

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ – ΕΜΠΕΙΡΙΕΣ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Μπέτζιος Γεώργιος

Διπλ. Μηχανολόγος - Διπλ. Οικονομολόγος Μηχανικός ΔΕΗ/ΔΠΝ/ΚΗΜΕ Α. Συγγρού 112 -
11741 Αθήνα, e mail : betzios@dpn.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι μέχρι σήμερα προσπάθειες αξιοποίησης της Αιολικής Ενέργειας στα αυτόνομα δίκτυα των νησιών, δεν ξεπέρασαν ποσοστά της τάξης του 10%. Αυτό οφείλεται σε ποικίλες δυσκολίες συνεργασίας των πετρελαϊκών μονάδων με τις Α/Γ ιδιαίτερα όταν τα φορτία είναι χαμηλά. Η αλλαγή των ρόλων μεταξύ πετρελαϊκών μονάδων και Α/Γ που κατέστησε τις Α/Γ βασική πηγή ενέργειας και τις πετρελαϊκές μονάδες εφεδρικές έσπασε το φράγμα των εμποδίων αυτών και άνοιξε νέες προοπτικές ριζικής αναμόρφωσης των ενεργειακών συστημάτων των αυτόνομων δικτύων. Το πρώτο έξυπνο υβριδικό σύστημα του είδους αυτού που άλλαξε την φιλοσοφία των ενεργειακών συστημάτων των νησιών λειτουργεί ήδη στην Κύθνο από τον Ιούνιο του 2000 με σημαντική αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ. Στο στάδιο της μελέτης βρίσκονται ήδη τα υβριδικά συστήματα της δεύτερης γενιάς τα οποία χρησιμοποιούν μεθόδους ενδιάμεσης αποθήκευσης ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό αναμένεται περαιτέρω σημαντική αύξηση της οικονομικής διείσδυσης της Αιολικής Ενέργειας στα αυτόνομα δίκτυα.

2. Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΧΡΙ ΣΗΜΕΡΑ

Η μετατροπή της χημικής ενέργειας των καυσίμων σε Ηλεκτρική Ενέργεια (Η/Ε) με τη μέθοδο της καύσης συνδέεται, όπως είναι γνωστό, με μεγάλες θερμικές απώλειες που φθάνουν το 70%. Επιπροσθέτως λόγω των στιγμιαίων διακυμάνσεων της ζήτησης, των τεχνικών ελαχίστων των πετρελαϊκών μονάδων, της ανάγκης κάλυψης άεργου ισχύος κλπ, οι συνολικές απώλειες της παραδοσιακής αυτής μεθόδου ιδιαίτερα στα αυτόνομα ενεργειακά συστήματα των νησιών, είναι πολύ μεγαλύτερες με αποτέλεσμα ένα μικρό μέρος της αρχικής ενέργειας του καυσίμου να μετατρέπεται σε ωφέλιμη Η/Ε. Στην ουσία με τη μέθοδο της καύσης **"σπαταλάμε" τη χημική ενέργεια του καυσίμου, μετατρέποντας την κυρίως σε θερμικές απώλειες, επιβαρύνουμε το περιβάλλον με διάφορους ρύπους για να πάρουμε στο τέλος και λίγη χρήσιμη Η/Ε.** Κάτω από αυτές τις συνθήκες αυξάνεται δραματικά το κόστος παροχής Η/Ε στα αυτόνομα δίκτυα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι το 1998 στα Αντικύθηρα το συνολικό κόστος παραγωγής Η/Ε ήταν **762 δρχ/kWh** ενώ το κόστος μόνο καυσίμου των αεροστροβίλων για κάλυψη αιχμών της ζήτησης στην Κρήτη κυμαίνεται από **40,0 - 76,0 δρχ/kWh** και σε άλλα μικρότερα νησιά είναι ακόμη υψηλότερο. Αποτέλεσμα της κατάστασης αυτής είναι η υψηλή ετήσια ζημιά της ΔΕΗ από την παροχή Η/Ε στα νησιά, που σε σύνολο 3.384 GWh περίπου (Κρήτη 1.777 GWh, Ρόδος 472 GWh και υπόλοιπα νησιά 1.135 GWh) για το 1998 ήταν **70 δισ. δρχ.** Η ζημιά αυτή θα αυξάνεται συνεχώς όσο συνεχίζεται η λειτουργία πετρελαϊκών μονάδων και ιδιαίτερα η χρήση ενεργοβόρων αεροστροβίλων. Ήδη το 2001 η ζημιά έφτασε τα **115 δισ. δρχ.**

Οι προσπάθειες ευρύτερης αξιοποίησης των ΑΠΕ και ιδιαίτερα της Αιολικής Ενέργειας, στα αυτόνομα δίκτυα των νησιών, παρά το γεγονός του θαυμάσιου Αιολικού Δυναμικού που επικρατεί στην περιοχή τον Αιγαίου, δεν είχαν μέχρι σήμερα τα επιθυμητά αποτελέσματα, διότι από την αρχή της εγκατάστασής τους έγινε προσπάθεια προσαρμογής της λειτουργίας των Α/Γ στις ιδιαιτερότητες των πετρελαϊκών μονάδων των ΑΣΠ. Έτσι, οι Α/Γ έπαιζαν βοηθητικό ρόλο με συνέπεια η οικονομική διείσδυση των παραδοσιακών Α/Γ στα νησιά, οι οποίες χρησιμοποιούν ασύγχρονες γεννήτριες σταθερών στροφών μέχρι σήμερα να μένει σε ποσοστά κάτω του 10%. Αυτό συμβαίνει διότι οι Α/Γ αυτές είναι ανελαστικές στην λειτουργία τους και λόγω των

στιγμιαίων διακυμάνσεων της ισχύος τους δυσχεραίνουν σε μεγάλο βαθμό την συνεργασία τους με τα αυτόνομα δίκτυα ιδιαίτερα τις περιόδους μειωμένης ζήτησης.

Επιπλέον, η εγκατάσταση παραδοσιακών Α/Γ μεγάλου σχετικά μεγέθους από ιδιώτες επενδυτές στα νησιά επιδεινώνει ακόμη περισσότερο την συνεργασία τους με τα αυτόνομα δίκτυα λόγω των σχετικά αυξημένων στιγμιαίων διακυμάνσεων της ισχύος τους, βλέπε διάγραμμα 1, και έχει σαν συνέπεια να κάνει τη λειτουργία των πετρελαϊκών μονάδων ακόμη πιο αντιοικονομική (αυξημένη ειδική κατανάλωση, μεγαλύτερη καταπόνηση του εξοπλισμού, συχνότερες βλάβες, παροχή σχετικά μεγαλύτερης αέργου ισχύος λόγω μείωσης της ενεργού ισχύος τους κλπ.).

Από τεχνικής πλευράς όλα δείχνουν ότι οι πετρελαϊκές μονάδες έχουν εξαντλήσει τα περιθώρια και τις δυνατότητες οικονομικότερης παροχής Η/Ε στα αυτόνομα δίκτυα. Η εξήγηση είναι απλή και βρίσκεται στο γεγονός του χαμηλού βαθμού απόδοσης της μεθόδου μετατροπής της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε Η/Ε και των άλλων δυσχερειών που προαναφέρθηκαν. Αυτός είναι εξάλλου και ο λόγος που **οι πετρελαϊκοί σταθμοί με τα σημερινά δεδομένα δεν αποσβένονται ποτέ**. Κατά συνέπεια κάθε προσπάθεια βελτίωσης της συνεργασίας των Α/Γ με τις πετρελαϊκές μονάδες ή προσαρμογής της λειτουργίας τους σε αυτές με διατήρηση του κυρίαρχου ρόλου των πετρελαϊκών μονάδων στα αυτόνομα συστήματα των νησιών δεν θα είχε επιτυχία. Έπρεπε λοιπόν να αναζητηθούν άλλες μέθοδοι ριζικής αντιμετώπισης της ανορθόδοξης και ενεργοβόρου αυτής εξέλιξης.

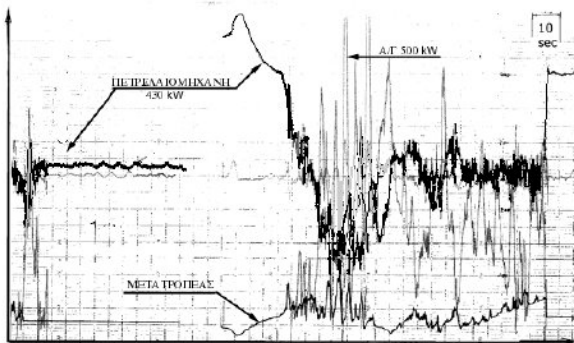
3. ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΚΑΙ ΕΜΠΕΙΡΙΕΣ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΕ

Φυσικό επακόλουθο της πολύχρονης εμπειρίας και των εξειδικευμένων γνώσεων από τη μια μεριά που αποκτήθηκαν σταδιακά και είναι συσσωρευμένες στο διάσπαρτο στελεχιακό δυναμικό της ΔΕΗ και της συστηματικής ανάλυσης των παραπάνω προβλημάτων, εμποδίων και οικονομικών λειτουργικών στοιχείων από την άλλη ήταν η έρευνα, η ανάπτυξη και η εφαρμογή **κατάλληλων για κάθε περίπτωση υβριδικών συστημάτων**. Βασικό κριτήριο σχεδιασμού των συστημάτων αυτών ήταν η εξασφάλιση ευστάθειας στο δίκτυο όταν διακόπτεται η λειτουργία όλων των πετρελαϊκών μονάδων. Με λίγα λόγια οι Α/Γ έπρεπε να γίνουν βασική πηγή ενέργειας. Επιπλέον η χρήση Α/Γ μεταβλητών στροφών με δυνατότητα ταχείας ρύθμισης ενεργού και παροχή άεργου ισχύος τους λύνει τα προβλήματα στην πηγή τους πριν δηλαδή παρουσιαστούν και συμβάλει καθοριστικά στην εξασφάλιση ευστάθειας του δικτύου. Έτσι αποφεύγονται επενδύσεις πρόσθετου εξοπλισμού αντιστάσεων απόρριψης φορτίου και το κυριότερο δυσάρεστα για τους καταναλωτές μεταβατικά φαινόμενα και αστάθειας του δικτύου. Στις περιπτώσεις τέλος που είναι δυνατό να προσαρμοστεί η στοχαστική εμφάνιση της Αιολικής Ενέργειας στη ζήτηση μέσω ενδιάμεσης μεσοπρόθεσμης (της τάξης μερικών 24ώρων) αποθήκευσης ενέργειας (π.χ. μπαταρίες για μικρά συστήματα, λιμνοδεξαμενές και παραγωγή υδρογόνου για μεγαλύτερα κλπ.) **τότε η οικονομική διείσδυση της Αιολικής Ενέργειας στα αυτόνομα δίκτυα μπορεί να ξεπεράσει ποσοστά της τάξης του 90%**. Υβριδικά συστήματα ΑΠΕ του είδους αυτού που προέκυψαν σαν αποτέλεσμα πολυετών προσπαθειών και αναζητήσεων είναι το αντικείμενο της εν λόγω εργασίας και περιγράφονται συνοπτικά στην συνέχεια.

3.1 Περιγραφή Υβριδικού Συστήματος Κύθνου.

Στην Κύθνο λειτουργούσαν μέχρι τον Ιούνιο του 2000 ο πετρελαϊκός σταθμός ισχύος 2.120 kW, το Α/Π ισχύος 165 kW και ο Φ/Β σταθμός ισχύος 100 kWp. Στο νέο υβριδικό σύστημα ενσωματώθηκε ο παραπάνω εξοπλισμός και επιπλέον : **Μια πρόσθετη Α/Γ ισχύος 500 kW, περιστρεφόμενος πυκνωτής 600 kVA, ειδικές μπαταρίες χωρητικότητας 400 kWh, μετατροπείς συνεχούς-εναλλασσόμενου και εναλλασσόμενου-συνεχούς ρεύματος 500 kW**

(DC/AC και AC/DC), αντιστάσεις απόρριψης φορτίου 500 kW (αρχικά ήταν 150 kW και στα μέσα Ιουνίου αυξήθηκε στα 500 kW) και σύστημα εποπτικού ελέγχου και διαχείρισης ισχύος.

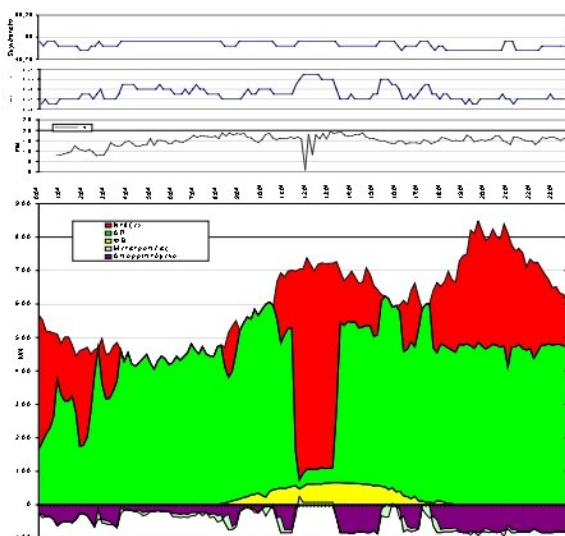


Διάγρ.1: Επιρροή διακυμάνσεων ισχύος της A/G 500kW σταθερών στροφών στην λειτουργία της πετρελαϊκής μονάδας ισχύος 430 kW.

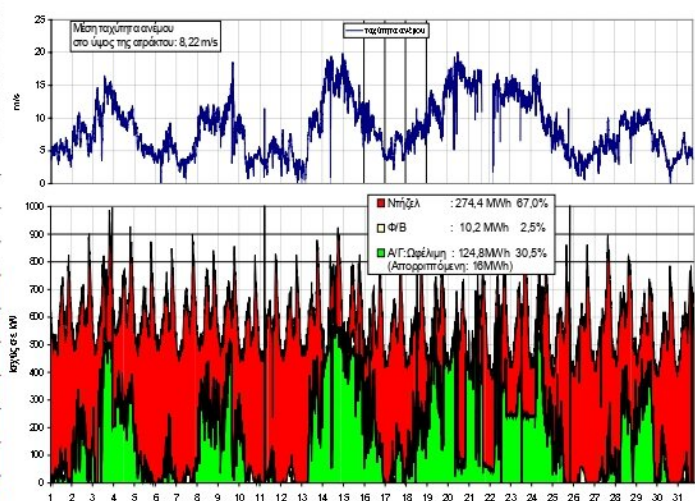


Διάγρ.2: Σχηματική παράσταση λειτουργίας του υβριδικού συστήματος της Κύθνου με κάλυψη των αναγκών του νησιού 100 % από ΑΠΕ . (Πετρελαϊκές μονάδες εκτός λειτουργίας)

Τη φροντίδα για την ευστάθεια του δικτύου που μέχρι τότε την είχαν οι πετρελαϊκές μονάδες του ΤΣΠ αναλαμβάνουν στο νέο σύστημα, για όσο χρονικό διάστημα αυτές θα είναι εκτός λειτουργίας, ο περιστρεφόμενος πυκνωτής (ρύθμιση ενεργού και άεργου ισχύος και σταθερότητα τάσης) και ο μετατροπέας συνεχούς-εναλλασσόμενου ρεύματος (σταθερότητα συχνότητας). Με τον τρόπο αυτό, και αυτή είναι η καινοτομία του συστήματος, **καθίσταται πλέον περιττή η παράλληλη με τις A/G λειτουργία πετρελαϊκών μονάδων, όταν το φορτίο του νησιού είναι μικρότερο από ή ίσο με την Η/Ε που παράγεται από τις A/G και το Φ/Β σταθμό.** Έτσι ενώ με το παλιό σύστημα το δίκτυο της Κύθνου πολλές φορές δεν μπορούσε να απορροφήσει την ενέργεια, που ήταν δυνατό να παραχθεί από τις 5 A/G και το Φ/Β σταθμό συνολικής ισχύος 265 kW, τώρα ανάλογα με τις ανεμολογικές συνθήκες, θα είναι σε θέση να απορροφά ενέργεια από τις ΑΠΕ μέχρι 765 και το κυριότερο με το νέο σύστημα **αντιστράφηκαν οι όροι και αντί των A/G βγαίνουν πλέον εκτός λειτουργίας οι πετρελαϊκές μονάδες.** Η διείσδυση των ΑΠΕ αναμένεται να είναι κατά μέσο όρο **πάνω από 25%** και αν αυξηθεί η ισχύς των A/G στα 1500kW θα ξεπεράσει το 50% έναντι 10% περίπου που ήταν μέχρι σήμερα, ενώ στις περιπτώσεις που οι ανάγκες της ζήτησης καλύπτονται από τις ΑΠΕ, όπως αυτό φαίνεται σχηματικά στο διάγραμμα 2, είναι 100% αφού διακόπτεται η λειτουργία όλων των πετρελαϊκών μονάδων.



Διαγρ.3. Σύνθεση φορτίου υβριδικού συστήματος Κύθνου την 14.10.00 και διακοπή λειτουργίας της A/G 500 kW (11:40)



Διαγρ.4. Σύνθεση φορτίου υβριδικού συστήματος Κύθνου τον Οκτώβριο του 2000

Στην κατάσταση αυτή το σύστημα λειτούργησε μέχρι 12 ώρες για αρκετές φορές βλέπε π.χ. διάγραμμα 3 που δείχνει την σύνθεση φορτίου του συστήματος της Κύθνου την 14.10.00 και την διακοπή λειτουργίας των πετρελαϊκών μονάδων από 03:10 μέχρι 11:00 περίπου.

Σημειώνεται ότι η διείσδυση των ΑΠΕ στο σύστημα της Κύθνου έφτασε τους πρώτους μήνες λειτουργίας του μέχρι 33%, βλέπε διάγραμμα 4 που δείχνει την σύνθεση φορτίου του συστήματος τον Οκτώβριο του 2000.

Από το Νοέμβριο του 1999 μέχρι τον Ιούνιο του 2000 το σύστημα λειτουργούσε με περιορισμένη ισχύ (στα 300 kW) της Α/Γ των 500 kW λόγω των μεγάλων στιγμιαίων διακυμάνσεων της εν λόγω Α/Γ που διαταράσσουν την εύρυθμη λειτουργία των πετρελαιομηχανών (βλέπε Διάγραμμα 1). Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε οριστικά με την επαύξηση των αντιστάσεων απόρριψης φορτίου στα 500 kW τον Ιούνιο του 2000 και το σύστημα μπήκε σε πλήρη λειτουργία. **Τώρα άρχισαν να φαίνονται και στην πράξη η αξιοπιστία και οι πραγματικές δυνατότητες των υβριδικών συστημάτων και άνοιξε επιτέλους ο δρόμος ευρύτερης εφαρμογής τους στα υπόλοιπα νησιά μας.**

3.2 Εμπειρίες Λειτουργίας του Υβριδικού Συστήματος Κύθνου.

Με την έναρξη λειτουργίας του το έξυπνο υβριδικό σύστημα παραγωγής IPS (Intelligent Power System) της Κύθνου έδειξε ότι ανταποκρίνεται πλήρως στις βασικές προσδοκίες και απαιτήσεις. **Με λίγα λόγια πέτυχε ο κύριος στόχος να καταστήσει την Αιολική Ενέργεια βασική πηγή ενέργειας και τις πετρελαϊκές μονάδες εφεδρικές**, βελτιώθηκε σημαντικά την ευστάθεια του δικτύου και κατά συνέπεια η ποιότητα της παρεχόμενης ισχύος και γενικά αναβαθμίστηκε σημαντικά ολόκληρο το ενεργειακό σύστημα του νησιού. Όπως ήταν όμως αναμενόμενο, στην αρχή παρουσιάστηκαν και ορισμένες δυσλειτουργίες ή καταστάσεις που με την πάροδο του χρόνου βελτιώθηκαν ή βρίσκονται υπό παρακολούθηση. Πιο συγκεκριμένα τα βασικότερα πλεονεκτήματα του είναι :

- Η αλλαγή των ρόλων μεταξύ Α/Γ και πετρελαϊκών μονάδων είναι πλέον γεγονός και παρουσιάζεται κάθε φορά όταν η ζήτηση του νησιού είναι ίση ή μικρότερη από την παροχή των ΑΠΕ. Μέχρι σήμερα είχαμε αρκετές περιπτώσεις που η διακοπή λειτουργίας των πετρελαϊκών μονάδων διήρκησε μέχρι 12 ώρες βλέπε π.χ. διάγραμμα 3.
- Η αξιοπιστία του συστήματος είναι εξαιρετικά μεγάλη. Αρκεί να αναφερθεί μόνο το περιστατικό της 14.10.00 όταν κατά την 11:30 έπεσε η ασφάλεια μίας φάσης του δικτύου μέσης τάσης και διακόπηκε απότομα η λειτουργία της Α/Γ 500 kW με ονομαστικό φορτίο την στιγμή που το φορτίο του νησιού ήταν 700 kW περίπου. Το σύστημα διαχειρίστηκε την ανωμαλία αυτή χωρίς καμία αναταραχή στην τροφοδοσία του νησιού, βλέπε διάγρ. 3.
- Η ευστάθεια του δικτύου (σταθερότητα συχνότητας και τάσης) και κατά συνέπεια η ποιότητα της παρεχόμενης ισχύος είναι σημαντικά βελτιωμένες. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι οι διακυμάνσεις της συχνότητας και της τάσης κυμαίνονται μεταξύ 49,85 - 50,1 Hz και 230 - 234 V αντίστοιχα, βλέπε διάγραμμα 3. Οι τιμές αυτές είναι καλύτερες και από αυτές του Εθνικού Δικτύου.
- Με το νέο σύστημα επιτυγχάνεται οικονομικότερη λειτουργία των πετρελαϊκών μονάδων διότι αυτές φορτίζονται πλέον με σταθερότερο φορτίο και πλησίον της χαμηλότερης ειδικής κατανάλωσης καυσίμου.

Αυτά σε γενικές γραμμές είναι τα πλεονεκτήματα του πρώτου υβριδικού συστήματος όπως αυτό εγκαταστάθηκε τελικά στην Κύθνο. Το σύστημα αυτό όμως όπως λειτουργεί σήμερα έχει ορισμένα βασικά μειονεκτήματα όπως π.χ.:

- Ο συγκεκριμένος τύπος της μεγάλης Α/Γ 500 kW σταθερών στροφών παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις της ενεργού ισχύος, διότι δεν έχει δυνατότητα ταχείας ρύθμισης της ισχύος όπως απαιτείται από το σύστημα. Αποτέλεσμα της κατάστασης αυτής είναι οι βυθίσεις της τάσης στην γραμμή μέσης τάσης όπου είναι συνδεδεμένη η Α/Γ, έντονα μεταβατικά φαινόμενα και κίνδυνος γενικής διακοπής σε κρίσιμες καταστάσεις απότομων διακυμάνσεων της ισχύος βλέπε π.χ. διάγραμμα 1 και η απόρριψη της ενέργειας αιχμής και της περίσσιας ενέργειας σε αντιστάσεις. Είναι ήδη ευρέως γνωστό ότι Α/Γ μεταβλητών στροφών αντιμετωπίζουν κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα προβλήματα αυτά και ως εκ τούτου μόνο Α/Γ του είδους αυτού επιβάλλεται να υιοθετούνται σε αυτόνομα συστήματα. (βλέπε και 4.1)
- Η καθυστέρηση εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος για πάνω από 8 χρόνια από το χρόνο έναρξης σχεδιασμού του και 5 χρόνια περίπου από την ημέρα που ήταν έτοιμο για εγκατάσταση έχουν σαν αποτέλεσμα την δραστική μείωση της διείσδυσης των ΑΠΕ από 50% που είχε προϋπολογιστεί το 1992 στο 25-30%. Αυτό οφείλεται κύρια στην αύξηση της ελάχιστης κατανάλωσης του νησιού την χειμερινή περίοδο από 250 - 450 kW περίπου (ελάχιστη - μέγιστη) που ήταν το 1993 σε 420 - 700 kW που ήταν το 2000. Έτσι ενώ για το 1995 αναμένονταν διακοπές λειτουργίας των πετρελαϊκών μονάδων μερικών ημερών τώρα οι διακοπές αυτές περιορίζονται μόνο μέχρι 12 ώρες.
- Η οικονομική λειτουργία του συστήματος περιορίζεται επιπροσθέτως λόγω εμφάνισης και αυξημένου αριθμού περιπτώσεων αναγκαστικής ενάρξεως λειτουργίας μιας πετρελαϊκής μονάδας όταν υπάρχει έλλειψη κάλυψης ζήτησης μερικών μόνο kW από ΑΠΕ. Το πρόβλημα στις περιπτώσεις αυτές είναι ιδιαίτερα οξύ διότι η πετρελαϊκή μονάδα λόγω τεχνικών ελαχίστων πρέπει να λειτουργεί με πρόσθετο φορτίο το οποίο αφαιρείται από τις Α/Γ και απορρίπτεται (σπαταλάται) στις αντιστάσεις απόρριψης φορτίου. Βλέπε π.χ. διαγρ.3 στις 8.30-9.30 περίπου.
- Η έλλειψη βραχυχρόνιας (π.χ. της τάξης των 24 ωρών) ενδιάμεσης αποθήκευσης ενέργειας περιορίζει σημαντικά την οικονομική διείσδυση της Αιολικής Ενέργειας στο νησί και κατά συνέπεια την οικονομικότερη λειτουργία του ενιαίου συστήματος.

Μειονεκτήματα και δυσλειτουργίες του είδους αυτού αναμένεται να αντιμετωπιστούν ικανοποιητικά στο σχεδιαζόμενο υβριδικό σύστημα της Ικαρίας, αν αξιοποιηθούν σωστά η μέχρι σήμερα πολύτιμες εμπειρίες βλέπε παράγραφο 4.2.

Με την χρήση υβριδικών συστημάτων σε αναπτυσσόμενες περιοχές που δεν έχουν ακόμη ρεύμα επιτυγχάνονται ευθύς εξαρχής δύο βασικοί στόχοι ήτοι οικονομική αξιοποίηση των ΑΠΕ και ορθολογική χρήση ενέργειας διότι οι χρήστες Η/Ε δεν έχουν συνηθίσει ακόμη στην σπατάλη ενέργειας.

4. ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΕ.

Από τα παραπάνω προκύπτει άμεση ανάγκη ανάπτυξης και εγκατάστασης κατάλληλων για κάθε περίπτωση υβριδικών συστημάτων ΑΠΕ για την κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών σε αυτόνομα δίκτυα.

Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα της Κύθνου για την αντιμετώπιση στιγμιαίων διακυμάνσεων της ισχύος της Α/Γ και του φορτίου, είναι κατάλληλες για ενδιάμεση αποθήκευση ενέργειας σε μικρές αυτόνομες μονάδες και για αυτόνομα δίκτυα σχετικά μικρού μεγέθους. Όσο όμως αυξάνεται το φορτίο ενός δικτύου τόσο περιορίζονται και οι δυνατότητες χρήσης μπαταριών. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να αναζητηθούν άλλοι τρόποι αποθήκευσης ενέργειας όπως π.χ. παραγωγή υδρογόνου, αντλησιοταμιευτήρες κλπ.. Αντλησιοταμιευτήρες αντλούν νερό τις ώρες μειωμένης ζήτησης από ένα ταμιευτήρα που βρίσκεται χαμηλά και το στέλνουν σε ένα δεύτερο ταμιευτήρα που βρίσκεται ψηλότερα. Το νερό αυτό διοχετεύεται σε υδροστρόβιλους τις ώρες αιχμών στη ζήτηση και παράγει Η/Ε. Λόγω της ανακύκλωσης του νερού που γίνεται σε ένα

τέτοιο σύστημα δεν απαιτείται η συνεχής ροή του. Με την λειτουργία των αντλησιοταμιευτήρων εξομοιώνονται ημερήσιες διακυμάνσεις στη καμπύλη ζήτησης και διευκολύνονται οι θερμικές μονάδες να λειτουργούν με περίπου σταθερό φορτίο (φορτίο βάσης) όπως επιβάλλεται. Βασικές προϋποθέσεις για την ανάπτυξη των υβριδικών συστημάτων είναι η επιλογή κατάλληλων Α/Γ (τύπος και μέγεθος), επιλογή κατάλληλων θέσεων που θα εγκατασταθούν τόσο τα Α/Π όσο και οι αντλησιοταμιευτήρες και τέλος εξασφάλιση σωστής λειτουργίας όλων των εμπλεκόμενων στο σύστημα Πηγών Ενέργειας έτσι ώστε ανά πάσα στιγμή **να υπάρχει συνολικά οικονομικό αποτέλεσμα**. Σύμφωνα με την εμπειρία που αποκτήθηκε μέχρι σήμερα τα υβριδικά συστήματα της δεύτερης γενιάς επιβάλλεται να έχουν τα εξής βασικά χαρακτηριστικά:

- **Να δίνουν προτεραιότητα στις ΑΠΕ** έτσι ώστε, σε περιπτώσεις επάρκειάς τους, που καλύπτεται η ζήτηση, να διακόπτεται η λειτουργία των πετρελαϊκών μονάδων και όχι των Α/Γ, όπως γίνεται σήμερα (αντιστροφή των ρόλων μεταξύ Α/Γ και πετρελαϊκών μονάδων).
- **Να έχουν δυνατότητα ενδιάμεσης αποθήκευσης ενέργειας** για κάλυψη αναγκών τουλάχιστον ενός 24ώρου και μέσω σωστής διαχείρισης να εξασφαλίζουν την οικονομική λειτουργία των πετρελαϊκών μονάδων και του ενιαίου συστήματος.
- **Να χρησιμοποιούν Α/Γ φιλικές στα αυτόνομα δίκτυα** (π.χ. Α/Γ μεταβλητών στροφών που εξασφαλίζουν περιορισμό των στιγμιαίων διακυμάνσεων ισχύος, παροχή έργων, σταθεροποίηση χαρακτηριστικών δικτύου κλπ).

Κατά συνέπεια υβριδικά συστήματα με την έννοια αυτή είναι Ενεργειακά Συστήματα που συνδυάζουν τη βέλτιστη συνεργασία διαφόρων Πηγών Ενέργειας με στόχο τη μεγιστοποίηση της οικονομικής διείσδυσης των ΑΠΕ και την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμων στα συστήματα αυτά. Υβριδικά Συστήματα του είδους αυτού είναι κατάλληλα για εφαρμογή σε περιπτώσεις κάλυψης καθαρά ηλεκτρικών αναγκών ανεξάρτητα από το μέγεθος του αυτόνομου δικτύου (από αυτόνομες μονάδες οικιακής χρήσης μέχρι μεγάλα νησιά). Οι περιπτώσεις που περιγράφονται συνοπτικά στη συνέχεια μαζί με το σύστημα της Κύθνου δίνουν μια εικόνα των δυνατοτήτων ευρύτερης αξιοποίησης των ΑΠΕ με υβριδικά συστήματα.

4.1 Το Υβριδικό Σύστημα της Γαύδου.

Η Γαύδος μαζί με τα Αντικύθηρα ήταν τα πρώτα νησιά που κατά την διάρκεια εγκατάστασης των αυτόνομων Φ/Β σταθμών το 1986 γεννήθηκε η ιδέα συνεργασίας Α/Γ και Φ/Β μονάδος σε ένα συνδυασμένο σύστημα που σε αντίθεση με τους αυτόνομους Φ/Β σταθμούς θα έπρεπε να έχει χαμηλές δαπάνες εγκατάστασης, να καλύπτει σε συνεχή βάση τη ζήτηση και να έχει χαμηλό κόστος παροχής Η/Ε. Τόσο τα Αντικύθηρα, όσο και περισσότερο η Γαύδος έχουν προταθεί επανειλημμένα από το τέλος της δεκαετίας τον 1980 για την εγκατάσταση υβριδικών συστημάτων χωρίς δυστυχώς αποτέλεσμα μέχρι σήμερα. Η τελευταία πρόταση για εγκατάσταση στη Γαύδο ενός έξυπνου υβριδικού συστήματος έγινε τον Αύγουστο του 2000. Σύμφωνα με οικονομοτεχνική μελέτη που βρίσκεται στο στάδιο της επεξεργασίας η εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος για την Γαύδο είναι η πλέον ενδεδειγμένη λύση διότι:

- είναι οικονομικότερο από οποιαδήποτε άλλη λύση τόσο από πλευράς επένδυσης όσο και κυρίως από πλευράς λειτουργικού κόστους.
- Καλύπτει σε συνεχή βάση τις ανάγκες του νησιού.
- Προσφέρει δωρεάν την περίσσεια ενέργεια (η οποία αλλιώς θα «καίγεται» σε αντιστάσεις) για χρήση σε εγκαταστάσεις εξασφάλισης πόσιμου νερού και λειτουργίας βιολογικού καθαρισμού που έχει άμεση ανάγκη το νησί.

Ο υπό συζήτηση προγραμματισμός εγκατάστασης δευτέρου απλού Φ/Β σταθμού στην Γαύδο (ο πρώτος λειτουργεί ήδη από το 1987) δεν είναι τεχνικά δόκιμη λύση, διότι πέραν του υψηλού

κόστους επένδυσης δεν είναι δυνατόν να καλύπτει συνεχώς τις ανάγκες του νησιού και στην ουσία θα καταλήξει στην "αναγκαιότητα" εγκατάστασης και πετρελαϊκού σταθμού. Θα γίνει δηλαδή το αντίθετο από αυτό που με τόσους κόπους και καθυστερήσεις επιτεύχθηκε στην Κύθνο.

4.2 Το Υβριδικό Σύστημα της Ικαρίας.

Η κατασκευή προ εξαετίας περίπου μιας λιμνοδεξαμενής στο νησί από το Υπουργείο Γεωργίας χωρητικότητας $1 \times 10^6 \text{ m}^3$ σε υψόμετρο μάλιστα 720 μέτρων και το υψηλό κόστος της παρεχόμενης από συμβατικά καύσιμα Η/Ε σε συνδυασμό με την συνολική κατανάλωση του νησιού ήταν οι βασικοί παράγοντες που συντέλεσαν στην επιλογή της Ικαρίας για μελέτη και εγκατάσταση του πρώτου υβριδικού συστήματος με κύριο χαρακτηριστικό τη μεσοπρόθεσμη (για μερικά 24ωρα) αποθήκευση Η/Ε υπό μορφή δυναμικής ενέργειας του νερού. Οι ανάγκες Η/Ε του νησιού καλύπτονται σήμερα από τον ΑΣΠ συνολικής ισχύος 6.160 kW και από το Α/Π συνολικής ισχύος 385 kW (7 Α/Γ των 55 kW η καθεμία).

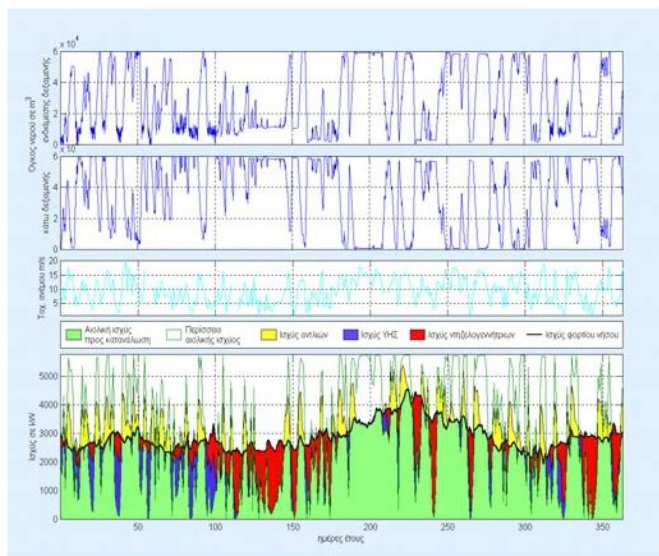
Με στοιχεία τον 1999 η μέγιστη αιχμή της ζήτησης ήταν το καλοκαίρι 5.940 kW ενώ το χειμώνα η ελάχιστη κατανάλωση έπεσε στα 540 kW περίπου και η ετήσια κατανάλωση του νησιού ήταν 18.604 MWh. Παρά το γεγονός ότι η εγκατεστημένη ισχύς των Α/Γ είναι μικρή, (κάτω από το 7% του μέγιστου φορτίου) τις νυχτερινές ώρες της χειμερινής περιόδου η απορρόφηση της συνολικής ισχύος των Α/Γ δημιουργεί προβλήματα στις πετρελαϊκές μονάδες του ΑΣΠ με αποτέλεσμα μέρος των Α/Γ να τίθεται εκτός λειτουργίας. Έτσι η διείσδυση της Αιολικής Ενέργειας στο σημερινό σύστημα της Ικαρίας δεν ξεπερνά το 8%. Από προκαταρκτικές μελέτες που έγιναν κατά καιρούς από το 1994 και μετά την κύρια σύμφωνα με την τελευταία εμπειριστατωμένη και άρτια από όλες τις πλευρές διπλωματική εργασία [6] προσδιορίστηκαν επακριβώς και τεκμηριωμένα τα μεγέθη και έγινε προσέγγιση των δαπανών του πρόσθετου βασικού εξοπλισμού. Τα κύρια χαρακτηριστικά του προτεινόμενου υβριδικού συστήματος της Ικαρίας έχουν ως εξής :

• Συνολική ισχύς Α/Π υφιστάμενου + νέου (385 + 5400) σε kW :	5.785
• Ισχύς υδροστροβίλων (1 x 900 + 2 x 1.400) σε kW :	3.700
• Ισχύς αντλιοστασίου 10 αντλίες των 160 kVA η κάθε μία :	1.600
• Χωρητικότητα υφιστάμενης λιμνοδεξαμενής σε $\text{m}^3 \times 10^3$:	1.000
• Χωρητικότητα δύο πρόσθετων λιμνοδεξαμενών σε $\text{m}^3 \times 10^3$ η κάθε μία :	60
• Συνολικές δαπάνες επένδυσης υβριδικού συστήματος σε εκ. δρχ. :	4.500
• Επιδότηση 40% σε εκ δρχ. :	1.620
• Αναμενόμενη ζήτηση Η/Ε ενεργειακού συστήματος Ικαρίας για το έτος 2002 σε MWh :	23.800
• Ετήσια αναμενόμενη ωφέλιμη μετατροπή Η/Ε Α/Π σε MWh :	21.000
• Ποσοστό διείσδυσης ΑΠΕ (Αιολικής και υδραυλικής) επί της % :	88
• Συνολικό κόστος ενέργειας υβριδικού συστήματος Ικαρίας σε δρχ./kWh :	17,1
• Κόστος καυσίμου υφιστάμενου πετρελαϊκού σταθμού έτους 1999 σε δρχ./kWh:	29,0
• Ετήσιο όφελος από την λειτουργία του υβριδικού συστήματος Ικαρίας το έτος 2002 σε εκ. δρχ. :	262
• Ετήσιο όφελος από την λειτουργία του υβριδικού συστήματος Ικαρίας το έτος 2010 σε εκ. δρχ. :	392

Με τα ανεμολογικά στοιχεία του 1995, τα φορτία του νησιού το 1998 και την αναμενόμενη αύξηση της ζήτησης του 2002 διαμορφώνεται η ετήσια κατανομή φορτίων που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 5. Στο ίδιο διάγραμμα παρουσιάζεται και η ανακύκλωση του νερού μεταξύ των δυο προσθέτων λιμνοδεξαμενών.

Σε αντίθεση με μεμονωμένες Α/Γ που λειτουργούν σε αυτόνομα δίκτυα το υβριδικό σύστημα της Ικαρίας, μέσου των λιμνοδεξαμενών ενδιάμεσης αποθήκευσης ενέργειας προσφέρει **εγγυημένη ισχύ**. Αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατό να **καταστεί** περιττή η εγκατάσταση μιας εκ των δυο πετρελαϊκών μονάδων ισχύος 4-5,5 MW και προϋπολογιζόμενης δαπάνης 1,25 δις δρχ. η κάθε μια. Στην περίπτωση αυτή εξοικονομούνται σημαντικές δαπάνες επένδυσης και μειώνεται το κόστος παραγωγής Η/Ε για το 2002 από το υβριδικό σύστημα από 17,1 δρχ./kWh στις 11,5

δρχ/kWh. Το ετήσιο όφελος στην περίπτωση αυτή θα είναι 397 εκ. δρχ. για το 2002 και 501εκ. δρχ. για το 2010. Διευκρινίζεται ότι για λόγους οικονομικότερης λειτουργίας του συστήματος στο έργο συμπεριλαμβάνονται τρεις λιμνοδεξαμενές ήτοι: η υπάρχουσα συν δυο πρόσθετες (60.000 m³ η κάθε μια).



Διαγρ. 5: Κατανομή φορτίου και ανακύκλωση του νερού στις δυο λιμνοδεξαμενές 6000m³ για το έτος 2002

5. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΙΚΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΕ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΩΝ ΝΗΣΙΩΝ

Όταν, πριν από 20 περίπου χρόνια, ξεκίνησαν αξιόλογες προσπάθειες ανάπτυξης των ΑΠΕ στη χώρα μας κανείς δεν περίμενε να δει τις ΑΠΕ και ιδιαίτερα την Αιολική Ενέργεια να εξελίσσονται σε τέτοιο βαθμό ώστε στα νησιά και γενικότερα στα αυτόνομα διασυνδεδεμένα δίκτυα να είναι ανταγωνιστικές με το πετρέλαιο. Αυτό είναι πλέον δεδομένο και δεν μπορεί να αμφισβητηθεί τουλάχιστο από σοβαρούς ανθρώπους με σχετικές γνώσεις. Τα πρώτα χρόνια ενασχόλησης με το αντικείμενο των ΑΠΕ ήταν αναμενόμενο και εύλογο να γίνουν λάθη, να υπάρξουν αδυναμίες και παραλήψεις, να παρουσιαστούν αστοχίες, βλάβες και τεχνικά προβλήματα κλπ. Όλα αυτά εξηγούνται λόγω αρχικών απειριών και έλλειψης εξειδικευμένων γνώσεων και γενικότερα ευρύτερης εξοικείωσης με τις ιδιαιτερότητες των νέων τεχνολογιών πράγματα που καλύφθηκαν ή ξεπεράστηκαν σε ικανοποιητικό βαθμό από τους περισσότερους σιγά-σιγά με το χρόνο. Σήμερα όμως μετά από τόσα χρόνια συσσωρευμένων εμπειριών και εξειδικευμένων γνώσεων είναι αδιανόητο να χρειάζεται να εξηγεί κανείς τα αυτονόητα. Πιο συγκεκριμένα:

Στο έξυπνο υβριδικό σύστημα της Κύθνου, όπως προαναφέραμε στο κεφάλαιο 3.1, καταφέραμε και καθιερώσαμε την Αιολική Ενέργεια σαν πηγή ενέργειας βάσης. Με τον τρόπο αυτό το εισαγόμενο πετρέλαιο και οι πετρελαϊκές μονάδες των ενεργειακών συστημάτων των νησιών παίρνουν πλέον εφεδρικό ρόλο. Αυτό είναι μία σημαντική κατάκτηση και σημαίνει απλά ότι όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές η ζήτηση του νησιού σε Η/Ε καλύπτεται 100% από τις ΑΠΕ. Με την εφαρμογή αυτή, που θεωρείται τομή στην παραπέρα εξέλιξη των ενεργειακών συστημάτων των νησιών, αλλάζουν πλέον τα δεδομένα. Σύμφωνα με τα παραπάνω είναι αυτονόητο ότι η Αιολική Ενέργεια αρχίζει να παίζει κυρίαρχο ρόλο στο χώρο των νησιών, διότι απλά πέραν όλων των άλλων πλεονεκτημάτων της, εγχώρια, άφθονη, μη αναλώσιμη, μηδενική επίπτωση σε όλα τα είδη μόλυνσης του περιβάλλοντος, μηδενική εκπομπή αερίων θερμοκηπίου κλπ. **είναι και σημαντικά οικονομικότερη από το πετρέλαιο.** Αυτό αποδείχτηκε στο υβριδικό σύστημα της Κύθνου παρά το γεγονός ότι έγιναν εκτεταμένες

προσθήκες και προσαρμογές εξοπλισμού, πολλές από τις οποίες σε ένα νέο εξ αρχής σχεδιασμένο σύστημα είναι δυνατόν να αποφευχθούν. Έτσι καθίσταται η όλη επένδυση σημαντικά οικονομικότερη. Με την έννοια αυτή είναι αδιανόητο στη Γαύδο να εγκατασταθεί σήμερα ένα απλό σύστημα Φ/Β σταθμού χωρίς Α/Γ όπως σχεδιάστηκε και προκηρύχθηκε πρόσφατα από τη ΔΕΜΕ. Το γεγονός αυτό καθιστά την όλη επένδυση τεχνικά ξεπερασμένη, οικονομικά ασύμφορη και **το κυριότερο άνευ ουσιαστικής αξίας και συνεισφοράς για τους κατοίκους της Γαύδου**, διότι δεν αντιμετωπίζει οριστικά κανένα από τα τρία βασικά προβλήματα του νησιού που είναι : **Η παροχή επαρκούς και φθηνής Η/Ε, η εξασφάλιση πόσιμου νερού και η αντιμετώπιση του προβλήματος βιολογικού καθαρισμού**. Αντιθέτως η εγκατάσταση ενός έξυπνου υβριδικού συστήματος με κύρια πηγή ενέργειας τις Α/Γ όπως αποδείχθηκε στην Κύθνο αντιμετωπίζει κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο από όλες τις απόψεις τα τρία παραπάνω βασικά προβλήματα του νησιού, διότι διαθέτει στο νησί άφθονη και φθηνή Η/Ε.

Αρνητικά παραδείγματα σαν αυτό της Γαύδου, τα οποία θα μπορούσαν να αποφευχθούν, διότι είχαν έγκαιρα επισημανθεί υπάρχουν δυστυχώς πολλά. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η περίπτωση της Κρήτης όπου σε ένα κατάλληλα σχεδιασμένο Υ/Η έργο με αντλιοσταμειυτήρες θα μπορούσε να αποθηκεύεται η περικοπτόμενη σήμερα Η/Ε των Α/Γ της τάξης των 35.000 MWh/χρόνο και να χρησιμοποιείται τις ώρες αιχμής στη ζήτηση αντί να σπαταλάται πετρέλαιο στους αεροστρόβιλους καθώς επίσης και η περίπτωση του Υβριδικού συστήματος της Ικαρίας. Τονίζεται με ιδιαίτερη έμφαση στο σημείο αυτό, ότι αν στην Ικαρία δεν εγκατασταθεί από την αρχή η **ελάχιστη απαιτούμενη ισχύς Α/Γ**, που με τα σημερινά δεδομένα ανέρχεται σε **5,5 με 6,0 MW** τότε το έργο θα είναι λειτουργικά ασύμφορο, διότι **απλά η ενέργεια των Α/Γ δεν θα φτάνει να λειτουργεί το αντλητικό συγκρότημα και κυρίως δεν θα επαρκεί να καλύπτει 100% τις ανάγκες του νησιού για να σβήνει ο πετρελαϊκός σταθμός**.

Τα παραπάνω σχολιάζονται όχι με πρόθεση αναζήτησης και απόδοσης ευθυνών, αλλά κύρια για την πρόληψη παρόμοιων ή χειρότερων καταστάσεων και την ευρύτερη συνειδητοποίηση ότι κάποτε και στην Ελλάδα μας πρέπει να κατανοήσουμε ότι δεν αρκεί μόνο να εξηγήσουμε τα απλά και αυτονόητα, τα οποία πολλές φορές είναι δύσκολα στη σύλληψη, αλλά να τα εφαρμόζουμε.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα για τα νησιά μας μία άφθονη και εξαιρετικά φθηνή πηγή ενέργειας που με κατάλληλο συνδυασμό με ΥΗΣ και ενδιάμεση αποθήκευση Η/Ε σε λιμνοδεξαμενές μπορεί να λύσει καυτά υπαρκτά προβλήματα των νησιών και να αποτελέσει κυριολεκτικά μοχλό περαιτέρω ανάπτυξης τους, αν χρησιμοποιηθεί σωστά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Παύλος Ε. Σαντορίνης "Περί της εν Ελλάδι χρησιμοποιήσεως της ενέργειας πνοής ανέμου ως κινητήριου δυνάμεως", Αθήνα 1960, Τεχνικά χρονικά (τεύχος Νοεμβρίου - Δεκεμβρίου 1960).
2. Κλεάνθης Ελευθεράτος "Μελέτη ηλεκτροδότησης Νήσου Κρήτης, περίοδος 1991-2055", ΔΕΗ ΕΔ. 42 σελ 78 - 91.
3. G. Betzios "Wind Energy perspectives through hybrid systems" Proc. of the 5th European Wind Energy Association Conference, 10 - 14 Oct. 1994, Thessaloniki Greece Oral Session Vol. II pg 1150 - 1153.
4. Dr. L. Papayannakis "Developing decision-making support tools for the utilization of Renewable Energies in integrated systems of the Local Level (DRILL). Final Report JOU2-CT92-0190 March 1996.
5. D. Christakis – TEI Herakliou Gr., M Psofagianakis – PPC. Greece, Reduction of electricity cost by pump-storage unit in Crete island, 31st Universities Power Engineering Conference 1996 Vol.1 pg 330-333
6. Πέτρος Θεοδωρόπουλος, διπλωματική εργασία ΕΜΠ «Μοντελοποίηση και διαστασιολόγηση υβριδικού συστήματος – Εφαρμογή στην Ικαρία», Φεβρ. 2001.