



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ**  
**ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ**  
**ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ**

**Λέκκας Χρήστος**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Καθηγητής Σταυρακάκης Γεώργιος (Επιβλέπων)

Καθηγητής Καλαϊτζάκης Κωνσταντίνος

Δρ. Τζινευράκης Αντώνιος

Χανιά, Δεκέμβριος 2018

## *Ευχαριστίες*

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σταυρακάκη για την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησής της.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον κ. Τζινευράκη, για την υποστήριξη και το πολύτιμο χρόνο που μου αφιέρωσε. Οι συμβουλές και οι επισημάνσεις που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια, έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην έκβαση της παρούσας εργασίας.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω το τρίτο μέλος της εξεταστικής επιτροπής κ. Καλαιτζάκη από τον οποίο διδάχτηκα πολύ ενδιαφέροντα πράγματα κατά την διάρκεια των σπουδών μου, τα οποία τα εφάρμοσα στην παρούσα διπλωματική.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους όσους ήταν δίπλα μου σ' όλο το χρονικό διάστημα αυτής της προσπάθειας. Η αγάπη τους, η υπομονή τους και η αμέριστη συμπαράστασή τους με βοήθησαν να εκπληρώσω το δύσκολο έργο της εκπόνησης της διπλωματικής ταυτόχρονα με τη στρατιωτική μου θητεία.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται και σχεδιάζεται η ηλεκτρική εγκατάσταση μιας οικίας που βρίσκεται μακριά από το δίκτυο διανομής.

Για την ηλεκτρική τροφοδότηση της οικίας επιλέγεται αυτόνομο σύστημα με τη χρήση φωτοβολταϊκών, συσσωρευτών και εφεδρικής γεννήτριας. Γίνεται πλήρης διαστασιολόγηση του εξοπλισμού που απαρτίζει το αυτόνομο σύστημα, με βάση την ημερήσια κατανάλωση ενέργειας του χρήστη της οικίας και τη μέγιστη ταυτοχρονισμένη ισχύ των ηλεκτρικών συσκευών της. Εξετάζονται τεχνοοικονομικά διαφορετικά σενάρια αυτονομίας της οικίας, είτε με τη χρήση μεγαλύτερου συστήματος αποθήκευσης, είτε μεγαλύτερου αντιστροφέα για τη βελτίωση των συνθηκών άνεσης της οικίας λόγω της μεγαλύτερης αυτονομίας και της ταυτοχρονισμένης τροφοδότησης περισσότερων ηλεκτρικών συσκευών.

Επίσης, μελετάται και σχεδιάζεται η εσωτερική και εξωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση της οικίας βάσει των κανόνων του Προτύπου ΕΛΟΤ HD384. Παρατίθενται αναλυτικά σχέδια, μονογραμμικά εγκατάστασης και μονογραμμικά ηλεκτρικών πινάκων, ενώ υπολογίζεται η διατομή ενός υπογείου καλωδίου τροφοδότησης ενός συμπληρωματικού κτιρίου που λειτουργεί ως ξενώνας. Για την υπολογισμό της διατομής του καλωδίου παροχής λαμβάνεται υπόψη η ικανότητα φόρτισης του καλωδίου βάσει του Προτύπου ΕΛΟΤ HD384 και η επιτρεπόμενη πτώση τάσης.

## **ABSTRACT**

In this diploma thesis, the electrical installation of a house located at distance from the distribution network, is being studied and planned.

A stand-alone system is selected for the electrical supply of the house using photovoltaics, a storage system with batteries and a backup generator. The complete set up of the stand-alone equipment is made on the basis of the household energy consumption of the home and the simultaneous supply of electrical appliances. The daily energy consumption determines the size of the photovoltaic system and the capacity of the batteries, and the simultaneous power of the household devices determines the rated power of the inverter and the generator. Different techno economical scenarios of house autonomy are being studied, using either a bigger storage system or a larger inverter, in order to improve the comfort level of the house due to greater autonomy as well as simultaneous power supply of more electrical appliances.

Finally, the internal and external electrical installation of the house is being studied and planned, according to the HD384 Standard. Detailed drawings are provided, single-line diagrams of the installation and the panels, while the cross-section of an underground supply cable for an additional building that functions as a guest house is calculated. In order to calculate the cross-section of the supply cable, the cable charging capacity is taken into account based on the HD384 Standard and the acceptable voltage drop.

---

# Περιεχόμενα

---

1. Εισαγωγή.....	9
1.1 Γενικά.....	9
1.2 Ο στόχος διπλωματικής εργασίας .....	9
1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας.....	10
2. Εισαγωγή στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις .....	12
2.1 Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.....	12
2.2 Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις (Ε.Η.Ε.) .....	13
2.2.1 Γενικά .....	13
2.2.2 Περιγραφή μιας Ε.Η.Ε.....	14
2.2.3 Σύνταξη μελέτης εσωτερικής ηλεκτρολογικής εγκατάστασης.....	15
2.3 Αγωγοί.....	16
2.4 Καλώδια .....	17
2.4.1 Γενικά .....	17
2.4.2 Ονοματολογία.....	18
2.4.3 Χρωματισμοί .....	19
2.4.4 Συνήθεις τύποι.....	20
2.5 Σωληνώσεις .....	21
2.6 Διατάξεις προστασίας.....	22
2.6.1 Ασφάλειες τήξης.....	23
2.6.2 Μικροαυτόματοι διακόπτες.....	23
2.7 Διακόπτες φορτίου .....	23
2.8 Ηλεκτρονόμοι (ρελέ ισχύος) .....	24
2.9 Γειώσεις.....	24

2.9.1 Συστήματα γειώσεων.....	25
3. Το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.....	26
3.1 Εισαγωγή.....	26
3.2 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο.....	27
3.2.1 Φωτοβολταϊκή διάταξη .....	27
3.2.2 Η δομή ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου .....	27
3.2.3 Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	29
3.3 Ρυθμιστής φόρτισης .....	30
3.4 Σύστημα αποθήκευσης με συσσωρευτές.....	31
3.4.1 Γενικά.....	31
3.4.2 Τύποι συσσωρευτών.....	32
3.5 Αντιστροφέας.....	33
3.5.1 Περιγραφή λειτουργίας .....	33
3.5.2 Ο βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα.....	33
3.5.3 Βέλτιστο σημείο λειτουργίας των Φ/Β πάνελ .....	35
3.6 Εφεδρική γεννήτρια.....	36
4. Δεδομένα μελέτης .....	37
4.1 Περιγραφή οικίας .....	37
4.1.1 Τοποθεσία.....	37
4.1.2 Κτιριακές εγκαταστάσεις .....	38
4.1.3 Αρχιτεκτονικά σχέδια.....	38
4.2 Φορτία και καταναλώσεις .....	41
4.2.1 Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας.....	42
4.2.2 Ταυτοχρονισμένη ισχύς.....	43
5. Διαστασιολόγηση αυτόνομου συστήματος.....	45
5.1 Επιλογή φωτοβολταϊκών πλαισίων .....	45
5.1.1 Κρίσιμη περίοδος και βέλτιστη κλίση φωτοβολταϊκών πλαισίων .....	45
5.1.2 Προσανατολισμός Φ/Β πλαισίων .....	46
5.1.3 Υπολογισμός εγκατεστημένης ισχύος και παραγόμενης ενέργειας .....	46

5.1.4 Επιλογή και χαρακτηριστικά πλαισίου.....	47
5.2 Επιλογή τάσης του συστήματος .....	49
5.3 Επιλογή Ρυθμιστή φόρτισης.....	49
5.4 Διαμόρφωση σεναρίων διαστασιολόγησης .....	51
5.5 Επιλογή συσσωρευτών .....	51
5.5.1 Σενάριο 1 – Αυτονομία τεσσάρων ημερών .....	51
5.5.2 Σενάριο 2 – Αυτονομία δύο ημερών .....	54
5.6 Επιλογή αντιστροφέα .....	54
5.6.1 Σενάριο 1 - Ταυτοχρονισμένη ισχύς 9kW .....	54
5.6.2 Σενάριο 2 - Ταυτοχρονισμένη ισχύς 6,2kW .....	55
5.7 Διαστασιολόγηση γεννήτριας.....	56
5.8 Τεχνική μελέτη για την τοποθέτηση πλαισίων.....	56
5.8.1 Στήριξη και χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	56
5.8.2 Αποφυγή σκίασης.....	59
6. Ηλεκτρολογική εγκατάσταση.....	60
6.1 Υπολογισμοί διατομών αγωγών .....	60
6.1.1 Τρόποι υπολογισμού της διατομής των αγωγών .....	60
6.1.2 Υπολογισμός μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος .....	61
6.1.3 Υπολογισμός πτώσης τάσης.....	66
6.2 Γείωση και αγωγός προστασίας .....	69
6.3 Ηλεκτρολογικά σχέδια .....	69
6.3.1 Μονογραμμικά σχέδια ηλεκτρολογικής εγκατάστασης.....	69
6.3.2 Σχέδια ηλεκτρικών πινάκων .....	73
7. Οικονομική αξιολόγηση.....	75
7.1 Εισαγωγή.....	75
7.2 Υπολογισμός ΚΠΑ.....	77
7.2.1 Σενάριο Α - Αυτονομία 2 ημερών / ταυτοχρονισμένης ισχύς 6,2kW .....	77
7.2.2 Σενάριο Β - Αυτονομία 2 ημερών / ταυτοχρονισμένης ισχύς 9kW.....	78
7.2.3 Σενάριο Γ - Αυτονομία 4 ημερών / ταυτοχρονισμένης ισχύς 6,2kW .....	79

7.2.4 Σενάριο Δ - Αυτονομία 4 ημερών / ταυτοχρονισμένης ισχύς 9kW .....	81
7.2.5 Σενάριο Ε – Σύνδεση με το ΔΕΔΔΗΕ.....	82
7.3 Ευαισθησία της ΚΠΑ για το σενάριο Ε .....	82
7.4 Σύγκριση σεναρίων και αποτελέσματα .....	83
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	85
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	87
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	89
Παράρτημα 1 – Τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού φωτοβολταϊκού συστήματος .....	89
Παράρτημα 2 – Πίνακες υπολογισμού των δόσεων των δανείου .....	93
Παράρτημα 3 – Πίνακες υπολογισμού της ΚΠΑ για όλα τα σενάρια.....	94



---

# 1. Εισαγωγή

---

## 1.1 Γενικά

Η εγκατάσταση αυτόνομων συστημάτων αποτελεί μια αποδοτική λύση για την ηλεκτρική τροφοδότηση κτιρίων διαφόρων χρήσεων στις περιπτώσεις όπου το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από τα κτίρια αυτά. Η συνήθης πρακτική είναι η χρησιμοποίηση φωτοβολταϊκών συστημάτων μικρής ονομαστικής ισχύος, σε συνδυασμό με συσσωρευτές, με παράλληλη χρησιμοποίηση εφεδρικής γεννήτριας για την αξιόπιστη τροφοδότηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Επίσης, σε αρκετές περιπτώσεις, στο παραπάνω αυτόνομο σύστημα προστίθεται και μια μικρή ανεμογεννήτρια (συνήθως της τάξης 300W έως 1,5kW), ωστόσο η στοχαστικότητα της παραγωγής της ανεμογεννήτριας λόγω της μεταβολής του ανέμου δεν την καθιστά συνήθως μέρος του απαραίτητου εξοπλισμού ενός αυτόνομου συστήματος.

## 1.2 Ο στόχος διπλωματικής εργασίας

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και σχεδίαση ηλεκτρικής εγκατάστασης αυτόνομης ηλεκτροδότησης μιας οικίας με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Απαιτείται η διαστασιολόγηση του αυτόνομου συστήματος, που απαρτίζεται από τα φωτοβολταϊκά, το ρυθμιστή φόρτισης, τους συσσωρευτές, τον αντιστροφέα και την εφεδρική γεννήτρια, λαμβάνοντας υπόψη την ημερήσια κατανάλωση ενέργειας του χρήστη της οικίας και τη μέγιστη ταυτοχρονισμένη ισχύ των ηλεκτρικών συσκευών της.

Ακολούθως, μελετάται και σχεδιάζεται η εσωτερική και εξωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση της οικίας βάσει των κανόνων του Προτύπου ΕΛΟΤ HD384 με στόχο την ανάπτυξη των ηλεκτρολογικών μονογραμμικών της εγκατάστασης και των ηλεκτρικών πινάκων, ενώ επίσης υπολογίζεται η διατομή ενός υπογείου καλωδίου για τη τροφοδότηση ενός συμπληρωματικού κτιρίου που λειτουργεί ως ξενώνας. Για την υπολογισμό της διατομής του καλωδίου παροχής λαμβάνεται υπόψη η ικανότητα φόρτισης του καλωδίου βάσει του Προτύπου ΕΛΟΤ HD384 και η επιτρεπόμενη πτώση τάσης.

Τέλος, θα εξεταστούν τεχνοοικονομικά διαφορετικά σενάρια αυτονόμησης της οικίας με τη χρήση μεγαλύτερου συστήματος αποθήκευσης και μεγαλύτερου αντιστροφέα.

### 1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας

Η δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ακόλουθη:

Στο **1<sup>ο</sup> κεφάλαιο** αναφέρονται εισαγωγικά στοιχεία της διπλωματικής εργασίας και αναλύεται ο στόχος και η δομή της παρούσας εργασίας.

Στο **2<sup>ο</sup> κεφάλαιο** αναλύονται τα χαρακτηριστικά μιας εσωτερικής ηλεκτρικής εγκατάστασης καθώς και οι βασικοί κανόνες που πρέπει να ακολουθούνται βάσει του Προτύπου ΕΛΟΤ HD384 για την σωστή και ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης. Ακόμα περιγράφονται τα βασικά μέρη των εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (Ε.Η.Ε.) όπως είναι οι αγωγοί, τα καλώδια, οι σωληνώσεις, οι ασφάλειες, οι διακόπτες και οι μέθοδοι γείωσης.

Στο **3<sup>ο</sup> κεφάλαιο** περιγράφονται αναλυτικά τα δομικά στοιχεία ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος. Συγκεκριμένα αναλύεται η φωτοβολταϊκή γεννήτρια, ο ρυθμιστής φόρτισης, οι συσσωρευτές, ο αντιστροφέας και η εξωτερική εφεδρική γεννήτρια.

Στο **4<sup>ο</sup> κεφάλαιο** περιγράφονται τα δεδομένα της μελέτης, όπως είναι τα χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης περιοχής όπως επίσης τα αρχιτεκτονικά σχέδια των εξεταζόμενων οικημάτων. Επίσης συλλέγονται όλες οι συσκευές της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης και υπολογίζονται οι ημερήσιες απαιτήσεις σε ενέργεια καθώς και οι απαιτήσεις σε ταυτοχρονισμένη ισχύ έτσι ώστε να γίνει η διαστασιολόγηση του αυτόνομου συστήματος.

Στο **5<sup>ο</sup> κεφάλαιο** πραγματοποιείται η διαστασιολόγηση του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος και η επιλογή των δομικών του στοιχείων. Πιο συγκεκριμένα γίνεται η επιλογή του πλήθους των φωτοβολταϊκών πλαισίων με βάση την ηλιακή ακτινοβολία της περιοχής, του ρυθμιστή φόρτισης με βάση την ονομαστική ισχύ των φωτοβολταϊκών πλαισίων, των συσσωρευτών με βάση την αυτονομία του συστήματος και του αντιστροφέα με βάση τη μέγιστη ταυτοχρονισμένη ισχύ του συστήματος.

Στο **6<sup>ο</sup> κεφάλαιο** γίνεται ο υπολογισμός των ελάχιστων διατομών των καλωδίων της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης με βάση την ικανότητα φόρτισης των αγωγών, σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD384, καθώς επίσης με βάση την μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση τάσης. Ακολούθως παρουσιάζονται τα μονογραμμικά σχέδια της ηλεκτρικής εγκατάστασης καθώς επίσης και τα μονογραμμικά των ηλεκτρικών πινάκων.

Στο **7<sup>ο</sup> κεφάλαιο** διεξάγεται τεχνοοικονομική μελέτη στην οποία εξετάζονται τέσσερα διαφορετικά σενάρια διαστασιολόγησης του αυτόνομου συστήματος χρησιμοποιώντας ως δείκτη την Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ). Ακόμα υπολογίζεται η ΚΠΑ για το σενάριο διασύνδεσης της οικίας με τον ΔΕΔΔΗΕ και γίνεται ανάλυση ευαισθησίας της αναφορικά με την απόσταση της εγκατάστασης από το δίκτυο.

Τέλος, στο **8<sup>ο</sup> κεφάλαιο** παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

---

## 2. Εισαγωγή στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις

---

### 2.1 Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.

Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384, περιλαμβάνει τους κανόνες που πρέπει να τηρούνται κατά τη μελέτη, την κατασκευή, την επιθεώρηση και τη συντήρηση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, [1].

Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 καθιερώθηκε νομοθετικά αντικαθιστώντας το Κανονισμό Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (ΚΕΗΕ) με την Υπουργική Απόφαση με αριθ. Φ.7.5/1816/88 της 27/02/2004 η πλήρης εφαρμογή της οποίας ξεκινά από τον 03/2006. Η αντικατάσταση του ΚΕΗΕ από το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 έγινε για την ανάγκη εναρμόνισης της χώρας μας προς τα ισχύοντα Ευρωπαϊκά Πρότυπα, που διέπουν τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις στις χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Με την Υπουργική Απόφαση με αριθ. 999 της 03/01/2007 στο ΦΕΚ 57/Β/24.01.2007 από το ΥΠΕΧΩΔΕ έκλεισε το θέμα ενημέρωσης - επικαιροποίησης του Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού (ΓΟΚ) τροποποιώντας το άρθρο 30 της υπ' αριθμόν 3046/304/3.2.1989 (ΦΕΚ 59/Δ'/1989). Στην απόφαση αυτή αναφέρεται σαφώς η υποχρέωση κατασκευής των νέων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων με βάση το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384. Ορίζεται η υποχρέωση εγκατάστασης διατάξεων διαφορικού ρεύματος για την κάλυψη όλων των κυκλωμάτων ισχύος σε παλιές και νέες εγκαταστάσεις και ορίζεται σαν βασική γείωση η θεμελιακή στα νέα κτίρια [2].

Η καθιέρωση του Προτύπου ΕΛΟΤ HD 384 είναι μια καλή αφορμή για την αναβάθμιση του ηλεκτρολογικού κλάδου, ώστε οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις στη χώρα μας να γίνουν καλύτερες, ασφαλέστερες, να βελτιώσουν την ποιότητα τους και να είναι συγκρίσιμες με τις καλύτερες ευρωπαϊκές.

**Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 εφαρμόζεται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις:**

- α) Κτιρίων που χρησιμοποιούνται ως κατοικίες
- β) Κτιρίων εμπορικής χρήσης
- γ) Κτιρίων που είναι στη διάθεση του κοινού
- δ) Κτιρίων και λοιπών κατασκευών βιομηχανικής ή βιοτεχνικής χρήσης
- ε) Εγκαταστάσεων γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων
- στ) Προκατασκευασμένων ή προσωρινών κτισμάτων των χρήσεων α) μέχρι ε)
- ζ) Τροχόσπιτων και των χώρων οργανωμένης κατασκήνωσης
- η) Εργοταξίων κατασκευής έργων, των εγκαταστάσεων πανηγύρεων και παρόμοιων προσωρινών εγκαταστάσεων
- θ) Λιμένων εξυπηρέτησης σκαφών αναψυχής.

## **2.2 Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις (Ε.Η.Ε.)**

### **2.2.1 Γενικά**

Οι απαιτήσεις του ανθρώπου για άνεση σε συνδυασμό με τη βελτίωση ποιότητας ζωής είναι διαρκώς αυξανόμενες, παράλληλα πληθαίνουν οι ανάγκες εφαρμογών και διαχείρισης ενέργειας. Ως προς το αντικείμενο ενδιαφέροντος της παρούσας εργασίας, δηλαδή τη μελέτη και σχεδίαση εσωτερικής ηλεκτρικής εγκατάστασης (ΕΗΕ) σε οικία, υπάρχουν απαιτήσεις λειτουργικότητας, μέγιστης ασφάλειας, εργονομίας, οικονομίας και αισθητικής.

Σκοπός των κτιριακών εσωτερικών ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων (ΕΗΕ) είναι η ασφάλεια των ανθρώπων καθώς και των ηλεκτρικών συσκευών, σε συνδυασμό με την εξυπηρέτηση του φωτισμού στους διάφορους χώρους της οικίας και η συνεχής παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις λοιπές ηλεκτρικές καταναλώσεις [3].

## 2.2.2 Περιγραφή μιας Ε.Η.Ε

Με τον όρο Εσωτερική Ηλεκτρική Εγκατάσταση (Ε.Η.Ε.) εννοούμε την τοποθέτηση, τον έλεγχο και το χειρισμό διαφόρων ηλεκτρολογικών εξαρτημάτων, που εξυπηρετούν τις ανάγκες κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας [1]. Τις Ε.Η.Ε. μπορεί κανείς να τις διακρίνει:

Ανάλογα με τη χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος:

- Οικιακές εγκαταστάσεις ή φωτισμού (συνήθως μονοφασική παροχή).
- Εγκαταστάσεις κίνησης ή βιομηχανικές (τριφασική παροχή).

Ανάλογα με το χώρο:

- Εγκαταστάσεις υπαίθρου (εξωτερικών χώρων).
- Εγκαταστάσεις κλειστού χώρου.

Ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο :

- Χώρων ηλεκτρικής υπηρεσίας (υποσταθμοί, μετασχηματιστές, κλπ).
- Ξηρών χώρων.
- Πρόσκαιρα υγρών χώρων (στεγνωτήρια, βεράντες, κλπ).
- Υγρών χώρων (ψυγεία, τουαλέτες, κακώς αεριζόμενα υπόγεια).
- Βρεγμένων χώρων (λουτρά, πλυντήρια, ψυκτικοί θάλαμοι, κλπ).
- Χώρων με κίνδυνο πυρκαγιάς (αποθήκες ξύλου, καυσίμων, κλπ).
- Χώρων με κίνδυνο εκρήξεων (εργοστάσια, αποθήκες).
- Σκονιζόμενων χώρων (υφαντήρια, αποθήκες τσιμέντου, κλπ).
- Εγκαταστάσεις ρυπαρών χώρων (χημικά εργοστάσια, βαφεία, κλπ).
- Χώρων μεγάλης συγκέντρωσης (αίθουσες θεάτρων, κινηματογράφοι, καταστήματα, εκθέσεις, χώροι συναυλιών, κλπ).
- Εγκαταστάσεις σε στάβλους, κτηνοστάσια, σιτοβολώνες, κλπ.

Για κάθε κατηγορία Ε.Η.Ε. πρέπει να χρησιμοποιείται το κατάλληλο ηλεκτρολογικό υλικό και να εφαρμόζονται οι σχετικοί κανονισμοί.

Μια γραμμή που ξεκινάει από τον πίνακα είναι δυνατόν να τροφοδοτεί:

- Είτε μία μόνο συσκευή κατανάλωσης.
- Είτε περισσότερες από μια συσκευές κατανάλωσης.
- Είτε έναν άλλο πίνακα, που λέγεται «δευτερεύων πίνακας» ή υποπίνακας.

Ανεξάρτητες (ή ευθείες) γραμμές, είναι εκείνες που η καθεμία τροφοδοτεί μία μόνο συσκευή κατανάλωσης, για ισχύ πάνω από 1.5kW.

Τέτοιες γραμμές είναι:

- Η γραμμή μαγειρείου που τροφοδοτεί την ηλεκτρική κουζίνα.
- Η γραμμή του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα.
- Οι γραμμές που τροφοδοτούν σταθερές συσκευές κατανάλωσης μεγάλης σχετικά ισχύος, όπως π.χ. οι θερμοσυσσωρευτές.
- Οι γραμμές, που η καθεμία τροφοδοτεί ένα μόνο ρευματοδότη (πρίζα), που λέγεται «ενισχυμένη πρίζα». Ρευματοδότες με ανεξάρτητη γραμμή χρησιμοποιούμε για την τροφοδότηση φορητών συσκευών μεγάλης σχετικά ισχύος, π.χ. ηλεκτρικά καλοριφέρ ή συσκευές με ειδικές απαιτήσεις όπως π.χ. ηλεκτρονικοί υπολογιστές.

Δευτερεύοντες πίνακες (ή υποπίνακες) χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση των συσκευών κατανάλωσης που βρίσκονται σε κάποια απόσταση ή έχουν κάποιο φυσικό διαχωρισμό από τη θέση που βρίσκεται ο γενικός πίνακας, κατά τρόπο που θα ήταν ασύμφορο να ξεκινούν από το γενικό πίνακα όλες οι γραμμές που χρειάζονται για να τροφοδοτήσουν αυτές τις συσκευές. Σε ένα τριώροφο κτίριο π.χ., από κάθε υποπίνακα θα ξεκινούν γραμμές για την τροφοδότηση των συσκευών κατανάλωσης του ίδιου ορόφου.

Κάθε πίνακας, ανάλογα με τον αριθμό φάσεων με τις οποίες τροφοδοτείται, είναι μονοφασικός ή τριφασικός.

### **2.2.3 Σύνταξη μελέτης εσωτερικής ηλεκτρολογικής εγκατάστασης**

Πριν από τη μελέτη ΕΗΕ οικίας πρέπει να συγκεντρώνονται όλες οι αναγκαίες πληροφορίες που έχουν να κάνουν με τις συνθήκες λειτουργίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης, οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη σύνταξη της ΕΗΕ. Οι πληροφορίες που απαιτούνται είναι οι κάτωθι:

- Η κατηγορία του χώρου που εκπονείται η ΕΗΕ, όπως π.χ. το είδος του χώρου ως προς το συντελεστή υγρασίας ή την επικινδυνότητα σε πυρκαγιές.
- Η ισχύς της εγκατάστασης, η οποία προσδιορίζεται από το σύνολο και το είδος των συσκευών, των φωτιστικών σημείων και ρευματοδοτών, λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή ταυτοχρονισμού της εγκατάστασης. Επίσης απαιτείται πρόβλεψη για πιθανή μελλοντική επέκταση της ηλεκτρικής ισχύος της εγκατάστασης.
- Τα σχέδια κάτοψης, συμπεριλαμβανομένου του μονογραμμικού σχεδίου. Δηλαδή το αρχιτεκτονικό σχέδιο σε συνδυασμό με τη θέση των ηλεκτρικών συσκευών, τη διαδρομή των ηλεκτρικών γραμμών, τη θέση των διακοπών, ρευματοδοτών, θερμοστατών, ανιχνευτών και του γενικού πίνακα.
- Οι συνθήκες λειτουργίας της ΕΗΕ όπως π.χ. θερμοκρασία περιβάλλοντος και υψόμετρο, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή του ηλεκτρολογικού υλικού της εγκατάστασης.
- Η σύνταξη τεύχους υπολογισμών, πρόκειται για αναλυτικούς υπολογισμούς ως προς την επιλογή κατάλληλου ηλεκτρολογικού υλικού για την ΕΗΕ (διατομές καλωδίων, διάμετροι σωληνώσεων, μέσα προστασίας)
- Η σύνταξη ηλεκτρολογικών σχεδίων της ΕΗΕ, δηλαδή του μονογραμμικού σχεδίου της κάτοψης μαζί με το μονογραμμικό διάγραμμα του γενικού πίνακα.
- Η σύνταξη της τεχνικής περιγραφής των ηλεκτρολογικών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση της ΕΗΕ [3].

## 2.3 Αγωγοί

**Αγωγοί** ονομάζονται αγωγίμα σύρματα μέσα από τα οποία περνά το ηλεκτρικό ρεύμα. Διακρίνονται σε γυμνούς ή μονωμένους όταν έχουν μονωτικό περίβλημα. Ανάλογα με τον αριθμό των κλώνων ή συρμάτων οι αγωγοί διακρίνονται σε μονόκλωνους (λιγότερο εύκαμπτοι και με διατομή μέχρι 16 mm<sup>2</sup>) και πολύκλωνους. Κατασκευάζονται από χαλκό ή αλουμίνιο και κράματά τους. Οι αγωγοί χαρακτηρίζονται από τη διατομή του πυρήνα τους που υπολογίζεται από τις Σχέσεις 2.1 και 2.2:

Μονόκλωνος αγωγός:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,785 \cdot d^2 \quad (2.1)$$



Όπου,

d: η διάμετρος πυρήνα του αγωγού σε mm

S: η διατομή σε mm<sup>2</sup>

Πολύκλωνος αγωγός:

$$S = \frac{n \cdot \pi \cdot d^2}{4} = 0,785 \cdot d^2 \cdot n \quad (2.2)$$

Όπου,

n: ο αριθμός κλώνων.

Η αντίσταση R αγωγού με μήκος «l» και διατομή «S» δίδεται από την Σχέση 2.3:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (2.3)$$

όπου ρ: η ειδική αγωγιμότητα.

Ειδική αντίσταση χαλκού  $\rho_{\text{χαλ}} = 0,017241 \text{ mm}^2/\text{m}$  στους 20°C.

Ειδική αντίσταση αλουμίνιου  $\rho_{\text{αλ}} = 0,0282 \text{ mm}^2/\text{m}$  στους 20°C.

## 2.4 Καλώδια

### 2.4.1 Γενικά

Με τον όρο **καλώδιο** εννοείται το σύνολο δύο ή περισσότερων μονωμένων αγωγών που βρίσκονται μέσα στο ίδιο μονωτικό περίβλημα.

Τα καλώδια εσωτερικών εγκαταστάσεων κατασκευάζονται με χάλκινους αγωγούς δύσκαμπτους (μονόκλωνους ή πολύκλωνους) όταν προορίζονται για μόνιμη εγκατάσταση ή εύκαμπτους (λεπτοπολύκλωνους) όταν προορίζονται για εγκαταστάσεις όπου απαιτείται κινητικότητα των καλωδίων. Σαν μονωτικό υλικό χρησιμοποιείται κυρίως PVC ή ελαστικό και σαν προστατευτικός μανδύας αντίστοιχα PVC ή ελαστικό. Καλώδια που τοποθετούνται μέσα σε σωλήνες μπορούν να έχουν μόνωση χωρίς προστατευτικό μανδύα [4].

## 2.4.2 Ονοματολογία

Η ονοματολογία των καλωδίων ερμηνεύεται από τον Πίνακα 2.1:

Πίνακας 2.1 - Ονοματολογία των καλωδίων

Επεξήγηση συμβόλων			
H	Καλώδια σύμφωνα με εναρμονισμένα πρότυπα		
A	Αναγνωρισμένος τύπος		
J	Καλώδια σύμφωνα με πρότυπα I.E.C. (International Electrotechnical Commission)		
Τάση λειτουργίας		Ειδική διάκριση	
1	600/1000V	H2	Πεπλατυσμένη κατασκευή καλωδίου του οποίου οι πόλοι δεν μπορούν να αποχωρισθούν
07	450/750V		
05	300/500V		
03	300/300V	H	Πεπλατυσμένη κατασκευή καλωδίου του οποίου οι πόλοι μπορούν να αποχωρισθούν
Υλικό μόνωσης αγωγών			
V	P.V.C.	Είδος Αγωγού	
R	Ελαστικό	U	Δύσκαμπτος στρογγυλός αγωγός, μονόκλωνος
S	Σιλικόνη	R	Δύσκαμπτος στρογγυλός αγωγός, πολύκλωνος
Υλικό μανδύα		S	Δύσκαμπτος αγωγός σχήματος κυκλικού τομέα, πολύκλωνος
V	P.V.C.	H	Υπερέκαμπτος αγωγός
R	Ελαστικό	F	Εύκαμπτος αγωγός
N	Νεοπρένιο	K	Εύκαμπτος αγωγός για μόνιμη τοποθέτηση

### 2.4.3 Χρωματισμοί

Για τη διευκόλυνση των συνδέσεων κατά την εγκατάσταση των αγωγών και των καλωδίων, αλλά και κατά τις επεμβάσεις που ενδεχομένως θα χρειασθεί να γίνουν μεταγενέστερα, οι μονώσεις των αγωγών έχουν συγκεκριμένα χρώματα που διευκολύνουν την αναγνώριση των αγωγών. Οι κανόνες που ισχύουν είναι οι ακόλουθοι :

Στα καλώδια εσωτερικών εγκαταστάσεων για τις τρεις φάσεις χρησιμοποιούμε τους αγωγούς με τα χρώματα καφέ, μαύρο, μαύρο.

Για τον ουδέτερο το μπλε ανοικτό και για τη γείωση το πράσινο/κίτρινο (κίτρινο με πράσινη ρίγα).

Σε καλώδια παλαιάς κατασκευής συναντάμε ως χρώμα μιας φάσης το κόκκινο, του ουδέτερου το γκρι και της γείωσης το κίτρινο.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Προτύπου ΕΛΟΤ HD384 τα εύκαμπτα καλώδια και τα καλώδια για μόνιμη εγκατάσταση φέρουν στη μόνωση των αγωγών τους τα παρακάτω χρώματα.

Πίνακας 2.2 - Χρωματισμοί εύκαμπτων καλωδίων [4]

Αριθμός αγωγών	Καλώδια με αγωγό γείωσης	Καλώδια χωρίς αγωγό γείωσης
1	πράσινο/κίτρινο	μπλε ανοικτό ή άλλα χρώματα
2		μπλε ανοικτό, καφέ
3	πράσινο/κίτρινο, καφέ, μπλε ανοικτό	μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ
4	πράσινο/κίτρινο, μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ	μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ, μαύρο
5	πράσινο/κίτρινο, μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ, μαύρο	μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ, μαύρο, μαύρο

Πίνακας 2.3 - Χρωματισμοί καλωδίων για μόνιμη εγκατάσταση [4]

Αριθμός αγωγών	Καλώδια με αγωγό γείωσης	Καλώδια χωρίς αγωγό γείωσης
1	πράσινο/κίτρινο	μπλε ανοικτό ή άλλα χρώματα
2		μαύρο, μπλε ανοικτό
3	πράσινο/κίτρινο, μαύρο, μπλε ανοικτό	μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ
4	πράσινο/κίτρινο, μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ	μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ, μαύρο
5	πράσινο/κίτρινο, μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ, μαύρο	μαύρο, μπλε ανοικτό, καφέ, μαύρο, μαύρο
6 και άνω	πράσινο/κίτρινο, λοιποί πόλοι μαύροι με λευκή αρίθμηση, τυπωμένοι με αριθμούς από το κέντρο και προς τα έξω, αρχίζοντας με ένα, ο πράσινος / κίτρινος πόλος στην εξωτερική στρώση	πόλοι αγωγών μαύροι τυπωμένοι με αριθμούς από το κέντρο και προς τα έξω αρχίζοντας με ένα

## 2.4.4 Συνήθεις τύποι

Στις Ε.Η.Ε. χρησιμοποιούνται συνηθέστερα οι τύποι καλωδίων που αναφέρονται παρακάτω, όπου σημειώνονται μερικές οδηγίες σχετικά με τη χρήση τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει μεγάλο πλήθος τύπων καλωδίων, για τους οποίους περισσότερες πληροφορίες παρέχουν οι κατάλογοι των βιομηχανιών παραγωγής τους [5].

### **Καλώδια με μόνωση PVC χωρίς μανδύα για εσωτερική καλωδίωση**

Τύπος:	HO5V-U (Μονόκλωνος αγωγός)
Ονομαστική τάση:	300/500 V
Χρήσεις:	Κατάλληλος για προστατευμένες εγκαταστάσεις μέσα σε συσκευές και μέσα ή πάνω σε βάσεις φωτιστικών.

Τύπος:	HO7V-U (Μονόκλωνος αγωγός) HO7V-R (Πολύκλωνος αγωγός)
Ονομαστική τάση:	450/750 V
Χρήσεις:	Κατάλληλοι για τοποθέτηση σε σωλήνες πάνω ή μέσα σε τοίχο, σε πίνακες ή σε άλλους κλειστούς χώρους.

### **Καλώδια με μόνωση PVC χωρίς μανδύα με εύκαμπτο αγωγό για γενικές χρήσεις**

Τύπος:	HO5V-K
Ονομαστική τάση:	300/500 V
Χρήσεις:	Κατάλληλα για σταθερές προστατευμένες εγκαταστάσεις μέσα σε συσκευές και μέσα ή πάνω σε βάσεις φωτιστικών.

### **Καλώδια με μόνωση και μανδύα από PVC για σταθερή καλωδίωση**

Τύπος:	HO5VV-U (Μονόκλωνος αγωγός) HO5VV-R (Πολύκλωνος αγωγός)
Ονομαστική τάση:	300/500 V
Χρήσεις:	Ελαφρύ καλώδιο με δύσκαμπτο αγωγό για τοποθέτηση σε σταθερές εγκαταστάσεις σε ξηρούς ή υγρούς χώρους.

### **Καλώδια ισχύος με μόνωση και μανδύα από PVC για σταθερές εγκαταστάσεις**

Τα καλώδια ισχύος χρησιμοποιούνται κυρίως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, σταθμούς διανομής ή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σε εσωτερικούς χώρους, ύπαιθρο και εφόσον δεν υπόκεινται σε μηχανικές καταπονήσεις.

Τύπος:	J1VV-R (Μονόκλωνος αγωγός) J1VV-U (Πολύκλωνος αγωγός) J1VV-S (Μονόκλωνος αγωγός)
Ονομαστική τάση:	600/1000 V
Χρήσεις:	Καλώδια ισχύος για σταθερή εγκατάσταση σε ξηρούς ή υγρούς χώρους στον αέρα ή στο έδαφος.

## **2.5 Σωληνώσεις**

Τα συστήματα σωληνώσεων κατασκευάζονται έτσι ώστε να είναι δυνατή μετέπειτα τοποθέτηση ή και αφαίρεση των συρματώσεων χωρίς αυτές να καταστραφούν. Όπου δεν προβλέπεται η διάμετρος του σωλήνα, επιλέγεται τέτοια ώστε η έλξη των αγωγών ή του καλωδίου μέσα στον σωλήνα να γίνεται ελεύθερα, χωρίς να τραυματιστεί η μόνωση του αγωγού. Η διάμετρος του σωλήνα είναι τουλάχιστο 1,5 φορά μεγαλύτερη της εξωτερικής διαμέτρου του προστατευόμενου καλωδίου.

Όλες οι σωληνώσεις τοποθετούνται παράλληλα ή κάθετα προς τις πλευρές των τοίχων και των ορόφων. Οι σωλήνες που οδεύουν παράλληλα απέχουν μεταξύ τους όσο και οι διάμετρος τους. Οι σωλήνες που οδεύουν παράλληλα με σωλήνες άλλων εγκαταστάσεων απέχουν μεταξύ τους τουλάχιστον 300 mm. Οι αλλαγές διευθύνσεως πρέπει να γίνονται, είτε με χρήση χυτών εξαρτημάτων, είτε με κάμψη των σωλήνων με ειδική συσκευή εγκεκριμένου τύπου σε σχήμα συμμετρικού τόξου, είτε τέλος, με πλαστικά κουτιά διακλάδωσης. Οι επιτρεπόμενες καμπυλώσεις χωρίς μεσολάβηση κουτιού διακλάδωσης είναι το ανώτερο τρεις.

Οι καμπύλες, όπου δεν χρησιμοποιούνται ειδικά στοιχεία έλξεως είναι με ακτίνα καμπυλότητας τουλάχιστο 6 φορές την διάμετρο του σωλήνα. Η πορεία των σωληνώσεων πρέπει να είναι η συντομότερη. Οι σωληνώσεις στα σημεία εισόδου τους συναντώνται κάθετα με τα κουτιά διακλάδωσης.

Οι σωληνώσεις ανεξάρτητα από τη τάση της εγκατάστασης, τοποθετούνται με ελαφρά κλίση προς τα κουτιά και είναι απαλλαγμένα από παγίδες (σιφόνια) για την αποφυγή ενδεχόμενης συσσωρεύσεως νερού μέσα σε αυτές.

Οι σωλήνες μεταξύ των κουτιών δεν έχουν παραπάνω από δύο το πολύ ενώσεις ανά τρία μέτρα, ούτε έχουν ένωση, όταν η απόσταση των κουτιών δεν υπερβαίνει το ένα μέτρο. Απαγορεύονται όλα τα είδη ενώσεων σωλήνων, για τα τμήματα των σωληνώσεων που οδεύουν δια μέσου τοίχων ή οροφών. Σε περίπτωση ενώσεως χαλβοδοσωλήνων ή σιδηροσωλήνων ή γενικά διακοπής της συνέχειας τους, πρέπει να αποκαθίσταται η ηλεκτρική συνέχεια του μεταλλικού σωλήνα με χρησιμοποίηση διάταξης γεφύρωσης εγκεκριμένου τύπου. Οι κενοί σωλήνες πωματίζονται στα άκρα τους και μέσα σε αυτούς τοποθετούνται οδηγοί. Τα συστήματα των σωληνώσεων που βρίσκονται μέσα στο έδαφος, μέσα σε σκυρόδεμα, μέσα σε δάπεδο ή ορατής εγκαταστάσεως, είναι κατασκευασμένα στεγανά.

Οι σωληνώσεις της ηλεκτρικής εγκατάστασης όλων γενικά των χώρων του κτιρίου, κατασκευάζονται χωνευτές. Όταν ορίζεται χωνευτή εγκατάσταση, οι σωλήνες πρέπει να τοποθετούνται μέσα στον τοίχο, την οροφή. Οι σωλήνες πρέπει να βρίσκονται τουλάχιστο 12mm κάτω από την τελική επιφάνεια του τοίχου και τα κουτιά διακοπών, διακλαδώσεων κλπ. να εξέχουν τόσο ώστε να βρίσκονται τα χείλη τους στο επίπεδο της τελικής επιφάνειας του τοίχου [6].

## 2.6 Διατάξεις προστασίας

Κάθε συσκευή ή γραμμή τροφοδοσίας πρέπει να προστατεύεται με ασφάλειες τήξης ή μικροαυτόματους διακόπτες έναντι υπερεντάσεων που μπορούν να προκαλέσουν επικίνδυνες

υπερθερμάνσεις στους ίδιους τους αγωγούς ή τις συσκευές. Οι ασφάλειες αυτές τοποθετούνται στην αρχή κάθε κυκλώματος, καθώς και στα σημεία αλλαγής της διατομής μιας γραμμής ενός κυκλώματος τροφοδοσίας [7].

### **2.6.1 Ασφάλειες τήξης**

Οι ασφάλειες τήξης χαρακτηρίζονται ανάλογα με το χρόνο ενεργοποίησής τους ως ασφάλειες ταχείας τήξης και ως ασφάλειες βραδείας τήξης.

Στις ασφάλειες ταχείας τήξης το τηκτό νήμα λιώνει γρήγορα σε χρόνο 0.2 έως 0.5 sec περίπου, όταν το ρεύμα που τις διαρρέει ξεπεράσει το ονομαστικό τους κατά 3.5 φορές (ασφάλειες τύπου gL).

Στις ασφάλειες βραδείας τήξης το τηκτό νήμα λιώνει πιο αργά σε χρόνο 5 sec περίπου, όταν το ρεύμα που τις διαρρέει ξεπεράσει το ονομαστικό τους κατά 3.5 φορές (ασφάλειες τύπου aM). Οι ασφάλειες βραδείας τήξης χρησιμοποιούνται στην τροφοδοσία ηλεκτρικών κινητήρων, όπου στην εκκίνησή τους έχουμε μεγάλα ρεύματα και επομένως με ασφάλειες ταχείας τήξης δεν θα ήταν δυνατή η εκκίνηση λόγω τήξης της ασφάλειας [7].

### **2.6.2 Μικροαυτόματοι διακόπτες**

Οι μικροαυτόματοι διακόπτες είναι διατάξεις οι οποίες προσφέρουν:

- Θερμική προστασία σε περίπτωση υπερφόρτισης (ρεύμα μεγαλύτερο από το ονομαστικό)
- Μαγνητική προστασία σε περίπτωση βραχυκυκλώματος (ρεύμα πολλαπλάσιο του ονομαστικού)

Οι αυτόματες ασφάλειες έχουν περιορισμένοι ικανότητα διακοπής σε ρεύμα βραχυκύκλωσης που είναι της τάξης των 3-10 kA (τυπική τιμή 6 kA). Αν το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι μεγαλύτερο, χρησιμοποιούνται άλλες διατάξεις (συνδυασμός μικροαυτόματου διακόπτη και ασφάλειας τήξης) [7].

### **2.7 Διακόπτες φορτίου**

Οι διακόπτες φορτίου είναι μηχανισμοί οι οποίοι δεν ανοίγουν σε βραχυκύκλωμα ή υπερφόρτιση και χρησιμοποιούνται μόνο για να διακόπτουν χειροκίνητα γενικώς ή μερικώς,

διάφορα κυκλώματα τροφοδοσίας μιας εγκατάστασης. Εμφανίζονται ως μονοπολικοί, διπολικοί, τριπολικοί και τετραπολικοί, ανάλογα με τον αριθμό των αγωγών, τους οποίους συνδέουν ή αποσυνδέουν [7].

## 2.8 Ηλεκτρονόμοι (ρελέ ισχύος)

Οι ηλεκτρονόμοι (ρελέ ισχύος) είναι διατάξεις που στο μηχανισμό τους έχουν:

- τις κύριες επαφές ή επαφές ισχύος που συνδέουν ή αποσυνδέουν το κύκλωμα ισχύος
- τις βοηθητικές επαφές μέσω των οποίων, από κυκλώματα ελέγχου, ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται οι κύριες επαφές.

Το άνοιγμα ή το κλείσιμο των κύριων επαφών μπορεί να γίνει είτε χειροκίνητα (με μπουτόν start-stop), είτε αυτόματα παίρνοντας εντολές από χρονοδιακόπτες, θερμοστάτες, προγραμματιστές (PLC), κλπ. Ο έλεγχος των ηλεκτρονόμων μπορεί να γίνει και από απόσταση. Εφαρμογές των ηλεκτρονόμων περιλαμβάνουν τους ηλεκτρονόμους ζεύξης πυκνωτών, τα ρελέ θερμοσυσσωρευτών, τους θερμικούς ηλεκτρονόμους υπερέντασης κινητήρων, κλπ [7].

## 2.9 Γειώσεις

Κατά τη λειτουργία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι πιθανόν να εμφανιστούν σφάλματα, με αποτέλεσμα να υποβάλλονται σε κίνδυνο οι άνθρωποι ή να κινδυνεύουν από καταστροφή περιουσιακά στοιχεία. Το πιο συνηθισμένο αποτέλεσμα αυτών των σφαλμάτων στον άνθρωπο είναι η ηλεκτροπληξία, δηλαδή η διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το ανθρώπινο σώμα, που έχει ως συνέπεια τη δημιουργία εγκαυμάτων, την προσβολή του αναπνευστικού συστήματος ή την προσβολή της καρδιάς με οδυνηρές συνέπειες.

Ηλεκτροπληξία μπορεί να επέλθει με άμεση ή έμμεση επαφή του ανθρώπου με ένα κύκλωμα:

- Άμεση επαφή έχουμε όταν ακουμπήσει κάποιος ένα ρευματοφόρο αγωγό.
- Έμμεση επαφή έχουμε στην περίπτωση όπου, λόγω καταστροφής της μόνωσης, μεταλλικά και αγείωτα μέρη τεθούν υπό τάση, οπότε η επαφή με αυτά μπορεί να προκαλέσει ηλεκτροπληξία



Για τη σωστή λειτουργία μιας εγκατάστασης και τον περιορισμό του κινδύνου από ηλεκτροπληξία για τα άτομα που τη χρησιμοποιούν, πρέπει να τοποθετείται απαραίτητα γείωση [7].

**Γείωση** ονομάζουμε την αγώγιμη σύνδεση των μεταλλικών τμημάτων των συσκευών με τη γη, μέσω αγωγών γείωσης (ηλεκτρόδια γείωσης). Στην κανονική λειτουργία τα μεταλλικά τμήματα των συσκευών δεν είναι υπό τάση ως προς τη γη. Ο αγωγός προστασίας αρχίζει από το κιβώτιο του μετρητή όπου συνδέεται με τον αγωγό γείωσης και μέσω αυτού με το ηλεκτρόδιο γείωσης.

Σε όλη τη διαδρομή ο αγωγός προστασίας ακολουθεί τους ενεργούς αγωγούς μέχρι τις συσκευές κατανάλωσης για να συνδεθεί με τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη τους. Συσκευές κατανάλωσης είναι οι συσκευές που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, μετατρέποντάς την σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας.

### 2.9.1 Συστήματα γειώσεων

- **Σύστημα TT (Άμεση γείωση):**

Άμεση γείωση με αγώγιμη σύνδεση των μεταλλικών περιβλημάτων των συσκευών με το ηλεκτρόδιο γειώσεως.

- **Σύστημα TN (ουδετέρωση):**

Στην ουδετέρωση ο αγωγός γείωσης και ο ουδέτερος συνδέονται μεταξύ τους μέσα στο κιβώτιο του μετρητή όπου και καταλήγει ο αγωγός γης από το ηλεκτρόδιο της γείωσης και από εκεί αναχωρούν ανεξάρτητοι σε όλη την εγκατάσταση.

Σε όλη την Ελλάδα εφαρμόζεται το σύστημα ουδετέρωσης εκτός από το Λεκανοπέδιο Αττικής που εφαρμόζεται ακόμα το σύστημα άμεσης γείωσης. Η ταυτόχρονη εφαρμογή και των δύο μεθόδων γείωσης στο ίδιο δίκτυο κατά κανόνα απαγορεύεται.

- **Σύστημα IT:**

Όλα τα ενεργά μέρη απομονωμένα από την γη με αγώγιμη σύνδεση των μεταλλικών περιβλημάτων των συσκευών με το ηλεκτρόδιο γειώσεως.

---

## 3. Το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα

---

### 3.1 Εισαγωγή

Τα φωτοβολταϊκά (ή Φ/Β) συστήματα αποτελούν μια από τις εφαρμογές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, με τεράστιο ενδιαφέρον για την Ελλάδα. Εκμεταλλευόμενο το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, το φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ενέργεια. Όταν αυτά τα συστήματα δεν είναι διασυνδεδεμένα με το υπόλοιπο εθνικό δίκτυο ονομάζονται αυτόνομα.

Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή σε περιοχές όπου η σύνδεση τους με το ηλεκτρικό δίκτυο αλλά και η μεταφορά του καύσιμου θεωρούνται αντιοικονομικές επιλογές. Έτσι δεν συνδέονται στο δίκτυο της ΔΕΗ και δεν επιβαρύνουν τον ιδιοκτήτη με πάγια κόστη ή πτώσεις τάσεων του παρόχου.

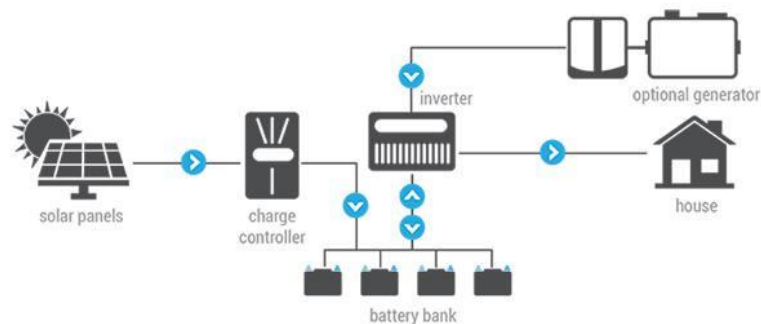
Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από αυτά αναλώνεται εξ' ολοκλήρου από το χρήστη, ενώ, στη συντριπτική τους πλειοψηφία, τα συστήματα αυτά διαθέτουν και διατάξεις αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας.

Καθώς η τάση των φωτοβολταϊκών είναι συνεχής, κρίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση κατάλληλου μετατροπέα DC/AC, έτσι ώστε να παρέχει ηλεκτρική ισχύ σε συσκευές που λειτουργούν με εναλλασσόμενη τάση [8].

Τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται ένα αυτόνομο φ/β σύστημα είναι η φωτοβολταϊκή γεννήτρια, το σύστημα αποθήκευσης των συσσωρευτών, ο ρυθμιστής τάσης, ο μετατροπέας (inverter) και ο καταναλωτής.

Επίσης, η προσθήκη μιας νηξελογεννήτριας σ' ένα τέτοιο σύστημα προσφέρει ακόμα μεγαλύτερη αξιοπιστία, καθώς υπάρχει η δυνατότητα φόρτισης των συσσωρευτών, όταν εξαντληθούν οι μέρες αυτονομίας του συστήματος σε περιόδους όπου δεν είναι δυνατή η ηλιοφάνεια, αυξάνοντας των χρόνο ζωής τους.

Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζεται σχηματικά ένα τέτοιο σύστημα:



Σχήμα 3.1- Δομή αυτόνομου ΦΒ συστήματος [9]

## 3.2 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

### 3.2.1 Φωτοβολταϊκή διάταξη

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν ως βασικό μέρος το ηλιακό στοιχείο που είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός μικρού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα [11].

Τα Φ/Β στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ή γεννήτριες, τυπικής ισχύος από 20W έως 380W. Φωτοβολταϊκές γεννήτριες συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες (arrays).

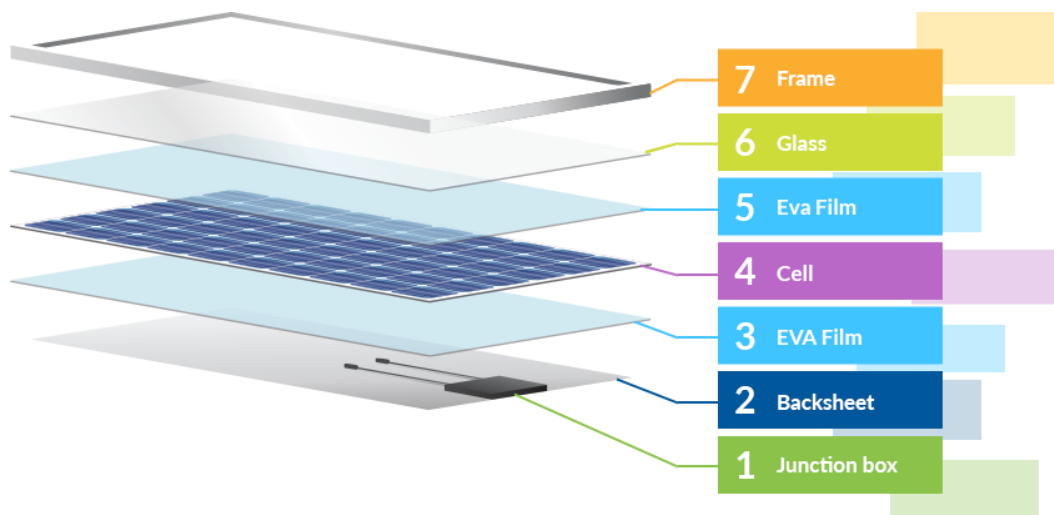
### 3.2.2 Η δομή ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου

Ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από έναν αριθμό ηλιακών κυψελών. Για να γίνει εφικτή η λειτουργία του πλαισίου, είναι σημαντικό να προστατεύονται οι ηλιακές κυψέλες από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Για παράδειγμα, οι ηλιακές κυψέλες είναι πολύ λεπτές και άρα επιρρεπείς σε μηχανικές βλάβες. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων και η δομή τους συχνά είναι διαφορετική για τα διάφορα είδη ηλιακών κυψελών ή για τις ποικίλες εφαρμογές τους. Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από διάφορα στρώματα, τα οποία είναι:

- Ειδικό γυαλί
- Συμπυκνωμένο υλικό (Ethylene Vinyl Acetate (EVA) Sheet) για την ενθυλάκωση των κυψελών
- Ηλιακές κυψέλες
- Συμπυκνωμένο υλικό (EVA)
- Ειδικό γυαλί
- Κενό αέρος
- Ειδικό γυαλί

Οι ηλιακές κυψέλες περικλείονται συνήθως από δυο κομμάτια γυαλιού ή ένα φύλλο γυαλιού και ένα πλαστικού, ενώ μερικές φορές εξ ολοκλήρου από πλαστικό. Τα είδη των γυαλιών που χρησιμοποιούνται είναι διαφανή, χρωματισμένα και αντανακλούν την θερμότητα. Το συμπυκνωμένο υλικό είναι συνήθως EVA, υλικό που εμφανίζει πολύ καλή ηλεκτρική μόνωση και μεγάλη διαπερατότητα στο φως [12].

Τα παραπάνω απεικονίζονται στο Σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2 - Δομή ΦΒ πλαισίου [10]

Οι ηλιακές κυψέλες συνδέονται σε σειρά, παράλληλα ή και συνδυασμένες προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες σε τάση και σε ρεύμα. Επίσης, οι ηλιακές κυψέλες πρέπει να όμοιες, για να εμφανίζουν όμοια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και να επιτυγχάνεται η ομαλή λειτουργία του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται επάνω σε περιστρεφόμενα στηρίγματα που ακολουθούν την τροχιά του ήλιου (trackers). Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και, συνακόλουθα, η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας [12].

### 3.2.3 Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων

Η κατασκευή των φωτοβολταϊκών κυττάρων μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους και με διάφορα υλικά. Το πυρίτιο (Si) είναι η βάση για το 90% περίπου της παγκόσμιας οικονομίας παραγωγής Φ/Β. Η κυριαρχία αυτή οφείλεται αρχικά στην τεράστια παγκόσμια επιστημονική και τεχνική υποδομή για το υλικό αυτό από τη δεκαετία του '60. Μεγάλες κυβερνητικές και βιομηχανικές επενδύσεις έγιναν σε προγράμματα για τις χημικές και ηλεκτρονικές ιδιότητές του, ώστε να δημιουργηθεί ο εξοπλισμός που απαιτείται στα βήματα της επεξεργασίας για την απόκτηση της απαραίτητης καθαρότητας και της κρυσταλλικής δομής του υλικού.

Έτσι, η γνώση που προέκυψε για το πυρίτιο, τα χαρακτηριστικά και η αφθονία του στη γη, το κατέστησαν ικανό και συμφέρον μέσο για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι μερικά από τα ηλεκτρόνια που απελευθερώνονται μετά την απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας πρέπει να ταξιδέψουν μεγάλες αποστάσεις για να ενταχθούν στη ροή του ρεύματος και να συνεισφέρουν στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Συνεπώς, το υλικό θα πρέπει να έχει υψηλή καθαρότητα και δομική τελειότητα, ώστε να αποτρέψει την επιστροφή των ηλεκτρονίων στις φυσικές τους θέσεις. Οι ατέλειες πρέπει να αποφευχθούν ώστε η ενέργεια του ηλεκτρονίου να μη μετατραπεί σε θερμότητα. Η παραγωγή θερμότητας, η οποία είναι επιθυμητή στα ηλιακά θερμικά πλαίσια, όπου η θερμότητα μεταφέρεται σε ένα ρευστό, είναι ανεπιθύμητη στα Φ/Β πλαίσια, όπου η ηλιακή ενέργεια πρέπει να μετατραπεί σε ηλεκτρική.

Οι βασικές κατηγορίες φωτοβολταϊκών κυττάρων πυριτίου χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: τα μονοκρυσταλλικά, τα πολυκρυσταλλικά και τα άμορφα. Παρ' όλα αυτά, φωτοβολταϊκά κύτταρα κατασκευάζονται και από διάφορους συνδυασμούς από υλικά όπως για παράδειγμα το αρσενιούχο γάλλιο (GaAs), το τελεριούχο κάδμιο (CdTe) και ο δισηληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe<sub>2</sub> ή CIS). Όλα αυτά τα είδη παρέχουν μια μεγάλη γκάμα φωτοβολταϊκών, τα οποία όμως διαφέρουν ως προς τα κόστη και το βαθμό απόδοσης.

Η απόδοση των ηλιακών κελιών, εκφραζόμενη ως το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική, εξαρτάται από την τεχνολογία των υλικών που χρησιμοποιούνται. Σε ερευνητικό επίπεδο έχουν αναφερθεί αποδόσεις έως και 40%. Ωστόσο, η πλειονότητα των ηλιακών κελιών και των δημιουργούμενων φωτοβολταϊκών πάνελ που διατίθενται σήμερα στο εμπόριο έχουν μια μέγιστη απόδοση της τάξης του 17-19% [13].

Μια διαδεδομένη κατηγοριοποίηση τεχνολογιών φωτοβολταϊκών κυττάρων είναι αυτή σύμφωνα με το πάχος και το υλικό που χρησιμοποιείται. Έτσι, προκύπτουν οι παρακάτω κατηγορίες:

### Φωτοβολταϊκά συστήματα πυριτίου μεγάλου πάχους

- Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου
- Φωτοβολταϊκά στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου
- Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου

### Φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτής στρώσης (Thin film)

- Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου
- Φωτοβολταϊκά στοιχεία δισεληνοϊνδιούχου χαλκού
- Φωτοβολταϊκά στοιχεία τελεριούχου καδμίου
- Φωτοβολταϊκά στοιχεία αρσενιούχου γαλλίου

### Υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία [13]

## **3.3 Ρυθμιστής φόρτισης**

Ο ρυθμιστής φόρτισης (charge controller) είναι μια διάταξη που επεξεργάζεται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει κάποια ενεργειακή πηγή και έχει ως κύριο στόχο να αποτρέψει την υπερφόρτιση και την βαθιά εκφόρτιση του συσσωρευτή. Έτσι συμβάλει στη καλή λειτουργία και στην αυξανόμενη απόδοση των αυτόνομων συστημάτων.

Ο ρυθμιστής φόρτισης φροντίζει να διατηρείται η τάση εξόδου της ενεργειακής πηγής στην επιθυμητή τιμή, έχοντας ταυτόχρονα την ικανότητα, όταν οι συσσωρευτές του συστήματος φορτιστούν πλήρως, να διοχετεύει την περίσσεια του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται στην εκάστοτε ενεργειακή πηγή σε κατάλληλες αντιστάσεις ή προς τη γη, προστατεύοντας έτσι του συσσωρευτές από τους κινδύνους της υπερφόρτισης [14].

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά ενός ρυθμιστή φόρτισης είναι τα εξής:

- Μικρή εσωτερική κατανάλωση ρεύματος (<5 mA).
- Υψηλός βαθμός απόδοσης (96%-98%).
- Διακοπή του φορτίου αν εμφανιστεί βαθιά εκφόρτιση.
- Τακτική φόρτιση σε υψηλότερη τάση.
- Προστασία από υπερφόρτιση.
- Λειτουργία σε θερμοκρασίες 0°C - 50°C .

### 3.4 Σύστημα αποθήκευσης με συσσωρευτές

#### 3.4.1 Γενικά

Επειδή τα αυτόνομα συστήματα δεν έχουν την δυνατότητα ανταλλαγής ενέργειας με το δίκτυο χρειάζεται να αποθηκεύουν μια ποσότητα από την περίσσεια της ηλεκτρικής τους παραγωγής, ώστε να χρησιμοποιηθεί όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή.

Ιδιαίτερα για αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, όπου οι μεταβολές της ηλιοφάνειας μπορούν να είναι έντονες και μακρόχρονες, απαραίτητοι είναι οι συσσωρευτές που έχουν μεγάλη χωρητικότητα και συχνά απαιτείται μία καλή σχέση κόστους και διάρκειας ζωής.

Το πλήθος των συσσωρευτών που πρέπει να προνοείται για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες και απαιτήσεις, το μέγιστο πλήθος των πιθανών συνεχών ημερών συννεφιάς, τις αιχμές της κατανάλωσης και τον βαθμό αξιοπιστίας που θα πρέπει να παρουσιάζει το σύστημα, σε συνδυασμό με την ύπαρξη ή όχι βοηθητικών πηγών ενέργειας. Η αυτοδυναμία για τα αυτόνομα συστήματα είναι τουλάχιστον 2 έως 5 ημέρες. Κύριος σκοπός μιας μπαταρίας λοιπόν είναι η συσσώρευση της ηλεκτρικής ενέργειας με παράλληλη δυνατότητα συνεχούς απόδοσης της. Αυτό επιτυγχάνεται όταν η μπαταρία έχει τις εξής ιδιότητες:

- Ικανοποιητική υψηλή δεκτικότητα φόρτισης : Χαρακτηρίζεται από την όσο δυνατό υψηλή ένταση ρεύματος φόρτισης με αποφυγή πτώσης τάσης στο εσωτερικό της. Ο συντελεστής απόδοσης της φόρτισης βρίσκεται στο 90% περίπου. Επίσης η μπαταρία πρέπει να μπορεί να φορτίζεται και με ρεύμα χαμηλής τάσης.
- Μεγάλη αντοχή σε κύκλους φόρτισης-εκφόρτισης: Ο αριθμός των κύκλων εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το βάθος εκφόρτισης. Δηλαδή, όσο πιο μικρό το βάθος εκφόρτισης, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κύκλος ζωής της μπαταρίας.
- Δυνατότητα επαρκούς επαναφόρτισης: Είναι δεδομένη όταν παρατηρείται για γρήγορη επαναφόρτιση μέχρι την ονομαστική της χωρητικότητα, με αμελητέες απώλειες στη συσσωρευμένη χωρητικότητα.
- Απλή και αξιόπιστη λειτουργία: Είναι επιθυμητή, δηλαδή στην διάρκεια ενός έτους μπορεί να γίνει συμπλήρωση υγρών μια με δυο φορές και πρέπει να διατηρήσουμε την μπαταρία καθαρή, να μην έχουμε υπερχειλίση υγρών και να αποφεύγουμε τυχόν βραχυκυκλώματα των πόλων [15].

Για λόγους ασφάλειας, οι μπαταρίες πρέπει να τοποθετούνται σε χώρους με καλό αερισμό και απομονωμένες από τους χώρους της κατοικίας και των ηλεκτρονικών, διότι περιέχουν

επικίνδυνα χημικά και απελευθερώνουν υδρογόνο και οξυγόνο καθώς φορτίζονται. Επιπλέον, ο χώρος τοποθέτησής τους πρέπει να προστατεύεται από ακραίες τιμές θερμοκρασίας. Τέλος πρέπει να εξασφαλιστεί ότι οι μπαταρίες είναι σε χώρο με εύκολη πρόσβαση για τη συντήρησή τους, επισκευή και εγκατάσταση.

### **3.4.2 Τύποι συσσωρευτών**

Υπάρχουν πολλά συστήματα συσσωρευτών αλλά τα πλέον χρησιμοποιούμενα σήμερα είναι του μολύβδου-θεικού οξέως (Pb-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) και του νικελίου καδμίου (Ni-Cd). Κριτήριο για την επιλογή μπαταριών σε ένα Φ/Β σύστημα είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης, η ικανότητα κύκλων και η μεγάλη διάρκεια ζωής.

#### **Μπαταρίες μολύβδου – οξέος**

Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος (lead-acid) αποτελούν την παλαιότερη και πιο διαδεδομένη μορφή επαναφορτιζόμενων ηλεκτροχημικών συσκευών. Έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε αυτόνομα συστήματα και αποτελούν πλέον ώριμη τεχνολογία. Η βασικότερη αιτία της τόσο ευρείας διάδοσης των μπαταριών μολύβδου-οξέος είναι το μικρό κόστος τους συγκριτικά με άλλες τεχνολογίες μπαταριών (100-300€/kWh), σε συνδυασμό με την εμπορική διαθεσιμότητα, αλλά και η πολυετής συσσωρευμένη λειτουργική εμπειρία. Επιπρόσθετα, οι μπαταρίες αυτές χαρακτηρίζονται από υψηλούς βαθμούς απόδοσης της τάξης του 80-85%, καθώς και από υψηλή αξιοπιστία. Η εμπειρία έχει δείξει ότι ο ρυθμός αστοχίας των μπαταριών μολύβδου-οξέος είναι μικρότερος από 0.25% καθώς επίσης παρουσιάζουν μικρούς βαθμούς εκφόρτισης.

#### **Μπαταρίες νικελίου-καδμίου**

Συγκριτικά με τις μπαταρίες μολύβδου-οξέως, οι μπαταρίες νικελίου-καδμίου έχουν μεγαλύτερες τιμές ειδικής ενέργειας, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (2000-2500 κύκλοι), υποστηρίζουν υψηλότερους ρυθμούς φόρτισης και εκφόρτισης, αλλά έχουν μικρότερη απόδοση (60-75%) είναι και πιο ακριβές. Επιπλέον πλεονεκτήματα τους αποτελούν η αυξημένη αξιοπιστία και οι πολύ μικρές ανάγκες συντήρηση ακόμα και σε ψυχρά κλίματα, η δυνατότητα βαθιάς εκφόρτισης και η εξαιρετική παροχή βηματικής τάσης. Για τους λόγους αυτούς είναι γενικά κατάλληλες για φορητές συσκευές, φωτισμό έκτακτης ανάγκης, UPS και εκκίνηση κινητήρων. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το βασικό μειονέκτημα τους είναι το σχετικά υψηλό κόστος (800€/kWh) εξαιτίας της ακριβής κατασκευαστικής διαδικασίας. Επιπλέον, το κάδμιο είναι ένα βαρύ τοξικό μέταλλο που εισάγει προβλήματα διάθεσης και ανακύκλωσης των μπαταριών νικελίου-καδμίου [16].



## 3.5 Αντιστροφέας

### 3.5.1 Περιγραφή λειτουργίας

Ο αντιστροφέας (Inverter) είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα ισχύος που μετατρέπει συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη (μονοφασική ή τριφασική). Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε περιπτώσεις που διαθέτουμε πηγή συνεχούς ηλεκτρικής τάσεως και καταναλωτές εναλλασσόμενης, όπως συμβαίνει στις φωτοβολταϊκές εφαρμογές οικιακής χρήσεως.

Αποτελείται από ηλεκτρονικούς διακόπτες (dipolar transistors ισχύος, MOSFETs, thyristors κλπ), η συνδυασμένη λειτουργία των οποίων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σειράς τετραγωνικών παλμών διαδοχικά ορθών και ανεστραμμένων.

Η λειτουργική συμπεριφορά του μετατροπέα χαρακτηρίζεται από την ονομαστική ισχύ στην έξοδο του, την αντοχή του σε απότομη αύξηση της ισχύος εισόδου, την απόδοσή του και την παραμόρφωση των αρμονικών (ηλεκτρονική παραμόρφωση). Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι η μέγιστη απόδοση του αντιστροφέα επιτυγχάνεται πλησίον της ονομαστικής ισχύος εξόδου [17].

### 3.5.2 Ο βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα

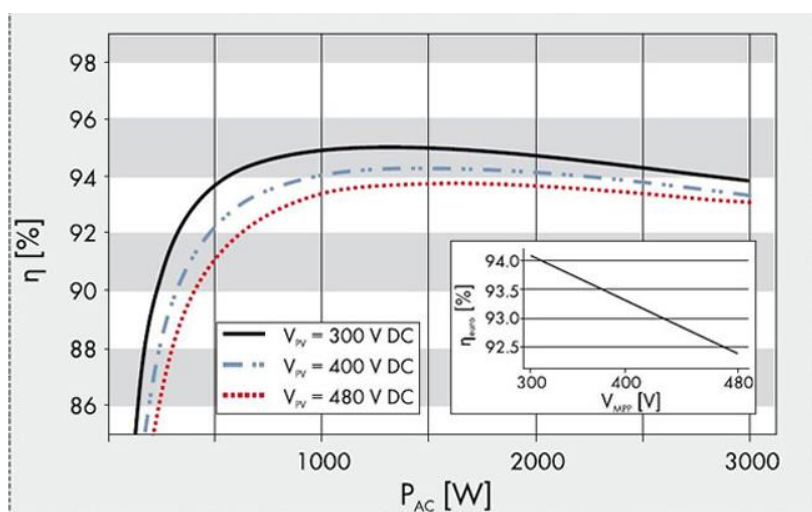
Ο βαθμός απόδοσης αντανακλά το ποσό της ισχύος που χάνεται ως απώλειες στον αντιστροφέα. Οι κυριότερες απώλειες εμφανίζονται στα ημιαγωγά στοιχεία ισχύος, ενώ άλλες πηγές απωλειών αποτελούν οι ωμικές αντιστάσεις των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, οι απώλειες αερισμού κτλ. Ο βαθμός απόδοσης αποτελεί ίσως το σημαντικότερο χαρακτηριστικό ενός αντιστροφέα και κάθε μελετητής μηχανικός θα πρέπει να εξετάζει το σημείο αυτό.

Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει το βαθμό απόδοσης, θεωρώντας ίδιο ποσό φόρτισης του αντιστροφέα, είναι η ύπαρξη ή μη μετασχηματιστή απομόνωσης. Στην αγορά υπάρχουν οι τεχνολογίες αντιστροφέων με μετασχηματιστή ή χωρίς. Τυπικές τιμές απόδοσης αντιστροφέων με μετασχηματιστή είναι της τάξης του 92-94% με μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας (LF) και 94-96% με μετασχηματιστή υψηλής συχνότητας (HF). Αντίθετα, σε αντιστροφέις χωρίς μετασχηματιστή ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται μεταξύ 96-98,5%.

Οι παραπάνω τιμές απόδοσης αναφέρονται στον καταγραφόμενο μέγιστο βαθμό απόδοσης (maximum efficiency). Η τιμή αυτή αναγράφεται πάντα στα τεχνικά φυλλάδια. Ωστόσο θα πρέπει να γνωρίζει κανείς ότι κάθε αντιστροφέας λειτουργεί λίγες φορές στον απολύτως

μέγιστο βαθμό απόδοσης, καθώς αυτός εξαρτάται από το επίπεδο φόρτισης του αντιστροφέα και την DC τάση λειτουργίας.

Ως βαθμός φόρτισης νοείται το ποσοστό της ισχύος εισόδου του αντιστροφέα, ως προς την ονομαστική ισχύ εισόδου ή η ισχύς εξόδου (ο ακριβής προσδιορισμός εξαρτάται από τον κατασκευαστή). Οι κατασκευαστές παρουσιάζουν τα στοιχεία αυτά με τη μορφή διαγραμμάτων, όπως για παράδειγμα στο Σχήμα 3.3:



Σχήμα 3.3 - Παράδειγμα διαγράμματος βαθμού απόδοσης αντιστροφέων[18]

Όπως παρατηρείται στο Σχήμα 3.3, ο βαθμός απόδοσης των αντιστροφέων εμφανίζει μέγιστο σε μία περιοχή τιμών ισχύος και DC τάσεων. Το γεγονός αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διαστασιολόγηση αντιστροφέων σε σχέση με την ονομαστική ισχύ των Φ/B πάνελ, όπου ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει να εξετάζει, ανάλογα με την περίπτωση, αν η λειτουργία του αντιστροφέα αντιστοιχεί σε περιοχές με υψηλό βαθμό απόδοσης.

Έτσι για **υπέρ-διαστασιολογημένους** αντιστροφείς (αναφορικά με τη συνολική ισχύ των Φ/B πάνελ που συνδέονται στην είσοδο τους), είναι πιθανό να λειτουργούν σε σχετικά χαμηλά φορτία για τα οποία δεν εμφανίζουν το βέλτιστο βαθμό απόδοσης και επιπλέον στοιχίζουν περισσότερο.

Από την άλλη πλευρά, αντιστροφείς που εμφανίζονται **υπο-διαστασιολογημένοι** σε σχέση με την ισχύ των Φ/B πάνελ, είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε απώλειες ενέργειας λόγω υπερφόρτισης: κάθε αντιστροφέας χαρακτηρίζεται από μία μέγιστη ισχύ η οποία δεν μπορεί να ξεπεραστεί για λόγους ασφαλείας, οπότε είναι πιθανόν πλεονάσματα ενέργειας από τα Φ/B πάνελ να χάνονται.

Συνήθως, ανάλογα και με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής εγκατάστασης, το είδος των πάνελ, της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας στήριξης (σταθερές βάσεις ή τράκερ) και της καμπύλης απόδοσης του κάθε αντιστροφέα, η σχέση μεταξύ της ονομαστικής ισχύος εξόδου του αντιστροφέα και της ισχύος των Φ/Β πάνελ κυμαίνεται μεταξύ 90% και 115% [18].

### 3.5.3 Βέλτιστο σημείο λειτουργίας των Φ/Β πάνελ

Η παρακολούθηση του σημείου βέλτιστης λειτουργίας γνωστή και ως MPPT (Maximum Power Point Tracking) αναφέρεται στην τεχνική που χρησιμοποιείται ώστε να μεταβάλλεται το σημείο λειτουργίας (τάση-ρεύμα) των Φ/Β πάνελ ώστε να ανταποκρίνεται κάθε φορά στο σημείο που αντιστοιχεί στη μέγιστη ισχύ.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ισχύς ενός Φ/Β πάνελ, η οποία προκύπτει από το γινόμενο της τάσης με την ένταση ρεύματος, δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται σε σχέση με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας.

Οι κατασκευαστές των πάνελ δίνουν στα τεχνικά φυλλάδια τη μέγιστη ισχύ (Maximum Power Point, MPP) στις πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC) οι οποίες αντιστοιχούν σε ένταση ηλιακής ακτινοβολίας ίση προς  $G=1000\text{W/m}^2$ , και θερμοκρασία πάνελ ίση προς 25 βαθμούς Κελσίου.

Σε οποιαδήποτε άλλες συνθήκες, η μέγιστη ισχύς μεταβάλλεται και μειώνεται με τη μείωση της ακτινοβολίας και την αύξηση της θερμοκρασίας. Κατά συνέπεια είναι απαραίτητο κάθε αντιστροφέας να διαθέτει διατάξεις οι οποίες παρακολουθούν συνεχώς το σημείο λειτουργίας των πάνελ και το μεταβάλλουν, ώστε να αντιστοιχεί κάθε φορά στο σημείο της μέγιστης ισχύος.

Τα τεχνικά φυλλάδια των αντιστροφέων αναφέρονται στο εύρος της DC τάσης εισόδου στο οποίο μπορεί να επιτευχθεί έλεγχος της μέγιστης ισχύος. Είναι υποχρέωση του μελετητή να εξασφαλίζει ότι σε όλο το δυνατό εύρος λειτουργίας, η DC τάση των Φ/Β πάνελ βρίσκεται εντός των ορίων ελέγχου μέγιστης τάσης, ώστε να εξασφαλίζεται η αποδοτική λειτουργία του αντιστροφέα [18].

### **3.6 Εφεδρική γεννήτρια**

Συνήθως, το σύστημα συμπληρώνεται με μια βοηθητική πηγή ηλεκτροπαραγωγής, για την αντιμετώπιση ανώμαλων καταστάσεων, όπως μια σοβαρή βλάβη τον συστήματος, ένα υπερβολικά παρατεταμένο διάστημα συνεχούς συννεφιάς κλπ. Συνήθως χρησιμοποιούνται ντιζελογεννήτριες καθώς η τιμή του πετρελαίου είναι αισθητά πιο χαμηλή από αυτή της βενζίνης.

Το μέγεθος της γεννήτριας εξαρτάται από τις ανάγκες που θέλουμε να ικανοποιήσουμε σε περίπτωση που η παροχή ρεύματος από την φωτοβολταϊκή γεννήτρια διακοπεί.

Η επιλογή της κατάλληλης γεννήτριας για το σύστημα γίνεται με βάση τις 2 επόμενες παραμέτρους:

#### **1. Εφεδρική πηγή**

Η εφεδρική γεννήτρια πρέπει να εξασφαλίζει τη λειτουργία της εγκατάστασης όταν το φωτοβολταϊκό σύστημα δε μπορεί να ανταποκριθεί στην επιπλέον ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας.

#### **2. Επαναφορά συστήματος αποθήκευσης**

Η εφεδρική γεννήτρια πρέπει επίσης να είναι ικανή να επαναφέρει τον εκφορτισμένο ηλεκτρικό συσσωρευτή στην κατάσταση πλήρους φόρτισης, ενώ παράλληλα τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία της εγκατάστασης [14].

---

## 4. Δεδομένα μελέτης

---

### 4.1 Περιγραφή οικίας

#### 4.1.1 Τοποθεσία

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται μία οικία, η οποία πρόκειται να τροφοδοτηθεί από μία αυτόνομη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Η οικία βρίσκεται έξω από το χωριό Κεφαλάς στην περιοχή του Αποκόρωνα του Νομού Χανίων. Οι συντεταγμένες της θέσης της οικίας είναι  $35^{\circ}24'21.5''\text{N}$  και  $24^{\circ}14'38.9''\text{E}$  και αποτελείται από ένα διώροφο κτίριο, το οποίο πρόκειται να ανακαινιστεί. Παράλληλα, θα κατασκευαστεί ένα δεύτερο οίκημα στο ίδιο οικόπεδο το οποίο θα απέχει 25 μέτρα περίπου από το αρχικό και θα τροφοδοτείται από την ίδια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.



*Εικόνα 4.1: Θέση κτιρίου στον χάρτη [19]*

Το πιο κοντινό σημείο διασύνδεσης με το δίκτυο της ΔΕΗ βρίσκεται σε απόσταση 375 μέτρα από την κατοικία, γεγονός που καθιστά ασύμφορη την τροφοδότησή της από αυτό. Συγκεκριμένα, η προσφορά του ΔΕΔΔΗΕ για την επέκταση του δικτύου έως την οικία, ανέρχεται στα 40 €/μέτρο, πράγμα που σημαίνει ότι συνολικά ο πελάτης θα έπρεπε να διαθέσει 15.000€ για την διασύνδεση με το δίκτυο.

### 4.1.2 Κτιριακές εγκαταστάσεις

Οι κτιριακές εγκαταστάσεις θα καλύπτουν επιφάνεια 150τ.μ. σε συνολική έκταση οικοπέδου 4 στρέμματα. Η τοιχοποιία των κτιρίων θα είναι από πέτρα, γεγονός το οποίο προσφέρει αρκετά καλή θερμομονωτική επάρκεια.

Τα δύο κτίρια στα οποία θα γίνει η εν λόγω μελέτη θα αναφέρονται στη συνέχεια ως κτίριο Α και κτίριο Β .

Το κτίριο Α, το οποίο είναι αυτό που πρόκειται να ανακαινιστεί, θα χρησιμοποιείται ως κύρια οικία διαμονής δύο ατόμων. Θα αποτελείται από έναν ισόγειο χώρο, έναν όροφο και ένα δώμα στο οποίο θα τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και ο ηλιακός θερμοσίφωνας.

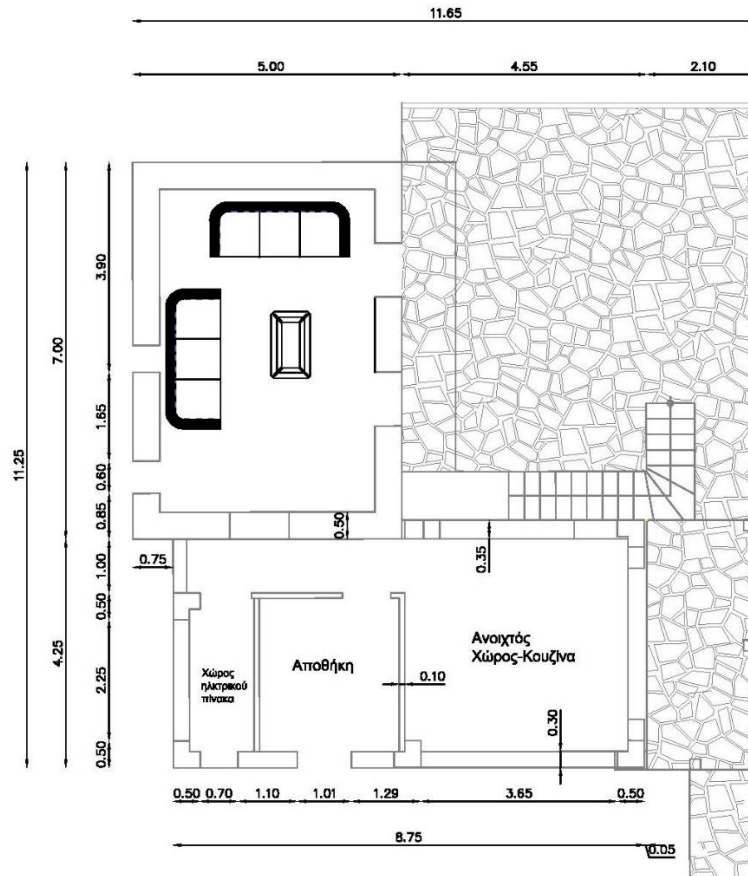
Το συνολικό ύψος του κτιρίου είναι 6,4m και στεγάζει συνολικά ένα υπνοδωμάτιο, ένα λουτρό, ένα καθιστικό, την κουζίνα, μια αποθήκη και ένα μικρό μηχανοστάσιο (αεριζόμενος χώρος) στον οποίο θα τοποθετηθούν ο ηλεκτρικός πίνακας, οι συσσωρευτές και οι ηλεκτρονικοί μετατροπείς του συστήματος.

Το κτίριο Β χρησιμοποιείται ως εξοχική κατοικία, η οποία μπορεί να φιλοξενήσει δύο άτομα κατά τους θερινούς μήνες (Απρίλιος -Σεπτέμβριος) και αποτελείται από έναν ισόγειο χώρο και ένα δώμα στο οποίο θα τοποθετηθεί ένας ακόμα ηλιακός θερμοσίφωνας. Το συνολικό ύψος του κτιρίου είναι 3,30m και στεγάζει συνολικά ένα υπνοδωμάτιο, ένα λουτρό και την κουζίνα.

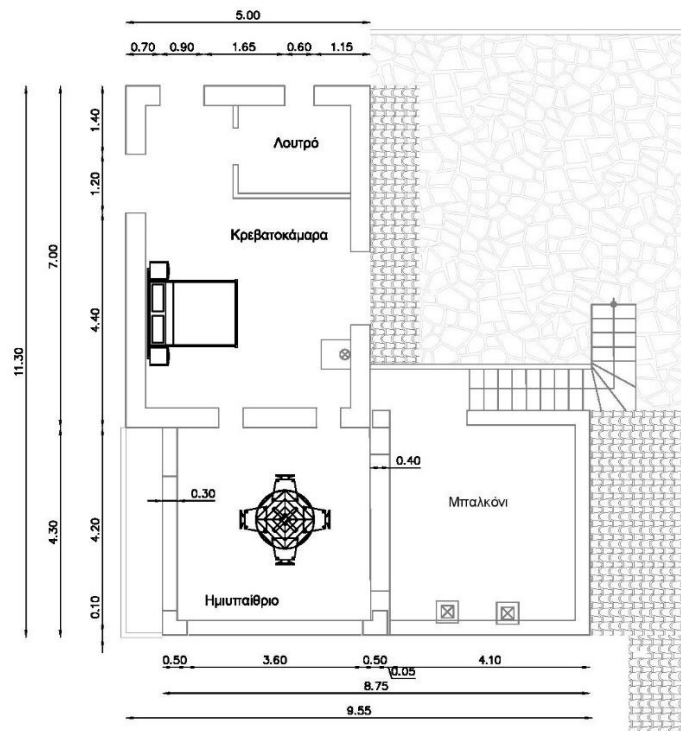
### 4.1.3 Αρχιτεκτονικά σχέδια

Στα ακόλουθα Σχήματα 4.1 και 4.2 δίδονται οι κατόψεις του ισογείου και του πρώτου ορόφου αντίστοιχα για το κτίριο Α με τις βασικές τους διαστάσεις και το Σχήμα 4.3 τη κάτοψη του ισογείου του κτιρίου Β.

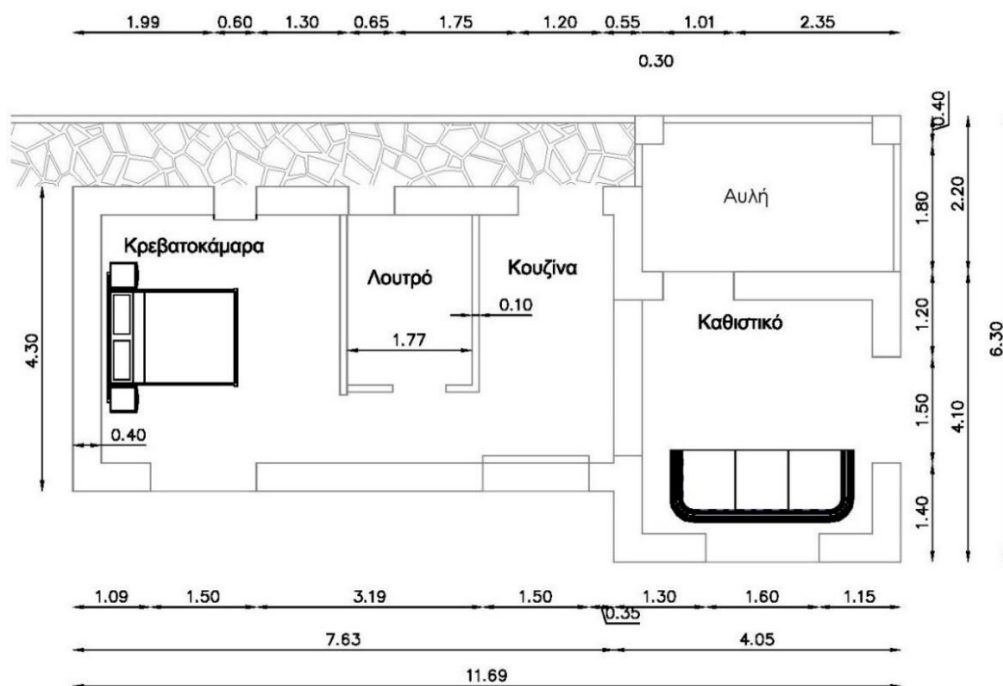
Στο Σχήμα 4.4. δίδεται η κάτοψη δώματος του κτιρίου Α, που είναι και διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων.



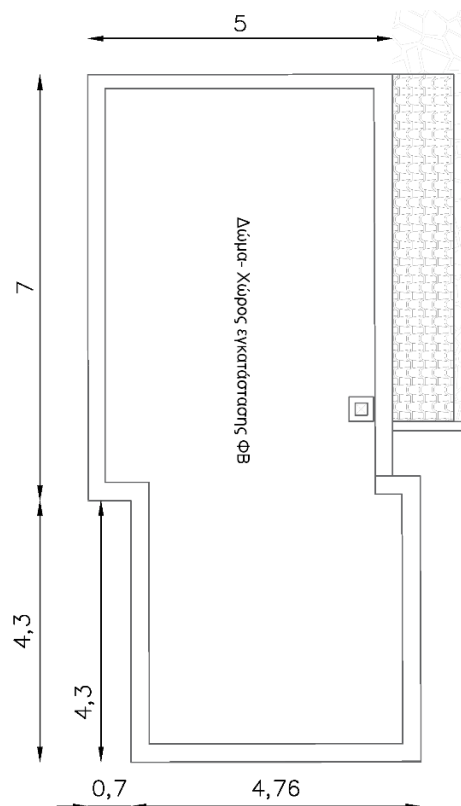
Σχήμα 4.1- Κάτοψη ισογείου κτιρίου Α



Σχήμα 4.2- Κάτοψη ορόφου κτιρίου Α



Σχήμα 4.3 - Κάτοψη ισογείου κτιρίου Β



Σχήμα 4.4 – Κάτοψη δώματος κτιρίου Α



## 4.2 Φορτία και καταναλώσεις

Πριν την έναρξη της διαδικασίας για την διαστασιολόγηση της αυτόνομης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, κρίνεται αναγκαίος ο υπολογισμός των ηλεκτρικών καταναλώσεων της οικίας και ιεράρχηση της ζήτησης από τις διάφορες συσκευές για την αποφυγή αιχμών, η ύπαρξη των οποίων συνεπάγεται αύξηση της ισχύος των ηλεκτρονικών μετατροπέων και κατ'επέκταση του κόστους του συστήματος. Όταν πρόκειται για αυτόνομα φ/β συστήματα, είναι σημαντικό να αναγνωρίζονται λεπτομερώς οι ανάγκες και οι επιθυμίες του χρήστη, καθώς αποτελούν κρίσιμο δεδομένο για τη διαστασιολόγηση του συστήματος.

Κατόπιν διερεύνησης προσδιορίζονται όλα τα φορτία από τις διάφορες συσκευές στη διάρκεια ενός 24ώρου, αφού αρχικά διερευνήθηκαν όλοι οι δυνατοί τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας. Ακολούθως περιγράφονται όλα τα μέτρα και οι μέθοδοι που ακολουθήθηκαν σε συνεννόηση με τον χρήστη του συστήματος προκειμένου να περιοριστούν οι ενεργειακές καταναλώσεις και το σύστημα να είναι πιο οικονομικό:

1. Στη συγκεκριμένη οικία χρησιμοποιήθηκε τζάκι για την θέρμανση του εσωτερικού χώρου, φούρνος υγραερίου και ξυλόφουρνος, ηλιακός θερμοσίφωνας και boiler για τη θέρμανση νερού το χειμώνα.
2. Χρησιμοποιήθηκε επίσης γεννήτρια για την αντιμετώπιση αιχμών ζήτησης αντί να επιδιώκεται η πλήρης κάλυψη των φορτίων με μεγαλύτερο αντιστροφέα και πρόσθετη αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας στους συσσωρευτές.
3. Τέλος, επιλέχθηκαν συσκευές υψηλής ενεργειακής κλάσης, δηλαδή χαμηλότερης ενεργειακής κατανάλωσης.

Για τον υπολογισμό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από τις συσκευές ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

**Βήμα 1:** Καταγραφή όλων των ηλεκτρικών συσκευών, της ισχύος τους και του προβλεπόμενου χρόνου λειτουργίας τους στη διάρκεια εικοσιτετράωρου.

**Βήμα 2:** Υπολογισμός της ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας ανά συσκευή και για το σύνολό τους. Από το σύνολο των καταναλώσεων προκύπτει και η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας της εγκατάστασης.

**Βήμα 3:** Εκτίμηση της μέγιστης ισχύς προς κάλυψη, δηλαδή καταγράφεται η πιθανότητα της ταυτοχρονισμένης λειτουργίας περισσότερων συσκευών και υπολογίζεται η μέγιστη απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς.

### 4.2.1 Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας

Στους Πίνακες 4.1 και 4.2 που ακολουθούν καταγράφονται όλες οι ηλεκτρικές συσκευές των κατοικιών Α και Β και υπολογίζεται η ημερήσια κατανάλωσης ενέργειας για την καθεμία τους. Επειδή τα φορτία μεταβάλλονται μεταξύ της χειμερινής και της θερινής περιόδου για τη καταγραφή των φορτίων γίνεται η ακόλουθη διάκριση:

Θερινή περίοδος: Από τον Απρίλιο έως και τον Σεπτέμβριο

Χειμερινή περίοδος: Από τον Οκτώβριο έως και τον Μάρτιο.

Πίνακας 4.1- Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (κτίριο Α)

ΚΤΙΡΙΟ Α						
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	ΩΡΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ (h)		ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΜΕΡΑ (Wh)	
			ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΚΑΛΟΚΑΙΡ. ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΚΑΛΟΚΑΙΡ. ΠΕΡΙΟΔΟΣ
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED (10W)	10	6	5	3	300	180
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED (7W)	7	3	9	7	189	147
ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ	4.000	1	0,50	-	2.000	-
ΨΥΓΕΙΟ ΜΙΚΡΟ (A++)	75	1	-	15	-	1.125
ΨΥΓΕΙΟ ΜΕΓΑΛΟ (A++)	110	1	15	15	1.650	1.650
ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ ΡΟΥΧΩΝ	2.800	1	0,66	0,66	1.848	1.848
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΟΡΟΦΗΣ	150	2	-	9	-	2.700
ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ	40	1	4	4	160	160
ΛΟΙΠΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	1.000		1	1	500	500
ΛΑΡΤΟΡ	200	1	4	4	800	800
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Wh)</b>					<b>7.447,0</b>	<b>9.110,0</b>

Πίνακας 4.2 - Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (κτίριο Β)

ΚΤΙΡΙΟ Β						
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	ΩΡΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ (h)		ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΜΕΡΑ (Wh)	
			ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΚΑΛΟΚΑΙΡ. ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΚΑΛΟΚΑΙΡ. ΠΕΡΙΟΔΟΣ
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED (10W)	10	5	-	5	-	250
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED (7W)	7	2	-	7	-	98
ΨΥΓΕΙΟ (A++)	90	1	-	15	-	1.350
ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ ΡΟΥΧΩΝ	2.800	1	-	0,66	-	1.848
ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ	40	1	-	4	-	160
ΛΟΙΠΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	800		-	0,50	-	400
LAPTOP	200	1	-	4	-	800
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Wh)</b>						<b>4.906,0</b>

Η ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση λοιπόν για την χειμερινή περίοδο είναι  $E_{\text{χειμ}}=7,4 \text{ kWh/d}$ . Για την θερινή περίοδο, όπου θα υπάρχει κατανάλωση και στα δύο κτίρια, οι απαιτήσεις είναι σχεδόν διπλάσιες. Για το κτίριο Α υπολογίστηκε ότι η κατανάλωση φτάνει έως και  $9,1 \text{ kWh/d}$  και για το κτίριο Β (εξοχική κατοικία) έως και  $4,9 \text{ kWh/d}$ , άρα συνολικά και στα δύο κτίρια η κατανάλωση ανέρχεται  $E_{\text{καλ}}=14 \text{ kWh/d}$ .

#### 4.2.2 Ταυτοχρονισμένη ισχύς

Βασικό κριτήριο για την ορθή επιλογή αντιστροφέα του συστήματος, αποτελεί ο υπολογισμός της ταυτοχρονισμένης ισχύος των συσκευών. Η μελέτη της ταυτοχρονισμένης ισχύος εξετάζεται μόνο κατά την θερινή περίοδο, όπου λειτουργούν οι συσκευές και των δύο κτηρίων και συνεπώς η ισχύς είναι μεγαλύτερη. Είναι εύκολα αντιληπτό ότι για να μειωθεί το κόστος του αντιστροφέα θα πρέπει οι ενεργοβόρες συσκευές, όπως είναι το πλυντήριο ρούχων και ο θερμοσίφωνας, να μην λειτουργούν ταυτόχρονα. Για το λόγο αυτό, εξετάζονται 2 σενάρια:

1. Στο πρώτο σενάριο θα εξεταστεί η περίπτωση όπου λειτουργούν ταυτόχρονα ένα από τα δύο πλυντήρια ρούχων και ο θερμοσίφοντας. Η μέγιστη ταυτοχρονισμένη ισχύς ( $P_{\tau\alpha\upsilon\tau1}$ ) για το σενάριο αυτό παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.3:

Πίνακας 4.3 - Ταυτοχρονισμένη ισχύς (σενάριο 1)

ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ ΚΤΗΡΙΟ Α	ΠΛΗΘΟΣ ΚΤΗΡΙΟ Β	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΙΣΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (W)
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED (10W)	10	6	5	110
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED (7W)	7	3	2	35
ΗΛΕΚΤ. ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ	4.000	1	-	4.000
ΨΥΓΕΙΟ ΜΙΚΡΟ (A++)	75	1	1	150
ΨΥΓΕΙΟ ΜΕΓΑΛΟ (A++)	110	1	-	110
ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ ΡΟΥΧΩΝ	2.800	1	-	2.800
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΟΡΟΦΗΣ	150	2	-	300
ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ	40	1	1	80
ΛΟΙΠΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	1.000	-	1	1.000
LAPTOP	200	1	1	400
<b>ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΙΣΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (W)</b>				<b>8.985</b>

2. Στο δεύτερο σενάριο θα λειτουργεί μόνο ο θερμοσίφοντας ως η πλέον ενεργοβόρα συσκευή μαζί με μικρότερα φορτία και αποφεύγεται η ταυτοχρονισμένη λειτουργία με το πλυντήριο ρούχων. Στην περίπτωση αυτή, η ταυτοχρονισμένη ισχύς ( $P_{\tau\alpha\upsilon\tau2}$ ) διαμορφώνεται σύμφωνα με την Σχέση 4.1:

$$P_{\tau\alpha\upsilon\tau2} = P_{\tau\alpha\upsilon\tau1} - P_{\pi\lambda\upsilon\upsilon\tau} \Rightarrow P_{\tau\alpha\upsilon\tau2} = 9kW - 2,8kW = 6,2kW \quad (4.1)$$

---

## 5. Διαστασιολόγηση αυτόνομου συστήματος

---

### 5.1 Επιλογή φωτοβολταϊκών πλαισίων

#### 5.1.1 Κρίσιμη περίοδος και βέλτιστη κλίση φωτοβολταϊκών πλαίσιων

Η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται μια επιφάνεια με κλίση εξαρτάται από το γεωγραφικό της πλάτος, τη γωνία κλίσης και τη χρονική περίοδο. Η βέλτιστη γωνία κλίσης, είναι η γωνία εκείνη με την οποία τοποθετούνται τα φωτοβολταϊκά πάνελ ως προς το οριζόντιο επίπεδο, προκειμένου να δέχονται το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας και συνεπώς να έχουν την μέγιστη δυνατή απόδοση, για συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Για μια επιφάνεια σε έναν συγκεκριμένο τόπο, η αύξηση της κλίσης της έχει σαν αποτέλεσμα να δέχεται περισσότερη ακτινοβολία τον χειμώνα από ότι το καλοκαίρι. Έτσι, είναι σύνηθες σε ηλιακές εφαρμογές που απαιτείται να γίνει χρήση της ηλιακής ενέργειας τον χειμώνα, η κλίση τους να είναι μεγάλη ενώ αν η χρήση γίνεται το καλοκαίρι η κλίση τους να είναι μικρή.

Στην συγκεκριμένη μελέτη, σαν χρονική περίοδος ορίζεται ολόκληρο το έτος οπότε η κλίση θα έχει μία ενδιάμεση τιμή η οποία θα ικανοποιεί όλους τους μήνες του χρόνου. Η βέλτιστη κλίση του Φ/Β πλαισίου για την μέγιστη παραγωγή για όλη την διάρκεια του έτους σε γενικές γραμμές είναι ίση με τη γεωγραφική παράλληλο του τόπου για το βόρειο ημισφαίριο, δηλαδή  $28^{\circ}$ .

### 5.1.2 Προσανατολισμός Φ/B πλαισίων

Η αζιμούθια γωνία με μηδενικές μοίρες ( $\alpha = 0^\circ$ ) αντιστοιχεί σε τοποθέτηση του Φ/B πλαισίου προς το Νότο, ενώ η γωνία  $\alpha = 90^\circ$  προς τη Δύση, η  $\alpha = -90^\circ$  προς την Ανατολή και η  $\alpha = -180^\circ$  προς τον Βορρά. Στο βόρειο ημισφαίριο, τα Φ/B πλαίσια τοποθετούνται προς τον Νότο ( $\alpha = 0^\circ$ ), ενώ στο νότιο ημισφαίριο τοποθετούνται προς τον Βορρά ( $\alpha = -180^\circ$ ).

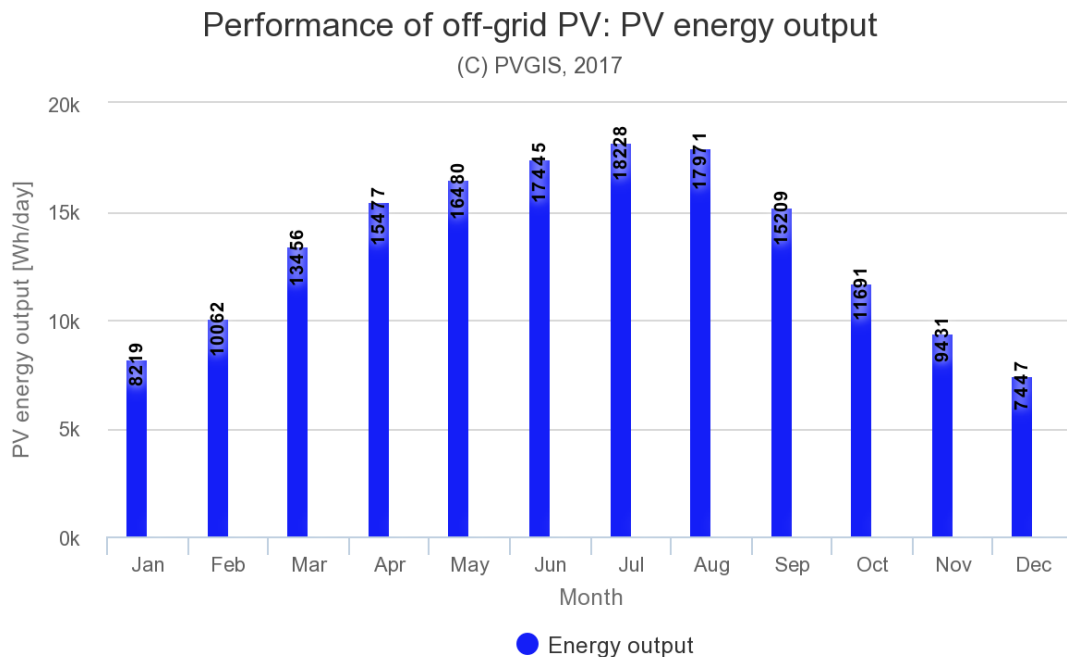
Στην παρούσα μελέτη η μεγιστοποίηση της συνολικής ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε επιφάνεια σταθερής κλίσης  $28^\circ$ , επιτυγχάνεται για Νότιο προσανατολισμό.

### 5.1.3 Υπολογισμός εγκατεστημένης ισχύος και παραγόμενης ενέργειας

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος των φωτοβολταϊκών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα προσομοίωσης PVGIS του Ευρωπαϊκού Ινστιτούτου Ενέργειας (JRC). Με το πρόγραμμα αυτό λαμβάνονται υπόψη η οριζόντια προσπίπτουσα ακτινοβολία, ο προσανατολισμός (αζιμούθια γωνία), η κλίση καθώς και οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες για τη τοποθεσία του ακινήτου.

Σύμφωνα με τους Πίνακες 4.1 και 4.2 η μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας για την χειμερινή περίοδο ανέρχεται σε 7,4kWh και για την θερινή 14kWh. Μετά από δοκιμές στο πρόγραμμα προσομοίωσης PVGIS με τη βέλτιστη σταθερή κλίση των  $28^\circ$ , και τον βέλτιστο προσανατολισμό (αζιμουθιακή γωνία  $0^\circ$ ), προκύπτει η ελάχιστη ονομαστική ισχύς των φωτοβολταϊκών πλαισίων ίση με 3000W, ώστε η παραγόμενη ενέργεια των φωτοβολταϊκών να καλύπτει την παραπάνω κατανάλωση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Το Σχήμα 5.1 δείχνει την αναμενόμενη μέση ημερήσια παραγωγή ενέργειας (kWh/day) για την ισχύ των 3000W και για όλους τους μήνες του έτους. Από το σχήμα αυτό προκύπτει ότι οι δυσμενέστεροι μήνες για αυτές τις περιόδους με βάση την ενεργειακή τους απόδοση, είναι οι Δεκέμβριος με 7,44kWh/day για την χειμερινή περίοδο και ο Σεπτέμβριος 15,20kWh για την θερινή. Συνεπώς, η εγκατεστημένη ισχύς των 3000W καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες της οικίας και στις δύο περιόδους.



*Σχήμα 5.1 - Μέση ημερήσια παραγωγή ενέργειας*

#### 5.1.4 Επιλογή και χαρακτηριστικά πλαισίου

Η επιλογή των πλαισίων που θα τοποθετηθούν, έχει να κάνει κυρίως με τον τύπο και την ισχύ τους. Η αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων έγινε για πάνελ μεγάλης ισχύος (300W), για να υπάρξει μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος ανά μονάδα επιφάνειας και επειδή η ο διαθέσιμος χώρος εγκατάστασης είναι αρκετά περιορισμένος.

Όσον αφορά τον τύπο, δηλαδή την τεχνολογία των πλαισίων, αναζητήθηκαν πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Το αυξημένο κόστος σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικού πυριτίου, αντισταθμίζεται από την αυξημένη απόδοσή τους. Μετά από αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων επιλέχθηκαν τα Φ/Β πλαίσια της εταιρίας Luxor και μάλιστα το μοντέλο Eco Line LX-300M, το οποίο πληρούσε όλες τις απαραίτητες προδιαγραφές που απαιτεί το σύστημα.

Το αριθμός των πλαισίων που απαιτούνται για το σύστημα, δίνεται από τη Σχέση (5.1):

$$N = \frac{P_a}{P_{\text{πλαίσιο}}} = \frac{3000W}{300W / \text{πλαίσιο}} = 10 \text{ πλαίσια} \quad (5.1)$$

Άρα θα χρειαστούν 10 πλαίσια των 300W το καθένα.

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλαισίου, ενώ στο παράρτημα παρατίθεται ολοκληρωμένο το φυλλάδιο με τα τεχνικά του χαρακτηριστικά.

Πίνακας 5.1 - Τεχνικά χαρακτηριστικά πλαισίου Luxor Eco Line LX-300M [21]

Electrical data	LX-280M	LX-285M	LX-290M	LX-295M	LX-300M
Rated power P <sub>mp</sub> [Wp]	280.00	285.00	290.00	295.00	300.00
P <sub>mp</sub> range from	280.00	285.00	290.00	295.00	300.00
P <sub>mp</sub> range to	286.49	291.49	296.49	301.49	306.49
Rated current I <sub>mp</sub> [A]	8.80	8.92	9.04	9.16	9.28
Rated voltage V <sub>mp</sub> [V]	31.86	32.05	32.12	32.22	32.38
Short-circuit current I <sub>sc</sub> [A]	9.20	9.30	9.39	9.49	9.59
Open-circuit voltage U <sub>oc</sub> [V]	38.24	38.42	38.60	38.78	38.96
Efficiency at STC	17.24%	17.58%	17.84%	18.14%	18.47%
Efficiency at 200 W/m <sup>2</sup>	16.78%	17.10%	17.36%	17.65%	17.97%
NOCT [°C]	45 ± 2°C	45 ± 2°C	45 ± 2°C	45 +/- 2°C	45 +/- 2°C
Specification as per STC (Standard test conditions): irradiance 1000 W/m <sup>2</sup>   module temperature 25°C   AM = 1.5 NOCT (nominal operating cell temperature): irradiance 800 W/m <sup>2</sup>   wind speed 1 m/sec   temperature 20°C   AM = 1.5					
Limiting values	LX-280M / LX-285M / LX-290M / LX-295M / LX-300M				
Max. system voltage [V]	1000 V				
Max. return current [I]	20 A				
Temperature range	-40 to 85°C				
Snow-load zone <sup>2</sup>	approval up to SLZ 3 (according to DIN 1055)				
Max. pressure load (static)	5400 Pa				
Temperature coefficient	LX-280M / LX-285M / LX-290M / LX-295M / LX-300M				
Temperature coefficient [V]   [I]   [P]	-0.34 % /°C   0.05 % /°C   -0.45 % /°C				

Αναγκαίοι επίσης είναι και οι υπολογισμοί για τις τάσεις μέγιστης ισχύος και ανοιχτού κυκλώματος στις ακραίες θερμοκρασίες του συστήματος για την κάθε συστοιχία, οι οποίοι στην συνέχεια θα καθορίσουν την επιλογή του κατάλληλου ηλεκτρονικού εξοπλισμού, όπως του αντιστροφέα και του ρυθμιστή φόρτισης.

Ο συντελεστής θερμοκρασίας για την τάση είναι -0,34% /°C. Επομένως:

$$-0,34\% \cdot V_{oc} / ^\circ C = -0,0034 \cdot 38,96 = -0,132V / ^\circ C \quad (5.2)$$

$$V_{MPP-25^\circ} = 32,38V \quad (5.3)$$

$$V_{MPP-0^\circ} = 32,38 + 25 \cdot 0,132V = 35,68V \quad (5.4)$$

$$V_{MPP-70^\circ} = 32,38 - 45 \cdot 0,132V = 26,44V \quad (5.5)$$

$$V_{oc-0^\circ} = 38,96 + 25 \cdot 0,132V = 42,26V \quad (5.6)$$



## 5.2 Επιλογή τάσης του συστήματος

Για τη συνεχή τάση του συστήματος και των συσσωρευτών είναι δυνατή η επιλογή μεταξύ 12V, 24V ή 48V. Όσο υψηλότερη η τάση που χρησιμοποιείται στο σύστημα, τόσο μικρότερο είναι το ρεύμα που απαιτείται, το οποίο συνεπάγεται ελαχιστοποίηση των απωλειών στα καλώδια. Ωστόσο, για να έχουμε υψηλή τάση θα πρέπει να συνδέσουμε μεγάλο πλήθος συσσωρευτών σε σειρά και κάτι τέτοιο αυξάνει το κόστος αντικατάστασης σε περίπτωση σφάλματος σε μία από τις συστοιχίες.

Για την ονομαστική ισχύ του εν λόγω συστήματος των 3000W επιλέγεται ως βέλτιστη η τάση των 24V.

## 5.3 Επιλογή Ρυθμιστή φόρτισης

Ο ρυθμιστής φόρτισης που θα επιλεγεί πρέπει να έχει:

- Ονομαστική τάση ίση με εκείνη του συστήματος (24V).
- Ονομαστική ισχύ τουλάχιστον ίση με την ονομαστική ισχύ των φωτοβολταϊκών.
- Τεχνικά χαρακτηριστικά ώστε να λειτουργεί χωρίς βλάβη στη μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Ένας ενδεικτικός ρυθμιστής φόρτισης που ικανοποιεί τις παραπάνω συνθήκες είναι ο Flexmax 60 της εταιρείας Outback Power.

Στον Πίνακα 5.2 φαίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά του ρυθμιστή φόρτισης:

Πίνακας 5.2 - Τεχνικά χαρακτηριστικά ρυθμιστή φόρτισης Flexmax 60 [22]

<b>Models*: FLEXmax 60 (FM60-150VDC)</b>	
<b>Nominal Battery Voltages</b>	12, 24, 36, 48, or 60VDC (Single model, selectable via field programming at start-up)
<b>Maximum Output Current</b>	60A @ 104°F (40°C) with adjustable current limit
<b>NEC Recommended Solar Maximum Array STC Nameplate</b>	12VDC systems: 750W / 24VDC systems: 1500W 48VDC systems: 3000W / 60VDC systems: 3750W
<b>PV Open Circuit Voltage (VOC)</b>	150VDC absolute maximum coldest conditions / 145VDC start-up and operating maximum
<b>Standby Power Consumption</b>	Less than 1W typical
<b>Power Conversion Efficiency</b>	98.1% @ 60ADC in a 48VDC System (typical)
<b>Peak Efficiency</b>	68VDC input w/48V battery at 52.8VDC (98.31%)
<b>Charging Regulation</b>	Bulk, absorption, float, silent and equalization
<b>Voltage Regulation Set points</b>	13 to 80VDC user adjustable with password protection
<b>Equalization Charging</b>	Programmable voltage setpoint and duration, automatic termination when completed
<b>Battery Temperature Compensation</b>	Automatic with optional RTS Installed / 5.0mV per °C per 2V battery cell

Τα πλήρη χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα.

Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ρυθμιστή φόρτισης, παρατηρείται ότι για 24V σύστημα η ονομαστική ισχύς εισόδου είναι 1500W. Επομένως για ισχύ  $P_{αιχμ}=3000W$  χρειαζόμαστε δύο τεμάχια Flexmax60 (2x1500W).

Η μέγιστη τάση ανοιχτού κυκλώματος του ρυθμιστή ανέρχεται σε 150VDC. Συνεπώς θα υπολογιστεί ο μέγιστος αριθμός πλαισίων ανά στοιχειοσειρά και η συμβατότητά τους με τον ρυθμιστή φόρτισης, έτσι ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα υπέρτασης στον ρυθμιστή από τα φωτοβολταϊκά, όπως φαίνεται στη Σχέση 5.7:

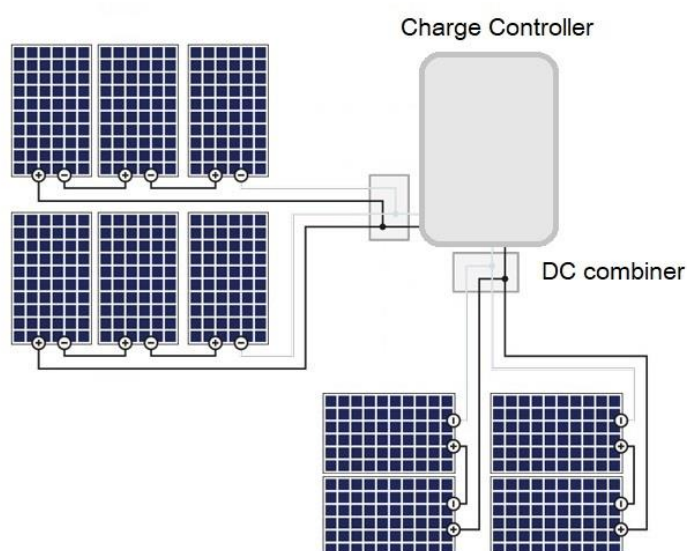
$$n_{MAX} = \frac{V_{oc}}{V_{oc-0}} = \frac{150}{42,26} = 3,55 \quad (5.7)$$

Επομένως ο μέγιστος αριθμός πλαισίων είναι 3 ανά στοιχειοσειρά.

Όπως υπολογίστηκε παραπάνω θα η εγκατάσταση θα χρειαστεί 10 πλαίσια, οπότε το σύστημα θα οργανωθεί σε 2 διατάξεις:

1. Δύο συστοιχίες παράλληλες αποτελούμενες από 3 πλαίσια η καθεμία, άρα σύνολο 6 πλαίσια.
2. Δύο συστοιχίες παράλληλες αποτελούμενες από 2 πλαίσια η καθεμία, άρα σύνολο 4 πλαίσια.

Η παραπάνω οργάνωση των συστοιχιών παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 5.2



Σχήμα 5.2 - Διάταξη φωτοβολταϊκών συστοιχιών του συστήματος

## 5.4 Διαμόρφωση σεναρίων διαστασιολόγησης

Κατά την περαιτέρω διαστασιολόγηση, τα κριτήρια για την επιλογή του υπόλοιπου εξοπλισμού θα αναλυθούν σε τέσσερα ξεχωριστά σενάρια:

Σενάρια όσων αφορά τους συσσωρευτές:

- 1) Στο σενάριο 1 θα εξεταστούν τέσσερις μέρες αυτονομίας, με την εγκατάσταση συσσωρευτών μεγάλης χωρητικότητας.
- 2) Στο σενάριο 2 θα εξεταστεί η συμπεριφορά του συστήματος με διαστασιολόγηση συσσωρευτών για δύο μέρες αυτονομίας. Το κόστος αναμένεται το μισό σε σχέση με το σενάριο 1, ωστόσο ο χρόνος ζωής των συσσωρευτών θα είναι σαφώς μικρότερος απ' τον αντίστοιχο χρόνο του σεναρίου 1, καθώς όσο μικρότερη η χωρητικότητα των συσσωρευτών, τόσο μεγαλύτερο το βάθος εκφόρτισής τους.

Σενάρια όσων αφορά τον αντιστροφέα:

- 1) Στο σενάριο 1 ο χρήστης της οικίας θα έχει δυνατότητα να ταυτοχρονίσει όλες τις ενεργοβόρες συσκευές, όπως τον θερμοσίφωνα και το πλυντήριο ρούχων, επιλέγοντας έναν αντιστροφέα μεγάλης ισχύος.
- 2) Στο σενάριο 2 ο πελάτης θα περιοριστεί σε λιγότερες ταυτοχρονισμένες συσκευές σε σχέση με το σενάριο 1, καθώς θα επιλεγεί αντιστροφέας μικρότερης ισχύος.

Ανάλογα με την οικονομική δυνατότητα, τις ενεργειακές απαιτήσεις του χρήστη και τις διαθέσιμες μέρες αυτονομίας που έχουν επιλεγεί για το σύστημα, κάθε σενάριο προσφέρει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του. Στο κεφάλαιο 6 θα γίνει η τεchnοοικονομική μελέτη όπου θα υπολογιστεί το κόστος των τεσσάρων αυτών σεναρίων.

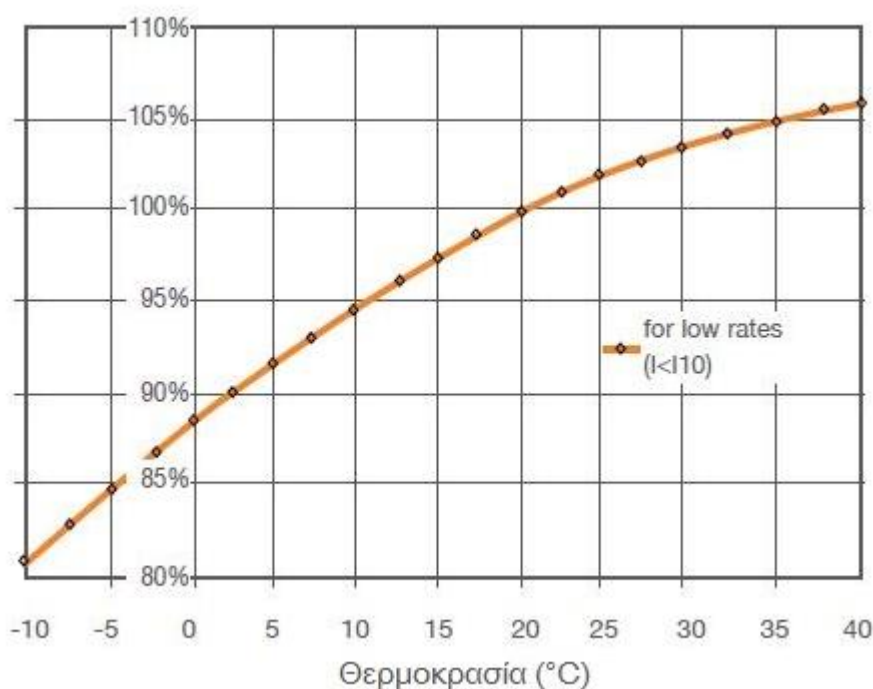
## 5.5 Επιλογή συσσωρευτών

### 5.5.1 Σενάριο 1 – Αυτονομία τεσσάρων ημερών

Στο συγκεκριμένο σενάριο, θα εξεταστεί η περίπτωση στην οποία το σύστημα θα έχει αυτονομία τεσσάρων ημερών. Η πιθανότητα να μην έχει ηλιοφάνεια για τέσσερις συνεχόμενες μέρες στην συγκεκριμένη περιοχή είναι σχετικά μικρή, παρ' όλα αυτά με την υπερδιαστασιολόγηση των συσσωρευτών επιτυγχάνουμε να παρατείνουμε τον χρόνο ζωής τους, επειδή θα κυμαίνονται σε μικρότερα βάθη εκφόρτισης.

Ο συσσωρευτής που επιλέγεται είναι της εταιρίας SUNLIGHT της σειράς RES SOPzS ανοιχτού τύπου.

Από το Σχήμα 5.3 του τεχνικού φυλλαδίου των συσσωρευτών, προκύπτει ο θερμοκρασιακός συντελεστής  $\sigma_{\theta(\mu\alpha\tau)}=1$ , όπως τον υπολογίζει ο κατασκευαστής. Σημειώνεται ότι οι συσσωρευτές θα βρίσκονται σε ισόγειο σκιερό, αεριζόμενο χώρο με σχεδόν σταθερή θερμοκρασία κοντά στους 20°C.



Σχήμα 5.3 - Σχέση θερμοκρασίας και θερμοκρασιακού συντελεστή για τους συσσωρευτές RES SOPzS [23]

Παρακάτω υπολογίζεται η χωρητικότητα των συσσωρευτών για αυτονομία 4 ημερών, για μέγιστο βάθος εκφόρτισης  $\beta=70\%$ .

Η ικανότητα αποθήκευσης των συσσωρευτών για 4 ημέρες αυτονομίας δίδεται από τη Σχέση 5.8:

$$C_{4\eta\mu} = \frac{E \cdot N_{\alpha\upsilon\tau}}{\sigma_{\theta} \cdot \beta \cdot V_{\text{sys}}} = \frac{14000 \cdot 4}{1 \cdot 0,7 \cdot 24} \cong 3330Ah \quad (5.8)$$

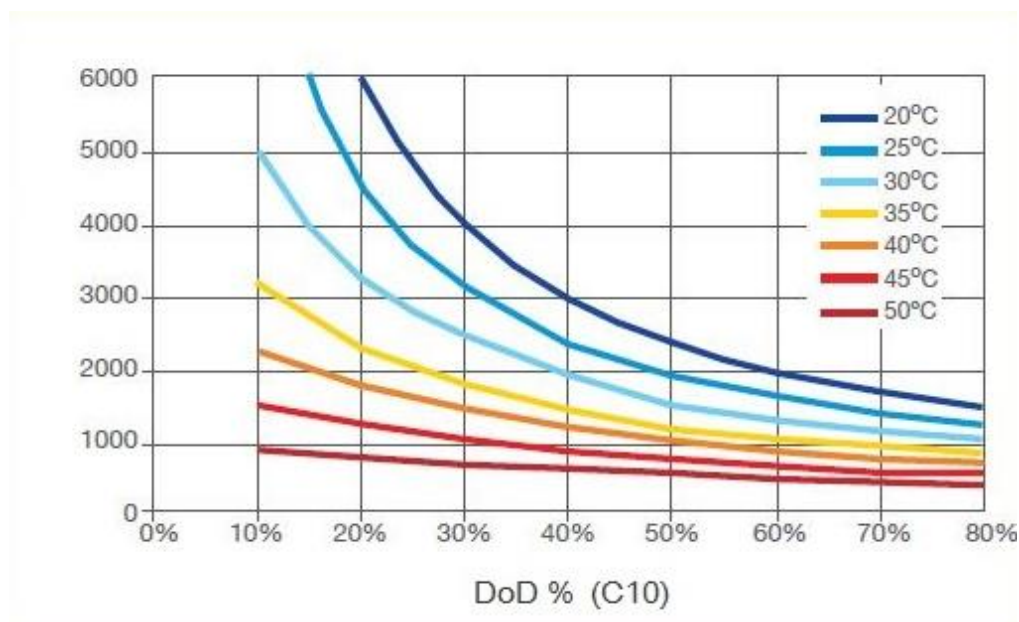
Η συστοιχία των συσσωρευτών θα περιλαμβάνει 3 παράλληλους κλάδους με 12 συσσωρευτές των 2V σε σειρά ανά κλάδο, δηλαδή συνολικά απαιτούνται 36 συσσωρευτές. Η σύνδεση σε σειρά καθορίζει την ονομαστική τάση ( $V = 2 \times 12 = 24V$ ) και η παράλληλη σύνδεση καθορίζει την ονομαστική χωρητικότητα. Επομένως η χωρητικότητα του συσσωρευτή πρέπει να είναι  $C_{\text{συσ}} = 3330Ah / 3\text{κλάδους} = 1110Ah/\text{κλάδο}$ .

Ο συσσωρευτής που θα επιλεγεί είναι ο RES 8 SOPzS 1380 με ονομαστική τάση 2V και χωρητικότητα 1382/1318/1188/1075 Ah σε εκφόρτιση 120/48/24/12 ωρών αντίστοιχα. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του όπως τα δίνει ο κατασκευαστής.

Πίνακας 5.3 - Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών RES SOPzS [23]

2V Cell Type	Capacity (Ah at 20°C)				Dimensions				Weight		Internal Resistance (mOhm)	Short Circuit Current (A)
	C120 Uf=1.85V	C48 Uf=1.80V	C24 Uf=1.80V	C12 Uf=1.75V	Length (mm)	Width (mm)	Height <sub>1</sub> (mm)	Height <sub>2</sub> (mm)	Dry (kg)	Wet (kg)		
RES 2 SOPzS 215	215	199	177	156	198	65	408	435	7.4	11.5	1.75	1160
RES 3 SOPzS 310	310	288	257	227	198	83	408	435	10.0	15.4	1.19	1700
RES 3 SOPzS 390	392	365	326	289	198	83	478	505	12.1	18.4	1.02	1980
RES 4 SOPzS 500	503	470	420	375	198	101	478	505	15.4	23.3	0.78	2590
RES 5 SOPzS 605	605	567	508	455	198	119	478	505	18.7	28.0	0.64	3170
RES 4 SOPzS 720	721	688	620	558	198	101	613	640	21.0	30.5	0.63	3190
RES 5 SOPzS 860	860	823	744	673	198	119	613	640	25.6	36.9	0.52	3890
RES 6 SOPzS 965	969	933	846	771	198	137	613	640	30.2	43.4	0.44	4560
RES 7 SOPzS 1270	1271	1206	1084	976	198	174	613	640	35.0	51.6	0.39	5190
RES 8 SOPzS 1380	1382	1318	1188	1075	198	192	613	640	39.6	58.1	0.35	5790

Από το Σχήμα 5.4 παρατηρείται ότι για βάθος εκφόρτισης 70% στους 20°C, έχουμε περίπου 1800 κύκλους ζωής. Βέβαια αυτός είναι ένας μέσος όρος για ημερήσια εκφόρτιση της τάξεως του 70%. Στην πραγματικότητα, στο σενάριο αυτό οι συσσωρευτές θα κινούνται σε μικρότερα βάθη εκφόρτισης, πράγμα που σημαίνει παράταση της διάρκειας ζωής πάνω από 2 έτη.



Σχήμα 5.4 - Σχέση βαθμού απόδοσης και χρόνου ζωής για τους συσσωρευτές RES SOPzS [23]

## 5.5.2 Σενάριο 2 – Αυτονομία δύο ημερών

Για το σενάριο των δύο ημερών αυτονομίας, η χωρητικότητα υπολογίζεται ως εξής:

$$C_{2\eta\mu} = \frac{E \cdot N_{\text{αυτ}}}{\sigma_{\theta} \cdot \beta \cdot V_{\text{sys}}} = \frac{14000 \cdot 2}{1 \cdot 0,7 \cdot 24} \cong 1660Ah \text{ (5.9)}$$

Η συστοιχία των συσσωρευτών θα περιλαμβάνει 2 παράλληλους κλάδους αυτή τη φορά, με 12 συσσωρευτές των 2V σε σειρά ανά κλάδο. Συνολικά δηλαδή θα απαιτούνται 24 συσσωρευτές.

Η χωρητικότητα του συσσωρευτή ανά κλάδο πρέπει να είναι  $C_{\text{αυσ}} = 1660Ah / 2\text{κλαδους} = 830Ah/\text{κλάδο}$ .

Επιλέγεται ο συσσωρευτής RES 6 SOPzS 965 με ονομαστική τάση 2V και χωρητικότητα 969/933/846/771 Ah σε εκφόρτιση 120/48/24/12 ωρών αντίστοιχα. Για το συγκεκριμένο σενάριο, ο χρόνος ζωής των συσσωρευτών εκτιμάται ότι θα είναι 6,5 χρόνια καθώς λόγω της μικρότερης χωρητικότητας θα υπόκειται σε μεγαλύτερα βάθη εκφόρτισης.

## 5.6 Επιλογή αντιστροφέα

### 5.6.1 Σενάριο 1 - Ταυτοχρονισμένη ισχύς 9kW

Σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 4.3, η ταυτοχρονισμένη ισχύς του σεναρίου 1 είναι 9KW. Στο σενάριο 1 ο αντιστροφέας του συστήματος διαστασιολογείται έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα της ταυτοχρονισμένης λειτουργίας περισσότερων συσκευών (π.χ. θερμοσίφωνα σε ταυτόχρονη λειτουργία με το πλυντήριο ρούχων).

Ο αντιστροφέας που θα επιλεγεί, για να καλύψει αυτή την ισχύ, είναι ο Quattro 24/8000/200-100/100 της εταιρίας Victron Energy .Ο συγκεκριμένος αντιστροφέας έχει ισχύ συνεχούς λειτουργίας 8000VA και μέγιστη ισχύ 16kW, έτσι ώστε να μπορεί να υποστηρίξει την ταυτοχρονισμένη ισχύ του συστήματος (9kW) για όση ώρα λειτουργούν ταυτόχρονα οι ενεργοβόρες συσκευές.

Στον Πίνακα 5.4 φαίνονται μερικά από τα χαρακτηριστικά της σειράς Quattro:

Πίνακας 5.4 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αντιστροφέα ο Quattro 24/8000/200-100/100 [24]

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140- 100/100	48/15000/200- 100/100
PowerControl / PowerAssist	Yes				
Integrated Transfer switch	Yes				
AC Inputs (2x)	Input voltage range: 187-265 VAC Input frequency: 45 – 65 Hz Power factor: 1				
Maximum feed through current (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
INVERTER					
Input voltage range (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Output (1)	Output voltage: 230 VAC ± 2% Frequency: 50 Hz ± 0,1%				
Cont. output power at 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Cont. output power at 25°C (W)	2400	4000	6500	8000	12000
Cont. output power at 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Cont. output power at 65°C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Peak power (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Maximum efficiency (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Zero load power (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	45 / 50	55	80
Zero load power in AES mode (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	30 / 30	35	50
Zero load power in Search mode (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	10 / 20	20	30

## 5.6.2 Σενάριο 2 - Ταυτοχρονισμένη ισχύς 6,2kW

Στο σενάριο 2 εξετάζεται η περίπτωση όπου ο θερμοσίφωνας δεν λειτουργεί ταυτόχρονα με το πλυντήριο. Σ' αυτή την περίπτωση, η ταυτοχρονισμένη ισχύς του σεναρίου 2 είναι 6,2kW.

Ο αντιστροφέας που θα επιλεγεί, για να καλύψει αυτή την ισχύ, είναι από την οικογένεια Multiplus, και το μοντέλο είναι το Multiplus 24/5000/120. Ο συγκεκριμένος αντιστροφέας έχει ισχύ συνεχούς λειτουργίας 5000VA και μέγιστη ισχύ 10kW, έτσι ώστε να μπορεί να υποστηρίξει, σε μεγάλο ποσοστό την ταυτοχρονισμένη ισχύ του συστήματος για όση ώρα λειτουργεί ο θερμοσίφωνας.

Στον Πίνακα 5.4 φαίνονται μερικά από τα χαρακτηριστικά της σειράς MultiPlus:

Πίνακας 5.5 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αντιστροφέα Multiplus 24/5000/120 [24]

MultiPlus	12 Volt 24 Volt 48 Volt	C 12/800/35 C 24/ 800/16	C 12/1200/50 C 24/1200/25	C 12/1600/70 C 24/1600/40	C 12/2000/80 C 24/2000/50	12/3000/120 24/3000/70 48/3000/35	24/5000/120 48/5000/70
PowerControl		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerAssist		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Transfer switch (A)		16	16	16	30	16 or 50	100
INVERTER							
Input voltage range (V DC)		9,5 – 17 V 19 – 33 V 38 – 66 V					
Output		Output voltage: 230 VAC ± 2% Frequency: 50 Hz ± 0,1% (1)					
Cont. output power at 25°C (VA) (3)		800	1200	1600	2000	3000	5000
Cont. output power at 25°C (W)		700	1000	1300	1600	2400	4000
Cont. output power at 40°C (W)		650	900	1200	1400	2200	3700
Cont. output power at 65°C (W)		400	600	800	1000	1700	3000
Peak power (W)		1600	2400	3000	4000	6000	10.000
Maximum efficiency (%)		92 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94 / 95	94 / 95
Zero load power (W)		8 / 10	8 / 10	8 / 10	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35
Zero load power in AES mode (W)		5 / 8	5 / 8	5 / 8	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30
Zero load power in Search mode (W)		2 / 3	2 / 3	2 / 3	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15

Τα πλήρης τεχνικά χαρακτηριστικά των δύο αντιστροφέων παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα.

## 5.7 Διαστασιολόγηση γεννήτριας

Η γεννήτρια θα πρέπει να είναι σε θέση να καλύψει την ταυτοχρονισμένη ισχύ του συστήματος (9kW). Επίσης, όταν το σύστημα δεν λειτουργεί στην ταυτοχρονισμένη ισχύ, η γεννήτρια θα πρέπει να καλύπτει τις καταναλώσεις της οικίας αλλά και να φορτίζει παράλληλα τους συσσωρευτές. Ως βέλτιστη επιλέγεται γεννήτρια ονοματικής ισχύος 10kW.

Η γεννήτρια θα εγκατασταθεί σε ειδική κατασκευή με κουβούκλιο το οποίο θα το προστατεύει από τις καιρικές συνθήκες και θα προσφέρει ικανοποιητικά επίπεδα ηχομόνωσης. Η ειδική κατασκευή επιλέγεται να τοποθετηθεί εικοσιπέντε (25) μέτρα μακριά από το κτίριο Α.

## 5.8 Τεχνική μελέτη για την τοποθέτηση πλαισίων

### 5.8.1 Στήριξη και χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) πάνελ συνήθως μπορούν να στηριχθούν με δύο τρόπους:

1. Σε βάσεις σταθερής κλίσης ως προς το οριζόντιο επίπεδο, συνήθως αναφερόμενες ως σταθερές βάσεις.
2. Σε βάσεις επί διατάξεων παρακολούθησης της πορείας του ήλιου, αναφερόμενες συνήθως ως συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου, ή ηλιοπαρακολουθητές (trackers).

Στην παρούσα μελέτη λόγω επιλέγονται τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) πάνελ σε σταθερές βάσεις, λαμβάνοντας υπόψιν τα συγκριτικά πλεονεκτήματα που έχει σε σχέση με τους ηλιοπαρακολουθητές (trackers):

- Μεγαλύτερη αντοχή σε ανεμοπίεση.
- Απλότητα στην κατασκευή.
- Μικρότερο κόστος εγκατάστασης.
- Μεγαλύτερη ταχύτητα εγκατάστασης.
- Μικρότερο κόστος συντήρησης.
- Μεγαλύτερη ανεξάρτηση του επενδυτή από τον κατασκευαστή σε θέματα αξιοπιστίας.
- Καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα



Η σταθερή βάση που θα κατασκευαστεί θα επιτρέπει την τοποθέτηση των πάνελ σε σταθερή κλίση, περί τις 28 μοίρες, εν προκειμένω. Η στήριξη των 10 πλαισίων θα είναι σε συνεχόμενη βάση, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.1, εξοικονομώντας έτσι αρκετό ωφέλιμο χώρο στο δώμα.



*Εικόνα 5.1: Συνεχόμενη βάση στήριξης φωτοβολταϊκών οριζόντιου προσανατολισμού*

Η χωροθέτηση θα γίνει σε τέσσερις σειρές των τριών πλαισίων σε οριζόντιο προσανατολισμό, εκ των οποίων η μία σειρά θα έχει δύο εφεδρικές θέσεις για ενδεχόμενη μελλοντική επέκταση του συστήματος.

Οι διαστάσεις του πλαισίου είναι 1,640m μήκος επί 0,992m πλάτος. Οπότε  $3_{(πλαίσια)} \times 1,64m = 4,92m$  τιμή η οποία είναι οριακά επιτρεπτή, αφού η πλευρά του δώματος με νότιο προσανατολισμό είναι ίσο με 5 μέτρα. Η άλλη διάσταση της διάταξης θα υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψιν ότι η στήριξη θα είναι μόνιμα με κλίση  $28^\circ$ . Οπότε  $4_{(πλαίσια)} \times 0,992m \times \cos(28^\circ) = 3,5 m$ , η οποία επιτρέπει άνετα την εγκατάσταση της βάσης στο δώμα του κτιρίου Α.

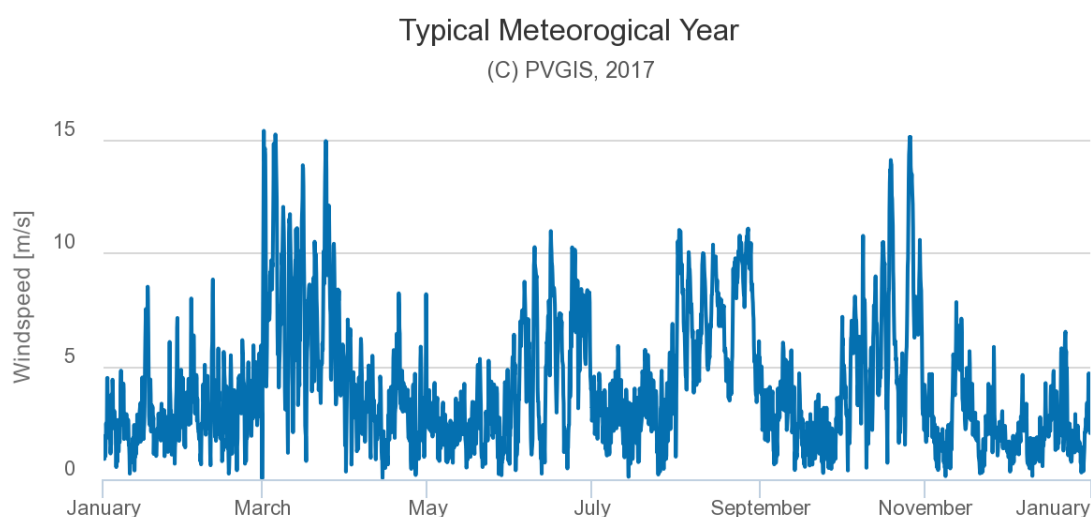
Το σταθερό σύστημα θα είναι κατασκευασμένο από ειδικό κράμα αλουμινίου εξαιρετικής αντοχής, εξασφαλίζοντας αντιδιαβρωτική προστασία και θα είναι σύμφωνο με τους διεθνείς και ευρωπαϊκούς κανονισμούς διαδικασιών παραγωγής και ποιότητας.

*Πίνακας 5.6 - Τεχνικά χαρακτηριστικά βάσης στήριξης*

Τεχνικά χαρακτηριστικά βάσης	
Τύπος κατασκευής	MSP-AL
Μέγιστη ταχύτητα ανέμου	27m/s
Υπερύψωση κατασκευής από το έδαφος	30-50cm
Γωνία κλίσης	$28^\circ$
Τύπος θεμελίωσης	Κοχλίωση
Προσανατολισμός	Οριζόντιος

Πέρα από την κατάλληλη χωροθέτηση των πλαισίων στην διαθέσιμη επιφάνεια της ταράτσας, είναι πολύ σημαντική μια ανάλυση σχετικά με την ανεμοπίεση που θα δέχονται τα πλαίσια. Η εν λόγω ανάλυση είναι πολύ σημαντική για την ασφάλεια της εγκατάστασης αλλά και για την αποφυγή πιθανού ανθρώπινου τραυματισμού από πτώση κάποιου πλαισίου από τον άνεμο. Η ανάλυση της ανεμοπίεσης εξαρτάται από τις τεχνικές προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά των βάσεων στήριξης, καθώς και από την ανάλυση του αιολικού δυναμικού της περιοχής.

Από τις προδιαγραφές των βάσεων στήριξης προκύπτει πως η μέγιστη ταχύτητα ανέμου που μπορούν να δεχτούν είναι 27 m/s. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε ταχύτητα 97,2 km/h. Αυτό που μένει τώρα είναι να ελεγχθούν οι ταχύτητες των ανέμων που πνέουν στην υπό μελέτη περιοχή του Αποκόρωνα, στην οποία θα γίνει η εγκατάσταση. Τα μετεωρολογικά στοιχεία αντλήθηκαν από το πρόγραμμα PVGIS:



*Σχήμα 5.5 - Τυπικές μηνιαίες ταχύτητες των ανέμων που πνέουν στην υπό μελέτη περιοχή [20]*

Στο Σχήμα 5.5 φαίνεται, για τη περιοχή του Αποκόρωνα, η μέση ταχύτητα του ανέμου για όλους τους μήνες του έτους, όπως προκύπτει από το σύνολο των μετρήσεων σε διάστημα μιας δεκαετίας (2007-2016). Παρατηρείται ότι η μέγιστη μηνιαία τιμή είναι 15,40 m/s, τιμή η οποία δεν ξεπερνάει τα μέγιστα όρια των τεχνικών προδιαγραφών των βάσεων στήριξης. Έτσι, διασφαλίζεται η ασφάλεια της εγκατάστασης και η αντοχή των πλαισίων στην ανεμοπίεση που πρόκειται να δεχθούν.

### 5.8.2 Αποφυγή σκίασης

Η επίδραση της σκίασης, της έλλειψης δηλαδή ηλιακού φωτός, ανάγεται στην μερική ή ολική απώλεια δημιουργίας φωτορεύματος. Η σκίαση δημιουργείται συνήθως από την παρουσία φυσικών εμποδίων (π.χ. δένδρα, κτίρια, στύλοι κτλ) ή από παροδικά φαινόμενα (π.χ. σύννεφα).

Στην παρούσα μελέτη, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.1, δεν υπάρχει κάποιο εμπόδιο περιμετρικά του κτηρίου Α ή κάποιο άλλο οίκημα, το οποίο θα μπορούσε να προκαλέσει σκίαση στο δώμα του κτηρίου Α. Επίσης τα πλαίσια θα τοποθετηθούν σε συνεχόμενη βάση, οπότε δεν υπάρχει σκίαση μεταξύ των πλαισίων.

---

## 6. Ηλεκτρολογική εγκατάσταση

---

### 6.1 Υπολογισμοί διατομών αγωγών

#### 6.1.1 Τρόποι υπολογισμού της διατομής των αγωγών

Σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD384, ο καθορισμός της διατομής των αγωγών θα γίνει λαμβάνοντας υπόψη:

- 1) Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα (ικανότητα φόρτισης) των καλωδίων για κάθε τμήμα της εγκατάστασης.
- 2) Τη μέγιστη επιτρεπόμενη πτώσης τάσης.

Η τελική διατομή του αγωγού θα είναι η μεγαλύτερη τυποποιημένη διατομή που θα προκύψει από τους δύο παραπάνω υπολογισμούς.

Στο Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 υπάρχουν τυποποιημένοι πίνακες οι οποίοι δίνουν τις ελάχιστες επιτρεπόμενες διατομές αγωγών, σύμφωνα με την ένταση ρεύματος που διαρρέει τους αγωγούς ή καλώδια και τυποποιημένοι πίνακες με διορθωτικούς συντελεστές σύμφωνα με την εγκατάσταση των αγωγών ή καλωδίων.

Με τον υπολογισμό της επιτρεπόμενης πτώσης τάσης ελέγχεται εάν οι αγωγοί που επιλέχτηκαν βάσει της ικανότητας φόρτισης πληρούν τα κριτήρια της μέγιστης πτώσης τάσης επιτρέπεται από το Πρότυπο HD384. Πιο συγκεκριμένα, αν δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις αναφορικά με τη λειτουργία των συσκευών ή, ενδεχομένως ειδικών διατάξεων προστασίας, η πτώση τάσης από την αρχή της ηλεκτρικής εγκατάστασης μέχρι το σημείο σύνδεσης οποιασδήποτε ηλεκτρικής συσκευής δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 4% της ονομαστικής τάσης της εγκατάστασης. Προσωρινές συνθήκες, όπως μεταβατικές τάσεις και μεταβολή τάσης λόγω αντικανονικής λειτουργίας μπορούν να μη λαμβάνονται υπόψη.

Ο Πίνακας 6.1 παρουσιάζει τις διατομές των αγωγών, όσον αφορά τη διαστασιολόγηση των καλωδίων της εσωτερικής ηλεκτρικής εγκατάστασης,

Πίνακας 6.1- Τυποποιημένες διατομές αγωγών της εσωτερικής ηλεκτρικής εγκατάστασης

Γραμμές φορτίων	Ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή
Για τις γραμμές φωτισμού	1,5mm <sup>2</sup>
Για τις γραμμές ρευματοδοτών	2,5mm <sup>2</sup>
Για την γραμμή πλυντηρίου	2,5mm <sup>2</sup>
Για την γραμμή θερμοσίφωνα	4 mm <sup>2</sup>
Για την γραμμή ψυγείου	2,5mm <sup>2</sup>

### 6.1.2 Υπολογισμός μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος

#### Επιτοιχιοι αγωγοί– Καλώδιο από Inverter έως κεντρικό ηλεκτρικό πίνακα

Η μέγιστη ταυτοχρονισμένη ισχύς της εγκατάστασης, όπως υπολογίστηκε από τον Πίνακα 4.3, είναι 9kW. Άρα το ονομαστικό ρεύμα σ' αυτό το κομμάτι της γραμμής δίδεται από την Σχέση 6.1 (θεωρείται cosφ=1):

$$I_{inv-\pi\nu} = \frac{P_{\tau\alpha\upsilon\tau\omicron\chi\rho}}{V_{ov} \cdot \cos \varphi} = \frac{9000}{230 \cdot 1} = 39,13A \quad (6.1)$$

Για το κομμάτι της γραμμής από τον αντιστροφέα μέχρι τον πίνακα του κτιρίου Α, θα χρησιμοποιηθεί πολυπολικό καλώδιο χαλκού με μόνωση από PVC, επιτοίχιο σε σωλήνα.

Ο συγκεκριμένος αγωγός θα εγκατασταθεί στον ειδικά διαμορφωμένο χώρο όπου θα φυλάσσονται οι συσσωρευτές, ο αντιστροφέας, ο ρυθμιστής φόρτισης και ο κεντρικός πίνακας.

Στον συγκεκριμένο χώρο η μέγιστη θερμοκρασία μπορεί να φτάσει έως και τους 35°C, οπότε εμφανίζεται ένας συντελεστής διόρθωσης για την θερμοκρασία σύμφωνα με τον Πίνακα 6.2 του προτύπου ΕΛΟΤ HD384:

Πίνακας 6.2 - Συντελεστές διόρθωσης για θερμοκρασία περιβάλλοντος διαφορετική των 30°C  
Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται  
στον Πίνακα 6.3 [1]

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος  °C	Μόνωση	
	PVC	EPR ή XLPE
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	-	0,65
70	-	0,58
75	-	0,50
80	-	0,41

Ο συντελεστής διόρθωσης λοιπόν για τους 35°C, είναι:

$$\sigma_0=0,94$$

Άρα το διορθωμένο ρεύμα ισούται με:

$$I'_{inv-\pi\nu} = \frac{I_{inv-\pi\nu}}{\sigma_\theta} = 41,62A \quad (6.2)$$

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 6.3, η ελάχιστη διατομή για επιτοίχιο αγωγό σε σωλήνα από μόνωση PVC και πλήθος φωτιζόμενων αγωγών ίσο με δύο, δίδεται από την στήλη 5. Η στήλη 5 με τη σειρά της για ονομαστικό ρεύμα  $I'_{inv-\pi\nu} = 41,62A$ , συνιστά ελάχιστη διατομή αγωγών ίση με 10mm<sup>2</sup>, η οποία μπορεί να υποστηρίξει μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα 54 A.

Πίνακας 6.3 - Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε A) εντοιχισμένων (χωνευτών) και επιτοιχείων (ορατών) ηλεκτρικών γραμμών με μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE [1]

Μόνωση	Πλήθος Φορτιζόμενων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Μονωμένοι αγωγοί σε σωλήνα		Πολυπολικό καλώδιο						
				Γυμνό		Σε σωλήνα				
		Εντοιχισμέ- νο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμέ- νο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμέ- νο	Επιτοίχιο			
PVC	2	3	5	3	6	2	4			
	3	2	4	2	5	1	3			
EPR ή XLPE	2	5	9	6	9	5	8			
	3	5	7	5	8	4	6			
		Στήλες								
Χαλκός	mm <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	19	20	22	23
	2,5	17,5	18	19,5	21	23	26	28	30	31
	4	23	24	26	28	31	35	37	40	42
	6	29	31	34	36	40	44	48	51	54
	10	39	42	46	50	54	60	66	69	75
	16	52	56	61	68	73	80	88	91	100
	25	68	73	80	89	95	105	117	119	133
	35	83	89	99	109	117	128	144	146	164
	50	99	108	118	130	141	154	175	175	198
	70	125	136	149	164	179	194	222	221	253
	95	150	164	179	197	216	233	269	265	306
	120	172	188	206	227	249	268	312	305	354
	150	196	216	240	259	285	318	-	371	441
	185	223	245	273	295	324	362	-	424	506
	240	261	286	321	346	380	424	-	500	599
	300	298	328	367	396	435	486	-	576	693

### Εντοιχισμένοι αγωγοί– Καλώδιο από κεντρικό πίνακα έως υποπίνακα 1<sup>ου</sup> ορόφου

Η ταυτοχρονισμένη ισχύς του 1<sup>ου</sup> ορόφου είναι 4,6kW. Άρα το ονομαστικό ρεύμα σ' αυτό το κομμάτι της γραμμής δίδεται από την Σχέση 6.3:

$$I_{\pi\acute{\iota}\nu-\upsilon\pi\omicron\pi\acute{\iota}\nu} = \frac{P_{\tau\alpha\upsilon\tau\omicron\chi\rho}}{V_{\omicron\nu} \cdot \cos \varphi} = \frac{4600}{230 \cdot 1} = 20\text{A} \quad (6.3)$$

Για το κομμάτι της γραμμής, από κεντρικό πίνακα έως υποπίνακα 1<sup>ου</sup> ορόφου, θα χρησιμοποιηθεί πολυπολικό καλώδιο με μόνωση PVC, εντοιχισμένο σε σωλήνα. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος στο συγκεκριμένο κομμάτι θερμοκρασία φτάνει έως και τους 35°C.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 6.2, ο συντελεστής διόρθωσης για την θερμοκρασία είναι σ<sub>θ</sub>=0,94.

$$I'_{\pi\iota\nu-\upsilon\pi\omicron\pi\iota\nu} = \frac{I_{\pi\iota\nu-\upsilon\pi\omicron\pi\iota\nu}}{\sigma_{\theta}} = \frac{20}{0,94} = 21,27 \text{ A} \quad (6.4)$$

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 6.3, η ελάχιστη διατομή γι' αυτόν τον αγωγό είναι **4mm<sup>2</sup>**, η οποία μπορεί να υποστηρίξει μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα ίσο με 26 A.

Παρ' όλα αυτά, καθώς η τιμή αυτή είναι αρκετά κοντά στο ονομαστικό ρεύμα της γραμμής που εξετάζεται και έχοντας υπόψιν μελλοντικές προοπτικές επέκτασης του συστήματος λόγω αύξησης των φορτίων, επιλέγεται η αμέσως επόμενη ελάχιστη διατομή της στήλης 3, δηλαδή **6mm<sup>2</sup>**.

### Υπόγειοι αγωγοί - Καλώδιο παροχής κτιρίου B

Η ταυτοχρονισμένη ισχύς στο **κτίριο 2 είναι 6,1kW**. Άρα το ονομαστικό ρεύμα σ' αυτό το κομμάτι της γραμμής δίδεται από την Σχέση 6.5:

$$I_{\pi\alpha\rho\omicron\chi} = \frac{P_{\tau\alpha\upsilon\tau\omicron\chi\rho}}{V_{ov} \cdot \cos \varphi} = \frac{6100}{230 \cdot 1} = 26,50 \text{ A} \quad (6.5)$$

Για την γραμμή η οποία ενώνει τον κεντρικό πίνακα του κτιρίου A και τον πίνακα του κτιρίου B, θα χρησιμοποιηθεί υπόγειο πολυπολικό καλώδιο χαλκού, με μόνωση PVC.

Ο συγκεκριμένος αγωγός θα εγκατασταθεί υπόγεια, κάτω από το ειδικά διαμορφωμένο μονοπάτι που ενώνει τα δύο κτίρια. Σε εκείνη την περιοχή η θερμοκρασία του εδάφους δεν θα ξεπερνάει **τους 40°C, οπότε** ο συντελεστής διόρθωσης για την θερμοκρασία δίνεται από τον Πίνακα 6.4.

*Πίνακας 6.4 - Συντελεστές διόρθωσης για θερμοκρασία εδάφους διαφορετική από 20°C. Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται στον Πίνακα 6.5 [1]*

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος  °C	Μόνωση	
	PVC	EPR ή XLPE
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76



Άρα το διορθωμένο ρεύμα είναι ίσο με:

$$I'_{\text{παροχ}} = \frac{I_{\text{παροχ}}}{\sigma_{\theta}} = \frac{26,50}{0,89} = 29,77 A \quad (6.6)$$

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 6.5 η ελάχιστη διατομή γι' αυτόν τον αγωγό είναι **4mm<sup>2</sup>**.

Παρ' όλα αυτά, έχοντας υπόψιν μελλοντικές προοπτικές επέκτασης του συστήματος λόγω αύξησης των φορτίων, επιλέγεται η αμέσως επόμενη ελάχιστη διατομή, δηλαδή **6mm<sup>2</sup>**.

Πίνακας 6.5 - Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε A) καλωδίων τοποθετημένων στο έδαφος  
Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE [1]

Αγωγός	mm <sup>2</sup>	Μόνωση			
		PVC		EPR ή XLPE	
		Πλήθος φορτιζόμενων αγωγών			
		2	3	2	3
Χαλκός	1,5	22	18	26	22
	2,5	29	24	34	29
	4	38	31	44	37
	6	47	39	56	46
	10	63	52	73	61
	16	81	67	95	79
	25	104	86	121	101
	35	125	103	146	122
	50	148	122	173	144
	70	183	151	213	178
	95	216	179	252	211
	120	246	203	287	240
	150	278	230	324	271
	185	312	258	363	304
	240	361	297	419	351
300	408	336	474	396	

Για την υπόγεια όδευση αγωγού η ειδική θερμική αντίσταση εδάφους ισούται με 2,5 K\*m/W το οποίο σύμφωνα με τον Πίνακα 6.6 του Προτύπου ΕΛΟΤ HD 384 αντιστοιχεί με έναν συντελεστή ίσο με την μονάδα. Επομένως οι υπολογισμοί μας, δεν χρειάζονται κάποια διόρθωση λόγω ειδικής θερμικής αντίστασης εδάφους.

Πίνακας 6.6 – Συντελεστές διόρθωσης για ειδική θερμική αντίσταση εδάφους διαφορετική από 2.5 km/W

Ειδική θερμική αντίσταση K*m/W	1	1.5	2	2,5	3
Συντελεστής διόρθωσης	1,18	1,10	1,05	1	0,96

### Υπόγειοι αγωγοί – Καλώδιο από την γεννήτρια έως τον αντιστροφέα

Η Σχέση 6.7 υπολογίζει το ονομαστικό ρεύμα της γραμμής για την γραμμή από την εξωτερική γεννήτρια έως τον αντιστροφέα :

$$I_{\gamma ev-inv} = \frac{P_{\tau αυτοχρ}}{V_{ov} \cdot \cos \varphi} = \frac{9000}{230 \cdot 1} = 39,13A \quad (6.7)$$

Θα χρησιμοποιηθεί PVC πολυπολικό καλώδιο, το οποίο θα εγκατασταθεί υπόγεια. Για την θερμοκρασία των 30°C ο συντελεστής διόρθωσης είναι 0,89 για καλώδια τοποθετημένα στο έδαφος. Οπότε το διορθωμένο ρεύμα της γραμμής υπολογίζεται ως εξής:

$$I'_{\gamma ev-inv} = \frac{I_{\gamma ev-inv}}{\sigma_{\theta}} = \frac{39,13}{0,89} = 43,90A \quad (6.8)$$

Με βάση τον Πίνακα 6.5 η ελάχιστη διατομή γι' αυτόν τον αγωγό είναι **6mm<sup>2</sup>**. Παρ' όλα αυτά, καθώς η τιμή αυτή είναι αρκετά κοντά στο ονομαστικό ρεύμα της γραμμής που εξετάζεται και έχοντας υπόψιν μελλοντικές προοπτικές επέκτασης του συστήματος λόγω αύξησης των φορτίων, επιλέγεται η αμέσως επόμενη ελάχιστη διατομή, δηλαδή **10mm<sup>2</sup>**.

### 6.1.3 Υπολογισμός πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης υπολογίζεται από την Σχέση 6.9:

$$\Delta V = \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I \quad (6.9)$$

Όπου,

$\rho = 0,0145$  η ειδική αντίσταση του χαλκού ανά μονάδα μήκους

$l$  = το μήκος του αγωγού

$S$  = η διατομή του αγωγού

$I$  = το ονομαστικό ρεύμα της γραμμής

### Αγωγοί επίτοιγιοι– Καλώδιο από Inverter έως ηλεκτρικό πίνακα

Σ' αυτό το κομμάτι της γραμμής η απόσταση (l) του αγωγού είναι  $l_{inv-πιν} = 1,4m$ . Η διατομή (S),όπως υπολογίστηκε από την προηγούμενη μέθοδο είναι  $10mm^2$ .

Άρα η πτώση τάσης υπολογίζεται ως εξής:

$$\Delta V_{inv-πιν} = 0,0145 \cdot \frac{1,40}{10} \cdot 39,13 = 0,079 < 2,3V = 1\% \cdot V_{ov} \quad (6.10)$$

Παρατηρείται ότι για το κομμάτι της γραμμής αντιστροφάς-πίνακας, η πτώση τάσης δεν ξεπερνάει το 1% της ονομαστικής τάσης της εγκατάστασης οπότε η διατομή που θα επιλεχτεί είναι:

$$S_{inv-πιν} = 10mm^2.$$

Ο τύπος καλωδίου που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο **HO7V-R** ο οποίος είναι ιδανικός για τοποθέτηση σε σωλήνες πάνω σε τοίχο μέσα σε κλειστούς χώρους.

### Εντοιγισμένοι αγωγοί– Καλώδιο από κεντρικό πίνακα έως υποπίνακα 1<sup>ου</sup> ορόφου

Σ' αυτό το κομμάτι της γραμμής η απόσταση (l) του αγωγού είναι  $l_{πιν-υποπιν} = 14m$ . Η διατομή(S),όπως υπολογίστηκε από την προηγούμενη μέθοδο είναι  $6mm^2$ .

Άρα η πτώση τάσης υπολογίζεται ως εξής:

$$\Delta V_{inv-πιν} = 0,0145 \cdot \frac{14}{6} \cdot 15,21 = 0,51 < 2,3V = 1\% \cdot V_{ov} \quad (6.11)$$

Παρατηρείται ότι για το κομμάτι της γραμμής αντιστροφάς-πίνακας, η πτώση τάσης δεν ξεπερνάει το 1% της ονομαστικής τάσης της εγκατάστασης οπότε η διατομή που θα επιλεχτεί είναι:

$$S_{inv-πιν} = 6mm^2.$$

Ο τύπος καλωδίου που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο **HO7V-R** ο οποίος είναι ιδανικός για τοποθέτηση σε σωλήνες πάνω σε τοίχο μέσα σε κλειστούς χώρους.

### **Υπόγειοι αγωγοί – Καλώδιο παροχής κτιρίου Β**

Η υπόγεια γραμμή που ενώνει τα δύο κτίρια έχει συνολικό μήκος  $l_{\text{παρ}} = 35\text{m}$ .

Η διατομή σύμφωνα με την μέθοδο ασφαλούς λειτουργίας υπολογίστηκε  $6\text{mm}^2$ . Η Σχέση 6.12 υπολογίζει την πτώση τάσης για την συγκεκριμένη γραμμή:

$$\Delta V_{\text{παροχ}} = 0,0145 \cdot \frac{35}{6} \cdot 23,47 = 1,9\text{V} < 2,3\text{V} = 1\% \cdot V_{\text{ov}} \quad (6.12)$$

Ο τύπος καλωδίου που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο **J1VV-R** ο οποίος είναι ιδανικός για σταθερή εγκατάσταση σε ξηρό ή υγρό έδαφος.

### **Υπόγειοι αγωγοί – Καλώδιο από την γεννήτρια έως τον αντιστροφέα**

Η απόσταση από την εξωτερική γεννήτρια έως τον αντιστροφέα είναι  $l_{\text{γεν-inv}} = 20\text{m}$ .

Η διατομή σύμφωνα με την μέθοδο ασφαλούς λειτουργίας υπολογίστηκε  $10\text{mm}^2$ . Η πτώση τάσης για την συγκεκριμένη γραμμή είναι:

$$\Delta V_{\text{γεν-inv}} = 0,0145 \cdot \frac{20}{10} \cdot 39,13 = 1,13\text{V} < 2,3\text{V} = 1\% \cdot V_{\text{ov}} \quad (6.13)$$

Παρατηρείται ότι για την γραμμή παροχής, η πτώση τάσης δεν ξεπερνάει το 1% της ονομαστικής τάσης της εγκατάστασης, οπότε η διατομή που θα επιλεγεί είναι:

$$S_{\text{γεν-inv}} = 10\text{mm}^2$$

Ο τύπος καλωδίου που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο **J1VV-R** ο οποίος είναι ιδανικός για σταθερή εγκατάσταση σε ξηρό ή υγρό έδαφος.

### **Επιτοίγιοι αγωγοί – DC Καλώδιο από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έως τον αντιστροφέα**

Για την γραμμή που ξεκινάει από τα ΦΒ πάνελ έως τον αντιστροφέα (DC σύνδεση) θα χρησιμοποιηθεί το καλώδιο **ÖLFLEX SOLAR XLS** με διατομή  $6\text{mm}^2$ , το οποίο είναι εύκολο διαθέσιμο στην αγορά, ευρέως χρησιμοποιούμενο για τα φωτοβολταϊκά και έχει την απαιτούμενη ικανότητα μεταφοράς για το ονομαστικό ρεύμα των φωτοβολταϊκών (9A).

## 6.2 Γείωση και αγωγός προστασίας

Και στα δύο κτίρια θα χρησιμοποιηθεί θεμελιακή γείωση καθώς σύμφωνα με το ΦΕΚ 57/Β/24.01.2007 η θεμελιακή γείωση καθιερώνεται σαν υποχρεωτική.

Όλα τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της ηλεκτρικής εγκατάστασης πρέπει να συνδεθούν, μέσω των αγωγών προστασίας, προς τον κύριο ακροδέκτη γείωσης. Αυτός πρέπει να συνδεθεί προς το γειωμένο αγωγό του συστήματος τροφοδότησης, ο οποίος πρέπει να είναι συνδεδεμένος προς τη γη.

Σε κάθε κτίριο θα γίνει μια κύρια ισοδυναμική σύνδεση. Γι' αυτό τον σκοπό πρέπει να συνδεθούν προς τον κύριο ακροδέκτη γείωσης:

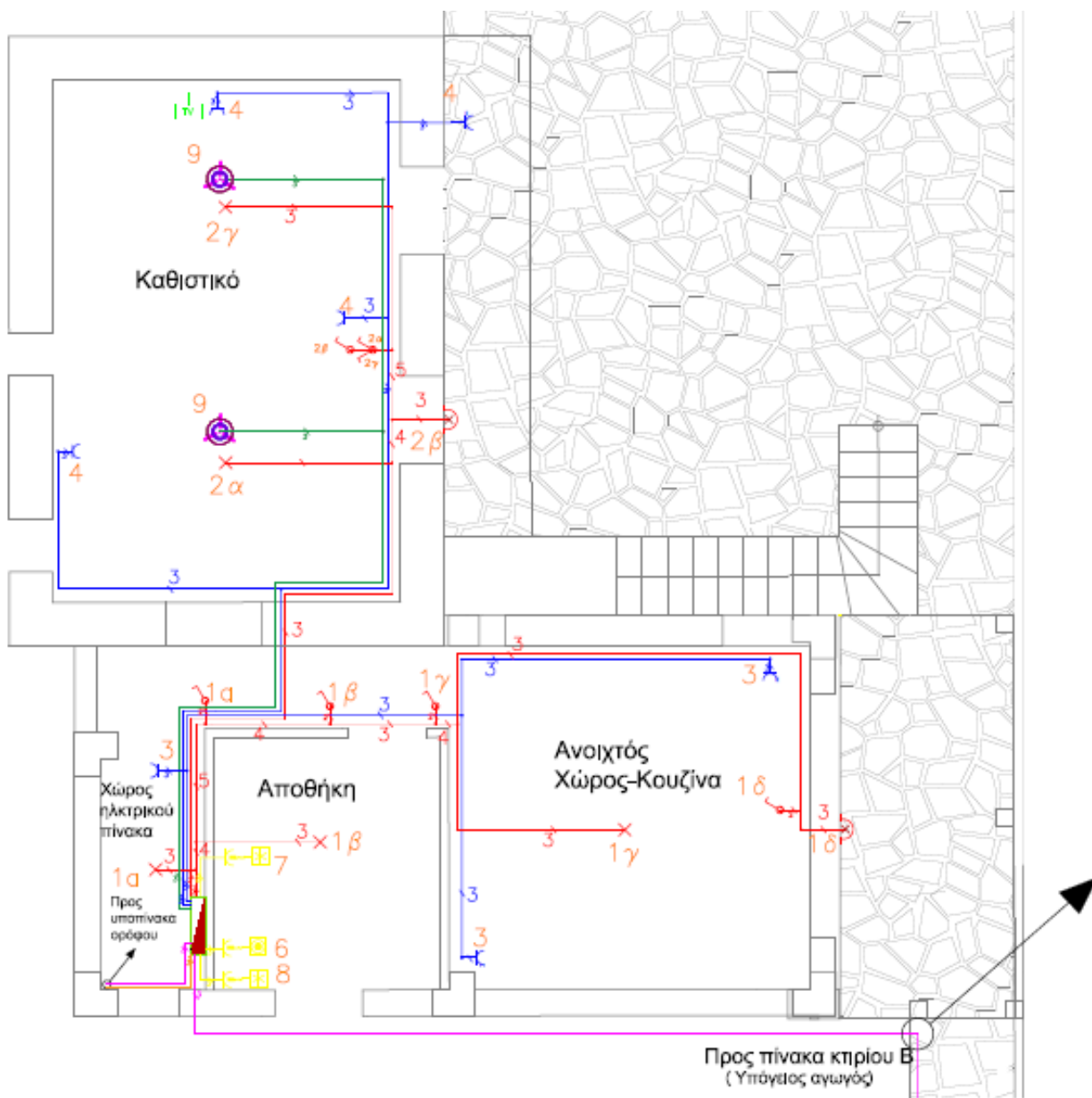
- 1) ο κύριος αγωγός προστασίας
- 2) ο κύριος αγωγός γείωσης
- 3) τα ακόλουθα ξένα αγωγίμα στοιχεία:
  - οι μεταλλικές σωληνώσεις παροχών στο εσωτερικό των κτιρίων (π.χ. νερού, αερίου),
  - τα μεταλλικά στοιχεία της κατασκευής των κτιρίων,
  - ο μεταλλικός οπλισμός του σκυροδέματος των κτιρίων,
  - ο μεταλλικός μανδύας του καλωδίου ηλεκτρικής τροφοδότησης.

Τα αγωγίμα στοιχεία που προέρχονται από το εξωτερικό των κτιρίων πρέπει να συνδέονται προς την κύρια ισοδυναμική σύνδεση του κτιρίου, όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο εισόδου τους σε αυτό.

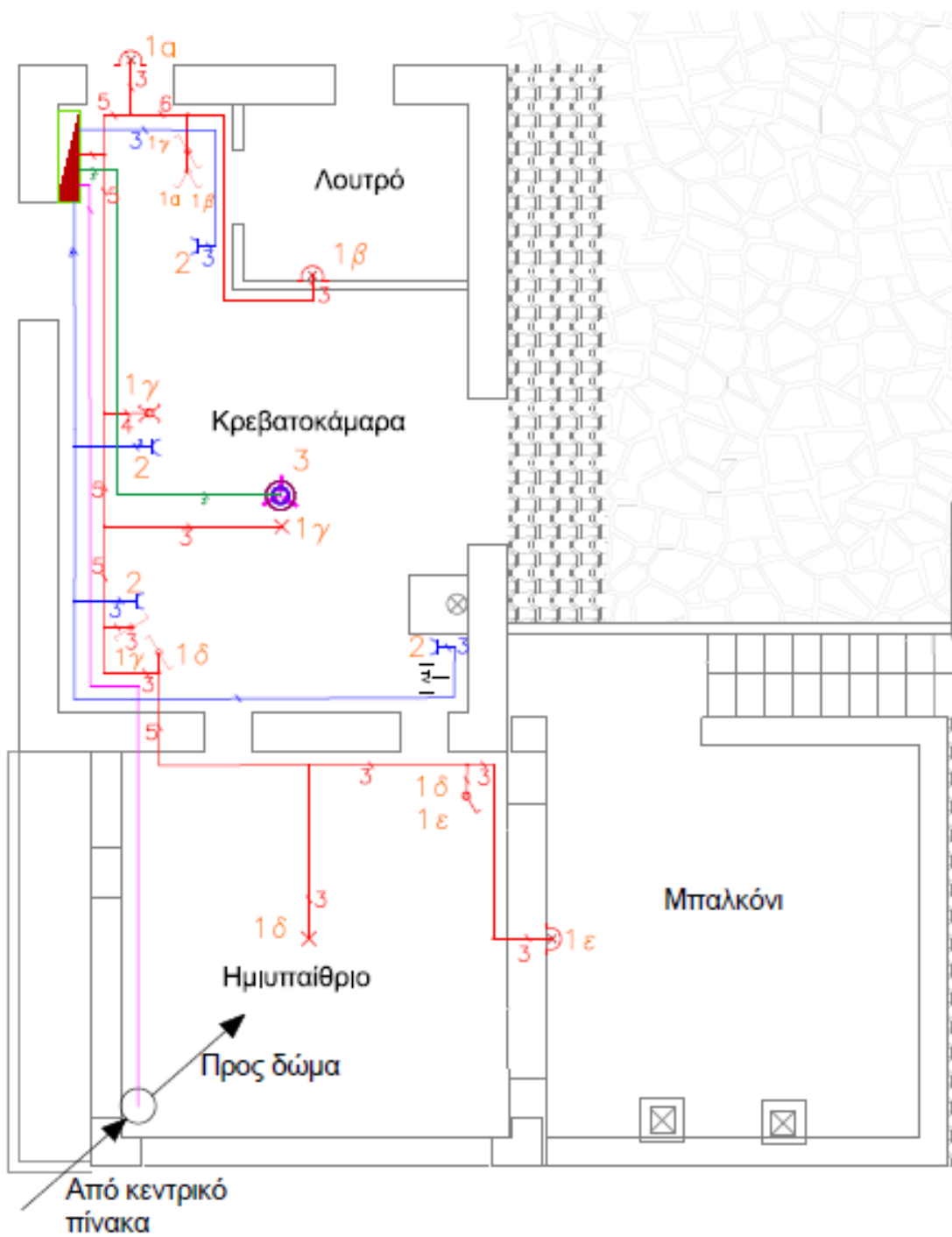
## 6.3 Ηλεκτρολογικά σχέδια

### 6.3.1 Μονογραμμικά σχέδια ηλεκτρολογικής εγκατάστασης

Παρακάτω παρουσιάζονται τα μονογραμμικά σχέδια της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης. Η σχεδίαση έγινε με βάση τους κανόνες του προτύπου ΕΛΟΤ HD 384 και με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD 2016:



Σχήμα 6.1 : Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικής εγκατάστασης κτιρίου Α (ισόγειο)



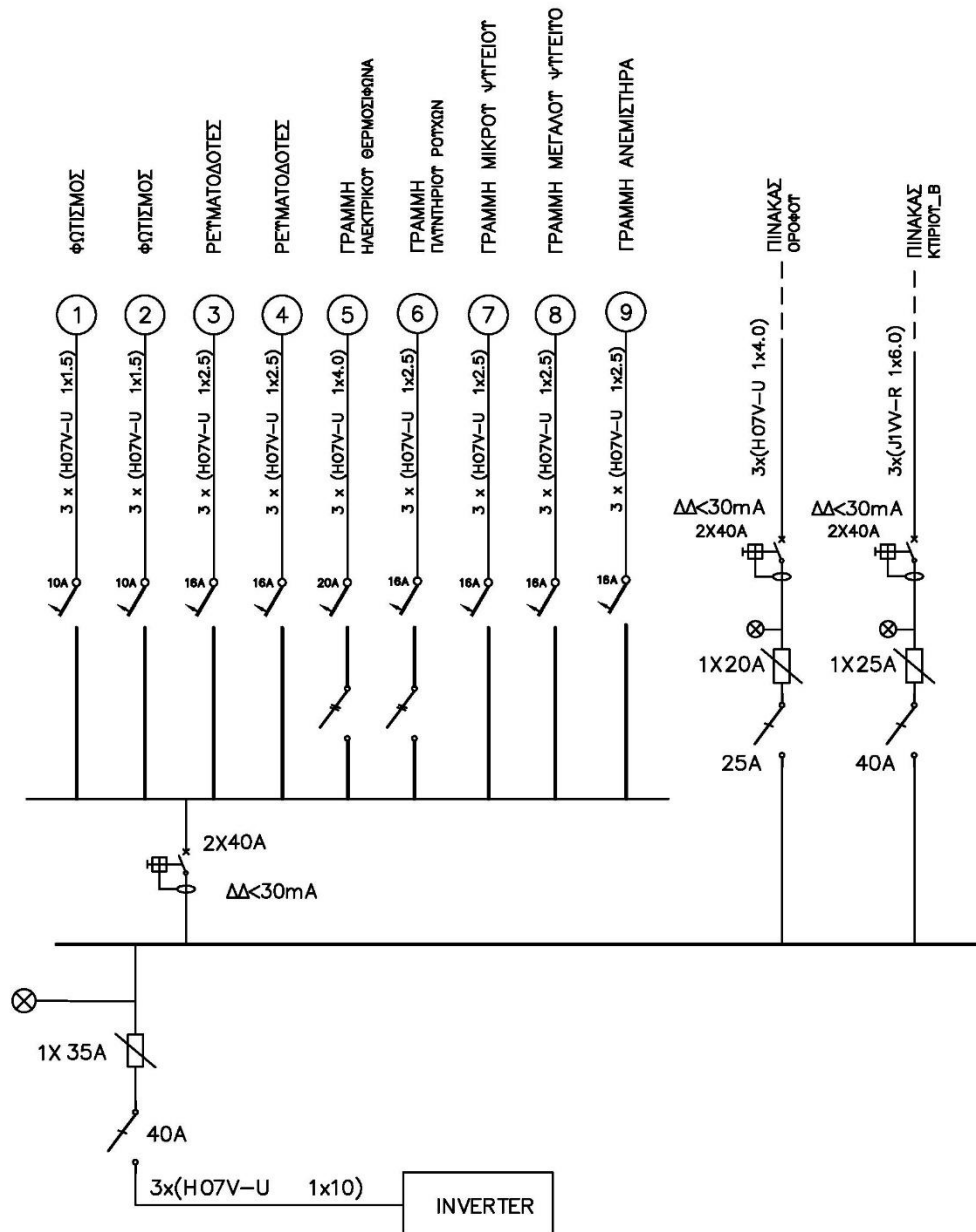
Σχήμα 6.2 - Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικής εγκατάστασης κτιρίου Α (1<sup>ος</sup> όροφος)



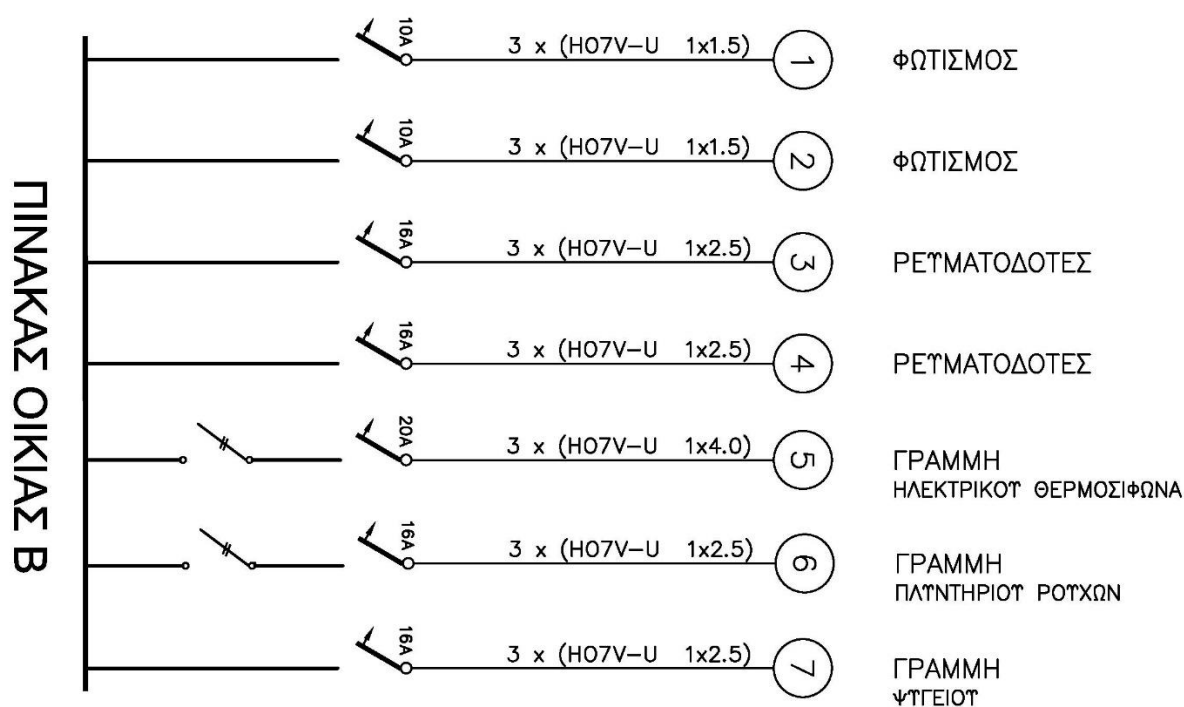


### 6.3.2 Σχέδια ηλεκτρικών πινάκων

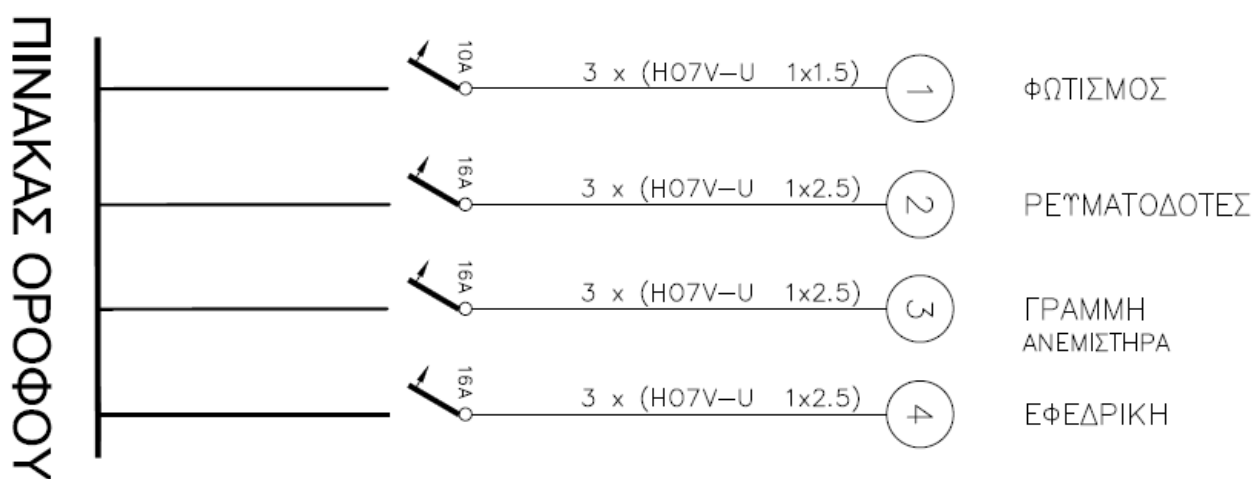
Στα παρακάτω Σχήματα παρουσιάζονται τα μονογραμμικά σχέδια πινάκων:



Σχήμα 6.5 - Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικού πίνακα κτιρίου Α



Σχήμα 6.6 - Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικού πίνακα κτιρίου Β



Σχήμα 6.7 - Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικού πίνακα ορόφου (κτίριο Α)

---

## 7. Οικονομική αξιολόγηση

---

### 7.1 Εισαγωγή

Η οικονομική αξιολόγηση του συστήματος τροφοδότησης της οικίας θα γίνει με τη χρήση του δείκτη της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ). Η Καθαρή Παρούσα Αξία μιας επένδυσης είναι η παρούσα αξία του καθαρού οικονομικού πλεονάσματος της επένδυσης. Με καθαρό οικονομικό πλεόνασμα νοείται η διαφορά μεταξύ της τελικής αξίας της υπό εξέτασης επένδυσης και του κόστους ευκαιρίας της, ενώ το κόστος ευκαιρίας της υπό εξέτασης επένδυσης, είναι το ποσό των χρημάτων που θα έχουμε εάν επενδύσουμε το ποσό των χρημάτων στην καλύτερη εναλλακτική επένδυση, που στη περίπτωση μας είναι η τροφοδότηση της οικίας από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ. Ο αναλυτικός τύπος της ΚΠΑ παρουσιάζεται στην Σχέση 7.1.

$$ΚΠΑ = \sum_{t=1}^n \frac{ΚΤΡ_t}{(1+i)^t} - K_0 \quad (7.1)$$

ΚΤΡ : Καθαρές Ταμειακές ροές

n: το χρονικό διάστημα στο οποίο θα αξιολογηθεί η επένδυση

i: το επιτόκιο αναγωγής

$K_0$ : το αρχικό κόστος της επένδυσης

Οι καθαρές ταμειακές ροές ορίζονται από τον τύπο  $ΚΤΡ = Έσοδα - Έξοδα$

#### Έσοδα

Είναι προφανές ότι για την παρούσα μελέτη και το αυτόνομο σύστημα φωτοβολταϊκών δεν υπάρχει κάποιο έσοδο, καθώς η ηλεκτροδότηση της οικίας εξυπηρετεί μια πάγια ανάγκη του καταναλωτή η οποία δεν του επιφέρει κάποιο κέρδος. Συνεπώς ο υπολογισμός της ΚΠΑ θα γίνει με σκοπό να βρεθεί ένας δείκτης, με τον οποίο θα πραγματοποιηθεί μια συνολική αξιολόγηση των 4 διαφορετικών σεναρίων καθώς και να γίνει η σύγκριση αυτών με το αντίστοιχο σενάριο της προσφοράς του ΔΕΔΔΗΕ.

## Έξοδα

Τα έξοδα της επένδυσης χωρίζονται σε πάγια και λειτουργικά. Πάγια είναι αυτά που καταβάλλονται στην αρχή της επένδυσης (αρχικό κόστος) για μία φορά ενώ λειτουργικά είναι αυτά που θα καταβάλλονται κάθε χρόνο, αλλιώς ονομάζονται και λειτουργικές δαπάνες.

- Το αρχικό κόστος περιλαμβάνει το κόστος αγοράς του εξοπλισμού και εγκατάστασης.
- Στα ετήσια κόστη περιλαμβάνονται το κόστος λειτουργίας για την ετήσια συντήρηση του συστήματος, η οποία είναι απαραίτητη για να εξασφαλίζει και να επιβεβαιώνει τη σωστή λειτουργία των πλαισίων. Επίσης συνυπολογίζονται τα έξοδα που απαιτούνται για την αγορά του καυσίμου (πετρέλαιο) της γεννήτριας, καθώς επίσης οι δόσεις από κάποιο ενδεχόμενο δάνειο που θα χρησιμοποιήσει ο χρήστης.

Ως δεδομένα για την υπολογισμό της ΚΠΑ λαμβάνεται η διάρκεια 25 ετών ως οικονομικός κύκλος ζωής και η τιμή του προεξοφλητικού επιτοκίου ίση με 0,80%, λαμβάνοντας υπόψιν ότι η ηλεκτροδότηση της οικίας εξυπηρετεί μια πάγια ανάγκη του καταναλωτή και όχι κάποια επένδυση μεγάλης αναμενόμενης απόδοσης.

Επίσης είναι γνωστό ότι η τεχνολογία στο χώρο των συσσωρευτών αναπτύσσεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια, με αποτέλεσμα το κόστος τους να μειώνεται με ανάλογο ρυθμό. Επομένως, για τις αντικαταστάσεις του αποθηκευτικού συστήματος συσσωρευτών χρησιμοποιήθηκαν οι συντελεστές μείωσης κόστους όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.1.

Για τον υπολογισμό του ετήσιου κόστους καυσίμου της γεννήτριας χρησιμοποιείται ένας συντελεστής αύξησης 1,3% του κόστους του, λαμβάνοντας υπόψιν την ανοδική τάση των τελευταίων χρόνων στην τιμή του πετρελαίου κίνησης.

*Πίνακας 7.1 - Συντελεστές μείωσης κόστους συσσωρευτών*

Σενάριο	Έτος αντικατάστασης συσσωρευτών	Συντελεστής μείωσης κόστους	Αρχικό κόστος	Κόστος στο έτος αντικατάστασης
<b>A,B</b>	6,5	0,75	3.510,00 €	2.632,50 €
	13	0,50		1.755,00 €
	19,5	0,30		1.053,00 €
<b>Γ,Δ</b>	8,5	0,65	6.450,00 €	4.192,50 €
	17	0,40		2.580,00 €

Αφού καθοριστούν το αρχικό κόστος, τα λειτουργικά και τα έξοδα αντικατάστασης του εξοπλισμού για κάθε σενάριο, θα εξεταστεί η καθαρή παρούσα αξία με σκοπό να αξιολογηθεί η σκοπιμότητα της εγκατάστασης του αυτόνομου συστήματος στο βάθος των 25 ετών.

## 7.2 Υπολογισμός ΚΠΑ

### 7.2.1 Σενάριο Α - Αυτονομία 2 ημερών / ταυτοχρονισμένης ισχύς 6,2kW

Για το σενάριο Α το αρχικό κόστος της εγκατάστασης διαμορφώνεται σύμφωνα με τον Πίνακα 7.2 :

Πίνακας 7.2 - Αρχικό κόστος επένδυσης (σενάριο Α)

Κατηγορία	€/w	Κόστος (€)
ΚΟΣΤΟΣ ΠΛΑΙΣΙΩΝ	0,40	1200
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	1,17	3510
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ	0,52	1560
ΚΟΣΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	0,054	162
ΚΟΣΤΟΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	0,21	630
ΚΟΣΤΟΣ ΒΑΣΗΣ	0,12	360
ΚΟΣΤΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ/ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ	0,15	450
ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	0,12	360
ΜΕΛΕΤΗ – ΕΠΙΒΛΕΨΗ	0,25	750
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>2,99</b>	<b>8982</b>

Το αρχικό κόστος λοιπόν για το σενάριο Α είναι 8982€. Ο χρήστης για να καλύψει αυτό το ποσό έχει την δυνατότητα να το κάνει με εξολοκλήρου ίδια συμμετοχή ή να πάρει δάνειο από την τράπεζα. Λαμβάνοντας σε δάνειο το συνολικό ποσό των 8982€, οι δόσεις του δανείου που καλείται να πληρώσει σε διάστημα 10 ετών με ενδεικτικό επιτόκιο 5,5% είναι 1192€. Ο πίνακας στον οποίο υπολογίζονται οι δόσεις του δανείου δίνεται στο παράρτημα. Επομένως τα ετήσια κόστη της επένδυσης διαμορφώνονται ως εξής:

Πίνακας 7.3 - Ετήσια κόστη συστήματος (σενάριο Α)

Ετήσια κόστη	Έτη	Κόστος (€)
Κόστος συντήρησης	25	200
Κόστος καυσίμου	25	192 (x 0,013/έτος)
Δόσεις ενδεχόμενου δανείου	10	1192

Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι ο χρόνος ζωής των συσσωρευτών για το συγκεκριμένο σενάριο είναι 6,5 χρόνια. Για τον λόγο αυτό είναι αναγκαίο να ληφθούν υπόψη τα έξοδα της αντικατάστασης των συσσωρευτών σύμφωνα με τον Πίνακα 7.1.

Οι αναλυτικοί πίνακες του υπολογισμού της ΚΠΑ παρουσιάζονται στο παράρτημα.

ΚΠΑ χωρίς χρήση δανείου: -23427,17€

ΚΠΑ με χρήση δανείου με επιτόκιο 5,5%: -25826,34€

## 7.2.2 Σενάριο Β - Αυτονομία 2 ημερών / ταυτοχρονισμένης ισχύς 9kW

Πίνακας 7.4: Αρχικό κόστος επένδυσης (σενάριο Β)

Κατηγορία	€/w	Κόστος (€)
ΚΟΣΤΟΣ ΠΛΑΙΣΙΩΝ	0,40	1200
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	1,17	3510
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ	0,77	2310
ΚΟΣΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	0,054	162
ΚΟΣΤΟΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	0,21	630
ΚΟΣΤΟΣ ΒΑΣΗΣ	0,12	360
ΚΟΣΤΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ/ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ	0,15	450
ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	0,12	360
ΜΕΛΕΤΗ – ΕΠΙΒΛΕΨΗ	0,25	750
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>3,24</b>	<b>9732</b>

Για το ποσό των 9732€, οι δόσεις του δανείου που καλείται να πληρώσει σε διάστημα 10 ετών με επιτόκιο 5,5% είναι 1291€.

Το κόστος συντήρησης και το κόστος καυσίμου παραμένουν ίδια με το σενάριο Α.

Πίνακας 7.5: Ετήσια κόστη συστήματος (σενάριο Β)

Ετήσια κόστη	Έτη	Κόστος (€)
Κόστος συντήρησης	25	200
Κόστος καυσίμου	25	192 (x 0,013/έτος)
Δόσεις ενδεχόμενου δανείου	10	1291

ΚΠΑ χωρίς χρήση δανείου: -24177,17€

ΚΠΑ με χρήση δανείου: -26809,78€

### 7.2.3 Σενάριο Γ - Αυτονομία 4 ημερών / ταυτοχρονισμένης ισχύς 6,2kW

Πίνακας 7.6 - Αρχικό κόστος επένδυσης (σενάριο Γ)

Κατηγορία	€/w	Κόστος (€)
ΚΟΣΤΟΣ ΠΛΑΙΣΙΩΝ	0,40	1200
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	2,15	6450
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ	0,52	1560
ΚΟΣΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	0,054	162
ΚΟΣΤΟΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	0,21	630
ΚΟΣΤΟΣ ΒΑΣΗΣ	0,12	360
ΚΟΣΤΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ/ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ	0,15	450
ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	0,12	360
ΜΕΛΕΤΗ – ΕΠΙΒΛΕΨΗ	0,25	750
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>3,97</b>	<b>11922</b>

Το αρχικό κόστος λοιπόν για το σενάριο Γ είναι 11922€. Ο χρήστης για να καλύψει αυτό το ποσό έχει την δυνατότητα να το κάνει με εξολοκλήρου ίδια συμμετοχή ή να πάρει δάνειο από την τράπεζα. Λαμβάνοντας σε δάνειο το συνολικό ποσό των 11922€ οι δόσεις του δανείου που καλείται να πληρώσει σε διάστημα 10 ετών με επιτόκιο 5,5% είναι 1582€.

Ο πίνακας στον οποίο υπολογίζονται οι δόσεις του δανείου δίνεται στο παράρτημα.

Το ετήσιο κόστος καυσίμου για το σενάριο Γ, Δ μειώνεται αρκετά σε σχέση με τα δύο προηγούμενα, καθώς οι μέρες αυτονομίας του συστήματος διπλασιαστήκαν με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται μικρότερος ρυθμός εκφόρτισης για τους συσσωρευτές και η αναγκαιότητα της γεννήτριας να καλύψει το φορτίο να ελαττώνεται σημαντικά.

Επίσης η μεγαλύτερη χωρητικότητα του συστήματος αποθήκευσης προσφέρει περισσότερα χρόνια ζωής (8,5 έτη) στους συσσωρευτές, καθώς είναι άμεσα συνυφασμένη με το βάθος εκφόρτισης τους. Για το λόγο αυτόν, λαμβάνονται υπόψη τα αντίστοιχα έξοδα αντικατάστασης των συσσωρευτών σύμφωνα με τον Πίνακα 7.1.

Στον Πίνακα 7.7 παρουσιάζονται τα ετήσια κόστη για το Γ σενάριο:

*Πίνακας 7.7 - Ετήσια κόστη συστήματος (σενάριο Γ)*

Ετήσια κόστη	Έτη	Κόστος (€)
Κόστος συντήρησης	25	200
Κόστος καυσίμου	25	58 (x 0,013/έτος)
Δόσεις ενδεχόμενου δανείου	10	1582

ΚΠΑ με επιτόκιο 0,80% χωρίς χρήση δανείου: -24044,51€

ΚΠΑ με επιτόκιο 0,80% με χρήση δανείου: -27265,58€



### 7.2.4 Σενάριο Δ - Αυτονομία 4 ημερών / ταυτοχρονισμένης ισχύς 9kW

Πίνακας 7.8 - Αρχικό κόστος επένδυσης (σενάριο Δ)

Κατηγορία	€/w	Κόστος (€)
ΚΟΣΤΟΣ ΠΛΑΙΣΙΩΝ	0,40	1200
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	2,15	6450
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ	0,77	2310
ΚΟΣΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	0,054	162
ΚΟΣΤΟΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	0,21	630
ΚΟΣΤΟΣ ΒΑΣΗΣ	0,12	360
ΚΟΣΤΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ/ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΩΝ	0,15	450
ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	0,12	360
ΜΕΛΕΤΗ – ΕΠΙΒΛΕΨΗ	0,25	750
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>4,22</b>	<b>12672</b>

Για το ποσό των 12672€, οι δόσεις του δανείου που καλείται να πληρώσει σε διάστημα 10 ετών με επιτόκιο 5,5% είναι 1681€.

Το κόστος συντήρησης και το κόστος καυσίμου παραμένουν ίδια με το σενάριο Γ.

Στον Πίνακα 7.9 παρουσιάζονται τα ετήσια κόστη για το σενάριο Δ:

Πίνακας 7.9 - Ετήσια κόστη συστήματος (σενάριο Δ)

Ετήσια κόστη	Έτη	Κόστος (€)
Κόστος συντήρησης	25	200
Κόστος καυσίμου	25	58 (x 0,013/έτος)
Δόσεις ενδεχόμενου δανείου	10	1681

ΚΠΑ με επιτόκιο 0,80% χωρίς χρήση δανείου: -24794,51€

ΚΠΑ με επιτόκιο 0,80% με χρήση δανείου: -28191,74€

### 7.2.5 Σενάριο Ε – Σύνδεση με το ΔΕΔΔΗΕ

Η προσφορά του ΔΕΔΔΗΕ για την συγκεκριμένη οικία ανέρχεται στα 15000€ για την διασύνδεση της εγκατάστασης με το δίκτυο. Επιπλέον το τιμολόγιο του ηλεκτρικού ρεύματος λαμβάνοντας υπόψη και τις ρυθμιζόμενες χρεώσεις ανέρχεται σε 0,18€ ανά κιλοβατώρα.

Ο μέσος όρος ημερήσιας κατανάλωσης ενέργειας και τις δύο περιόδους του έτους, δίδεται από την Σχέση 7.2:

$$E = (E_{καλ} + E_{χειμ})/2 = (14 + 7,4)/2 = 10,7 \text{ kWh (7.2)}$$

$$E_{ετησίως} = 365 \times 10,7 = 3905,5 \text{ kWh (7.3)}$$

Οπότε ο καταναλωτής θα καλείται να πληρώσει το ποσό των  $0,18 \text{ €/kWh} \times 3905,5 \text{ kWh} = 703\text{€}$  κατά μέσο όρο κάθε χρόνο. Λαμβάνεται υπόψη επίσης ένας ετήσιος συντελεστής αύξησης του τιμολογίου της ΔΕΗ ίσος με 1%, ο οποίος μεταβάλλει σημαντικά το αποτέλεσμα της ΚΠΑ σε βάθος εικοσιπενταετίας.

Για το ποσό των 15000€, οι δόσεις του δανείου που καλείται να πληρώσει σε διάστημα 10 ετών με επιτόκιο 5,5% είναι 1990€.

ΚΠΑ με επιτόκιο 0,80% χωρίς χρήση δανείου: -31403,94€

ΚΠΑ με επιτόκιο 0,80% με χρήση δανείου: -35404,39€

### 7.3 Ευαισθησία της ΚΠΑ για το σενάριο Ε

Η αύξηση της απόστασης μιας εγκατάστασης από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ συνεπάγεται μεγαλύτερο αρχικό κόστος διασύνδεσης καθώς η τιμολόγηση του ΔΕΔΔΗΕ γίνεται με μονάδα “€/m”. Στη παράγραφο αυτή εξετάζεται ο δείκτης ευαισθησίας της ΚΠΑ με βάση την απόσταση της συγκεκριμένης εγκατάστασης από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ. Η ανάλυση ευαισθησίας δείχνει την απόσταση της εγκατάστασης από το δίκτυο και κατ’ επέκταση το αρχικό κόστος διασύνδεσης, ώστε η προσφορά του ΔΕΔΔΗΕ να είναι πιο συμφέρουσα έναντι του αυτόνομου ΦΒ συστήματος. Η σύγκριση θα γίνει με το σενάριο Δ, το οποίο εμφανίζει να παρέχει τα περισσότερα οφέλη (σχέση τιμής – άνεσης) από τα υπόλοιπα τρία σενάρια.

Στο Σχήμα 7.1 παρουσιάζεται γραφικά η ευαισθησία της ΚΠΑ του σεναρίου Ε σε σύγκριση με την ΚΠΑ του σεναρίου Δ. Για τον υπολογισμό του δείκτη ευαισθησίας θεωρήθηκε ότι για την κάλυψη των εξόδων δεν χρησιμοποιήθηκε δάνειο.



Σχήμα 7.1 - Δείκτης ευαισθησίας ΚΠΑ

Στον άξονα “Υ” υπολογίζεται η διαφορά των ΚΠΑ του σεναρίου Ε και του σεναρίου Δ. Η διαφορά αυτή κλιμακώνεται με βάση την ελάττωση του αρχικού κόστους διασύνδεσης του ΔΕΔΔΗΕ. Στον άξονα “Χ” σημειώνεται σε m η απόσταση της εγκατάστασης από το δίκτυο.

Προκύπτει ότι η εξισορρόπηση των δύο σεναρίων επιτυγχάνεται για απόσταση 200m από το υφιστάμενο δίκτυο. Διαπιστώνεται ότι πάνω από τα 200m η διαφορά είναι θετική, πράγμα που σημαίνει ότι το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι πιο οικονομικό. Από τα 200m και κάτω το αυτόνομο σύστημα σταματάει να είναι η πλέον συμφέρουσα επιλογή καθώς το αρχικό κόστος διασύνδεσης της εγκατάστασης με το δίκτυο, μειώνεται αισθητά με γραμμικό ρυθμό.

## 7.4 Σύγκριση σεναρίων και αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της ΚΠΑ για όλα τα σενάρια διαστασιολόγησης παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 7.10:

Πίνακας 7.10 - Συγκεντρωτικός πίνακας της ΚΠΑ των σεναρίων Α,Β,Γ,Δ και Ε

ΣΕΝΑΡΙΑ	ΣΕΝΑΡΙΟ Α	ΣΕΝΑΡΙΟ Β	ΣΕΝΑΡΙΟ Γ	ΣΕΝΑΡΙΟ Δ	ΣΕΝΑΡΙΟ Ε
ΧΩΡΙΣ ΔΑΝΕΙΟ	-23427€	-24177€	-24045€	-24795€	-31404€
ΜΕ ΔΑΝΕΙΟ	-25826€	-26810€	-27266€	-28192€	-35404€

Από τον Πίνακα 7.10 προκύπτει ότι το Σενάριο E – Σύνδεση με το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ είναι οικονομικά το πιο ασύμφορο σε σχέση με τα υπόλοιπα τέσσερα. Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται ότι τα κτίρια βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ, γεγονός που επιβαρύνει σημαντικά το τελικό κόστος του σεναρίου E.

Για τα υπόλοιπα σενάρια, παρατηρείται ότι, όταν δεν γίνεται χρήση του δανείου, δεν εμφανίζουν σημαντικές διαφορές, όσον αφορά την οικονομική αποτίμησή τους.

Με την χρήση του δανείου διαπιστώνεται ότι η ΚΠΑ αφενός αυξάνεται σε όλα τα σενάρια λόγω της πληρωμής των τόκων, αφετέρου τα σενάρια διαφοροποιούνται μεταξύ τους, με πιο οικονομικό το σενάριο A (χρήση μικρότερου αντιστροφέα και αυτονομία δύο ημερών). Αυτό οφείλεται στο μικρότερο αρχικό κόστος του σεναρίου A, που συνεπάγεται λιγότερους τόκους δανείου. Οι αυξήσεις της ΚΠΑ ανέρχονται σε 10,2%, 10,9%, 13,4% και 13,7% για τα σενάρια A, B, Γ και Δ αντίστοιχα.

Από τη σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους προκύπτει είναι το επιπλέον κόστος του μεγαλύτερου αντιστροφέα στα σενάρια B και Δ, είναι αρκετά μικρό σε σχέση με τις δυνατότητες άνεσης ταυτοχρονισμού που προσφέρει στην εγκατάσταση. Τέλος, στα σενάρια Γ και Δ, τα οποία σχεδιάστηκαν ώστε να παρέχουν στο σύστημα διπλάσιες μέρες αυτονομίας, περιορίζεται η χρήση της γεννήτριας. Στα σενάρια αυτά θα απαιτηθεί η αντικατάσταση των συσσωρευτών δύο φορές μέσα στην εικοσιπενταετία έναντι τριών, όπως προβλέπεται για τα σενάρια A και B.

Ένα τελευταίο συμπέρασμα που προκύπτει από τον δείκτη ευαισθησίας της ΚΠΑ, είναι ότι τα αυτόνομα συστήματα είναι αρκετά πιο οικονομική επιλογή έναντι της διασύνδεσης με το δίκτυο, όταν αυτό βρίσκεται μακριά από την εγκατάσταση. Υπάρχει μια απόσταση από το κοντινότερο σημείο διασύνδεσης με το ΔΕΔΔΗΕ έως την εγκατάσταση, η οποία εξισορροπεί το κόστος του αυτόνομου και του διασυνδεδεμένου συστήματος. Για το παρόν αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα η απόσταση αυτή ανέρχεται στα 200m και είναι αρκετά μικρότερη από την απόσταση των 375m, όπου απέχουν τα κτίρια από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ.

---

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

Στη παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε και σχεδιάστηκε η ηλεκτρική εγκατάσταση μιας οικίας που βρίσκεται μακριά από το δίκτυο διανομής.

Για την ηλεκτρική τροφοδότηση της οικίας επιλέχτηκε η χρησιμοποίηση αυτόνομου συστήματος με τη χρήση φωτοβολταϊκών, συσσωρευτών και εφεδρικής γεννήτριας. Η λύση αυτή εξετάστηκε τόσο με τη χρήση περισσότερων μπαταριών για αυτονομία περισσότερων ημερών όσο και με τη χρήση μεγαλύτερου αντιστροφέα για τη δυνατότητα ταυτοχρονισμένης λειτουργίας περισσότερων ηλεκτρικών συσκευών.

Το μέγεθος του φωτοβολταϊκού συστήματος προέκυψε ότι εξαρτάται από την ημερήσια κατανάλωση ενέργειας των χρηστών της οικίας, καθώς η αναμενόμενη μέση ημερήσια παραγωγή ενέργειας πρέπει πάντα να καλύπτει τη μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας. Επίσης, η ονομαστική ισχύς του αντιστροφέα και της γεννήτριας εξαρτάται από τη μέγιστη ταυτοχρονισμένη ισχύ λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών. Η χωρητικότητα των συσσωρευτών εξαρτάται από τις ημέρες αυτονομίας που θα επιλεγούν και αποτελεί μια κρίσιμη παράμετρο για το κόστος του συστήματος.

Η χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων έγινε στο δώμα της οικίας. Για τη χωροθέτηση πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο συνδυασμός της βέλτιστης κλίσης των πλαισίων για την αύξηση της αναμενόμενης παραγωγής σε ετήσια βάση, των εμποδίων της στέγης ως παράγοντες σκίασης και το βέλτιστο αισθητικό αποτέλεσμα για την οικία. Η χωροθέτηση του υπόλοιπου εξοπλισμού του συστήματος (πίνακες, συσσωρευτές, ρυθμιστές φόρτισης και αντιστροφέας) πρέπει να γίνεται σε κατάλληλο χώρο, μη προσβάσιμο από τους επισκέπτες της οικίας και κατάλληλα αεριζόμενο για την ασφαλή λειτουργία των συσσωρευτών. Η εσωτερική και εξωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση της οικίας μελετήθηκαν και σχεδιάστηκαν βάσει των κανόνων του Προτύπου ΕΛΟΤ HD384. Ο υπολογισμός της διατομής ενός υπογείου καλωδίου τροφοδότησης ενός συμπληρωματικού κτιρίου (ξενώνα) έγινε με βάση την ικανότητα φόρτισης του καλωδίου και την επιτρεπόμενη πτώση τάσης.

Για τη συγκεκριμένη οικία προέκυψε ότι η ηλεκτρική τροφοδότηση με τη χρήση αυτόνομου συστήματος είναι πιο οικονομική έναντι της ηλεκτρικής τροφοδότησης από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ. Προέκυψε επίσης ότι, ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις κάθε οικίας και τη διαστασιολόγηση του αυτόνομου συστήματος, είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας ελάχιστης

απόστασης από το δίκτυο διανομής, πέρα από την οποία είναι οικονομικά πιο συμφέρουσα η τροφοδότηση με αυτόνομο σύστημα.

Ως επέκταση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα μπορούσε να εξεταστεί η διαστασιολόγηση ενός υβριδικού συστήματος αυτόνομης τροφοδότησης με τη προσθήκη ανεμογεννήτριας και να διαπιστωθεί η επίδρασή της τόσο τεχνικά όσο και οικονομικά.

---

## 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- [1] **Πρότυπο ΕΛΟΤ HD384** - Κανονισμοί Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων
- [2] [http://www.sarrisg.gr/n/?Hlektrologiki\\_Nomothesia](http://www.sarrisg.gr/n/?Hlektrologiki_Nomothesia)
- [3] **Σπαθής Β. (2016)**. Διπλωματική εργασία: *ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΤΕΓΗΣ*
- [4] **Παραλαίμου Μ. 2016**. Μελέτη ηλεκτρικής εγκατάστασης σε οικία
- [5] <http://www.cablel.gr>
- [6] **Μονιάκης Ε. 2010**. Σημειώσεις μαθήματος: *Μηχανολογικές Εγκαταστάσεις 2*, ΤΕΙ Κρήτης
- [7] **Κατσιγιάννης Ι. 2016**. Σημειώσεις μαθήματος: *Ανάλυση Εγκαταστάσεων και Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας*, Πολυτεχνείο Κρήτης
- [8] <https://www.energeiakes-lyseis.gr/αυτόνομα-φωτοβολταϊκά-συστήματα>
- [9] <http://solarpanelsystem.in/off-grid-solar-system>
- [10] <https://www.businessstrategies24.com>
- [11] <https://el.wikipedia.org/wiki/Φωτοβολταϊκά>
- [12] **Μπινώλη Μ. 2010**. Διπλωματική εργασία: *Προσομοίωση λειτουργίας φωτοβολταϊκού πλαισίου και έλεγχος απόδοσης του*, Ξάνθη
- [13] **Λιβανιού Η. 2013**. Διπλωματική εργασία: *Μελέτη της απόδοσης Φωτοβολταϊκής μονάδας της Κρήτης*, Βόλος
- [14] **Αθανασόπουλος Σ. 2017**. Διπλωματική εργασία: *Μελέτη αυτόνομου υβριδικού συστήματος για τροφοδότηση αγροικίας*
- [15] **Κυριακού Ν. 2014**. Διπλωματική εργασία: *Εξομοίωση υβριδικού συστήματος με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για εγκατάσταση στην Κύπρο*, Πανεπιστήμιο Πατρών
- [16] **Σταυρακάκης Γ. 2015**. *Φωτοβολταϊκά ενεργειακά συστήματα*, Πολυτεχνείο Κρήτης
- [17] **Μαρκάτου Μ. 2011**. Διπλωματική εργασία: *Σχεδίαση αυτόνομου υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος*
- [18] **ΤΕΕ ΤΚΜ. 2011**. *Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων*, Θεσσαλονίκη
- [19] <https://www.google.com/intl/el/earth/>
- [20] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- [21] <https://www.luxor-solar.com/en/>
- [22] <http://www.outbackpower.com/>

- [23] <http://www.systems-sunlight.com/el/>
- [24] <https://www.victronenergy.gr/>
- [25] **Ντοκόπουλος Π. 2005.** *Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών*
- [26] **Τζινευράκης Α. 2016.** Σημειώσεις μαθήματος: *Ηλεκτρολογικό Σχέδιο και Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις*
- [27] **Σταυρακάκης Γ. 2008.** Σημειώσεις μαθήματος: *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*, Πολυτεχνείο Κρήτης
- [28] **Βασιλαντωνόπουλου Σ. 2005.** *Ηλεκτρολογικό και Ηλεκτρονικό Σχέδιο*, Πάτρα
- [29] **Μπιτζιώνης Α. Β. 2000.** *Σύγχρονες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις*. Θεσσαλονίκη: Εκδ. Τζιόλα
- [30] **Τούλογλου Σ. 2004.** *Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κτιρίων συμβατικής τεχνικής (με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384) και τεχνικής eib-instabus*
- [31] **Τσακαλούδης Γ. 2014.** Πτυχιακή Εργασία: “*Μελέτη και εγκατάσταση αυτόνομου υβριδικού συστήματος*”, Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης
- [32] **Κιμουλάκη Ν.Μ. 2006.** *Κτιριακές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις – σύμφωνα με το «ΕΛΟΤ HD384»*
- [33] **Κατσίφη Α. 2015.** Διπλωματική εργασία: *ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ*
- [34] <http://www.cres.gr>



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

## Παράρτημα 1 – Τεχνικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού φωτοβολταϊκού συστήματος

Τεχνικά χαρακτηριστικά ΦΒ πλαισίου:

### ECO LINE M60/280 – 300 W

Monocrystalline module family

Electrical data	LX-280M	LX-285M	LX-290M	LX-295M	LX-300M
Rated power P <sub>mp</sub> [Wp]	280.00	285.00	290.00	295.00	300.00
P <sub>mp</sub> range from	280.00	285.00	290.00	295.00	300.00
P <sub>mp</sub> range to	286.49	291.49	296.49	301.49	306.49
Rated current I <sub>mp</sub> [A]	8.80	8.92	9.04	9.16	9.28
Rated voltage V <sub>mp</sub> [V]	31.86	32.05	32.12	32.22	32.38
Short-circuit current I <sub>sc</sub> [A]	9.20	9.30	9.39	9.49	9.59
Open-circuit voltage U <sub>oc</sub> [V]	38.24	38.42	38.60	38.78	38.96
Efficiency at STC	17.24%	17.58%	17.84%	18.14%	18.47%
Efficiency at 200 W/m <sup>2</sup>	16.78%	17.10%	17.36%	17.65%	17.97%
NOCT [°C]	45 ± 2 °C	45 ± 2 °C	45 ± 2 °C	45 +/- 2 °C	45 +/- 2 °C

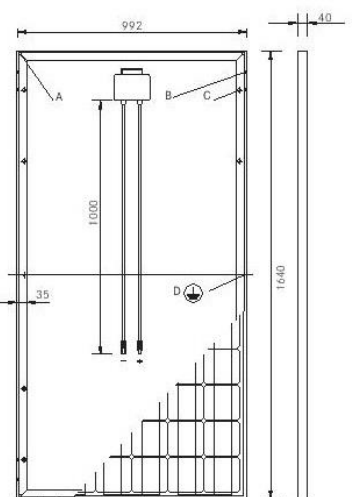
Specification as per STC (Standard test conditions): irradiance 1000 W/m<sup>2</sup> | module temperature 25 °C | AM = 1.5  
NOCT (nominal operating cell temperature): irradiance 800 W/m<sup>2</sup> | wind speed 1 m/sec | temperature 20 °C | AM = 1.5

Limiting values	LX-280M / LX-285M / LX-290M / LX-295M / LX-300M
Max. system voltage [V]	1000 V
Max. return current [I]	20 A
Temperature range	-40 to 85 °C
Snow-load zone <sup>2</sup>	approval up to SLZ 3 (according to DIN 1055)
Max. pressure load (static)	5400 Pa

Temperature coefficient	LX-280M / LX-285M / LX-290M / LX-295M / LX-300M
Temperature coefficient [V]   [I]   [P]	-0.34 % / °C   0.05 % / °C   -0.45 % / °C

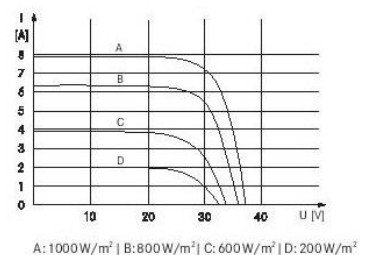
Specifications	LX-280M / LX-285M / LX-290M / LX-295M / LX-300M
Number of cells (matrix)	6 x 10, three strings in a row
Cell size	156 mm x 156 mm (diagonal: 200 mm)
Module dimensions (L x W x H) <sup>2</sup>   Weight	1,640 mm x 992 mm x 40 mm   18.2 kg
Front-side glass	3.2 mm hardened solar glass with low iron content
Frame	stable, anodised aluminium frame in a hollow-section design
Socket	plastic (PPO), IP68, strain-relieved
Diodes	3 Schottky Diodes 20A

Back view/ Front view/ Side view<sup>3</sup>



- A: 4 x drainage 10\*10 mm
- B: 8 x ventilation aperture 3\*7 mm
- C: 8 x mounting hole<sup>4</sup> d = 7 mm
- D: 2 x earthing d = 2 mm

Characteristics



## Τεχνικά χαρακτηριστικά ρυθμιστή φόρτισης:

### FLEXmax 60/80 SPECIFICATIONS

04/2017E

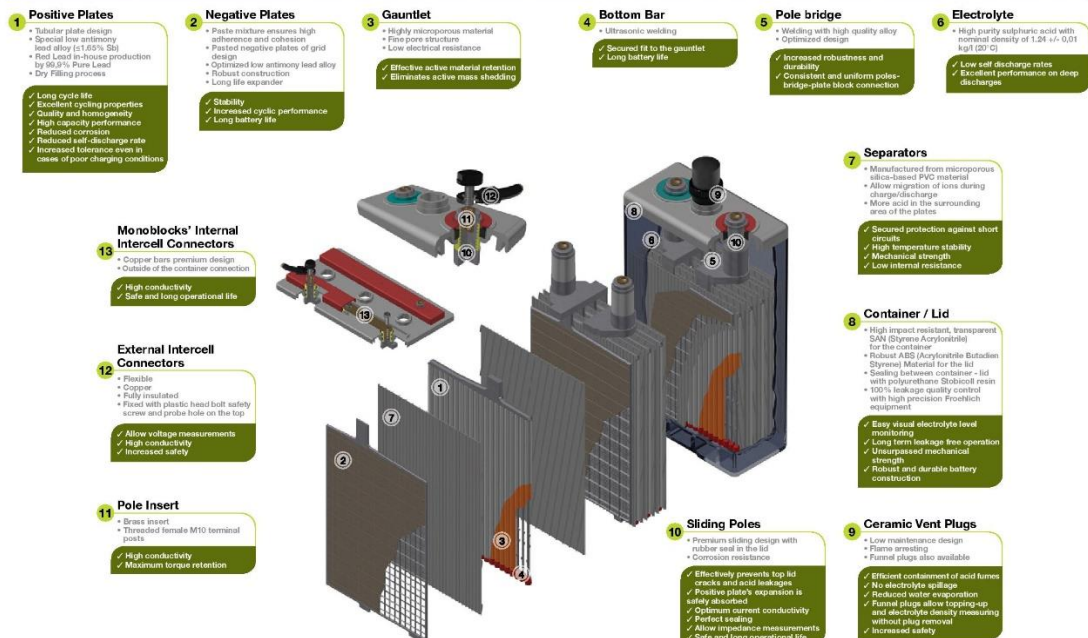
Models*:	FLEXmax 80 (FM80-150VDC)	FLEXmax 60 (FM60-150VDC)
<b>Nominal Battery Voltages</b>	12, 24, 36, 48, or 60VDC (Single model, selectable via field programming at start-up)	12, 24, 36, 48, or 60VDC (Single model, selectable via field programming at start-up)
<b>Maximum Output Current</b>	80A @ 104°F (40°C) with adjustable current limit	60A @ 104°F (40°C) with adjustable current limit
<b>NEC Recommended Solar Maximum Array STC Nameplate</b>	<b>12VDC systems:</b> 1000W / <b>24VDC systems:</b> 2000W <b>48VDC systems:</b> 4000W / <b>60VDC systems:</b> 5000W	<b>12VDC systems:</b> 750W / <b>24VDC systems:</b> 1500W <b>48VDC systems:</b> 3000W / <b>60VDC systems:</b> 3750W
<b>PV Open Circuit Voltage (VOC)</b>	150VDC absolute maximum coldest conditions / 145VDC start-up and operating maximum	150VDC absolute maximum coldest conditions / 145VDC start-up and operating maximum
<b>Standby Power Consumption</b>	Less than 1W typical	Less than 1W typical
<b>Power Conversion Efficiency</b>	97.5% @ 80ADC in a 48VDC System (typical)	98.1% @ 60ADC in a 48VDC System (typical)
<b>Peak Efficiency</b>	60VDC input w/48V battery at 53.1VDC (98.44%)	68VDC input w/48V battery at 52.8VDC (98.31%)
<b>Charging Regulation</b>	Bulk, absorption, float, silent and equalization	Bulk, absorption, float, silent and equalization
<b>Voltage Regulation Set points</b>	13 to 80VDC user adjustable with password protection	13 to 80VDC user adjustable with password protection
<b>Equalization Charging</b>	Programmable voltage setpoint and duration, automatic termination when completed	Programmable voltage setpoint and duration, automatic termination when completed
<b>Battery Temperature Compensation</b>	Automatic with optional RTS installed / 5.0mV per °C per 2V battery cell	Automatic with optional RTS installed / 5.0mV per °C per 2V battery cell
<b>Voltage Step-Down Capability</b>	Down convert from any acceptable array voltage to any battery voltage. <b>Example:</b> 72VDC array to 24VDC battery; 60VDC array to 48VDC battery	
<b>Programmable Auxiliary Control Output</b>	12VDC output signal which can be programmed for different control applications (maximum of 0.2ADC)	
<b>Status Display</b>	3.1" (8 cm) backlit LCD screen, 4 lines with 80 alphanumeric characters total	3.1" (8 cm) backlit LCD screen, 4 lines with 80 alphanumeric characters total
<b>Remote Display and Controller</b>	Optional MATE3, MATE or MATE2	Optional MATE3, MATE or MATE2
<b>Network Cabling</b>	Proprietary network system using RJ-45 modular connectors with CAT5 cable (8 wires)	Proprietary network system using RJ-45 modular connectors with CAT5 cable (8 wires)
<b>Data Logging</b>	<b>Last 128 days of operation:</b> amp-hours, watt-hours, time in float, peak watts, amps, solar array voltage, maximum battery voltage, min. battery voltage and absorb time, accumulated amp-hours, and kWh of production	
<b>Operating Temperature Range</b>	-40 to 60°C (power automatically derated above 40°C)	-40 to 60°C (power automatically derated above 40°C)
<b>Environmental Rating</b>	Indoor Type 1	Indoor Type 1
<b>Conduit Knockouts</b>	One 1" (25.4mm) on the back; One 1" (25.4mm) on the left side; Two 1" (25.4mm) on the bottom	One 1" (25.4mm) on the back; One 1" (25.4mm) on the left side; Two 1" (25.4mm) on the bottom
<b>Warranty</b>	Standard 5-year / Available 10-year	Standard 5-year / Available 10-year
<b>Weight (lb./kg)</b>	<b>Unit:</b> 12.20 / 5.53 <b>Shipping:</b> 15.5 / 7	<b>Unit:</b> 11.65 / 5.3 <b>Shipping:</b> 14.9 / 6.8
<b>Dimensions H x W x D (in/cm)</b>	<b>Unit:</b> 16.25 x 5.75 x 4.5 / 41.3 x 14.6 x 11.4 <b>Shipping:</b> 19 x 9.5 x 8.5 / 48.3 x 24.1 x 21.6	<b>Unit:</b> 13.75 x 5.75 x 4.5 / 35 x 14.6 x 11.4 <b>Shipping:</b> 17 x 9.5 x 8.5 / 43.2 x 24.1 x 21.6
<b>Options</b>	Remote Temperature Sensor (RTS), HUB4, HUB10.3, MATE, MATE2, MATE3	Remote Temperature Sensor (RTS), HUB4, HUB10.3, MATE, MATE2, MATE3
<b>Menu Languages</b>	English & Spanish	English & Spanish
<b>Certifications</b>	ETL Listed to UL1741, CSA C22.2 No. 107.1	ETL Listed to UL1741, CSA C22.2 No. 107.1

\*Use appropriate wire size in accordance with NEC.

## Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών:



### TECHNICAL FEATURES & PRODUCT BENEFITS



4 www.systems-sunlight.com

www.systems-sunlight.com 5

## PRODUCT RANGE

Type	Positive Plates Number	Number of Poles	Nom. capacity (Ah at 20°C)					Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)	Height <sup>2</sup> (mm)	Poles Distance	Filled Weight (approx. kg)	Dry Weight (approx. kg)	Internal Resistance (mOhm)	Short Circuit Current (A)
			C240 1.85 Vpc	C120 1.85 Vpc	C48 1.80 Vpc	C24 1.80 Vpc	C12 1.80 Vpc									
2V 2 RES OPzS 185	2	2	197	187	168	148	132	103	206	355	369	—	14	8	1.620	1240
2V 3 RES OPzS 260	3	2	274	263	235	209	188	103	206	355	369	—	16	11	1.083	1860
2V 4 RES OPzS 300	4	2	310	300	272	243	224	103	206	355	369	—	18	13	0.847	2380
2V 5 RES OPzS 375	5	2	391	378	343	307	281	124	206	355	369	—	21	15	0.671	3000
2V 6 RES OPzS 450	6	2	470	454	411	368	338	145	206	355	369	—	26	19	0.575	3500
2V 5 RES OPzS 550	5	2	574	553	498	444	413	124	206	471	485	—	28	21	0.608	3300
2V 6 RES OPzS 660	6	2	686	661	596	530	494	145	206	471	485	—	34	24	0.518	3900
2V 7 RES OPzS 750	7	2	780	750	676	602	564	166	206	471	485	—	39	28	0.453	4450
2V 5 RES OPzS 900	5	2	948	904	797	695	639	145	206	646	660	—	42	29	0.537	3750
2V 6 RES OPzS 965	6	2	1006	966	859	754	703	145	206	646	660	—	46	33	0.447	4500
2V 7 RES OPzS 1230	7	4	1286	1230	1088	950	877	191	210	646	660	80	60	43	0.378	5350
2V 8 RES OPzS 1275	8	4	1330	1278	1139	1001	934	191	210	646	660	80	64	47	0.327	6200
2V 9 RES OPzS 1480	9	4	1546	1484	1319	1157	1076	233	210	646	660	110	73	53	0.292	6950
2V 10 RES OPzS 1590	10	4	1656	1592	1419	1248	1165	233	210	646	660	110	78	57	0.261	7750
2V 12 RES OPzS 1905	12	4	1985	1908	1695	1487	1391	275	210	646	660	140	91	66	0.228	8850
2V 11 RES OPzS 2285	11	4	2369	2286	2064	1830	1698	275	210	797	811	140	111	76	0.238	8500
2V 12 RES OPzS 2225	12	4	2294	2226	2024	1807	1701	275	210	797	811	140	115	81	0.225	9000
2V 14 RES OPzS 2765	14	6	2868	2770	2505	2224	2069	397	212	772	786	110	143	96	0.195	10350
2V 15 RES OPzS 2920	15	6	3019	2921	2650	2361	2208	397	212	772	786	110	149	103	0.176	11500
2V 16 RES OPzS 2970	16	6	3065	2972	2710	2424	2279	397	212	772	786	110	155	109	0.160	12600
2V 18 RES OPzS 3780	18	8	3917	3780	3419	3038	2811	487	212	772	786	110	184	125	0.140	14450
2V 20 RES OPzS 4075	20	8	4217	4076	3696	3291	3057	487	212	772	786	110	201	135	0.125	16200
2V 24 RES OPzS 4620	24	8	4769	4620	4199	3747	3508	576	212	772	786	140	230	158	0.108	18800
6V 3 RES OPzS 240	3	2	252	242	221	199	184	233	224	345	377	—	41	30	1.138	1780
6V 4 RES OPzS 280	4	2	293	283	261	237	223	272	205	332	361	—	47	35	0.900	2240
6V 5 RES OPzS 385	5	2	403	389	355	320	298	380	205	332	361	—	61	44	0.760	2660
6V 6 RES OPzS 405	6	2	422	408	376	341	323	380	205	332	361	—	67	51	0.667	3040
12V 1 RES OPzS 85	1	2	91	86	78	71	65	272	205	332	361	—	38	24	3.226	620
12V 2 RES OPzS 130	2	2	137	132	121	111	106	272	205	332	361	—	49	38	1.613	1260
12V 3 RES OPzS 190	3	2	199	191	176	161	155	380	205	332	361	—	70	53	1.138	1780

\* Includes installed connectors and shrouds



## Τεχνικά χαρακτηριστικά αντιστροφή:

MultiPlus	12 Volt 24 Volt 48 Volt	C 12/800/35 C 24/ 800/16	C 12/1200/50 C 24/1200/25	C 12/1600/70 C 24/1600/40	C 12/2000/80 C 24/2000/50	12/3000/120 24/3000/70 48/3000/35	24/5000/120 48/5000/70
PowerControl		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerAssist		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Transfer switch (A)		16	16	16	30	16 or 50	100
INVERTER							
Input voltage range (V DC)	9,5 – 17 V    19 – 33 V    38 – 66 V						
Output	Output voltage: 230 VAC ± 2%    Frequency: 50 Hz ± 0,1% (1)						
Cont. output power at 25°C (VA) (3)	800	1200	1600	2000	3000	5000	
Cont. output power at 25°C (W)	700	1000	1300	1600	2400	4000	
Cont. output power at 40°C (W)	650	900	1200	1400	2200	3700	
Cont. output power at 65°C (W)	400	600	800	1000	1700	3000	
Peak power (W)	1600	2400	3000	4000	6000	10.000	
Maximum efficiency (%)	92 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94 / 95	94 / 95	
Zero load power (W)	8 / 10	8 / 10	8 / 10	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35	
Zero load power in AES mode (W)	5 / 8	5 / 8	5 / 8	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30	
Zero load power in Search mode (W)	2 / 3	2 / 3	2 / 3	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15	
CHARGER							
AC Input	Input voltage range: 187-265 VAC    Input frequency: 45 – 65 Hz    Power factor: 1						
Charge voltage 'absorption' (V DC)	14,4 / 28,8 / 57,6						
Charge voltage 'float' (V DC)	13,8 / 27,6 / 55,2						
Storage mode (V DC)	13,2 / 26,4 / 52,8						
Charge current house battery (A) (4)	35 / 16	50 / 25	70 / 40	80 / 50	120 / 70 / 35	120 / 70	
Charge current starter battery (A)	4 (12 V and 24 V models only)						
Battery temperature sensor	yes						
GENERAL							
Auxiliary output (5)	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	Yes (16A)	Yes (50A)	
Programmable relay (6)	Yes						
Protection (2)	a - g						
VE Bus communication port	For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration						
General purpose com. port	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	Yes	Yes	
Remote on-off	Yes						
Common Characteristics	Operating temp. range: -40 to +65°C (fan assisted cooling)    Humidity (non-condensing): max 95%						
ENCLOSURE							
Common Characteristics	Material & Colour: aluminium (blue RAL 5012)    Protection category: IP 21						
Battery-connection	battery cables of 1.5 meter			M8 bolts	Four M8 bolts (2 plus and 2 minus connections)		
230 V AC-connection	G-ST18i connector			Spring-clamp	Screw terminals 13 mm <sup>2</sup> (6 AWG)	M6 bolts	
Weight (kg)	10	10	10	12	18	30	
Dimensions (hxxwxd in mm)	375x214x110			520x255x125	362x258x218	444x328x240	
STANDARDS							
Safety	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, IEC 62109-1						
Emission, Immunity	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3						
Road vehicles	12V and 24V models: ECE R10-4						
Anti-islanding	See our website						
1) Can be adjusted to 60 Hz; 120 V 60 Hz on request 2) Protection key: a) output short circuit b) overload c) battery voltage too high d) battery voltage too low e) temperature too high f) 230 VAC on inverter output g) input voltage ripple too high 3) Non-linear load, crest factor 3:1 4) At 25°C ambient 5) Switches off when no external AC source available 6) Programmable relay that can a.o. be set for general alarm, DC under voltage or genset start/stop function AC rating: 230 V/4A DC rating: 4 A up to 35 VDC, 1 A up to 60 VDC							

## Παράρτημα 2 – Πίνακες υπολογισμού των δόσεων των δανείων

Σενάριο Α							
Περίοδος	Αρχή έτους	Τέλος έτους	Τόκοι	Κεφάλαιο	Σύνολο	Υπολογισμός της ετήσιας δόσης του δανείου	
	Κεφάλαιο	Κεφάλαιο	Πληρωμή				
1	8.982	8.284	494	698	1.192	Επιτόκιο (ρ)	5,5
2	8.284	7.548	456	736	1.192	Διάρκεια δανείου (N)	10
3	7.548	6.772	415	776	1.192	Κεφάλαιο (K)	8982
4	6.772	5.953	372	819	1.192	capital + interest	$(1 - 1/(1+p)^N)/p \wedge -1 * K$
5	5.953	5.089	327	864	1.192		
6	5.089	4.177	280	912	1.192	$(1+p)^N$	1,708
7	4.177	3.215	230	962	1.192	$1/ (1+p)^N$	0,585430579
8	3.215	2.200	177	1.015	1.192	$(1 - 1/(1+p)^N)$	0,415
9	2.200	1.129	121	1.071	1.192	$(1 - 1/(1+p)^N)/p$	7,538
10	1.129	0	62	1.129	1.192	$(1 - 1/(1+p)^N)/p \wedge -1 * K$	1.191.622

Σενάριο Β							
Περίοδος	Αρχή έτους	Τέλος έτους	Τόκοι	Κεφάλαιο	Σύνολο	Υπολογισμός της ετήσιας δόσης του δανείου	
	Κεφάλαιο	Κεφάλαιο	Πληρωμή				
1	9.732	8.976	535	756	1.291	Επιτόκιο (ρ)	5,5
2	8.976	8.179	494	797	1.291	Διάρκεια δανείου (N)	10
3	8.179	7.337	450	841	1.291	Κεφάλαιο (Κ)	9732
4	7.337	6.450	404	888	1.291	capital + interest	$(1 - 1/(1+p)^N)/p \cdot 1 * K$
5	6.450	5.513	355	936	1.291		
6	5.513	4.526	303	988	1.291	$(1+p)^N$	1,708
7	4.526	3.483	249	1.042	1.291	$1/ (1+p)^N$	0,585430579
8	3.483	2.384	192	1.100	1.291	$(1 - 1/(1+p)^N)$	0,415
9	2.384	1.224	131	1.160	1.291	$(1 - 1/(1+p)^N)/p$	7,538
10	1.224	0	67	1.224	1.291	$(1 - 1/(1+p)^N)/p \cdot 1 * K$	1.291,123

Σενάριο Γ							
Περίοδος	Αρχή έτους	Τέλος έτους	Τόκοι	Κεφάλαιο	Σύνολο	Υπολογισμός της ετήσιας δόσης του δανείου	
	Κεφάλαιο	Κεφάλαιο	Πληρωμή				
1	11.922	10.996	656	926	1.582	Επιτόκιο (ρ)	5,5
2	10.996	10.019	605	977	1.582	Διάρκεια δανείου (N)	10
3	10.019	8.989	551	1.031	1.582	Κεφάλαιο (K)	11922
4	8.989	7.901	494	1.087	1.582	capital + interest	$(1 - 1/(1+p)^N)/p \wedge -1 * K$
5	7.901	6.754	435	1.147	1.582		
6	6.754	5.544	371	1.210	1.582	$(1+p)^N$	1,708
7	5.544	4.267	305	1.277	1.582	$1/ (1+p)^N$	0,585430579
8	4.267	2.920	235	1.347	1.582	$(1 - 1/(1+p)^N)$	0,415
9	2.920	1.499	161	1.421	1.582	$(1 - 1/(1+p)^N)/p$	7,538
10	1.499	0	82	1.499	1.582	$(1 - 1/(1+p)^N)/p \wedge -1 * K$	1.581.665

Σενάριο Δ						
Περίοδος	Αρχή έτους	Τέλος έτους	Τόκοι	Κεφάλαιο	Σύνολο	Υπολογισμός της ετήσιας δόσης του δανείου
	Κεφάλαιο	Κεφάλαιο	Πληρωμή			
1	11.672	10.765	642	907	1.548	Επιτόκιο (ρ)
2	10.765	9.809	592	956	1.548	5,5
3	9.809	8.800	539	1.009	1.548	Διάρκεια δανείου (N)
4	8.800	7.736	484	1.064	1.548	10
5	7.736	6.613	425	1.123	1.548	Κεφάλαιο (K)
6	6.613	5.428	364	1.185	1.548	11672
7	5.428	4.178	299	1.250	1.548	capital + interest
8	4.178	2.859	230	1.319	1.548	$(1 - 1/(1+ρ)^N)/ρ^{ρ-1} * K$
9	2.859	1.468	157	1.391	1.548	
10	1.468	0	81	1.468	1.548	$(1+ρ)^N$
						1,708
						$1/(1+ρ)^N$
						0,585430579
						$(1 - 1/(1+ρ)^N)$
						0,415
						$(1 - 1/(1+ρ)^N)/ρ$
						7,538
						$(1 - 1/(1+ρ)^N)/ρ^{ρ-1} * K$
						1.548,498

Σενάριο Ε							
Περίοδος	Αρχή έτους	Τέλος έτους	Τόκοι	Κεφάλαιο	Σύνολο	Υπολογισμός της ετήσιας δόσης του δανείου	
	Κεφάλαιο	Κεφάλαιο	Πληρωμή				
1	15.000	13.835	825	1.165	1.990	Επιτόκιο (ρ)	5,5
2	13.835	12.606	761	1.229	1.990	Διάρκεια δανείου (N)	10
3	12.606	11.309	693	1.297	1.990	Κεφάλαιο (K)	15000
4	11.309	9.941	622	1.368	1.990	capital + interest	$(1 - 1/(1+\rho)^N)/\rho \cdot 1 \cdot K$
5	9.941	8.498	547	1.443	1.990		
6	8.498	6.975	467	1.523	1.990	$(1+\rho)^N$	1,708
7	6.975	5.369	384	1.606	1.990	$1/(1+\rho)^N$	0,585430579
8	5.369	3.674	295	1.695	1.990	$(1 - 1/(1+\rho)^N)$	0,415
9	3.674	1.886	202	1.788	1.990	$(1 - 1/(1+\rho)^N)/\rho$	7,538
10	1.886	0	104	1.886	1.990	$(1 - 1/(1+\rho)^N)/\rho \cdot 1 \cdot K$	1.990,017

### Παράρτημα 3 – Πίνακες υπολογισμού της ΚΠΑ για όλα τα σενάρια

ΚΠΑ (ΣΕΝΑΡΙΟ Α ΧΩΡΙΣ ΔΑΝΕΙΟ)			
ΠΕΡΙΟΔΟΙ	ΤΑΜΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ	ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ	ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 0	-8.982,00 €	0,85%	-8.982,00 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1	-392,00 €	0,85%	-388,70 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2	-394,50 €	0,85%	-387,87 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 3	-397,02 €	0,85%	-387,07 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 4	-399,59 €	0,85%	-386,28 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 5	-402,18 €	0,85%	-385,52 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 6	-404,81 €	0,85%	-384,76 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 7	-3.037,31 €	0,85%	-2.862,58 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 8	-410,17 €	0,85%	-383,31 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 9	-412,90 €	0,85%	-382,62 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 10	-415,67 €	0,85%	-381,93 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 11	-418,47 €	0,85%	-381,27 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 12	-421,31 €	0,85%	-380,62 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 13	-2.176,31 €	0,85%	-1.949,55 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 14	-427,10 €	0,85%	-379,38 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 15	-430,06 €	0,85%	-378,78 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 16	-433,05 €	0,85%	-378,20 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 17	-436,08 €	0,85%	-377,63 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 18	-439,15 €	0,85%	-377,09 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 19	-442,25 €	0,85%	-376,56 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 20	-1.495,25 €	0,85%	-1.262,40 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 21	-448,59 €	0,85%	-375,54 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 22	-451,83 €	0,85%	-375,06 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 23	-455,10 €	0,85%	-374,59 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 24	-458,42 €	0,85%	-374,14 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 25	-461,77 €	0,85%	-373,71 €
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ			-23.427,17 €

<b>ΚΠΑ (ΣΕΝΑΡΙΟ Β ΧΩΡΙΣ ΔΑΝΕΙΟ)</b>			
ΠΕΡΙΟΔΟΙ	ΤΑΜΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ	ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ	ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 0	-9.732,00 €	0,85%	-9.732,00 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1	-392,00 €	0,85%	-388,70 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2	-394,50 €	0,85%	-387,87 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 3	-397,02 €	0,85%	-387,07 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 4	-399,59 €	0,85%	-386,28 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 5	-402,18 €	0,85%	-385,52 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 6	-404,81 €	0,85%	-384,76 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 7	-3.037,31 €	0,85%	-2.862,58 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 8	-410,17 €	0,85%	-383,31 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 9	-412,90 €	0,85%	-382,62 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 10	-415,67 €	0,85%	-381,93 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 11	-418,47 €	0,85%	-381,27 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 12	-421,31 €	0,85%	-380,62 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 13	-2.176,31 €	0,85%	-1.949,55 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 14	-427,10 €	0,85%	-379,38 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 15	-430,06 €	0,85%	-378,78 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 16	-433,05 €	0,85%	-378,20 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 17	-436,08 €	0,85%	-377,63 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 18	-439,15 €	0,85%	-377,09 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 19	-442,25 €	0,85%	-376,56 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 20	-1.495,25 €	0,85%	-1.262,40 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 21	-448,59 €	0,85%	-375,54 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 22	-451,83 €	0,85%	-375,06 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 23	-455,10 €	0,85%	-374,59 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 24	-458,42 €	0,85%	-374,14 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 25	-461,77 €	0,85%	-373,71 €
<b>ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ</b>			<b>-24.177,17 €</b>

<b>ΚΠΑ (ΣΕΝΑΡΙΟ Γ ΧΩΡΙΣ ΔΑΝΕΙΟ)</b>			
ΠΕΡΙΟΔΟΙ	ΤΑΜΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ	ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ	ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 0	-11.922,00 €	0,85%	-11.922,00 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1	-258,00 €	0,85%	-255,83 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2	-258,75 €	0,85%	-254,41 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 3	-259,52 €	0,85%	-253,01 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 4	-260,29 €	0,85%	-251,63 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 5	-261,08 €	0,85%	-250,26 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 6	-261,87 €	0,85%	-248,90 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 7	-262,67 €	0,85%	-247,56 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 8	-263,49 €	0,85%	-246,24 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 9	-4.455,99 €	0,85%	-4.129,15 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 10	-265,15 €	0,85%	-243,63 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 11	-266,00 €	0,85%	-242,35 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 12	-266,85 €	0,85%	-241,08 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 13	-267,72 €	0,85%	-239,83 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 14	-268,60 €	0,85%	-238,59 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 15	-269,50 €	0,85%	-237,36 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 16	-270,40 €	0,85%	-236,15 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 17	-2.850,40 €	0,85%	-2.468,40 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 18	-272,24 €	0,85%	-233,77 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 19	-273,18 €	0,85%	-232,60 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 20	-274,13 €	0,85%	-231,44 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 21	-275,10 €	0,85%	-230,30 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 22	-276,07 €	0,85%	-229,17 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 23	-277,06 €	0,85%	-228,05 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 24	-278,06 €	0,85%	-226,95 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 25	-279,08 €	0,85%	-225,85 €
<b>ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ</b>			<b>-24.044,51 €</b>



<b>ΚΠΑ (ΣΕΝΑΡΙΟ Δ ΧΩΡΙΣ ΔΑΝΕΙΟ)</b>			
<b>ΠΕΡΙΟΔΟΙ</b>	<b>ΤΑΜΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ</b>	<b>ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ</b>	<b>ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ</b>
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 0	-12.672,00 €	0,85%	-12.672,00 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1	-258,00 €	0,85%	-255,83 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2	-258,75 €	0,85%	-254,41 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 3	-259,52 €	0,85%	-253,01 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 4	-260,29 €	0,85%	-251,63 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 5	-261,08 €	0,85%	-250,26 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 6	-261,87 €	0,85%	-248,90 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 7	-262,67 €	0,85%	-247,56 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 8	-263,49 €	0,85%	-246,24 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 9	-4.455,99 €	0,85%	-4.129,15 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 10	-265,15 €	0,85%	-243,63 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 11	-266,00 €	0,85%	-242,35 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 12	-266,85 €	0,85%	-241,08 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 13	-267,72 €	0,85%	-239,83 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 14	-268,60 €	0,85%	-238,59 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 15	-269,50 €	0,85%	-237,36 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 16	-270,40 €	0,85%	-236,15 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 17	-2.850,40 €	0,85%	-2.468,40 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 18	-272,24 €	0,85%	-233,77 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 19	-273,18 €	0,85%	-232,60 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 20	-274,13 €	0,85%	-231,44 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 21	-275,10 €	0,85%	-230,30 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 22	-276,07 €	0,85%	-229,17 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 23	-277,06 €	0,85%	-228,05 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 24	-278,06 €	0,85%	-226,95 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 25	-279,08 €	0,85%	-225,85 €
<b>ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ</b>			<b>-24.794,51 €</b>

<b>ΚΠΑ (ΣΕΝΑΡΙΟ Ε ΧΩΡΙΣ ΔΑΝΕΙΟ)</b>			
ΠΕΡΙΟΔΟΙ	ΤΑΜΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ	ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ	ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 0	-15.000,00 €	0,85%	-15.000,00 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1	-650,00 €	0,85%	-644,52 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2	-656,50 €	0,85%	-645,48 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 3	-663,07 €	0,85%	-646,44 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 4	-669,70 €	0,85%	-647,40 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 5	-676,39 €	0,85%	-648,36 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 6	-683,16 €	0,85%	-649,33 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 7	-689,99 €	0,85%	-650,29 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 8	-696,89 €	0,85%	-651,26 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 9	-703,86 €	0,85%	-652,23 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 10	-710,90 €	0,85%	-653,20 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 11	-718,00 €	0,85%	-654,17 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 12	-725,18 €	0,85%	-655,15 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 13	-732,44 €	0,85%	-656,12 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 14	-739,76 €	0,85%	-657,10 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 15	-747,16 €	0,85%	-658,07 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 16	-754,63 €	0,85%	-659,05 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 17	-762,18 €	0,85%	-660,03 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 18	-769,80 €	0,85%	-661,01 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 19	-777,50 €	0,85%	-662,00 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 20	-785,27 €	0,85%	-662,98 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 21	-793,12 €	0,85%	-663,97 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 22	-801,05 €	0,85%	-664,96 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 23	-809,07 €	0,85%	-665,94 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 24	-817,16 €	0,85%	-666,93 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 25	-825,33 €	0,85%	-667,93 €
<b>ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ</b>			<b>-31.403,94 €</b>

<b>ΚΠΑ (ΣΕΝΑΡΙΟ Α ΜΕ ΔΑΝΕΙΟ)</b>			
<b>ΠΕΡΙΟΔΟΙ</b>	<b>ΚΕΡΔΗ ΠΡΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗ</b>	<b>ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ</b>	<b>ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ</b>
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 0	0,00 €	0,85%	0,00 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1	-1.584,00 €	0,85%	-1.570,65 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2	-1.586,50 €	0,85%	-1.559,87 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 3	-1.589,02 €	0,85%	-1.549,18 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 4	-1.591,59 €	0,85%	-1.538,60 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 5	-1.594,18 €	0,85%	-1.528,12 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 6	-1.596,81 €	0,85%	-1.517,74 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 7	-4.229,31 €	0,85%	-3.986,01 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 8	-1.602,17 €	0,85%	-1.497,27 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 9	-1.604,90 €	0,85%	-1.487,19 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 10	-1.607,67 €	0,85%	-1.477,19 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 11	-418,47 €	0,85%	-381,27 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 12	-421,31 €	0,85%	-380,62 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 13	-2.176,31 €	0,85%	-1.949,55 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 14	-427,10 €	0,85%	-379,38 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 15	-430,06 €	0,85%	-378,78 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 16	-433,05 €	0,85%	-378,20 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 17	-436,08 €	0,85%	-377,63 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 18	-439,15 €	0,85%	-377,09 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 19	-442,25 €	0,85%	-376,56 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 20	-1.495,25 €	0,85%	-1.262,40 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 21	-448,59 €	0,85%	-375,54 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 22	-451,83 €	0,85%	-375,06 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 23	-455,10 €	0,85%	-374,59 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 24	-458,42 €	0,85%	-374,14 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 25	-461,77 €	0,85%	-373,71 €
<b>ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ</b>			<b>-25.826,34 €</b>

<b>ΚΠΑ (ΣΕΝΑΡΙΟ Β ΜΕ ΔΑΝΕΙΟ)</b>			
<b>ΠΕΡΙΟΔΟΙ</b>	<b>ΚΕΡΔΗ ΠΡΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗ</b>	<b>ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ</b>	<b>ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ</b>
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 0	0,00 €	0,85%	0,00 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1	-1.687,00 €	0,85%	-1.672,78 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2	-1.689,50 €	0,85%	-1.661,14 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 3	-1.692,02 €	0,85%	-1.649,60 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 4	-1.694,59 €	0,85%	-1.638,17 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 5	-1.697,18 €	0,85%	-1.626,85 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 6	-1.699,81 €	0,85%	-1.615,64 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 7	-4.332,31 €	0,85%	-4.083,08 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 8	-1.705,17 €	0,85%	-1.593,53 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 9	-1.707,90 €	0,85%	-1.582,63 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 10	-1.710,67 €	0,85%	-1.571,83 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 11	-418,47 €	0,85%	-381,27 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 12	-421,31 €	0,85%	-380,62 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 13	-2.176,31 €	0,85%	-1.949,55 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 14	-427,10 €	0,85%	-379,38 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 15	-430,06 €	0,85%	-378,78 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 16	-433,05 €	0,85%	-378,20 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 17	-436,08 €	0,85%	-377,63 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 18	-439,15 €	0,85%	-377,09 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 19	-442,25 €	0,85%	-376,56 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 20	-1.495,25 €	0,85%	-1.262,40 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 21	-448,59 €	0,85%	-375,54 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 22	-451,83 €	0,85%	-375,06 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 23	-455,10 €	0,85%	-374,59 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 24	-458,42 €	0,85%	-374,14 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 25	-461,77 €	0,85%	-373,71 €
<b>ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ</b>			<b>-26.809,78 €</b>

<b>ΚΠΑ (ΣΕΝΑΡΙΟ Γ ΜΕ ΔΑΝΕΙΟ)</b>			
ΠΕΡΙΟΔΟΙ	ΤΑΜΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ	ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ	ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 0	0,00 €	0,85%	0,00 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1	-1.844,00 €	0,85%	-1.828,46 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2	-1.844,75 €	0,85%	-1.813,79 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 3	-1.845,52 €	0,85%	-1.799,25 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 4	-1.846,29 €	0,85%	-1.784,83 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 5	-1.847,08 €	0,85%	-1.770,54 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 6	-1.847,87 €	0,85%	-1.756,37 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 7	-1.848,67 €	0,85%	-1.742,32 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 8	-1.849,49 €	0,85%	-1.728,40 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 9	-6.041,99 €	0,85%	-5.598,82 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 10	-1.851,15 €	0,85%	-1.700,91 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 11	-266,00 €	0,85%	-242,35 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 12	-266,85 €	0,85%	-241,08 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 13	-267,72 €	0,85%	-239,83 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 14	-268,60 €	0,85%	-238,59 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 15	-269,50 €	0,85%	-237,36 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 16	-270,40 €	0,85%	-236,15 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 17	-2.850,40 €	0,85%	-2.468,40 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 18	-272,24 €	0,85%	-233,77 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 19	-273,18 €	0,85%	-232,60 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 20	-274,13 €	0,85%	-231,44 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 21	-275,10 €	0,85%	-230,30 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 22	-276,07 €	0,85%	-229,17 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 23	-277,06 €	0,85%	-228,05 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 24	-278,06 €	0,85%	-226,95 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 25	-279,08 €	0,85%	-225,85 €
<b>ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ</b>			<b>-27.265,58 €</b>

<b>ΚΠΑ (ΣΕΝΑΡΙΟ Δ ΜΕ ΔΑΝΕΙΟ)</b>			
ΠΕΡΙΟΔΟΙ	ΤΑΜΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ	ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ	ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 0	0,00 €	0,85%	0,00 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1	-1.943,00 €	0,85%	-1.926,62 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2	-1.943,75 €	0,85%	-1.911,13 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 3	-1.944,52 €	0,85%	-1.895,76 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 4	-1.945,29 €	0,85%	-1.880,53 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 5	-1.946,08 €	0,85%	-1.865,44 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 6	-1.946,87 €	0,85%	-1.850,47 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 7	-1.947,67 €	0,85%	-1.835,63 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 8	-1.948,49 €	0,85%	-1.820,92 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 9	-6.140,99 €	0,85%	-5.690,56 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 10	-1.949,31 €	0,85%	-1.791,11 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 11	-265,15 €	0,85%	-241,58 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 12	-266,00 €	0,85%	-240,31 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 13	-266,85 €	0,85%	-239,05 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 14	-267,72 €	0,85%	-237,81 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 15	-268,60 €	0,85%	-236,58 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 16	-269,50 €	0,85%	-235,36 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 17	-2.849,50 €	0,85%	-2.467,62 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 18	-270,40 €	0,85%	-232,19 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 19	-271,31 €	0,85%	-231,01 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 20	-272,24 €	0,85%	-229,85 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 21	-273,18 €	0,85%	-228,69 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 22	-274,13 €	0,85%	-227,56 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 23	-275,10 €	0,85%	-226,43 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 24	-276,07 €	0,85%	-225,32 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 25	-277,06 €	0,85%	-224,22 €
<b>ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ</b>			<b>-28.191,74 €</b>

<b>ΚΠΑ (ΣΕΝΑΡΙΟ Ε ΜΕ ΔΑΝΕΙΟ)</b>			
ΠΕΡΙΟΔΟΙ	ΤΑΜΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ	ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ	ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 0	0,00 €	0,85%	0,00 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1	-2.640,00 €	0,85%	-2.617,75 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2	-2.646,50 €	0,85%	-2.602,08 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 3	-2.653,07 €	0,85%	-2.586,55 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 4	-2.659,70 €	0,85%	-2.571,16 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 5	-2.666,39 €	0,85%	-2.555,90 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 6	-2.673,16 €	0,85%	-2.540,79 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 7	-2.679,99 €	0,85%	-2.525,82 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 8	-2.686,89 €	0,85%	-2.510,97 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 9	-2.693,86 €	0,85%	-2.496,27 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 10	-2.700,90 €	0,85%	-2.481,70 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 11	-718,00 €	0,85%	-654,17 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 12	-725,18 €	0,85%	-655,15 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 13	-732,44 €	0,85%	-656,12 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 14	-739,76 €	0,85%	-657,10 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 15	-747,16 €	0,85%	-658,07 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 16	-754,63 €	0,85%	-659,05 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 17	-762,18 €	0,85%	-660,03 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 18	-769,80 €	0,85%	-661,01 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 19	-777,50 €	0,85%	-662,00 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 20	-785,27 €	0,85%	-662,98 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 21	-793,12 €	0,85%	-663,97 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 22	-801,05 €	0,85%	-664,96 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 23	-809,07 €	0,85%	-665,94 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 24	-817,16 €	0,85%	-666,93 €
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 25	-825,33 €	0,85%	-667,93 €
<b>ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ</b>			<b>-35.404,39 €</b>