

Τεχνοοικονομική ανάλυση του υπό διαβούλευση χωροταξικού σχεδίου για τις ΑΠΕ: ασάφεια, οριζοντιοποίηση, περιβάλλον, τοπικές επιπτώσεις

Κοινοπραξία ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου DIAMOND

Σύνοψη

Η τεχνοοικονομική ανάλυση αξιολογεί το υπό διαβούλευση Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα, όπως αυτό παρουσιάστηκε τον Μάιο 2026, αξιοποιώντας το μοντέλο ελληνικού ενεργειακού συστήματος HERMES. Αν και σε εθνικό επίπεδο το σχέδιο δεν αποτρέπει την επίτευξη των μακροπρόθεσμων κλιματικών στόχων, η σύγκρισή του με εναλλακτικά σενάρια αναδεικνύει σημαντικές δομικές αδυναμίες. Συγκρινόμενο με το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), το νέο χωροταξικό αποδεικνύεται εντόνως περιοριστικό για την αιολική ενέργεια, οδηγώντας έως το 2050 σε μείωση της εγκατεστημένης ισχύος χειρσαίων (-16%) και υπεράκτιων (-8%) αιολικών πάρκων. Αντιθέτως, προωθεί την υπερανάπτυξη φωτοβολταϊκών (Φ/Β) μεγάλης κλίμακας (+37%) και μονάδων αποθήκευσης (+27%), γεγονός που όμως αυξάνει και το συνολικό κόστος του ηλεκτρικού συστήματος (+1.21%) και εντείνει την εξάρτηση των νησιών από το πετρέλαιο (+7% ηλεκτροπαραγωγή από πετρελαϊκές μονάδες το 2050). Η παρούσα ανάλυση περιλαμβάνει και τη σύγκριση του νέου χωροταξικού με ένα αυστηρό σενάριο σχεδιασμένο αμιγώς για την προστασία της βιοποικιλότητας (π.χ. αποκλεισμός περιοχών Natura 2000 και λοιπών περιοχών περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος), η οποία υπογραμμίζει περαιτέρω τα παραπάνω ευρήματα. Για παράδειγμα, το γεγονός ότι οι οριζόντιες ρυθμίσεις του σχεδίου (όπως τα υψομετρικά όρια) μειώνουν την εγκατάσταση χειρσαίων αιολικών κατά επιπλέον 15%, σε σχέση με το περιβαλλοντικό σενάριο, καταδεικνύει ότι το πλαίσιο κατακρημνίζει το αναπτυξιακό αιολικό δυναμικό της χώρας—πλήττοντας ιδιαίτερα περιφέρειες σε δίκαιη μετάβαση, όπως η Δυτική Μακεδονία—χωρίς αυτό να υπαγορεύεται από αμιγώς περιβαλλοντικά κριτήρια. Τέλος, η καταγεγραμμένη ασάφεια του σχεδίου όσον αφορά τους περιορισμούς εγκατάστασης μπαταριών δεν εκτροχιάζει την εθνική μετάβαση, ωστόσο μια δυνητικά αυστηρή ερμηνεία τους θα συμπίεζε την τοπική ανάπτυξη Φ/Β, μετατρέποντας περιφέρειες όπως η Θεσσαλία σε μόνιμα ενεργειακά ελλειμματικές.

Ανάλυση

Πρωτόκολλο σεναρίων

Προκειμένου να εξεταστεί η επίδραση του νέου υπό διαβούλευση χωροταξικού σχεδίου για τις ΑΠΕ χρησιμοποιήθηκε το ηλεκτρικό μοντέλο HERMES¹, το οποίο έχει τη δυνατότητα να αναλύει την εξέλιξη του ελληνικού τομέα ηλεκτροπαραγωγής σε υποεθνικό επίπεδο. Περαιτέρω, λόγω της ασάφειας του σχεδίου για τους περιορισμούς στην

¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X26002324>

εγκατάσταση μπαταριών υλοποιήθηκαν δύο διαφορετικά σενάρια (XT, XT_BESS), ενώ στην πορεία αυτά συγκρίνονται με ένα σενάριο αναφοράς του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) και ένα προτεινόμενο σενάριο αυστηρής προστασίας της βιοποικιλότητας (ΒΙΟΠ).

Σενάριο XT:	Υιοθετούνται αναλυτικά όλοι οι περιορισμοί που προτείνει το χωροταξικό σχέδιο για την ανάπτυξη νέων εγκαταστάσεων χερσαίων αιολικών (συμπεριλαμβάνεται ο περιορισμός για εγκατάσταση αιολικών μόνο σε περιοχές με ικανοποιητικό αιολικό δυναμικό, δηλαδή με μέση ταχύτητα ανέμου μεγαλύτερη από 6m/s) και φωτοβολταϊκών πάρκων. Παράλληλα, προστίθεται περιορισμός μη εγκατάστασης ΑΠΕ σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, ενώ υιοθετούνται και περιορισμοί για την εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων (για τα οποία το νέο χωροταξικό δεν περιλαμβάνει αυστηρές προδιαγραφές), με βάση τη βιβλιογραφία (βλ. Dimitriou et al., 2025 ² , όπου περιλαμβάνονται όλοι οι ήπιοι περιορισμοί του χωροταξικού μεταξύ άλλων αυστηρότερων). Ωστόσο, δεδομένης της σχετικής ασάφειας του χωροταξικού προς διαβούλευση αναφορικά με την τοποθέτηση μπαταριών, δεν τίθεται κάποιος περιορισμός για την εγκατάσταση της τεχνολογίας αυτής.
Σενάριο XT_BESS:	Υιοθετούνται όλοι οι περιορισμοί του Σεναρίου XT, ενώ προστίθεται και περιορισμός στην εγκατάσταση μπαταριών, κατόπιν ερμηνείας της σχετικής διάταξης του χωροταξικού. Ο περιορισμός βασίζεται στον συνδυασμό των εδαφών που είναι επιλέξιμα για εγκατάσταση χερσαίων αιολικών και Φ/Β εγκαταστάσεων, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι μπαταρίες θα μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες των ήδη εγκατεστημένων και μελλοντικά εγκατεστημένων ΑΠΕ. Δεδομένου ότι θεωρούμε ότι οι μπαταρίες χρειάζονται εκτάσεις που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για αιολικές και Φ/Β εγκαταστάσεις, γίνεται εκ νέου προσαρμογή στις διαθέσιμες εκτάσεις για αυτές τις δύο τεχνολογίες, καταλήγοντας σε επιπλέον (αυστηρότερους) περιορισμούς από αυτούς του σεναρίου XT ως προς τις επιλέξιμες εκτάσεις για εγκατάσταση Φ/Β και χερσαίων αιολικών.
Σενάριο ΕΣΕΚ:	Βασίζεται στο σενάριο αναφοράς που έχει υλοποιηθεί για την αξιολόγηση του ΕΣΕΚ με το μοντέλο HERMES, με ελάχιστες τροποποιήσεις. Συγκεκριμένα, υιοθετούνται αναλυτικά όλοι οι περιορισμοί που προτείνει το χωροταξικό σχέδιο για την ανάπτυξη νέων εγκαταστάσεων φωτοβολταϊκών πάρκων. Παράλληλα, προστίθεται περιορισμός μη εγκατάστασης Φ/Β σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Όσον αφορά τα χερσαία και υπεράκτια αιολικά, υιοθετούνται οι ενδιάμεσοι περιορισμοί από τη βάση δεδομένων ENSPRESO, οι οποίοι είναι αισθητά ευνοϊκότεροι αυτών που ορίζει το νέο χωροταξικό.
Σενάριο ΒΙΟΠ:	Υιοθετούνται αναλυτικά όλοι οι περιορισμοί που προτείνει το χωροταξικό σχέδιο για την ανάπτυξη νέων εγκαταστάσεων Φ/Β πάρκων. Παράλληλα, προστίθεται περιορισμός μη εγκατάστασης Φ/Β σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Ταυτόχρονα, εφαρμόζονται πολύ αυστηροί περιορισμοί για την ανάπτυξη χερσαίων και υπεράκτιων αιολικών εγκαταστάσεων, αποκλείοντας την εγκατάσταση χερσαίων αιολικών σε περιοχές που συγκαταλέγονται στο δίκτυο Natura 2000 καθώς και σε άλλες περιοχές αυξημένης σημασίας βιοποικιλότητας. Για τα υπεράκτια αιολικά υιοθετούνται πάλι οι περιορισμοί των Dimitriou et al. (2025), οι οποίοι είναι αυστηρότεροι αυτών του νέου χωροταξικού, όπως αναλύεται παραπάνω.

² <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032124006889>

Αποτελέσματα ανάλυσης χωροταξικού σχεδίου σε εθνικό επίπεδο

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης του Σεναρίου XT σε εθνικό επίπεδο, παρατηρείται ότι μία υλοποίηση του χωροταξικού (χωρίς περιορισμό στην εγκατάσταση μπαταριών), οι κύριες πηγές ηλεκτροπαραγωγής το 2050 θα ήταν τα Φ/Β μεγάλης κλίμακας (38.7 GW), τα υπεράκτια αιολικά (17.2 GW), και τα χερσαία αιολικά (13.2 GW) με τεχνολογίες όπως οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί και οι μονάδες φυσικού αερίου να έχουν περιορισμένο ρόλο. Επίσης, οι μπαταρίες θα συνέβαλαν *καθοριστικά* με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 11.8 GW το 2050, καλύπτοντας τις ανάγκες ευελιξίας του δικτύου λόγω της αυξημένης διείσδυσης των ΑΠΕ, και ιδίως των Φ/Β. Παρόμοια αποτελέσματα αποτυπώνονται και για τη συμβολή των ανωτέρω τεχνολογιών στην ηλεκτροπαραγωγή.

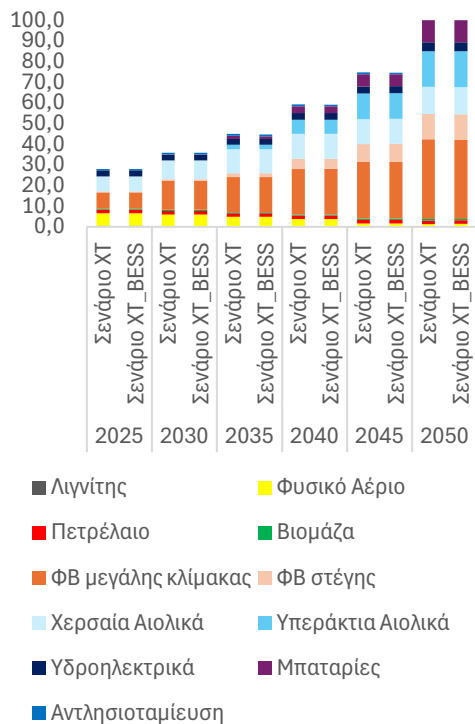
Κατά την εξέταση της αυστηρότερης ερμηνείας του χωροταξικού (XT_BESS) αναφορικά με τη χωροθέτηση των ηλεκτρικών μπαταριών, οι διαφορές που καταγράφονται σε εθνικό επίπεδο θα ήταν αμελητέες: Η μοντελοποίηση καταδεικνύει σε εθνικό επίπεδο μείωση της εγκατεστημένης ισχύος των μπαταριών κατά 5% (0.6 GW) το 2050. Επιπροσθέτως, στις υπόλοιπες τεχνολογίες παρατηρούνται λιγότερο σημαντικές μεταβολές, με την ισχύ των Φ/Β να εμφανίζει μεταβολή -1% (0.3 GW) ενώ αντίστοιχα την ισχύ των υπεράκτιων και χερσαίων αιολικών +0.2 και +0.1 GW, αντίστοιχα. Το εύρημα αυτό υποδεικνύει ότι, σε μακροοικονομική κλίμακα, η εγκατάσταση μπαταριών εξαρτάται πρωτίστως από τη δυναμική των Φ/Β: οι χωρικοί περιορισμοί στις μπαταρίες οδηγούν σε οριακή μόνο εθνική μείωση των Φ/Β (-1%), καθώς το σύστημα απλώς τα ανακατανέμει γεωγραφικά, αντισταθμίζοντας παράλληλα τις ανάγκες με άλλες ΑΠΕ και φυσικό αέριο. Ωστόσο, όπως αναλύεται παρακάτω, αυτή η φαινομενικά αμελητέα εθνική επίπτωση υποκρύπτει σοβαρές περιφερειακές "στενωπούς", καθώς σε τοπικό επίπεδο τα Φ/Β είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τη διαθεσιμότητα μπαταριών. Όσον αφορά τα οικονομικά και περιβαλλοντικά δεδομένα, οι παρατηρούμενες διαφορές είναι αμελητέες, με το συνολικό κόστος επέκτασης και λειτουργίας του συστήματος να αυξάνεται μόλις κατά 0.1%, κυρίως λόγω του αυξημένου κόστους από την αποκοπή ισχύος των ΑΠΕ, και τις ανθρακικές εκπομπές και στα δύο σενάρια να είναι σχεδόν ίδιες (τείνοντας προς ένα εθνικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής μηδενικών εκπομπών το 2050³).

Συνεπώς, καταλήγουμε σε δύο βασικά συμπεράσματα σχετικά με την εφαρμογή του υπό διαβούλευση χωροταξικού πλαισίου. Αφενός, δεν διαφαίνεται ότι θα αποτελέσει εμπόδιο στην απαραίτητη επέκταση των ΑΠΕ ώστε η Ελλάδα να επιτύχει τους στόχους ενεργειακής και κλιματικής της πολιτικής, όπως διατυπώνονται στο ΕΣΕΚ και την εθνική και ευρωπαϊκή φιλοδοξία. Αφετέρου, ο περιορισμός στις περιοχές εγκατάστασης των μπαταριών μπορεί να οδηγήσει σε ελαφριά μείωση της εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β πάρκων και σε αμελητέα αύξηση αιολικών εγκαταστάσεων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας, χωρίς όμως να επηρεάζεται αισθητά η ενεργειακή μετάβαση της χώρας. Είναι σημαντικό, επίσης, να σημειωθεί ότι λόγω της μεγάλης πυκνότητας ισχύος της Φ/Β τεχνολογίας⁴ και των συσσωρευτών⁵, οι περιορισμοί που ορίζει το νέο χωροταξικό πλαίσιο δεν είναι ιδιαίτερα περιοριστικοί για την ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών.

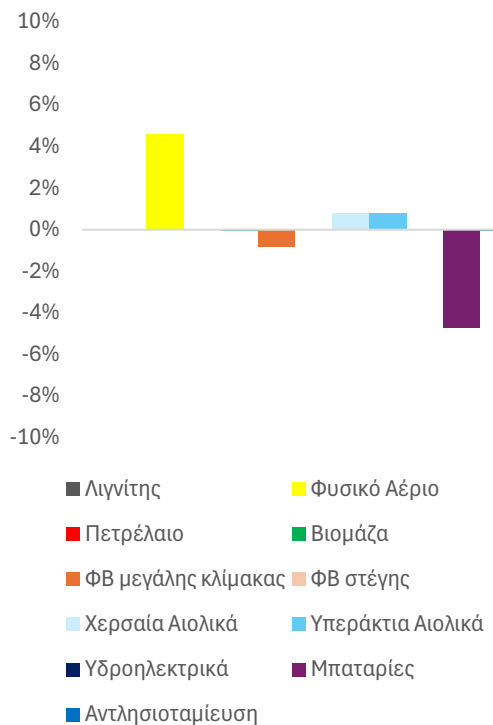
³ Σημειώνεται ότι βασικός κινητήριος μοχλός της απανθρακοποίησης είναι η υλοποίηση των υποθέσεων τιμών EU ETS που αναγράφονται στο ΕΣΕΚ (το ίδιο και για την εξέλιξη των τεchnοοικονομικών χαρακτηριστικών του συστήματος)

⁴ <https://www.nature.com/articles/s43247-025-02862-5>

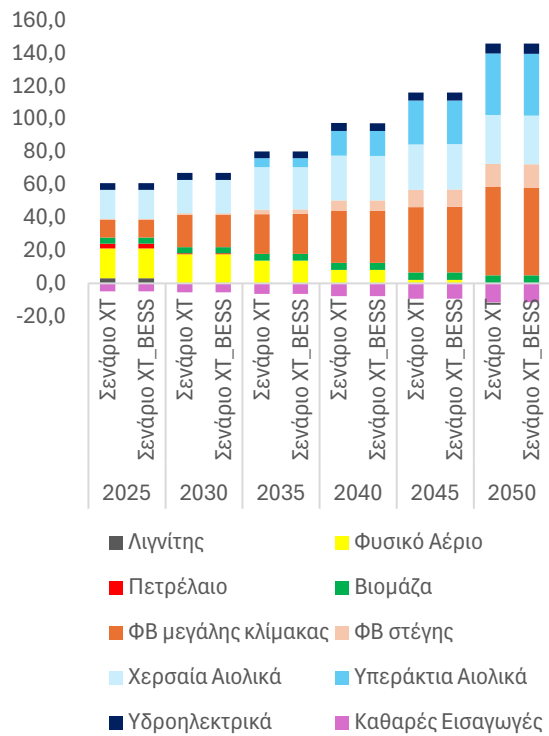
⁵ <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2023/ya/d3ya00208j>



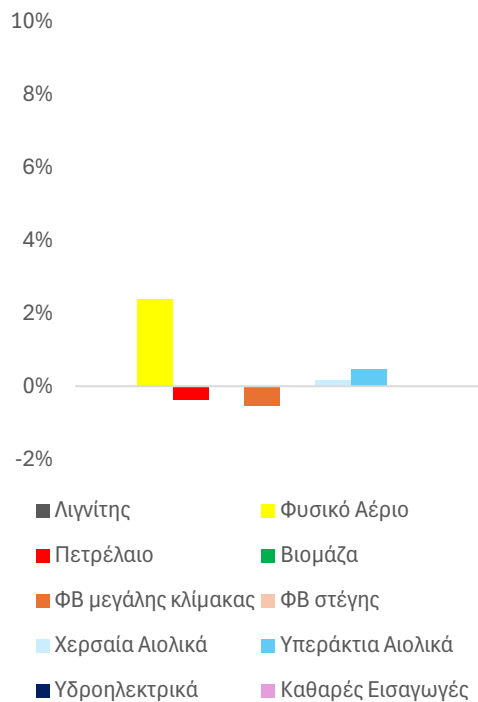
(α) Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος ανά τεχνολογία (GW)



(γ) Διαφορές XT – XT_BESS εγκατεστημένης ισχύος το 2050 (%)



(β) Εξέλιξη ηλεκτροπαραγωγής ανά τεχνολογία (TWh)



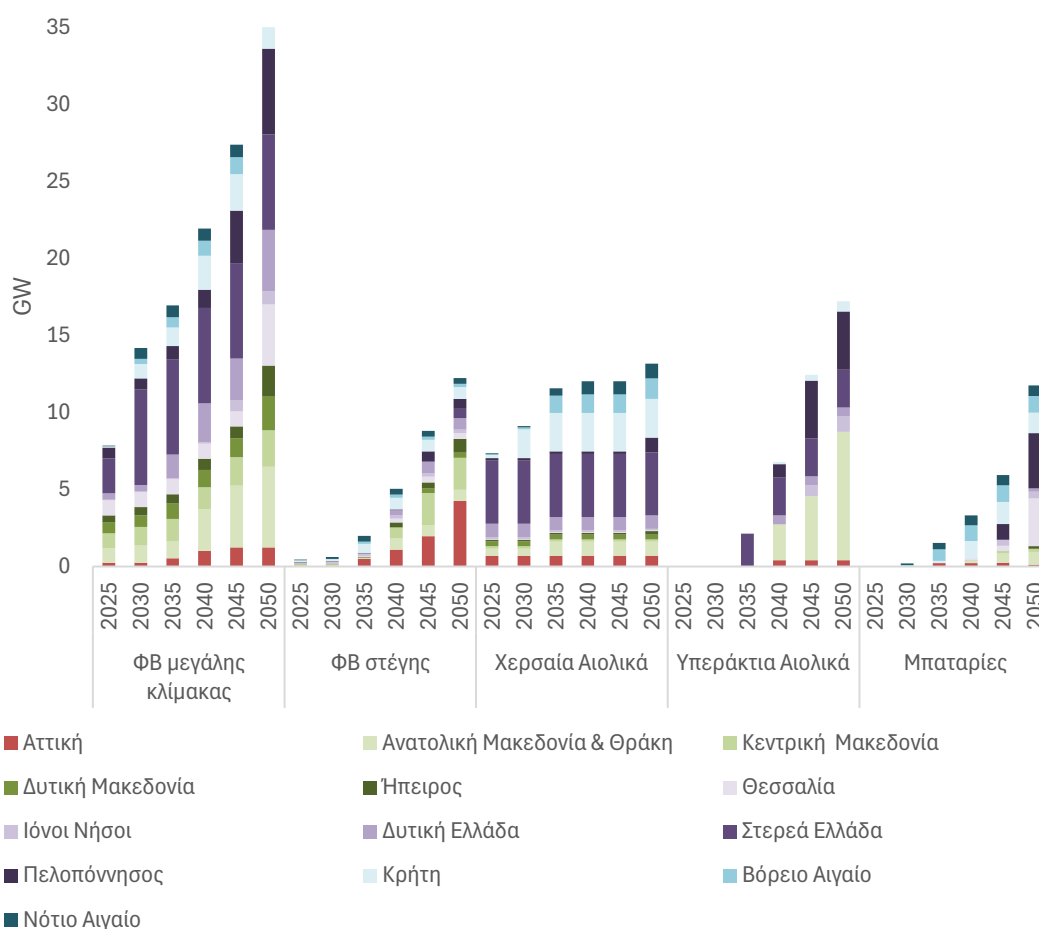
(δ) Διαφορές XT – XT_BESS ηλεκτροπαραγωγής το 2050 (%)

Αποτελέσματα ανάλυσης χωροταξικού σχεδίου σε τοπικό επίπεδο

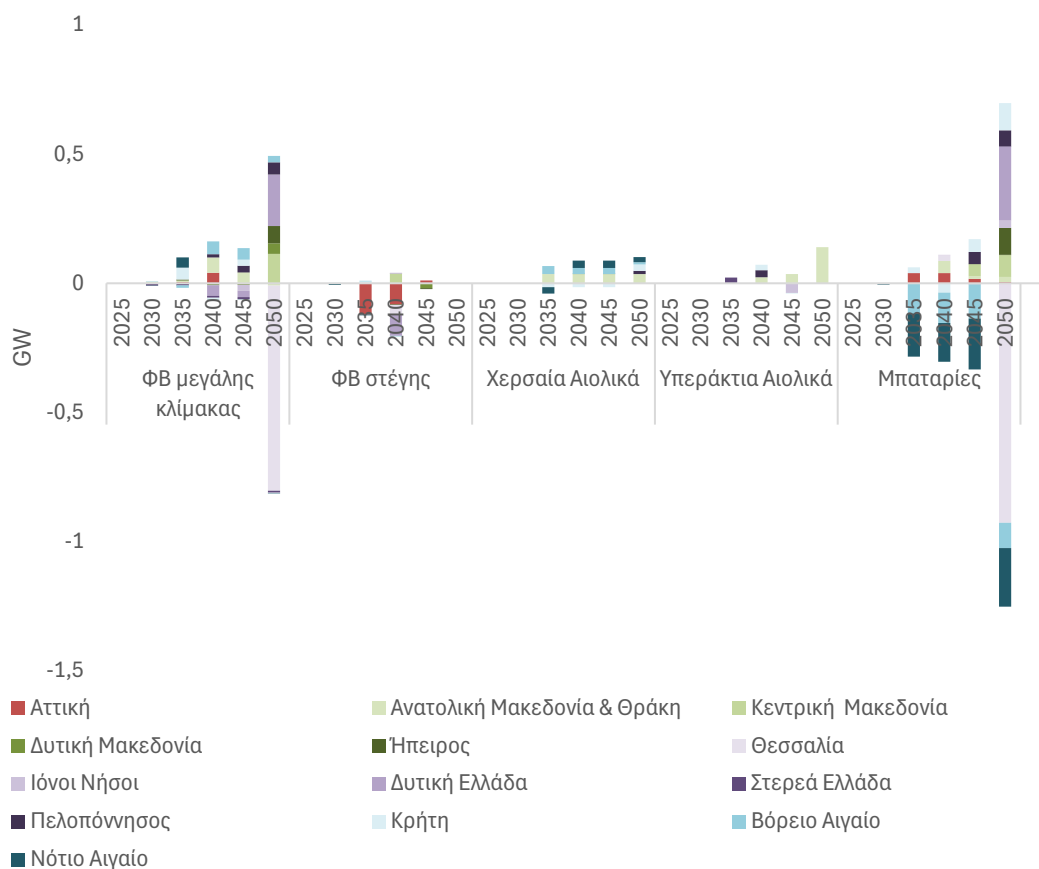
Σε περιφερειακό επίπεδο, υπολογίζουμε ότι η εφαρμογή του νέου χωροταξικού χωρίς χωρικούς περιορισμούς στην εγκατάσταση των μπαταριών (XT) οδηγεί σε ισοσκελισμένη

κατανομή της εγκατεστημένης ισχύος στις περιφέρειες της χώρας, με κάποιες ωστόσο να έχουν πιο σημαντικό ρόλο, λόγω και του πιο ευνοϊκού αιολικού και ηλιακού δυναμικού, όπως η Στερεά Ελλάδα, η Πελοπόννησος και η Ανατολική Μακεδονία & Θράκη. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το γεγονός ότι ένα σημαντικό κομμάτι της νέας εγκατεστημένης ισχύος χειρσαίων αιολικών θα τοποθετηθεί στα νησιά. Επιπλέον, παρατηρείται ότι όσον αφορά τα Φ/Β, η Θεσσαλία κατέχει σημαντικό ρόλο, σε αντίθεση με την αιολική ενέργεια—όπως αντικατοπτρίζεται και στην εγκατάσταση ηλεκτρικών μπαταριών.

Αντιθέτως, η αυστηρότερη ερμηνεία του νέου χωροταξικού όσον αφορά τους χωρικούς περιορισμούς για την εγκατάσταση μπαταριών (*XT_BEES*) θα μπορούσε να οδηγήσει σε μία σημαντική μείωση του ρόλου της περιφέρειας Θεσσαλίας (Φ/Β -794 MW ή -20% και μπαταρίες -927 MW ή -30% το 2050, σε σχέση με το Σενάριο ΧΤ). Στον αντίποδα, σε αυτήν την περίπτωση, ορισμένες περιφέρειες θα αντιστάθμιζαν αυτήν τη μείωση, με πλέον χαρακτηριστικά παραδείγματα τη Δυτική Ελλάδα (+199 και +287 MW, αντίστοιχα) και την Κεντρική Μακεδονία (+114 και +84 MW, αντίστοιχα). Συνεπώς, οι χωρικοί περιορισμοί στην εγκατεστημένη ισχύ των μπαταριών θα οδηγούσαν και σε μειωμένη εγκατάσταση Φ/Β, πρωτίστως στη Θεσσαλία, με μερική αντιστάθμιση σε άλλες περιφέρειες. Διαφορές παρατηρούνται και στα αιολικά πάρκα (χειρσαία και υπεράκτια), αλλά σε αρκετά μικρότερο βαθμό. Συνεπώς, αν εξαιρεθεί η περίπτωση της Θεσσαλίας, και οι δύο ερμηνείες του υπό διαβούλευση χωροταξικού θα κατέληγαν σε παρόμοια κατανομή των τεχνολογιών ΑΠΕ και σε περιφερειακό επίπεδο.

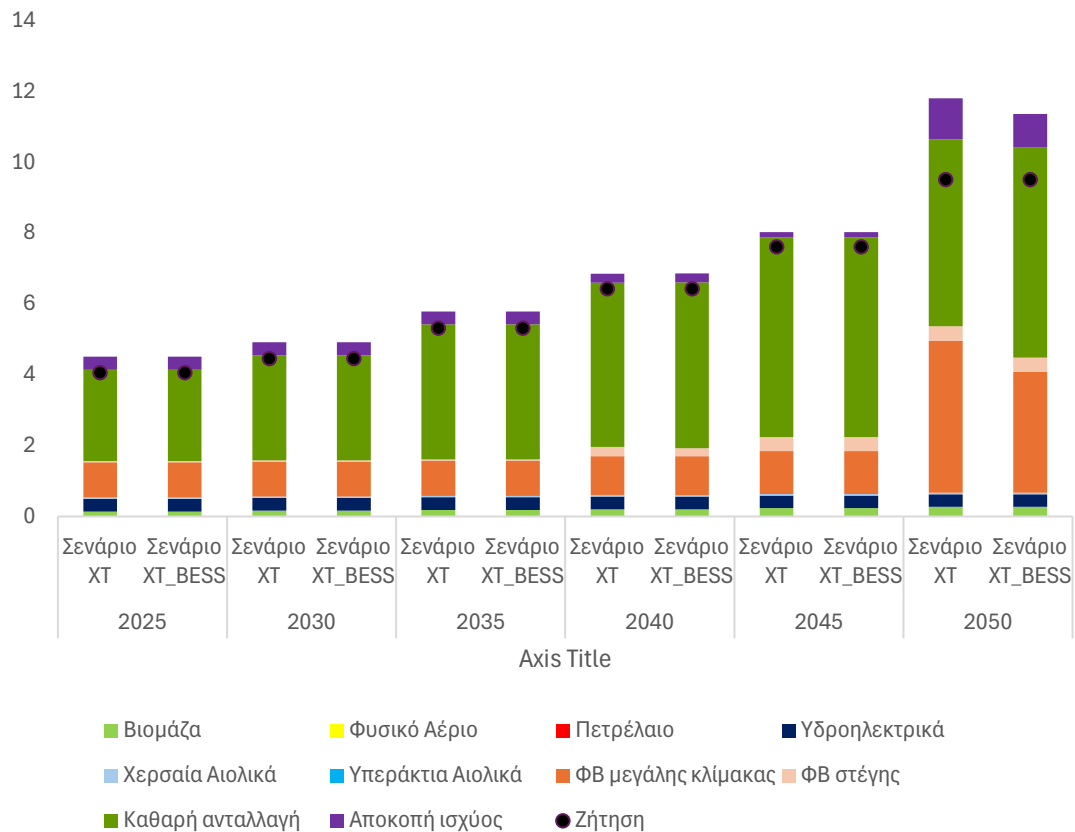


(α) Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ ανά τεχνολογία και περιφέρεια στο σενάριο ΧΤ



(β) Μεταβολές στην εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ ανά τεχνολογία και περιφέρεια όταν εφαρμόζεται το σενάριο XT_BESS

Σημειώνεται ότι όλες οι ηπειρωτικές περιφέρειες της χώρας (με εξαίρεση τη Αττική, την Κεντρική Μακεδονία και τη Θεσσαλία) θα μπορούσαν έως το 2050 να καλύψουν το σύνολο των ενεργειακών τους αναγκών με τη χρήση τοπικά εγκατεστημένων τεχνολογιών, ανεξαρτήτως ερμηνείας προδιαγραφών εγκατάστασης μπαταριών του υπό διαβούλευση χωροταξικού, γεγονός που μπορεί να μειώσει ως ένα βαθμό την απαίτηση για επεκτάσεις δικτύου. Οι περιπτώσεις της Αττικής και της Κεντρικής Μακεδονίας οφείλονται στις ανάγκες των δύο μεγάλων αστικών κέντρων καθώς και στα αυστηρά όρια που θέτει το νέο χωροταξικό, ειδικά αναφορικά με την εγκατάσταση χερσαίων αιολικών. Σημειώνεται επίσης ότι, στην περίπτωση που οι διατάξεις του νέου χωροταξικού ερμηνευτούν με περιοριστικό τρόπο και για την αποθήκευση ενέργειας, η μείωση της εγκατεστημένης ισχύος των Φ/Β και των μπαταριών στη Θεσσαλία θα οδηγούσε σε αισθητή αύξηση της εισαγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή (+12% το 2050).



Εξέλιξη ηλεκτροπαραγωγής στην περιφέρεια Θεσσαλίας (TWh)

Ο όρος «καθαρή ανταλλαγή» αντιπροσωπεύει την καθαρή εισροή ηλεκτρικής ενέργειας από γειτονικές περιφέρειες

Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι στην περιφέρεια Θεσσαλίας δεν είναι δυνατό να γίνουν οι επαρκείς ενεργειακές επενδύσεις λόγω τεχνοοικονομικών περιορισμών (π.χ., λόγω χωροταξικού, λιγότερου αξιοποιήσιμου δυναμικού ΑΠΕ σε σχέση με άλλες περιφέρειες, κλπ.), οδηγώντας σε χαμηλότερες οικονομικές ροές σε μία περιοχή που τα τελευταία χρόνια έχει πληγεί εντονότατα από την κλιματική αλλαγή, με πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα τις πλημμύρες από τον «Ιανό» και τον «Ντάνιελ». Επιπλέον, λόγω της μεγάλης εξάρτησης της Θεσσαλίας από τη γεωργία, η οποία κλιματικά αποτελεί έναν ιδιαίτερα ευάλωτο οικονομικό τομέα, αυτή η επίδραση του χωροταξικού στην περιοχή υποδεικνύει την ανάγκη λήψης κατάλληλων επενδυτικών (μεταξύ άλλων) μέτρων για τη στήριξη της συγκεκριμένης περιφέρειας. Ένα πολύ ενδιαφέρον παράδειγμα τέτοιων δράσεων θα ήταν η στήριξη του πρωτογενούς τομέα με εγκαταστάσεις αγροβολταϊκών που θα λειτουργούν συνεργατικά και όχι ανταγωνιστικά με τη χρήση γης για τον πρωτογενή τομέα, μία δράση που θα μπορούσε να ενισχυθεί και με πρωτοβουλίες των αρμόδιων θεσμικών οργάνων.

Σύγκριση υπό διαβούλευση Χ/Τ με το ΕΣΕΚ (σενάριο αναφοράς)

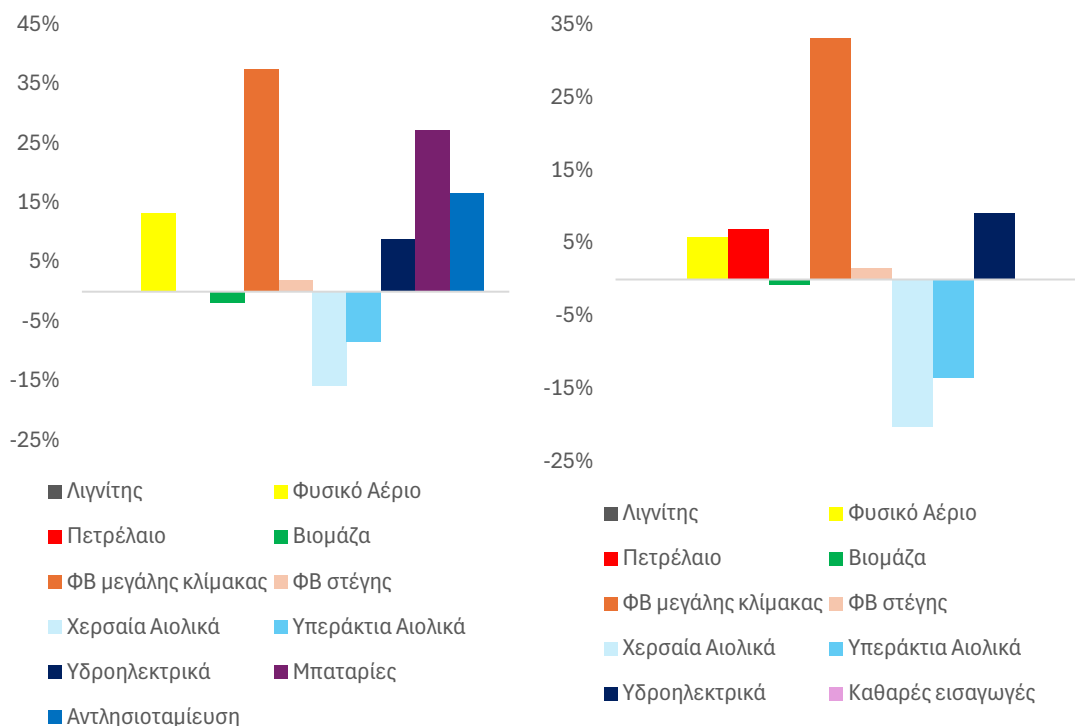
Για μία βαθύτερη ανάλυση των συνεπειών του νέου χωροταξικού σχεδίου, ακολουθεί μία σύγκριση των παραπάνω σεναρίων με ένα σενάριο αναφοράς που είχε υλοποιηθεί για την αξιολόγηση του ΕΣΕΚ με τη χρήση του μοντέλου HERMES¹, με κατάλληλες τροποποιήσεις για να καταστεί εφικτή ή σύγκριση με το νέο χωροταξικό. Σε αυτό σενάριο είχαν

υιοθετηθεί μία σειρά από παραδοχές για την αξιολόγηση ενός σεναρίου, το οποίο ακολουθούσε πλήρως και αποκλειστικά τις παραδοχές του ΕΣΕΚ. Όσον αφορά την παρούσα σύγκριση, αξιοποιήθηκαν μερικοί περιορισμοί για την επέκταση των αιολικών τεχνολογιών σύμφωνα με τη βάση δεδομένων ENSPRESO⁶, με βάση την οποία υιοθετήθηκαν ενδιάμεσοι περιορισμοί για την επέκταση των χερσαίων και υπεράκτιων αιολικών (αισθητά πιο ευνοϊκοί από αυτούς που ορίζει το νέο χωροταξικό).

Η σύγκριση του νέου χωροταξικού (επιλέγουμε να εστιάσουμε στο *XT_BESS* σενάριο ως το πιο αυστηρό) με το ΕΣΕΚ σε εθνικό επίπεδο καταδεικνύει σημαντικές διαφορές τόσο στην εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος όσο και στο μείγμα ηλεκτροπαραγωγής. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι το υπό διαβούλευση χωροταξικό αποδεικνύεται αρκετά πιο περιοριστικό ως προς την εγκατάσταση χερσαίων και υπεράκτιων αιολικών, οδηγώντας το 2050 σε μείωση της εγκατεστημένης ισχύος σε 2.5 GW (-16%) και 1.6 GW (-8%), αντίστοιχα, με τα Φ/Β μεγάλης κλίμακας, τις μπαταρίες και τις αντλησιοταμιευτικές μονάδες να καταγράφουν τη μεγαλύτερη αύξηση (+37%, +27% και +17%, αντίστοιχα) όταν εξετάζονται οι περιορισμοί του χωροταξικού σε σχέση με το σενάριο του ΕΣΕΚ. Συνεπώς, παρατηρείται ότι οι πιο αυστηροί περιορισμοί για την ανάπτυξη αιολικών εγκαταστάσεων του νέου χωροταξικού οδηγούν και σε μεγαλύτερη εγκατάσταση μονάδων αποθήκευσης λόγω των αυξημένων αναγκών ευελιξίας των Φ/Β. Παρόμοια συμπεράσματα προκύπτουν και για την ηλεκτροπαραγωγή, με αξιοσημείωτη διαφορά την αύξηση της εξάρτησης από το πετρέλαιο το 2050 (+7%) ακολουθώντας το σενάριο του νέου χωροταξικού, γεγονός που οφείλεται κυρίως στη μειωμένη εγκατάσταση αιολικών μονάδων στα νησιά, με βάση τις προβλέψεις το υπό διαβούλευση χωροταξικού σχεδίου.

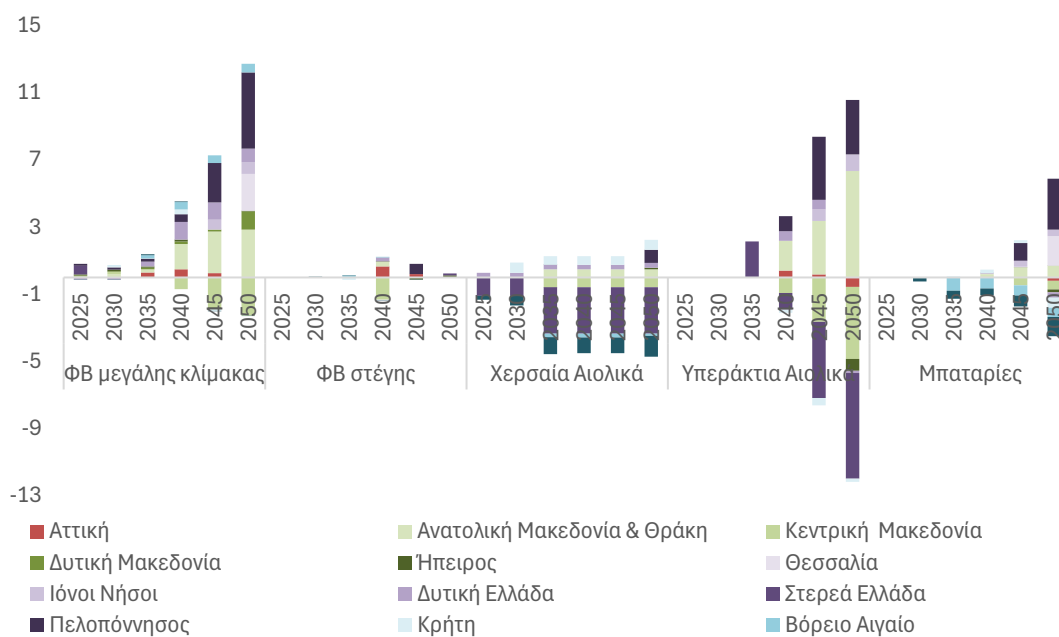
Επίσης, στο σενάριο *XT_BESS*, σε περιφερειακό επίπεδο παρατηρείται μία ομοιόμορφα κατανεμημένη αύξηση των Φ/Β σε όλες τις περιφέρειες, με τα αιολικά να μειώνονται κυρίως σε Στερεά Ελλάδα και νησιά, καθώς και στην Κεντρική Μακεδονία σε μικρότερο βαθμό, συγκριτικά με το σενάριο του ΕΣΕΚ. Συνολικά, η αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β στην ηπειρωτική Ελλάδα οδηγεί σε αυξημένες ανάγκες αποθήκευσης ενέργειας. Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι περιορισμοί του νέου χωροταξικού είναι πιο επιδραστικοί στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής της Ελλάδας συγκριτικά με αυτούς του σεναρίου ΕΣΕΚ δεδομένου ότι το κόστος επέκτασης και λειτουργίας του ηλεκτρικού τομέα της Ελλάδας υπολογίζεται ως 1.21% υψηλότερο στο σενάριο του νέου χωροταξικού σχεδίου, υποδεικνύοντας τη σημασία της αιολικής ενέργειας για τον οικονομικά αποδοτικότερο ενεργειακό σχεδιασμό στην Ελλάδα.

⁶ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19300720>



(α) Διαφορές εγκατεστημένης ισχύος XT_BESS σε σχέση με το ΕΣΕΚ το 2050 (%)

(β) Διαφορές ηλεκτροπαραγωγής XT_BESS σε σχέση με το ΕΣΕΚ το 2050 (%)



(γ) Διαφορές εγκατεστημένης ισχύος ανά τεχνολογία και περιφέρεια XT_BESS σε σχέση με το ΕΣΕΚ (GW)

Σύγκριση υπό διαβούλευση Χ/Τ με το ΒΙΟΠ (σενάριο προστασίας της βιοποικιλότητας)

Για την ακόμα καλύτερη κατανόηση των επιδράσεων του νέου χωροταξικού σχεδίου ακολουθεί μία ακόμα σύγκριση του, αυτήν τη φορά με ένα πιο αυστηρό σενάριο, το οποίο βασίζεται πάνω στο ΕΣΕΚ (όπως αυτό προδιαγράφεται στο επίσημο Σχέδιο καθώς και περιγράφεται παραπάνω) αλλά ταυτόχρονα εφαρμόζει πολύ αυστηρούς περιορισμούς

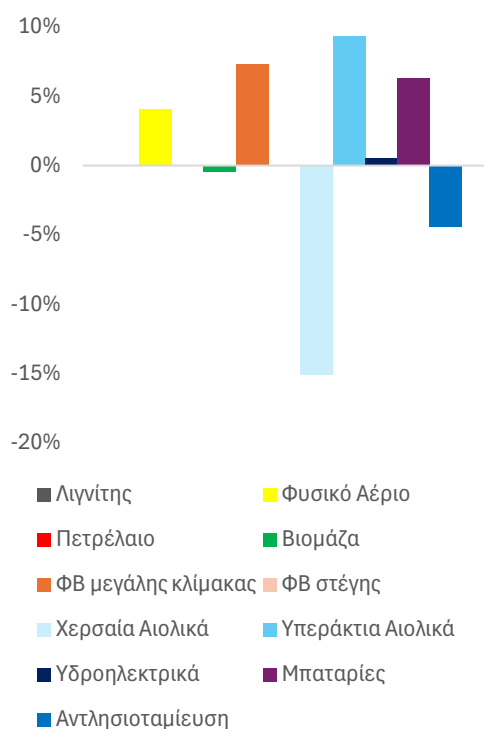
για την ανάπτυξη χερσαίων και υπεράκτιων αιολικών εγκαταστάσεων, αποκλείοντας την εγκατάσταση χερσαίων αιολικών σε περιοχές που συγκαταλέγονται στο δίκτυο Natura 2000 καθώς και άλλες περιοχές αυξημένης σημασίας βιοποικιλότητας⁷. Για τα υπεράκτια αιολικά υιοθετούνται πάλι οι περιορισμοί των Dimitriou et al., 2025, οι οποίοι είναι αυστηρότεροι αυτών του νέου χωροταξικού, όπως εξηγείται παραπάνω.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του υπό διαβούλευση χωροταξικού με αυτό το σενάριο παρατηρείται ακόμη μία σημαντική απόκλιση στην εγκατάσταση Φ/Β μεγάλης κλίμακας καθώς και χερσαίων αιολικών. Συγκεκριμένα το νέο χωροταξικό οδηγεί σε μειωμένη εγκαταστημένη ισχύ χερσαίων αιολικών (-15%) και σε αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β (+7%), καθώς και σε αύξηση των υπεράκτιων αιολικών (+9%). Αυτό υποδεικνύει ότι το νέο χωροταξικό εισάγει μία σειρά από περιορισμούς που περιορίζουν κατά πολύ την εγκατάσταση χερσαίων αιολικών, περισσότερο και από μία εναλλακτική στρατηγική που *de facto* αποσκοπεί στον ορισμό ιδιαίτερα αυστηρών περιορισμών προστασίας της βιοποικιλότητας. Με άλλα λόγια, καταδεικνύεται ότι το σχέδιο κατακρημνίζει το αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό της χώρας επειδή βασίζεται σε τυφλά, οριζόντια κριτήρια—όπως οι αυστηροί υψομετρικοί περιορισμοί ή η οριζόντια εφαρμογή συντελεστών χωρικής πυκνότητας. Αυτά τα κριτήρια στερούν από τη χώρα περισσότερο αιολικό δυναμικό από ό,τι θα στερούσε ένας απόλυτος, στοχευμένος αποκλεισμός ευαίσθητων οικοσυστημάτων (π.χ. καθολική απαγόρευση σε περιοχές Natura 2000), αποδεικνύοντας ότι οι προβλέψεις του χωροταξικού δεν υπαγορεύονται από αμιγώς περιβαλλοντικές ανάγκες⁸. Όσον αφορά τα Φ/Β, παρατηρείται μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύς και ηλεκτροπαραγωγή για να αντισταθμιστεί η απώλεια ισχύος και ενέργειας των χερσαίων αιολικών, ως αποτέλεσμα λιγότερων περιορισμών (π.χ., επιτρέπεται η εγκατάσταση Φ/Β σε νησιά μικρότερα των 300 τετραγωνικών χιλιομέτρων καθώς και σε τουριστικές περιοχές, κάτι που δεν προβλέπεται για τα χερσαία αιολικά). Τέλος, παρατηρείται ότι σε εθνικό επίπεδο οι χωρικοί περιορισμοί στην εγκατάσταση μπαταριών αναδεικνύονται ήσσονος σημασίας συγκριτικά με τη δυναμική των Φ/Β. Ο συνολικός όγκος των επενδύσεων αποθήκευσης καθορίζεται πρωτίστως από την ανάγκη υποστήριξης της παραγόμενης ηλιακής ενέργειας και όχι από τη διαθεσιμότητα των χώρων εγκατάστασης μπαταριών καθ'αυτών. Ωστόσο, σε τοπικό επίπεδο, η ασάφεια και μια δυνητικά αυστηρή ερμηνεία αυτών των περιορισμών λειτουργεί ανασταλτικά: εκεί όπου περιορίζεται η δυνατότητα χωροθέτησης μπαταριών, συμπαρασύρεται πτωτικά και η δυνατότητα αξιοποίησης του τοπικού ηλιακού δυναμικού, προκαλώντας χωρικές ανισορροπίες. Αυτή η αυξημένη αυστηρότητα των περιορισμών που αφορούν στην εγκατάσταση χερσαίων αιολικών παρατηρείται και σε περιφερειακό επίπεδο, οδηγώντας σε σημαντική μείωση στην εγκατεστημένη ισχύ σε Αττική, Στερεά Ελλάδα και Μακεδονία και παράλληλη αύξηση των εγκαταστάσεων στην Κρήτη και την Πελοπόννησο, συγκριτικά με ένα σενάριο αυστηρών περιβαλλοντικών περιορισμών. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση της Δυτικής Μακεδονίας: ως περιφέρεια σε καθεστώς μεταλινιτικής μετάβασης, η Δυτική Μακεδονία θα μπορούσε να ευνοηθεί σημαντικά από την εγκατάσταση νέων αιολικών στην περίπτωση υλοποίησης ενός στοχευμένου σχεδίου

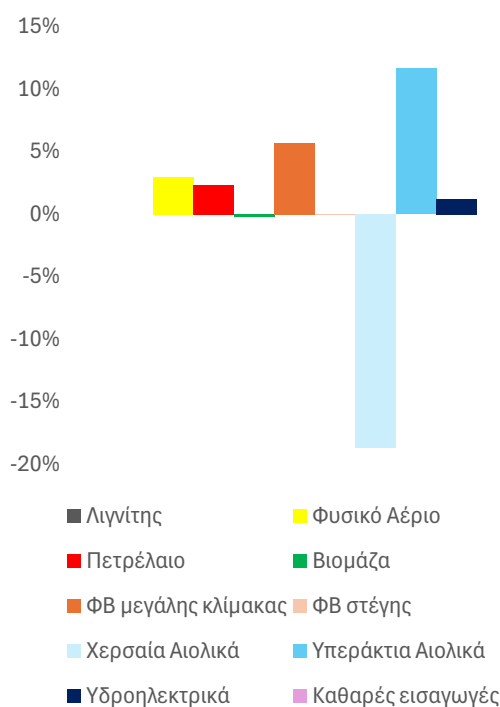
⁷ <https://portal.cybertaxonomy.org/flora-greece/content>

⁸ Ένας οριζόντιος αποκλεισμός λόγω υψόμετρου είναι απλουστευτικός γιατί κάθε ορεινό οικοσύστημα είναι διαφορετικό, δηλαδή κάποια σημεία με υψόμετρο άνω των 1,200 μέτρων μπορεί να είναι κατάλληλα για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Συνεπώς, αν το υπό διαβούλευση χωροταξικό θέτει το υψομετρικό όριο ως «αντιπροσωπευτικό» των ζητημάτων κοινωνικής αποδοχής, προστασίας οικοσυστημάτων ή προσβασιμότητας των εγκαταστάσεων, συνιστούμε πιο εκτεταμένη προσπάθεια παρουσίασης αναλυτικών περιορισμών, λιγότερο περιοριστικών από το να αποκλείονται όλες οι περιοχές με υψόμετρο άνω των 1,200 μέτρων, σε μία ιδιαίτερα ορεινή χώρα όπως η Ελλάδα.

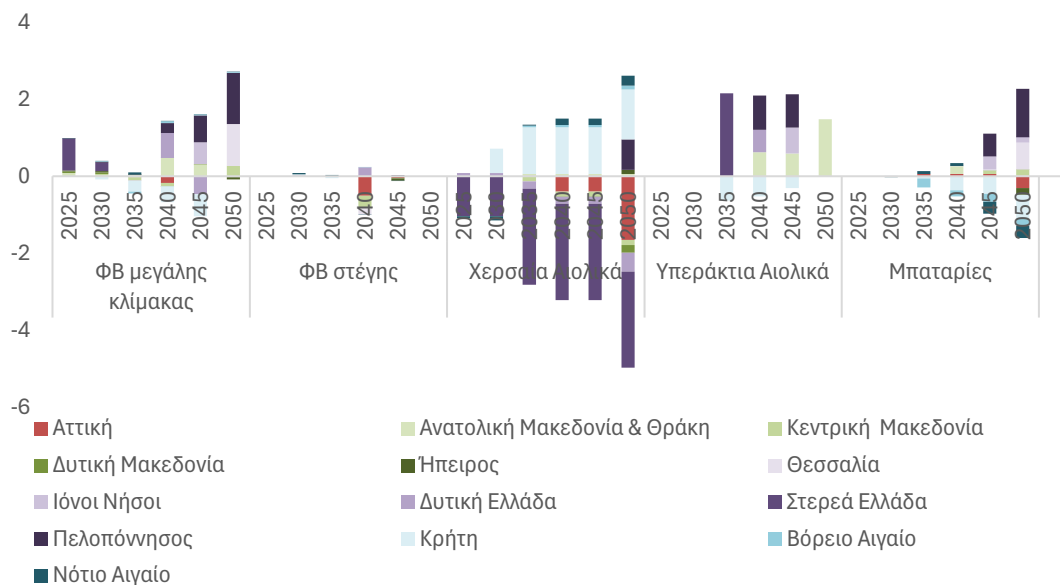
πανελλαδικής προστασίας της βιοποικιλότητας—αντ’ αυτού, σε σύγκριση με ένα τέτοιο σενάριο, το υπό διαβούλευση χωροταξικό μειώνει αισθητά (από 500MW σε 310MW) το δυναμικό τοπικής αιολικής ανάπτυξης. Αυτό οδηγεί σε μια μονόπλευρη, λιγότερο αποδοτική ενεργειακή υποκατάσταση (κατά βάση μέσω Φ/Β), στερώντας από την περιοχή ένα ισορροπημένο μείγμα ηλεκτροπαραγωγής που θα εξασφάλιζε διαφοροποιημένες θέσεις εργασίας και μεγαλύτερη ευστάθεια στο τοπικό δίκτυο, χωρίς να ευνοείται η περαιτέρω προστασία του περιβάλλοντος. Τέλος, είναι πολύ σημαντικό να τονιστεί ότι αυτή η αυστηρότητα των οριζόντιων περιορισμών στα χερσαία αιολικά καθιστά την ενεργειακή μετάβαση της χώρας πιο δαπανηρή. Συγκεκριμένα, ένα σενάριο αυστηρών περιορισμών βιοποικιλότητας θα αύξανε το κόστος επέκτασης και λειτουργίας του συστήματος κατά 0.64% ενώ η εφαρμογή του νέου χωροταξικού κατά 1.21%.



(α) Διαφορές εγκατεστημένης ισχύος XT_BESS σε σχέση με το σενάριο ΒΙΟΠ το 2050 (%)



(β) Διαφορές ηλεκτροπαραγωγής XT_BESS σε σχέση με το σενάριο ΒΙΟΠ το 2050 (%)



Συμπεράσματα

Εν κατακλείδι, οι διατάξεις του υπό διαβούλευση χωροταξικού σχεδίου για τις ΑΠΕ, όπως εξετάζονται με τη χρήση του εργαλείου μοντελοποίησης του εθνικού ενεργειακού συστήματος HERMES, καταδεικνύουν ορισμένα ζητήματα που οφείλουν να ληφθούν υπόψη. Το κυριότερο είναι το γεγονός ότι οι περιορισμοί του νέου χωροταξικού οδηγούν σε μεγαλύτερο περιορισμό της εγκατάστασης νέων αιολικών εγκαταστάσεων, συγκριτικά με ένα σενάριο αυστηρών περιορισμών βιοποικιλότητας, υποδεικνύοντας ότι κάποιοι περιορισμοί του νέου χωροταξικού (π.χ., για τη μη εγκατάσταση αιολικών σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 1,200 μέτρων ή τη θέσπιση ανώτατου εδαφικού ορίου στο 1.5% της συνολικής επιφάνειας ανά περιφερειακή ενότητα) που δεν βασίζεται αυστηρά σε περιβαλλοντικά κριτήρια αλλά σε μία λογική οριζόντιας υπεραπλούστευσης περιορισμών. Τέτοιοι οριζόντιοι περιορισμοί (που δεν αφορούν περιβαλλοντικά κριτήρια) δεν συνάδουν με την ευρωπαϊκή νομοθεσία και μπορούν να οδηγήσουν σε αγώνα προτεραιότητας για κατοχύρωση χωρητικότητας—αποκλείοντας δυνητικά μικρότερους ή μεταγενέστερους επενδυτές. Επίσης, διαπιστώνεται μια ισχυρή αλληλεξάρτηση μεταξύ των Φ/Β σταθμών και των συστημάτων αποθήκευσης, η οποία εκδηλώνεται διαφορετικά σε εθνική και περιφερειακή κλίμακα. Αφενός, η αυστηρότητα των περιορισμών εγκατάστασης μπαταριών διαφαίνεται μικρής σημασίας για τη διαμόρφωση του συνολικού εθνικού μείγματος ηλεκτροπαραγωγής, καθώς οι επενδύσεις σε αποθήκευση υπαγορεύονται μακροοικονομικά από την κυρίαρχη τάση επέκτασης των Φ/Β. Αφετέρου, η ερμηνεία αυτής της αυστηρότητας έχει κρίσιμη τοπική επίδραση: ο τοπικός αποκλεισμός μπαταριών δημιουργεί περιφερειακές "στενωπούς", όπως στην περίπτωση της Θεσσαλίας, καταπνίγοντας τις τοπικές επενδύσεις σε Φ/Β και αναδιανέμοντας την εγκατεστημένη ισχύ σε άλλες περιοχές της χώρας. Σημειώνεται ωστόσο ότι, σε εθνικό επίπεδο, οι περιορισμοί που εισάγει το νέο χωροταξικό δεν απειλούν την ενεργειακή μετάβαση της χώρας, ούτε την καθιστούν σημαντικά πιο ακριβή. Παρόλα αυτά, έχουν επιπτώσεις σε περιφερειακό επίπεδο που οφείλουν να συζητηθούν και πιθανά αναπροσαρμοστούν, με σημαντικότερα τα παραδείγματα της Θεσσαλίας και της Δυτικής

Μακεδονίας. Αφενός, η Θεσσαλία προβάλλεται ως η μόνη περιφέρεια (εξαιρουμένων των μεγάλων αστικών κέντρων) που μακροπρόθεσμα θα βασίζεται σε εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας για να καλύψει τις ενεργειακές της ανάγκες, ένα ζήτημα που εντείνεται όσο τίθενται αυστηρότεροι περιορισμοί ως προς την εγκατάσταση Φ/Β και μπαταριών. Αφετέρου, οι οριζόντιοι περιορισμοί στην εγκατάσταση αιολικών έχουν αρνητικό αντίκτυπο στη Δυτική Μακεδονία (μεταξύ άλλων περιφερειών), δυσχεραίνοντας περαιτέρω την οικονομική προοπτική μιας περιοχής που ήδη πλήττεται από την απολιγνιτοποίηση και καταδικάζοντάς την σχεδόν σε ενεργειακή μονοκαλλιέργεια Φ/Β, και έτσι αποδυναμώνοντας τις προοπτικές μιας βιώσιμης, πολύπλευρης τοπικής ανάπτυξης. Επομένως, προτείνεται να εξεταστεί κατά πόσο ο προσανατολισμός του νέου χωροταξικού είναι αμιγώς περιβαλλοντικός και εάν οι περιορισμοί που τίθενται λαμβάνουν υπόψη τους και ζητήματα δίκαιης μετάβασης. Επίσης, συνιστάται να εξεταστεί αν οι οριζόντιοι περιορισμοί του νέου χωροταξικού θα μπορούσαν να συγκεκριμενοποιηθούν, ώστε να εξυπηρετούν τον σκοπό τους καλύτερα, δίνοντας μεγαλύτερη ελευθερία στην ανάπτυξη χερσαίων αιολικών σε περιοχές που στο υπό διαβούλευση χωροταξικό αποκλείονται αποκλειστικά λόγω υψομέτρου, χωρίς να συντρέχουν άλλοι λόγοι (π.χ., έλλειψη κοινωνικής αποδοχής, προστασία της βιοποικιλότητας κλπ.). Επιπλέον, είναι σημαντικό να εξεταστεί εάν κάποιοι περιορισμοί που έχουν τεθεί μόνο για τα χερσαία αιολικά και όχι για τα Φ/Β μεγάλης κλίμακας είναι πιο περιοριστικοί από όσο χρειάζεται. Τέλος, είναι πολύ σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτοί οι περιορισμοί με τα προβλήματα που τους συνοδεύουν καθιστούν την ενεργειακή μετάβαση της χώρας πιο δαπανηρή.