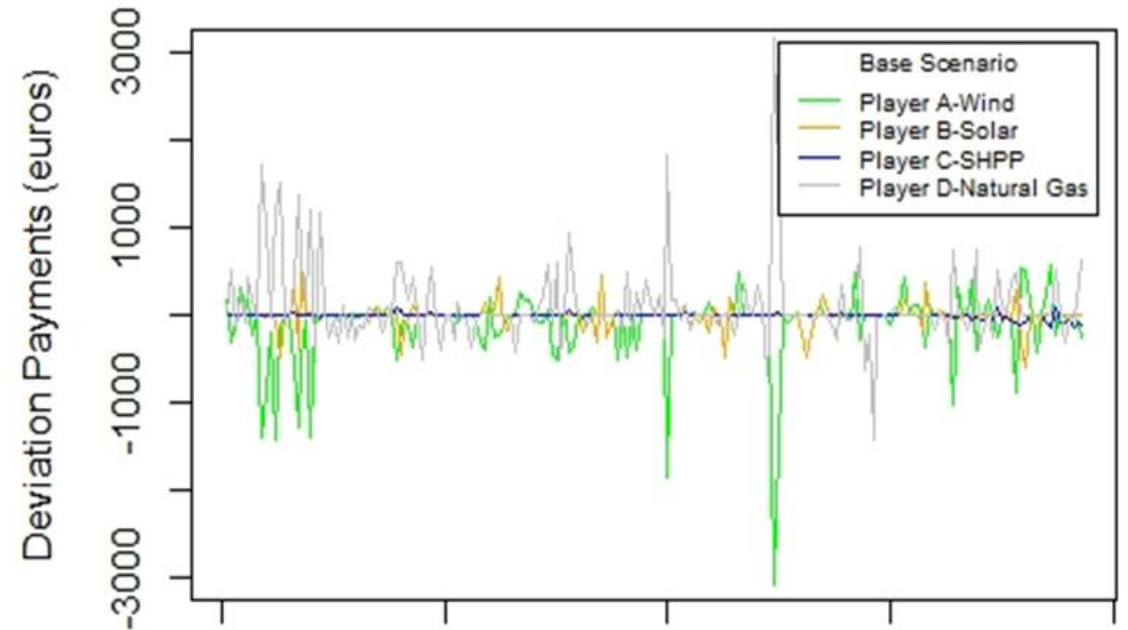
## Οριακή Τιμή Συστήματος (ΟΤΣ)

Αποζημίωση για το Πρόγραμμα Αγοράς του παραγωγού

## Οριακή Τιμή Αποκλίσεων (ΟΤΑ)

Χρέωση/Αποζημίωση όταν προσφέρεται μικρότερη/μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας από την προγραμματισμένη

Εκκαθάριση αποκλίσεων → Εάν ένας παίκτης έχει πληρωθεί με την ΟΤΣ για μεγαλύτερη ποσότητα από την προσφερόμενη αντισταθμίζει την διαφορά πληρώνοντας την ΟΤΑ



21/08 00:00 έως 28/08 23:00  
(εβδομάδα αιχμής της ζήτησης)

Δεδομένα οριακών τιμών (Πηγή: ΑΔΜΗΕ)  
ΟΤΣ:  $\mu = 46.8 \text{ €/MWh}$ ,  $\sigma = 22.0 \text{ €/MWh}$   
ΟΤΑ:  $\mu = 52.9 \text{ €/MWh}$ ,  $\sigma = 32.5 \text{ €/MWh}$

# Εναλλακτικά (του Βασικού Σεναρίου) Σενάρια Επίλυσης ΗΕΠ

**Σενάριο Α:** Εναλλαγή ιεραρχίας παικτών σε κάθε χρονικό βήμα

- Ίση πιθανότητα ιεράρχησης (33,3 %)
- Άνιση πιθανότητα ιεράρχησης → ο παίκτης με τη μεγαλύτερη συμμετοχή δίνει τις πιο ανταγωνιστικές προσφορές και κατακτά πιο συχνά την 1<sup>η</sup> θέση

**Σενάριο Β:** Διαφοροποίηση χαρτοφυλακίου παικτών – παραγωγών

- Σταθερή ιεραρχία σε κάθε χρονικό βήμα
- Εναλλαγή της ιεραρχίας



Παίκτης Α		
ΜΥΗΕ	Φ/Β	Α/Γ
I (10 MW)	30000	9
Παίκτης Β		
III (13.35 MW)	30000	5
Παίκτης Γ		
II (6.46 MW)	40000	9



# Διαφοροποίηση Χαρτοφυλακίου

(Portfolio Diversification)

- Ενσωμάτωση περισσότερης από μία μορφές ενέργειας στο χαρτοφυλάκιο των παικτών – παραγωγών του Χρηματιστηρίου Ενέργειας
- Σκοπός → Διαχείριση κινδύνου (risk)
- **Επιχειρηματικός κίνδυνος:** μείωση αποδοτικότητας (πρόκληση ζημιών) από λανθασμένες στρατηγικές αποφάσεις εκ μέρους της διοίκησης μιας επιχείρησης (αποτυχημένες προβλέψεις παραγωγής)





# Μέτρα Επίδοσης



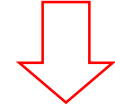
## 1. Συνολικό οικονομικό όφελος

Διαφορά κερδών – απωλειών

# Οικονομικά Οφέλη

## Εναλλακτικά σενάρια επίλυσης

**Βέλτιστο Σενάριο**

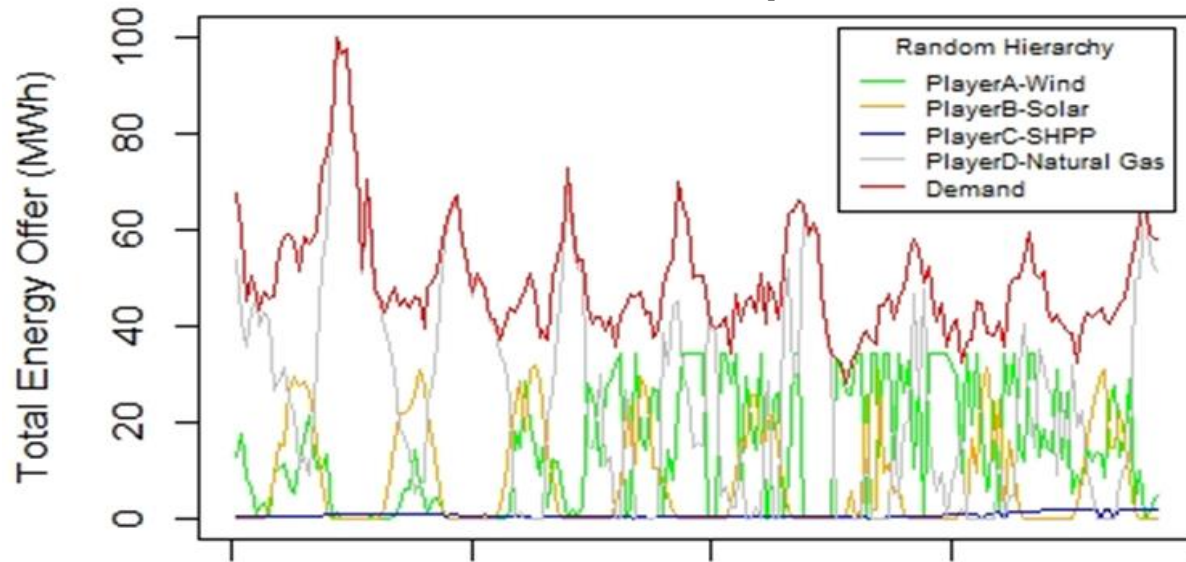


Παίκτης / Σενάριο	Βασικό Σενάριο (Σενάριο Ιεραρχίας #1)	Σενάριο Α – Ίση Πιθανότητα Ιεράρχησης	Σενάριο Α – Άνιση Πιθανότητα Ιεράρχησης	Σενάριο Β – Εναλλαγή Ιεραρχίας Παικτών
Παίκτης Α	2,313,054	1,727,562	1,903,829	<b>2,023,717</b>
Παίκτης Β	1,674,087	1,886,748	1,844,775	<b>2,057,549</b>
Παίκτης Γ	2,095,459	2,494,684	2,362,273	<b>2,064,125</b>
Παίκτης Δ	4,506,668	4,502,290	4,506,211	4,514,451
Αγορά Ενέργειας	10,589,269	10,611,285	10,617,088	<b>10,659,842</b>

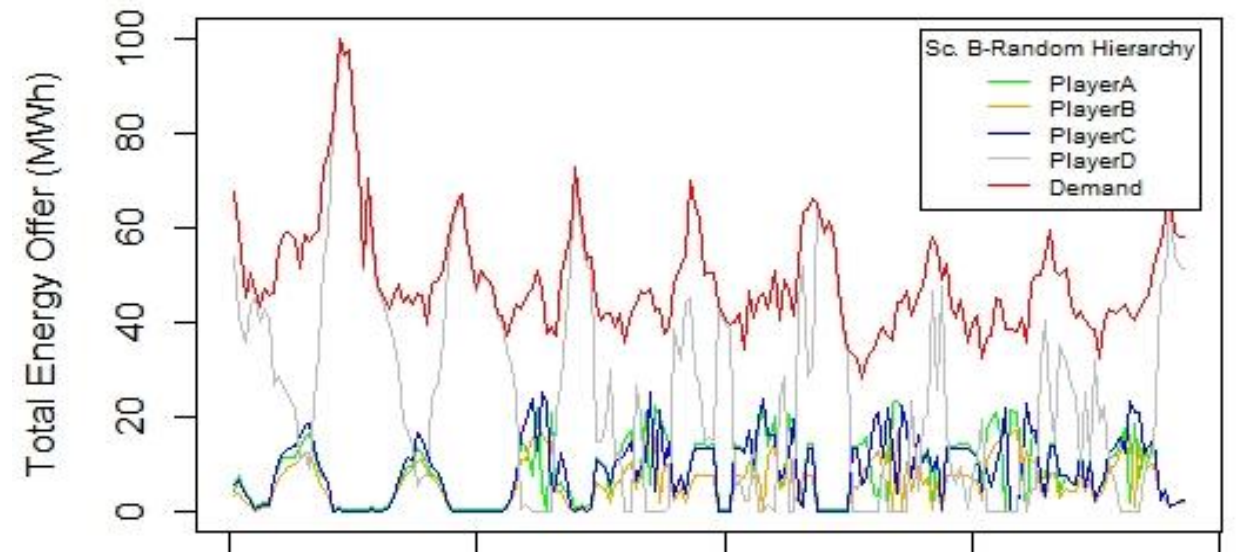
- Ομοιόμορφη κατανομή εσόδων
- Υψηλότερο συνολικό όφελος αγοράς ενέργειας

# Ενεργός συμμετοχή όλων των παικτών – παραγωγών στην προσφορά ενέργειας → Target Model: ίσες ευκαιρίες – δίκαιος ανταγωνισμός

### Βασικό Σενάριο



### Σενάριο B



# Μέτρα Επίδοσης



## 1. Συνολικό οικονομικό όφελος

Διαφορά κερδών – απωλειών

## 2. Αξιοπιστία (reliability) προβλέψεων

- «Βέλτιστη» πρόβλεψη: απόκλιση του λόγου  $\frac{\text{πληθος επιτυχιων}}{\text{συνολικο πληθος βηματων}}$  έως **1 MWh**
- «Καλή» πρόβλεψη: απόκλιση του λόγου  $\frac{|\text{αποκλιση προβλεψης ενεργειας}|}{|\text{αποκλιση προβλεψης ζητησης}|}$  έως **20 %**

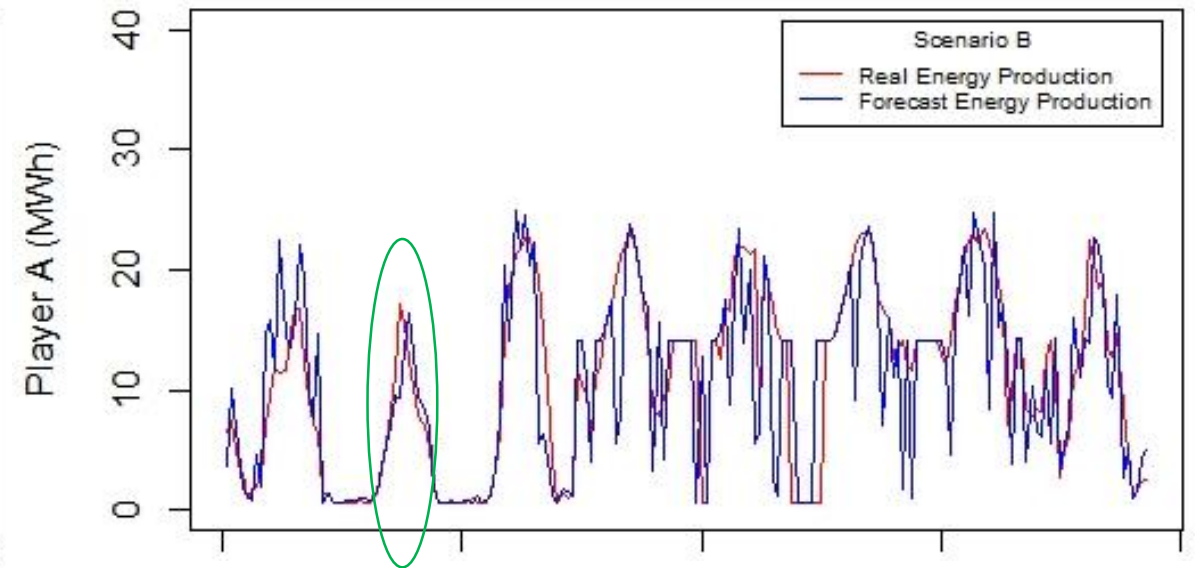
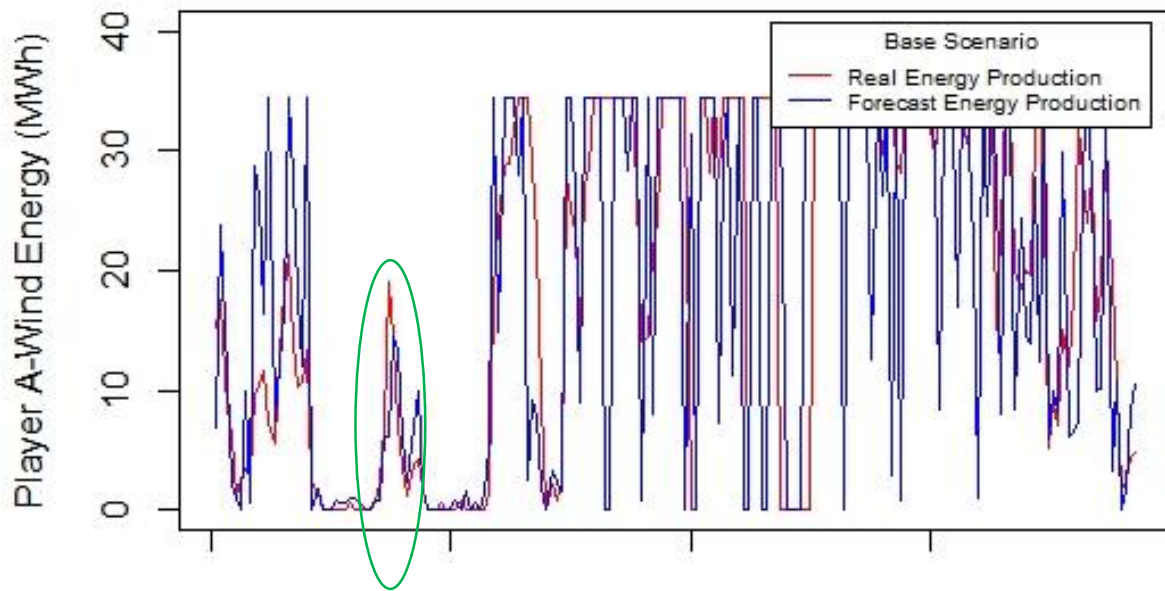
# Αξιοπιστία της Πρόβλεψης

## Βασικό Σενάριο & Σενάριο Β

Παίκτης	«Βέλτιστη» Πρόβλεψη		«Καλή» Πρόβλεψη	
	Βασικό Σενάριο	Σενάριο Β	Βασικό Σενάριο	Σενάριο Β
Παίκτης Α	37.4 %	63.5 % ↑	51.2 %	73.0 % ↑
Παίκτης Β	60.3 %	66.8 % ↑	70.8 %	79.6 % ↑
Παίκτης Γ	59.9 %	68.0 % ↑	33.1 %	78.0 % ↑

**Βελτίωση αξιοπιστίας (↑):** μίγμα πολλαπλών μορφών ενέργειας  
→ περιορισμός επιρροής διακυμάνσεων μόνο μίας μορφής ενέργειας

Μειωμένες αποκλίσεις στην πρόβλεψη του **Παίκτη A** → Αύξηση αξιοπιστίας (↑)



# Μέτρα Επίδοσης



## 1. Συνολικό οικονομικό όφελος

Διαφορά κερδών – απωλειών

## 2. Αξιοπιστία (reliability) προβλέψεων

- «Βέλτιστη» πρόβλεψη: απόκλιση του λόγου  $\frac{\text{πληθος επιτυχιων}}{\text{συνολικο πληθος βηματων}}$  έως **1 MWh**
- «Καλή» πρόβλεψη: απόκλιση του λόγου  $\frac{|\text{αποκλιση προβλεψης ενεργειας}|}{|\text{αποκλιση ζητησης}|}$  έως **20 %**

## 3. Ευαισθησία (vulnerability) προβλέψεων

Συνέπειες αποκλίσεων προβλέψεων στην απόκριση των παικτών στο Χρηματιστήριο Ενέργειας → δίνεται από

τον λόγο  $\frac{|\text{sum(αρνητικες αποκλισεις)}|}{\text{πληθος αποτυχημενων προβλεψεων}}$  (αξιοπιστία για την βέλτιστη και την καλή πρόβλεψη, αντίστοιχα)

# Ευαισθησία της Πρόβλεψης

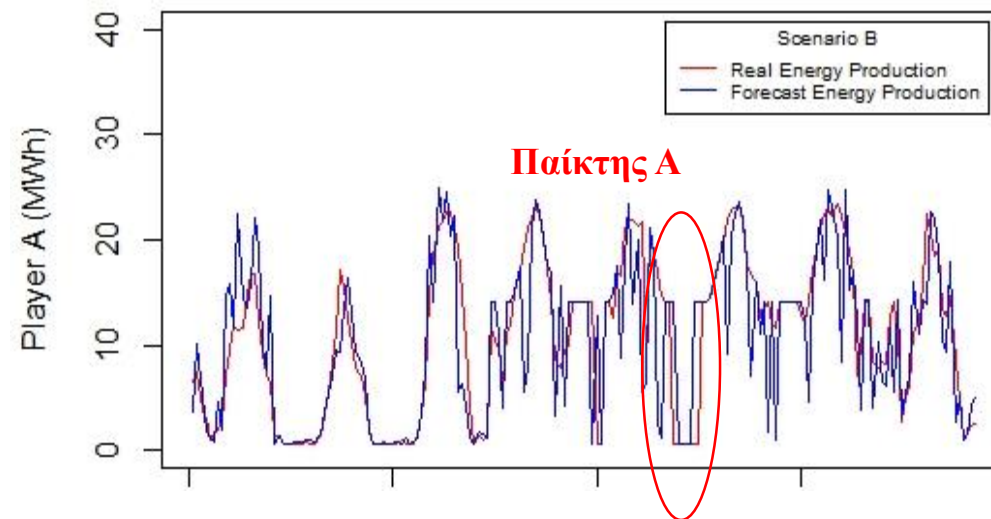
## Βασικό Σενάριο & Σενάριο Β

Παίκτης	«Βέλτιστη» Πρόβλεψη		«Καλή» Πρόβλεψη	
	Βασικό Σενάριο	Σενάριο Β	Βασικό Σενάριο	Σενάριο Β
Παίκτης Α	2.68	2.02 ↓	2.08	1.50 ↓
Παίκτης Β	0.79	2.64 ↑	0.57	1.62 ↑
Παίκτης Γ	1.12	2.54 ↑	0.67	1.62 ↑

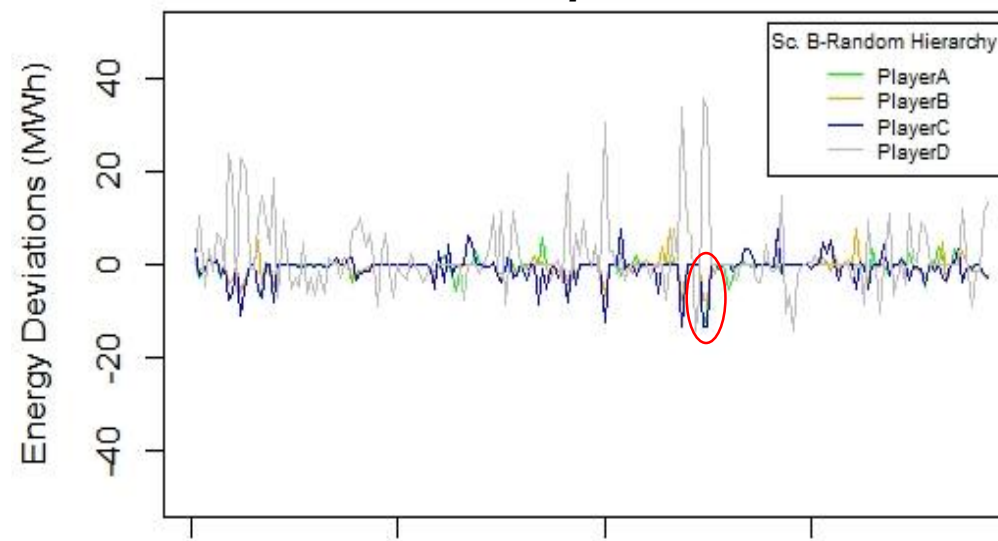
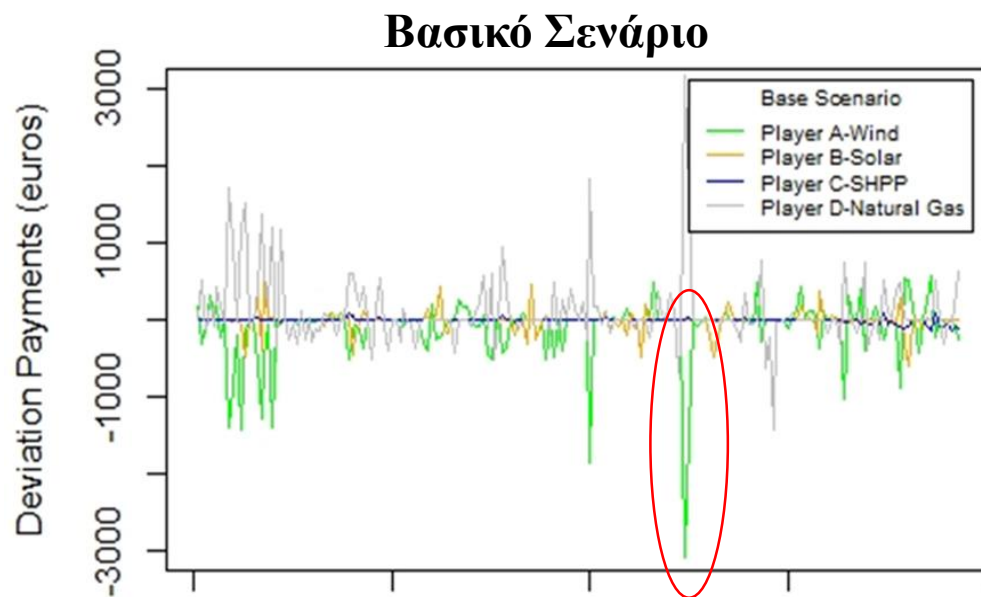
Στόχος η μείωση της ευαισθησίας (↓) για τον περιορισμό των συνεπειών των αποκλίσεων των προβλέψεων  
 Αναμενόμενη αύξηση ευαισθησίας Παικτών Β & Γ λόγω προσθήκης Α/Γ στο μίγμα



Μικρότερη επιρροή μιας αποτυχημένης πρόβλεψης (αρνητικής απόκλισης) του **Παίκτη Α** στο Σενάριο Β → Μείωση της ευαισθησίας (↓)



Σενάριο Β



# Βέλτιστο Σενάριο Επίλυσης

Σενάριο Β με εναλλαγή  
της ιεραρχίας των  
Παικτών - Παραγωγών

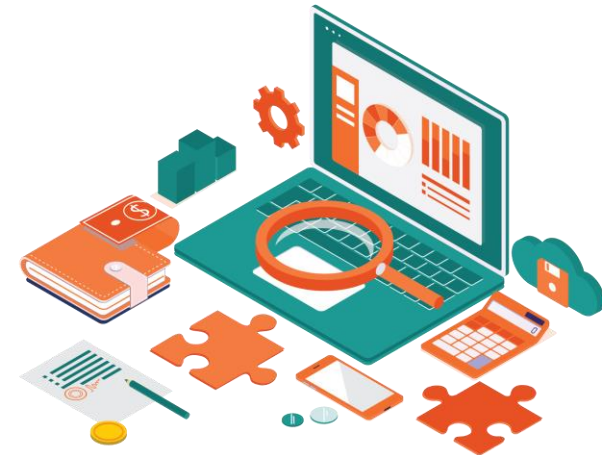


- ✓ Μίγμα πολλαπλών μορφών ενέργειας
- ✓ Ίση πιθανότητα ιεράρχησης των παικτών



## Γιατί το Σενάριο Β; Γενικά Συμπεράσματα

- ✓ Βέλτιστη διαχείριση πλεονασμάτων
- ✓ Εναλλαγή ιεραρχίας → κίνητρο για την κατάκτηση πρώτων θέσεων μέσω αναπροσαρμογής στρατηγικών θέσεων (συνεχές «παιχνίδι» ιεραρχίας)
- ✓ Αντιμετώπιση μονοπωλιακών συμπεριφορών – ενεργός συμμετοχή όλων των παικτών
- ✓ Προσέγγιση λειτουργίας αγοράς ενέργειας στις πραγματικές συνθήκες και τις επιταγές του Ευρωπαϊκού Μοντέλου – Στόχου (Target Model)
  
- ✓ Ολοκληρωμένο σχέδιο εγκατάστασης μονάδων ΑΠΕ → αναπτυξιακή επιλογή (καινοτομία, βιωσιμότητα) – προσέλκυση επενδυτικού ενδιαφέροντος στην περιοχή μελέτης





***Σας ευχαριστώ πολύ!***