



Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ: Σ.Τ.ΕΦ. / Π.Σ.Ε.
ΤΜΗΜΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (ΑΡΒΗ)



Εισηγητής: Δρ Χρηστάκης Δημήτριος
Σπουδαστής: Χατζηδάκης Μανόλης

ΗΡΑΚΛΕΙΟ
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2003

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Αυτόνομο ενεργειακό σύστημα είναι το σύστημα που δεν είναι συνδεδεμένο με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο. Το σύστημα αυτό ονομάζεται και Υβριδικό Ενεργειακό Σύστημα αν περιλαμβάνει περισσότερες από μία ενεργειακές πηγές. Απαρτίζεται από πολλές ταυτόχρονα ενεργειακές πηγές και συνοδεύεται από τον κατάλληλο ηλεκτρονικό εξοπλισμό για έλεγχο και επιτήρηση της λειτουργίας τους.

Οι βασικές κατηγορίες συστημάτων που αποτελούν ένα υβριδικό σύστημα είναι:

1. Οι ενεργειακές πηγές:
 - α) Ανεμογεννήτρια (Α/Γ)
 - β) Φωτοβολταϊκά πλαίσια (Φ/Β)
 - γ) Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (Η/Ζ)
 - δ) Γεννήτρια υγραερίου
2. Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας:
 - α) Ηλεκτρικοί συσσωρευτές
 - β) Ανύψωση νερού
 - γ) Κυψέλες υδρογόνου
3. Τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας:
 - α) Ελεγκτής φόρτισης συσσωρευτών από παραγωγή ενέργειας από την Α/Γ.
 - β) Ελεγκτής φόρτισης συσσωρευτών από Φ/Β.
 - γ) Μετασχηματιστής ή αντιστροφείας DC-AC ή Inverter
 - δ) Σύστημα ελέγχου

Παρακάτω αναλύονται οι συνηθέστερες από τις παραπάνω κατηγορίες.

Πιο αναλυτικά για τις ενεργειακές πηγές έχουμε:

α) Η Α/Γ αποτελεί συνήθως την κεντρική μονάδα παραγωγής ενέργειας σε τέτοια συστήματα. Σκοπός της ανεμογεννήτριας είναι η μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ωφέλιμη. Οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: i) κατακόρυφου και ii) οριζόντιου άξονα με δημοφιλέστερες της δεύτερης κατηγορίας. Τα χαρακτηριστικά μεγέθη μιας Α/Γ είναι η καμπύλη ισχύος-ταχύτητας ανέμου, ο τύπος κινητήρα, η τάση που παρέχει και η τιμή της τάσης εξόδου.

β) Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι μια διάταξη που αποτελείται από πλήθος αντίστοιχων στοιχείων. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι μια επαφή p-n που μετατρέπει απ' ευθείας την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που απορροφάται σε ηλεκτρομαγνητική. Παράγει συνεχές ρεύμα (DC) έχοντας την δυνατότητα να καλύψει απ' ευθείας φορτία που λειτουργούν στο DC. Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων αναλόγως του υλικού παρασκευής είναι: πυριτίου (a-Si:H), Δισεληνοϊνδιούχου χαλκού

(CuInSe_2), Τελουριούχο κάδμιο (CdTe) και Αρσενικούχου Γάλλιου (GaAs).

γ) Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος είναι η λεγόμενη γεννήτρια η οποία λειτουργεί με συμβατικό καύσιμο με diesel ή με βενζίνη και παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Η ενσωμάτωση ενός H/Z σε κάποιο υβριδικό σύστημα έχει δύο στόχους:

α) Την συμπληρωματική λειτουργία του σε καταστάσεις υστέρησης του υπολοίπου συστήματος π.χ συννεφιασμένες μέρες, άπνοια.

β) Την κάλυψη ενός μέρους των ενεργειακών απαιτήσεων

Η συμμετοχή του H/Z επιδιώκεται να περιοριστεί σε χαμηλά επίπεδα λόγω μόλυνσης του περιβάλλοντος από τα επικίνδυνα καυσαέρια, λόγω υψηλού θορύβου και λόγω της υψηλής τιμής του καυσίμου

Για συστήματα αποθήκευσης ενέργειας.

α) Οι συστοιχίες συσσωρευτών αποτελούν την πλέον κατάλληλη μέθοδο για αποθήκευση σχετικά μικρών ποσοτήτων ενέργειας για μικρούς οικισμούς. Αποτελούνται από γαλβανικά στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά μετατρέποντας την χημική ενέργεια σε ηλεκτρική. Στα ενεργειακά αυτόνομα συστήματα πρέπει να χρησιμοποιούνται μπαταρίες με μεγάλο αριθμό κύκλων φορτο-εκφορτίσεων και μεγάλης χωρητικότητας σε Ah. Στοιχεία που προσδιορίζουν τον συσσωρευτή είναι η ονομαστική τάση και η χωρητικότητα. Διάφοροι τύποι συσσωρευτών είναι: Μολύβδου-Θεικού οξέος ($\text{Pb-H}_2\text{SO}_4$), Νικελίου-Καδμίου (Ni-Cd), Νικελίου-Σιδήρου (Ni-Fe), Λιθίου μετάλλου (Li) και Νικελίου-Ψευδαργύρου (Ni-Zn).

Όσον αφορά τα συστήματα διαχείρισης της ενέργειας:

α) Σε κάθε υβριδικό σύστημα που περιλαμβάνει Φ/Β γεννήτρια και Α/Γ υπάρχουν 2 φορτιστές φόρτισης μπαταριών που συνδέουν την Α/Γ με τις μπαταρίες ενώ ο άλλος φορτιστής την Φ/Β γεννήτρια με τις μπαταρίες. Γενικότερα κάθε ελεγκτής φόρτισης επιτρέπει την φόρτιση είτε από την παραγόμενη ενέργεια της Α/Γ ή των Φ/Β πλαισίων εφόσον η τάση των συσσωρευτών κυμαίνεται σε επιτρεπτά όρια. Πιο συγκεκριμένα για παράδειγμα ο ελεγκτής φόρτισης των Φ/Β ρυθμίζει την ροή του ρεύματος από τα πλαίσια προς τις μπαταρίες και διατηρεί την κανονική κατάσταση φόρτισης των συσσωρευτών. Όσο η μπαταρία πλησιάζει στην πλήρη φόρτιση της ο ρυθμιστής ελαττώνει το ρεύμα που δίνουν τα πλαίσια και εμποδίζει την υπερφόρτιση της. Σε περίπτωση πλήρους φόρτισης των συσσωρευτών ο ελεγκτής ένα μέρος της ενέργειας στέλνει σε κάποιες αντιστάσεις για να καταναλωθεί. Σημαντικά χαρακτηριστικά ενός ρυθμιστή φόρτισης είναι:

- ί. Η χαμηλή τάση αποκοπής. Είναι τιμή τάσης του συσσωρευτή που όταν πραγματοποιηθεί ο ρυθμιστής αποσυνδέει το κύκλωμα από

το φορτίο προλαμβάνοντας κάποια βλάβη και συμβάλλοντας στην σωστή λειτουργία της μπαταρίας.

- ii. Υψηλή τάση αποκοπής. Είναι το άνω όριο της τάσης που μπορεί να έχει χωρίς αρνητικές συνέπειες ο συσσωρευτής ενώ σε μεγαλύτερη ή και ίση τιμή διακόπτεται η σύνδεση από τις ενεργειακές πηγές εμποδίζοντας την υπερφόρτιση.
- iii. Διαρκής τάση φόρτισης. Είναι η τάση με την οποία φορτίζονται οι συσσωρευτές.
- iv. Επανασύνδεση λειτουργίας. Είναι η τιμή της τάσης όπου ξανασυνδέεται το διακεκομμένο κύκλωμα

β) Ο αντιστροφέας DC-AC συνδέεται στην έξοδο του συσσωρευτή και εκτελεί την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Συνήθως η τιμή εξόδου του μετασχηματιστή είναι τάση AC 220V και συχνότητα 50 Hz χαρακτηριστικά τέτοια ώστε να τροφοδοτούνται οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές. Η μετατροπή γίνεται με ειδικά transistor ισχύος, τα οποία 20000 φορές/λεπτό, «κλείνουν και ανοίγουν» το συνεχές ρεύμα και κατόπιν με τη βοήθεια ενός μετασχηματιστή μετατρέπεται στην επιθυμητή τάση και συχνότητα. Υπάρχουν διαθέσιμοι τρεις τύποι μετασχηματιστές. Οι τετραγωνικοί, οι τραπεζοειδείς και οι ημιτονικοί και ο διαχωρισμός αυτός γίνεται ανάλογα την μορφή του σήματος εξόδου κάθε inverter.

γ) Το σύστημα ελέγχου έχει ως σκοπό την βελτίωση του βαθμού απόδοσης του ενεργειακού συστήματος με την μεγιστοποίηση της παραγωγής ενέργειας. Ως σύστημα ελέγχου θεωρείται το σύστημα προσανεμισμού της Α/Γ, το σύστημα tracker των Φ/Β, το σύστημα βελτίωσης συνφ του Η/Ζ.

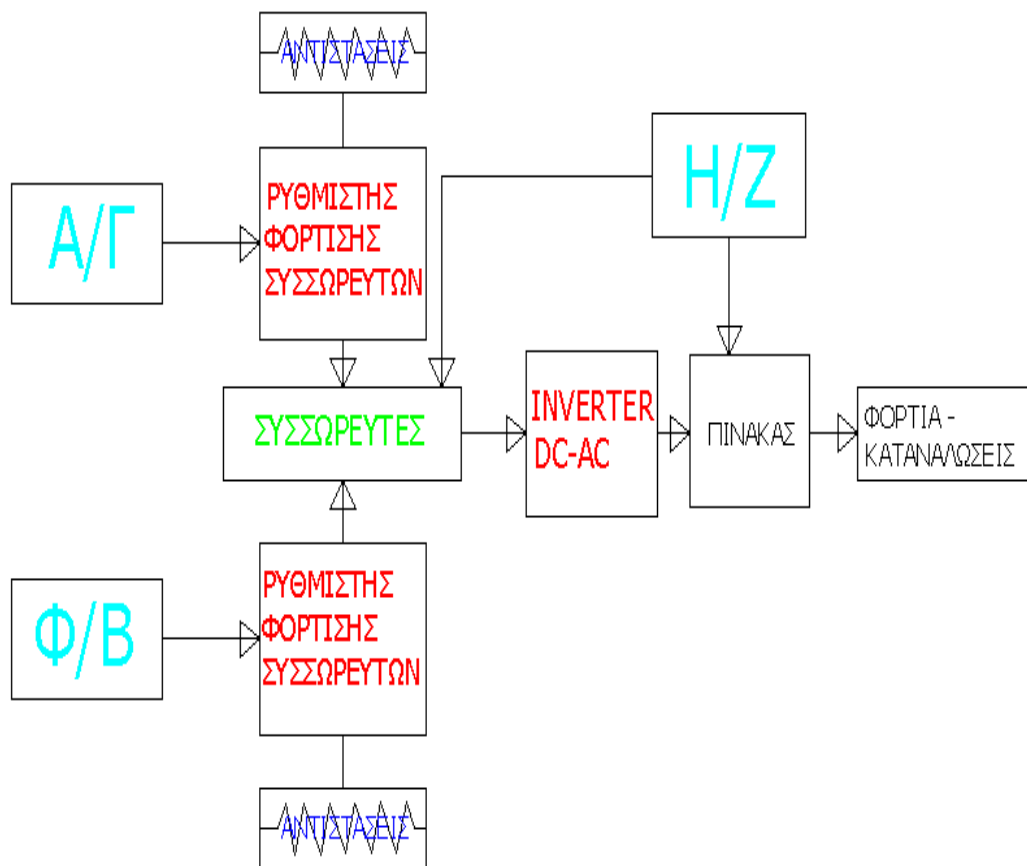
Η χρήση αυτόνομων ενεργειακών συστημάτων δεν είναι σε κάθε περίπτωση η ενδεδειγμένη λύση. Ακόμα και σήμερα που η τεχνολογία σε αυτά τα συστήματα έχει μεγάλη εξέλιξη η τροφοδότηση ενέργειας από το κοινό ηλεκτρικό δίκτυο αποτελεί την πιο πιθανά βιώσιμη λύση. Το κόστος των υβριδικών συστημάτων σε γενικές γραμμές κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα κυρίως λόγω της τιμής των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Όμως υπάρχουν περιπτώσεις όπου η αναζήτηση λύσης στην ηλεκτροδότηση κάποιας κατοικίας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να αποτελέσουν την καλύτερη απάντηση.

Οι περιπτώσεις αυτές είναι:

- ✓ Αν η περιοχή μελέτης είναι δύσβατη και απομακρυσμένη από κάποιο στύλο της ΔΕΗ τότε τα έξοδα για να επιτευχθεί η ηλεκτροδότηση από το κεντρικό δίκτυο είναι περισσότερο από την περίπτωση εγκατάστασης ΑΕΣ.
- ✓ Αν η οικία χρησιμοποιείται ως εξοχική ή και παράλληλα η κατοικία να είναι μικρή, δηλαδή να απαιτείται μικρό σύστημα τότε

οι περιορισμένες και διάσπαρτες απαιτήσεις αναδεικνύουν την περίπτωση των υβριδικών συστημάτων ως ικανή να ανταγωνιστεί την «κλασσική λύση».

- ✓ Επίσης περίπτωση που συνίσταται η χρήση των ΑΠΕ είναι αν επικρατούν στην περιοχή ευνοϊκές καιρικές συνθήκες. Έτσι αν παράδειγμα το αιολικό δυναμικό είναι αρκετά καλό μπορεί να υλοποιηθεί σύστημα ικανό να ανταποκριθεί στις ανάγκες των ιδιοκτητών με χαμηλό κόστος.



Σχηματική παράσταση ενός τυπικού Αυτόνομου Ενεργειακού Συστήματος. Με γαλάζιο χρώμα φαίνονται οι ενεργειακές πηγές, με πράσινο το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας και με κόκκινο τα συστήματα διαχείρισης της ενέργειας.

2. ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με την μελέτη ενός αυτόνομου ενεργειακού συστήματος σε μια ήδη υπάρχουσα κατοικία. Η κατοικία βρίσκεται ΒΔ του οικισμού της Άρβης. Χρησιμοποιείται ως μόνιμη κατοικία και ανήκει στον κ.Μαργαριτάκη Γιάννη. Απέχει 500 μέτρα από τον πλησιέστερο πυλώνα της Δ.Ε.Η οπότε καθίσταται ακριβή η διαδικασία για μόνιμη ηλεκτροδότηση της κατοικίας.

Στο κύριο μέρος της εργασίας αυτής γίνεται αρχικά αναλυτική καταγραφή των συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια. Ακολουθεί η δημιουργία των πινάκων καταναλώσεων με τις παραπάνω συσκευές αναλόγως με τη χρήση. Οι πίνακες αυτοί αφορούν κάθε εποχή του έτους και για κάθε επιμέρους εποχή υπάρχει διαχωρισμός σε καθημερινές και Σαββατοκύριακα καθώς έτσι διαφοροποιούνται οι ενεργειακές ανάγκες. Έτσι ανάλογα με τις απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια γίνεται η επιλογή κατάλληλου ενεργειακού συστήματος. Το σύστημα αυτό αναλύεται διεξοδικά. Επίσης γίνεται οικονομική ανάλυση της επένδυσης και εξέταση της βιωσιμότητας 2 εναλλακτικών προτάσεων.

- α) Της αποκλειστικής παραγωγής ενέργειας από Η/Ζ, και
- β) Της ηλεκτροδότησης από το δίκτυο της ΔΕΗ.

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

Ακολουθεί ο πίνακας των συσκευών που λειτουργούν στην εν λόγω κατοικία καθώς και η ονομαστική ισχύς κάθε συσκευής.

	ΕΙΔΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ	ΟΝΟΜ/ΚΗ ΙΣΧΥΣ(kW)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ(kW)
1	Λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης	14	0,012	0,17
2	Ψυγείο	1	0,12	0,12
3	Τηλεόραση 17''	1	0,06	0,06
4	Πλυντήριο ρούχων	1	0,1	0,1
5	Πιεστικό, Αντλία	1	0,3	0,3
6	Αποχυμωτής	1	0,3	0,3
7	Ραδιοκασετόφωνο	1	0,5	0,5
8	Σόμπα Αλογόνου	1	1,2	1,2
9	Ηλεκτρικό πριόνι	1	0,4	0,4
10	Κρουστικό Δρέπανο	1	0,65	0,65
11	Mixer	1	0,3	0,3
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (Kw)				4,1

Κατασκευάστηκε ένας πίνακας για κάθε εποχή του έτους και για κάθε εποχή υπάρχει επίσης διαχωρισμός σε Σαβ/κα και καθημερινές. Στους πίνακες αυτούς υπάρχει η ωριαία κατανάλωση κάθε συσκευής για όλες τις ώρες της ημέρας. Έτσι κάθε τιμή είναι το αποτέλεσμα του συντελεστή χρήσης κάθε συσκευής και της ονομαστικής ισχύς. Ο συντελεστής χρήσης, εκφράζει το ποσοστό του χρόνου κατά το οποίο μια συσκευή λειτουργεί στην ονομαστική της ισχύ.

Μ'αυτούς τους πίνακες υπολογίστηκε η ενεργειακή ζήτηση ανά εποχή και ανά έτος της κατοικίας. Η ενεργειακή απαίτηση αυτή θα πρέπει να καλυφθεί από το υβριδικό σύστημα που θα σχεδιαστεί.

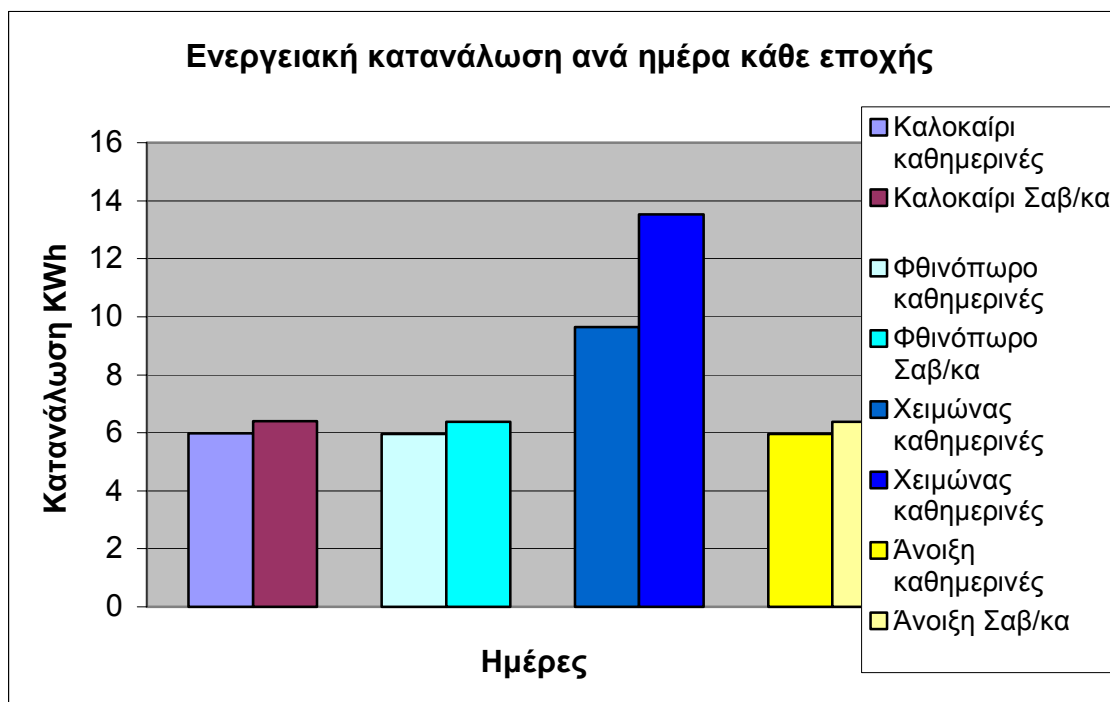
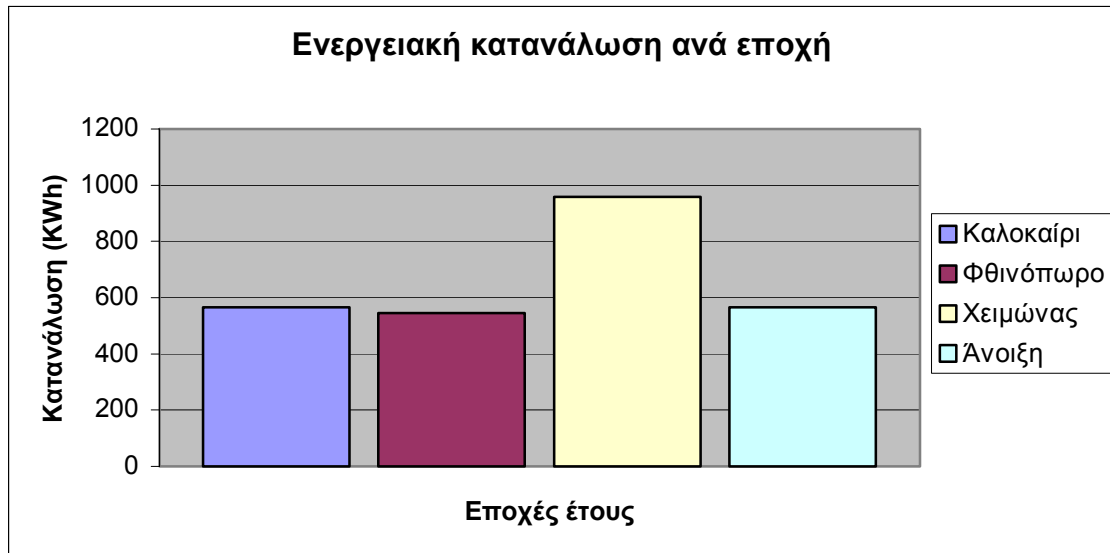
Ηλεκτροδότηση μονοκατοικίας με υβριδικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής (Αρβη)

Σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες η ενεργειακή κατανάλωση έχει ως εξής:

Καλοκαίρι		566,871KWh
	Καθημερινές	5,972 Kwh/d
	Σαβ/κα	6,397 Kwh/d
Φθινόπωρο		545,97KWh
	Καθημερινές	5,953 Kwh/d
	Σαβ/κα	6,378 Kwh/d
Χειμώνας		957,76KWh
	Καθημερινές	9,654 Kwh/d
	Σαβ/κα	13,523 Kwh/d
Άνοιξη		565,104KWh
	Καθημερινές	5,953 Kwh/d
	Σαβ/κα	6,378 Kwh/d

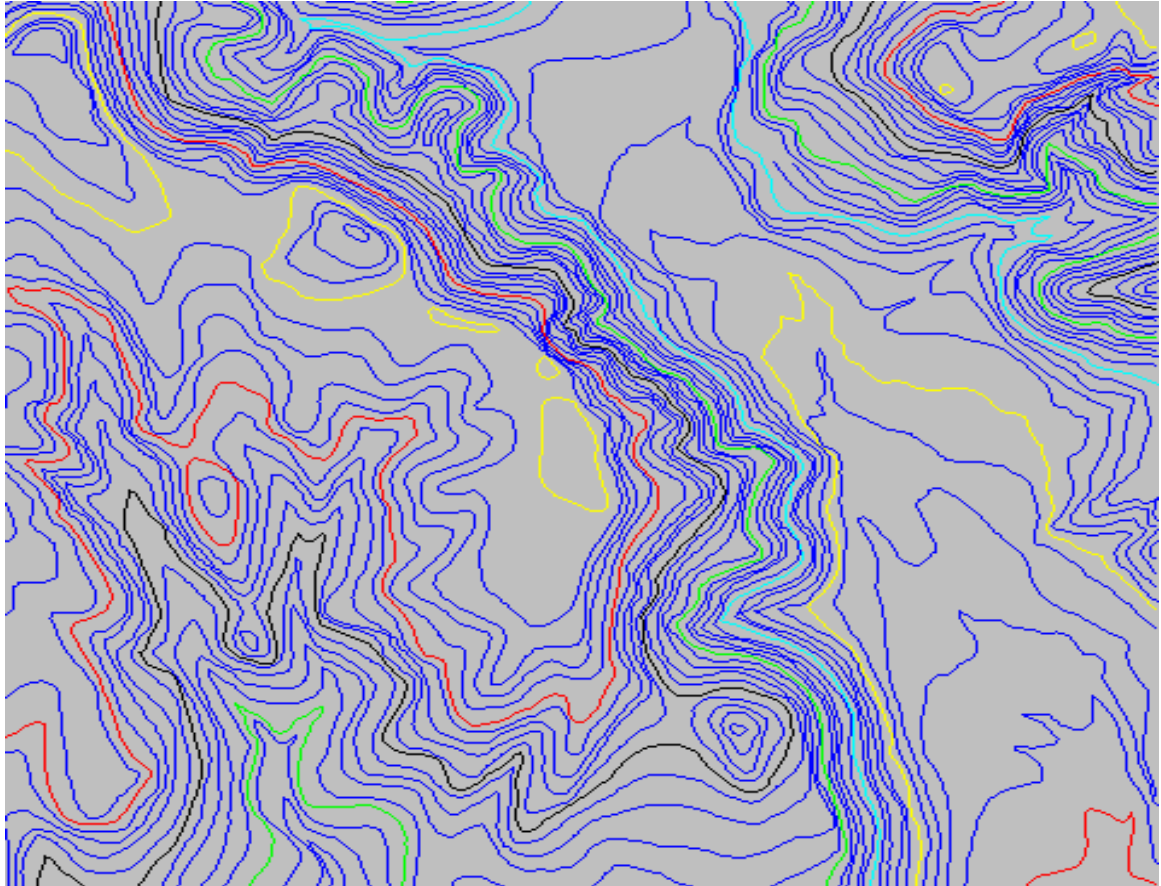
Η ενεργειακή ζήτηση είναι 2635,701 kWh ετησίως

Ακολουθούν γραφήματα που απεικονίζουν την κατανάλωση ανά εποχή και ανά ημέρα κάθε εποχής (καθημερινή ή Σαββατοκύριακο)

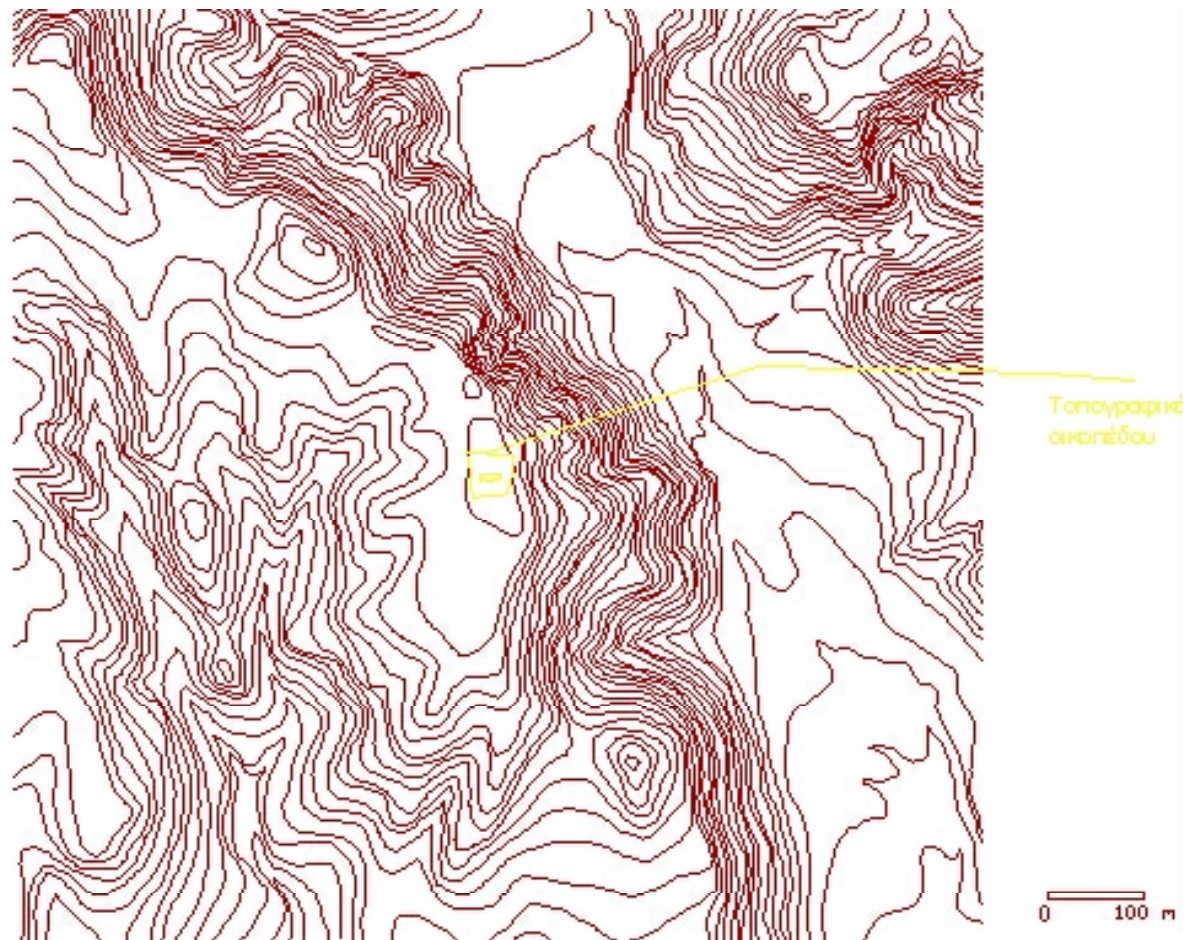


4. ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Το σύστημα το οποίο θα προταθεί και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξαρτάται σημαντικά από την ποιότητα του αιολικού δυναμικού. Ο υπολογισμός γίνεται με το λογισμικό Wasp
Ακολουθεί ο ψηφιοποιημένος χάρτης της ευρύτερης περιοχής.



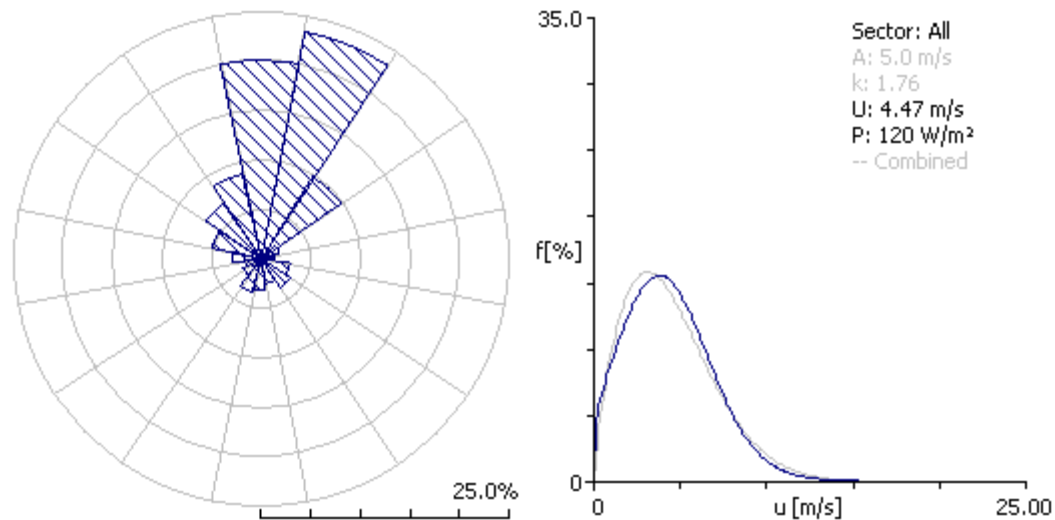
Αναλόγως τον χρωματισμό κάθε γραμμής υποδηλώνεται κατά κάποιο τρόπο το ύψος της ισουψής.



Παραπάνω φαίνεται ψηφιοποιημένος χάρτης με το τοπογραφικό της κατοικίας.

Για τον υπολογισμό χρειάζονται ανεμολογικά δεδομένα τα οποία καταγράφονται από κάποιον ανεμογράφο. Για λόγους ακρίβειας πρέπει να χρησιμοποιηθούν στοιχεία κοντινού ανεμογράφου ο οποίος στην περίπτωση μας είναι αυτός της Βιάννου ο οποίος έχει τοποθετηθεί από Αιολικό Εργαστήριο του Τ.Ε.Ι.

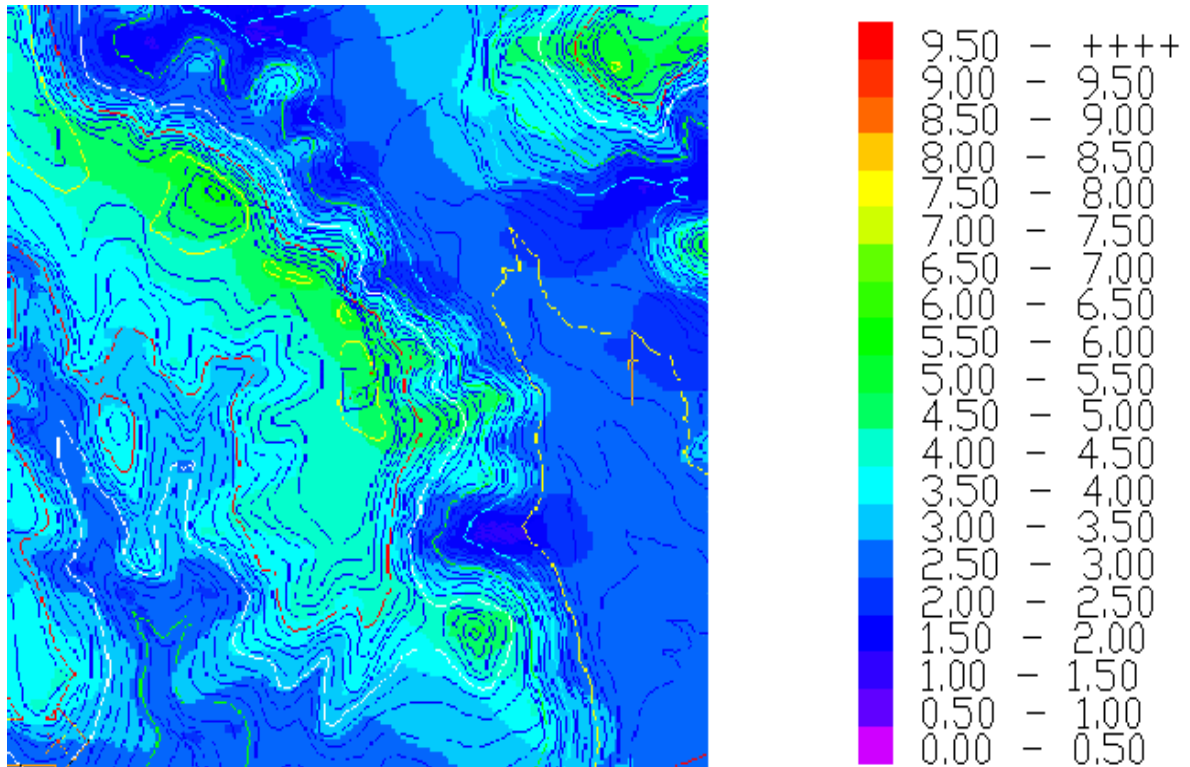
Όσον αφορά την θέση εγκατάστασης της Ανεμογεννήτριας το πρόγραμμα μας δίνει τα εξής αποτελέσματα για την διεύθυνση και την μέση ταχύτητα του ανέμου.



Η ροζέτα παρουσιάζει ότι οι κύριοι εμφανιζόμενοι άνεμοι έχουν διεύθυνση βορειοανατολικηβόρεια (BAB) και βόρεια (B).

Η επόμενη γραφική παράσταση γνωστή ως καμπύλη κατανομής Weibull δείχνει ότι η μέση ένταση του ανέμου είναι $v=4,47$ m/s και ότι οι συντελεστές Weibull έχουν τιμές $A=5$ m/s και $k=1,76$.

Κατόπιν γίνεται ο υπολογισμός του αιολικού δυναμικού στην ευρύτερη περιοχή το οποίο φαίνεται από τον παρακάτω χάρτη, γνωστό ως αιολικό χάρτη. Στον αιολικό χάρτη φαίνεται το τοπογραφικό της κατοικίας.



5. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το υβριδικό σύστημα θα αποτελέσει μια ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος 1100 Watt, 6 φωτοβολταϊκά πλαίσια ισχύος 120 Watt το καθένα, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ισχύος 3500 Watt, ένας μετασχηματιστής ισχύος 2400 Watt και συσσωρευτές χωρητικότητας 600 Ah.

Η επιλογή αυτή έγινε με βασικό κριτήριο την κάλυψη των αναγκών της κατοικίας αξιοποιώντας κατάλληλα τις υπάρχουσες συνθήκες.

Έτσι η εγκατάσταση αιολικής μηχανής μικρού μεγέθους ισχύος είναι αναμενόμενη καθώς το χαμηλό αιολικό δυναμικό δεν ευνοεί μεγάλο βαθμού εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας. Ο αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι μικρός καθώς η τιμή είναι απαγορευτική για εκτεταμένη χρήση.

Με χρήση του λογισμικού Autopn υπολογίζονται τόσο οι ημερήσιες καταναλώσεις όσο και η παραγωγή ενέργειας από τις Α.Π.Ε και το Η/Ζ.

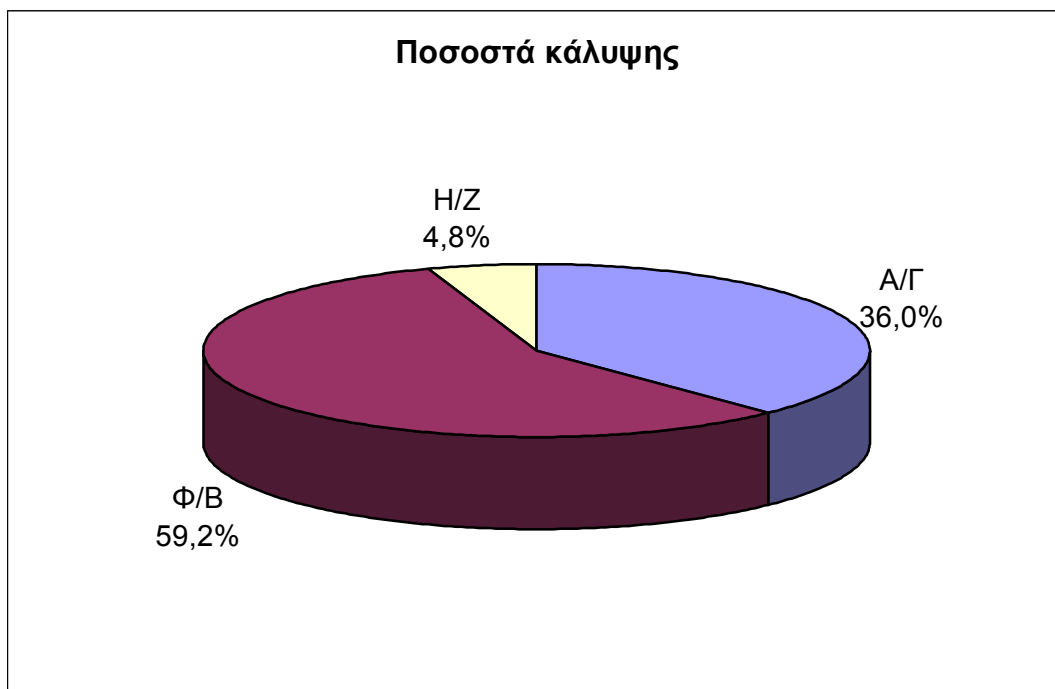
Η ετήσια παραγωγή από την παραπάνω διάταξη αναλυτικά είναι:

Από Α/Γ: 1006 kWh

Φ/Β: 1516 kWh

Η/Ζ: 144 kWh

Τα αποτελέσματα αυτά φαίνονται και στο παρακάτω γράφημα.



Φαίνεται ότι η συνεισφορά του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους στην λειτουργία του υβριδικού συστήματος περιορίζεται σε αρκετά χαμηλό

ποσοστό. Έτσι πέραν των οικονομικών κερδών καθώς απαιτείται μικρή ποσότητα πετρελαίου έχουμε και περιβαλλοντικά οφέλη.

Η ετήσια ενεργειακή ζήτηση όπως υπολογίστηκε παραπάνω είναι: 2635,7 kWh.

Η παραγόμενη ενέργεια από τις ενεργειακές πηγές καλύπτει την ετήσια ζήτηση με περίσσεια 30,3 kWh.

Ακολουθεί το ανάλογο διάγραμμα.



6. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η υπό μελέτη κατοικία θα αποτελείται από τα ακόλουθα συστήματα:

- Ανεμογεννήτρια
- Φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Συσσωρευτές
- Ελεγκτές φόρτισης
- Αντιστροφέας DC-AC
- Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος
και τις απαραίτητες καλωδιώσεις.

6.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Θα χρησιμοποιηθεί ο ανεμοκινητήρας Αλκυονίς με ονομαστική ισχύ 1,1 KW ο οποίος έχει αναλυθεί και κατασκευασθεί στο Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας & Σύνθεσης Ενεργειακών Συστημάτων του Τ.Ε.Ι Ηρακλείου. Η ανεμογεννήτρια αυτή είναι σχεδιασμένη για μικρά συστήματα. Προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως, αθόρυβη λειτουργία, λειτουργία χωρίς την ανάγκη επιτήρησης χάρις στο σύστημα ελέγχου και προστασίας MechWind, έναρξη παραγωγής από χαμηλή ένταση ανέμου. Η Αλκυονίδα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Ακολουθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας:

Μοντέλο	Αλκυονίς 1100
Όνομαστική ισχύς (Watt)	1070
Όνομαστική ταχύτητα ανέμου (m/s)	12
Μέγιστη Ισχύ (Watt)	1460
Ταχύτητα έναρξης (m/s)	2,9
Ταχύτητα εκτροπής (m/s)	14
Ταχύτητα αποκοπής (m/s)	27
Μέγιστη ταχύτητα σχεδιασμού (m/s)	70
Διάμετρος ρότορα (m)	2,43
Αριθμός πτερυγίων	3
Υλικό πτερύγωσης	GFRP
Τάση εξόδου (volt)	24-48 D.C
Βάρος (kgr)	68
Θερμοκρασία λειτουργίας (°C)	-45 έως +60
Τύπος γεννήτριας	Εναλλακτήρας με μόνιμους μαγνήτες
Προστασία υπερτάχυνσης	Mechwind control
Πυλώνας	Σωλήνας Φ114 με επίτονα ύψος 9-18m
Γραμμή διασύνδεσης Α/Γ με inverter	50m
Παραμέτροι Weibull στην θέση Α/Γ	A=5 m/s και k=1,76

Επίσης παρακάτω φαίνεται η καμπύλη ισχύος της Αλκυονίδας.



Το σύστημα ελέγχου MechWind αναλαμβάνει την αυτοματοποίηση σημαντικών παραμέτρων λειτουργίας.

- Επιτηρεί συνεχώς την διαδικασία φόρτισης των συσσωρευτών αναλαμβάνοντας τον ρόλο του ελεγκτή φόρτισης.
- Προσαρμόζει την λειτουργία της Α/Γ ώστε η απόδοση να είναι η μέγιστη αναλόγως την διακύμανση της ταχύτητας του ανέμου. Επίσης σε περίπτωση άρσης της κατάστασης αποσύνδεσης της Α/Γ η προσανέμιση γίνεται αυτόματα.

6.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΝΕΛ

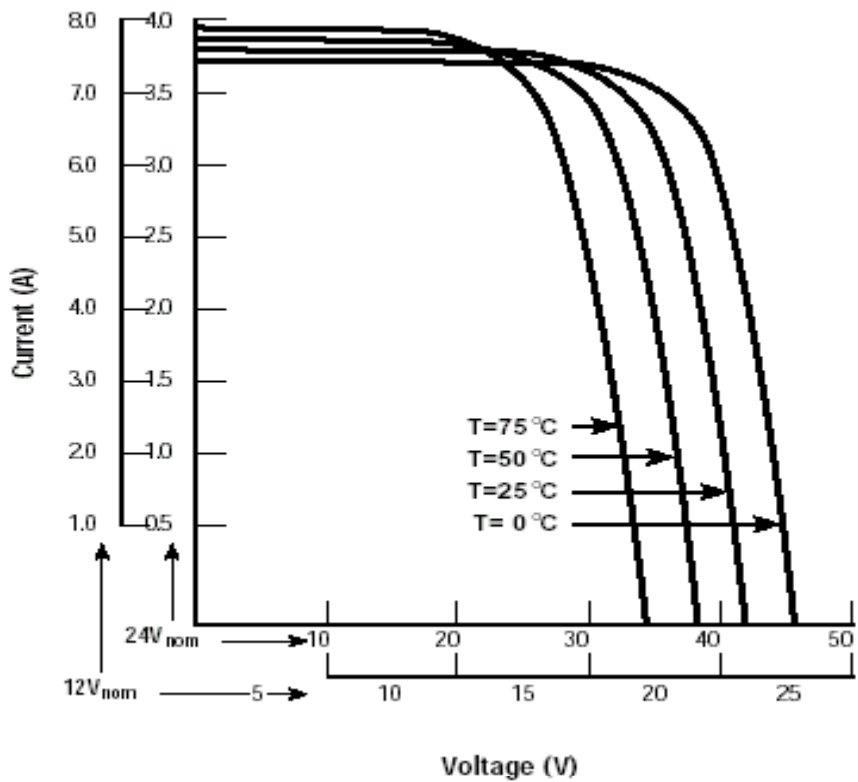
Στο σύστημα που μελετάται προτείνεται να τοποθετηθούν 6 πλαίσια ονομαστικής ισχύος 120 Wp το κάθε ένα. Μετά από έρευνα αγοράς προτείνεται το μοντέλο MSX 120 της εταιρίας BP Solar. Είναι πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Το συγκεκριμένο πλαίσιο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Ακολουθούν οι τεχνικές προδιαγραφές του κάθε πλαισίου μετρημένες σε πρότυπες συνθήκες ελέγχου:

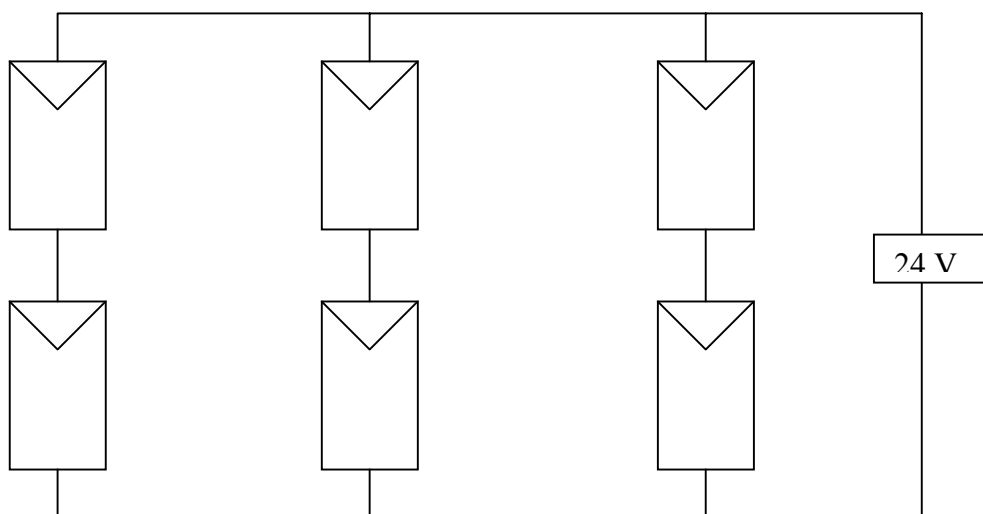
Εταιρία-μοντέλο	BP Solar-MSX 120
Διαστάσεις	1097x981x48 (mm)
Βάρος	13 kg
Ονομαστική τάση (V_{nom})	12 V
Μέγιστη ισχύς (P_{max})	120 W
Τάση στην μέγιστη ισχύ (V_{mp})	16,85 V
Ρεύμα στην μέγιστη ισχύ (I_{mp})	7,12 A
Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sc})	7,74 A
Τάση ανοικτού κυκλώματος (V_{oc})	21,05 V

Ακολουθεί το διάγραμμα I-V για θερμοκρασίες 0°C, 25°C, 50°C και 75°C και σε πλαίσιο με ονομαστική ισχύ 12 και 24 Volt.



Συνδεσμολογία Φ/Β πλαισίων

Η Φ/Β γεννήτρια θα αποτελείται από 6 πλαίσια συνδεδεμένα ανά 2 σε σειρά και μεταξύ τους παράλληλα. Έτσι η τάση εξόδου θα είναι 24 Volt, το συνολικό ρεύμα εξόδου $3 \times 7,74 \text{ A} = 23,22 \text{ A}$ και η αποδιδόμενη ισχύς 720 W_p. Η διάταξη θα είναι όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Βέλτιστος προσανατολισμός

Ο προσανατολισμός των Φ/Β πλαισίων για μέγιστη απόδοση είναι νότιος. Η κλίση αφού η στήριξη είναι σταθερή και δεν υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα παρακολούθησης του ήλιου (tracker) δίνεται από τις παρακάτω σχέσεις αναλόγως το ποια εποχή είναι επιθυμητή η βελτιωμένη απόδοση των Φ/Β.

Χειμώνας: Κλίση= $\gamma.\pi + (10^\circ \div 15^\circ)$ (1)

Καλοκαίρι: Κλίση= $\gamma.\pi - (10^\circ \div 15^\circ)$ (2)

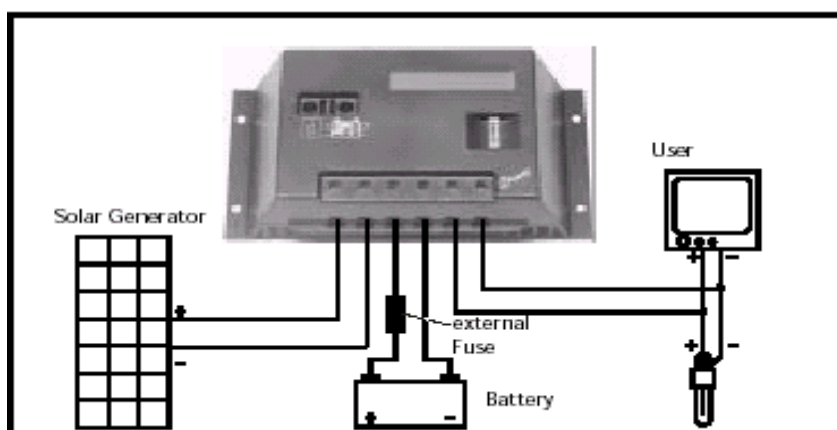
Επειδή στην συγκεκριμένη περίπτωση οι ανάγκες για ενεργειακή παραγωγή είναι αυξημένες τον Χειμώνα επιλέγουμε την σχέση (1). Το γεωγραφικό πλάτος ($\gamma.\pi$) στην Άρβη είναι 34° . Άρα η κλίση θα είναι $34^\circ + 10^\circ = 44^\circ$
Έτσι για καλύτερη εκμετάλλευση των ηλιακών ακτινών τα Φ/Β πλαίσια θα τοποθετηθούν με κλίση 44° και με νότιο προσανατολισμό.

6.3 ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΑΠΟ Φ/Β

Ο ελεγκτής φόρτισης πρέπει να έχει ονομαστική τάση την τάση εξόδου της Φ/Β γεννήτριας και ένταση ρεύματος 1,25 φορές μεγαλύτερη του συνολικού ρεύματος εξόδου. Έτσι οι παραπάνω προδιαγραφές τηρούνται από τον παρακάτω ελεγκτή:

Εταιρία-μοντέλο	Steca-Solaris 30A
Βάρος	420 g
Διαστάσεις	188x106x49 mm
Ονομαστική τάση	24 V
Ένταση ρεύματος λειτουργίας	30 A
Χαμηλή τάση αποκοπής	22,2 V
Υψηλή τάση αποκοπής	29,4 V
Διαρκής τάση φόρτισης	28,8 V
Επανασύνδεση λειτουργίας	25,2 V

Ο προαναφερόμενος ελεγκτής καθώς και ο τρόπος σύνδεσής του με την Φ/Β γεννήτρια και τον συσσωρευτή φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

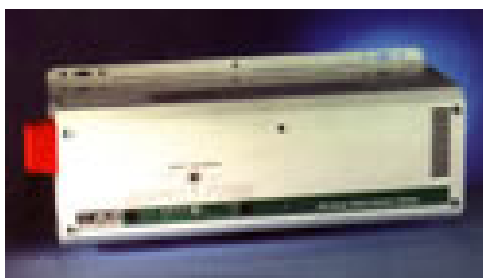


6.4 INVERTER

Ο αντιστροφέας DC-AC είναι ο τελικός αποδέκτης της ηλεκτρικής ενέργειας πριν την τελική διανομή της στα φορτία. Έτσι η ισχύς του inverter πρέπει να καλύπτει την μέγιστη ζήτηση. Η μέγιστη ζήτηση που μπορεί να παρατηρηθεί στο σύστημα το οποίο μελετάται είναι 4,1 KWh. Όμως πρακτικά αυτό είναι αδύνατο να συμβεί καθώς συσκευές με μεγάλη κατανάλωση δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα. Με αυτήν την διερεύνηση έγινε η επιλογή του παρακάτω inverter με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά.

Εταιρία-μοντέλο	Xantrex-DR2424E
Διαστάσεις	216x559x184 mm
Βάρος	21,8 kg
Ονομαστική ισχύς	2400 W
Τάση εξόδου	230 V AC
Συχνότητα εξόδου	50 Hz
Βαθμός απόδοσης	94 %
Τύπος inverter	Ημιτονικού τύπου
Πρόσθετα χαρακτηριστικά	Διαθέτει ενσωματωμένο ελεγκτή φόρτισης

Ο προαναφερόμενος inverter φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



6.5 ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

Ο συσσωρευτής που θα χρησιμοποιηθεί θα αποτελείται από 12 δίκολτα στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά. Το κάθε στοιχείο των συσσωρευτών θα έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Εταιρία-μοντέλο	TUDOR-7 EAN 70
Χώρα προέλευσης	ΙΣΠΑΝΙΑ
Τάση (Volt)	2
Χωρητικότητα (Ah)	595,5
Διάρκεια ζωής	10+
Διαστάσεις (mm)	206x166x445
Βάρος (kg)	40

Η μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας για την κατοικία είναι 7200 Wh. Έτσι στην είσοδο του inverter η ενέργεια θα είναι:

$$E_{\epsilon\iota\sigma}^{inv} = \frac{\overline{E_{\eta\lambda}}}{n_{inv} * n_{\alpha\gamma}} = \frac{7200Wh}{0,94 * 0,98} = 7815,89Wh$$

Η ενέργεια αυτή δίνεται από τους συσσωρευτές. Έτσι το φορτίο που παρέχουν σε μία μέρα είναι:

$$Q_{\sigma\upsilon\sigma.} = \frac{E_{\epsilon\iota\sigma}^{inv}}{V} = \frac{7815,89Wh}{24V} = 325,66Ah / day$$

Η χωρητικότητα των συσσωρευτών είναι 600Ah. Το πραγματικό όμως φορτίο που μπορούμε να πάρουμε σε μια πλήρη εκφόρτιση, με βάθος εκφόρτισης $\beta=80\%=0,8$ είναι:

$$Q_{\pi\rho\alpha\gamma\mu} = 600Ah \times 0,8 = 480Ah$$

Επομένως η αυτονομία των συσσωρευτών με κατανάλωση την μέση τυπική είναι:

$$\text{Αυτονομία} = \frac{Q_{\text{πραγμ}}}{Q_{\text{συσ}}} = \frac{480 \text{ Ah}}{325,66 \text{ Ah / day}} = 1,47 \text{ days}$$

6.5.1 Φόρτιση

Η φόρτιση θεωρείται ολοκληρωμένη στο σημείο που ο ηλεκτρολύτης 'βράζει', δηλαδή στα 2,3V ανά στοιχείο. Σε μεγαλύτερη τιμή (φαινόμενο υπερφόρτισης), το ρεύμα καταναλώνεται αποκλειστικά για την ηλεκτρόλυση του νερού, που όχι μόνο δεν προσφέρει στη φόρτιση της μπαταρίας, αλλά προκαλεί και καταστροφές στις πλάκες. Το πρόβλημα αυτό λύνετε με τη σύνδεση ενός παθητικού φορτίου, δηλαδή μιας αντίστασης στις μπαταρίες. Στην πράξη η φόρτιση των συσσωρευτών μολύβδου μπορεί να γίνει:

α) Με σταθερή τάση

β) Με σταθερή ένταση

Η πιο συνήθης μέθοδος είναι η α) (με σταθερή τάση). Η τάση που εφαρμόζεται κυμαίνεται από 2.30 - 2.55 volts ανά στοιχείο. Ο χρόνος φόρτισης είναι από 3 - 20 ώρες. Οι συνθήκες γενικά της φόρτισης εξαρτώνται από το είδος του στοιχείου και τη χρήση για την οποία προορίζεται. Κατά τη διάρκεια της φόρτισης, η ένταση του ρεύματος μειώνεται συνεχώς μέχρι το τέλος της φόρτισης, όπου σταθεροποιείται.

Πρακτικά οι πιο αποδοτικοί ρυθμοί για τη φόρτιση των συσσωρευτών μολύβδου είναι οι παρακάτω:

α) Ο ρυθμός **χωρητικότητα C / 20**, που είναι ο κανονικός ρυθμός για όλες τις περιπτώσεις, αλλά κυρίως όταν ο συσσωρευτής είναι σχεδόν άδειος (επίπεδο φόρτισης < 20%) ή σχεδόν γεμάτος (κατάσταση φόρτισης >90%). Ο ρυθμός C/20 γίνεται με φόρτιση υπό ρεύμα C/20 Amp επί 20 ώρες. Το μειονέκτημα είναι ότι ο χρόνος φόρτισης παρατείνεται κατά 20% και γίνεται: $20 + 0,2 * 20 = 24\text{h}$ καθώς η απόδοση των συσσωρευτών είναι 80% και όχι 100%.

β) Ο ρυθμός **χωρητικότητα C / 10**, που είναι σχετικά ταχύς ρυθμός, είναι αποδοτικός όταν η κατάσταση φόρτισης είναι : 20 - 90%. Στη περίπτωση αυτή η ένταση του ρεύματος θα είναι C/10Amp και η διάρκεια φόρτισης 12h.

Η πρώτη φόρτιση της μπαταρίας στο υπό μελέτη σύστημα πρέπει να γίνει με ρυθμό φόρτισης **C/20**. Δηλαδή $600\text{Ah}/20=30 \text{ Amp}$ επί 24 ώρες. Για τις υπόλοιπες φορτίσεις, ο ρυθμός φόρτισης μπορεί να είναι **C/10**. Δηλαδή το μέγιστο ρεύμα φόρτισης να είναι $600\text{Ah}/10=60 \text{ Amp}$ επί 12 ώρες.

6.5.2 Εκφόρτιση

Η καλή απόδοση κατά τη λειτουργία των συσσωρευτών επηρεάζεται κυρίως από δυο παράγοντες, που είναι:

α) Ο ρυθμός εκφόρτισης

β) Η τελική τάση εκφόρτισης

Ο ρυθμός εκφόρτισης είναι το ρεύμα με το οποίο γίνεται η εκφόρτιση. Όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός εκφόρτισης, τόσο μεγαλύτερη η μείωση της τάσης κατά τη λειτουργία και τόσο μεγαλύτερη η μείωση της χωρητικότητας. Γενικά οι συσσωρευτές μολύβδου δεν επιδέχονται απότομες εκφορτίσεις, παρά μόνο για πολύ μικρά χρονικά διαστήματα, όπως π.χ. για το ξεκίνημα μιας μηχανής. Στην πράξη ο ρυθμός που θεωρείται αποδοτικός είναι ο ρυθμός C/20. Δηλαδή στις μπαταρίες που θα χρησιμοποιήσουμε ο μέγιστος ρυθμός εκφόρτισης είναι: $600\text{Ah}/20=30\text{ Amp}$ για 20 ώρες.

Συνήθως στη πράξη σταματάμε στη τάση 1,75-1,80 V ανά στοιχείο και δεν αφήνουμε να μηδενιστεί, για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους. Η τάση αυτή ονομάζεται τελική τάση εκφόρτισης.

6.6 ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ

6.6.1 Γραμμή μεταφοράς από Α/Γ μέχρι τον φορτιστή.

Η απόσταση της ανεμογεννήτριας από τον φορτιστή είναι περίπου 40 μέτρα. Σε γενικές γραμμές οι απώλειες λόγω μεταφοράς δεν πρέπει να ξεπερνούν το 3-5%.

Για την διερεύνηση των απωλειών αρχικά θα υπολογιστεί το μέγιστο ρεύμα εξόδου από την Α/Γ.

Το μέγιστο ρεύμα εξόδου Α/Γ δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\phi} = \frac{1070Watts}{\sqrt{3} * 24V * 1} = 25,74A$$

όπου: P, είναι η μέγιστη ισχύς της Α/Γ, με τιμή 1070Watts

U, είναι η πολική τάση της Α/Γ, 24V

cosφ, επειδή στην έξοδο έχουμε ωμικό φορτίο cosφ=1

Ο υπολογισμός διατομής καλωδίου γίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$q = \frac{l * P}{\kappa * u * U} = \frac{40m * 1070Watts}{56 \frac{m}{\Omega * mm^2} * 1,08V * 24V} = 29,49mm^2$$

όπου: l, είναι το μήκος του καλωδίου, 40m

P, η ονομαστική ισχύς της Α/Γ, 1070Watts

κ, η ηλεκτρική αγωγιμότητα του χαλκού, $56 \frac{m}{\Omega * mm^2}$

u, η μέγιστη πτώση τάσης του αγωγού, $24 * 0,045 = 1,08V$
(θεωρήσαμε ότι οι απώλειες της γραμμής μεταφοράς είναι 4,5%)

U, η πολική τάση, 24V

Από τυποποιημένους πίνακες καλωδίων, η μεγαλύτερη διατομή είναι:
 $q = 35mm^2$

Για επαλήθευση θα υπολογισθεί η πτώση τάσεως του αγωγού με διατομή την παραπάνω, $35mm^2$ για να διερευνηθεί αν η πτώση τάσεως είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Έτσι για την πτώση τάσεως του αγωγού έχουμε:

$$u = \frac{l * P}{\kappa * q * U} = \frac{40m * 1070Watts}{56 \frac{m}{\Omega * mm^2} * 35mm^2 * 24V} = 0,91V$$

Η πτώση τάσης υπολογίστηκε $u=0,91V$ που είναι το 3,8% της συνολικής τάσης. Έτσι τηρούνται οι απαραίτητες προδιαγραφές.

Υπολογισμός αντίστασης αγωγού από την παρακάτω σχέση:

$$R = \rho * \frac{l}{s} = 0,0174 \frac{\Omega * mm^2}{m} * \frac{40m}{35mm^2} = 0,02\Omega$$

όπου: ρ , είναι η ειδική αντίσταση του χαλκού, $0,0174 \frac{\Omega * mm^2}{m}$

l , είναι το μήκος του αγωγού, 40m

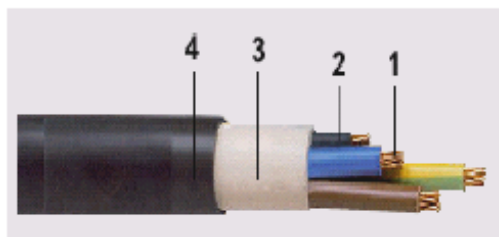
s , είναι η διατομή του αγωγού, 35 mm²

Από τυποποιημένους πίνακες για το καλώδιο των 35 mm² η αντίσταση του αγωγού είναι 0,525 Ω/km. Έτσι στα 40 m η αντίσταση θα είναι 0,021Ω.

Θα χρησιμοποιηθεί το παρακάτω καλώδιο με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά.

ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ:	J1VV-R (ΠΟΛΥΚΛΩΝΟΣ ΣΤΡΟΓΓΥΛΟΣ ΑΓΩΓΟΣ)
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ:	600/1000V
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:	ΕΛΟΤ 843
ΧΡΗΣΕΙΣ:	ΚΑΛΩΔΙΟ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΞΗΡΟΥΣ Ή ΥΓΡΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ Ή ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: ΚΑΛΩΔΙΑ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ PVC.



1. ΠΟΛΥΚΛΩΝΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΧΑΛΚΟΥ
2. ΜΟΝΩΣΗ PVC
3. ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ
4. ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΜΑΝΔΥΑΣ PVC

6.6.2 Γραμμή μεταφοράς από Φ/Β μέχρι τον φορτιστή.

Η απόσταση των Φ/Β πλαισίων μέχρι τον φορτιστή είναι 10m. Για τις απώλειες που οφείλονται στην μεταφορά ισχύει επίσης ο περιορισμός των 3-5%. Έτσι πρέπει να γίνει υπολογισμός της διατομής του καλωδίου που θα μεταφέρει την ενέργεια που παράγεται από τα Φ/Β πλαίσια.

Το μέγιστο ρεύμα εξόδου Φ/Β:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \text{συνφ}} = \frac{720Watts}{\sqrt{3} * 24V * 1} = 17,32A$$

όπου: P, είναι η μέγιστη ισχύς των Φ/Β, με τιμή 720Watts
U, είναι η πολική τάση των Φ/β, 24V
συνφ, επειδή στην έξοδο έχουμε ωμικό φορτίο συνφ=1

Ο υπολογισμός διατομής καλωδίου:

$$q = \frac{l * P}{\kappa * u * U} = \frac{10m * 720Watts}{56 \frac{m}{\Omega * mm^2} * 1,08V * 24V} = 4,96mm^2$$

όπου: l, είναι το μήκος του καλωδίου, 10m
P, η ονομαστική ισχύς της Α/Γ, 720Watts
κ, η ηλεκτρική αγωγιμότητα του χαλκού, $56 \frac{m}{\Omega * mm^2}$
u, η μέγιστη πτώση τάσης του αγωγού, $24 * 0,045 = 1,08V$
(θεωρήσαμε ότι οι απώλειες της γραμμής μεταφοράς είναι 4,5%)
U, η πολική τάση, 24V

Από τυποποιημένους πίνακες καλωδίων, η μεγαλύτερη διατομή είναι:
 $q = 6mm^2$

Ηλεκτροδότηση μονοκατοικίας με υβριδικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής (Αρβη)

Για επαλήθευση θα υπολογισθεί η πτώση τάσεως του αγωγού με διατομή την παραπάνω, 6mm^2 για να διερευνηθεί αν η πτώση τάσεως είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Έτσι για την πτώση τάσεως του αγωγού έχουμε:

$$u = \frac{l * P}{\kappa * q * U} = \frac{10\text{m} * 720\text{Watts}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega * \text{mm}^2} * 6\text{mm}^2 * 24\text{V}} = 0,89\text{V}$$

Η πτώση τάσης υπολογίστηκε $u=0,89\text{V}$ που είναι το 3,7% της συνολικής τάσης. Έτσι τηρούνται οι απαραίτητες προδιαγραφές.

Υπολογισμός αντίστασης αγωγού από την παρακάτω σχέση:

$$R = \rho * \frac{l}{s} = 0,0174 \frac{\Omega * \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{10\text{m}}{6\text{mm}^2} = 0,029\Omega$$

όπου: ρ , είναι η ειδική αντίσταση του χαλκού, $0,0174 \frac{\Omega * \text{mm}^2}{\text{m}}$

l , είναι το μήκος του αγωγού, 10m

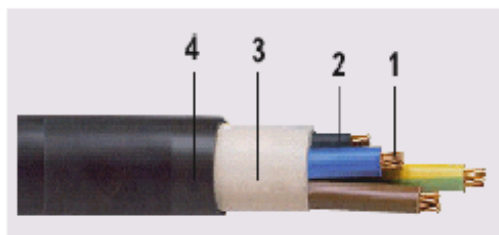
s , είναι η διατομή του αγωγού, 6mm^2

Από τυποποιημένους πίνακες για το καλώδιο των 6mm^2 η αντίσταση του αγωγού είναι $3,08\Omega/\text{km}$. Έτσι στα 10m η αντίσταση θα είναι $0,031\Omega$.

Θα χρησιμοποιηθεί το παρακάτω καλώδιο με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά.

ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ:	J1VV-R (ΠΟΛΥΚΛΩΝΟΣ ΣΤΡΟΓΓΥΛΟΣ ΑΓΩΓΟΣ)
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ:	600/1000V
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:	ΕΛΟΤ 843
ΧΡΗΣΕΙΣ:	ΚΑΛΩΔΙΟ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΞΗΡΟΥΣ Ή ΥΓΡΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ Ή ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:	ΚΑΛΩΔΙΑ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ PVC.
------------	--



1. ΠΟΛΥΚΛΩΝΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΧΑΛΚΟΥ
2. ΜΟΝΩΣΗ PVC
3. ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ
4. ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΜΑΝΔΥΑΣ PVC

7. ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το κόστος του συστήματος παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα. Οι ακόλουθες τιμές έχουν βρεθεί από το Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας.

Ποσότητα	Είδος	Εταιρία-Μοντέλο (Λοιπά χαρακτηριστικά)	Τιμή (€)
1	Ανεμογεννήτρια	Αλκυονίς 1100	4720
6	Φωτοβολταϊκά πλαίσια	BPSOLAR-Msx120	4956
1	Φορτιστής Φ/Β	STECA-Solarix 30A	191,16
1	Inverter	XANTREX-DR2424	1949,29
12	Συσσωρευτές	TUDOR	1987,78
1	Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος		1600
-	Λοιπά έξοδα (κόστος εγκατάστασης- καλωδιώσεις)	—————	826
Σύνολο			16220 €

8. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ-ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

8.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΟΝΙΜΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗ ΑΠΟ ΔΙΚΤΥΟ ΔΕΗ

Τα συνολικά έξοδα για εγκατάσταση γραμμής διανομής, μετασχηματιστή εκτιμούνται σε 44000 €/χλμ. Η απόσταση της κατοικίας από τον πιο κοντινό πυλώνα είναι 500μ . Έτσι το ποσό για την περίπτωση μας είναι:22000 € που αποτελεί το Αρχικό Κόστος Επένδυσης.

Οι Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες (ΕΛΔ) είναι τα ποσά που εξοφλούνται ετησίως ως λογαριασμοί προς την ΔΕΗ. Η ετήσια ενεργειακή ζήτηση είναι $E=2635,701$ KWh. Η κατανάλωση αυτή αντιστοιχεί σε 7,22 KWh ημερησίως. Αν υποθεθεί ότι οι λογαριασμοί είναι διμηνιαίοι σε κάθε λογαριασμό η χρέωση θα είναι:

Πάγια Χρέωση: 6,87 €

ΩΧΒ: $(60*7,22)*0,06651€=28,81€$

Σύνολο: 35,68€

Σύνολο με ΦΠΑ: 38,54€

Για την ΕΡΤ, Δήμο κλπ: 20€

Τελικό Σύνολο: 58,54€

Ετησίως για την εξόφληση των χρεώσεων στην ΔΕΗ καταβάλλονται: $ΕΛΔ=6*58,54=351,24€$

Τα Ετήσια Οικονομικά Οφέλη (ΕΟΟ) είναι μηδενικά καθώς δεν υπάρχει κάποιο κέρδος από την επένδυση αυτή.

Έτσι για τα Καθαρά Ετήσια Οικονομικά Οφέλη ισχύει: $ΚΕΟΟ=ΕΟΟ-ΕΛΔ=0-351,24 = -351,24€$

Με N συμβολίζεται η διάρκεια ζωής της επένδυσης, όπου για τέτοια συστήματα θεωρούνται τα 20 χρόνια. Άρα $N=20$

r, το αποπληθωρισμένο (μικτό) επιτόκιο.

$$\text{Ισχύει: } r = \frac{d - i}{1 + i} = \frac{0,12 - 0,042}{1 + 0,042} = 0,075$$

καθώς d είναι το επιτόκιο αναγωγής και i ο πληθωρισμός

Για να κρίνουμε αν η επένδυση είναι βιώσιμη θα πρέπει η Καθαρά Παρούσα Αξία να υπολογιστεί θετική (>0), είναι το κριτήριο της ΚΠΑ.

Για την ΚΠΑ ισχύει:

$$\begin{aligned} \text{ΚΠΑ} &= -\text{ΑΚΕ} + \frac{(1+r)^N - 1}{r * (1+r)^N} * \text{ΚΕΟΟ} = -22000 + \frac{(1+0,075)^{20} - 1}{0,075 * (1+0,075)^{20}} * (-351,24) = \\ &= -25580,7 < 0 \end{aligned}$$

Άρα η επένδυση είναι ασύμφορη.

6.7 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Η/Ζ

Η ετήσια ζήτηση ενέργειας για την κατοικία είναι: $E=2635,701 \text{ KWh}$.

Η μάζα του πετρελαίου που θα χρειαστεί για την παραγωγή εξ' ολοκλήρου αυτής της ενέργειας από την γεννήτρια diesel θα είναι:

$$m = \frac{E}{n * H_k} = \frac{2635,701 \text{ KWh}}{0,4 * 11,92 \text{ KWh / Kg}} = 552,79 \text{ Kg}$$

όπου: n , ο βαθμός απόδοσης του Η/Ζ, 40%

H_k , η κατώτερη θερμογόνο δύναμη του καυσίμου όπου για πετρέλαιο είναι 11,92 KWh/Kg

Ο όγκος της παραπάνω ποσότητας πετρελαίου είναι:

$$V = \frac{m}{\varepsilon} = \frac{552,79 \text{ Kg}}{0,84 \text{ Kg / lt}} = 658,08 \text{ lt}$$

όπου: ε , το ειδικό βάρος του πετρελαίου $\varepsilon=0,84 \text{ Kg/lt}$

Με κόστος πετρελαίου 0,7 €/lt το ετήσιο κόστος του πετρελαίου θα είναι:
 $0,7 \text{ €/lt} * 658,08 \text{ lt} = 460,66 \text{ €}$

Το κόστος συντήρησης του Η/Ζ θεωρείται το 5% του κόστους του καυσίμου: Έτσι: $0,05 * 460,66 = 23,03 \text{ €}$

Άρα οι Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες είναι: $460,66 + 23,03 = 483,69 \text{ €}$

Το Ετήσιο Οικονομικό Όφελος είναι το ποσό που αποταμιεύεται από την αποφυγή εξόφλησης λογαριασμών στην ΔΕΗ. Έτσι όπως υπολογίστηκε παραπάνω $ΕΟΟ=351,24 \text{ €}$

Το καθαρό ετήσιο οικονομικό όφελος αυτής της επένδυσης είναι:

$$ΚΕΟΟ = ΕΟΟ - ΕΛΔ = 351,24 - 483,69 = -132,45 \text{ €}$$

Ως Αρχικό Κόστος Επένδυσης, θεωρείται το κόστος του συστήματος. Το Η/Ζ θα έχει ονομαστική ισχύ 10000kVA ενώ οι συσσωρευτές παραμένουν ίδιας χωρητικότητας. Το κόστος εκτιμάται σε 5500€.

Το αποπληθωρισμένο (μικτό) επιτόκιο είναι το ίδιο όπως υπολογίστηκε παραπάνω ($r=0,075$)

Έτσι για την ΚΠΑ έχουμε:

$$ΚΠΑ = -5500 + \frac{(1 + 0,075)^{20} - 1}{0,075 * (1 + 0,075)^{20}} * (-132,45) = -6850,26 < 0 \text{ άρα}$$

ασύμφορη.

6.8 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το ΑΚΕ της επένδυσης είναι το κόστος του υβριδικού συστήματος. Όπως έχει υπολογιστεί είναι 16220€

Για να γίνει εξέταση της βιωσιμότητας της επένδυσης θα πρέπει να υπολογισθούν τα έξοδα συντήρησης του συστήματος (Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες).

- ο Τα έξοδα συντήρησης για την Α/Γ υπολογίζονται ως το 1% της αξίας της. Έτσι $0,01 \cdot 4000 \text{ €} = 40 \text{ €}$
- ο Για τα Φ/Β τα έξοδα θεωρούνται μηδενικά.
- ο Για το Η/Ζ: Η μάζα του πετρελαίου είναι:

$$m = \frac{E}{n \cdot H_{\kappa}} = \frac{144 \text{ KWh}}{0,4 \cdot 11,92 \text{ KWh/Kg}} = 30,2 \text{ Kg}$$

Αφού το Η/Ζ παράγει όπως έχει υπολογιστεί 144KWh

Ο όγκος είναι:

$$V = \frac{m}{\varepsilon} = \frac{30,2 \text{ Kg}}{0,84 \text{ Kg/l}} = 35,95 \text{ lt}$$

και το ετήσιο κόστος του πετρελαίου: $35,95 \cdot 0,7 \text{ €} = 25,17 \text{ €}$

Το κόστος συντήρησης του Η/Ζ είναι: $0,05 \cdot 25,17 = 1,23 \text{ €}$

Έτσι οι Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες για το υβριδικό σύστημα είναι: $40 + 25,17 + 1,23 = 66,4 \text{ €}$

Το Ετήσιο Οικονομικό Όφελος όπως και παραπάνω είναι το ποσό που αποταμιεύεται από την αποφυγή εξόφλησης λογαριασμών στην ΔΕΗ. Έτσι $\text{ΕΟΟ} = 351,24 \text{ €}$

Το ΚΕΟΟ είναι: $\text{ΚΕΟΟ} = \text{ΕΟΟ} - \text{ΕΛΔ} = 351,24 - 66,4 = 284,84 \text{ €}$

Για το αποπληθωρισμένο (μικτό) επιτόκιο ισχύει $r = 0,075$

Έτσι για την ΚΠΑ ισχύει:

$$\text{ΚΠΑ} = -16220 + \frac{(1 + 0,075)^{20} - 1}{0,075 \cdot (1 + 0,075)^{20}} \cdot 284,84 = -13316,2 < 0$$

Συνοψίζοντας τις παραπάνω αναλύσεις των επενδύσεων προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

	ΑΚΕ (€)	Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες (€)	Συνολικό Κόστος 20ετίας (€)	Κατανάλωση Diesel (lt)	ΚΠΑ
Υβριδικό	16220	66,4	17548	36	-13316,2
H/Z	5500	483,69	15173,8	658	-6850,26
ΔΕΗ	22000	351,24	29024,8	-	-25580,7

Όπως φαίνεται από την οικονομική αξιολόγηση των 3 επενδύσεων και οι 3 είναι ασύμφωρες από οικονομικής πλευράς με πιο συμφέρουσα αυτήν με την μεγαλύτερη ΚΠΑ.

Έτσι η πιο συμφέρουσα επένδυση είναι η ηλεκτροδότηση της κατοικίας με H/Z.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών Μέσης Και Χαμηλής Τάσης», **Πέτρος Ντοκόπουλος**, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 1992
- «Ανεμοκινητήρες», **Γ.Μπεργελές**, Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ 1994
- « Διαχείριση Της Αιολικής Ενέργειας », **Ιωάννης Καλδέλης**, Εκδόσεις Α.ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ 1999
- «Αιολικά Συστήματα», **Δ.Χρηστάκης,Κ.Κονταξάκης,Β.Φασουλάς**, Ηράκλειο 1999
- Σημειώσεις μαθήματος «Φωτοβολταϊκά συστήματα» Π.Σ.Ε. ΕΝ.ΠΕ.Τ., **Ι.Φραγκιαδάκης**, Ηράκλειο 2002
- Σημειώσεις μαθήματος «Εισαγωγή στην ΕΝ.ΠΕ.Τ» Π.Σ.Ε. ΕΝ.ΠΕ.Τ, **Α.Βλησίδης**, Ηράκλειο 1999
- Σημειώσεις μαθήματος «Εξοικονόμηση και Διαχείριση Ενέργειας» Π.Σ.Ε. ΕΝ.ΠΕ.Τ., **Μ.Κτενιαδάκης**, Ηράκλειο 2002
- Πτυχιακή εργασία «Μελέτη σκοπιμότητας για την εγκατάσταση ολοκληρωμένου αυτόνομου ενεργειακού συστήματος στην Μονή Κουδουμά», **Κ.Παναγιουλάκης – Σ.Σηφάκης**, Ηράκλειο 2002
- Πτυχιακή εργασία «Αυτόνομο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής με Α/Γ & Φ/Β εγκατεστημένης ισχύος 14 KW», **Π.Θεοδωρόπουλος-Ν. Κατσαρός**, Ηράκλειο 2003

Πηγές INTERNET (Ηλεκτρονικές διευθύνσεις):

www.bpsolar.com

www.stecasolar.com

www.xantrex.com

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά το προσωπικό του Εργαστηρίου Αιολικής Ενέργειας για την βοήθεια να ολοκληρώσω την εργασία μου αυτή. Ιδιαίτερα ευχαριστώ τους: Πατρουδάκη Γιάννη, Τσαμπάζη Κώστα και Βελονάκη Ελευθερία.

Επίσης ευχαριστώ τον κ. Δημήτρη Χρηστάκη για την βοήθειά του σε αυτήν την εργασία και κυρίως που έχει καταφέρει η πόρτα του Εργαστηρίου Αιολικής Ενέργειας να είναι ανοιχτή για κάθε φοιτητή.

Ηράκλειο 2003
Χατζηδάκης Μανόλης