

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΠΕ ΣΤΑ ΜΔΝ

ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΠΕ:

ΛΗΜΝΟΣ
ΜΗΛΟΣ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ:

ΕΡΕΙΚΟΥΣΣΑ
ΑΓΑΘΟΝΗΣΙ
ΟΘΩΝΟΙ
ΓΑΥΔΟΣ
ΑΡΚΙΟΙ
ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΑ

*Τομέας Ανάπτυξης και Διαχείρισης Παραγωγής,
Διεύθυνση Διαχείρισης Νησιών, ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.*

Αθήνα, Δεκέμβριος 2020

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ	7
2.1 Χαρακτηριστικά του Φορτίου	7
2.2 Χαρακτηριστικά Συμβατικών Μονάδων	8
2.3 Χαρακτηριστικά Σταθμών ΑΠΕ	10
Αιολικά Πάρκα	10
Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί	10
Υβριδικοί Σταθμοί	11
Λοιπές ΑΠΕ	13
2.4 Λοιπές Παράμετροι και Δεδομένα Εισόδου	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΠΕ/ΥΒΣ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΠΕ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΛΗΜΝΟΥ	16
4.1 Περιθώρια διείσδυσης των μη ελεγχόμενων τεχνολογιών ΑΠΕ	16
4.2 Περιθώριο Α/Π	17
4.3 Περιθώρια διείσδυσης ΥΒΣ	18
4.4 Καμπύλη Εγγυημένης Απορρόφησης	20
4.5 Συμπεράσματα	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΠΕ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΜΗΛΟΥ	23
5.1 Περιθώρια διείσδυσης των μη ελεγχόμενων τεχνολογιών ΑΠΕ	23
5.2 Περιθώριο Α/Π	24
5.3 Περιθώρια διείσδυσης ΥΒΣ	25
5.4 Καμπύλη Εγγυημένης Απορρόφησης	27
5.5 Συμπεράσματα	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΕΡΕΙΚΟΥΣΣΑΣ	29
6.1 Εξεταζόμενα σενάρια διείσδυσης	29

6.2 Προσδιορισμός περιθωρίων εγκατεστημένης/εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ στο ΗΣ Ερεικούσσας	29
6.3 Εγγυημένα μεγέθη ΥΒΣ Ερεικούσσας	31
6.4 Συμπεράσματα	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΓΑΘΟΝΗΣΙΟΥ	34
7.1 Εξεταζόμενα σενάρια διείσδυσης	34
7.2 Προσδιορισμός περιθωρίων εγκατεστημένης/εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ στο ΗΣ Αγαθονησίου	34
7.3 Εγγυημένα μεγέθη ΥΒΣ Αγαθονησίου	36
7.4 Συμπεράσματα	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΟΘΩΝΩΝ	39
8.1 Εξεταζόμενα σενάρια διείσδυσης	39
8.2 Προσδιορισμός περιθωρίων εγκατεστημένης/εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ στο ΗΣ Οθωνών	39
8.3 Εγγυημένα μεγέθη ΥΒΣ Οθωνών	41
8.4 Συμπεράσματα	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΓΑΥΔΟΥ	44
9.1 Εξεταζόμενα σενάρια διείσδυσης	44
9.2 Προσδιορισμός περιθωρίων εγκατεστημένης/εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ στο ΗΣ Γαύδου	44
9.3 Εγγυημένα μεγέθη ΥΒΣ Γαύδου	46
9.4 Συμπεράσματα	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΑΡΚΙΩΝ	49
10.1 Εξεταζόμενα σενάρια διείσδυσης	49
10.2 Προσδιορισμός περιθωρίων εγκατεστημένης/εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ στο ΗΣ Αρκιών	49
10.3 Εγγυημένα μεγέθη ΥΒΣ Αρκιών	51
10.4 Συμπεράσματα	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ	54
11.1 Εξεταζόμενα σενάρια διείσδυσης	54

11.2 Προσδιορισμός περιθωρίων εγκατεστημένης/εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ στο ΗΣ Αντικυθήρων ____ 54

11.3 Συμπεράσματα _____ 55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ_____ 57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Βάσει του άρθρου 220 του Κώδικα Διαχείρισης Ηλεκτρικών Συστημάτων Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών (ΚΔΜΔΝ), ο Διαχειριστής ΜΔΝ εκπονεί μελέτες για τον προσδιορισμό των δυνατοτήτων ανάπτυξης νέου δυναμικού ΑΠΕ/ΣΗΘΥΑ και Υβριδικών Σταθμών εξυπηρετώντας πάντα τον στόχο της μεγιστοποίησης της διείσδυσης των ΑΠΕ/ΣΗΘΥΑ και Υβριδικών Σταθμών υπό συνθήκες ασφαλούς λειτουργίας του Συστήματος ΜΔΝ.

Στα πλαίσια αυτά πραγματοποιήθηκε η παρούσα μελέτη, η οποία αποτελείται από δύο διακριτά τμήματα:

- Στο πρώτο επιχειρείται η επανεκτίμηση των περιθωρίων διείσδυσης των κύριων τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ στα ηλεκτρικά συστήματα (ΗΣ) ΜΔΝ Λήμνου και Μήλου.
- Στο δεύτερο εξετάζεται ο προσδιορισμός των περιθωρίων διείσδυσης των Υβριδικών Σταθμών (ΥΒΣ) στα ΗΣ ΜΔΝ Ερεϊκούσσας, Αγαθονησίου, Οθωνών, Γαύδου, Αρκίων και Αντικυθήρων.

Η μελέτη αποτελεί συνέχεια προγενέστερης μελέτης, η οποία εκπονήθηκε από το ΕΠΙΣΕΥ-ΕΜΠ για λογαριασμό της ΔΕΔΔΗΕ/ΔΔΝ («Διερεύνηση των περιθωρίων διείσδυσης όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά συστήματα», Οκτ 2013-Ιαν.2015), ειδικότεροι στόχοι της οποίας ήταν οι ακόλουθοι:

- A. Ανάπτυξη κατάλληλης πολιτικής λειτουργίας για τους σταθμούς βιομάζας και τις μικρές Α/Γ, καθώς και συνολικής πολιτικής διαχείρισης νησιωτικών συστημάτων με όλες τις επιμέρους τεχνολογίες σταθμών ΑΠΕ (Α/Π, Φ/Β, ΥΒΣ, ΗΘΣ, ΣΒΒ, μΑ/Γ), συμβατής με τις αρχές του Κώδικα ΜΔΝ.
- B. Διερεύνηση των δυνατοτήτων διείσδυσης ΑΠΕ στα συστήματα των ΜΔΝ και ειδικότερα:
 - Ποσοτικοποίηση των ενεργειακών και οικονομικών επιπτώσεων από την υψηλή διείσδυση ΑΠΕ διαφόρων τεχνολογιών
 - Ανάλυση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών ΑΠΕ
 - Εκτίμηση αποδεκτών περιθωρίων διείσδυσης ανά τεχνολογία
 - Προσδιορισμός κατάλληλων προς συμβολαιοποίηση εγγυήσεων απορρόφησης για τους κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ

Η ανωτέρω αρχική μελέτη πραγματοποιήθηκε για 8 ΜΔΝ (Κρήτης, Ρόδου, Λέσβου, Κω-Καλύμνου, Σάμου, Κάσου-Καρπάθου, Πάτμου, Σερίφου), οδηγώντας στην πρόταση περιθωρίων διείσδυσης όλων των εξεταζόμενων τεχνολογιών ΑΠΕ σε αυτά τα συστήματα, καθώς και σε γενίκευση των αποτελεσμάτων για τα υπόλοιπα 24 ΜΔΝ, τα οποία δεν εξετάστηκαν αναλυτικά. Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε για τη ζήτηση του έτους 2018 (έτος αναφοράς). Με βάση τα αποτελέσματα του έργου ([1-5]), ο ΔΕΔΔΗΕ πρότεινε στη ΡΑΕ περιθώρια ισχύος ΑΠΕ ανά σύστημα ΜΔΝ, τα οποία η ΡΑΕ τελικώς ενέκρινε με την υπ' αριθμ. 616/2016 απόφασή της, με μικρές μόνο αποκλίσεις από τα αποτελέσματα της μελέτης του ΕΠΙΣΕΥ και την πρόταση του ΔΕΔΔΗΕ.

Επιπρόσθετα, αναλυτική διερεύνηση πραγματοποιήθηκε και για τα Ηλεκτρικά Συστήματα Χίου – Θήρας και Λήμνου – Μήλου ([6-7]), τα οποία σας κοινοποιήθηκαν με δύο σχετικές επιστολές (ΓρΔ/1113/26.01.18 και ΓρΔ/8828/27.07.2018) προκειμένου να εγκριθούν από την Αρχή σας.

Η αναγκαιότητα επικαιροποίησης της αρχικής μελέτης για τα ΗΣ Λήμνου και Μήλου υπαγορεύεται από τις εξελίξεις και τα νέα δεδομένα που διαμορφώνονται στα ΜΔΝ, τα οποία δεν δικαιολογούν ορισμένες από τις βασικές υποθέσεις στις οποίες στηρίχθηκε η αρχική μελέτη. Συγκεκριμένα:

- Για τεχνολογίες κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ όπως οι ΗΘΣ δεν υπάρχει πλέον κανένα επενδυτικό ενδιαφέρον στα ΜΔΝ (πλην Κρήτης που διασυνδέεται προσεχώς).
- Η ρυθμιστική πραγματικότητα δεν δικαιολογεί την υπόθεση μερικής ελαστικότητας στην τήρηση των ΣΑΩΛ των λειτουργούντων Α/Π, δεδομένου ότι δεν υλοποιήθηκε η αναμενόμενη από τον ΔΕΔΔΗΕ σχετική νομοθετική ρύθμιση. Συνεπώς, η εφαρμογή του Κριτηρίου μείωσης των ΣΑΩΛ (έως 20% σε προηγούμενες μελέτες) οφείλει κατ' αρχήν να αφορά στη χωρίς έκπτωση τήρηση των συμβατικών ΑΩΛ.
- Η εξέλιξη της ζήτησης των νησιών είναι ένας ακόμη παράγοντας διαφοροποίησης των περιθωρίων.
- Τέλος, ιδιαίτερης σημασίας δεδομένο αποτελεί η διαγραφόμενη προοπτική διασύνδεσης με το ηπειρωτικό ΣΗΕ του συνόλου σχεδόν των συστημάτων ΜΔΝ, εντός της τρέχουσας 10ετίας. Το δεδομένο αυτό αφαιρεί την πίεση για επίτευξη υψηλών διεισδύσεων ΑΠΕ το ταχύτερο δυνατό, υιοθετώντας λύσεις υψηλού κόστους και διαχειριστικής πολυπλοκότητας.

Στην παρούσα έκθεση παρουσιάζονται επίσης τα αποτελέσματα της διερεύνησης αναφορικά με τον προσδιορισμό των περιθωρίων διείσδυσης ΥΒΣ στα νησιωτικά συστήματα Ερεϊκούσσας, Αγαθονησίου, Οθωνών, Γαύδου, Αρκιών και Αντικυθήρων, τα οποία δεν είχαν εξεταστεί αναλυτικά στα προγενέστερα έργα. Λόγω του αυξημένου επενδυτικού ενδιαφέροντος για ΥΒΣ με συνδυασμό Φ/Β με μπαταρίες, η διερεύνηση περιορίζεται στην εξέταση της συγκεκριμένης τεχνολογίας σταθμών, ενώ για τις λοιπές ΑΠΕ (Φ/Β, Α/Π, μΑ/Γ, ΣΒΒ) διατηρούνται τα εγκεκριμένα περιθώρια της απόφασης ΡΑΕ616/2016 χωρίς να επανεξετάζονται, καθώς δεν υφίστανται σχετικές άδειες παραγωγής ή αιτήσεις για τις τεχνολογίες αυτές στα υπόψη ΗΣ.

Για την εκπόνηση των μελετών γίνεται χρήση Εφαρμογής, η οποία αναπτύχθηκε από το Εργαστήριο Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας του Τομέα Ηλεκτρικής Ισχύος της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ του ΕΜΠ. Η εφαρμογή υλοποιεί αλγόριθμο ωριαίας ένταξης και κατανομής φορτίου στις μονάδες παραγωγής του εκάστοτε ΜΔΝ λαμβάνοντας υπ' όψιν πλειάδα παραμέτρων που μπορούν να οριστούν από τον χρήστη μέσω κατάλληλης διεπαφής.

Για λόγους συμβατότητας με τις προηγούμενες μελέτες και τα περιθώρια που έχουν ήδη εγκριθεί από τη ΡΑΕ για επιμέρους συστήματα ΜΔΝ, στο παρόν έργο υιοθετούνται οι ίδιες βασικές αρχές ανάλυσης, μεθοδολογίες εξέτασης και παραδοχές/θεωρήσεις που έγιναν στην παραπάνω αρχική μελέτη ([1]).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ

Στο παρόν Κεφάλαιο παρατίθενται τα δεδομένα εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν στις προσομοιώσεις των ΗΣ που εξετάζονται. Συγκεκριμένα, αφορούν στο φορτίο, στο παραγωγικό δυναμικό κάθε ΗΣ καθώς επίσης και σε γενικές παραμέτρους που σχετίζονται με τη διαχείριση του συστήματος παραγωγής κάθε ΗΣ θεωρώντας έτος αναφοράς το 2022.

2.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Λόγω της υγειονομικής κρίσης που βρίσκεται σε εξέλιξη, η αιχμή και η ζήτηση του τρέχοντος έτους (2020) παρουσίασε σημαντική μείωση σε σχέση με το έτος 2019 σε όλα τα ΗΣ. Θεωρώντας ότι από το θέρους του επόμενου έτους θα υπάρξει σταδιακή ανάκαμψη, πραγματοποιήθηκαν οι εξής εκτιμήσεις.

Η αιχμή και η ζήτηση του ΗΣ της Λήμνου για το έτος αναφοράς εκτιμώνται στα 14,85MW και 62,65GWh αντίστοιχα. Βάσει αυτών προσαρμόζεται η χρονοσειρά φορτίου του έτους 2017 της Λήμνου η οποία έχει υποστεί κατάλληλη αναμόρφωση συνυπολογίζοντας την εκτιμώμενη φωτοβολταϊκή παραγωγή, όπως προκύπτει από τους μετρητές των φωτοβολταϊκών. Ομοίως, για το ΗΣ της Μήλου η χρονοσειρά του έτους 2017 προσαρμόζεται κατάλληλα στην εκτιμώμενη αιχμή και ζήτηση των 12,67MW και 52,28GWh κατά το έτος αναφοράς (2022).

Για τα 6 μικρά ΗΣ θεωρήθηκε ότι η αιχμή και η ζήτηση του έτους αναφοράς θα ανέλθει στα επίπεδα του 2019 με μία ελάχιστη αύξηση της τάξης του 1%. Έτσι, οι εκτιμήσεις αιχμής και ζήτησης για τα υπό διερεύνηση ΗΣ παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 1.

A/A	ΗΣ	Ζήτηση 2022 (MWh)	Αιχμή 2022 (kW)	CF
1	Ερεϊκούσσα	828	450	21%
2	Αγαθονήσι	772	200	44%
3	Οθωνοί	635	298	24%
4	Γαύδος	517	140	42%
5	Αρκιοί	416	158	30%
6	Αντικύθηρα	303	91	38%

Πίνακας 1 : Στοιχεία Αιχμής – Ζήτησης ΗΣ

Επιπλέον, ως ωριαία χρονοσειρά φορτίου για το έτος αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η χρονοσειρά του έτους 2019, προσαρμοσμένη στις τιμές μέγιστης ζήτησης και ετήσιας ενέργειας για το έτος 2022.

2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

Το παραγωγικό δυναμικό συμβατικών μονάδων παραγωγής της Λήμνου περιλαμβάνει πέντε μονάδες με καύσιμο μαζούτ και τέσσερις με καύσιμο ντίζελ, συνολικής αποδιδόμενης ισχύος 23,778MW, ενώ της Μήλου περιλαμβάνει τρεις μονάδες με καύσιμο μαζούτ και τρεις με καύσιμο ντίζελ συνολικής αποδιδόμενης ισχύος 20,60MW (Πίνακας 2).

Και στα δύο ΗΣ, το παραγωγικό δυναμικό συμβατικών μονάδων δεν αναμένεται να μεταβληθεί εντός της επόμενης διετίας.

Μονάδα	Λήμνος		Μήλος	
Καύσιμο	Μαζούτ	Ντίζελ	Μαζούτ	Ντίζελ
Πλήθος μονάδων	5	4	3	3
Συνολική ισχύς (MW)				
Θέρους	18	3,8	15,0	4,0
Χειμώνα	19,628	4,15	16,5	4,1

Πίνακας 2 : Τεχνικά χαρακτηριστικά συμβατικών μονάδων παραγωγής των ΗΣ Λήμνου και Μήλου κατά το έτος αναφοράς.

Τα τεχνικά ελάχιστα (TE) των θερμικών μονάδων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 και έχουν ληφθεί στο 40% της ονομαστικής ισχύος της εκάστοτε μονάδας, όπως ορίζεται στον Κώδικα ΜΔΝ. Εξαιρέση αποτελούν οι μονάδες βάσης WARTSILA NSD18V32LN (G4, G5) του ΗΣ της Λήμνου, όπως και οι μονάδες βάσης MAN V32/40 (G1, G2, G3) του ΗΣ της Μήλου, για τις οποίες εκκρεμεί αίτημα απόκλισης των TE από τις απαιτήσεις του Κώδικα ΜΔΝ. Στην παρούσα μελέτη επιλέγεται να τηρηθούν στο 50%, ώστε να συμφωνούν με το αίτημα απόκλισης.

ΤΣΠ	A/A	Μονάδα (Mazout/Diesel)	Ονομαστική ισχύς (MW)	Αποδιδόμενη χειμώνα (MW)	Αποδιδόμενη θέρους (MW)	Τεχνικό ελάχιστο (MW)
Λήμνος	1,2,3	SUMITOMO- NIIGATA 8L40X (M)	2,7	2,2	2	1,08
	4,5	WARTSILA NSD18V32LN (M)	6,514	6,514	6	3,257
	6	WARTSILA VASA 8R22MD (D)	1,2	0,85	0,8	0,48
	7,8,9	mitsubishi S16R- PTA (D)	1,275	1,1	1	0,51
		ΣΥΝΟΛΟ		23,778	21,8	
Μήλος	1,2,3	MAN V32/40 (M)	5,5	5,5	5	2,75
	4,5	CKD 12V27,5B8S (D)	2,6	1,5	1,5	1,04
	6	mitsubishi S16R- PTA (D)	1,275	1,1	1	0,51
		ΣΥΝΟΛΟ		20,6	19	

Πίνακας 3 : Τεχνικά χαρακτηριστικά συμβατικών μονάδων παραγωγής Λήμνου και Μήλου

Η προβλεπόμενη σύνθεση και σειρά ένταξης των συμβατικών μονάδων παραγωγής των 6 ΗΣ για το έτος αναφοράς, καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Όλοι οι ΤΣΠ περιλαμβάνουν μικρές μονάδες με καύσιμο diesel. Το παραγωγικό δυναμικό δεν αναμένεται να μεταβληθεί εντός της επόμενης διετίας.

ΤΣΠ	Α/Α	Μονάδα	Ονομαστική ισχύς (MW)	Αποδιδόμενη ισχύς (MW)	Τεχνικό ελάχιστο (MW)
Ερεϊκούσσα	1,2,3	MAN D2566ME	0,09	0,08	0,045
	4	HYUNDAI D6AU	0,103	0,09	0,051
	5	VOLVO TAD1241GE	0,212	0,2	0,106
	6	VOLVO TAD1341GE	0,18	0,18	0,072
ΣΥΝΟΛΟ				0,71	
Αγαθονήσι	1, 2, 3	HYUNDAI D6AU	0,102	0,09	0,051
	4	MAN 2566ME	0,09	0,08	0,045
	5, 6	DOOSAN P086TI	0,12	0,085	0,06
ΣΥΝΟΛΟ				0,52	
Οθωνοί	1, 2, 3	MAN 2566ME	0,09	0,08	0,045
	4	VOLVO TAD1341GE	0,18	0,18	0,09
	5	VOLVO TAD1241GE	0,212	0,2	0,106
ΣΥΝΟΛΟ				0,62	
Γαύδος	1	VOLVO TD720GE	0,12	0,1	0,06
	2	VOLVO TAD520GE	0,1	0,09	0,05
	3	MAN 2566ME	0,09	0,08	0,045
	4	DOOSAN P086TI	0,12	0,085	0,06
ΣΥΝΟΛΟ				0,355	
Αρκιοί	1, 2, 3	MAN D2566ME	0,09	0,08	0,045
	4	VOLVO TD710G	0,135	0,12	0,067
ΣΥΝΟΛΟ				0,36	
Αντικύθηρα	1, 2, 3	HYUNDAI D6AU	0,103	0,09	0,051
	4	IVECO 8061 SRI 26	0,104	0,09	0,052
ΣΥΝΟΛΟ				0,36	

Πίνακας 4 : Τεχνικά χαρακτηριστικά συμβατικών μονάδων παραγωγής των 6 ΗΣ

Τα τεχνικά ελάχιστα των θερμικών μονάδων τίθενται στο 40% της ονομαστικής τους ισχύος, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΚΑΜΔΝ, ανεξάρτητα από τα Τ.Ε. που δηλώνονται από τον θερμικό παραγωγό και χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η πραγματική φόρτιση των μονάδων όπως παρατηρείται στην απολογιστική λειτουργία των ΗΣ. Η μικρότερη μονάδα diesel του σταθμού τηρείται ως μονάδα υποχρεωτικής ένταξης (must-run).

2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΑΠΕ

ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Στο ΗΣ της Λήμνου βρίσκονται σε λειτουργία αιολικά πάρκα (Α/Π) συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 2,34MW, ενώ η συνολική ισχύς Α/Π που δεσμεύει ηλεκτρικό χώρο ανέρχεται στα 3,04MW. Η επιπλέον ισχύς των 0,7 MW αφορά τρίτο Α/Π το οποίο αναμένεται να τεθεί σε λειτουργία εντός του 2021. Για την ωριαία προσομοίωση της λειτουργίας του ηλεκτρικού συστήματος του ΜΔΝ χρησιμοποιείται χρονοσειρά ανηγμένης δυνατότητας παραγωγής του Α/Π στη θέση Αγ. Σώζων όπως είναι διαθέσιμη μέσω του SCADA του Διαχειριστή ΜΔΝ με συντελεστή χρησιμοποίησης 37,1%. Για τους σκοπούς της προσομοίωσης, η εν λόγω χρονοσειρά χρησιμοποιείται τόσο για τα υφιστάμενα Α/Π όσο και για τις μελλοντικές εγκαταστάσεις Α/Π, ως αντιπροσωπευτική.

Στο ΗΣ της Μήλου βρίσκονται σε λειτουργία και δεσμεύουν ηλεκτρικό χώρο 2,65MW Α/Π. Για την ωριαία προσομοίωση της λειτουργίας του ηλεκτρικού συστήματος του ΜΔΝ χρησιμοποιείται χρονοσειρά ανηγμένης δυνατότητας παραγωγής Α/Π με συντελεστή χρησιμοποίησης 35,1%. Για τον υπολογισμό της χρησιμοποιήθηκε η χρονοσειρά ταχύτητας ανέμου του υφιστάμενου Α/Π και η καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας V52 (800kW). Για τους σκοπούς της προσομοίωσης, η εν λόγω χρονοσειρά χρησιμοποιείται τόσο για τα υφιστάμενα Α/Π όσο και για τις μελλοντικές εγκαταστάσεις Α/Π, ως αντιπροσωπευτική.

Στα εξεταζόμενα 6 μικρά ΗΣ δεν υπάρχουν εγκατεστημένα Α/Π, ενώ σύμφωνα με την απόφαση 616/2016 της ΡΑΕ δεν υφίστανται περιθώρια για ένταξη Α/Π καθώς πρόκειται για συστήματα πολύ μικρού μεγέθους με αιχμή κατά πολύ μικρότερη από τα εμπορικά μεγέθη Α/Γ. Κατά συνέπεια, δεν εξετάζεται περαιτέρω η δυνατότητα ένταξης Α/Π.

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

Η ισχύς φωτοβολταϊκών (Φ/Β) που δεσμεύει ηλεκτρικό χώρο στη Λήμνο ανέρχεται στα 1.963kW (συμπεριλαμβανομένων των Φ/Β σε στέγες) εκ των οποίων τα 1.946kW βρίσκονται σε λειτουργία. Για τις ανάγκες των σεναρίων χρησιμοποιούνται στοιχεία από μετρητές Φ/Β σταθμών με τηλεμέτρηση με αναγωγή στη συνολική εγκατεστημένη ισχύ, βάσει των οποίων προκύπτει τυπική καμπύλη Φ/Β παραγωγής που χαρακτηρίζεται από μέση ετήσια ενεργειακή απόδοση 1.689kWh/kW.

Η ισχύς Φ/Β που δεσμεύει ηλεκτρικό χώρο στη Μήλο ανέρχεται στα 719kW (συμπεριλαμβανομένων των Φ/Β σε στέγες) εκ των οποίων τα 707kW βρίσκονται σε λειτουργία. Για τις ανάγκες των σεναρίων χρησιμοποιούνται στοιχεία από μετρητές Φ/Β σταθμών με τηλεμέτρηση με αναγωγή στη συνολική εγκατεστημένη ισχύ, βάσει των οποίων προκύπτει τυπική καμπύλη Φ/Β παραγωγής που χαρακτηρίζεται από μέση ετήσια ενεργειακή απόδοση 1.633kWh/kW.

Με την απόφαση 616/2016 της ΡΑΕ καθορίστηκαν επίσης τα περιθώρια Φ/Β σταθμών για τα εξεταζόμενα 6 μικρά ΗΣ, σύμφωνα με τον Πίνακα 5. Εγκατεστημένοι Φ/Β σταθμοί στα υπό εξέταση ΗΣ δεν υπάρχουν.

Στην παρούσα μελέτη τα εγκεκριμένα περιθώρια διατηρούνται στο ίδιο επίπεδο.

A/A	ΗΣ	Περιθώρια Φ/Β (kW) στην απόφαση ΡΑΕ 616/2016	Εγκατεστημένοι Φ/Β σταθμοί (kW)
1	Ερεϊκούσσα	34,3	-
2	Αγαθονήσι	26	-
3	Οθωνοί	40	-
4	Γαύδος	-	-
5	Αρκιοί	-	-
6	Αντικύθηρα	12	-

Πίνακας 5 : Εγκεκριμένα περιθώρια και εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β σταθμών

ΥΒΡΙΔΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

Βάσει του επενδυτικού ενδιαφέροντος, όπως προκύπτει από τις εκδοθείσες άδειες παραγωγής στο ΗΣ της Λήμνου, για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης προσομοιώνονται ΥΒΣ με μπαταρίες και Φ/Β ως τεχνολογία ΑΠΕ, με τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:

- Εγγυημένη ισχύς: P
- Βαθμός απόδοσης πλήρους κύκλου αποθήκευσης-απόδοσης ενέργειας: 0,85%
- Ονομαστική ισχύς ελεγχόμενων μονάδων: $2,25 \times P$
- Τεχνικό ελάχιστο ελεγχόμενων μονάδων (συμβατικό)¹: $0,225 \times P$
- Τεχνικό ελάχιστο ελεγχόμενων μονάδων (πραγματικό)²: 0
- Πλήθος ελεγχόμενων μονάδων: 2
- Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β: $2,25 \times P$
- Ανώτατο ποσοστό συμμετοχής ΑΠΕ στην Προγραμματισμένη Ισχύ: 100%
- Αρχική κατάσταση συστήματος αποθήκευσης: 100%
- Ωφέλιμη χωρητικότητα Συστοιχίας Συσσωρευτών: $6,2 \text{ (ώρες)} \times P$
- Ελάχιστο απόθεμα ασφαλείας συστήματος αποθήκευσης κατά τον προγραμματισμό: $1,24 \times P$
- Ελάχιστο απόθεμα συστήματος αποθήκευσης κατά την ωριαία λειτουργία: $0,62 \times P$
- Ποσοστό διαθέσιμης ισχύος ελεγχόμενων μονάδων (κατά την έναρξη λειτουργίας του ΥΒΣ στην ετήσια προσομοίωση): 100%
- Ποσοστό διαθέσιμης ισχύος μονάδων ΑΠΕ: 100%

¹ Το συμβατικό τεχνικό ελάχιστο των ελεγχόμενων μονάδων του ΥΒΣ ευθυγραμμίζεται με τις ελάχιστες απαιτήσεις που τίθενται στον ΚΔΜΔΝ. Λαμβάνεται υπ' όψιν στην κατανομή της προσφερόμενης ενέργειας του ΥΒΣ και στον υπολογισμό του set-point των Α/Π.

² Το πραγματικό τεχνικό ελάχιστο λαμβάνεται υπ' όψιν στην προσομοίωση της εσωτερικής λειτουργίας του ΥΒΣ.

- Συντελεστές στάθμισης για πρόβλεψη αιολικής παραγωγής: 1h-8h: 0,8' 9h-16h: 0,6' 17h-24h: 0,4'
- Συντελεστές στάθμισης για πρόβλεψη αιολικής παραγωγής (επικαιροποίηση ΔΠ Β' περιόδου ΚΗΕΠ): 13h-18h: 0,8' 19h-24h: 0,6'
- Συντελεστές στάθμισης για πρόβλεψη φωτοβολταϊκής παραγωγής: 1h-13h: 0,7' 14h-24h: 0,3
- Συντελεστές στάθμισης για πρόβλεψη φωτοβολταϊκής παραγωγής (επικαιροποίηση ΔΠ Β' περιόδου ΚΗΕΠ): 13h-24h: 0,7
- Χωρίς πρόγραμμα συντήρησης

Προτεραιότητα αξιοποίησης διαθέσιμης παραγωγής ΑΠΕ: πρώτα συμμετοχή στην προγραμματισμένη ισχύ, μετά αποθήκευση και, τέλος, απ' ευθείας έγχυση.

Στο ΗΣ της Μήλου, καθώς δεν έχουν εκδοθεί άδειες παραγωγής ΥΒΣ, προσομοιώνονται ΥΒΣ με μπαταρίες και Φ/Β ως τεχνολογία ΑΠΕ και με τα χαρακτηριστικά που θεωρήθηκαν στην μελέτη [1], τα οποία διαφέρουν από τα προαναφερθέντα στα παρακάτω:

- Ονομαστική ισχύς ελεγχόμενων μονάδων: $2,2 \times P$
- Τεχνικό ελάχιστο ελεγχόμενων μονάδων (συμβατικό): $0,22 \times P$
- Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β: $2,5 \times P$
- Ωφέλιμη χωρητικότητα Συστοιχίας Συσσωρευτών: $6,3 \text{ (ώρες)} \times P$
- Ελάχιστο απόθεμα ασφαλείας συστήματος αποθήκευσης κατά τον προγραμματισμό: $1,26 \times P$
- Ελάχιστο απόθεμα συστήματος αποθήκευσης κατά την ωριαία λειτουργία: $0,63 \times P$

Στα υπό εξέταση 6 μικρά ΗΣ προσομοιώνονται ΥΒΣ με μπαταρίες και τεχνολογία ΑΠΕ μόνο τα Φ/Β ΗΣ, βάσει του επενδυτικού ενδιαφέροντος. Δεν εξετάζονται ΥΒΣ με Α/Π δεδομένου ότι καμία από τις εκδοθείσες άδειες παραγωγής δεν αφορά σε τέτοιον σταθμό. ΥΒΣ με αντλησιοταμίευση επίσης δεν εξετάζονται λόγω απουσίας προοπτικής ανάπτυξης τέτοιων σταθμών στα εν λόγω ΗΣ.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των ΥΒΣ που προσομοιώνονται διαφέρουν από τα προαναφερθέντα στα εξής:

- Βαθμός απόδοσης πλήρους κύκλου αποθήκευσης-απόδοσης ενέργειας: 0,95
- Ονομαστική ισχύς ελεγχόμενων μονάδων: $2 \times P$
- Τεχνικό ελάχιστο ελεγχόμενων μονάδων (συμβατικό): 0
- Ισχύς μονάδων πλήρωσης συστήματος αποθήκευσης: $2 \times P$
- Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β : Από $1,5 \times P$ έως $5 \times P$ με βήμα $0,5 \times P$ (ή $1 \times P$)
- Ωφέλιμη χωρητικότητα συστήματος αποθήκευσης: Από (5 ώρες $\times P$) έως (12 ώρες $\times P$) με βήμα κατά περίπτωση
- Ελάχιστο απόθεμα ασφαλείας συστήματος αποθήκευσης: 20% της ωφέλιμης χωρητικότητας μπαταριών
- Ελάχιστο απόθεμα συστήματος αποθήκευσης κατά την ωριαία λειτουργία: 10% της ωφέλιμης χωρητικότητας μπαταριών

Βασικό χαρακτηριστικό του ΥΒΣ είναι το σύστημα αποθήκευσης που διαθέτει. Η χωρητικότητά του εκφράζεται σε ώρες (αφορούν στο ωφέλιμο μέγεθος – όχι στο ονομαστικό) και υπολογίζεται διαιρώντας την καθαρή (ωφέλιμη) χωρητικότητα σε kWh με την εγγυημένη ισχύ του ΥΒΣ (σε kW).

ΛΟΙΠΕΣ ΑΠΕ

Βάσει των αρχείων αδειών, στα εξεταζόμενα ΗΣ δεν υπάρχουν σταθμοί βιομάζας (ελεγχόμενοι ή μη) ούτε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας με μικρές ανεμογεννήτριες που να δεσμεύουν ηλεκτρικό χώρο. Ωστόσο, για την εξαγωγή των περιθωρίων των τεχνολογιών αυτών στα ΗΣ Λήμνου και Μήλου γίνονται οι εξής παραδοχές:

- Η κανονικοποιημένη χρονοσειρά παραγωγής των μικρών ανεμογεννητριών (μΑ/Γ) προκύπτει από την αντίστοιχη χρονοσειρά που υπολογίζεται για τα λοιπά Α/Π, θεωρώντας ένα ποσοστό αποκλιμάκωσης της χρονοσειράς αυτής ώστε να προκύψει χρονοσειρά με συντελεστή χρησιμοποίησης 24,5% για το ΗΣ της Λήμνου και 23,1% για το ΗΣ της Μήλου.
- Το προφίλ παραγωγής σταθμών βιομάζας είναι σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και απομειώνεται με χρήση κατάλληλου συντελεστή που τίθεται ίσος προς 90% (με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να προσομοιωθεί ενδεχόμενη μη διαθεσιμότητα μέρους της ισχύος των σταθμών αυτής της τεχνολογίας).
- Για τους ελεγχόμενους σταθμούς βιομάζας-βιοαερίου (ΣΒΒελ) λαμβάνεται τεχνικό ελάχιστο ίσο προς το 40% της εγκατεστημένης ισχύος.

Στα 6 μικρά ΗΣ λαμβάνονται υπόψη τα κάτωθι εγκεκριμένα περιθώρια για μΑ/Γ.

A/A	ΗΣ	Περιθώρια μΑ/Γ (kW) στην απόφαση ΡΑΕ 616/2016	Εγκατεστημένες μΑ/Γ (kW)
1	Ερεϊκούσσα	0,46	-
2	Αγαθονήσι	0,34	-
3	Οθωνοί	0,45	-
4	Γαύδος	-	-
5	Αρκιοί	-	-
6	Αντικύθηρα	0,15	-

Πίνακας 6 : Εγκεκριμένα περιθώρια και εγκατεστημένη ισχύς μΑ/Γ

Όσον αφορά στους ΗΘΣ, αποτελούν τεχνολογία χωρίς κανένα επενδυτικό ενδιαφέρον ή πιθανότητα ανάπτυξης, συνεπώς δεν λαμβάνονται υπόψη στην παρούσα ανάλυση.

2.4 ΛΟΙΠΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ

Κοινά στοιχεία για τις προσομοιώσεις των ΗΣ, παρουσιάζονται στην παρούσα παράγραφο.

- Η απαίτηση στρεφόμενης εφεδρείας υπολογίζεται ανά ώρα ως το 10%-15% του φορτίου.
- Οι ντηζελογεννήτριες χαρακτηρίζονται από ελάχιστο χρόνο λειτουργίας δύο ωρών και κράτησης μίας ώρας.
- Το ποσοστό εγγυημένης παραγωγής Α/Π τίθεται στο 25%, καθώς εκτιμάται ότι θα εγκατασταθούν κατάλληλα συστήματα πρόβλεψης αιολικής παραγωγής.
- Το ποσοστό εγγυημένης παραγωγής Φ/Β, μΑ/Γ και σταθμών μη ελεγχόμενης βιομάζας τίθεται στο 100%.
- Εφαρμόζεται ποσοστό αποκλιμάκωσης χρονοσειράς Α/Π για την περίπτωση των μΑ/Γ ίσο προς 66%.
- Ο δυναμικός περιορισμός αιολικής παραγωγής (C_D) τίθεται στο 30% του φορτίου.
- Εφαρμόζεται αναλογική φόρτιση των συμβατικών μονάδων παραγωγής.
- Η πυκνότητα diesel είναι 0,83kg/lit.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΠΕ/ΥΒΣ

Από προηγούμενες σχετικές μελέτες έχουν αναπτυχθεί οι ακόλουθοι δείκτες που συνιστούν τα κριτήρια αποδοχής / απόρριψης των σεναρίων. Η τιμή του εκάστοτε δείκτη αποτελεί το όριο αποδοχής / απόρριψης των σεναρίων.

- Κριτήριο 1^ο: Συντελεστής χρησιμοποίησης Α/Π τουλάχιστον ίσος προς 27,5%.
- Κριτήριο 2^ο: Μηδενικό περιθώριο υστέρησης των Ανηγγμένων Ωρών Λειτουργίας (ΑΩΛ) . Οι ΑΩΛ υπολογίζονται ως το άθροισμα (σε ετήσια βάση) του λόγου του ωριαίου set point των Α/Π προς την αντίστοιχη εγκατεστημένη ισχύ των Α/Π.
- Κριτήριο 3^ο: Ελάχιστη φόρτιση συμβατικών μονάδων παραγωγής. Προκειμένου να χαρακτηριστεί ως αποδεκτό οποιοδήποτε σενάριο υψηλής διείσδυσης μη κατανεμόμενων ΑΠΕ θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι οι υποχρεωτικά ενταγμένες συμβατικές μονάδες παραγωγής φορτίζονται εντός των αποδεκτών ορίων.
- Κριτήριο 4^ο: Απορριπτόμενη ενέργεια κατανεμόμενων ΑΠΕ το πολύ ίση με το 1/3 της πρωτογενώς διαθέσιμης. Υπολογίζεται σε ετήσια βάση ο λόγος της απορριπτόμενης ενέργειας προς την πρωτογενώς διαθέσιμη ενέργεια από τις μονάδες ΑΠΕ του σταθμού και ο λόγος της απορριπτόμενης ενέργειας προς την προσφερθείσα ενέργεια.
- Κριτήριο 5^ο: Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (ΕΒΑ) των επενδύσεων σε εγκαταστάσεις ΑΠΕ τουλάχιστον 8%.
- Κριτήριο 6^ο: Στιγμιαία διείσδυση μη κατανεμόμενων μονάδων ΑΠΕ το πολύ ίση προς 55%. Υπολογίζεται ανά ώρα ο λόγος της εντασσόμενης ενέργειας των Φ/Β, των Α/Γ, των μΑ/Γ και των ΣΒΒμε προς το φορτίο του συστήματος ΜΔΝ και από τη χρονοσειρά που προκύπτει (διατηρώντας μόνο τις μη μηδενικές τιμές) καταγράφεται η τιμή με πιθανότητα υπέρβασης 1%.
- Κριτήριο 7^ο: Λόγος εφεδρείας ΑΠΕ τουλάχιστον ίσος προς 60%. Υπολογίζεται ανά ώρα ο λόγος της διαθέσιμης στρεφόμενης εφεδρείας των κατανεμόμενων μονάδων προς την παραγωγή των μη κατανεμόμενων ΑΠΕ και από τη χρονοσειρά που προκύπτει (διατηρώντας μόνο τις μη μηδενικές τιμές) καταγράφεται η τιμή με πιθανότητα υπέρβασης 1%.

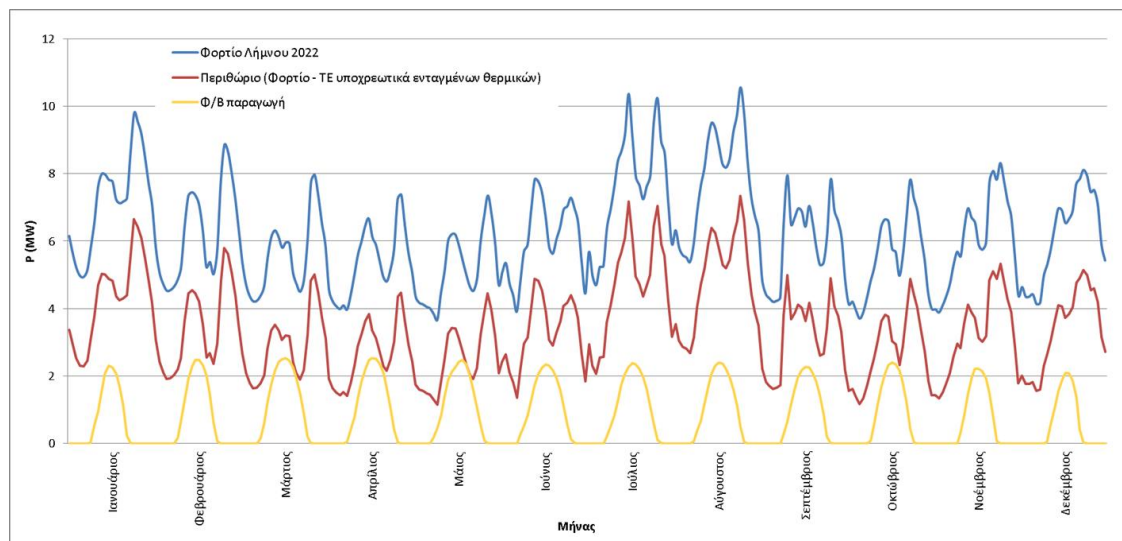
Στην παρούσα μελέτη δεν εξετάζονται κριτήρια ενεργειακής αποδοτικότητας και οικονομικής βιωσιμότητας των ΥΒΣ, διότι οι εξεταζόμενες διαμορφώσεις ΥΒΣ βασίζονται σε άδειες που ήδη έχουν εκδοθεί και ως εκ τούτου δεν τίθεται ζήτημα αποδεκτότητας των έργων αυτών από πλευράς ενεργειακών απορρίψεων, ενώ η οικονομική τους βιωσιμότητα δεν μπορεί να αξιολογηθεί απουσία νέου πλαισίου τιμολόγησης ΥΒΣ. Έτσι, για την αξιολόγηση των σεναρίων των ΗΣ Λήμνου και Μήλου χρησιμοποιούνται τα κριτήρια 1 έως 4. Επιπλέον, στα 6 μικρά ΗΣ δεν χρησιμοποιούνται κριτήρια που σχετίζονται με άλλες ΑΠΕ, καθώς δεν υπάρχουν περιθώρια ανάπτυξης Α/Π ούτε επενδυτικό ενδιαφέρον ένταξης άλλων ΑΠΕ, αλλά ούτε και λειτουργούντες σταθμοί ΑΠΕ. Έτσι, απομένουν τα κριτήρια 3 και 4 βάσει των οποίων αξιολογούνται τα εξεταζόμενα σενάρια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΠΕ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΛΗΜΝΟΥ

4.1 ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΩΝ ΜΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΠΕ

Για τον προσδιορισμό του περιθωρίου Φ/Β και λοιπών μη ελεγχόμενων ΑΠΕ εφαρμόζεται το κριτήριο ελάχιστης φόρτισης των συμβατικών μονάδων, προκειμένου να προσδιοριστεί η αποδεκτή ισχύς των μη ελεγχόμενων τεχνολογιών ΑΠΕ (Φ/Β, μΑ/Γ, ΣΒΒμε). Πιθανή φόρτιση των συμβατικών μονάδων σε ισχείς χαμηλότερες των τεχνικών ελαχίστων τους δύναται να εμφανιστεί σε συνθήκες χαμηλού φορτίου και υψηλής παραγωγής τεχνολογιών ΑΠΕ στις οποίες δεν επιβάλλονται περιορισμοί διείσδυσης. Προς τούτο, λαμβάνονται οι ελάχιστες ημερήσιες καμπύλες φορτίου για κάθε μήνα του έτους, από τις οποίες αφαιρούνται τα τεχνικά ελάχιστα των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων καθώς και μια ελάχιστη ποσότητα αρνητικής στρεφόμενης εφεδρείας ίση με 10% του φορτίου. Έτσι προκύπτει η μέγιστη δυνατότητα απορρόφησης παραγωγής μη ελεγχόμενων τεχνολογιών ΑΠΕ από το σύστημα του νησιού για κάθε ώρα του έτους.

Δεδομένου ότι η μη ελεγχόμενη παραγωγή ΑΠΕ αποτελείται κατά κύριο λόγο από Φ/Β σταθμούς, υπολογίζεται η ανά ώρα μέγιστη Φ/Β παραγωγή του κάθε μήνα, βάσει της εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτει η μέγιστη αποδεκτή ισχύς Φ/Β, για την οποία η μέγιστη αναμενόμενη παραγωγή τους δεν υπερβαίνει την ελάχιστη δυνατότητα απορρόφησης παραγωγής ΑΠΕ από το σύστημα για κανέναν μήνα του έτους. Η διαδικασία αυτή απεικονίζεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1: Μείνιστη δυνατότητα απορρόφησης παραγωγής μη ελεγχόμενων τεχνολογιών ΑΠΕ για το ΗΣ της Λήμνου.

Καθώς εξετάζουμε τις ελάχιστες ημερήσιες καμπύλες φορτίου, κρίνεται αναγκαία η θεώρηση δύο μονάδων NIIGATA ως υποχρεωτικά ενταγμένων μονάδων έναντι μίας μονάδας Wartsila, ώστε να προκύπτουν συνολικά μικρότερα τεχνικά ελάχιστα. Εάν επιλεγεί η τήρηση της μονάδας Wartsila ακόμη και στα χαμηλότερα φορτία, προκύπτει σημαντική μείωση του περιθωρίου Φ/Β, τέτοια ώστε το σύστημα να αδυνατεί να υποδεχτεί οποιαδήποτε Φ/Β ισχύ πέραν της εγκατεστημένης.

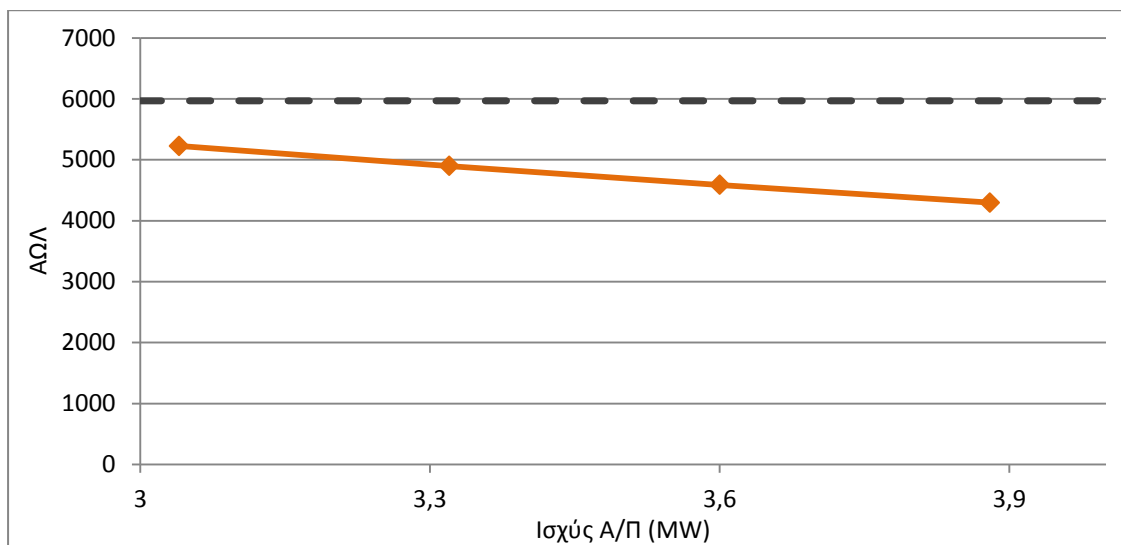
Με τη μεθοδολογία αυτή υπολογίζεται αποδεκτή εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β σταθμών ίση με 2.860kW, τιμή που είναι κατά 360kW μεγαλύτερη του ισχύοντος περιθωρίου (όπως αυτό ορίζεται στην απόφαση ΡΑΕ 616/2016) για το σύνολο των μη ελεγχόμενων σταθμών ΑΠΕ, το οποίο ανέρχεται σε 2.500kW και είναι επιμερισμένο σε 2.256kW για Φ/Β, 122kW σε μΑ/Γ και 122kW σε ΣΒΒμε.

Ο επιμερισμός του νέου περιθωρίου μπορεί να ακολουθήσει τη λογική του ήδη εγκεκριμένου ή να διαφοροποιηθεί, ανάλογα με το ενδιαφέρον για εγκατάσταση Φ/Β. Για τις προσομοιώσεις της

παρούσας μελέτης, το προκύπτον περιθώριο επιμερίζεται σε **2.600kW για Φ/Β, 130kW σε μΑ/Γ και 130kW σε ΣΒΒμε.**

4.2 ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ Α/Π

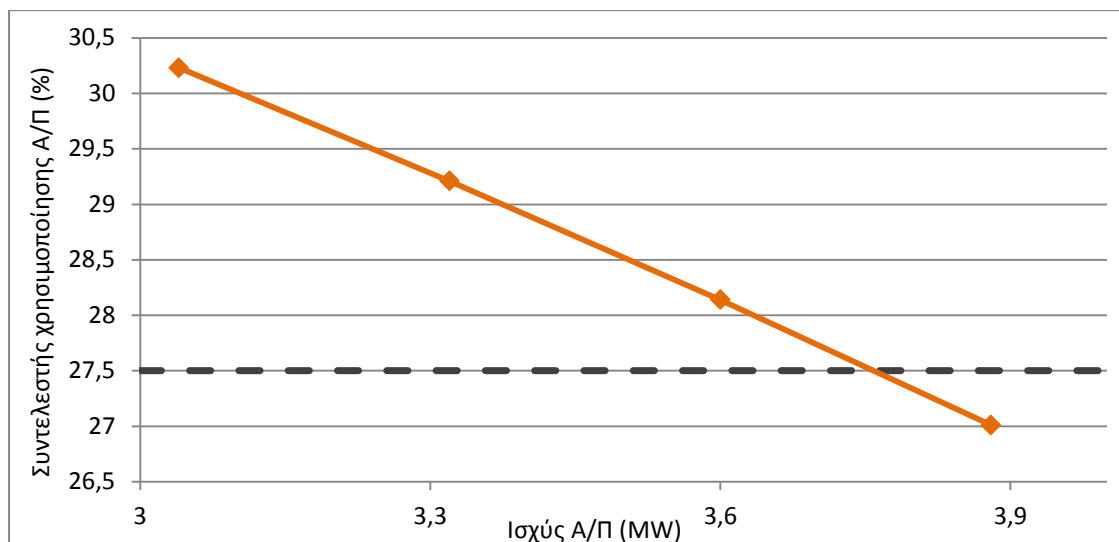
Στη συνέχεια παρουσιάζονται αποτελέσματα προσομοιώσεων της λειτουργίας του συστήματος της Λήμνου για το έτος 2022, θεωρώντας ενταγμένους μη ελεγχόμενους σταθμούς ΑΠΕ ισχύος ίσης με τα περιθώρια που προσδιορίζονται στην προηγούμενη ενότητα και την ισχύ Α/Π να κυμαίνεται μεταξύ 3,04 και 3,9 MW. Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται οι υπολογιζόμενες ΑΩΛ συναρτήσει της συνολικής ισχύος Α/Π του συστήματος. Αυτές προκύπτουν μειωμένες σε σχέση με τις ΣΑΩΛ βάσει πίνακα συμβάσεων, οι οποίες για το έτος αναφοράς αναμένονται 5.967h.



Σχήμα 2: Υπολογιζόμενες ΑΩΛ, συναρτήσει της συνολικής εγκατεστημένης αιολικής Ισχύος

Είναι σαφές ότι το σύστημα της Λήμνου δεν μπορεί να υποδεχθεί πρόσθετη αιολική ισχύ, πέραν της ήδη αδειοδοτημένης. Δεδομένου ότι τα ήδη αδειοδοτημένα και δεσμεύοντα ηλεκτρικό χώρο στο ΗΣ Α/Π είναι 3,04MW, **προτείνεται το περιθώριο για Α/Π να τεθεί ίσο με 3,04MW.**

Στο επίπεδο αυτό, ο συντελεστής χρησιμοποίησης είναι αρκετά υψηλότερος από το όριο 27,5%, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3: Συντελεστής χρησιμοποίησης Α/Π, συναρτήσει της συνολικής εγκατεστημένης αιολικής ισχύος

4.3 ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ

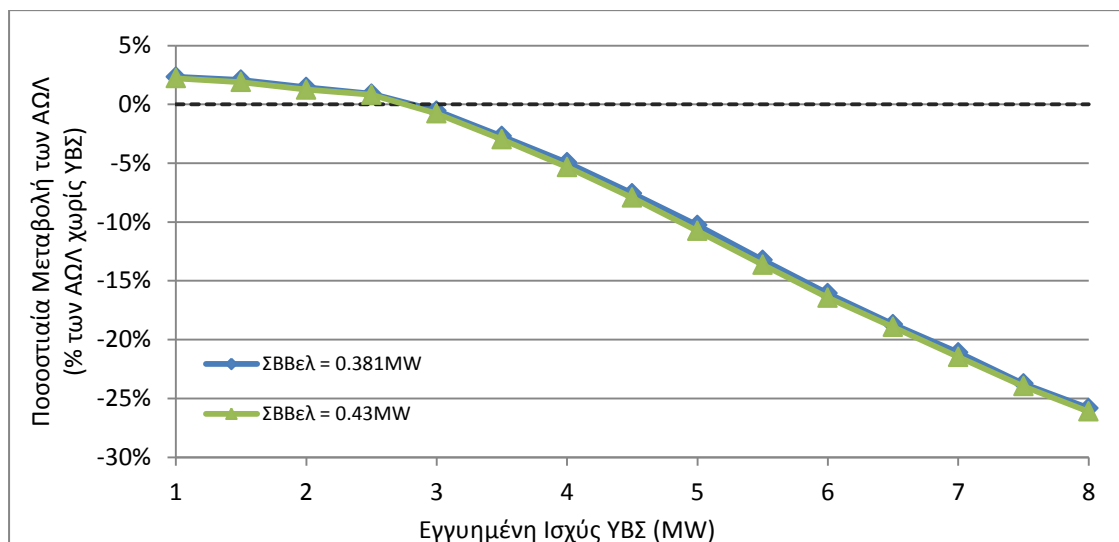
Συνεχίζοντας με την εύρεση των περιθωρίων ισχύος των Κατανεμόμενων Μονάδων ΑΠΕ, η εγκατεστημένη ισχύς των Μη Κατανεμόμενων Μονάδων ΑΠΕ θεωρείται σταθερή και ίση με το αντίστοιχο περιθώριο ισχύος όπως ορίζεται στις παραγράφους 4.1 και 4.2 (δηλαδή Α/Π 3,04MW, Φ/Β 2,6MW, μΑ/Γ 0,13MW και ΣΒΒμε 0,13MW).

Για τους ΣΒΒελ θεωρούνται δύο επίπεδα ισχύος: το πρώτο επίπεδο ισχύος ΣΒΒελ είναι ίσο με το προτεινόμενο περιθώριο στην απόφαση ΡΑΕ 616/2016, δηλαδή 381kW· το δεύτερο λαμβάνεται ενδεικτικά περίπου ίσο με το 6% του μέσου φορτίου, που αντιστοιχεί στα επίπεδα εγκατεστημένης ισχύος που θεωρήθηκαν σε προηγούμενες μελέτες περιθωρίων, δηλαδή 430kW. Για κάθε επίπεδο ισχύος ΣΒΒελ εξετάζεται ευρύ σύνολο σεναρίων ΥΒΣ (Πίνακας 7).

Τεχνολογία ΑΠΕ	Σενάρια με ισχύ ΣΒΒελ βάσει ΡΑΕ 616/2016 (ισχύον περιθώριο)	Σενάρια με ισχύ ΣΒΒελ ίση προς 6% του μέσου φορτίου
Α/Π	3,04	
Φ/Β	2,6	
μΑ/Γ	0,13	
ΣΒΒμε	0,13	
ΣΒΒελ	0,381	0,430
ΥΒΣ	0–8 (με βήμα 0,5MW)	

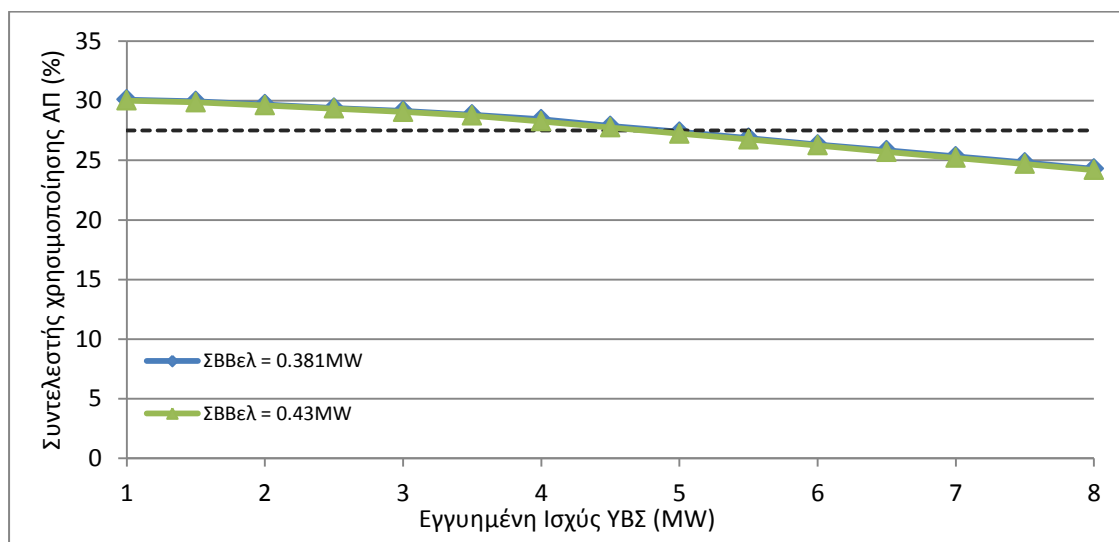
Πίνακας 7: Θεωρούμενη εγκατεστημένη ισχύς (MW) ανά τεχνολογία ΑΠΕ για το σύνολο των εξεταζόμενων σεναρίων για τον προσδιορισμό του περιθωρίου ισχύος ΥΒΣ για το ΗΣ της Λήμνου.

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται η ποσοστιαία μεταβολή των ΑΩΛ, ως ποσοστό των ΑΩΛ που προκύπτουν εν απουσία ΥΒΣ, συναρτήσει της ισχύος ΥΒΣ στο σύστημα. Η επίπτωση από την ένταξη αυξανόμενης ισχύος ΥΒΣ στις υπολογιζόμενες ΑΩΛ είναι αισθητή, ενώ το κριτήριο ικανοποιείται για ισχύ ΥΒΣ έως 2,7 MW.

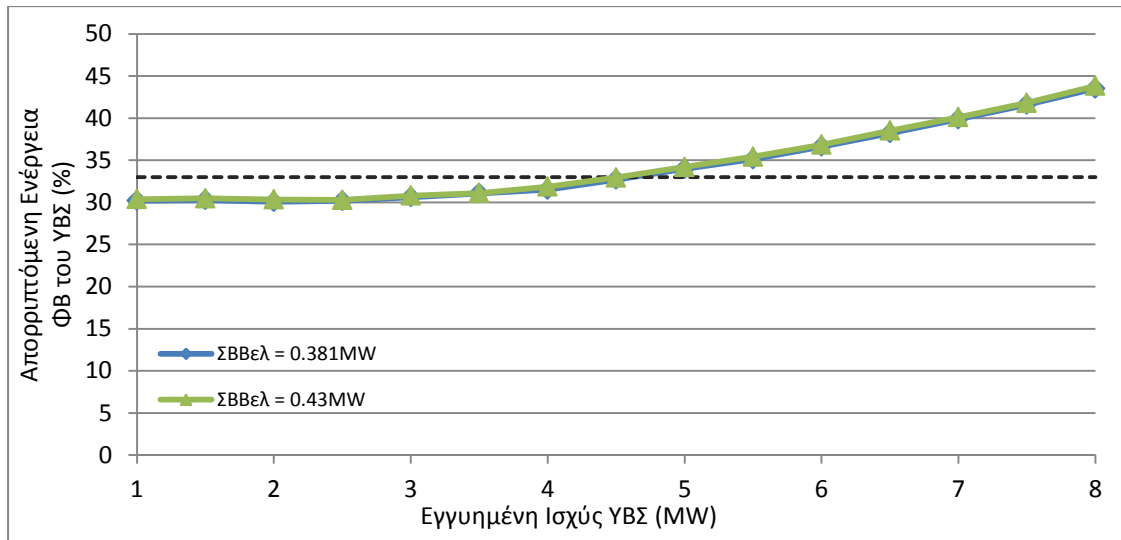


Σχήμα 4: Ποσοστιαία Μεταβολή των ΑΩΛ, συναρτήσει της εγκατεστημένης Ισχύος ΥΒΣ

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η επίπτωση της ένταξης ΥΒΣ στον συντελεστή χρησιμοποίησης των Α/Π, ενώ αναφορικά με τη λειτουργία του ΥΒΣ, η απορριπτόμενη ενέργεια ΑΠΕ (% της συνολικής δυνατότητας παραγωγής του Φ/Β σταθμού) απεικονίζεται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 5: Συντελεστής χρησιμοποίησης Α/Π, συναρτήσει της εγκατεστημένης Ισχύος ΥΒΣ



Σχήμα 6: Απορριπτόμενη Φ/Β ενέργεια του ΥΒΣ, συναρτήσει της εγκατεστημένης Ισχύος ΥΒΣ

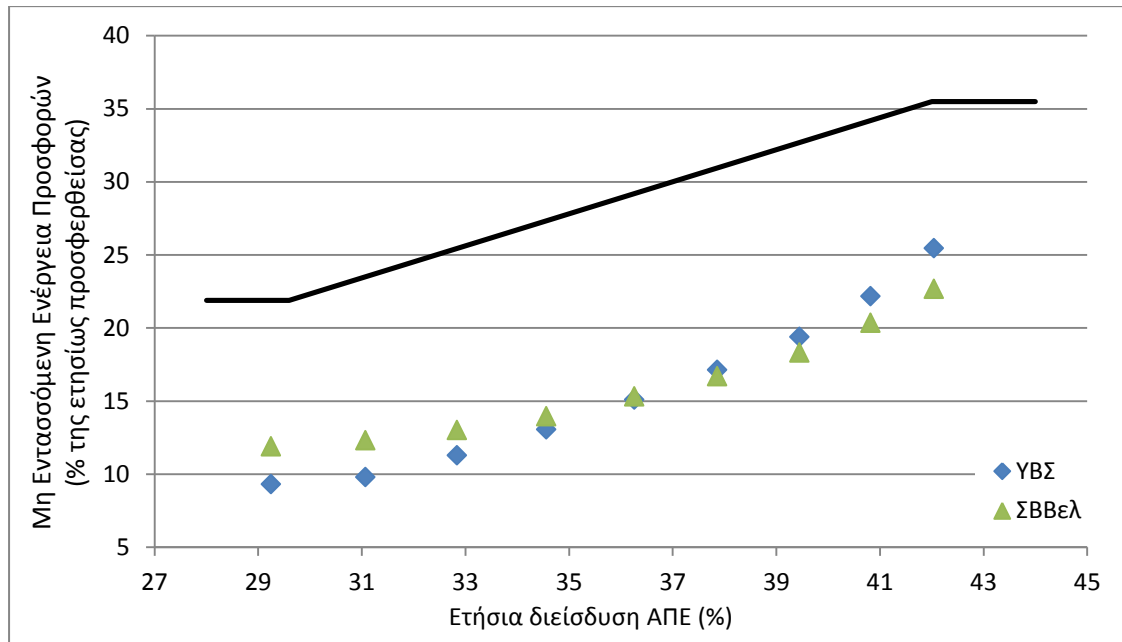
Συμπερασματικά, με κριτήριο την τήρηση των ΑΩΛ των Α/Π στο ακέραιο **το προτεινόμενο όριο διείσδυσης ισχύος ΥΒΣ στο σύστημα Λήμνου είναι 2,7 MW**, λαμβάνοντας υπόψη τα νέα δεδομένα. Στο επίπεδο αυτό, η απορριπτόμενη ισχύς του ΥΒΣ είναι 28,9% της πρωτογενώς διαθέσιμης και ο συντελεστής χρησιμοποίησης των Α/Π 29,6%.

Τέλος, διαπιστώνεται ότι η μεταβολή στην εγκατεστημένη ισχύ των ΣΒΒελ δεν επηρεάζει καθοριστικά το όριο αποδεκτής ισχύος ΥΒΣ και για τον λόγο αυτό **προτείνεται περιθώριο εγκατεστημένης ισχύος ΣΒΒελ 430kW**.

4.4 ΚΑΜΠΥΛΗ ΕΓΓΥΗΜΕΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

Στην αρχική μελέτη προσδιορισμού περιθωρίων διείσδυσης ΑΠΕ διαπιστώθηκε ότι το κατάλληλο μέγεθος εγγυήσεων απορρόφησης για κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ είναι η μη εντασσόμενη ενέργεια (ΜΕΕ) προσφορών των σταθμών αυτών. Η ενέργεια αυτή αντιστοιχεί στην προσφερθείσα από τον σταθμό ενέργεια, η οποία δεν κατέστη δυνατό να παραχθεί λόγω συμφόρησης του συστήματος, είτε στη φάση του προγραμματισμού, είτε στη φάση της λειτουργίας. Σημειώνεται ότι, όταν ο σταθμός διαθέτει δυνατότητα αποθήκευσης, η παραπάνω ενέργεια δεν απορρίπτεται κατ' ανάγκην αλλά επαναπροσφέρεται την επόμενη περίοδο ΚΗΕΠ. Η μη εντασσόμενη ενέργεια παρουσιάζει συσχέτιση με την απορριπτόμενη πρωτογενώς διαθέσιμη ενέργεια, αλλά δεν ταυτίζεται με αυτή παρουσία αποθηκευτικών δυνατοτήτων. Η δεύτερη εξαρτάται από την αποθηκευτική ικανότητα και την εσωτερική διαστασιολόγηση των συνιστωσών του κάθε σταθμού, όπως και από το επίπεδο κορεσμού του συστήματος ΜΔΝ.

Στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται η ΜΕΕ του εκάστοτε θεωρούμενου ΥΒΣ και ΣΒΒελ, ως ποσοστό της συνολικά προσφερθείσας ενέργειας από τον σταθμό σε ετήσια βάση, συναρτήσει της επιτυγχανόμενης διείσδυσης ΑΠΕ (% της ετήσιας ζήτησης).



Σχήμα 7: Μη εντασσόμενη ενέργεια προσφορών ΣΒΒελ και ΥΒΣ συναρτήσει της ετήσιας διείσδυσης ΑΠΕ (% του φορτίου) για το σύνολο των αποδεκτών σεναρίων για το ΗΣ Λήμνου

Η καμπύλη εγγυήσεων ΜΕΕ διατηρεί σημαντική απόσταση ασφαλείας από τις τιμές ΜΕΕ των προσομοιώσεων (10%), δεδομένου ότι οι τελευταίες παρουσιάζουν σημαντική ευαισθησία ως προς διάφορες παραμέτρους διαχείρισης του συστήματος, οι οποίες σε επίπεδο ανάλυσης προσεγγίζονται κατά το δυνατόν πιο αξιόπιστα, αλλά δεν μπορούν να προεξοφληθούν σε σχέση με τη μελλοντική εφαρμογή τους.

4.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για τον προσδιορισμό των δυνατοτήτων ανάπτυξης νέου δυναμικού ΑΠΕ (Α/Π, Φ/Β, μΑ/Γ, ΣΒΒ, ΥΒΣ) στη Λήμνο μελετάται η λειτουργία του εν λόγω ΗΣ λαμβάνοντας υπόψη τα νέα δεδομένα όπως διαμορφώνονται στο νησί. Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε για έτος αναφοράς του οποίου η καμπύλη φορτίου προσεγγίζει την αναμενόμενη ζήτηση του έτους 2022 (ετήσια αιχμή 14,85MW).

Η πολιτική διαχείρισης, η οποία εφαρμόζεται στην προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος, αναπτύχθηκε στα πλαίσια προγενέστερου έργου μελέτης των περιθωρίων ΑΠΕ στα ΜΔΝ και υιοθετείται στην παρούσα μελέτη με την κατάλληλη παραμετροποίηση.

Για την αξιολόγηση της αποδεκτότητας των διαφόρων σεναρίων διείσδυσης ΑΠΕ εφαρμόζονται τα κριτήρια του συντελεστή χρησιμοποίησης Α/Π, της τήρησης των ΑΩΛ και της ελάχιστης φόρτισης συμβατικών μονάδων. Τελικά, το περιθώριο των Α/Π, ως Μη Κατανεμόμενες – Μη Ελεγχόμενες Μονάδες που δέχονται Εντολή Κατανομής επιπέδου παραγωγής καθορίζεται μέσω του κριτηρίου τήρησης των ΑΩΛ στα **3,04MW**. Για τις λοιπές Μη Κατανεμόμενες – Μη Ελεγχόμενες Μονάδες (Φ/Β, μΑ/Γ και ΣΒΒμε) το κριτήριο που επηρεάζει καθοριστικά το αντίστοιχο όριο εγκατεστημένης ισχύος είναι εκείνο της ελάχιστης φόρτισης των συμβατικών μονάδων παραγωγής, βάσει του οποίου προκύπτει αθροιστικό περιθώριο ίσο προς **2,86MW** (αυξημένο κατά 15% σε σχέση με το ισχύον περιθώριο όπως αναφέρεται στην απόφαση ΡΑΕ 616/2016), ενδεικτικά επιμεριζόμενο σε **2,6MW** για τα Φ/Β και **0,13MW** για κάθε μία από τις τεχνολογίες μΑ/Γ και ΣΒΒμε.

Τα εξεταζόμενα σενάρια διείσδυσης ΥΒΣ αξιολογούνται με τα κριτήρια τήρησης των ΣΑΩΛ των υφιστάμενων Α/Π (χωρίς περιθώριο υστέρησης των ετήσιων ΑΩΛ σε σχέση με τις συμβατικές) και απορριπτόμενης ενέργειας κατανεμόμενων ΑΠΕ, ενώ προσομοιώθηκαν θεωρώντας εγκατεστημένες τις συνολικές ισχείς των νέων περιθωρίων για τους λοιπούς σταθμούς ΑΠΕ και δύο διακριτά επίπεδα εγκατεστημένης ισχύος ΣΒΒελ (ισχύον περιθώριο και 6% του μέσου φορτίου). Διαπιστώνεται ότι η μεταβολή στην εγκατεστημένη ισχύ των ΣΒΒελ δεν επηρεάζει καθοριστικά το όριο αποδεκτής ισχύος ΥΒΣ και για τον λόγο αυτό προτείνεται περιθώριο εγκατεστημένης ισχύος ΣΒΒελ **430kW**. Τελικά, το περιθώριο διείσδυσης για τους ΥΒΣ καθορίζεται μέσω του κριτηρίου τήρησης των ΑΩΛ στα **2,7MW**.

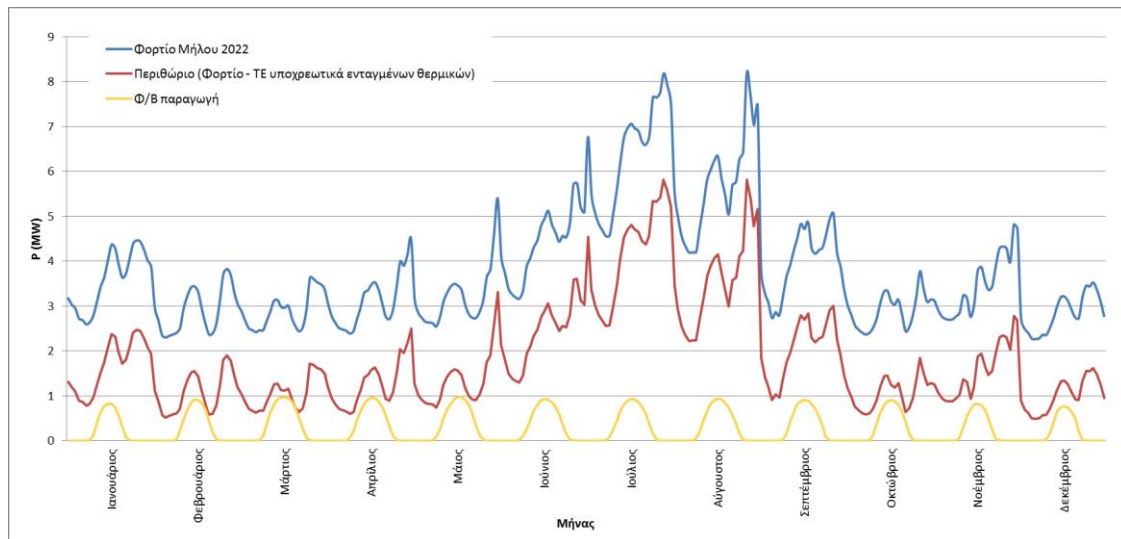
Τέλος, εξετάστηκαν οι εγγυήσεις απορρόφησης τις οποίες οφείλει να παρέχει ο Διαχειριστής ΜΔΝ στους κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ μέσω των συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας. Το προς συμβολαιοποίηση μέγεθος είναι η μη εντασσόμενη ενέργεια (ΜΕΕ) προσφορών των σταθμών, εκφρασμένη ως ποσοστό επί της συνολικά προσφερθείσας. Το μέγεθος αυτό παρουσιάζει ισχυρή συσχέτιση με τη συνολική διείσδυση ΑΠΕ στο σύστημα ΜΔΝ, η οποία εκφράζει τη συμφόρηση και συνεπώς τις περικοπές στις προσφορές των σταθμών. Η συσχέτιση της μη εντασσόμενης ενέργειας της κάθε διαστασιολόγησης ΥΒΣ με τη διείσδυση ΑΠΕ για τα αποδεκτά σενάρια ΥΒΣ σχηματίζει νέφος σημείων, βάσει του οποίου χαράχθηκε η καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης.

Σημειώνεται, τέλος, ότι η προτεινόμενη καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης της προσφερόμενης ενέργειας των κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ (καμπύλες άνω ορίου μη εντασσόμενης ενέργειας– ΜΕΕ) εμφανίζουν υψηλότερες ανοχές σε σχέση με αυτές της αρχικής μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΑΠΕ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΜΗΛΟΥ

5.1 ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΩΝ ΜΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΠΕ

Όπως και στην περίπτωση της Λήμνου, εφαρμόζεται το κριτήριο ελάχιστης φόρτισης των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων, προκειμένου να προσδιοριστεί η αποδεκτή ισχύς των μη ελεγχόμενων τεχνολογιών ΑΠΕ (αθροιστική ισχύς Φ/Β, $\mu\text{A}/\Gamma$ και ΣΒΒμε). Ελήφθησαν οι ελάχιστες ημερήσιες καμπύλες φορτίου για κάθε μήνα του έτους 2022, από τις οποίες αφαιρέθηκαν τα τεχνικά ελάχιστα των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων καθώς και μια ελάχιστη ποσότητα αρνητικής στρεφόμενης εφεδρείας ίση με 10% του φορτίου. Δεδομένου ότι η μη ελεγχόμενη παραγωγή ΑΠΕ αποτελείται κατά κύριο λόγο από Φ/Β σταθμούς, υπολογίζεται η ανά ώρα μέγιστη Φ/Β παραγωγή του κάθε μήνα, βάσει της εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτει η μέγιστη αποδεκτή ισχύς Φ/Β, για την οποία η μέγιστη αναμενόμενη παραγωγή τους δεν υπερβαίνει την ελάχιστη δυνατότητα απορρόφησης παραγωγής ΑΠΕ από το σύστημα για κανέναν μήνα του έτους (Σχήμα 8).



Σχήμα 8: Μείνιστη δυνατότητα απορρόφησης παραγωγής μη ελεγχόμενων τεχνολογιών ΑΠΕ για το ΗΣ της Μήλου

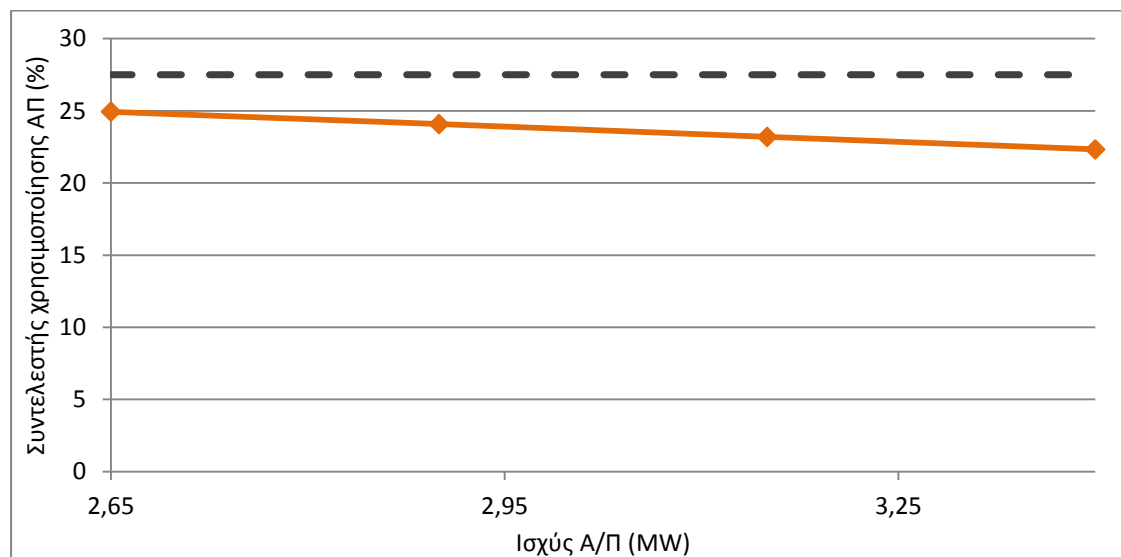
Και στο ΗΣ της Μήλου, έναντι της μονάδας βάσης MAN V32/40 κρίθηκε αναγκαία η θεώρηση δύο μικρότερων μονάδων ως υποχρεωτικά ενταγμένων, ώστε να προκύπτουν συνολικά μικρότερα τεχνικά ελάχιστα, καθώς με την ένταξη μιας μονάδας MAN στα χαμηλότερα φορτία προκύπτει μηδενικό περιθώριο Φ/Β.

Θεωρώντας ως υποχρεωτικά ενταγμένες τις CKD 12V27,5B8S και MITSUBISHI, υπολογίζεται αποδεκτή εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β σταθμών ίση με 1.170kW, τιμή που είναι κατά 242kW μικρότερη του ισχύοντος περιθωρίου (όπως αυτό ορίζεται στην απόφαση ΡΑΕ 616/2016) για το σύνολο των μη ελεγχόμενων σταθμών ΑΠΕ, το οποίο ανέρχεται σε 1.412kW και είναι επιμερισμένο σε 1.386kW για Φ/Β και 25,74kW σε $\mu\text{A}/\Gamma$. Ο επιμερισμός του νέου περιθωρίου μπορεί να ακολουθήσει τη λογική του ήδη εγκεκριμένου ή να διαφοροποιηθεί, ανάλογα με το ενδιαφέρον για εγκατάσταση Φ/Β. Για τις προσομοιώσεις της παρούσας μελέτης, το προκύπτον περιθώριο επιμερίζεται σε **1.144kW για Φ/Β, 26kW σε $\mu\text{A}/\Gamma$ και μηδενικό σε ΣΒΒμε.**

5.2 ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ Α/Π

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αποτελέσματα προσομοιώσεων της λειτουργίας του συστήματος της Μήλου για το έτος 2022, θεωρώντας ενταγμένους μη ελεγχόμενους σταθμούς ΑΠΕ ισχύος ίσης με τα περιθώρια που προσδιορίζονται στην προηγούμενη ενότητα. Η ισχύς Α/Π κυμαίνεται από την ήδη αδειοδοτημένη ισχύ Α/Π του ΗΣ των 2,65 MW έως 3,4 MW.

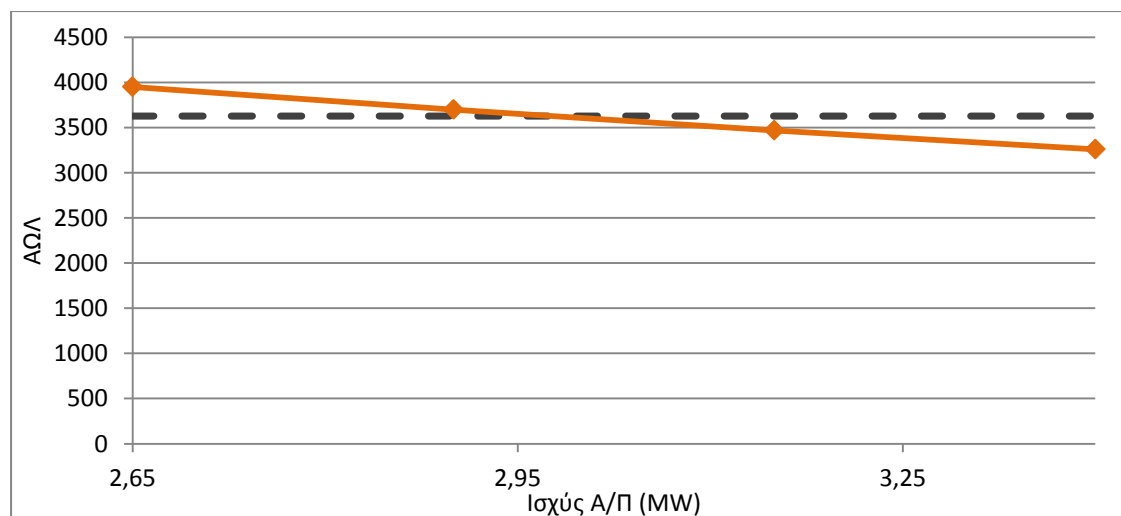
Στο Σχήμα 9 παρουσιάζεται ο υπολογιζόμενος συντελεστής χρησιμοποίησης συναρτήσει της συνολικής ισχύος Α/Π του συστήματος και σε όλες τις περιπτώσεις, προκύπτει χαμηλότερος του 27,5%.



Σχήμα 9: Συντελεστής χρησιμοποίησης Α/Π, συναρτήσει της συνολικής εγκατεστημένης αιολικής Ισχύος

Συνεπώς, καθώς το ΗΣ της Μήλου δεν μπορεί να υποδεχθεί πρόσθετη αιολική ισχύ πέραν της ήδη εγκατεστημένης, **προτείνεται το περιθώριο για Α/Π να τεθεί ίσο με 2,65MW.**

Στο επίπεδο αυτό, οι ΑΩΛ των Α/Π υπερκαλύπτουν τις ΣΑΩΛ όπως αυτές υπολογίζονται από τον πίνακα της σύμβασης για το έτος αναφοράς (Σχήμα 10).



Σχήμα 10: Υπολογιζόμενες ΑΩΛ, συναρτήσει της συνολικής εγκατεστημένης αιολικής Ισχύος

5.3 ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ

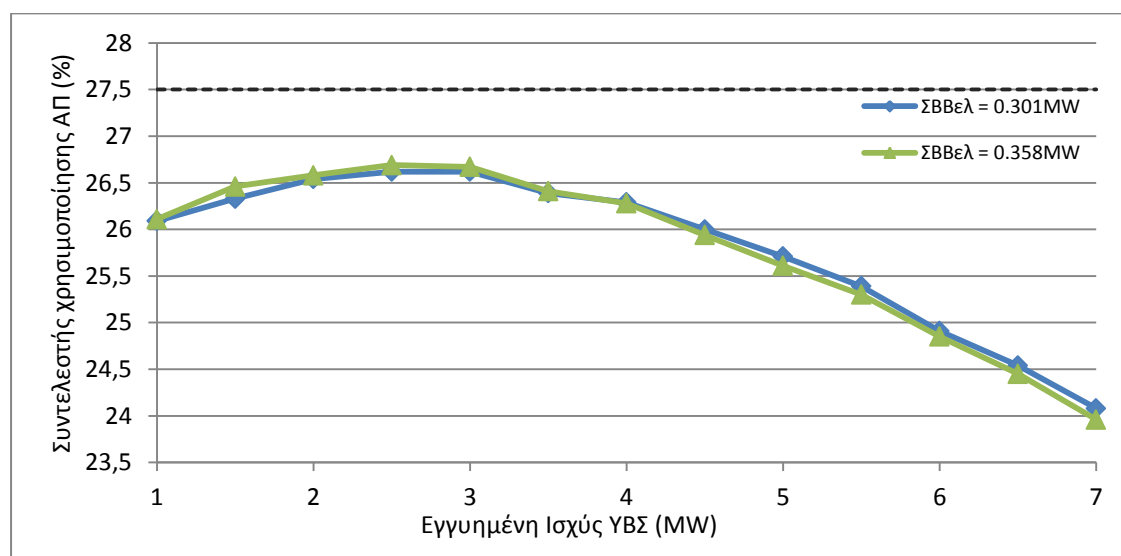
Συνεχίζοντας με την εύρεση των περιθωρίων ισχύος των Κατανεμόμενων Μονάδων ΑΠΕ, η εγκατεστημένη ισχύς των Μη Κατανεμόμενων Μονάδων ΑΠΕ θεωρείται σταθερή και ίση με το αντίστοιχο περιθώριο ισχύος όπως ορίζεται στις παραγράφους 5.1 και 5.2 (δηλαδή Α/Π 2,65MW, Φ/Β 1,1443MW και μΑ/Γ 0,02574MW).

Για τους ΣΒΒελ θεωρούνται δύο επίπεδα ισχύος: το πρώτο επίπεδο ισχύος ΣΒΒελ είναι ίσο με το προτεινόμενο περιθώριο στην απόφαση ΡΑΕ 616/2016, δηλαδή 301kW το δεύτερο λαμβάνεται ενδεικτικά περίπου ίσο με το 6% του μέσου φορτίου, που αντιστοιχεί στα επίπεδα εγκατεστημένης ισχύος που θεωρήθηκαν σε προηγούμενες μελέτες περιθωρίων, δηλαδή 358kW. Για κάθε επίπεδο ισχύος ΣΒΒελ εξετάζεται ευρύ σύνολο σεναρίων ΥΒΣ (Πίνακας 8).

Τεχνολογία ΑΠΕ	Σενάρια με ισχύ ΣΒΒελ βάσει ΡΑΕ 616/2016 (ισχύον περιθώριο)	Σενάρια με ισχύ ΣΒΒελ ίση προς 6% του μέσου φορτίου
Α/Π	2,65	
Φ/Β	1,1443	
μΑ/Γ	0,02574	
ΣΒΒμε	0	
ΣΒΒελ	0,301	0,358
ΥΒΣ	0–7 (με βήμα 0,5MW)	

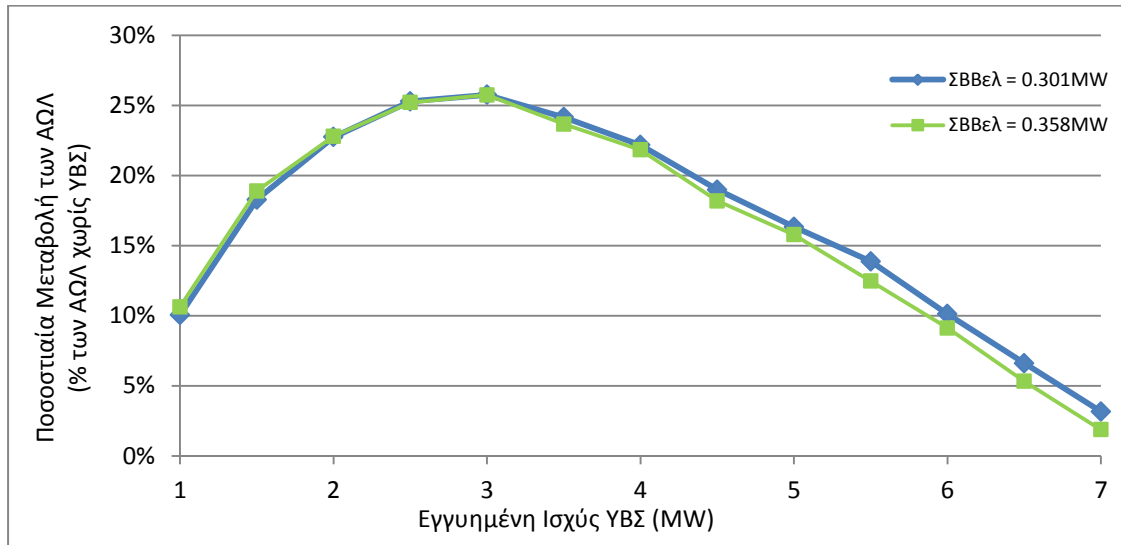
Πίνακας 8: Θεωρούμενη εγκατεστημένη ισχύς (MW) ανά τεχνολογία ΑΠΕ για το σύνολο των εξεταζόμενων σεναρίων για τον προσδιορισμό του περιθωρίου ισχύος ΥΒΣ για το ΗΣ της Μήλου.

Όπως επισημάνθηκε στην παράγραφο 5.2, ο συντελεστής χρησιμοποίησης των Α/Π στο ΗΣ της Μήλου είναι ήδη χαμηλότερος του 27,5% (Σχήμα 11), επομένως το κριτήριο εδώ δεν λαμβάνεται υπόψη για τον καθορισμό του περιθωρίου.



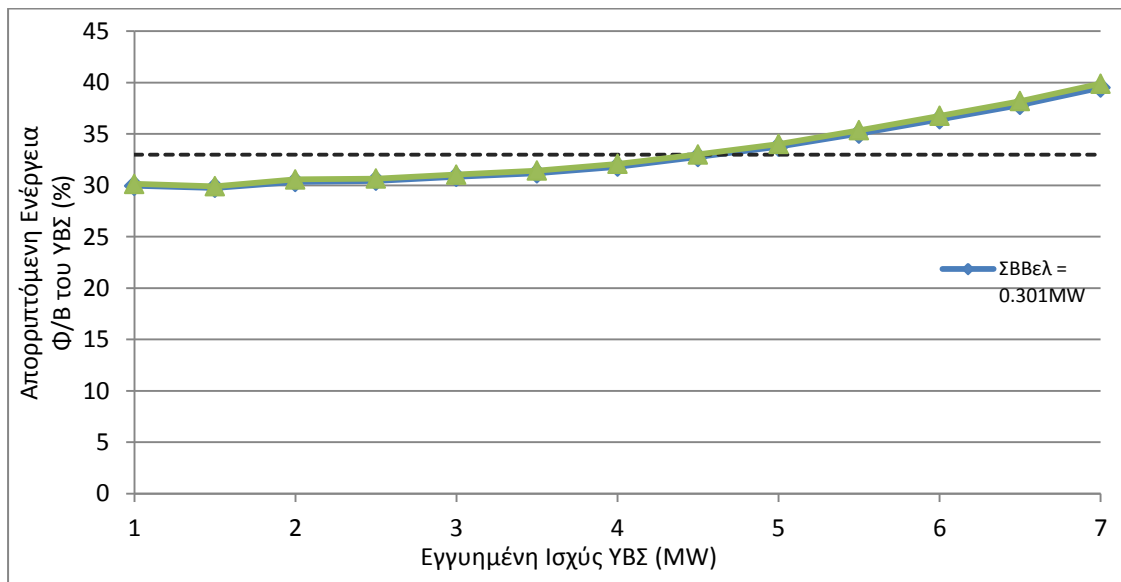
Σχήμα 11: Συντελεστής χρησιμοποίησης Α/Π, συναρτήσεως της εγκατεστημένης Ισχύος ΥΒΣ

Από την άλλη, το κριτήριο μηδενικής υστέρησης των υπολογιζόμενων ΑΩΛ σε σχέση με τις ΑΩΛ εν απουσία ΥΒΣ ικανοποιείται σε όλο το εύρος σεναρίων ΥΒΣ που εξετάζουμε, καθώς η παρουσία ΥΒΣ αυξάνει τις υπολογιζόμενες ΑΩΛ. Αυτό συμβαίνει γιατί ο ΥΒΣ καλύπτει φορτίο που ειδάλλως θα απαιτούσε την ένταξη επιπλέον θερμικής μονάδας.



Σχήμα 12: Ποσοστιαία Μεταβολή των ΑΩΛ, συναρτήσει της εγκατεστημένης Ισχύος ΥΒΣ

Το κριτήριο που καθορίζει τελικά το όριο διεύθυνσης ΥΒΣ αφορά την απορριπτόμενη ενέργεια του ΥΒΣ, που απεικονίζεται στο Σχήμα 13 ως ποσοστό της συνολικής δυνατότητας παραγωγής του Φ/Β σταθμού του ΥΒΣ, συναρτήσει της εγγυημένης ισχύος. Προκύπτει πως το ποσοστό διατηρείται μικρότερο του 33%, για ισχύεις έως 4,5MW.



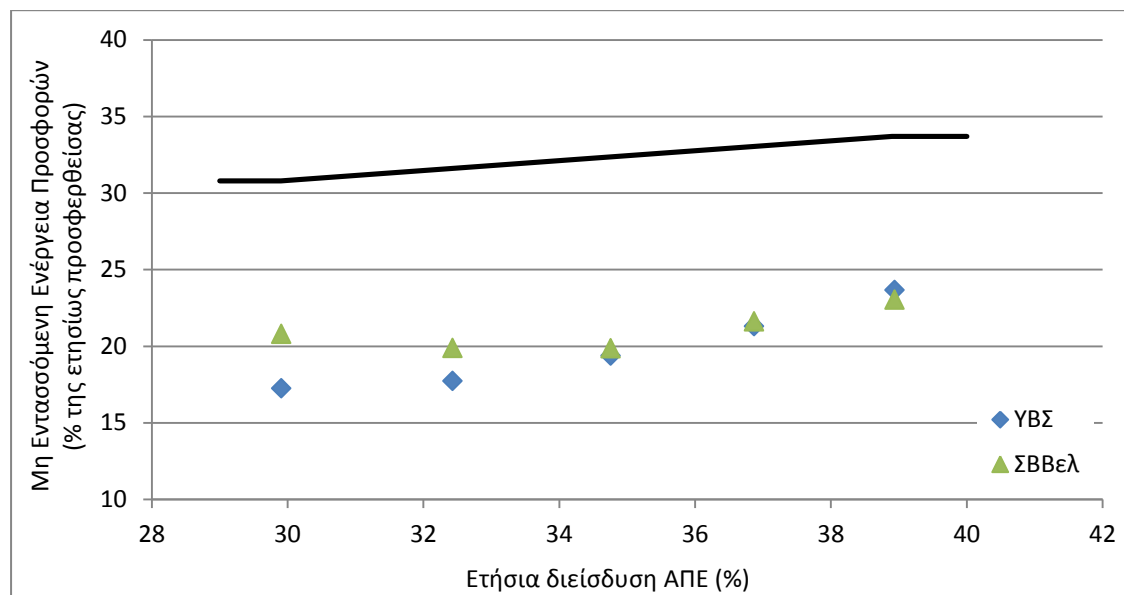
Σχήμα 13: Απορριπτόμενη Φ/Β ενέργεια του ΥΒΣ, συναρτήσει της εγκατεστημένης Ισχύος ΥΒΣ

Συμπερασματικά, το προτεινόμενο όριο διεύθυνσης ισχύος ΥΒΣ στο σύστημα Μήλου είναι 4,5 MW, λαμβάνοντας υπόψη τα νέα δεδομένα. Στο επίπεδο αυτό, ο συντελεστής χρησιμοποίησης του Α/Π είναι 25,94% και οι ΑΩΛ υπολογίζονται σε 4607,59h, παρουσιάζοντας αύξηση 18% συγκριτικά με τις υπολογιζόμενες ΑΩΛ εν απουσία ΥΒΣ.

Επιπλέον, διαπιστώνεται ότι η μεταβολή στην εγκατεστημένη ισχύ των ΣΒΒελ δεν επηρεάζει καθοριστικά το όριο αποδεκτής ισχύος ΥΒΣ και για τον λόγο αυτό **προτείνεται περιθώριο εγκατεστημένης ισχύος ΣΒΒελ 358kW.**

5.4 ΚΑΜΠΥΛΗ ΕΓΓΥΗΜΕΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

Στο Σχήμα 14 παρουσιάζεται η ΜΕΕ του εκάστοτε θεωρούμενου ΥΒΣ και ΣΒΒελ, ως ποσοστό της συνολικά προσφερθείσας ενέργειας από τον σταθμό σε ετήσια βάση, συναρτήσει της επιτυγχανόμενης διείσδυσης ΑΠΕ (% της ετήσιας ζήτησης).



Σχήμα 14: Μηνιαία εντασσόμενη ενέργεια προσφορών ΣΒΒελ και ΥΒΣ συναρτήσει της ετήσιας διείσδυσης ΑΠΕ (% του φορτίου) για το σύνολο των αποδεκτών σεναρίων για το ΗΣ Μήλου

Η καμπύλη εγγυήσεων ΜΕΕ διατηρεί σημαντική απόσταση ασφαλείας από τις τιμές ΜΕΕ των προσομοιώσεων (10%), δεδομένου ότι οι τελευταίες παρουσιάζουν σημαντική ευαισθησία ως προς διάφορες παραμέτρους διαχείρισης του συστήματος, οι οποίες σε επίπεδο ανάλυσης προσεγγίζονται κατά το δυνατόν πιο αξιόπιστα, αλλά δεν μπορούν να προεξοφληθούν σε σχέση με τη μελλοντική εφαρμογή τους.

5.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για τον προσδιορισμό των δυνατοτήτων ανάπτυξης νέου δυναμικού ΑΠΕ (Α/Π, Φ/Β, μΑ/Γ, ΣΒΒ, ΥΒΣ) στη Μήλο μελετάται η λειτουργία του εν λόγω ΗΣ λαμβάνοντας υπόψη τα νέα δεδομένα όπως διαμορφώνονται στο νησί. Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε για έτος αναφοράς του οποίου η καμπύλη φορτίου προσεγγίζει την αναμενόμενη ζήτηση του έτους 2022 (ετήσια αιχμή 12,67MW).

Η πολιτική διαχείρισης, η οποία εφαρμόζεται στην προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος, αναπτύχθηκε στα πλαίσια προγενέστερου έργου μελέτης των περιθωρίων ΑΠΕ στα ΜΔΝ και υιοθετείται στην παρούσα μελέτη με την κατάλληλη παραμετροποίηση.

Για την αξιολόγηση της αποδεκτότητας των διαφόρων σεναρίων διείσδυσης ΑΠΕ εφαρμόζονται τα κριτήρια του συντελεστή χρησιμοποίησης Α/Π, της τήρησης των ΑΩΛ και της ελάχιστης φόρτισης

συμβατικών μονάδων. Τελικά, το περιθώριο των Α/Π, ως Μη Κατανεμόμενες – Μη Ελεγχόμενες Μονάδες που δέχονται Εντολή Κατανομής επιπέδου παραγωγής καθορίζεται μέσω του κριτηρίου του συντελεστή χρησιμοποίησης Α/Π στα **2,65MW**. Για τις λοιπές Μη Κατανεμόμενες – Μη Ελεγχόμενες Μονάδες (Φ/Β, μΑ/Γ και ΣΒΒμε) το κριτήριο που επηρεάζει καθοριστικά το αντίστοιχο όριο εγκατεστημένης ισχύος είναι εκείνο της ελάχιστης φόρτισης των συμβατικών μονάδων παραγωγής, βάσει του οποίου προκύπτει αθροιστικό περιθώριο ίσο προς **1,17MW** (μειωμένο κατά 17% σε σχέση με το ισχύον περιθώριο όπως αναφέρεται στην απόφαση ΡΑΕ 616/2016), ενδεικτικά επιμεριζόμενο σε **1,144MW** για τα Φ/Β και **26kW** για τις μΑ/Γ.

Τα εξεταζόμενα σενάρια διείσδυσης ΥΒΣ αξιολογούνται με τα κριτήρια τήρησης των ΣΑΩΛ των υφιστάμενων Α/Π (χωρίς περιθώριο υστέρησης των ετήσιων ΑΩΛ σε σχέση με τις συμβατικές) και απορριπτόμενης ενέργειας κατανεμόμενων ΑΠΕ, ενώ προσομοιώθηκαν θεωρώντας εγκατεστημένες τις συνολικές ισχείς των νέων περιθωρίων για τους λοιπούς σταθμούς ΑΠΕ και δύο διακριτά επίπεδα εγκατεστημένης ισχύος ΣΒΒελ (ισχύον περιθώριο και 6% του μέσου φορτίου). Διαπιστώνεται ότι η μεταβολή στην εγκατεστημένη ισχύ των ΣΒΒελ δεν επηρεάζει καθοριστικά το όριο αποδεκτής ισχύος ΥΒΣ και για τον λόγο αυτό προτείνεται **περιθώριο εγκατεστημένης ισχύος ΣΒΒελ 358kW**. Τελικά, το **περιθώριο διείσδυσης για τους ΥΒΣ καθορίζεται μέσω του κριτηρίου της απορριπτόμενης ενέργειας ΑΠΕ του ΥΒΣ στα 4,5 MW**.

Τέλος, εξετάστηκαν οι εγγυήσεις απορρόφησης τις οποίες οφείλει να παρέχει ο Διαχειριστής ΜΔΝ στους κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ μέσω των συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας. Το προς συμβολαιοποίηση μέγεθος είναι η μη εντασσόμενη ενέργεια (ΜΕΕ) προσφορών των σταθμών, εκφρασμένη ως ποσοστό επί της συνολικά προσφερθείσας. Το μέγεθος αυτό παρουσιάζει ισχυρή συσχέτιση με τη συνολική διείσδυση ΑΠΕ στο σύστημα ΜΔΝ, η οποία εκφράζει τη συμφόρηση και συνεπώς τις περικοπές στις προσφορές των σταθμών. Η συσχέτιση της μη εντασσόμενης ενέργειας της κάθε διαστασιολόγησης ΥΒΣ με τη διείσδυση ΑΠΕ για τα αποδεκτά σενάρια ΥΒΣ σχηματίζει νέφος σημείων, βάσει του οποίου χαράχθηκε η καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης.

Σημειώνεται, τέλος, ότι η προτεινόμενη καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης της προσφερόμενης ενέργειας των κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ (καμπύλες άνω ορίου μη εντασσόμενης ενέργειας– ΜΕΕ) εμφανίζουν υψηλότερες ανοχές σε σχέση με αυτές της αρχικής μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΕΡΕΙΚΟΥΣΣΑΣ**6.1 ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ**

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της λειτουργίας του συστήματος της Ερεικούσας για το έτος 2022 και τα εκτιμώμενα περιθώρια διείσδυσης Υβριδικών σταθμών με σύστημα αποθήκευσης μπαταριών και Φ/Β ως συνιστώσα ΑΠΕ. Στην Ερεικούσσα έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής για ΥΒΣ με συνδυασμό μπαταριών και φωτοβολταϊκών, εγγυημένης ισχύος 0,084 MW. Η σύνθεση του αδειοδοτημένου ΥΒΣ παρουσιάζεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Εταιρία	Άδεια Παραγωγής	Φ/Β	Εγγυημένη Ισχύς	Εγκ.ΦΒ/ Εγγ.Ισχύ	Αντιστροφέας	Φορτιστές	Ωφέλιμη Χωρητικότητα Μπαταριών
Ελληνικοί Υβριδικοί Σταθμοί Α.Ε.	ΡΑΕ 543-06.03.2020	0,28 MW	0,084 MW	333%	0,16 MW	0,24 MW	0,5712 MWh ή 6,8 ώρες

Πίνακας 9 : Αδειοδοτημένος ΥΒΣ στην Ερεικούσσα

Βάσει της ανωτέρω άδειας, εξετάζονται σενάρια ΥΒΣ με εγκατεστημένη ισχύ Φ/Β από 150% έως 400% της εγγυημένης ισχύος του ΥΒΣ με βήμα 50% και ωφέλιμη χωρητικότητα του συστήματος συσσωρευτών 6, 7, 9 και 10 ώρες.

Συνοπτικά, η θεωρούμενη εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ και το εύρος εξέτασης της εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ εμφανίζονται παρακάτω.

Κατηγορία σταθμού	Ισχύς σεναρίων
Φ/Β	34,3kW
μΑ/Γ	0,46kW
ΥΒΣ	15-160kW εγγυημένη με βήμα 5kW

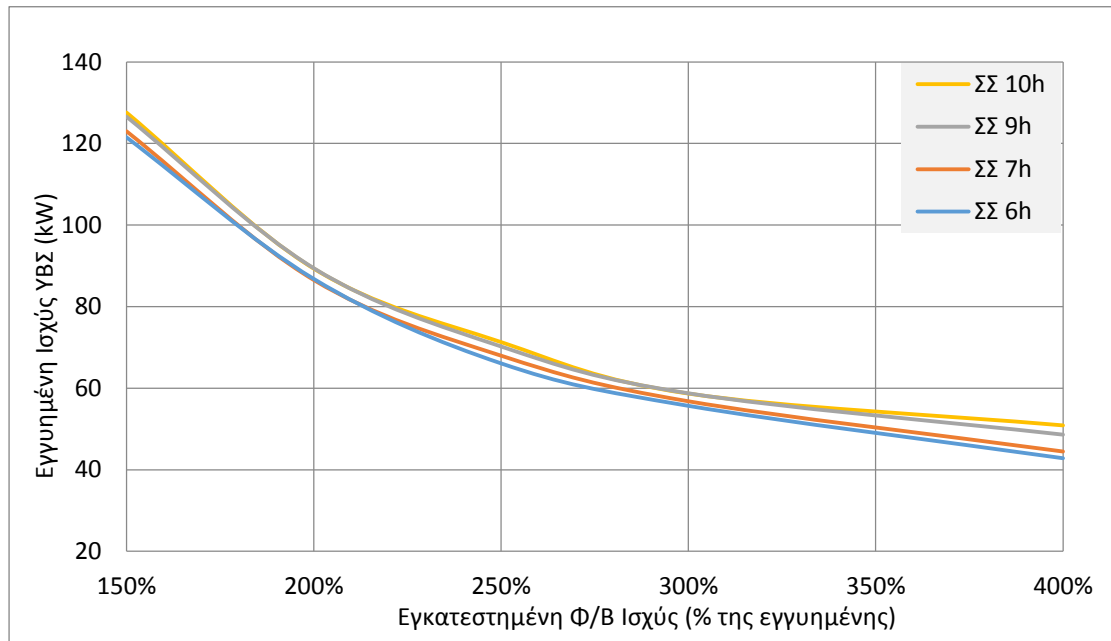
Πίνακας 10: Θεωρούμενη ισχύς ανά τεχνολογία ΑΠΕ/ΥΒΣ

6.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ/ΕΓΓΥΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΥΒΣ ΣΤΟ ΗΣ ΕΡΕΙΚΟΥΣΣΑΣ

Για τον προσδιορισμό των ορίων ισχύος των κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις της ετήσιας λειτουργίας του συστήματος με δεδομένη τη σύνθεση του μείγματος των μη ελεγχόμενων μονάδων και μεταβάλλοντας την ισχύ των ΥΒΣ (εγγυημένη και εγκατεστημένη ΑΠΕ) ώστε να καλύπτονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί. Στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων εφαρμόστηκαν τα κριτήρια αποκλεισμού του Κεφαλαίου 3 και προέκυψε το σύνολο των αποδεκτών σεναρίων διείσδυσης ΥΒΣ.

Στο Σχήμα 15 παρατίθενται οι καμπύλες των μέγιστων αποδεκτών τιμών ισχύος ΥΒΣ, για τα σενάρια χαμηλής και αυξημένης διείσδυσης. Η κάθε καμπύλη ουσιαστικά αποτελεί την περιβάλλουσα των

αποδεκτών σεναρίων ΥΒΣ, αφού οι συνδυασμοί ισχύος που περιέχονται μεταξύ της καμπύλης και των αξόνων γενικά αντιστοιχούν σε αποδεκτές καταστάσεις χαμηλότερης διείσδυσης.



Σχήμα 15 : Καμπύλες περιθωρίων εγγυημένης – εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ για το ΗΣ Ερεϊκούσσας

Από το Σχήμα 15 παρατηρείται ότι η αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος αποθήκευσης οδηγεί σε μεγαλύτερο περιθώριο ΥΒΣ καθώς οι απορρίψεις πρωτογενούς ενέργειας ΑΠΕ είναι μειωμένες. Η επιλογή όμως συστήματος αποθήκευσης μεγαλύτερης χωρητικότητας αυξάνει το κόστος και ενδεχομένως καθιστά τη σχετική επένδυση μη βιώσιμη. Μετά από ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια προηγούμενης μελέτης ([6]), για την εύρεση του σημείου ισορροπίας μεταξύ αυτών των δύο αντικρουόμενων στόχων (δηλαδή της μειωμένης απορριπτόμενης πρωτογενούς ενέργειας και της διασφάλισης της βιωσιμότητας της σχετικής επένδυσης), προκύπτει ότι η βέλτιστη χωρητικότητα των μπαταριών βρίσκεται στο επίπεδο μεταξύ 6 και 7 ωρών.

Επιπλέον, είναι φανερό από το παραπάνω Σχήμα ότι η υπερδιαστασιολόγηση των Φ/Β του υβριδικού συστήματος οδηγεί σε σημαντικό περιορισμό του περιθωρίου διείσδυσης, ανεξάρτητα από το μέγεθος του διαθέσιμου αποθηκευτικού συστήματος. Πρακτικά αυτό σημαίνει πως η μεγάλη ισχύς ΑΠΕ, ενώ ενδεχομένως δύναται να αποθηκευθεί όταν υφίσταται ανάλογο ΣΣ, δεν μπορεί να απορροφηθεί από το δίκτυο, καθώς η ισχύς έγχυσης περιορίζεται από την εγγυημένη ισχύ του σταθμού, η οποία είναι κατά πολύ μικρότερη (έως και 4 φορές) της ισχύος ΑΠΕ.

Στον Πίνακα 11 δίνονται οι μέγιστες αποδεκτές τιμές ισχύος ΥΒΣ για το σύστημα της Ερεϊκούσσας, κατά αντιστοιχία με τις παραπάνω καμπύλες. Για οποιοδήποτε ΥΒΣ διαφορετικής διαστασιολόγησης, το αποδεκτό όριο εγγυημένης ισχύος υπολογίζεται με γραμμική παρεμβολή των δύο πλησιέστερων διαμορφώσεων. Επί παραδείγματι, για τον έλεγχο του αδειοδοτημένου ΥΒΣ με εγκατεστημένα ΑΠΕ 333% και ΣΣ 6,8 ωρών, λαμβάνονται οι διαμορφώσεις 300% - 350% για τα ΑΠΕ και 6 – 7 ώρες για το σύστημα αποθήκευσης. **Με γραμμική παρεμβολή υπολογίζεται το όριο στα 53kW.**

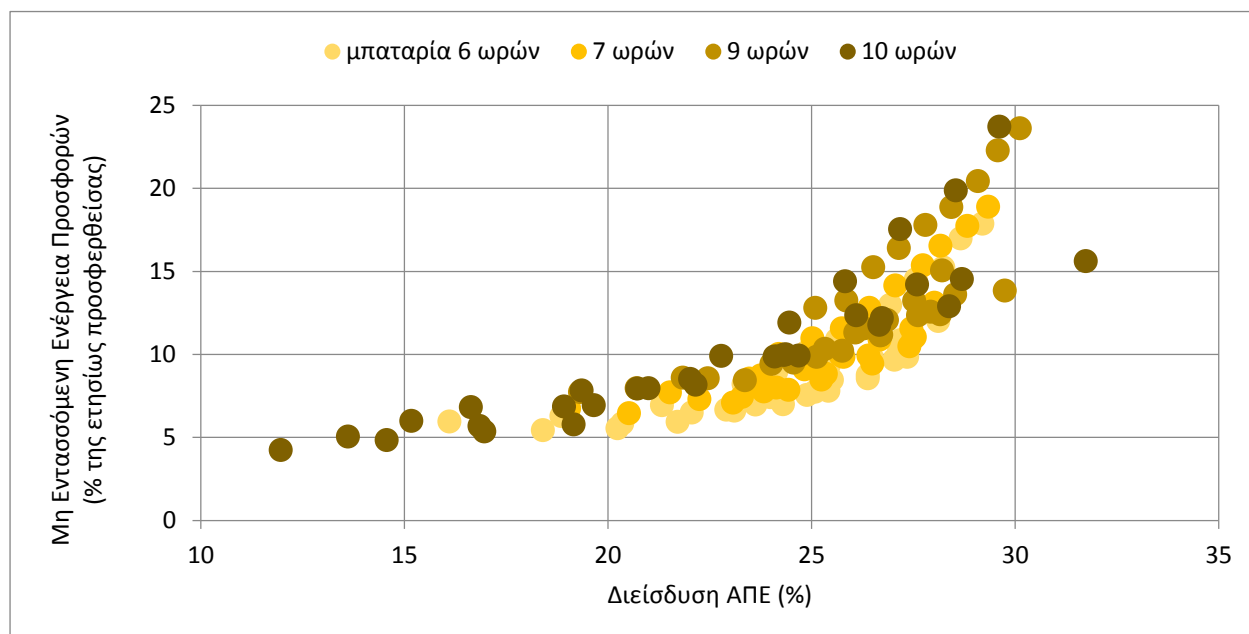
Όριο εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ (kW)		Χωρητικότητα ΣΣ (σε ώρες παροχής εγγυημένης ισχύος)			
		6 ώρες	7 ώρες	9 ώρες	10 ώρες
Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β (% της εγγυημένης)	150%	122	123	127	128
	200%	87	87	89	89
	250%	66	68	70	71
	300%	56	57	59	59
	350%	49	51	54	55
	400%	43	44	49	51

Πίνακας 11 : Περιθώριο διείσδυσης ΥΒΣ συναρτήσει της διαστασιολόγησης των ΑΠΕ και του ΣΣ για το σύστημα της Ερεϊκούσσας

Λόγω του πολύ μικρού μεγέθους ΥΒΣ που μπορεί να υποδεχθεί το σύστημα, κρίνεται σκόπιμο να εγκατασταθεί ένας μόνο σταθμός στο ΗΣ, ο οποίος και να εξαντλήσει το περιθώριο. Σε περίπτωση όμως που ο πρώτος αποδεκτός ΥΒΣ που εγκατασταθεί δεν καλύψει το περιθώριο, όπως αυτό προκύπτει από τα παραπάνω διαγράμματα ή αναλυτικότερα από τον Πίνακα 11, τότε θα εξεταστεί εκ νέου το τυχόν εναπομείναν περιθώριο για την ένταξη και δεύτερου ΥΒΣ.

6.3 ΕΓΓΥΗΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ ΥΒΣ ΕΡΕΙΚΟΥΣΣΑΣ

Στο Σχήμα 16 παρουσιάζονται τα επίπεδα μη εντασσόμενης ενέργειας (ΜΕΕ) προσφορών των αποδεκτών σεναρίων που προέκυψαν από την ανάλυση της προηγούμενης ενότητας, προκειμένου να διαμορφωθεί εικόνα ως προς τις αναγκαίες εγγυήσεις απορρόφησης τις οποίες οφείλει να παρέχει ο Διαχειριστής ΜΔΝ στους κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ.

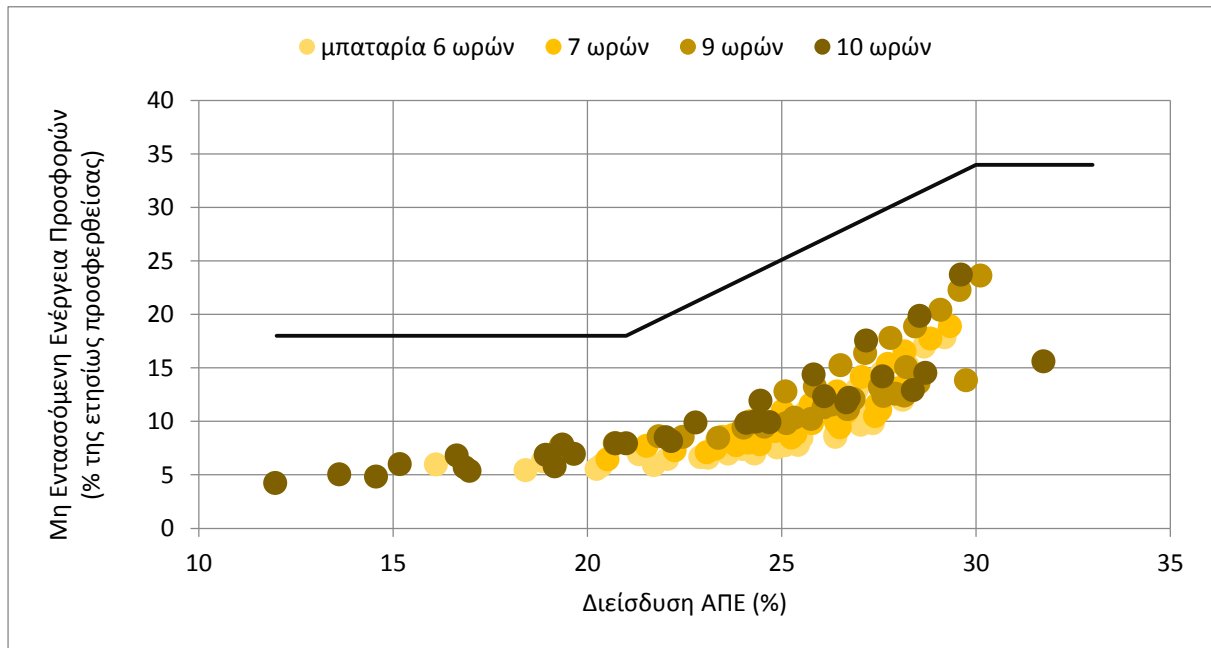


Σχήμα 16 : Μη εντασσόμενη ενέργεια προσφορών αποδεκτών σεναρίων ΥΒΣ με μπαταρία 6 και 7 ωρών στο ΗΣ Ερεϊκούσσας

Όπως διαπιστώθηκε σε προηγούμενο έργο, το καταλληλότερο μέγεθος προς συμβολαιοποίηση είναι η μη εντασσόμενη ενέργεια των προσφορών των κατανεμόμενων σταθμών (εδώ ΥΒΣ). Η ενέργεια αυτή περιλαμβάνει την προσφερόμενη από τον σταθμό ενέργεια (Δηλώσεις Παραγωγής Α' και Β' Περιόδου ΚΗΕΠ), η οποία δεν κατέστη δυνατό να απορροφηθεί από το δίκτυο λόγω συμφόρησης, είτε στη φάση του προγραμματισμού (κατάρτιση και αναθεώρηση του ΚΗΕΠ και κατάρτιση των προγραμμάτων

κατανομής) είτε στη φάση της λειτουργίας. Υπενθυμίζεται ότι η παραπάνω ενέργεια δεν απορρίπτεται κατ' ανάγκην, εφόσον υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης, αλλά επαναπροσφέρεται την επόμενη περίοδο ΚΗΕΠ. Η απορριπτόμενη ενέργεια πρωτογενούς πηγής των σταθμών ΑΠΕ αντανακλά επίσης την αποθηκευτική ικανότητα και την εσωτερική διαστασιολόγηση του κάθε σταθμού ΑΠΕ και συνεπώς δεν ταυτίζεται με τη μη εντασσόμενη ενέργεια των προσφορών, ωστόσο παρουσιάζει συσχέτιση με αυτή.

Λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα αποδεκτά σενάρια και τηρώντας ένα εύλογο περιθώριο ασφαλείας της τάξης του 10%, προκύπτει η καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης που εικονίζεται στο Σχήμα 17 με ευθείας γραμμή μαύρου χρώματος.



Σχήμα 17 : Καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης στο ΗΣ Ερεϊκούσσας

6.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της διερεύνησης εξετάστηκε η λειτουργία του ΗΣ με την ένταξη των εγκεκριμένων περιθωρίων ΑΠΕ βάσει της απόφασης 616/2016 της ΡΑΕ αλλά και με την λειτουργία ΥΒΣ. Δεν συμπεριλήφθηκαν ΗΟΣ, ΣΒΒ και Α/Π λόγω μεγέθους του ΗΣ, αλλά και απουσίας επενδυτικού ενδιαφέροντος.

Η πολιτική διαχείρισης η οποία εφαρμόζεται στην προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος της Ερεϊκούσσας, αναπτύχθηκε στα πλαίσια προγενέστερου έργου μελέτης των περιθωρίων ΑΠΕ στα ΜΔΝ και υιοθετείται στην παρούσα μελέτη με την κατάλληλη παραμετροποίηση.

Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε για έτος αναφοράς του οποίου η καμπύλη φορτίου προσεγγίζει την αναμενόμενη ζήτηση του έτους 2022 (ετήσια αιχμή 450 kW).

Για την αξιολόγηση της αποδεκτότητας των διαφόρων σεναρίων διείσδυσης ΑΠΕ εφαρμόζονται δύο από τα επτά κριτήρια των προηγούμενων μελετών: η τήρηση της ελάχιστης φόρτισης των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων και η απορριπτόμενη πρωτογενής ενέργεια των σταθμών ΑΠΕ έως 1/3 της διαθέσιμης.

Για τον προσδιορισμό των ορίων ισχύος ΥΒΣ εξετάστηκαν υβριδικοί με μπαταρίες και Φ/Β ως τεχνολογία ΑΠΕ. Δοκιμάστηκαν διάφορες διαστασιολογήσεις τόσο των Φ/Β όσο και του συστήματος αποθήκευσης και προέκυψε ένα εύρος περιθωρίων το οποίο αποδόθηκε με καμπύλες περιθωρίων αλλά και ως Πίνακας μέγιστων αποδεκτών τιμών εγγυημένης ισχύος για τον ακριβέστερο υπολογισμό του περιθωρίου. Η μέγιστη αποδεκτή ισχύς ΥΒΣ, για συγκεκριμένη διαστασιολόγηση των συνιστωσών του ΥΒΣ, αγγίζει το 28% της αιχμής του συστήματος. Σε κάθε περίπτωση, ο ακριβής προσδιορισμός του περιθωρίου για κάθε πιθανή διαμόρφωση σταθμού γίνεται με χρήση του Πίνακα 11.

Τέλος, εξετάστηκαν οι εγγυήσεις απορρόφησης τις οποίες οφείλει να παρέχει ο Διαχειριστής ΜΔΝ στους κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ μέσω των συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας. Το προς συμβολαιοποίηση μέγεθος είναι η μη εντασσόμενη ενέργεια (ΜΕΕ) προσφορών των σταθμών, εκφρασμένη ως ποσοστό επί της συνολικά προσφερθείσας. Το μέγεθος αυτό παρουσιάζει ισχυρή συσχέτιση με τη συνολική διείσδυση ΑΠΕ στο σύστημα ΜΔΝ, η οποία εκφράζει τη συμφόρηση και συνεπώς τις περικοπές στις προσφορές των σταθμών. Η συσχέτιση της μη εντασσόμενης ενέργειας της κάθε διαστασιολόγησης ΥΒΣ με τη διείσδυση ΑΠΕ για τα αποδεκτά σενάρια ΥΒΣ σχηματίζει νέφος σημείων, βάσει του οποίου χαράχθηκε η καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΓΑΘΟΝΗΣΙΟΥ**7.1 ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ**

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της λειτουργίας του συστήματος του Αγαθονησίου για το έτος 2022 και τα εκτιμώμενα περιθώρια διείσδυσης Υβριδικών σταθμών με σύστημα αποθήκευσης μπαταριών και Φ/Β ως συνιστώσα ΑΠΕ. Στο Αγαθονήσι έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής για ΥΒΣ με συνδυασμό μπαταριών και φωτοβολταϊκών, εγγυημένης ισχύος 0,057 MW. Η σύνθεση του αδειοδοτημένου ΥΒΣ παρουσιάζεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Εταιρία	Άδεια Παραγωγής	Φ/Β	Εγγυημένη Ισχύς	Εγκ.ΦΒ/ Εγγ.Ισχύ	Αντιστροφείας	Φορτιστές	Ωφέλιμη Χωρητικότητα Μπαταριών
Ελληνικοί Υβριδικοί Σταθμοί Α.Ε.	ΡΑΕ 541-06.03.2020	0,23 MW	0,05679 MW	405%	0,12 MW	0,24 MW	0,571 MWh ή 10 ώρες

Πίνακας 12: Αδειοδοτημένος ΥΒΣ στο Αγαθονήσι

Βάσει της ανωτέρω άδειας, εξετάζονται σενάρια ΥΒΣ με εγκατεστημένη ισχύ Φ/Β από 150% έως 400% της εγγυημένης ισχύος του ΥΒΣ με βήμα 50% και ωφέλιμη χωρητικότητα του συστήματος συσσωρευτών 6, 7, 8 και 10 ώρες.

Συνοπτικά, η θεωρούμενη εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ και το εύρος εξέτασης της εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ εμφανίζονται παρακάτω.

Κατηγορία σταθμού	Ισχύς σεναρίων
Φ/Β	26kW
μΑ/Γ	0,34kW
ΥΒΣ	15-170kW εγγυημένη με βήμα 5kW

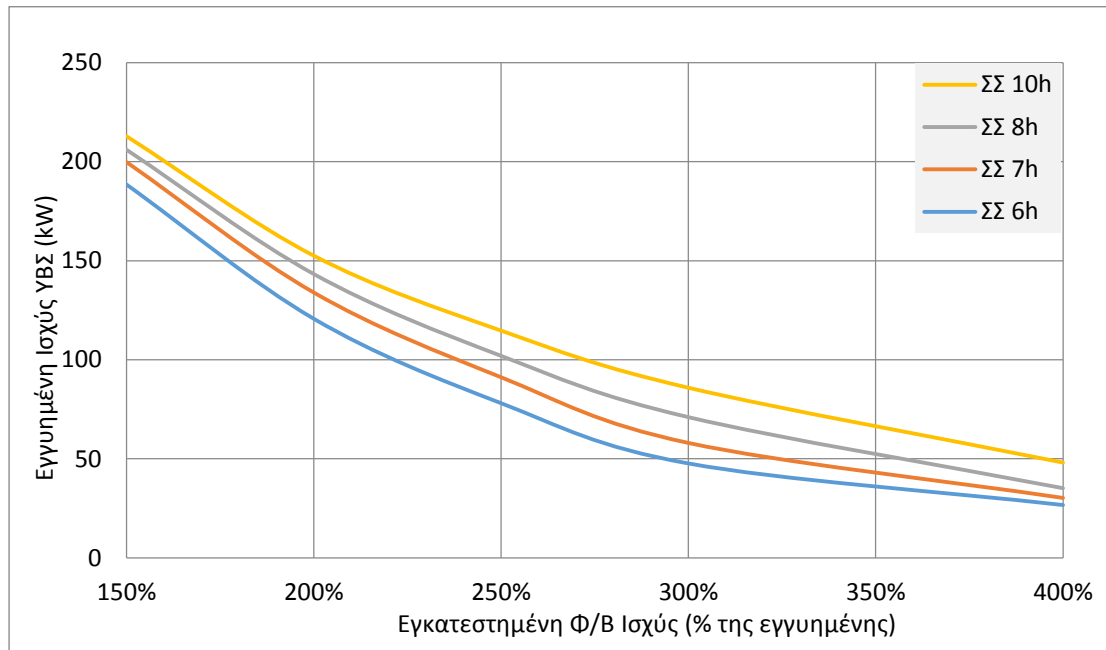
Πίνακας 13: Θεωρούμενη ισχύς ανά τεχνολογία ΑΠΕ/ΥΒΣ

7.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ/ΕΓΓΥΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΥΒΣ ΣΤΟ ΗΣ ΑΓΑΘΟΝΗΣΙΟΥ

Για τον προσδιορισμό των ορίων ισχύος των κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις της ετήσιας λειτουργίας του συστήματος με δεδομένη τη σύνθεση του μείγματος των μη ελεγχόμενων μονάδων και μεταβάλλοντας την ισχύ των ΥΒΣ (εγγυημένη και εγκατεστημένη ΑΠΕ) ώστε να καλύπτονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί. Στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων εφαρμόστηκαν τα κριτήρια αποκλεισμού του Κεφαλαίου 3 και προέκυψε το σύνολο των αποδεκτών σεναρίων διείσδυσης ΥΒΣ.

Στο Σχήμα 18 παρατίθενται οι καμπύλες των μέγιστων αποδεκτών τιμών ισχύος ΥΒΣ, για τα σενάρια χαμηλής και αυξημένης διείσδυσης. Η κάθε καμπύλη ουσιαστικά αποτελεί την περιβάλλουσα των

αποδεκτών σεναρίων ΥΒΣ, αφού οι συνδυασμοί ισχύος που περιέχονται μεταξύ της καμπύλης και των αξόνων γενικά αντιστοιχούν σε αποδεκτές καταστάσεις χαμηλότερης διείσδυσης.



Σχήμα 18 : Καμπύλες περιθωρίων εγγυημένης – εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ για το ΗΣ Αγαθονησίου

Από το Σχήμα 18 παρατηρείται ότι η αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος αποθήκευσης οδηγεί σε μεγαλύτερο περιθώριο ΥΒΣ καθώς οι απορρίψεις πρωτογενούς ενέργειας ΑΠΕ είναι μειωμένες. Η επιλογή όμως συστήματος αποθήκευσης μεγαλύτερης χωρητικότητας αυξάνει το κόστος και ενδεχομένως καθιστά τη σχετική επένδυση μη βιώσιμη, όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο Κεφάλαιο. Μετά από ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια προηγούμενης μελέτης ([6]), για την εύρεση του σημείου ισορροπίας μεταξύ αυτών των δύο αντικρουόμενων στόχων (δηλαδή της μειωμένης απορριπτόμενης πρωτογενούς ενέργειας και της διασφάλισης της βιωσιμότητας της σχετικής επένδυσης), προκύπτει ότι η βέλτιστη χωρητικότητα των μπαταριών βρίσκεται στο επίπεδο μεταξύ 6 και 7 ωρών.

Επιπλέον, είναι φανερό από το παραπάνω Σχήμα ότι η υπερδιαστασιολόγηση των Φ/Β του υβριδικού συστήματος οδηγεί σε σημαντικό περιορισμό του περιθωρίου διείσδυσης, ανεξάρτητα από το μέγεθος του διαθέσιμου αποθηκευτικού συστήματος. Πρακτικά αυτό σημαίνει πως η μεγάλη ισχύς ΑΠΕ, ενώ ενδεχομένως δύναται να αποθηκευθεί όταν υφίσταται ανάλογο ΣΣ, δεν μπορεί να απορροφηθεί από το δίκτυο, καθώς η ισχύς έγχυσης περιορίζεται από την εγγυημένη ισχύ του σταθμού, η οποία είναι κατά πολύ μικρότερη (έως και 4 φορές) της ισχύος ΑΠΕ.

Στον Πίνακα 14 δίνονται οι μέγιστες αποδεκτές τιμές ισχύος ΥΒΣ για το σύστημα του Αγαθονησίου, κατά αντιστοιχία με τις παραπάνω καμπύλες. Για οποιοδήποτε ΥΒΣ διαφορετικής διαστασιολόγησης, το αποδεκτό όριο εγγυημένης ισχύος υπολογίζεται με γραμμική παρεμβολή των δύο πλησιέστερων διαμορφώσεων. Επί παραδείγματι, για τον έλεγχο του αδειοδοτημένου ΥΒΣ με εγκατεστημένα ΑΠΕ 405% και ΣΣ 10 ωρών, λαμβάνονται οι διαμορφώσεις 350% - 400% για τα ΑΠΕ και 10 ώρες για το σύστημα αποθήκευσης. **Με γραμμική παρεμβολή υπολογίζεται το όριο εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ στα 46kW.**

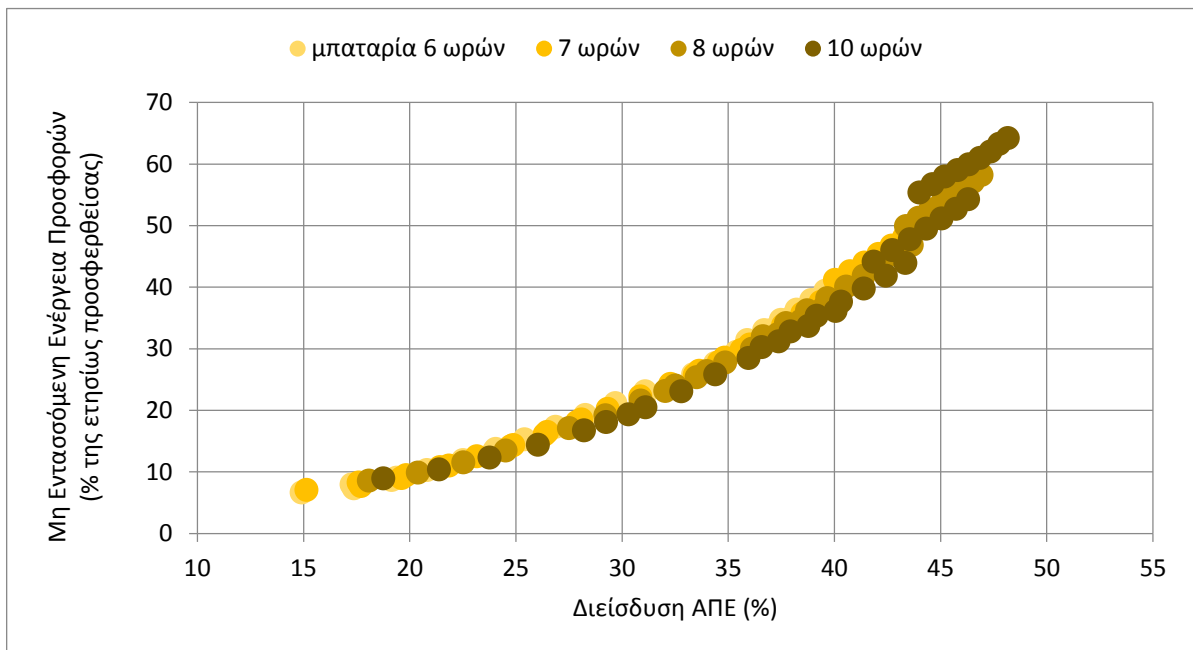
Όριο εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ (kW)		Χωρητικότητα ΣΣ (σε ώρες παροχής εγγυημένης ισχύος)			
		6 ώρες	7 ώρες	8 ώρες	10 ώρες
Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β (% της εγγυημένης)	150%	188	200	206	213
	200%	121	134	143	153
	250%	78	91	102	115
	300%	48	58	71	86
	350%	37	44	53	67
	400%	27	30	35	48

Πίνακας 14 : Περιθώριο διείσδυσης ΥΒΣ συναρτήσει της διαστασιολόγησης των ΑΠΕ και του ΣΣ για το σύστημα του Αγαθονησίου

Λόγω του πολύ μικρού μεγέθους ΥΒΣ που μπορεί να υποδεχθεί το σύστημα, κρίνεται σκόπιμο να εγκατασταθεί ένας μόνο σταθμός στο ΗΣ, ο οποίος και να εξαντλήσει το περιθώριο. Σε περίπτωση όμως που ο πρώτος αποδεκτός ΥΒΣ που εγκατασταθεί δεν καλύψει το περιθώριο, όπως αυτό προκύπτει από τα παραπάνω διαγράμματα ή αναλυτικότερα από τον Πίνακα 14, τότε θα εξεταστεί εκ νέου το τυχόν εναπομείναν περιθώριο για την ένταξη και δεύτερου ΥΒΣ.

7.3 ΕΓΓΥΗΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ ΥΒΣ ΑΓΑΘΟΝΗΣΙΟΥ

Στο Σχήμα 19 παρουσιάζονται τα επίπεδα μη εντασσόμενης ενέργειας (ΜΕΕ) προσφορών των αποδεκτών σεναρίων που προέκυψαν από την ανάλυση της προηγούμενης ενότητας, προκειμένου να διαμορφωθεί εικόνα ως προς τις αναγκαίες εγγυήσεις απορρόφησης τις οποίες οφείλει να παρέχει ο Διαχειριστής ΜΔΝ στους κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ.

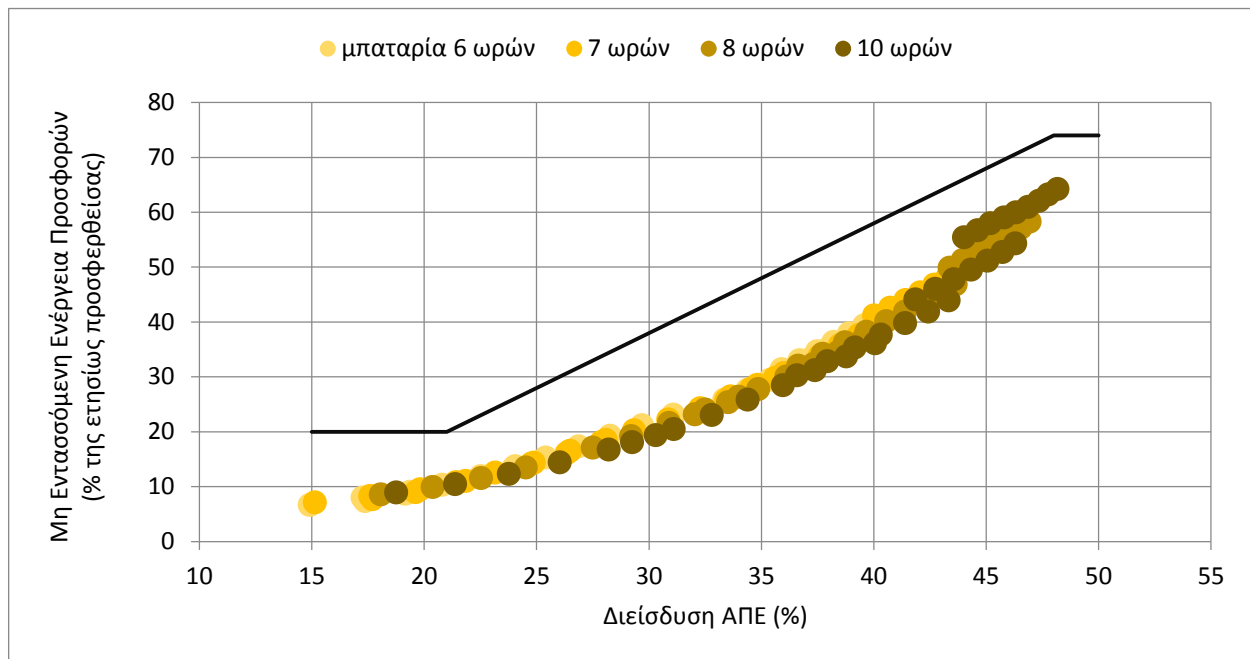


Σχήμα 19 : Μη εντασσόμενη ενέργεια προσφορών αποδεκτών σεναρίων ΥΒΣ με μπαταρία 5, 6, 7, 8 και 12 ωρών στο ΗΣ Αγαθονησίου

Όπως διαπιστώθηκε σε προηγούμενο έργο, το καταλληλότερο μέγεθος προς συμβολαιοποίηση είναι η μη εντασσόμενη ενέργεια των προσφορών των κατανεμόμενων σταθμών (εδώ ΥΒΣ). Η ενέργεια αυτή περιλαμβάνει την προσφερόμενη από τον σταθμό ενέργεια (Δηλώσεις Παραγωγής Α' και Β' Περιόδου

ΚΗΕΠ), η οποία δεν κατέστη δυνατό να απορροφηθεί από το δίκτυο λόγω συμφόρησης, είτε στη φάση του προγραμματισμού (κατάρτιση και αναθεώρηση του ΚΗΕΠ και κατάρτιση των προγραμμάτων κατανομής) είτε στη φάση της λειτουργίας. Υπενθυμίζεται ότι η παραπάνω ενέργεια δεν απορρίπτεται κατ' ανάγκην, εφόσον υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης, αλλά επαναπροσφέρεται την επόμενη περίοδο ΚΗΕΠ. Η απορριπτόμενη ενέργεια πρωτογενούς πηγής των σταθμών ΑΠΕ αντανάκλα επίσης την αποθηκευτική ικανότητα και την εσωτερική διαστασιολόγηση του κάθε σταθμού ΑΠΕ και συνεπώς δεν ταυτίζεται με τη μη εντασόμενη ενέργεια των προσφορών, ωστόσο παρουσιάζει συσχέτιση με αυτή.

Λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα αποδεκτά σενάρια και τηρώντας ένα εύλογο περιθώριο ασφαλείας της τάξης του 10%, προκύπτει η καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης που εικονίζεται στο Σχήμα 20 με ευθείας γραμμή μαύρου χρώματος.



Σχήμα 20 : Καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης στο ΗΣ Αγαθονησίου

7.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της διερεύνησης εξετάστηκε η λειτουργία του ΗΣ με την ένταξη των εγκεκριμένων περιθωρίων ΑΠΕ βάσει της απόφασης 616/2016 της ΡΑΕ αλλά και με την λειτουργία ΥΒΣ. Δεν συμπεριλήφθηκαν ΗΘΣ, ΣΒΒ και Α/Π λόγω μεγέθους του ΗΣ, αλλά και απουσίας επενδυτικού ενδιαφέροντος.

Η πολιτική διαχείρισης η οποία εφαρμόζεται στην προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος του Αγαθονησίου, αναπτύχθηκε στα πλαίσια προγενέστερου έργου μελέτης των περιθωρίων ΑΠΕ στα ΜΔΝ και υιοθετείται στην παρούσα μελέτη με την κατάλληλη παραμετροποίηση.

Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε για έτος αναφοράς του οποίου η καμπύλη φορτίου προσεγγίζει την αναμενόμενη ζήτηση του έτους 2022 (ετήσια αιχμή 200 kW).

Για την αξιολόγηση της αποδεκτότητας των διαφόρων σεναρίων διείσδυσης ΑΠΕ εφαρμόζονται δύο από τα επτά κριτήρια των προηγούμενων μελετών: η τήρηση της ελάχιστης φόρτισης των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων και η απορριπτόμενη πρωτογενής ενέργεια των σταθμών ΑΠΕ έως 1/3 της διαθέσιμης.

Για τον προσδιορισμό των ορίων ισχύος ΥΒΣ εξετάστηκαν υβριδικοί με μπαταρίες και Φ/Β ως τεχνολογία ΑΠΕ. Δοκιμάστηκαν διάφορες διαστασιολογήσεις τόσο των Φ/Β όσο και του συστήματος αποθήκευσης και προέκυψε ένα εύρος περιθωρίων το οποίο αποδόθηκε με καμπύλες περιθωρίων αλλά και ως Πίνακας μέγιστων αποδεκτών τιμών εγγυημένης ισχύος για τον ακριβέστερο υπολογισμό του περιθωρίου. Η μέγιστη αποδεκτή ισχύς ΥΒΣ, για συγκεκριμένη διαστασιολόγηση των συνιστωσών του ΥΒΣ, ξεπερνά το 100% της αιχμής του συστήματος. Σε κάθε περίπτωση, ο ακριβής προσδιορισμός του περιθωρίου για κάθε πιθανή διαμόρφωση σταθμού γίνεται με χρήση του Πίνακα 104.

Τέλος, εξετάστηκαν οι εγγυήσεις απορρόφησης τις οποίες οφείλει να παρέχει ο Διαχειριστής ΜΔΝ στους κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ μέσω των συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας. Το προς συμβολαιοποίηση μέγεθος είναι η μη εντασσόμενη ενέργεια (ΜΕΕ) προσφορών των σταθμών, εκφρασμένη ως ποσοστό επί της συνολικά προσφερθείσας. Το μέγεθος αυτό παρουσιάζει ισχυρή συσχέτιση με τη συνολική διείσδυση ΑΠΕ στο σύστημα ΜΔΝ, η οποία εκφράζει τη συμφόρηση και συνεπώς τις περικοπές στις προσφορές των σταθμών. Η συσχέτιση της μη εντασσόμενης ενέργειας της κάθε διαστασιολόγησης ΥΒΣ με τη διείσδυση ΑΠΕ για τα αποδεκτά σενάρια ΥΒΣ σχηματίζει νέφος σημείων, βάσει του οποίου χαράχθηκε η καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΟΘΩΝΩΝ**8.1 ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ**

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της λειτουργίας του συστήματος των Οθωνών για το έτος 2022 και τα εκτιμώμενα περιθώρια διείσδυσης Υβριδικών σταθμών με σύστημα αποθήκευσης μπαταριών και Φ/Β ως συνιστώσα ΑΠΕ. Στους Οθωνούς έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής για ΥΒΣ με συνδυασμό μπαταριών και φωτοβολταϊκών, εγγυημένης ισχύος 0,054 MW. Η σύνθεση του αδειοδοτημένου ΥΒΣ παρουσιάζεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Εταιρία	Άδεια Παραγωγής	Φ/Β	Εγγυημένη Ισχύς	Εγκ.ΦΒ/ Εγγ.Ισχύ	Αντιστροφείας	Φορτιστές	Ωφέλιμη Χωρητικότητα Μπαταριών
Ελληνικοί Υβριδικοί Σταθμοί Α.Ε.	ΡΑΕ 538-06.03.2020	0,2016 MW	0,05354 MW	377%	0,11 MW	0,24 MW	0,3808 MWh ή 7,1 ώρες

Πίνακας 15 : Αδειοδοτημένος ΥΒΣ στους Οθωνούς

Βάσει της ανωτέρω άδειας, εξετάζονται σενάρια ΥΒΣ με εγκατεστημένη ισχύ Φ/Β από 150% έως 400% της εγγυημένης ισχύος του ΥΒΣ με βήμα 50% και ωφέλιμη χωρητικότητα του συστήματος συσσωρευτών 6, 7, 8 και 10 ώρες.

Συνοπτικά, η θεωρούμενη εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ και το εύρος εξέτασης της εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ εμφανίζονται παρακάτω.

Κατηγορία σταθμού	Ισχύς σεναρίων
Φ/Β	40kW
μΑ/Γ	0,45kW
ΥΒΣ	5-110kW εγγυημένη με βήμα 5kW

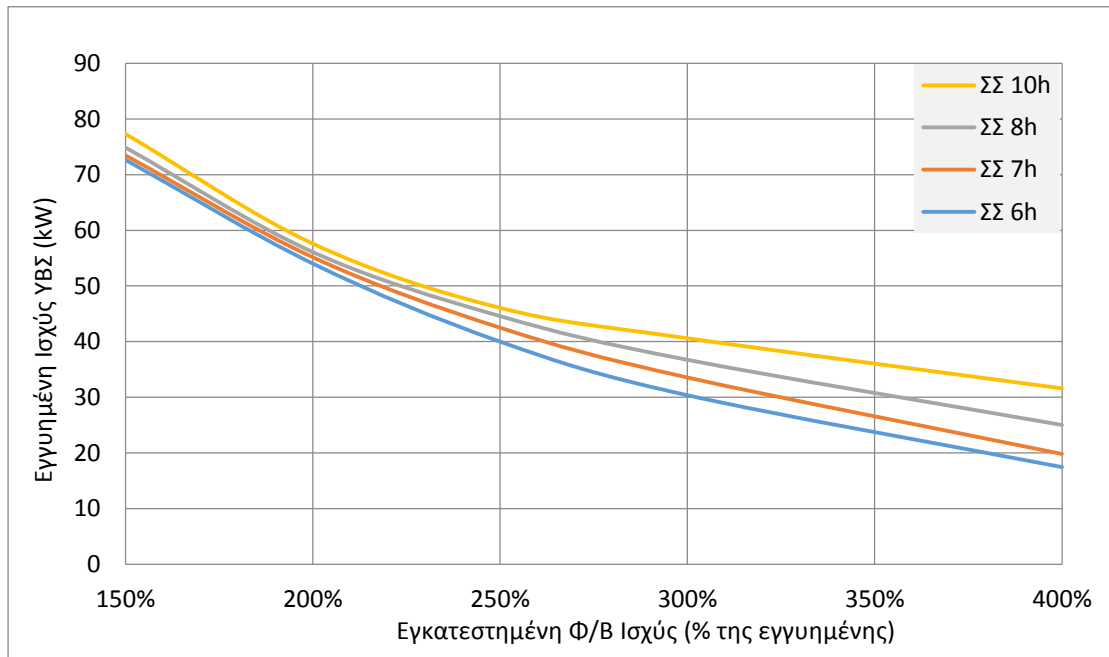
Πίνακας 16 : Θεωρούμενη ισχύς ανά τεχνολογία ΑΠΕ/ΥΒΣ

8.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ/ΕΓΓΥΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΥΒΣ ΣΤΟ ΗΣ ΟΘΩΝΩΝ

Για τον προσδιορισμό των ορίων ισχύος των κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις της ετήσιας λειτουργίας του συστήματος με δεδομένη τη σύνθεση του μείγματος των μη ελεγχόμενων μονάδων και μεταβάλλοντας την ισχύ των ΥΒΣ (εγγυημένη και εγκατεστημένη ΑΠΕ) ώστε να καλύπτονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί. Στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων εφαρμόστηκαν τα κριτήρια αποκλεισμού του Κεφαλαίου 3 και προέκυψε το σύνολο των αποδεκτών σεναρίων διείσδυσης ΥΒΣ.

Στο Σχήμα 21 παρατίθενται οι καμπύλες των μέγιστων αποδεκτών τιμών ισχύος ΥΒΣ, για τα σενάρια χαμηλής και αυξημένης διείσδυσης. Η κάθε καμπύλη ουσιαστικά αποτελεί την περιβάλλουσα των

αποδεκτών σεναρίων ΥΒΣ, αφού οι συνδυασμοί ισχύος που περιέχονται μεταξύ της καμπύλης και των αξόνων γενικά αντιστοιχούν σε αποδεκτές καταστάσεις χαμηλότερης διείσδυσης.



Σχήμα 21 : Καμπύλες περιθωρίων εγγυημένης – εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ για το ΗΣ Οθωνών

Από το Σχήμα 21 παρατηρείται ότι η αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος αποθήκευσης οδηγεί σε μεγαλύτερο περιθώριο ΥΒΣ καθώς οι απορρίψεις πρωτογενούς ενέργειας ΑΠΕ είναι μειωμένες. Η επιλογή όμως συστήματος αποθήκευσης μεγαλύτερης χωρητικότητας αυξάνει το κόστος και ενδεχομένως καθιστά τη σχετική επένδυση μη βιώσιμη, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 6. Μετά από ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια προηγούμενης μελέτης ([6]), για την εύρεση του σημείου ισορροπίας μεταξύ αυτών των δύο αντικρουόμενων στόχων (δηλαδή της μειωμένης απορριπτόμενης πρωτογενούς ενέργειας και της διασφάλισης της βιωσιμότητας της σχετικής επένδυσης), προκύπτει ότι η βέλτιστη χωρητικότητα των μπαταριών βρίσκεται στο επίπεδο μεταξύ 6 και 7 ωρών.

Επιπλέον, είναι φανερό από το παραπάνω Σχήμα ότι η υπερδιαστασιολόγηση των Φ/Β του υβριδικού συστήματος οδηγεί σε σημαντικό περιορισμό του περιθωρίου διείσδυσης, ανεξάρτητα από το μέγεθος του διαθέσιμου αποθηκευτικού συστήματος. Πρακτικά αυτό σημαίνει πως η μεγάλη ισχύς ΑΠΕ, ενώ ενδεχομένως δύναται να αποθηκευθεί όταν υφίσταται ανάλογο ΣΣ, δεν μπορεί να απορροφηθεί από το δίκτυο, καθώς η ισχύς έγχυσης περιορίζεται από την εγγυημένη ισχύ του σταθμού, η οποία είναι κατά πολύ μικρότερη (έως και 4 φορές) της ισχύος ΑΠΕ.

Στον Πίνακα 17 δίνονται οι μέγιστες αποδεκτές τιμές ισχύος ΥΒΣ για το σύστημα των Οθωνών, κατά αντιστοιχία με τις παραπάνω καμπύλες. Για οποιοδήποτε ΥΒΣ διαφορετικής διαστασιολόγησης, το αποδεκτό όριο εγγυημένης ισχύος υπολογίζεται με γραμμική παρεμβολή των δύο πλησιέστερων διαμορφώσεων. Επί παραδείγματι, για τον έλεγχο του αδειοδοτημένου ΥΒΣ με εγκατεστημένα ΑΠΕ 377% και ΣΣ 7,1 ωρών, λαμβάνονται οι διαμορφώσεις 350% - 400% για τα ΑΠΕ και 7 – 8 ώρες για το σύστημα αποθήκευσης. **Με γραμμική παρεμβολή υπολογίζεται το όριο εγγυημένης ισχύος στα 24kW.**

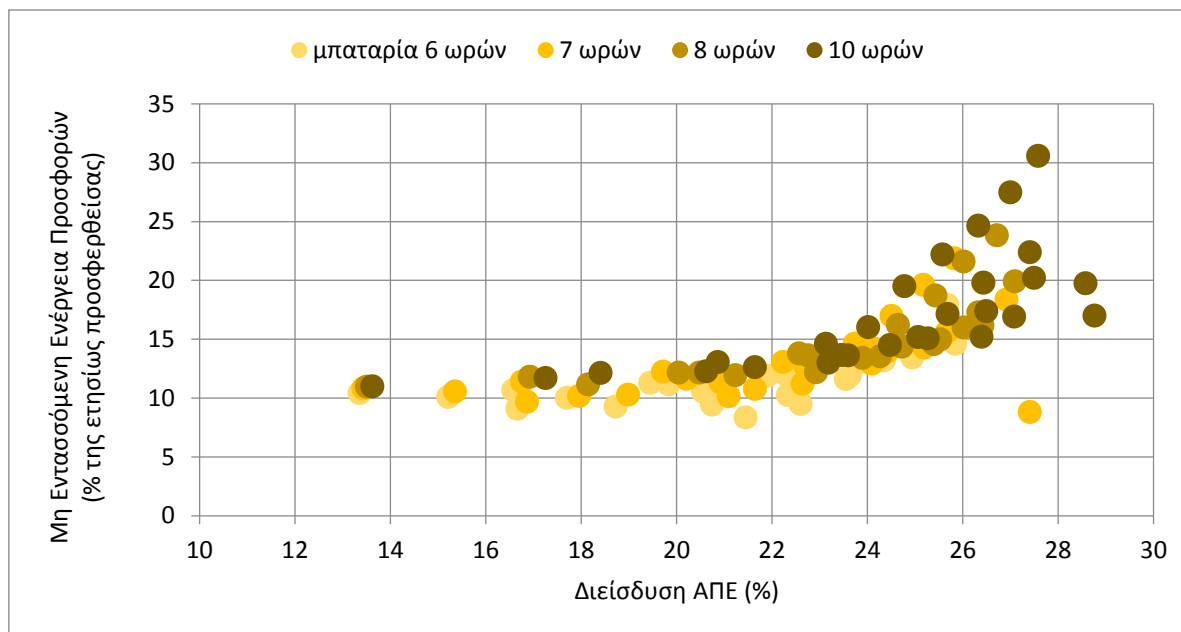
Όριο εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ (kW)		Χωρητικότητα ΣΣ (σε ώρες παροχής εγγυημένης ισχύος)			
		6 ώρες	7 ώρες	8 ώρες	10 ώρες
Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β (% της εγγυημένης)	150%	73	73	75	77
	200%	54	55	56	58
	250%	40	42	45	46
	300%	30	34	37	41
	350%	24	27	31	36
	400%	17	20	25	32

Πίνακας 17: Περιθώριο διείσδυσης ΥΒΣ συναρτήσει της διαστασιολόγησης των ΑΠΕ και του ΣΣ για το σύστημα των Οθωνών

Λόγω του πολύ μικρού μεγέθους ΥΒΣ που μπορεί να υποδεχθεί το σύστημα, κρίνεται σκόπιμο να εγκατασταθεί ένας μόνο σταθμός στο ΗΣ, ο οποίος και να εξαντλήσει το περιθώριο. Σε περίπτωση όμως που ο πρώτος αποδεκτός ΥΒΣ που εγκατασταθεί δεν καλύψει το περιθώριο, όπως αυτό προκύπτει από τα παραπάνω διαγράμματα ή αναλυτικότερα από τον Πίνακα 17, τότε θα εξεταστεί εκ νέου το τυχόν εναπομείναν περιθώριο για την ένταξη και δεύτερου ΥΒΣ.

8.3 ΕΓΓΥΗΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ ΥΒΣ ΟΘΩΝΩΝ

Στο Σχήμα 22 παρουσιάζονται τα επίπεδα μη εντασσόμενης ενέργειας (ΜΕΕ) προσφορών των αποδεκτών σεναρίων που προέκυψαν από την ανάλυση της προηγούμενης ενότητας, προκειμένου να διαμορφωθεί εικόνα ως προς τις αναγκαίες εγγυήσεις απορρόφησης τις οποίες οφείλει να παρέχει ο Διαχειριστής ΜΔΝ στους κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ.

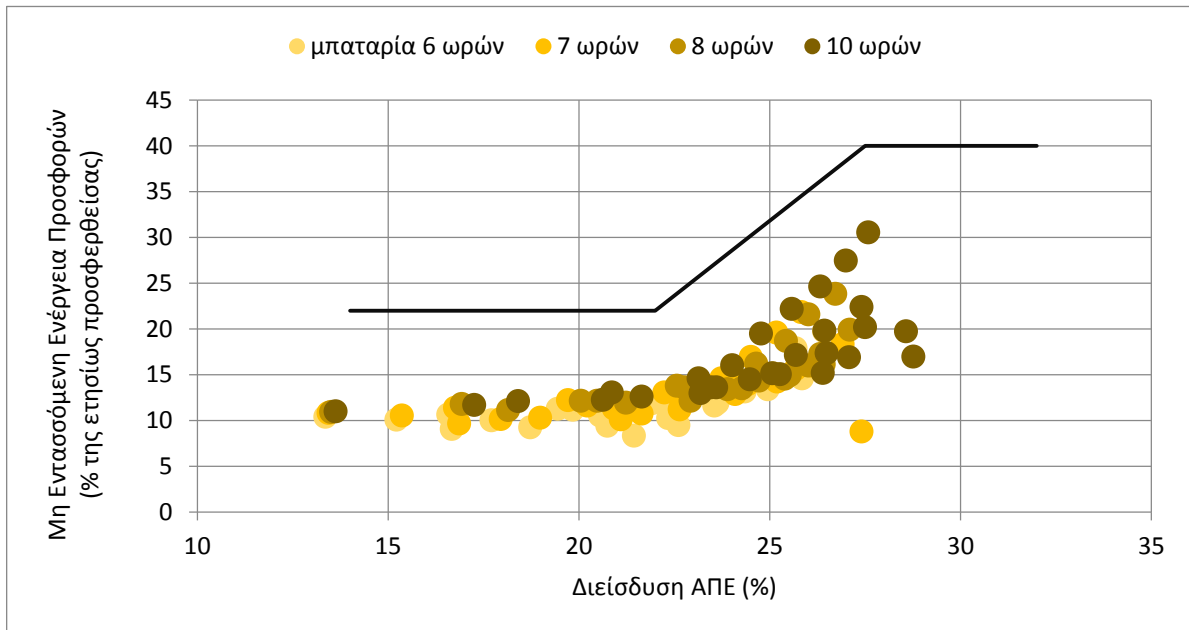


Σχήμα 22 : Μη εντασσόμενη ενέργεια προσφορών αποδεκτών σεναρίων ΥΒΣ με μπαταρία 6 και 7 ωρών στο ΗΣ Οθωνών

Όπως διαπιστώθηκε σε προηγούμενο έργο, το καταλληλότερο μέγεθος προς συμβολαιοποίηση είναι η μη εντασσόμενη ενέργεια των προσφορών των κατανεμόμενων σταθμών (εδώ ΥΒΣ). Η ενέργεια αυτή περιλαμβάνει την προσφευθείσα από τον σταθμό ενέργεια (Δηλώσεις Παραγωγής Α' και Β' Περιόδου ΚΗΕΠ), η οποία δεν κατέστη δυνατό να απορροφηθεί από το δίκτυο λόγω συμφόρησης, είτε στη φάση του προγραμματισμού (κατάρτιση και αναθεώρηση του ΚΗΕΠ και κατάρτιση των προγραμμάτων κατανομής) είτε στη φάση της λειτουργίας. Υπενθυμίζεται ότι η παραπάνω ενέργεια δεν απορρίπτεται

κατ' ανάγκην, εφόσον υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης, αλλά επαναπροσφέρεται την επόμενη περίοδο ΚΗΕΠ. Η απορριπτόμενη ενέργεια πρωτογενούς πηγής των σταθμών ΑΠΕ αντανakλά επίσης την αποθηκευτική ικανότητα και την εσωτερική διαστασιολόγηση του κάθε σταθμού ΑΠΕ και συνεπώς δεν ταυτίζεται με τη μη εντασσόμενη ενέργεια των προσφορών, ωστόσο παρουσιάζει συσχέτιση με αυτή.

Λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα αποδεκτά σενάρια και τηρώντας ένα εύλογο περιθώριο ασφαλείας της τάξης του 10%, προκύπτει η καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης που εικονίζεται στο Σχήμα 23 με ευθείας γραμμή μαύρου χρώματος.



Σχήμα 23 : Καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης στο ΗΣ Οθωνών

8.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της διερεύνησης εξετάστηκε η λειτουργία του ΗΣ με την ένταξη των εγκεκριμένων περιθωρίων ΑΠΕ βάσει της απόφασης 616/2016 της ΡΑΕ αλλά και με την λειτουργία ΥΒΣ. Δεν συμπεριλήφθηκαν ΗΘΣ, ΣΒΒ και Α/Π λόγω μεγέθους του ΗΣ, αλλά και απουσίας επενδυτικού ενδιαφέροντος.

Η πολιτική διαχείρισης η οποία εφαρμόζεται στην προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος των Οθωνών, αναπτύχθηκε στα πλαίσια προγενέστερου έργου μελέτης των περιθωρίων ΑΠΕ στα ΜΔΝ και υιοθετείται στην παρούσα μελέτη με την κατάλληλη παραμετροποίηση.

Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε για έτος αναφοράς του οποίου η καμπύλη φορτίου προσεγγίζει την αναμενόμενη ζήτηση του έτους 2022 (ετήσια αιχμή 298 kW).

Για την αξιολόγηση της αποδεκτότητας των διαφόρων σεναρίων διείσδυσης ΑΠΕ εφαρμόζονται δύο από τα επτά κριτήρια των προηγούμενων μελετών: η τήρηση της ελάχιστης φόρτισης των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων και η απορριπτόμενη πρωτογενής ενέργεια των σταθμών ΑΠΕ έως 1/3 της διαθέσιμης.

Για τον προσδιορισμό των ορίων ισχύος ΥΒΣ εξετάστηκαν υβριδικοί με μπαταρίες και Φ/Β ως τεχνολογία ΑΠΕ. Δοκιμάστηκαν διάφορες διαστασιολογήσεις τόσο των Φ/Β όσο και του συστήματος αποθήκευσης και προέκυψε ένα εύρος περιθωρίων το οποίο αποδόθηκε με καμπύλες περιθωρίων

αλλά και ως Πίνακας μέγιστων αποδεκτών τιμών εγγυημένης ισχύος για τον ακριβέστερο υπολογισμό του περιθωρίου. Η μέγιστη αποδεκτή ισχύς ΥΒΣ, για συγκεκριμένη διαστασιολόγηση των συνιστωσών του ΥΒΣ, αγγίζει το 26% της αιχμής του συστήματος. Σε κάθε περίπτωση, ο ακριβής προσδιορισμός του περιθωρίου για κάθε πιθανή διαμόρφωση σταθμού γίνεται με χρήση του Πίνακα 17.

Τέλος, εξετάστηκαν οι εγγυήσεις απορρόφησης τις οποίες οφείλει να παρέχει ο Διαχειριστής ΜΔΝ στους κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ μέσω των συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας. Το προς συμβολαιοποίηση μέγεθος είναι η μη εντασσόμενη ενέργεια (ΜΕΕ) προσφορών των σταθμών, εκφρασμένη ως ποσοστό επί της συνολικά προσφερθείσας. Το μέγεθος αυτό παρουσιάζει ισχυρή συσχέτιση με τη συνολική διείσδυση ΑΠΕ στο σύστημα ΜΔΝ, η οποία εκφράζει τη συμφόρηση και συνεπώς τις περικοπές στις προσφορές των σταθμών. Η συσχέτιση της μη εντασσόμενης ενέργειας της κάθε διαστασιολόγησης ΥΒΣ με τη διείσδυση ΑΠΕ για τα αποδεκτά σενάρια ΥΒΣ σχηματίζει νέφος σημείων, βάσει του οποίου χαράχθηκε η καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΓΑΥΔΟΥ**9.1 ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ**

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της λειτουργίας του συστήματος της Γαύδου για το έτος 2022 και τα εκτιμώμενα περιθώρια διείσδυσης Υβριδικών σταθμών με σύστημα αποθήκευσης μπαταριών και Φ/Β ως συνιστώσα ΑΠΕ. Στη Γαύδο έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής για ΥΒΣ με συνδυασμό μπαταριών και φωτοβολταϊκών, εγγυημένης ισχύος 0,038 MW. Η σύνθεση του αδειοδοτημένου ΥΒΣ παρουσιάζεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Εταιρία	Άδεια Παραγωγής	Φ/Β	Εγγυημένη Ισχύς	Εγκ.ΦΒ/ Εγγ.Ισχύ	Αντιστροφείας	Φορτιστές	Ωφέλιμη Χωρητικότητα Μπαταριών
Ελληνικοί Υβριδικοί Σταθμοί Α.Ε.	ΡΑΕ 540-06.03.2020	0,14 MW	0,038 MW	369%	0,08 MW	0,12 MW	0,3808 MWh ή 10 ώρες

Πίνακας 18 : Αδειοδοτημένος ΥΒΣ στη Γαύδο

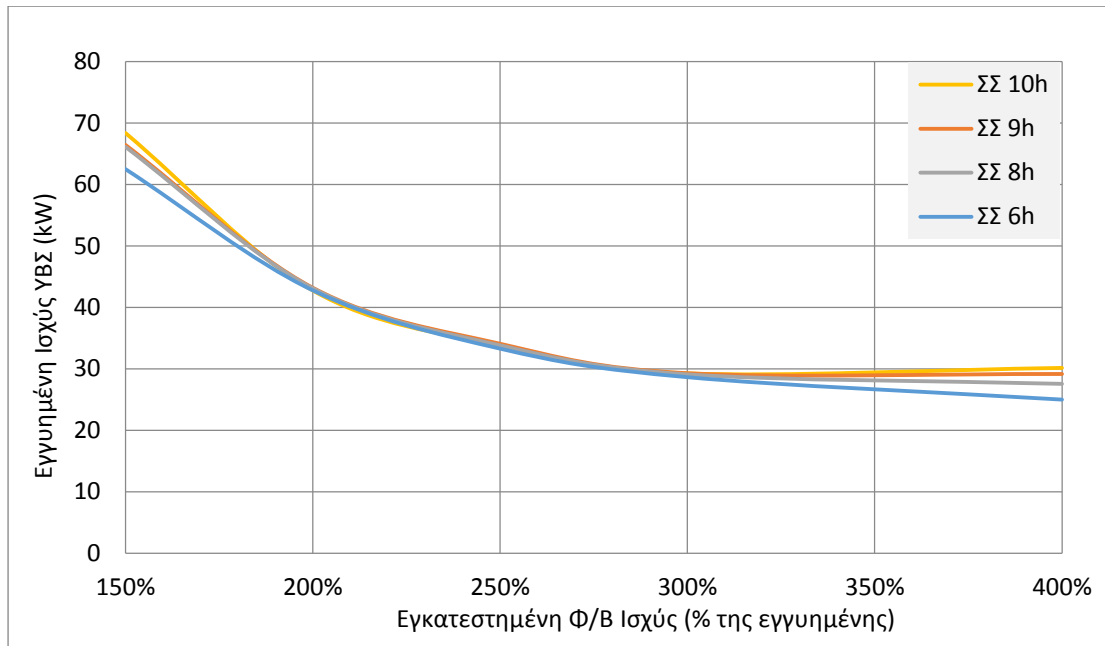
Βάσει της ανωτέρω άδειας, εξετάζονται σενάρια ΥΒΣ με εγκατεστημένη ισχύ Φ/Β από 150% έως 400% της εγγυημένης ισχύος του ΥΒΣ με βήμα 50% και ωφέλιμη χωρητικότητα του συστήματος συσσωρευτών 6, 8, 9 και 10 ώρες.

Υπενθυμίζεται ότι δεν υφίστανται εγκεκριμένα περιθώρια για σταθμούς ΑΠΕ στη Γαύδο, συνεπώς στην υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος προστίθεται μόνο η υβριδική παραγωγή. Το εύρος εξέτασης της εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ είναι 5kW - 250kW με βήμα 5kW.

9.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ/ΕΓΓΥΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΥΒΣ ΣΤΟ ΗΣ ΓΑΥΔΟΥ

Για τον προσδιορισμό των ορίων ισχύος των κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις της ετήσιας λειτουργίας του συστήματος με δεδομένη τη σύνθεση του μείγματος των μη ελεγχόμενων μονάδων και μεταβάλλοντας την ισχύ των ΥΒΣ (εγγυημένη και εγκατεστημένη ΑΠΕ) ώστε να καλύπτονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί. Στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων εφαρμόστηκαν τα κριτήρια αποκλεισμού του Κεφαλαίου 3 και προέκυψε το σύνολο των αποδεκτών σεναρίων διείσδυσης ΥΒΣ.

Στο Σχήμα 24 παρατίθενται οι καμπύλες των μέγιστων αποδεκτών τιμών ισχύος ΥΒΣ, για τα σενάρια χαμηλής και αυξημένης διείσδυσης. Η κάθε καμπύλη ουσιαστικά αποτελεί την περιβάλλουσα των αποδεκτών σεναρίων ΥΒΣ, αφού οι συνδυασμοί ισχύος που περιέχονται μεταξύ της καμπύλης και των αξόνων γενικά αντιστοιχούν σε αποδεκτές καταστάσεις χαμηλότερης διείσδυσης.



Σχήμα 24 : Καμπύλες περιθωρίων εγγυημένης – εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ για το ΗΣ Γαύδου

Από το Σχήμα 24 παρατηρείται ότι η αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος αποθήκευσης οδηγεί σε μεγαλύτερο περιθώριο ΥΒΣ καθώς οι απορρίψεις πρωτογενούς ενέργειας ΑΠΕ είναι μειωμένες. Η επιλογή όμως συστήματος αποθήκευσης μεγαλύτερης χωρητικότητας αυξάνει το κόστος και ενδεχομένως καθιστά τη σχετική επένδυση μη βιώσιμη, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 6. Μετά από ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια προηγούμενης μελέτης ([6]), για την εύρεση του σημείου ισορροπίας μεταξύ αυτών των δύο αντικρουόμενων στόχων (δηλαδή της μειωμένης απορριπτόμενης πρωτογενούς ενέργειας και της διασφάλισης της βιωσιμότητας της σχετικής επένδυσης), προκύπτει ότι η βέλτιστη χωρητικότητα των μπαταριών βρίσκεται στο επίπεδο μεταξύ 6 και 7 ωρών.

Επιπλέον, είναι φανερό από το παραπάνω Σχήμα ότι η υπερδιαστασιολόγηση των Φ/Β του υβριδικού συστήματος οδηγεί σε σημαντικό περιορισμό του περιθωρίου διείσδυσης, ανεξάρτητα από το μέγεθος του διαθέσιμου αποθηκευτικού συστήματος. Πρακτικά αυτό σημαίνει πως η μεγάλη ισχύς ΑΠΕ, ενώ ενδεχομένως δύναται να αποθηκευθεί όταν υφίσταται ανάλογο ΣΣ, δεν μπορεί να απορροφηθεί από το δίκτυο, καθώς η ισχύς έγχυσης περιορίζεται από την εγγυημένη ισχύ του σταθμού, η οποία είναι κατά πολύ μικρότερη (έως και 4 φορές) της ισχύος ΑΠΕ.

Στον Πίνακα 19 δίνονται οι μέγιστες αποδεκτές τιμές ισχύος ΥΒΣ για το σύστημα της Γαύδου, κατά αντιστοιχία με τις παραπάνω καμπύλες. Για οποιοδήποτε ΥΒΣ διαφορετικής διαστασιολόγησης, το αποδεκτό όριο εγγυημένης ισχύος υπολογίζεται με γραμμική παρεμβολή των δύο πλησιέστερων διαμορφώσεων. Επί παραδείγματι, για τον έλεγχο του αδειοδοτημένου ΥΒΣ με εγκατεστημένα ΑΠΕ 369% και ΣΣ 10 ωρών, λαμβάνονται οι διαμορφώσεις 350% - 400% για τα ΑΠΕ και 10 ώρες για το σύστημα αποθήκευσης. Με γραμμική παρεμβολή στην ισχύ ΑΠΕ 350% και 400%, με μπαταρία 10 ωρών, **υπολογίζεται το όριο εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ στα 30kW.**

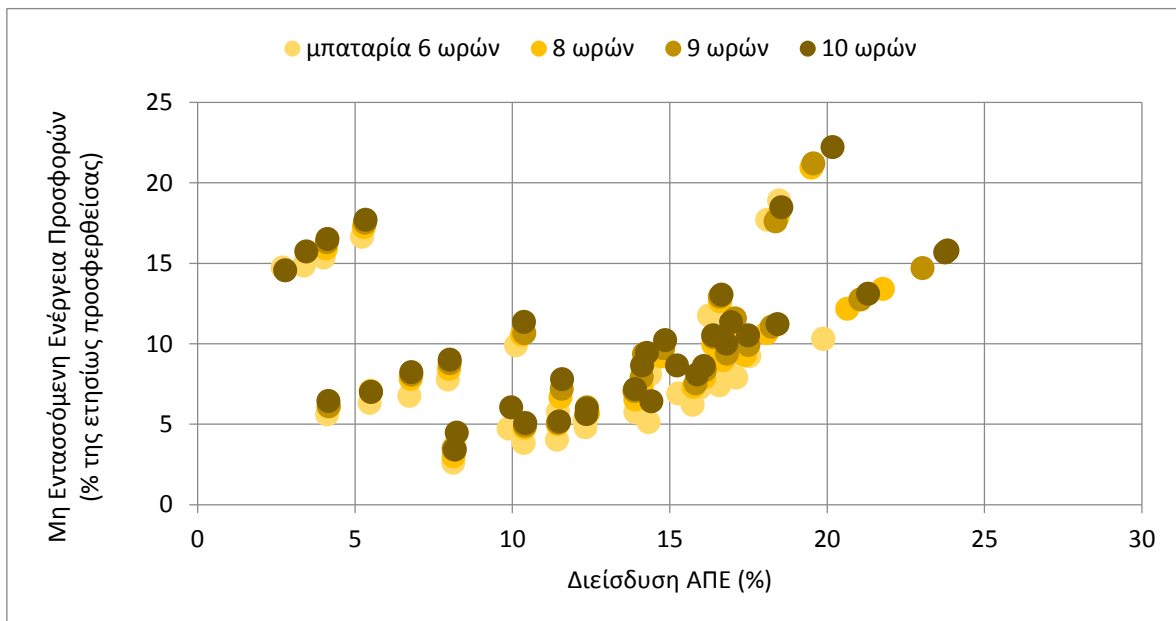
Όριο εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ (kW)		Χωρητικότητα ΣΣ (σε ώρες παροχής εγγυημένης ισχύος)			
		6 ώρες	8 ώρες	9 ώρες	10 ώρες
Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β (% της εγγυημένης)	150%	63	66	66	68
	200%	43	43	43	43
	250%	33	34	34	34
	300%	29	29	29	29
	350%	27	28	29	30
	400%	25	28	29	30

Πίνακας 19: Περιθώριο διείσδυσης ΥΒΣ συναρτήσει της διαστασιολόγησης των ΑΠΕ και του ΣΣ για το σύστημα της Γαύδου

Λόγω του εξαιρετικά μικρού μεγέθους ΥΒΣ που μπορεί να υποδεχθεί το σύστημα, είναι προφανές ότι δύναται να εγκατασταθεί ένας και μόνον ΥΒΣ στο ΗΣ, ο οποίος και θα εξαντλήσει το περιθώριο.

9.3 ΕΓΓΥΗΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ ΥΒΣ ΓΑΥΔΟΥ

Στο Σχήμα 25 παρουσιάζονται τα επίπεδα μη εντασσόμενης ενέργειας (ΜΕΕ) προσφορών των αποδεκτών σεναρίων που προέκυψαν από την ανάλυση της προηγούμενης ενότητας, προκειμένου να διαμορφωθεί εικόνα ως προς τις αναγκαίες εγγυήσεις απορρόφησης τις οποίες οφείλει να παρέχει ο Διαχειριστής ΜΔΝ στους κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ.

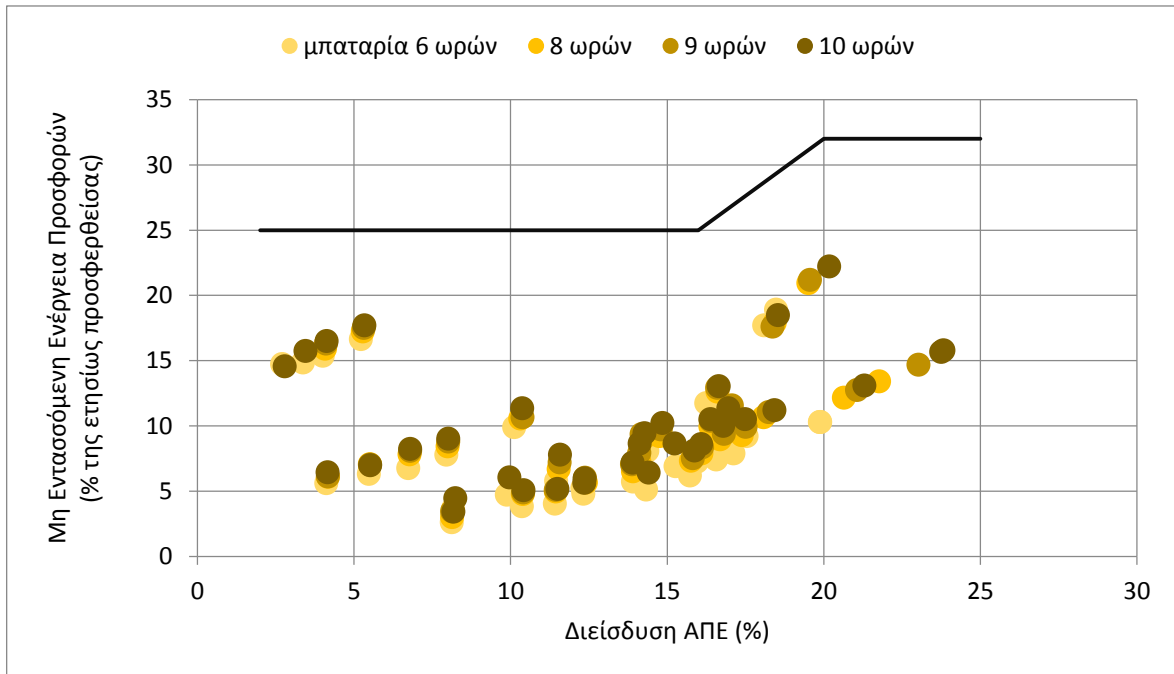


Σχήμα 25: Μη εντασσόμενη ενέργεια προσφορών αποδεκτών σεναρίων ΥΒΣ με μπαταρία 5, 6, 8 και 10 ωρών στο ΗΣ Γαύδου

Όπως διαπιστώθηκε σε προηγούμενο έργο, το καταλληλότερο μέγεθος προς συμβολαιοποίηση είναι η μη εντασσόμενη ενέργεια των προσφορών των κατανεμόμενων σταθμών (εδώ ΥΒΣ). Η ενέργεια αυτή περιλαμβάνει την προσφερόμενη από τον σταθμό ενέργεια (Δηλώσεις Παραγωγής Α' και Β' Περιόδου ΚΗΕΠ), η οποία δεν κατέστη δυνατό να απορροφηθεί από το δίκτυο λόγω συμφόρησης, είτε στη φάση του προγραμματισμού (κατάρτιση και αναθεώρηση του ΚΗΕΠ και κατάρτιση των προγραμμάτων κατανομής) είτε στη φάση της λειτουργίας. Υπενθυμίζεται ότι η παραπάνω ενέργεια δεν απορρίπτεται κατ' ανάγκην, εφόσον υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης, αλλά επαναπροσφέρεται την επόμενη περίοδο ΚΗΕΠ. Η απορριπτόμενη ενέργεια πρωτογενούς πηγής των σταθμών ΑΠΕ αντανakλά επίσης την αποθηκευτική ικανότητα και την εσωτερική διαστασιολόγηση του κάθε σταθμού ΑΠΕ και συνεπώς

δεν ταυτίζεται με τη μη εντασόμενη ενέργεια των προσφορών, ωστόσο παρουσιάζει συσχέτιση με αυτή.

Λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα αποδεκτά σενάρια και τηρώντας ένα εύλογο περιθώριο ασφαλείας της τάξης του 10%, προκύπτει η καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης που εικονίζεται στο Σχήμα 26 με ευθείας γραμμή μαύρου χρώματος.



Σχήμα 26: Καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης στο ΗΣ Γαύδου

9.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της διερεύνησης εξετάστηκε η λειτουργία του ΗΣ με την ένταξη και λειτουργία ΥΒΣ. Δεν συμπεριλήφθηκαν άλλες ΑΠΕ λόγω έλλειψης εγκεκριμένων περιθωρίων, μεγέθους του ΗΣ, αλλά και απουσίας επενδυτικού ενδιαφέροντος.

Η πολιτική διαχείρισης η οποία εφαρμόζεται στην προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος της Γαύδου, αναπτύχθηκε στα πλαίσια προγενέστερου έργου μελέτης των περιθωρίων ΑΠΕ στα ΜΔΝ και υιοθετείται στην παρούσα μελέτη με την κατάλληλη παραμετροποίηση.

Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε για έτος αναφοράς του οποίου η καμπύλη φορτίου προσεγγίζει την αναμενόμενη ζήτηση του έτους 2022 (ετήσια αιχμή 140 kW).

Για την αξιολόγηση της αποδεκτότητας των διαφόρων σεναρίων διείσδυσης ΑΠΕ εφαρμόζονται δύο από τα επτά κριτήρια των προηγούμενων μελετών: η τήρηση της ελάχιστης φόρτισης των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων και η απορριπτόμενη πρωτογενής ενέργεια των σταθμών ΑΠΕ έως 1/3 της διαθέσιμης.

Για τον προσδιορισμό των ορίων ισχύος ΥΒΣ εξετάστηκαν υβριδικοί με μπαταρίες και Φ/Β ως τεχνολογία ΑΠΕ. Δοκιμάστηκαν διάφορες διαστασιολογήσεις τόσο των Φ/Β όσο και του συστήματος αποθήκευσης και προέκυψε ένα εύρος περιθωρίων το οποίο αποδόθηκε με καμπύλες περιθωρίων αλλά και ως Πίνακας μέγιστων αποδεκτών τιμών εγγυημένης ισχύος για τον ακριβέστερο υπολογισμό του περιθωρίου. Η μέγιστη αποδεκτή ισχύς ΥΒΣ, για συγκεκριμένη διαστασιολόγηση των συνιστωσών

του ΥΒΣ, αγγίζει το 49% της αιχμής του συστήματος. Σε κάθε περίπτωση, ο ακριβής προσδιορισμός του περιθωρίου για κάθε πιθανή διαμόρφωση σταθμού γίνεται με χρήση του Πίνακα 19.

Τέλος, εξετάστηκαν οι εγγυήσεις απορρόφησης τις οποίες οφείλει να παρέχει ο Διαχειριστής ΜΔΝ στους κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ μέσω των συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας. Το προς συμβολαιοποίηση μέγεθος είναι η μη εντασόμενη ενέργεια (ΜΕΕ) προσφορών των σταθμών, εκφρασμένη ως ποσοστό επί της συνολικά προσφερθείσας. Το μέγεθος αυτό παρουσιάζει ισχυρή συσχέτιση με τη συνολική διείσδυση ΑΠΕ στο σύστημα ΜΔΝ, η οποία εκφράζει τη συμφόρηση και συνεπώς τις περικοπές στις προσφορές των σταθμών. Η συσχέτιση της μη εντασόμενης ενέργειας της κάθε διαστασιολόγησης ΥΒΣ με τη διείσδυση ΑΠΕ για τα αποδεκτά σενάρια ΥΒΣ σχηματίζει νέφος σημείων, βάσει του οποίου χαράχθηκε η καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΑΡΚΙΩΝ**10.1 ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ**

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της λειτουργίας του συστήματος των Αρκιών για το έτος 2022 και τα εκτιμώμενα περιθώρια διείσδυσης Υβριδικών σταθμών με σύστημα αποθήκευσης μπαταριών και Φ/Β ως συνιστώσα ΑΠΕ. Στους Αρκιούς έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής για ΥΒΣ με συνδυασμό μπαταριών και φωτοβολταϊκών, εγγυημένης ισχύος 0,033 MW. Η σύνθεση του αδειοδοτημένου ΥΒΣ παρουσιάζεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Εταιρία	Άδεια Παραγωγής	Φ/Β	Εγγυημένη Ισχύς	Εγκ.ΦΒ/ Εγγ.Ισχύ	Αντιστροφέας	Φορτιστές	Ωφέλιμη Χωρητικότητα Μπαταριών
Ελληνικοί Υβριδικοί Σταθμοί Α.Ε.	ΡΑΕ 542-06.03.2020	0,112 MW	0,0334 MW	377%	0,055 MW	0,12 MW	0,2856 MWh ή 8,55 ώρες

Πίνακας 20: Αδειοδοτημένος ΥΒΣ στους Αρκιούς

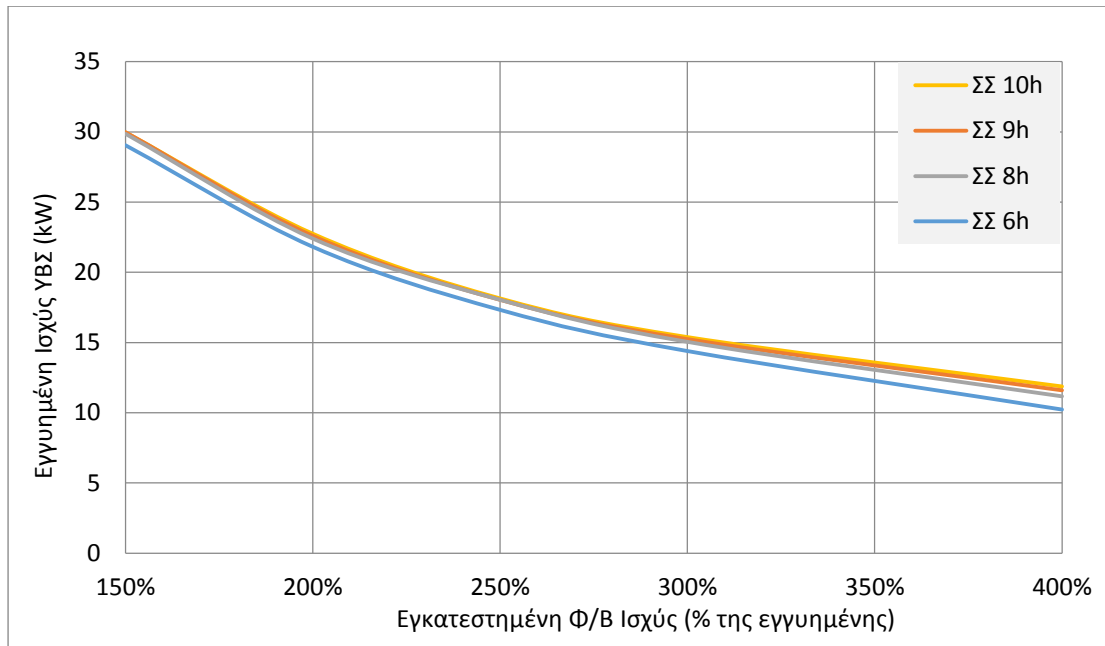
Βάσει της ανωτέρω άδειας, εξετάζονται σενάρια ΥΒΣ με εγκατεστημένη ισχύ Φ/Β από 150% έως 400% της εγγυημένης ισχύος του ΥΒΣ με βήμα 50% και ωφέλιμη χωρητικότητα του συστήματος συσσωρευτών 6, 8, 9 και 10 ώρες.

Υπενθυμίζεται ότι δεν υφίστανται εγκεκριμένα περιθώρια για σταθμούς ΑΠΕ στους Αρκιούς, συνεπώς στην υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος προστίθεται μόνο η υβριδική παραγωγή. Το εύρος εξέτασης της εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ είναι 2kW - 44kW με βήμα 2kW.

10.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ/ΕΓΓΥΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΥΒΣ ΣΤΟ ΗΣ ΑΡΚΙΩΝ

Για τον προσδιορισμό των ορίων ισχύος των κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις της ετήσιας λειτουργίας του συστήματος με δεδομένη τη σύνθεση του μείγματος των μη ελεγχόμενων μονάδων και μεταβάλλοντας την ισχύ των ΥΒΣ (εγγυημένη και εγκατεστημένη ΑΠΕ) ώστε να καλύπτονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί. Στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων εφαρμόστηκαν τα κριτήρια αποκλεισμού του Κεφαλαίου 3 και προέκυψε το σύνολο των αποδεκτών σεναρίων διείσδυσης ΥΒΣ.

Στο Σχήμα 27 παρατίθενται οι καμπύλες των μέγιστων αποδεκτών τιμών ισχύος ΥΒΣ, για τα σενάρια χαμηλής και αυξημένης διείσδυσης. Η κάθε καμπύλη ουσιαστικά αποτελεί την περιβάλλουσα των αποδεκτών σεναρίων ΥΒΣ, αφού οι συνδυασμοί ισχύος που περιέχονται μεταξύ της καμπύλης και των αξόνων γενικά αντιστοιχούν σε αποδεκτές καταστάσεις χαμηλότερης διείσδυσης.



Σχήμα 27: Καμπύλες περιθωρίων εγγυημένης – εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ για το ΗΣ Αρκίων

Από το Σχήμα 27 παρατηρείται ότι η αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος αποθήκευσης οδηγεί σε μεγαλύτερο περιθώριο ΥΒΣ καθώς οι απορρίψεις πρωτογενούς ενέργειας ΑΠΕ είναι μειωμένες. Η επιλογή όμως συστήματος αποθήκευσης μεγαλύτερης χωρητικότητας αυξάνει το κόστος και ενδεχομένως καθιστά τη σχετική επένδυση μη βιώσιμη, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 6. Μετά από ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια προηγούμενης μελέτης ([6]), για την εύρεση του σημείου ισορροπίας μεταξύ αυτών των δύο αντικρουόμενων στόχων (δηλαδή της μειωμένης απορριπτόμενης πρωτογενούς ενέργειας και της διασφάλισης της βιωσιμότητας της σχετικής επένδυσης), προκύπτει ότι η βέλτιστη χωρητικότητα των μπαταριών βρίσκεται στο επίπεδο μεταξύ 6 και 7 ωρών.

Επιπλέον, είναι φανερό από το παραπάνω Σχήμα ότι η υπερδιαστασιολόγηση των Φ/Β του υβριδικού συστήματος οδηγεί σε σημαντικό περιορισμό του περιθωρίου διείσδυσης, ανεξάρτητα από το μέγεθος του διαθέσιμου αποθηκευτικού συστήματος. Πρακτικά αυτό σημαίνει πως η μεγάλη ισχύς ΑΠΕ, ενώ ενδεχομένως δύναται να αποθηκευθεί όταν υφίσταται ανάλογο ΣΣ, δεν μπορεί να απορροφηθεί από το δίκτυο, καθώς η ισχύς έγχυσης περιορίζεται από την εγγυημένη ισχύ του σταθμού, η οποία είναι κατά πολύ μικρότερη (έως και 4 φορές) της ισχύος ΑΠΕ.

Στον Πίνακα 21 δίνονται οι μέγιστες αποδεκτές τιμές ισχύος ΥΒΣ για το σύστημα των Αρκίων, κατά αντιστοιχία με τις παραπάνω καμπύλες. Για οποιοδήποτε ΥΒΣ διαφορετικής διαστασιολόγησης, το αποδεκτό όριο εγγυημένης ισχύος υπολογίζεται με γραμμική παρεμβολή των δύο πλησιέστερων διαμορφώσεων. Επί παραδείγματι, για τον έλεγχο του αδειοδοτημένου ΥΒΣ με εγκατεστημένα ΑΠΕ 377% και ΣΣ 8,55 ωρών, λαμβάνονται οι διαμορφώσεις 350% - 400% για τα ΑΠΕ και 8 – 9 ώρες για το σύστημα αποθήκευσης. **Με γραμμική παρεμβολή υπολογίζεται το όριο εγγυημένης ισχύος στα 13kW.**

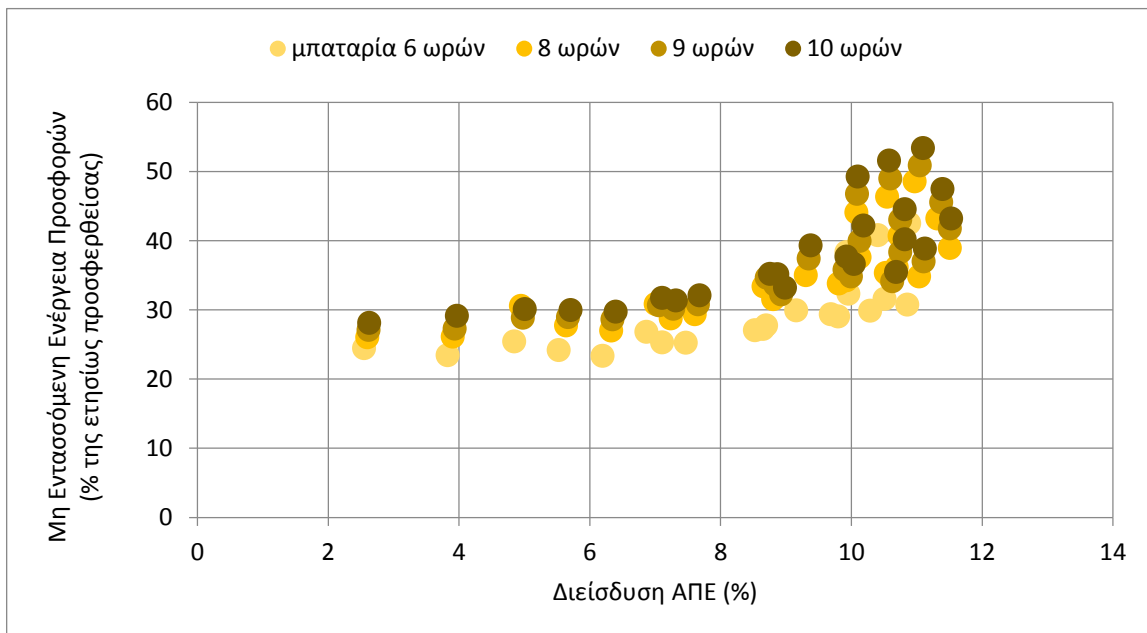
Όριο εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ (kW)		Χωρητικότητα ΣΣ (σε ώρες παροχής εγγυημένης ισχύος)			
		6 ώρες	8 ώρες	9 ώρες	10 ώρες
Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β (% της εγγυημένης)	150%	29	30	30	30
	200%	22	22	23	23
	250%	17	18	18	18
	300%	14	15	15	15
	350%	12	13	13	14
	400%	10	11	12	12

Πίνακας 21: Περιθώριο διείσδυσης ΥΒΣ συναρτήσει της διαστασιολόγησης των ΑΠΕ και του ΣΣ για το σύστημα των Αρκιών

Λόγω του εξαιρετικά μικρού μεγέθους ΥΒΣ που μπορεί να υποδεχθεί το σύστημα, είναι προφανές ότι δύναται να εγκατασταθεί ένας και μόνον ΥΒΣ στο ΗΣ, ο οποίος και θα εξαντλήσει το περιθώριο.

10.3 ΕΓΓΥΗΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ ΥΒΣ ΑΡΚΙΩΝ

Στο Σχήμα 28 παρουσιάζονται τα επίπεδα μη εντασσόμενης ενέργειας (ΜΕΕ) προσφορών των αποδεκτών σεναρίων που προέκυψαν από την ανάλυση της προηγούμενης ενότητας, προκειμένου να διαμορφωθεί εικόνα ως προς τις αναγκαίες εγγυήσεις απορρόφησης τις οποίες οφείλει να παρέχει ο Διαχειριστής ΜΔΝ στους κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ.

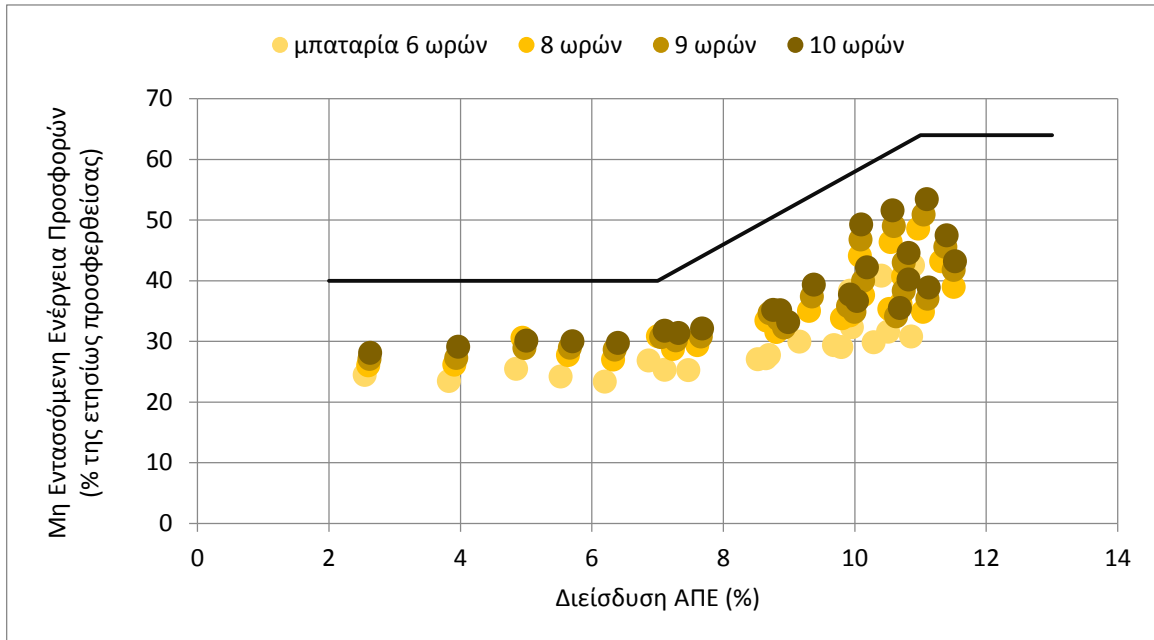


Σχήμα 28 : Μη εντασσόμενη ενέργεια προσφορών αποδεκτών σεναρίων ΥΒΣ με μπαταρία 6, 8, 9 και 10 ωρών στο ΗΣ Αρκιών

Όπως διαπιστώθηκε σε προηγούμενο έργο, το καταλληλότερο μέγεθος προς συμβολαιοποίηση είναι η μη εντασσόμενη ενέργεια των προσφορών των κατανεμόμενων σταθμών (εδώ ΥΒΣ). Η ενέργεια αυτή περιλαμβάνει την προσφερθείσα από τον σταθμό ενέργεια (Δηλώσεις Παραγωγής Α' και Β' Περιόδου ΚΗΕΠ), η οποία δεν κατέστη δυνατό να απορροφηθεί από το δίκτυο λόγω συμφόρησης, είτε στη φάση του προγραμματισμού (κατάρτιση και αναθεώρηση του ΚΗΕΠ και κατάρτιση των προγραμμάτων κατανομής) είτε στη φάση της λειτουργίας. Υπενθυμίζεται ότι η παραπάνω ενέργεια δεν απορρίπτεται κατ' ανάγκην, εφόσον υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης, αλλά επαναπροσφέρεται την επόμενη περίοδο ΚΗΕΠ. Η απορριπτόμενη ενέργεια πρωτογενούς πηγής των σταθμών ΑΠΕ αντανακλά επίσης την αποθηκευτική ικανότητα και την εσωτερική διαστασιολόγηση του κάθε σταθμού ΑΠΕ και συνεπώς

δεν ταυτίζεται με τη μη εντασόμενη ενέργεια των προσφορών, ωστόσο παρουσιάζει συσχέτιση με αυτή.

Λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα αποδεκτά σενάρια και τηρώντας ένα εύλογο περιθώριο ασφαλείας της τάξης του 10%, προκύπτει η καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης που εικονίζεται στο Σχήμα 29 με ευθείας γραμμή μαύρου χρώματος.



Σχήμα 29: Καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης στο ΗΣ Αρκίων

10.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της διερεύνησης εξετάστηκε η λειτουργία του ΗΣ με την ένταξη και λειτουργία ΥΒΣ. Δεν συμπεριλήφθηκαν άλλες ΑΠΕ λόγω έλλειψης εγκεκριμένων περιθωρίων, μεγέθους του ΗΣ, αλλά και απουσίας επενδυτικού ενδιαφέροντος.

Η πολιτική διαχείρισης η οποία εφαρμόζεται στην προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος της Γαύδου, αναπτύχθηκε στα πλαίσια προγενέστερου έργου μελέτης των περιθωρίων ΑΠΕ στα ΜΔΝ και υιοθετείται στην παρούσα μελέτη με την κατάλληλη παραμετροποίηση.

Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε για έτος αναφοράς του οποίου η καμπύλη φορτίου προσεγγίζει την αναμενόμενη ζήτηση του έτους 2022 (ετήσια αιχμή 158 kW).

Για την αξιολόγηση της αποδεκτότητας των διαφόρων σεναρίων διείσδυσης ΑΠΕ εφαρμόζονται δύο από τα επτά κριτήρια των προηγούμενων μελετών: η τήρηση της ελάχιστης φόρτισης των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων και η απορριπτόμενη πρωτογενής ενέργεια των σταθμών ΑΠΕ έως 1/3 της διαθέσιμης.

Για τον προσδιορισμό των ορίων ισχύος ΥΒΣ εξετάστηκαν υβριδικοί με μπαταρίες και Φ/Β ως τεχνολογία ΑΠΕ. Δοκιμάστηκαν διάφορες διαστασιολογήσεις τόσο των Φ/Β όσο και του συστήματος αποθήκευσης και προέκυψε ένα εύρος περιθωρίων το οποίο αποδόθηκε με καμπύλες περιθωρίων αλλά και ως Πίνακας μέγιστων αποδεκτών τιμών εγγυημένης ισχύος για τον ακριβέστερο υπολογισμό του περιθωρίου. Η μέγιστη αποδεκτή ισχύς ΥΒΣ, για συγκεκριμένη διαστασιολόγηση των συνιστωσών του ΥΒΣ, προσεγγίζει στο 19% της αιχμής του συστήματος. Σε κάθε περίπτωση, ο ακριβής

προσδιορισμός του περιθωρίου για κάθε πιθανή διαμόρφωση σταθμού γίνεται με χρήση του Πίνακα 21.

Τέλος, εξετάστηκαν οι εγγυήσεις απορρόφησης τις οποίες οφείλει να παρέχει ο Διαχειριστής ΜΔΝ στους κατανεμόμενους σταθμούς ΑΠΕ μέσω των συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας. Το προς συμβολαιοποίηση μέγεθος είναι η μη εντασσόμενη ενέργεια (ΜΕΕ) προσφορών των σταθμών, εκφρασμένη ως ποσοστό επί της συνολικά προσφερθείσας. Το μέγεθος αυτό παρουσιάζει ισχυρή συσχέτιση με τη συνολική διείσδυση ΑΠΕ στο σύστημα ΜΔΝ, η οποία εκφράζει τη συμφόρηση και συνεπώς τις περικοπές στις προσφορές των σταθμών. Η συσχέτιση της μη εντασσόμενης ενέργειας της κάθε διαστασιολόγησης ΥΒΣ με τη διείσδυση ΑΠΕ για τα αποδεκτά σενάρια ΥΒΣ σχηματίζει νέφος σημείων, βάσει του οποίου χαράχθηκε η καμπύλη εγγυημένης απορρόφησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΥΒΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ**11.1 ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ**

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της λειτουργίας του συστήματος των Αντικυθήρων για το έτος 2022 και τα εκτιμώμενα περιθώρια διείσδυσης Υβριδικών σταθμών με σύστημα αποθήκευσης μπαταριών και Φ/Β ως συνιστώσα ΑΠΕ. Στα Αντικύθηρα έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής για ΥΒΣ με συνδυασμό μπαταριών και φωτοβολταϊκών, εγγυημένης ισχύος 0,017 MW. Η σύνθεση του αδειοδοτημένου ΥΒΣ παρουσιάζεται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Εταιρία	Άδεια Παραγωγής	Φ/Β	Εγγυημένη Ισχύς	Εγκ.ΦΒ/ Εγγ.Ισχύ	Αντιστροφείας	Φορτιστές	Ωφέλιμη Χωρητικότητα Μπαταριών
Ελληνικοί Υβριδικοί Σταθμοί Α.Ε.	ΡΑΕ 545-06.03.2020	0,084 MW	0,017 MW	493%	0,055 MW	0,06 MW	0,1904 MWh ή 11,2 ώρες

Πίνακας 22: Αδειοδοτημένος ΥΒΣ στα Αντικύθηρα

Βάσει της ανωτέρω άδειας, εξετάζονται σενάρια ΥΒΣ με εγκατεστημένη ισχύ Φ/Β από 150% έως 500% της εγγυημένης ισχύος του ΥΒΣ με βήμα 50-100% και ωφέλιμη χωρητικότητα του συστήματος συσσωρευτών 8 και 11 ώρες.

Συνοπτικά, η θεωρούμενη εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ και το εύρος εξέτασης της εγγυημένης ισχύος ΥΒΣ εμφανίζονται παρακάτω.

Κατηγορία σταθμού	Ισχύς σεναρίων
Φ/Β	12kW
μΑ/Γ	0,15kW
ΥΒΣ	3-75kW εγγυημένη με βήμα 3kW

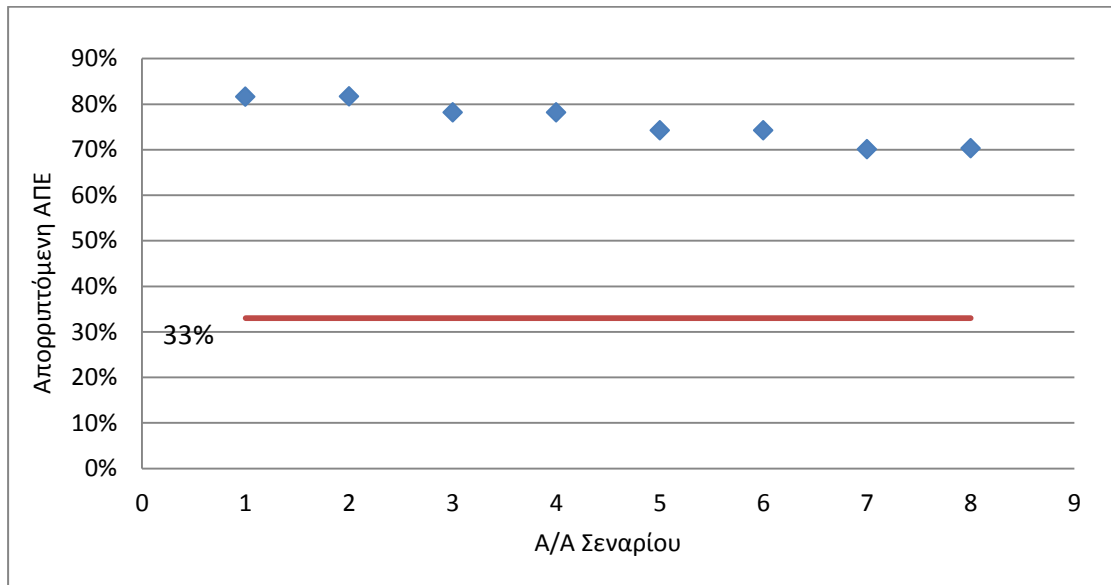
Πίνακας 23: Θεωρούμενη ισχύς ανά τεχνολογία ΑΠΕ/ΥΒΣ

11.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ/ΕΓΓΥΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΥΒΣ ΣΤΟ ΗΣ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ

Για τον προσδιορισμό των ορίων ισχύος των κατανεμόμενων σταθμών ΑΠΕ, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις της ετήσιας λειτουργίας του συστήματος με δεδομένη τη σύνθεση του μείγματος των μη ελεγχόμενων μονάδων και μεταβάλλοντας την ισχύ των ΥΒΣ (εγγυημένη και εγκατεστημένη ΑΠΕ) ώστε να καλύπτονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί. Στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων εφαρμόστηκαν τα κριτήρια αποκλεισμού του Κεφαλαίου 3 ώστε να προκύψει το σύνολο των αποδεκτών σεναρίων διείσδυσης ΥΒΣ.

Στο Σχήμα 30, εμφανίζονται ενδεικτικά από κάθε συνδυασμό Φ/Β – μπαταριών ένα σενάριο που αντιστοιχεί σε ΥΒΣ εγγυημένης ισχύος 10kW. Όπως γίνεται φανερό, η απορριπτόμενη ενέργεια ΑΠΕ

του σταθμού βρίσκεται σε επίπεδα μη αποδεκτά, πολύ πιο πάνω από το όριο 33% του αντίστοιχου κριτηρίου.



Σχήμα 30: Απορριπτόμενη ΑΠΕ σεναρίων ΥΒΣ για το ΗΣ Αντικυθήρων

A/A	Εγκατεστημένη Ισχύς Φ/Β (% της Εγγυημένης)	Ωφέλιμη Χωρητικότητα Μπαταριών (ώρες)
1	500%	11
2	500%	8
3	400%	11
4	400%	8
5	300%	11
6	300%	8
7	200%	11
8	200%	8

Πίνακας 24: Διαστασιολόγηση Φ/Β και μπαταριών στα σενάρια για το ΗΣ Αγαθονησίου

Το ιδιαίτερα αυξημένο μέγεθος των απορρίψεων του Σχήματος 30, οφείλεται κυρίως στο πολύ χαμηλό φορτίο του νησιού, το οποίο υπολείπεται του Τ.Ε. της must-run μονάδας του συστήματος επί 6.163 ώρες το έτος. Αυτό μεταφράζεται σε μηδενικό περιθώριο διείσδυσης ΑΠΕ για το 70% του έτους. Συνεπώς, το σύστημα των Αντικυθήρων δεν δύναται να υποδεχτεί υβριδική παραγωγή οποιασδήποτε ισχύος. Ενδεχόμενη λειτουργία ΥΒΣ θα απαιτούσε τη σβέση της θερμικής μονάδας υποχρεωτικής ένταξης για μεγάλο μέρος του έτους.

11.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της διερεύνησης εξετάστηκε η λειτουργία του ΗΣ με την ένταξη των εγκεκριμένων περιθωρίων ΑΠΕ βάσει της απόφασης 616/2016 της ΡΑΕ αλλά και με την λειτουργία ΥΒΣ. Δεν συμπεριλήφθηκαν ΗΘΣ, ΣΒΒ και Α/Π λόγω μεγέθους του ΗΣ, αλλά και απουσίας επενδυτικού ενδιαφέροντος.

Η πολιτική διαχείρισης η οποία εφαρμόζεται στην προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος των Αντικυθήρων, αναπτύχθηκε στα πλαίσια προγενέστερου έργου μελέτης των περιθωρίων ΑΠΕ στα ΜΔΝ και υιοθετείται στην παρούσα μελέτη με την κατάλληλη παραμετροποίηση.

Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε για έτος αναφοράς του οποίου η καμπύλη φορτίου προσεγγίζει την αναμενόμενη ζήτηση του έτους 2022 (ετήσια αιχμή 91 kW).

Για την αξιολόγηση της αποδεκτότητας των διαφόρων σεναρίων διείσδυσης ΑΠΕ εφαρμόζονται δύο από τα επτά κριτήρια των προηγούμενων μελετών: η τήρηση της ελάχιστης φόρτισης των υποχρεωτικά ενταγμένων συμβατικών μονάδων και η απορριπτόμενη πρωτογενής ενέργεια των σταθμών ΑΠΕ έως 1/3 της διαθέσιμης.

Για τον προσδιορισμό των ορίων ισχύος ΥΒΣ εξετάστηκαν υβριδικοί με μπαταρίες και Φ/Β ως τεχνολογία ΑΠΕ. Δοκιμάστηκαν διάφορες διαστασιολογήσεις τόσο των Φ/Β όσο και του συστήματος αποθήκευσης και προέκυψε μηδενικό περιθώριο διείσδυσης ΥΒΣ για όλες τις πιθανές διαμορφώσεις. Η αδυναμία υποδοχής υβριδικής παραγωγής στο ΗΣ Αντικυθήρων αποδίδεται στο ιδιαίτερα χαμηλό φορτίο του νησιού, το οποίο αναγκάζει σε υποφόρτιση και τη μία must-run μονάδα του ΤΣΠ για το 70% του έτους.

Η μόνη δυνατότητα ανάπτυξης ΥΒΣ στο εν λόγω ΗΣ βρίσκεται στην υποκατάσταση θερμικής παραγωγής, το οποίο συνεπάγεται την παροχή όλων των επικουρικών υπηρεσιών από τον υβριδικό παραγωγό για την υποστήριξη της τάσης και της συχνότητας του ηλεκτρικού δικτύου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] «Διερεύνηση των περιθωρίων διείσδυσης όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά συστήματα», Έκθεση Α' Φάσης, Συστήματα Κρήτης και Ρόδου, ΕΠΙΣΕΥ-ΕΜΠ, Μάρτιος 2014.
- [2] «Διερεύνηση των περιθωρίων διείσδυσης όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά συστήματα», Έκθεση Β' Φάσης, Συστήματα Λέσβου και Κω-Καλύμνου ΕΠΙΣΕΥ-ΕΜΠ, Μάιος 2014.
- [3] «Διερεύνηση των περιθωρίων διείσδυσης όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά συστήματα», Έκθεση Β' Φάσης, Συστήματα Σάμου και Καρπάθου-Κάσου ΕΠΙΣΕΥ-ΕΜΠ, Αύγουστος 2014.
- [4] «Διερεύνηση των περιθωρίων διείσδυσης όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά συστήματα», Έκθεση Β' Φάσης, Συστήματα Πάτμου και Σερίφου ΕΠΙΣΕΥ-ΕΜΠ, Σεπτέμβριος 2014.
- [5] «Διερεύνηση των περιθωρίων διείσδυσης όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά συστήματα», Τεχνική Έκθεση στο πλαίσιο της Β' Φάσης του έργου με τίτλο «Συγκεντρωτικά αποτελέσματα και επέκταση στο σύνολο των ΜΔΝ», Οκτώβριος 2014.
- [6] «Διερεύνηση των περιθωρίων διείσδυσης των τεχνολογιών ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά συστήματα Χίου και Θήρας», Τελική Έκθεση Έργου, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ – Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος, Δεκέμβριος 2017.
- [7] «Μελέτη περιθωρίων ΑΠΕ για τα ΗΣ Λήμνου και Μήλου», Τελική Έκθεση, ΕΠΙΣΕΥ-ΕΜΠ, Ιούνιος 2018.