



Ανάγκες, οφέλη & βιωσιμότητα έργων αποθήκευσης σε μεσοπρόθεσμο ορίζοντα

Σταύρος Παπαθανασίου, Καθ. ΕΜΠ

13 Νοεμβρίου 2020



Αντικείμενο της παρουσίασης

13 Νοεμβρίου 2020

Περιγραμμά

- Εκτίμηση **αναγκών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας** υπό τις συνθήκες διείσδυσης ΑΠΕ του ΕΣΕΚ, με **έτος αναφοράς το 2030**
- Εκτίμηση **βιωσιμότητας των έργων αποθήκευσης** σε περιβάλλον αγορών και εκτίμηση του χρηματοδοτικού κενού (*funding gap*)
- Κύρια ερωτήματα:
 - **Πόση αποθήκευση?** Ενδεδειγμένη νέα ικανότητα αποθήκευσης στο ΕΔΣ για τους δεδομένους στόχους του ΕΣΕΚ
 - **Ποια αποθήκευση?** Χαρακτηριστικά χωρητικότητας και κατανομή σε τεχνολογίες
 - **Δικαιολογείται οικονομικά?** Οικονομικά οφέλη από την ένταξη των αποθηκευτικών σταθμών σε σχέση με το κόστος τους
 - **Είναι βιώσιμη?** Μπορεί να ανακτήσει το κεφαλαιουχικό και λειτουργικό της κόστος από τη συμμετοχή στις αγορές?
 - **Υπάρχουν συνέργειες με σταθμούς ΑΠΕ αγοράς?** Ευκαιρίες από συμμετοχή σε χαρτοφυλάκια με ΑΠΕ



Βασικές Θεωρήσεις

- Έτος αναφοράς το **2030** – Διείσδυση ΑΠΕ **>60%**
- Εκτιμήσεις κόστους καυσίμου, δικαιωμάτων εκπομπών, μείγμα ΑΠΕ και συμβατικής παραγωγής βάσει ΕΣΕΚ και μελετών επάρκειας ΑΔΜΗΕ
- Εξετάζεται το ερώτημα των **πρόσθετων αναγκών αποθήκευσης, επιπλέον των υφιστάμενων αντλησιοταμιευτικών (ΑΤΣ) σταθμών** Σφηκιάς και Θησαυρού (700 MW)
- **Συμβολή στην επάρκεια ισχύος** λαμβάνεται υπόψη, συνεκτιμώντας μέγεθος και χωρητικότητα αποθηκών: σταθμοί μικρής χωρητικότητας → κλασματική συμβολή σε επάρκεια
- Εξετάζονται **συνδυασμοί αποθηκών μικρής και μεγάλης χωρητικότητας (μπαταρίες 2-h και ΑΤΣ 6-h)**, ολικής εγκατεστημένης **ισχύος 1000 έως 2000 MW**
- Παρουσίαση επικεντρώνεται σε **κεντρική αποθήκευση με άμεση συμμετοχή στην αγορά.**
 - Συμβολή **διανεμημένων πόρων** δυνητικά σημαντική, εφόσον δημιουργηθούν **προϋποθέσεις συμμετοχής τους στην αγορά μέσω εκπροσώπησης**

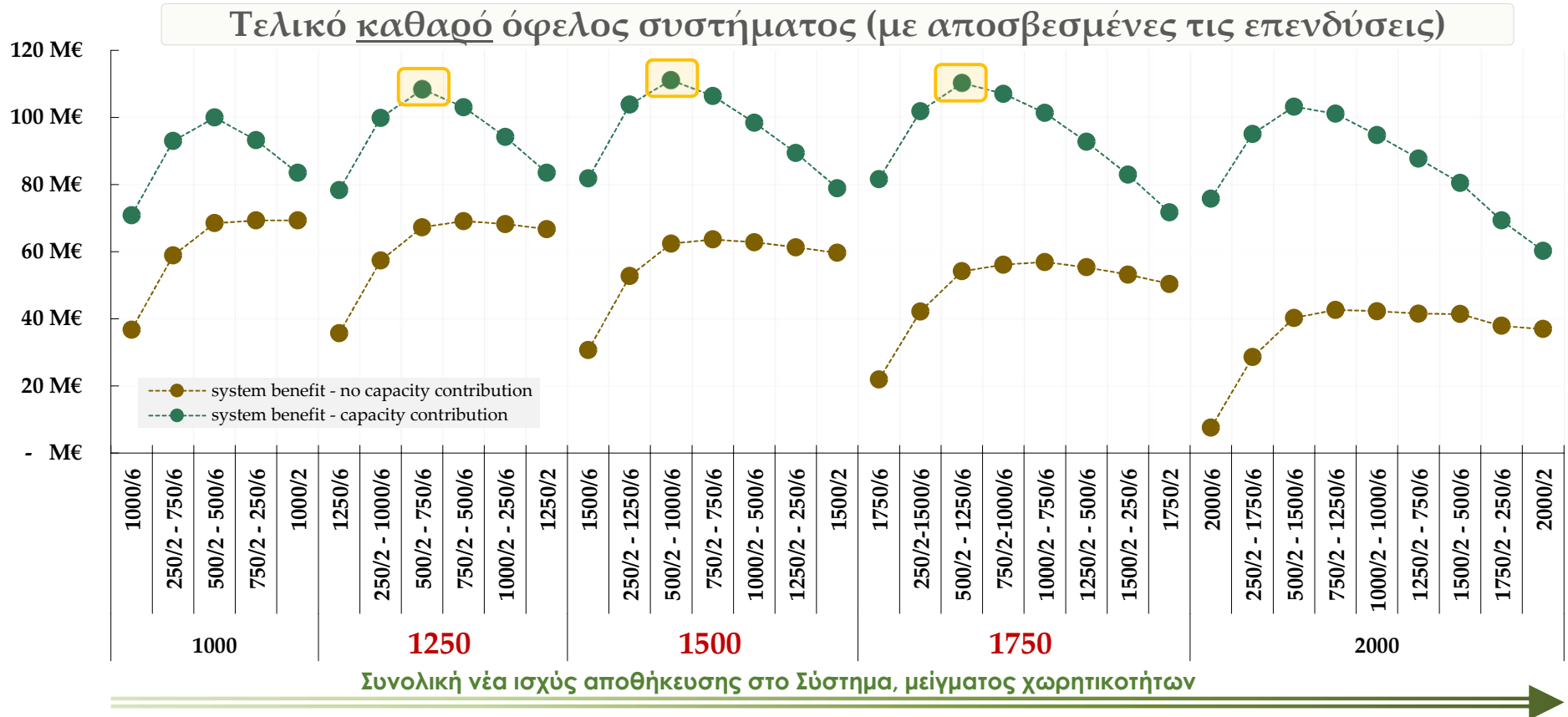




Ανάγκες νέας αποθήκευσης Κόστος vs. Όφελος Λοιπά οφέλη

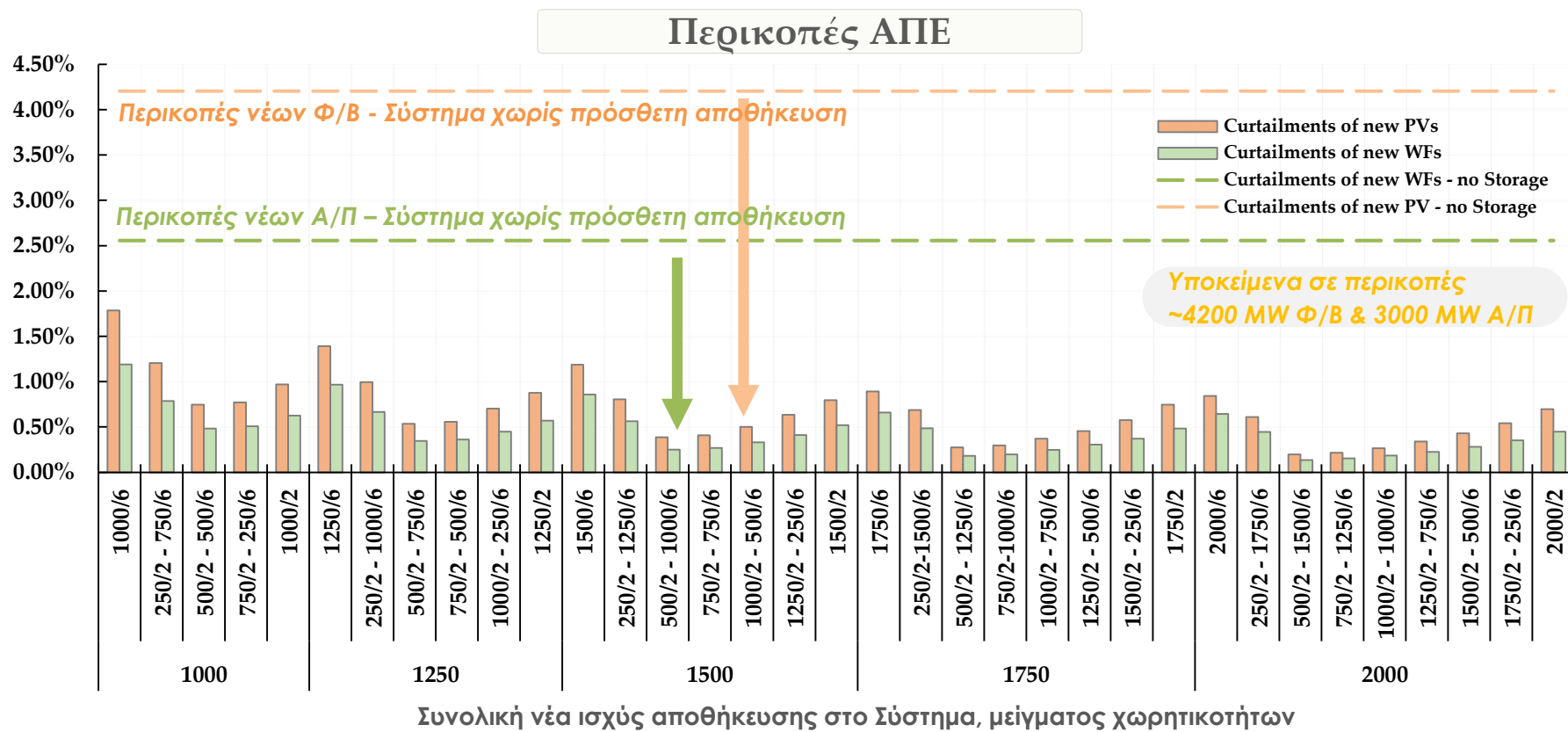
13 Νοεμβρίου 2020

Όφελος συστήματος για διαφορετικές ισχύεις και συνδυασμούς τεχνολογιών αποθήκευσης



- Βέλτιστο μέγεθος νέας αποθήκευσης για ΑΠΕ του ΕΣΕΚ: 1250-1750 MW
- Μείγμα τεχνολογιών & αποθηκευτικών χωρητικότητων παράγει μέγιστο όφελος
- Βέλτιστο μείγμα: ~500 MW μπαταριών μικρής χωρητικότητας, υπόλοιπο (750-1250 MW) από ΑΤΣ μεγάλης χωρητικότητας

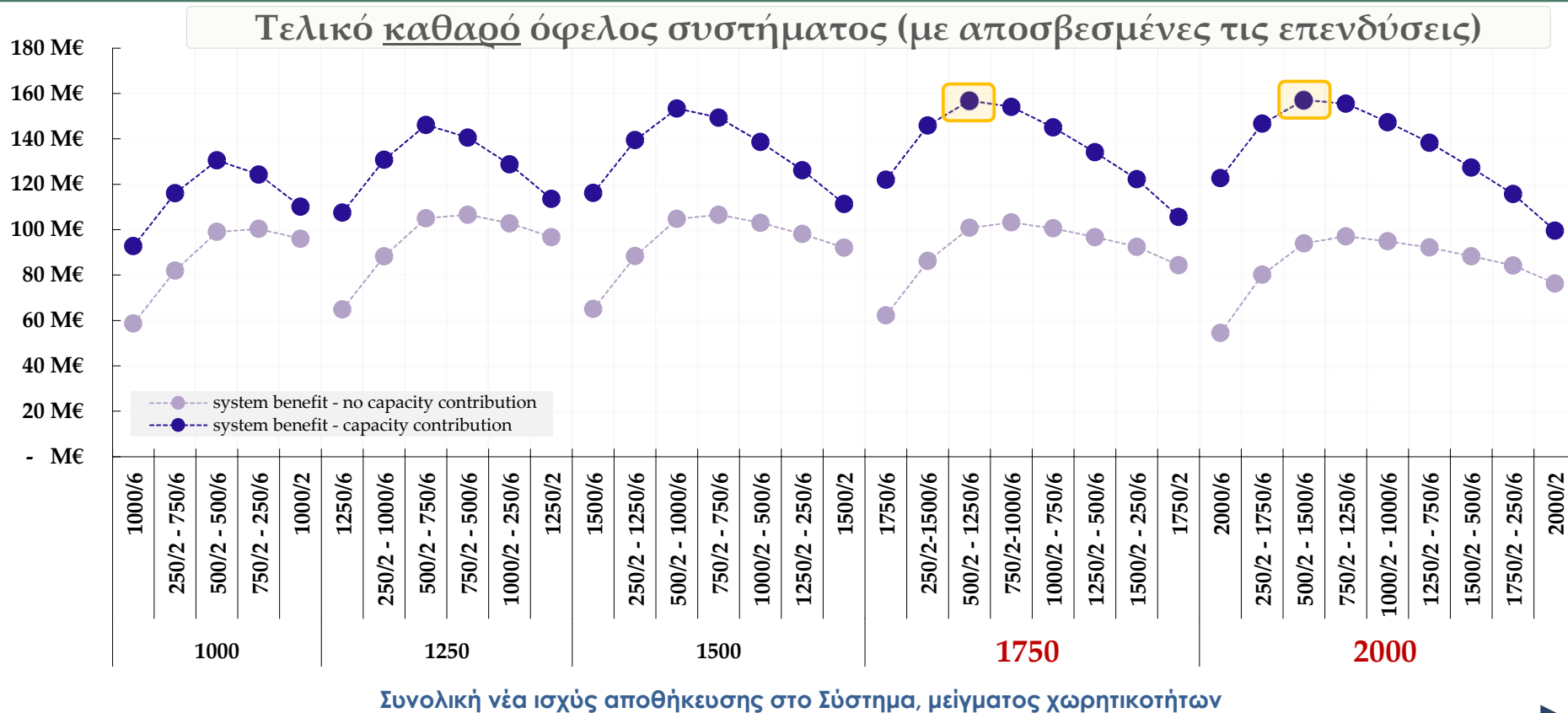
Περιοπές ΑΠΕ για διαφορετικές ισχύεις και συνδυασμούς τεχνολογιών αποθήκευσης



Με την είσοδο αποθήκευσης **περιοπές ΑΠΕ σχεδόν εκμηδενίζονται:**

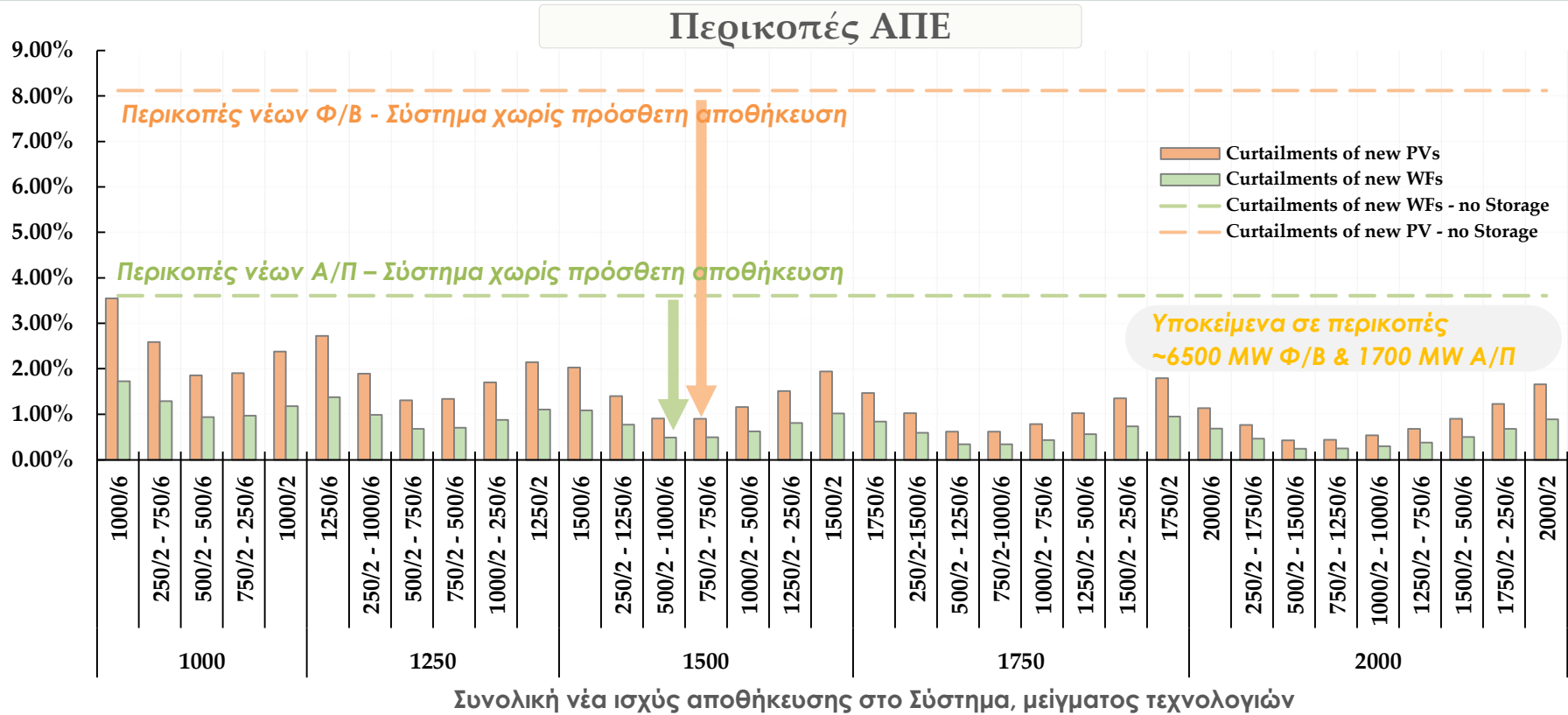
- Νέων αιολικών: **μειώνονται έως ~2.5 μονάδες**
- Νέων Φ/Β: **μειώνονται έως ~4 μονάδες**

Όφελος συστήματος για μείγμα με έμφαση σε Φ/Β (10.2 GW Φ/Β + 5.5 GW Α/Π → διείσδυση ΑΠΕ ~60%)



- Βέλτιστη νέα ισχύς αποθήκευσης **αυξημένη**, σε επίπεδα **κοντά στα 2000 MW**
- Μείγμα τεχνολογιών δεν μεταβάλλεται (**500-750 MW μπαταριών μικρής χωρητικότητας, υπόλοιπο σε σταθμούς μεγάλης χωρητικότητας**)

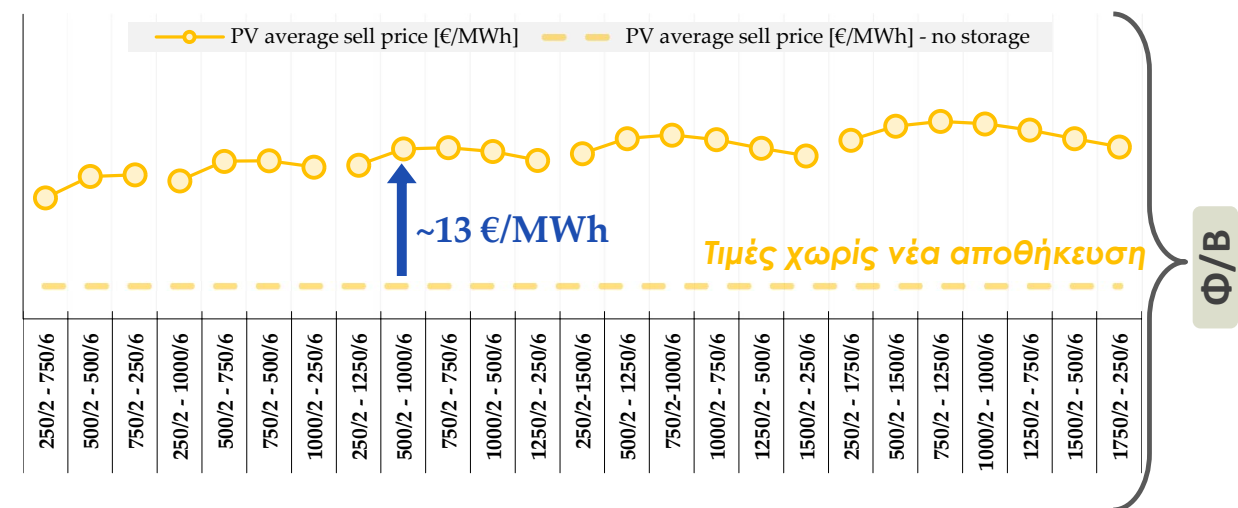
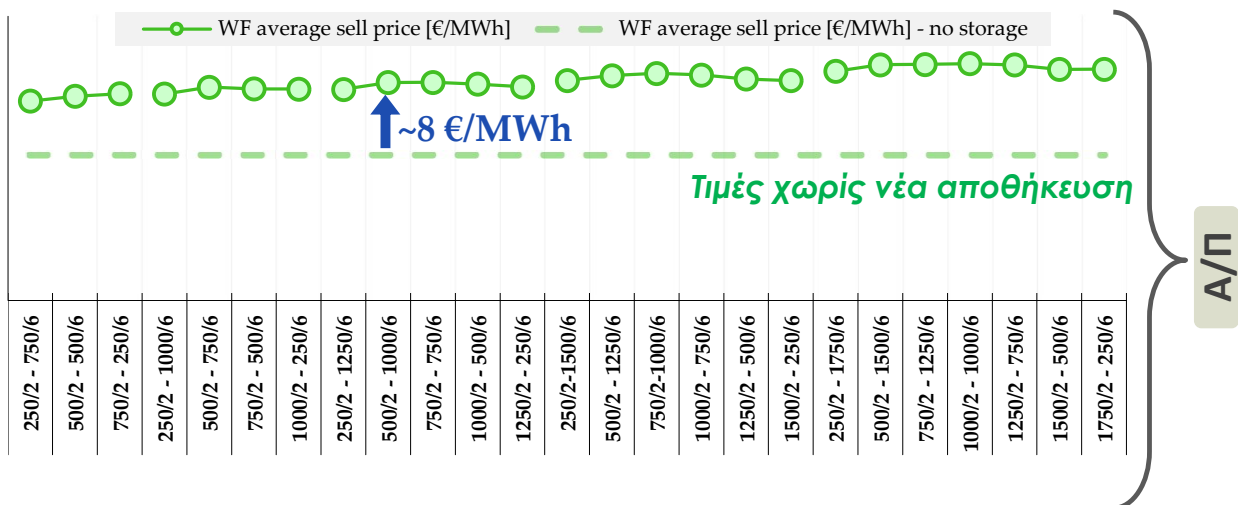
Περιοτές ΑΠΕ για μείγμα με έμφαση στα Φ/Β (10.2 GW Φ/Β + 5.5 GW Α/Π → διείσδυση ΑΠΕ ~60%)



Συμβολή αποθήκευσης στη μείωση των περιοτήτων πολύ αυξημένη

- Περιοτές νέων αιολικών **μειώνονται έως 3 μονάδες**
- Περιοτές νέων Φ/Β **μειώνονται έως 7.5 μονάδες**

Μεσοσταθμική τιμή αποζημίωσης ΑΠΕ αγοράς χωρίς και με νέα ισχύ αποθήκευσης (έτος 2030)



Βασικό σενάριο ΑΠΕ του ΕΣΕΚ

Είσοδος νέας αποθηκευτικής ισχύος στηρίζει τιμές αγοράς σε διαστήματα υψηλής παραγωγής ΑΠΕ

- Αύξηση τιμών πώλησης ενέργειας για ΑΠΕ της αγοράς
- Ιδιαίτερα σημαντική (για τα Φ/Β άνω των 10-15 €/MWh)



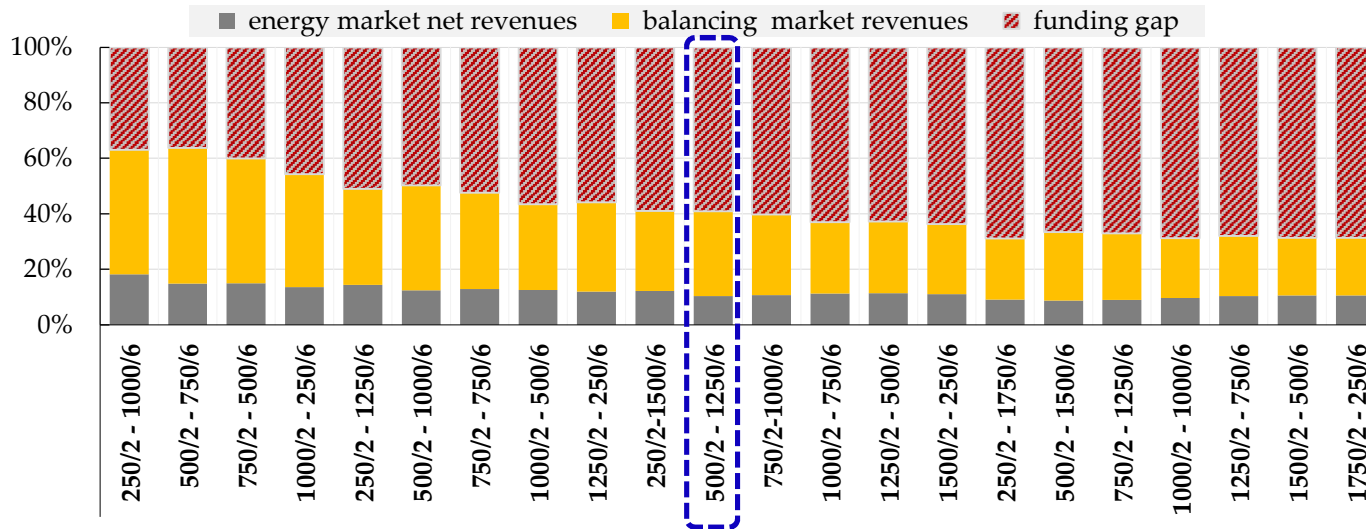
Βιωσιμότητα επενδύσεων έργων αποθήκευσης μέσω συμμετοχής στις αγορές

13 Νοεμβρίου 2020

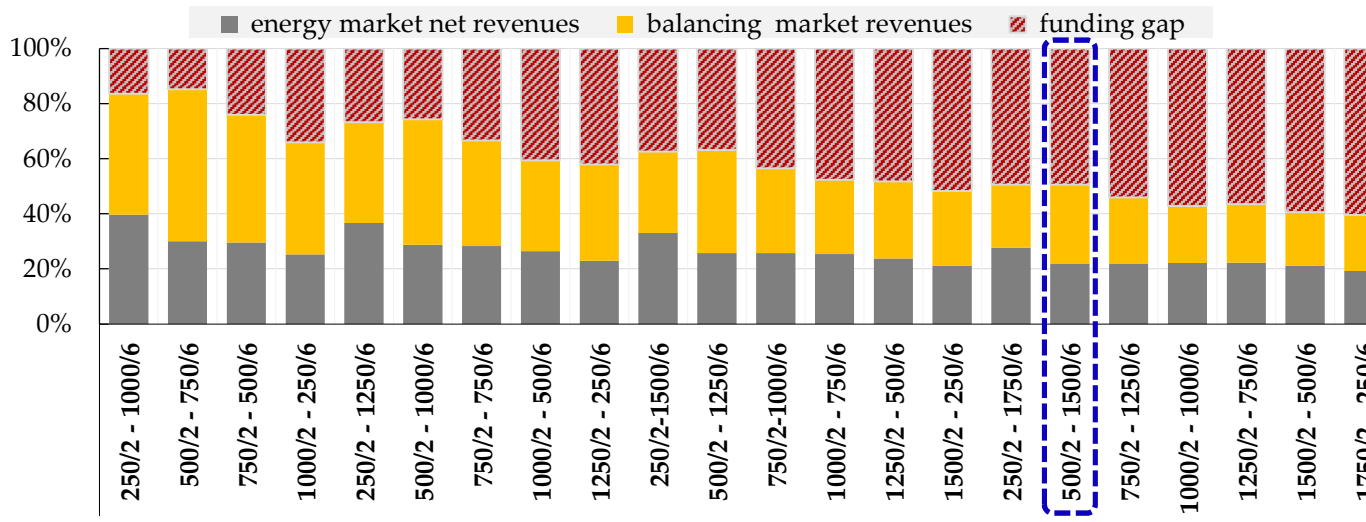
Έσοδα αποθηκευτικών σταθμών από αγορές

- Έσοδα αποθηκευτικών σταθμών από αγορές:
 - Από **αγορές ενέργειας μέσω arbitrage** (απορρόφηση σε ώρες χαμηλής ζήτησης/υψηλής παραγωγής ΑΠΕ – παραγωγή σε ώρες αιχμής/μειωμένης παραγωγής ΑΠΕ)
 - Από **αγορά εξισορρόπησης ισχύος και ενέργειας**
 - Πιθανά πρόσθετα έσοδα από **διαχείριση συμφόρησης** δικτύων, **επάρκεια ισχύος** και **διασφάλιση τροφοδότησης** (π.χ. νησιά), **μελλοντικές υπηρεσίες** που θα μπουν στην αγορά
 - Συμμετοχή σε **χαρτοφυλάκια με ΑΠΕ**
- Σύνολο εσόδων από αγορές γενικά καλύπτει μέρος του **ετήσιου κεφαλαιουχικού και λειτουργικού κόστους** του αποθηκευτικού σταθμού
- Υπολειπόμενο προς κάλυψη κόστος → **χρηματοδοτικό κενό (funding gap)**
 - Κάλυψη μέσω **σχήματος ενίσχυσης, κατά βάση μέσω μηχανισμού ισχύος (CRM)**: αμείβει τη συμβολή της αποθήκευσης στην επάρκεια ισχύος, καθώς και άλλα οφέλη που δεν αποτιμά η αγορά

Έσοδα από αγορές και χρηματοδοτικό κενό



Βασικό σενάριο
ΑΠΕ του ΕΣΕΚ



Σενάριο ανάπτυξης Φ/Β

Βιωσιμότητα έργων αποθήκευσης

- Επενδύσεις σε αποθηκευτικούς σταθμούς του βέλτιστου μείγματος **πολύ δύσκολα βιώσιμες μόνο από έσοδα αγορών**
 - Παρά τα αυξημένα οφέλη που προσφέρουν στο σύστημα
- **Κενό χρηματοδότησης ποικίλει** αναλόγως του εξεταζόμενου σεναρίου
 - Σενάρια **υψηλής ισχύος Φ/Β ευνοούν τη βιωσιμότητα** της αποθήκευσης, παράγοντας γενικά μικρότερο κενό χρηματοδότησης
 - Είσοδος **μεγάλης ισχύος αποθήκευσης αυξάνει το κενό**
- Βέλτιστοι συνδυασμοί σταθμών αποθήκευσης εμφανίζουν **κενό χρηματοδότησης ~50%-60%** του ετήσιου πλήρους κόστους τους
- **Αναγκαία η πρόβλεψη συμμετοχής των αποθηκευτικών σταθμών στον υπό κατάρτιση μόνιμο μηχανισμό ισχύος**
 - Πλέον βιώσιμος τρόπος για **εξασφάλιση της διαχρονικά αναγκαίας αποθήκευσης** για το σύστημα

Ένταξη σε χαρτοφυλάκια με ΑΠΕ

- Δημιουργία **χαρτοφυλακίου έργων ΑΠΕ – αποθήκευσης** δημιουργεί **συνέργειες** και **αναβαθμίζει προοπτικές βιωσιμότητας** των έργων
- Διευκόλυνση και ευκαιρίες **σύναψης διμερών συμβολαίων**
- **Στήριξη τιμών αγοράς** σε συνθήκες υπερπαραγωγής ΑΠΕ
 - Αυξάνει έσοδα σταθμών ΑΠΕ
 - Δημιουργεί πλεόνασμα που συμβάλλει στην κάλυψη του κόστους της αποθήκευσης
- **Κάλυψη κόστους εξισορρόπησης** της παραγωγής ΑΠΕ

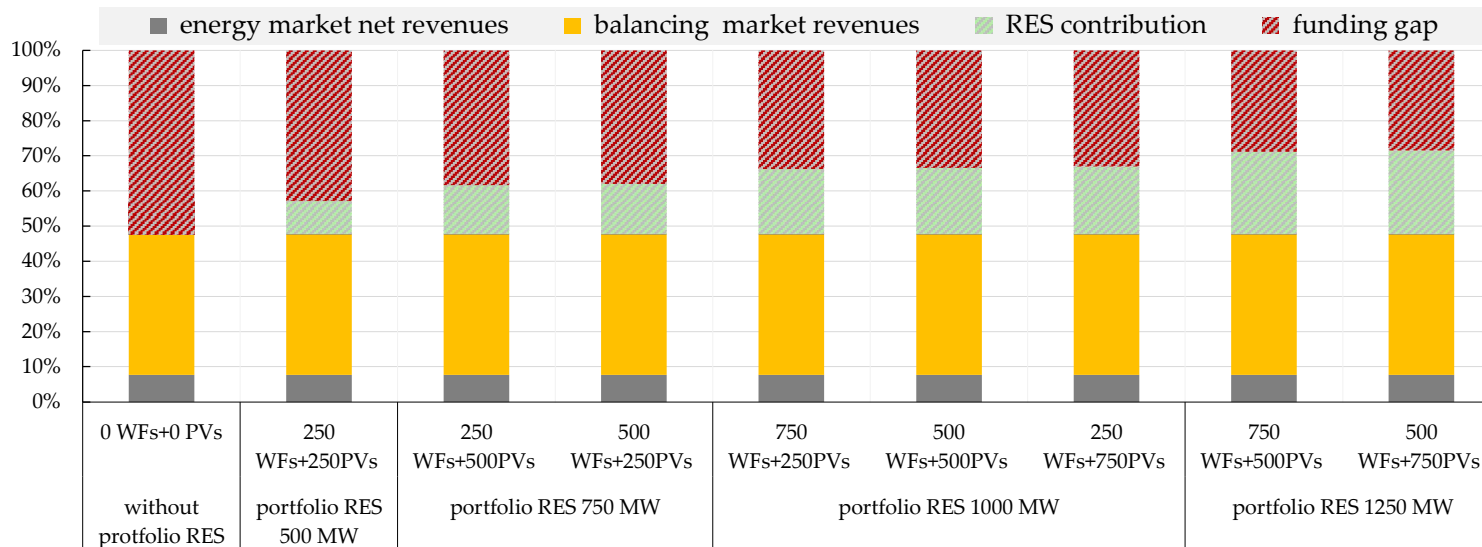


Χαρτοφυλάκιο ΑΠΕ – αποθήκευσης

Παράδειγμα εφαρμογής

Χαρτοφυλάκιο αποτελούμενο από:

- **Αποθήκευση:** Μπαταρίες 500 MW (σε σύνολο αποθήκευσης 1750 MW)
- **ΑΠΕ αγοράς:** Συνδυασμοί Α/Π και Φ/Β, συνολικής ισχύος 500 – 1250 MW



Βασικό σενάριο
ΑΠΕ του ΕΣΕΚ

Σημαντική μείωση χρηματοδοτικού κενού αποθηκευτικών σταθμών, όταν συμμετέχουν σε χαρτοφυλάκιο με ΑΠΕ



Συμπεράσματα

13 Νοεμβρίου 2020

Συμπεράσματα

- Διείσδυση ΑΠΕ >60% **απαιτεί νέα αποθηκευτική ισχύ ~1500 MW**, σε μείγμα σταθμών μικρής και μεγάλης χωρητικότητας.
 - Στόχοι **υψηλότερης διείσδυσης ΑΠΕ** (για το 2030 και διαχρονικά) ή/και **ενίσχυση περιθωρίου Φ/Β επαυξάνουν τις ανάγκες αποθήκευσης**
 - **Όφελος υπερκαλύπτει κόστος** της νέας ισχύος αποθήκευσης
 - **Έσοδα ΑΠΕ αγοράς ενισχύονται δραστικά** (ιδίως των Φ/Β)
 - **Βιωσιμότητα έργων μη εφικτή** μόνο με βάση τα έσοδα από αγορά
 - Συμμετοχή σε **χαρτοφυλάκια με ΑΠΕ** αναβαθμίζει βιωσιμότητα έργων
- ❖ Προώθηση **νομοθετικών και ρυθμιστικών πρωτοβουλιών** για:
 - Διευκόλυνση **συμμετοχής σταθμών αποθήκευσης στις αγορές:** προσαρμογή κωδίκων, απαλλαγή από ρυθμιζόμενες χρεώσεις κλπ.
 - Δημιουργία **χαρτοφυλακίων με συμμετοχή αποθήκευσης και ΑΠΕ**
 - Πρόβλεψη **διακριτού περιθωρίου αποθήκευσης στον μόνιμο μηχανισμό ισχύος**, για κάλυψη χρηματοδοτικού κενού βιωσιμότητας των έργων

Ευχαριστώ

Σταύρος Παπαθανασίου
st@power.ece.ntua.gr

13 Νοεμβρίου 2020