



ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ Φ/Β ΣΤΑΘΜΩΝ ΣΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Μπακιρτζής Αναστάσιος
Καθηγητής ΤΗΜΜΥ ΑΠΘ

Μπίσκακας Παντελής
Λέκτορας ΤΗΜΜΥ ΑΠΘ

Σίμογλου Χρήστος
Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχ/κός ΑΠΘ

**Μελέτη Εργαστηρίου Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Π.Θ.
για λογαριασμό του
Συνδέσμου Εταιριών Φωτοβολταϊκών**

Ημερίδα

*“Η επανεκκίνηση της αγοράς φωτοβολταϊκών & οι
προϋποθέσεις για τη μεγάλη διείσδυσή τους στα
ηλεκτρικά δίκτυα”*

Ξενοδοχείο “Μεγάλη Βρεταννία”, 04 Ιουλίου 2013





Περιεχόμενα

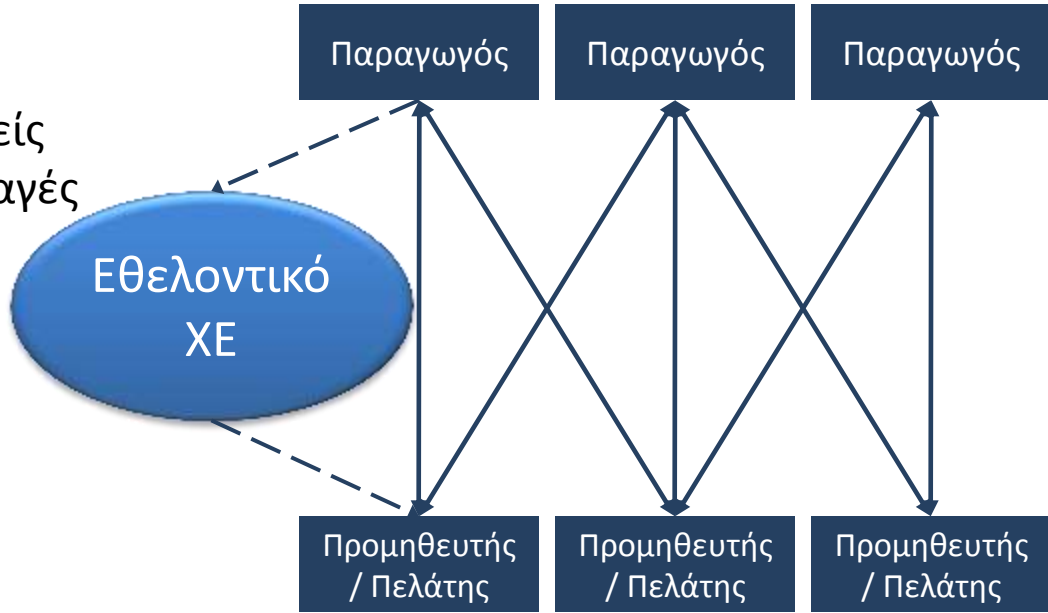
- Οργάνωση Αγορών Ηλεκτρικής Ενέργειας
- Ανάλυση Ελληνικής Χονδρεμπορικής Αγοράς ΗΕ (ΕΧΑΗΕ)
 - μεσοπρόθεσμα (2013-2014)
 - μακροπρόθεσμα (2015-2020)
- Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα



Μοντέλα Οργάνωσης Αγορών ΗΕ

Κοινοπραξία Ισχύος (Κεντρικά Οργανωμένη Αγορά)

Διμερείς Συναλλαγές (Αποκεντρωμένη Αγορά)



- ❖ Τεχνικό Μοντέλο (Pool)
 - Σύνθετες προσφορές Μονάδων
 - Ένταξη Μονάδων
 - Τεχνικοί περιορισμοί
 - Πολύπλοκη Εκκαθάριση

- ❖ Οικονομικό Μοντέλο (PX)
 - Απλές προσφορές (P,Q)
 - Απλή Εκκαθάριση (τομή καμπύλης προσφοράς με καμπύλη ζήτησης)



Περιεχόμενα

- Οργάνωση Αγορών Ηλεκτρικής Ενέργειας
- Ανάλυση Ελληνικής Χονδρεμπορικής Αγοράς ΗΕ (ΕΧΑΗΕ)
 - μεσοπρόθεσμα (2013-2014)
 - μακροπρόθεσμα (2015-2020)
- Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα



Προσομοίωση ΕΧΑΗΕ

✓ Χρονολογική Προσομοίωση - Παραδοχές για το Μοντέλο Αγοράς

Μεσοπρόθεσμος ορίζοντας (2013-2014)

- Υποχρεωτική κοινοπραξία ισχύος (mandatory pool)
- Επίλυση Προημερήσιας Αγοράς ΜΕ τεχνικούς περιορισμούς (Ένταξη Μονάδων)
→ Πρόβλημα Μεικτού Ακέραιου Γραμμικού Προγραμματισμού (Mixed Integer Linear Programming, MILP)

Μακροπρόθεσμος ορίζοντας (2015-2020)

- Συμμόρφωση με το Ενιαίο Μοντέλο Ευρωπαϊκής Αγοράς (Target Model)
- Αποκεντρωμένη Αγορά → Χρηματιστήριο Ενέργειας (Power Exchange)
- Επίλυση Προημερήσιας Αγοράς ΧΩΡΙΣ τεχνικούς περιορισμούς (Πρόβλημα LP)
- Επίλυση Προγράμματος Κατανομής ΜΕ τεχνικούς περιορισμούς (Balancing Market, Πρόβλημα MILP)



Λογισμικό Long-Term Scheduling (LTS)

- ❖ Πρόγραμμα Μεσοπρόθεσμου Ενεργειακού Προγραμματισμού (Long-Term Scheduling)
- ❖ Βασίζεται στην επίλυση του προβλήματος ΗΕΠ της ΕΧΑΗΕ

➤ Φάση 1^η: Ετήσια διαχείριση υδάτινων πόρων (ΥΗΣ)

- ✓ Υπολογίζει ωριαίες εγχύσεις υποχρεωτικών νερών ΥΗΣ (για χρήση στη Φάση 2)
- ✓ Επιλύει το γνωστό πρόβλημα εξομάλυνσης αιχμών, “Peak-shaving” (PS)

➤ Φάση 2^η: Επαναληπτική επίλυση του ΗΕΠ

- ✓ Προσομοιώνει την ημερήσια αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (ΗΕΠ) ημέρα-ημέρα για ολόκληρο το χρονικό διάστημα προγραμματισμού
- ✓ Επιλύει πρόβλημα MILP ή LP, ανάλογα με το μοντέλο λειτουργίας της αγοράς
- ✓ Προσομοιώνει τις τυχαίες βλάβες των μονάδων με ανάλυση Monte-Carlo

Σενάρια Προσομοίωσης

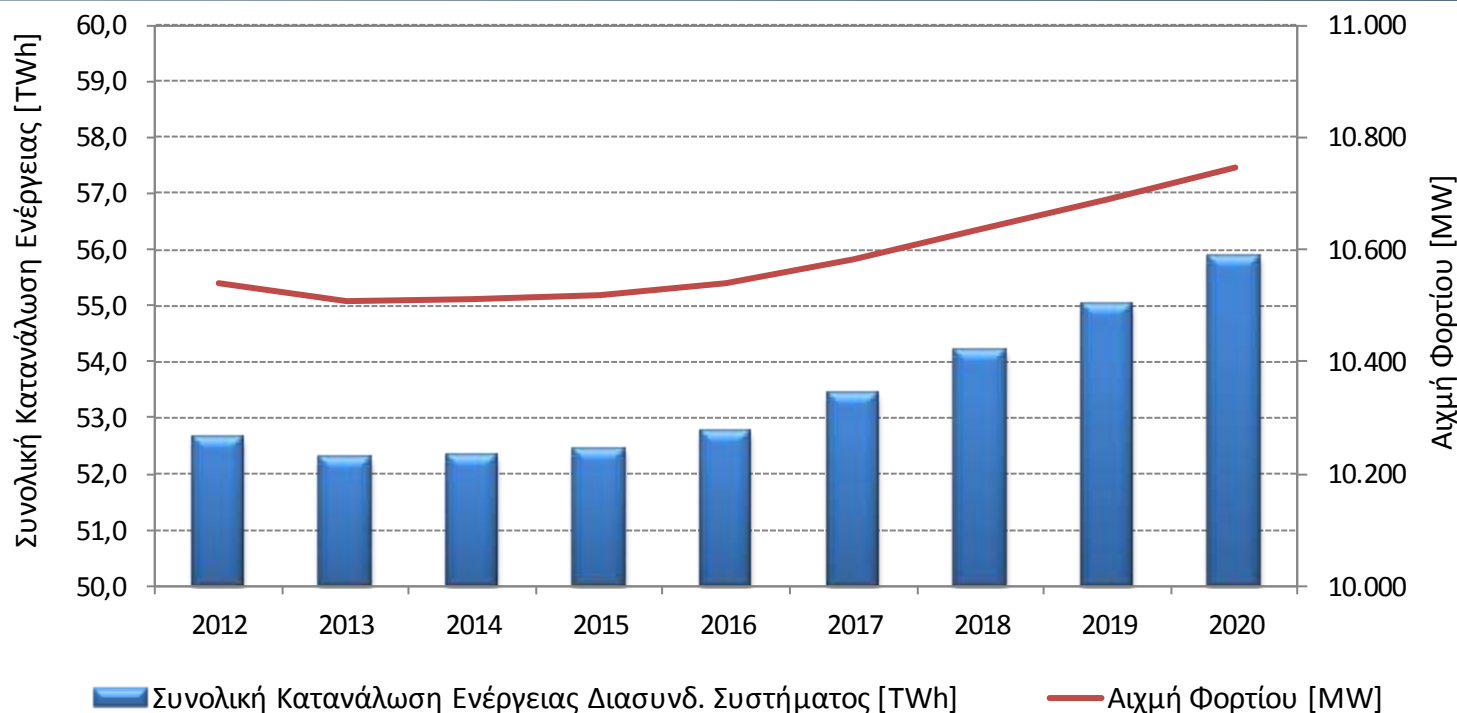
Μεσοπρόθεσμος ορίζοντας (Β'εξ. 2013 - 2014)

- **Αυξανόμενη** Διείσδυση Φ/Β μέχρι **2.533 MW** στο τέλος του 2014
- **Ενεργοποιημένος** ο “κανόνας του 30%” και ο μηχανισμός κάλυψης του κόστους των κατανεμόμενων μονάδων παραγωγής (“**cost-recovery**”)
- Περιθώριο “cost recovery”: **10% → 0%**

Μακροπρόθεσμος ορίζοντας (2015 - 2020)

- **Τρία (3)** Σενάρια αύξησης εγκατ. ισχύος Φ/Β από **2.533 MW** (τέλος 2014) μέχρι:
 - **3.770 MW** στο τέλος του 2020 (**Σενάριο 1**)
 - **4.520 MW** στο τέλος του 2020 (**Σενάριο 2**)
 - **5.270 MW** στο τέλος του 2020 (**Σενάριο 3**)
- **Απενεργοποιημένος** ο “κανόνας του 30%” & ο μηχανισμός “cost-recovery”
- **Δύο (2)** Πολιτικές Τιμολόγησης Φ/Β σταθμών (εκτός στεγών)
 - **Ισχύουσα πολιτική (Σεν. A.1 – A.3)** → Ταρίφα $v = 1,1$ ή $1,2 * \mu\text{ΟΤΣ}_{v-1}$
 - **Εναλλακτική πολιτική (Σεν. B.1 – B.3)** → Ταρίφα $v = \text{Ταρίφα}_{v-1}$ (Νέα Φ/Β $v < 250\text{MW}$)
Ταρίφα $v = 0,95 * \text{Ταρίφα}_{v-1}$ (Νέα Φ/Β $v \geq 250\text{MW}$)

Δεδομένα Εισόδου - Παραδοχές (Α)



➤ Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί

✓ Συνθήκες Μέσης Υδραυλικότητας ΥΗΣ ($\approx 3.700.000$ MWh υποχρ. νερών / έτος)

➤ Πρόγραμμα Ένταξης Νέων Μονάδων / Απόσυρσης Παλαιών Μονάδων

➤ Συντήρηση μονάδων παραγωγής

✓ Βάσει του τελευταίου δημοσιευμένου προγράμματος στην ιστοσελίδα του ΑΔΜΗΕ



Δεδομένα Εισόδου - Παραδοχές (B)

- Διαθεσιμότητες μονάδων παραγωγής
 - ✓ Εφαρμογή δικατάστατου μοντέλου Markov για προσομοίωση τυχαίων βλαβών των μονάδων παραγωγής
- Κόστος δικαιωμάτων εκπομπών
 - ✓ Όλες οι μονάδες παραγωγής περιλαμβάνουν στο μεταβλητό κόστος τους το πλήρες κόστος (100%) των δικαιωμάτων εκπομπών CO₂

Ένταξη Νέων Μονάδων Παραγωγής			Απόσυρση Υφιστάμενων Μονάδων		
Μονάδα	Ισχύς [MW]	Ημερομηνία Ένταξης	Χρονική Περίοδος	Αριθμός Μονάδων	Ισχύς [MW]
Αλιβέρι 5	420	01/09/2013	2013-2014	9	1.326
Μεγαλόπολη 5	811	01/07/2015	2015-2016	2	390
Πτολεμαΐδα 5	600	01/01/2019	2019	6	1.656



Προσφορές Μονάδων Παραγωγής

Κοινοπραξία Ισχύος (2013-2014)

- ❖ Εφαρμογή του “κανόνα του 30%” και του μηχανισμού “cost-recovery” με περιθώριο 0% (βέλτιστη λειτουργία ώστε να καλυφθεί το “take-or-pay” της ΔΕΠΑ)
 - **Μονάδες Ιδιωτών Παραγωγών (IPPs)**
 - ✓ Ακολουθούν στρατηγικές στη διαμόρφωση των προσφορών για να διασφαλίσουν την ένταξή τους στην προημερήσια αγορά (ΗΕΠ)
 - **Μονάδες ΔΕΗ**
 - ✓ Προσφέρουν στο Ελάχιστο Μεταβλητό Κόστος τους όλες τις ώρες

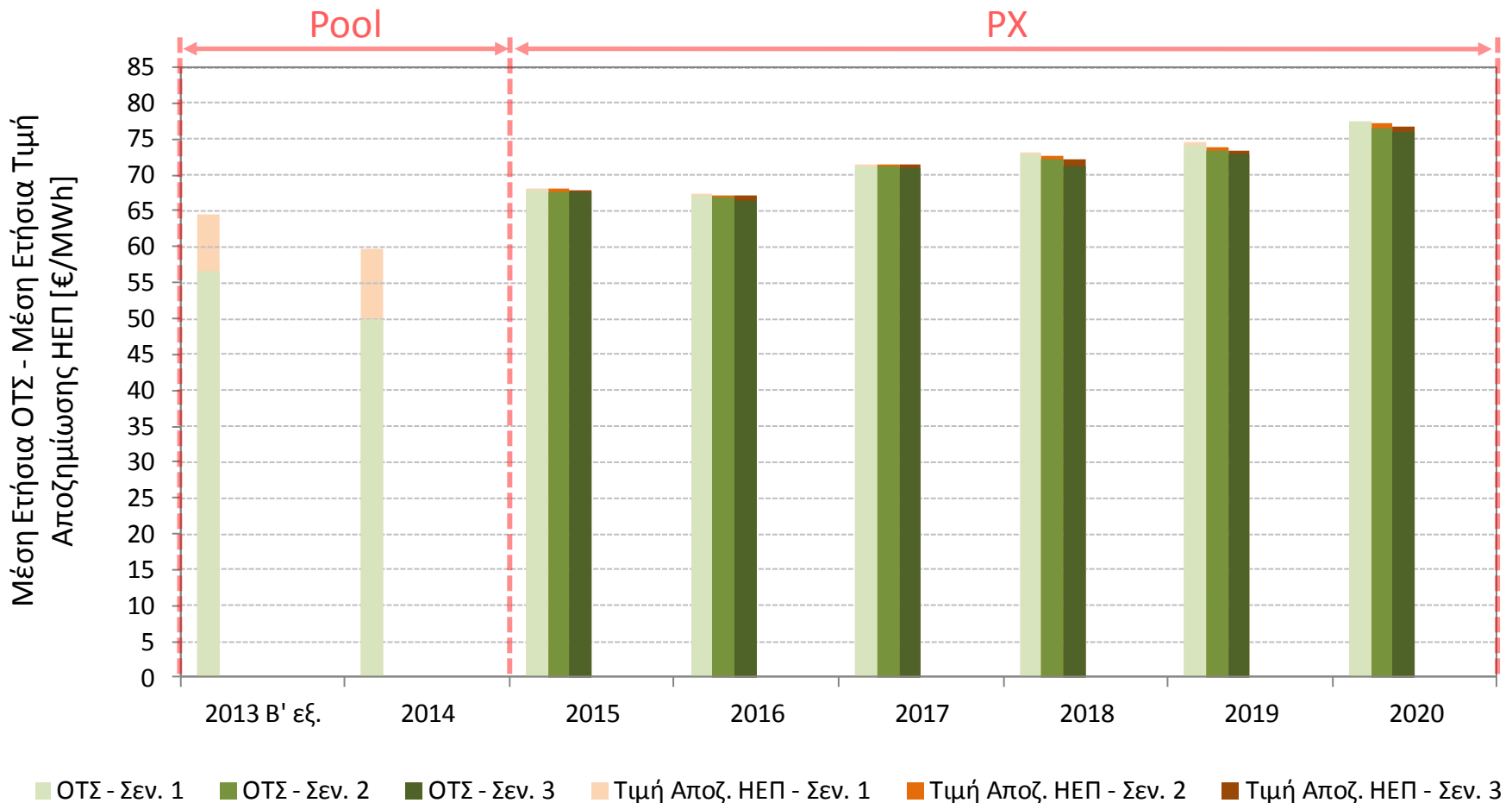
Απλό Χρηματιστήριο Ενέργειας (2015-2020)

- ❖ **ΔΕΝ ΙΣΧΥΕΙ** ο “κανόνας του 30%” και ο μηχανισμός “cost-recovery”
 - **Μονάδες Ιδιωτών Παραγωγών (IPPs) & Μονάδες ΔΕΗ**
 - ✓ Προσφέρουν στο Ελάχιστο Μεταβλητό Κόστος τους όλες τις ώρες



Αποτελέσματα προσομοιώσεων

Οριακή Τιμή Συστήματος / Τιμή Αποζημίωσης ΗΕΠ



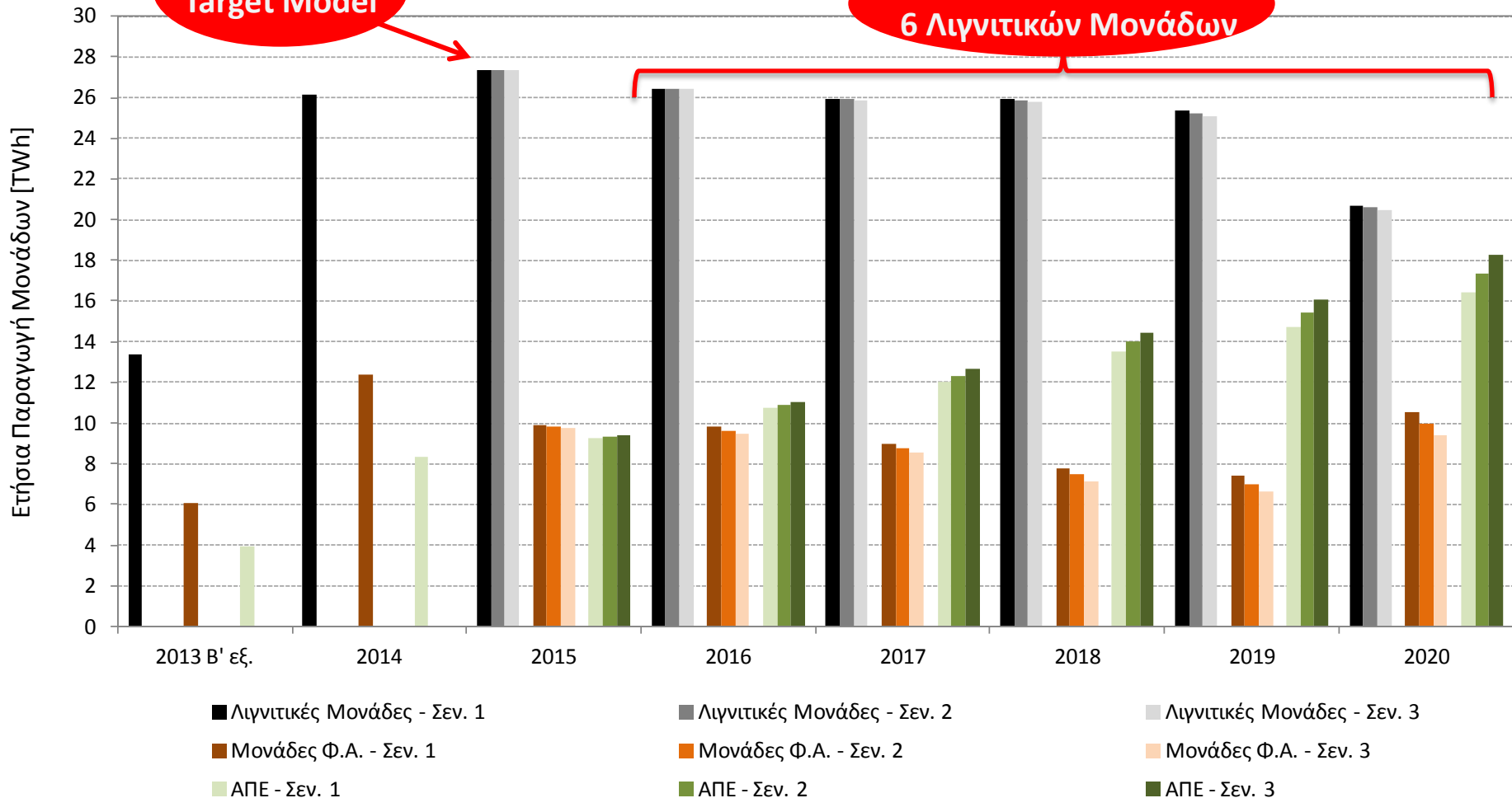


Αποτελέσματα προσομοιώσεων

Κατανομή Μονάδων Παραγωγής

Έναρξη
"Target Model"

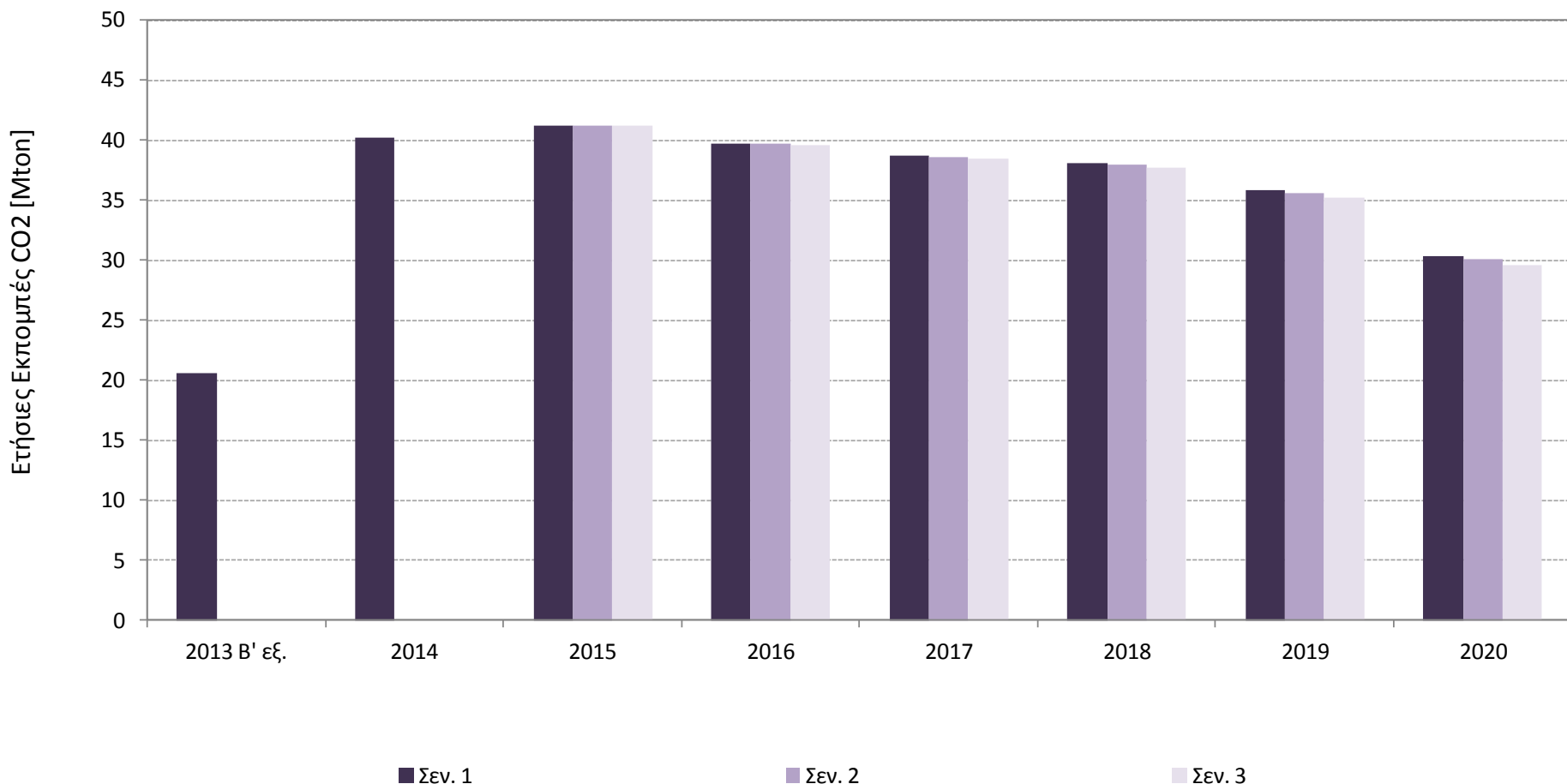
Σταδιακή Απόσυρση
6 Λιγνιτικών Μονάδων





Αποτελέσματα προσομοιώσεων

Εκπομπές CO₂





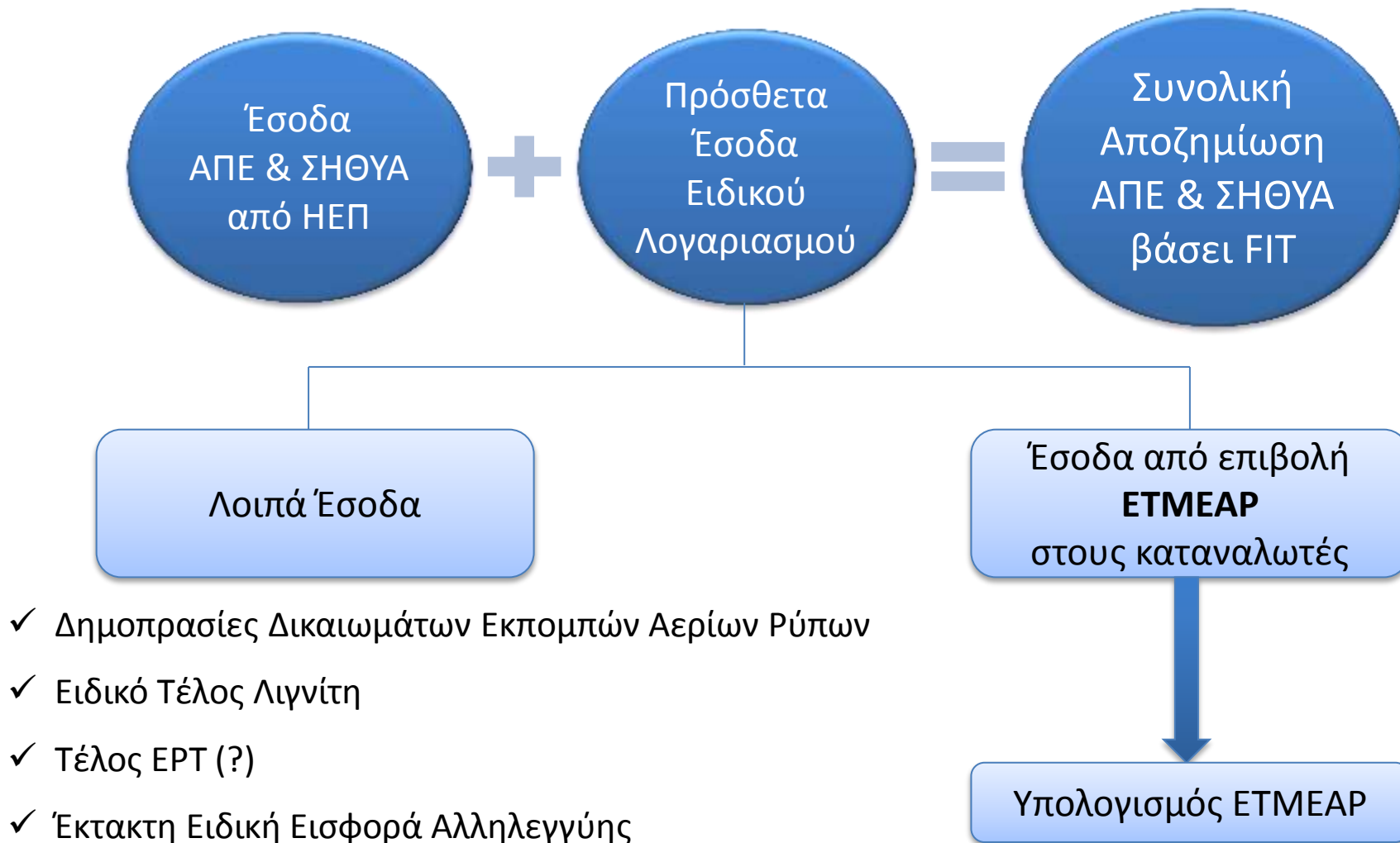
Αποζημίωση ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ - Πλαίσιο

- ❖ Εγγυημένες Τιμές Αποζημίωσης Μονάδων ΑΠΕ (Feed-In-Tariffs, FIT) βάσει ρυθμιστικού πλαισίου
 - ✓ Συνεχείς αλλαγές-προσθήκες στην υφιστάμενη νομοθεσία
 - Αναπροσαρμογή (προς τα κάτω) FITs νέων εγκαταστάσεων Φ/Β (Διασυνδ. & Στέγες)
 - ✓ Έκτακτη ειδική εισφορά αλληλεγγύης επί του τζίρου σε εγκαταστάσεις ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ
 - ❑ Φ/Β: **25% - 42%** αναλόγως του χρόνου ενεργοποίησης και της “κλειδωμένης” εγγυημένης τιμής αποζημίωσης (Εξαιρούνται οι εγκαταστάσεις Φ/Β σε στέγες)
 - ❑ Λοιποί σταθμοί ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ: **10%**
- ❖ Αποζημίωση ΑΠΕ από ΗΕΠ (Ν. 4152/2013) → **Νέος** τρόπος υπολογισμού!
 - ✓ Κατ’ ελάχιστον ίση με το μεσοσταθμικό μεταβλητό κόστος των θερμικών συμβατικών μονάδων (ΜΜΚΘΣΜ)

$$\text{Μοναδιαία τιμή αποζημίωσης}_t \text{ [€/MWh]} = \max [\text{ΟΤΣ}_t, \text{ΜΜΚΘΣΜ}_t]$$



Αποζημίωση ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ - Διαδικασία





Λοιπά Έσοδα Ειδικού Λογαριασμού ΛΑΓΗΕ

Δημοπρασίες Δικαιωμάτων Εκπομπών Ρύπων

- Ν. 4001/2011, Τροπολογία Ν. 4062/2012
- 2013-2015: **100%** εσόδων από δημοπρασίες
- 2016-2020: **50%** εσόδων από δημοπρασίες
- Υπολογισμός εσόδων βάσει των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης

Ειδικό Τέλος Λιγνίτη

- Ν. 4042/2012, Υ.Α. ΦΕΚ Β' 342 / 16.02.2012
- **2 €/MWh** παραγόμενης ενέργειας από λιγνίτη
- Υπολογισμός εσόδων βάσει των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης

Τέλος ΕΡΤ

- Ν. 3851/2010, Υ.Α. ΦΕΚ Β' 2317 / 10.08.2012
- **25%** εσόδων από επιβολή τέλους ΕΡΤ
- Εκτίμηση Σ.Ε.Φ. → **75 εκ. €/έτος** (Νέες συνθήκες?)

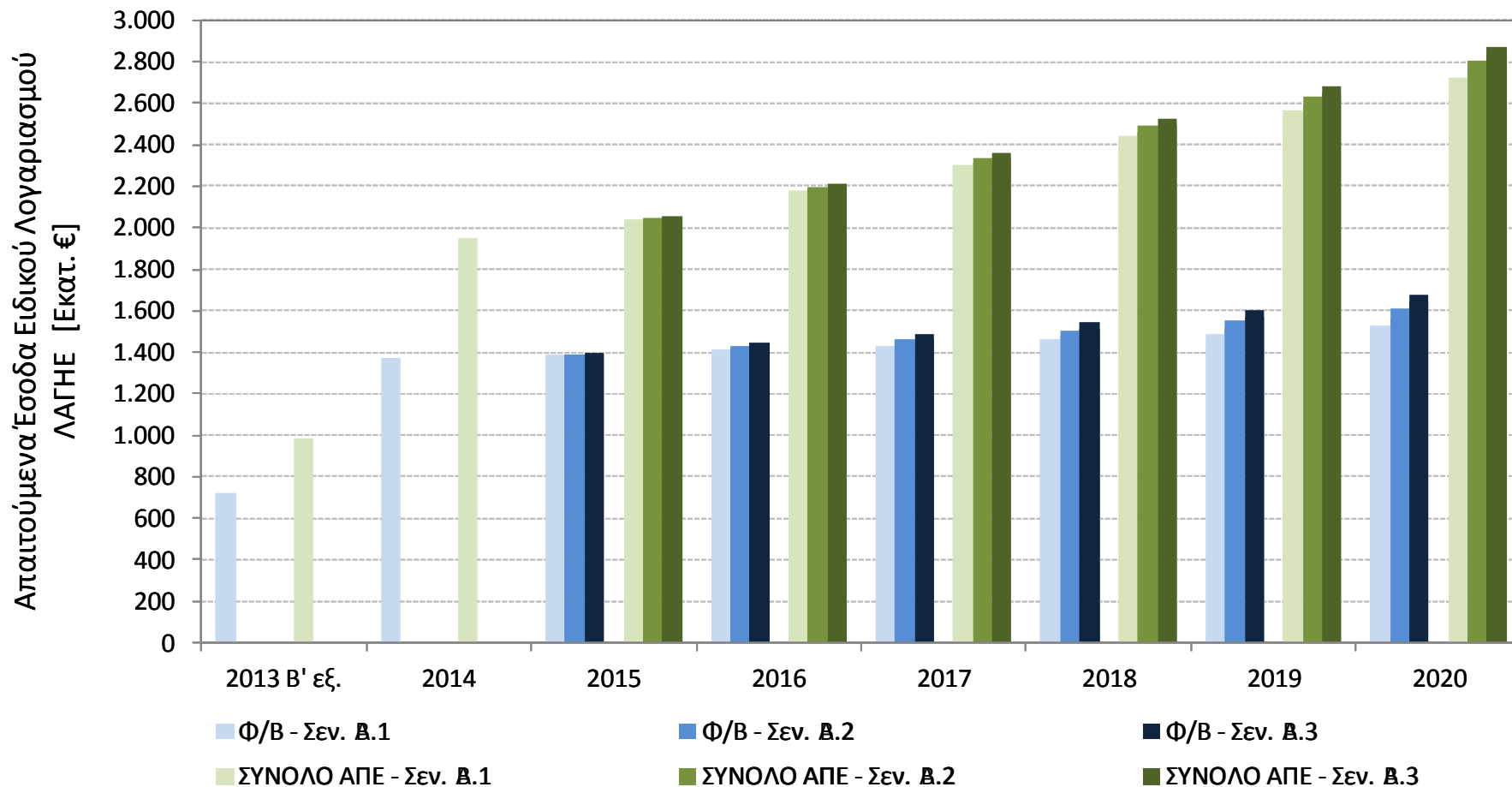
Έκτακτη Ειδική Εισφορά Αλληλεγγύης

- Χρόνος επιβολής εισφοράς: **07/2012 – 06/2015**
- ≈ **195 εκ. €** (Β' εξ. 2013), **370 εκ. €** (2014), **175 εκ. €** (Α' εξ. 2015)



Απαιτούμενα Έσοδα Ειδ. Λογαριασμού ΛΑΓΗΕ

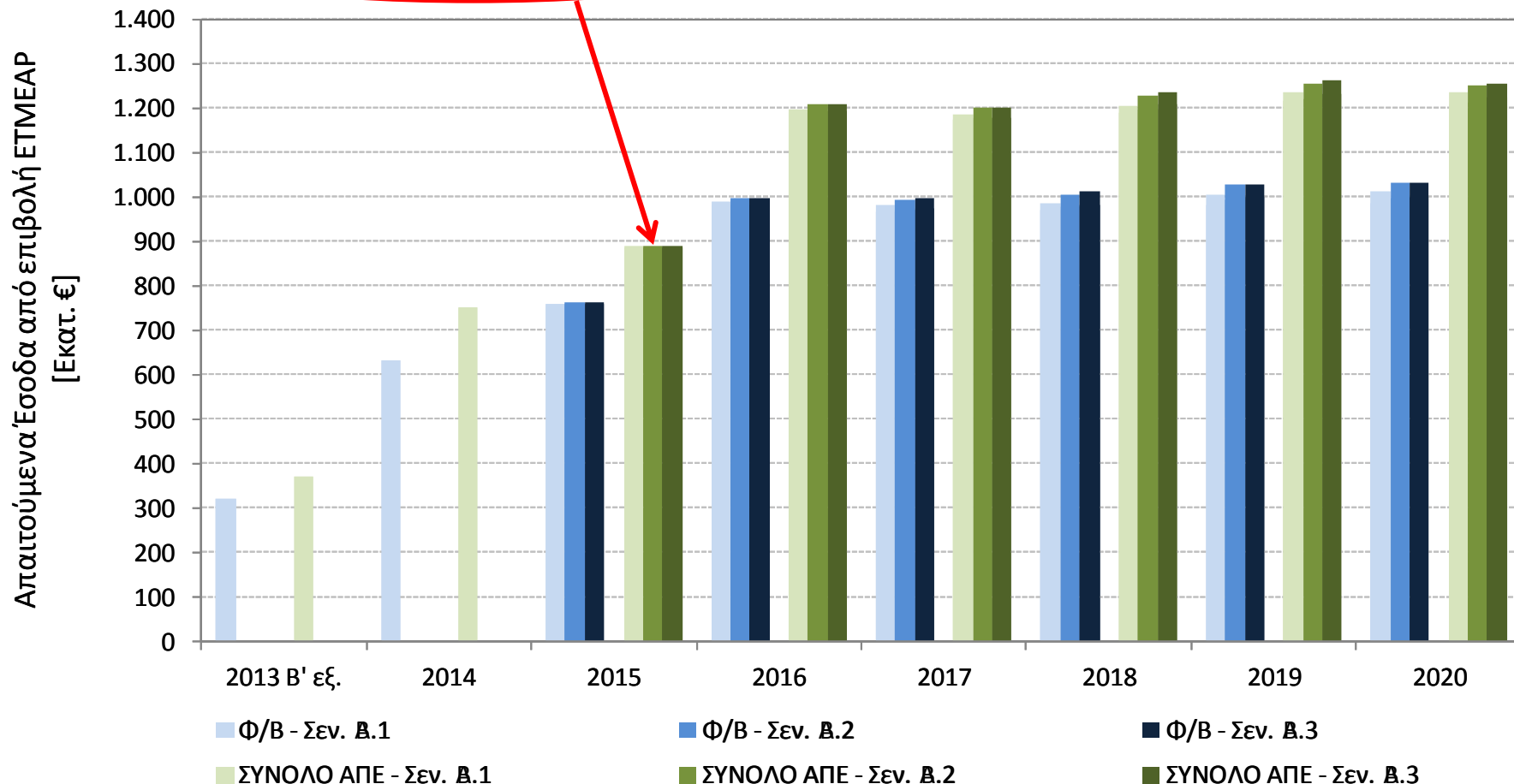
✓ **Αγνοείται** το τρέχον έλλειμμα του Ειδικού Λογαριασμού (06/2013: $\approx 483,81$ εκ. €)





Έσοδα Ειδ. Λογαριασμού ΛΑΓΗΕ από ΕΤΜΕΑΡ

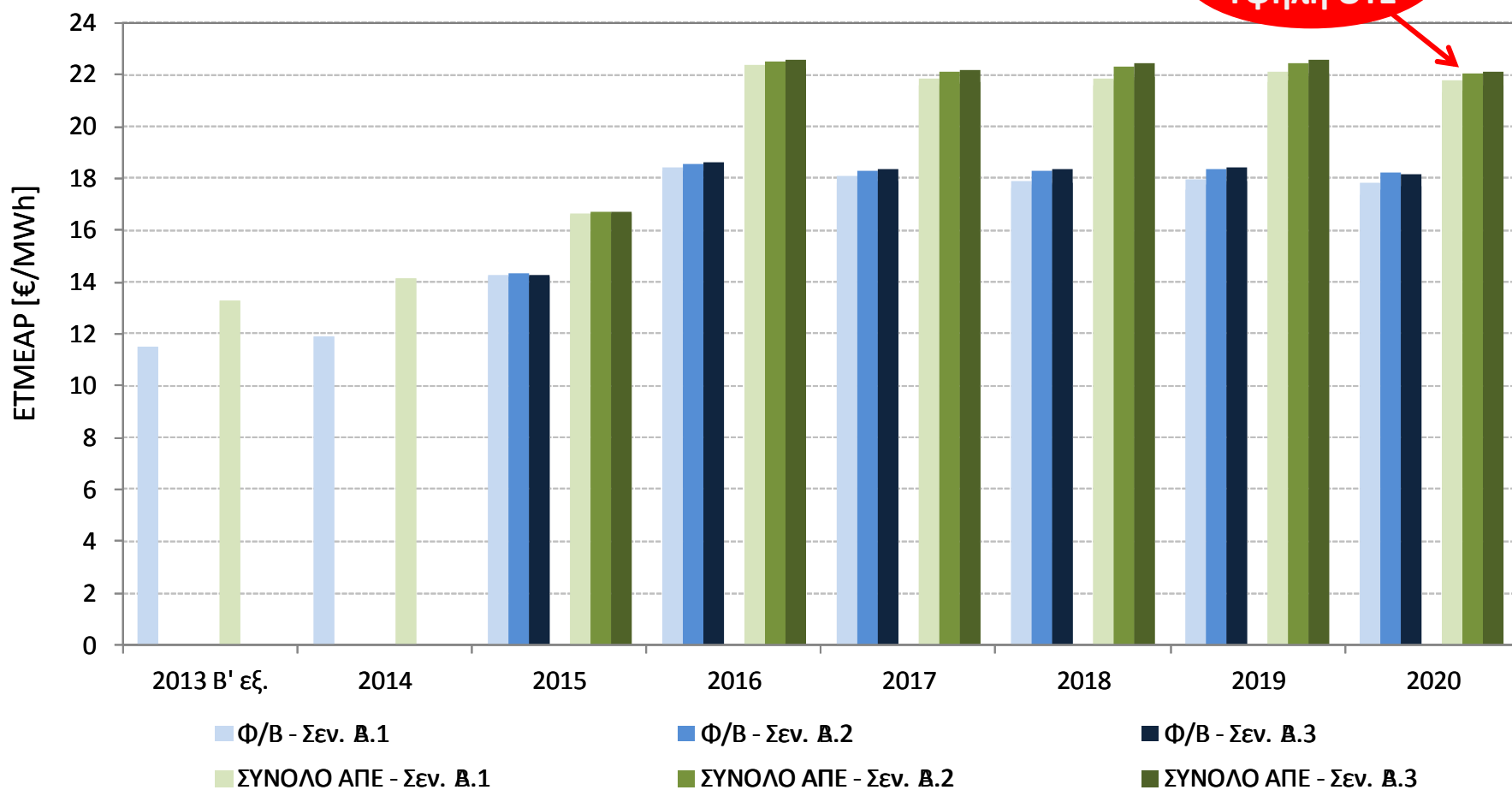
Έσοδα από CO₂: 100%
Εισφορά Αλληλεγγύης μέχρι 06/2015





ΕΤΜΕΑΡ

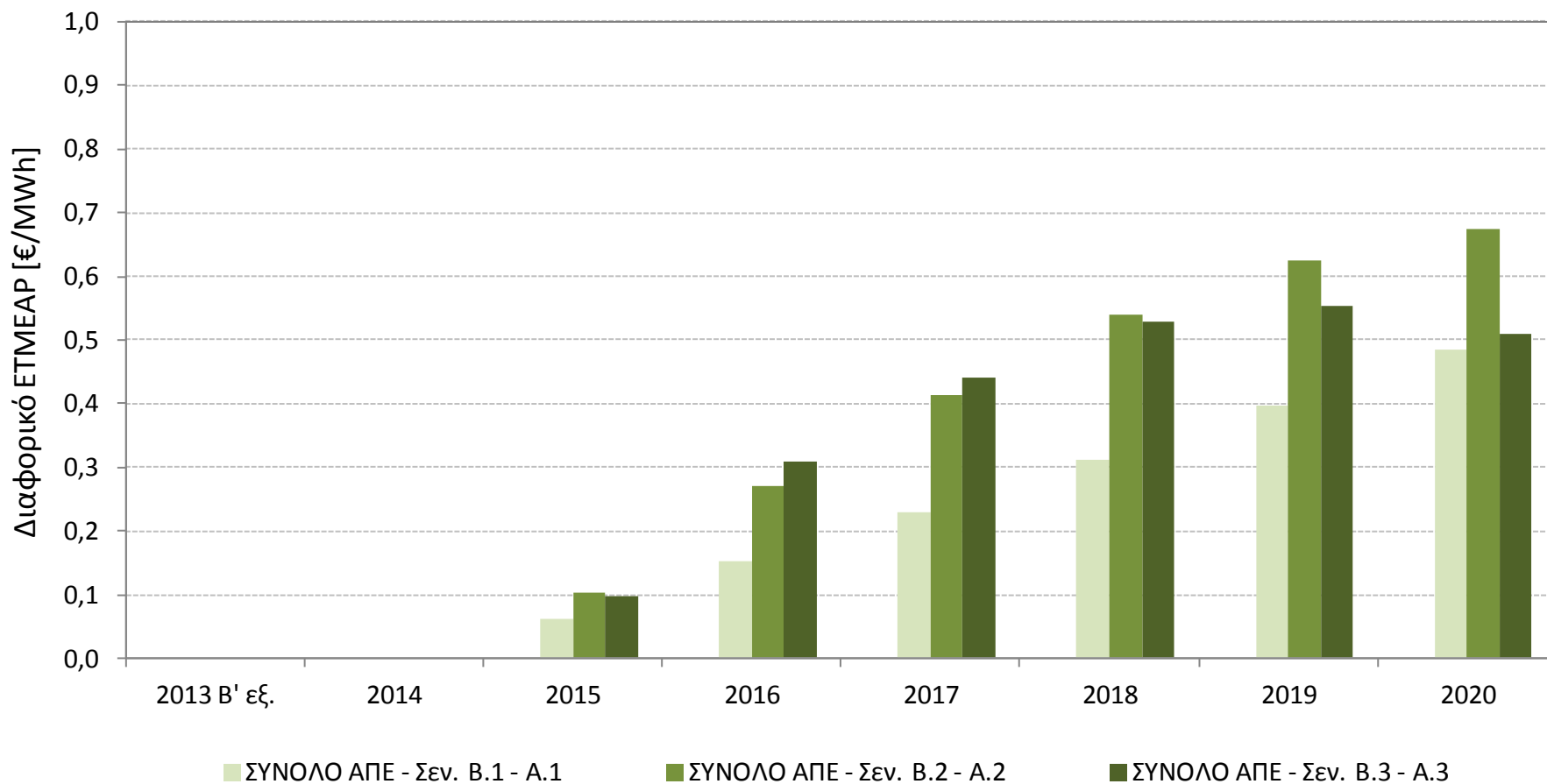
- ✓ Απαίτηση μηδενισμού του ελλείμματος του Ειδικού Λογαριασμού στο τέλος του 2014 → Αύξηση ΕΤΜΕΑΡ περιόδου 07/2013 – 12/2014 \approx 6 €/MWh





Διαφορικό ΕΤΜΕΑΡ (Α' – Β' Πολιτική Τιμολόγησης)

- ✓ Β' πολιτική τιμολόγησης Φ/Β 2015-2020 → ΕΤΜΕΑΡ ↑ ≈ 0,05 - 0,7 €/MWh
- ✓ $\Delta FIT_{B.2-A.2} > \Delta FIT_{B.3-A.3}$ → Υψηλότερο Διαφορικό ΕΤΜΕΑΡ στο Σεν. 2 (2018-2020)





Περιεχόμενα

- Οργάνωση Αγορών Ηλεκτρικής Ενέργειας
- Ανάλυση Ελληνικής Χονδρεμπορικής Αγοράς ΗΕ (ΕΧΑΗΕ)
 - μεσοπρόθεσμα (2013-2014)
 - μακροπρόθεσμα (2015-2020)
- Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα



Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα

- Σημαντική αύξηση τιμών ΕΧΑΗΕ στο διάστημα 2015-2020 (αλλαγή ρυθμιστ. πλαισίου, σταδιακή απόσυρση λιγνιτικών μονάδων) \approx **20 €/MWh** σε σχέση με 2013-2014
- Επίδραση αυξημένης διείσδυσης ΑΠΕ στους βασικούς δείκτες της ΕΧΑΗΕ
 - ✓ Μείωση τιμών εκκαθάρισης ΕΧΑΗΕ (\approx **1,4 €/MWh** / Εγχ. TWh Φ/Β ή **1,8 €/MWh** / GW Φ/Β)
 - ✓ Μείωση παραγωγής Θερμικών Μονάδων (Λιγνιτικών και ΦΑ)
 - ✓ Μείωση εκπομπών CO₂ (\approx **400** kgr. CO₂ / Εγχ. MWh Φ/Β ή **550 T** CO₂ / (MW Φ/Β· γ))
- Αύξηση των απαιτούμενων εσόδων του Ειδικού Λογαριασμού του ΛΑΓΗΕ \rightarrow Αύξηση μέσου ΕΤΜΕΑΡ στους καταναλωτές (\approx **22 €/MWh**)
- Πρόσθετα μέτρα (διάθεση εσόδων από δημοπρασίες δικαιωμάτων εκπομπών CO₂, ειδικό τέλος λιγνίτη, τέλος ΕΡΤ, έκτακτη ειδική εισφορά αλληλεγγύης) μετριάζουν την τελική επιβάρυνση των καταναλωτών
- Εφαρμογή εναλλακτικής πολιτικής τιμολόγησης Φ/Β σταθμών (εκτός στεγών) \rightarrow Αύξηση μέσου ΕΤΜΕΑΡ $<$ **0,7 €/MWh**



**Σας ευχαριστώ για την
προσοχή σας!**

