



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μοντελοποίηση Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων με Παρουσία  
Φωτοβολταϊκών Πηγών

Νεόφυτος Σεραφείμ

Επιβλέπων: Τσουκαλάς Ελευθέριος

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Ιούνιος 2018



UNIVERSITY OF  
THESSALY

Department of Electrical and Computer Engineering

DIPLOMA THESIS

Modeling Electric Power that include photovoltaic sources

Neofytos Serafim

Supervisor: Tsoukalas Lefteri

Professor, Department of Electrical and Computer Engineering

June 2018

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Τσουκαλά Ελευθέριο για την πολύτιμη βοήθεια του. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το κ. Χαράλαμπο Ιωάννου επιθεωρητή της ΑΗΚ στα γραφεία Πάφου για τις πολύτιμες οδηγίες και παρατηρήσεις που μου έδινε και το κ. Δημήτρη Ζημέρη καθηγητή μου στο μάθημα των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και όλους τους φίλους μου συνάδελφους και μη, για την συμπαράσταση που μου έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια.

Αφιερωμένη στην οικογένεια μου

## Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται μια ολοκληρωμένη ηλεκτρολογική μελέτη για μια κατοικία που βρίσκεται στο Τσέρι Λευκωσίας στην Κύπρο, συμπεριλαμβανομένου και μιας μελέτης για εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος διασυνδεδεμένου με το δίκτυο χαμηλής τάσης της ΑΗΚ. Επιπλέον, εκτός από τις μελέτες γίνεται μια μοντελοποίηση για την ηλεκτρική εγκατάσταση της οικίας χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Electrical Design και μια μοντελοποίηση του φωτοβολταϊκού συστήματος χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα PVSOL PREMIUM 2018.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται βασικές έννοιες στο τομέα των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων όπως οι κανονισμοί, συστήματα γείωσης και επιθεώρηση ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται βασικές έννοιες που σχετίζονται με τα φωτοβολταϊκά συστήματα και το νομικό πλαίσιο που ισχύει στη Κύπρο.

Στο τρίτο κεφάλαιο υπολογίζεται η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού της κατοικίας, κάνοντας μια φωτοτεχνική μελέτη με την βοήθεια του προγράμματος Dialux. Επίσης, υπολογίζεται και η εγκατεστημένη ισχύς των ρευματοδοτών και άλλων κυκλωμάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο υπολογίζονται τα θερμικά και τα ψυκτικά φορτία χώρου κλιματισμού, με τα οποία υπολογίζονται οι παροχές (εγκατεστημένη ισχύς) για τα κλιματιστικά και η παροχή της αντλίας θερμότητας.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μοντελοποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης με τη βοήθεια του Electrical Design.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μοντελοποίηση του διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος, μια οικονομική μελέτη και αναλύονται τα συμπεράσματα για τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και τα Φωτοβολταϊκά συστήματα.

### Λέξεις κλειδιά

Ηλεκτρική εγκατάσταση, σύστημα, γείωση, φωτοβολταϊκό σύστημα, διασυνδεδεμένο σύστημα, κλιματισμός, ισχύς, φωτοβολταϊκό πλαίσιο, απώλειες, μοντελοποίηση

## **Abstract**

The main aim of this study is to represent a complete electrical study for a building at Tseri area in Nicosia Cyprus, examines a study of installation of photovoltaic system connected with the low voltage grid of Electricity Authority of Cyprus (EAC). Moreover, except those studies we are going to modeling of an electrical installation of the building using a software program called Electrical Design and also a modeling of photovoltaic system using a software program called PVSOL PREMIUM 2018.

The first chapter presents basic terms in the field of electrical installation such as rules, earthing systems and inspection of electrical installations.

In the second chapter are analyzed basic terms related to photovoltaic systems and the low policy refer to them in Cyprus.

In the third chapter the light installed power of the building are calculated by making a survey with the help of software program Dialux. Also we calculate the installed power of sockets and other circuits.

In the fourth chapter the thermal air conditioning loads are estimated and with those loads calculate the provision (installed power) of air conditioners and for the heat pump.

In the fifth chapter a modeling is done for electrical installation with the program Electrical Design.

Finally, in the sixth chapter a modeling is done for the grid connected photovoltaic system. Moreover, in this chapter an economical study is done and analyzed the conclusions about electrical installations and photovoltaic systems.

### **Key - words**

Electrical installations, earthing systems, photovoltaic system, grid connected, air conditioning, power, photovoltaic panel, losses, modeling

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη .....	4
ABSTRACT.....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	6
1. Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.....	10
1.1 Εισαγωγή.....	10
1.2 Κανονισμοί - πρότυπα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.....	10
1.3 Επιδράσεις του ηλεκτρικού ρεύματος στον άνθρωπο.....	11
1.3.1 Συνθήκες Ηλεκτροπληξίας.....	11
1.4 Μέτρα προστασίας.....	12
1.5 Προστατευτικός εξοπλισμός .....	13
1.5.1 Διακόπτες .....	13
1.5.2 Χρονοδιακόπτες.....	14
1.5.3 Ασφάλειες.....	15
1.5.4 Υπολογισμός ρεύματος φορτίου ενός κυκλώματος Ib.....	16
1.5.5 Πτώση τάσης .....	18
1.5.6 Ρελέ προστασίας (RCD – residual – current device).....	19
1.6 Καλώδια – Αγωγοί .....	22
1.6.1 Αγωγοί.....	22
1.6.2 Καλώδια.....	22
1.7 Βαθμός προστασίας υλικών (IP).....	26
1.8 Γείωση.....	28
1.8.1 Συστήματα γείωσης .....	28
1.8.2 Προστατευτικοί αγωγοί.....	32
1.8.3 Ηλεκτρόδιο γείωσης .....	34
1.8.4 Θεμελιακή Γείωση.....	35
1.9 Σύνθετη αντίσταση βρόγχου βλάβης προς την γη (Zs).....	36
1.10 ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ .....	36
2. Φωτοβολταικά συστήματα.....	42
2.1 Ηλιακή Ενέργεια.....	42

2.2 Τμήματα ενός Φ/Β συστήματος.....	42
2.3 Ηλιακά κελιά (solar cell).....	43
2.3.1 Κελιά μονοκρυσταλλικού πυριτίου.....	44
2.3.2 Κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου.....	45
2.3.3 Τεχνολογία λεπτού υμενίου –Thin film.....	46
2.3.4 Μοντελοποίηση ηλιακών κελιών.....	46
2.4 Φωτοβολταϊκά πλαίσια.....	48
2.4.1 Παράλληλη σύνδεση κελιών.....	48
2.4.2 Σύνδεση κελιών σε σειρά.....	49
2.5 Τρόποι στήριξης Φ/Β πλαισίων.....	50
2.5.1 Σταθερές βάσεις.....	50
2.5.2 Βάσεις παρακολούθησης της πορείας του ήλιου.....	51
2.6 Αντιστροφείς (inverters).....	52
2.6.1 Χρήση μετασχηματιστή στους αντιστροφείς.....	53
2.6.2 Ο βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα.....	53
2.7 Βέλτιστο σημείο λειτουργίας Φ/Β πλαισίων.....	54
2.8 Καλωδιώσεις.....	54
2.9 Απόδοση Φ/Β συστήματος.....	55
2.10 Το φαινόμενο της νησιδοποίησης.....	57
2.11 Κατηγορίες Φ/Β συστημάτων .....	57
2.12 Προστασίες μέσω του Αυτόματου Διακόπτη Εξαγωγής Ισχύος του Φωτοβολταϊκού Συστήματος.....	59
2.13 Απαιτήσεις προστασίας και ρυθμίσεις προστασίας του αντιστροφέα (Inverter) τάσης του Φωτοβολταϊκού Συστήματος.....	59
2.14 Αντικεραυνική προστασία.....	64
3.Μελέτη ηλεκτρολογικής εγκατάστασης φωτισμού – Υπολογισμός εγκατεστημένης ισχύς.....	70
3.1 Εισαγωγή.....	70
3.2 Διακόπτες φωτισμού.....	70
3.2.1 Απλός διακόπτης .....	70
3.2.2 Διακόπτες αλέ – ρετούρ.....	71
3.2.3 Ενδιάμεσοι διακόπτες.....	72

3.3 Φωτομετρικά μεγέθη.....	72
3.4 Κανονισμοί ενεργειακής απόδοσης κτιρίων της Κύπρου για φωτισμό (MYEAK).....	76
3.5 Το πρόγραμμα DIALUX.....	78
3.5.1 Αποτελέσματα.....	84
3.6 Ρευματοδότες.....	90
3.7 Ηλεκτρική κουζίνα.....	91
3.8 Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας.....	94
4. Κλιματισμός .....	96
4.1 Ιστορική Αναδρομή.....	96
4.2 Σύστημα κλιματισμού αέρα - ψυκτικού ρευστού.....	96
4.3 Θερμικά φορτία .....	97
4.4 Ψυκτικά φορτία.....	109
5. Μοντελοποίηση ηλεκτρικής εγκατάστασης με το λογισμικό ELECTRICAL DESIGN.....	133
5.1 ELECTRICAL DESIGN.....	133
5.2 ΕΛΕΓΧΟΙ ELECTRICAL DESIGN.....	140
5.3 Άφιξη.....	146
5.4 Διαστασιολόγηση πίνακα.....	147
5.5 Μονογραμμικό σχέδιο.....	148
5.6 Κτιριακό μοντέλο.....	150
6. Μελέτη και μοντελοποίηση Φωτοβολταϊκού Συστήματος 3 kWp συνδεδεμένου με το δίκτυο με τη μέθοδο συμψηφισμού μετρήσεων (NET - METERING).....	154
6.1 Καιρικές Συνθήκες της περιοχής όπου θα γίνει η εγκατάσταση ΦΒ συστήματος.....	154
6.2 Επιλογή των Φωτοβολταϊκών Πλαισίων .....	156
6.3 Επιλογή του Αντιστροφέα (Inverter).....	159
6.4 Σύστημα στήριξης των πλαισίων .....	162
6.5 Το πρόγραμμα PVSOL PREMIUM 2018.....	163
6.6 Μοντελοποίηση Φωτοβολταϊκού Συστήματος 3 kWp συνδεδεμένου με το δίκτυο με τη μέθοδο συμψηφισμού μετρήσεων (NET - METERING) .....	163



6.7 Προσομοίωση – Αποτελέσματα.....	182
6.8 Συμπεράσματα.....	186
Βιβλιογραφία.....	188
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	189

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις

### 1.1 Εισαγωγή

Ηλεκτρική εγκατάσταση είναι το σύνολο όλων των συσκευών (ηλεκτρολογικά υλικά) και των αγωγών που είναι αναγκαίοι για την μεταφορά και την διανομή ηλεκτρικής ενέργειας στις συσκευές των καταναλωτών. Για την υλοποίηση μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης απαιτείται η γνώση βασικών ηλεκτρολογικών εννοιών και τήρηση των κανονισμών που ισχύουν στη χώρα στην οποία γίνεται η εγκατάσταση. Κατά την κατασκευή μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης επιβάλλεται να τηρούνται κάποιες αρχές:

1. Οι επιθυμίες του χρήστη (καταναλωτή) να λαμβάνονται υπόψη μέσα στα πλαίσια των κανονισμών και της οικονομικής - ασφαλούς λειτουργίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης.
2. Υπολογισμός της πραγματικής ισχύς και επιλογή των κατάλληλων αγωγών και προστατευτικών μέσων.
3. Όλη η κατασκευή να είναι καλαίσθητη.

### 1.2 Κανονισμοί - πρότυπα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

Τα ηλεκτρολογικά υλικά, ο τρόπος εγκατάστασης τους και οι συσκευές περιγράφονται και προσδιορίζονται από διάφορα πρότυπα. Τα πρότυπα είναι κείμενα κοινής αποδοχής εγκεκριμένα από διάφορους φορείς τυποποίησης. Επίσης, τα πρότυπα περιέχουν κείμενα, οδηγίες, τεχνικούς κανόνες και χαρακτηριστικά λειτουργίας που απαιτούνται για μια βέλτιστη ηλεκτρική εγκατάσταση. Κάποια πρότυπα μπορεί να είναι υποχρεωτικά π.χ. τα πρότυπα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων για κτίρια, λόγω του ότι πρέπει να διασφαλιστεί η ασφάλεια των ατόμων και των περιουσιακών τους στοιχείων. Για τη διασφάλιση αυτή και την αποφυγή κάποιων σοβαρών κινδύνων όπως ηλεκτροπληξία, πυρκαγιές από υπερθέρμανση αγωγών, έχουν θεσμοθετηθεί από τις χώρες κάποιοι κανονισμοί οι οποίοι είναι νόμοι. Σημαντικοί φορείς της ηλεκτροτεχνικής τυποποίησης των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και εξοπλισμών είναι:

1. IEC (International Electrotechnical Commission)
2. VDE (Verband Deutscher Electrotechniker)
3. BSI (British Standard Institution)
4. ΕΛΟΤ (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης)

Στην Κύπρο χρησιμοποιείται το βρετανικό πρότυπο BSI (British Standard Institution), και πιο συγκεκριμένα το πρότυπο BS7671. Βάση αυτού του προτύπου θα γίνει η μελέτη της ηλεκτρικής εγκατάστασης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

### 1.3 Επιδράσεις του ηλεκτρικού ρεύματος στον άνθρωπο

Σήμερα σχεδόν όλες οι δραστηριότητες του ανθρώπου περιλαμβάνουν την χρήση ηλεκτρικού ρεύματος. Επομένως, το ηλεκτρικό ρεύμα είναι χρήσιμο για τον άνθρωπο αλλά ταυτόχρονα αρκετά επικίνδυνο. Ηλεκτροπληξία παθαίνει ένας άνθρωπος εάν έρθει σε επαφή με ηλεκτρικό ρεύμα κάτω από ορισμένες συνθήκες.

#### 1.3.1 Συνθήκες Ηλεκτροπληξίας

Οι συνθήκες που κάνουν το ηλεκτρικό ρεύμα επικίνδυνο ή θανατηφόρο είναι:




1. Εντάσεις ηλεκτρικού ρεύματος πάνω από 30 mA και τάσεις ηλεκτρικού ρεύματος πάνω από τα 50 V θεωρούνται επικίνδυνες.
2. Η χρονική διάρκεια τις επαφής με το ηλεκτρικό ρεύμα.
3. Οι συνθήκες του χώρου. Οι υγροί και βρεγμένοι χώροι είναι περισσότερο επικίνδυνοι επειδή διευκολύνουν την ροή του ηλεκτρικού ρεύματος προς την γη.
4. Το είδος του ρεύματος. Το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι πολύ πιο επικίνδυνο από το συνεχές ρεύμα.
5. Η συχνότητα. Οι υψηλές συχνότητες είναι λιγότερο επικίνδυνες.




Η επίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα εξαρτάται και από τα μέρη του σώματος τα οποία διαπερνά το ρεύμα. Για παράδειγμα, η διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από την καρδιά και τον εγκέφαλο είναι πιο επικίνδυνη. Σε κάθε άνθρωπο η διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι διαφορετική. Οι συνέπειες που έχει ο άνθρωπος σε περίπτωση ηλεκτροπληξίας ίσως είναι καταστροφικές. Προσβολή του αναπνευστικού συστήματος, διακοπή αναπνοής, εσωτερικά και εξωτερικά εγκαύματα (λόγω θερμικού αποτελέσματος του ηλεκτρικού ρεύματος), προσβολή της καρδιάς και στην χειρότερη περίπτωση θάνατος είναι οι σημαντικότερες συνέπειες. Για όλες τις προαναφερθέντες συνέπειες οι πρώτες βοήθειες και η μεταφορά του παθόντα στο νοσοκομείο είναι αναγκαία.

#### 1.4 Μέτρα προστασίας

Επειδή η πρόληψη είναι σημαντικότερη από την θεραπεία, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κάποια μέτρα προστασίας έναντι ηλεκτροπληξίας και των δυσάρεστων αποτελεσμάτων της:

1. Γείωση όλων των ηλεκτρικών συσκευών της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Η γείωση όλων των μεταλλικών μερών όλων των συσκευών, τα μέρη τα οποία σε κανονικές συνθήκες δε βρίσκονται υπό τάση αλλά είναι πιθανόν να βρεθούν υπό τάση εάν καταστραφεί η μόνωση ή υπάρξει σφάλμα στην σύνδεση των αγωγών.
2. Χρήση αντιηλεκτροπληξιακού διακόπτη (RCD). Σε περίπτωση διαρροής ηλεκτρικού ρεύματος, ο διακόπτης λειτουργεί αυτόματα και διακόπτει το κύκλωμα.

Ένταση	1-10 mA	10-30 mA	30-50 mA
Αποτέλεσμα			
Πάθηση	<ul style="list-style-type: none"><li>• Όριο αίσθησης</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Σύσπαση μυών</li><li>• Πόνος</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Σύσπαση μυών</li><li>• Πόνος</li><li>• Ασφυξία</li></ul>

Ένταση	50-100 mA	100-200 mA	200 mA και πάνω
Αποτέλεσμα			
Πάθηση	<ul style="list-style-type: none"><li>• Παράλυση μυών</li><li>• Πόνος</li><li>• Αρρυθμία στη λειτουργία της καρδιάς</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Επικίνδυνη καρδιακή προσβολή</li><li>• Επικίνδυνα εγκαύματα</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Θανατηφόρα επικίνδυνη καρδιακή προσβολή</li><li>• Θανατηφόρα επικίνδυνα εγκαύματα</li></ul>

Εικόνα 1.1 Επιδράσεις ηλεκτρικού ρεύματος στον άνθρωπο.

Τα πιο πάνω στοιχεία αναφέρονται για τάσεις άνω των 50 V. Όσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα τόσο δυσμενέστερη γίνεται η πάθηση του ανθρώπου. Επίσης τα πιο πάνω στοιχεία ισχύουν για ξυρό χώρο με μονωτικό δάπεδο. Για υγρούς και βρεγμένους χώρους οι παθήσεις γίνονται δυσμενέστερες.

### 1.5 Προστατευτικός εξοπλισμός

Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στα κυκλώματα μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης, πρέπει να γίνεται με ασφάλεια και να παρέχει προστασία στην ίδια την ηλεκτρική εγκατάσταση αλλά και στα άτομα που την χρησιμοποιούν. Η σωστή και ασφαλής λειτουργία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης επιτυγχάνεται με την κατάλληλη ονομαστική τάση (230 V για μονοφασική παροχή, τριφασική παροχή 400 V) και τις κατάλληλες τιμές των ρευμάτων που διαρρέουν τους αγωγούς. Αρκετές φορές εμφανίζονται ανεπιθύμητες τάσεις σε σημεία της ηλεκτρικής εγκατάστασης που δε πρέπει να βρίσκονται υπό τάση και ρεύματα που οφείλονται σε βραχυκυκλώματα ή υπερφορτώσεις, καθιστούν την λειτουργία της εγκατάστασης επικίνδυνη. Έτσι για το έλεγχο της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται στα κυκλώματα της ηλεκτρικής εγκατάστασης αλλά και τη προστασία από ρεύματα λόγω βραχυκυκλώσεων, υπερφορτώσεων και διαρροής προς τη γη, χρησιμοποιούνται κάποιοι μηχανισμοί προστασίας.

#### 1.5.1 Διακόπτες

Είναι μηχανισμοί οι οποίοι ελέγχουν (διακόπτουν ή εξασφαλίζουν) τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος στα κυκλώματα τα οποία τροφοδοτούν τις ηλεκτρικές καταναλώσεις μιας εγκατάστασης. Οι διακόπτες χαρακτηρίζονται σε 2 καταστάσεις λειτουργίας. Όταν επιτρέπουν να περάσει ηλεκτρικό ρεύμα (κλειστοί) και όταν δεν επιτρέπουν να περάσει ηλεκτρικό ρεύμα (ανοικτοί). Σύμφωνα με αυτές τις 2 καταστάσεις λειτουργίας οι διακόπτες πρέπει να κλείνουν μια γραμμή παροχής (ακόμη και αν βρίσκεται υπό πλήρες φορτίο), να ανοίγουν μια γραμμή με φορτίο, να αντέχουν στη πλήρη τάση του κυκλώματος όταν είναι ανοικτοί και όταν είναι κλειστοί να αντέχουν το ονομαστικό τους ρεύμα. Οι διακόπτες χαρακτηρίζονται από μια ονομαστική τάση λειτουργίας, ένα ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας και από μια συγκεκριμένη ικανότητα διακοπής ρεύματος, η οποία ορίζεται ως το μεγαλύτερο ρεύμα το οποίο είναι σε θέση να διακόψει χωρίς να καταστραφεί ο διακόπτης. Ανάλογα με τον αριθμό των αγωγών που διακόπτουν ή συνδέουν, οι διακόπτες διακρίνονται σε:

**Μονοπολικοί διακόπτες:** διακόπτουν μόνο ένα αγωγό και αυτός είναι ο αγωγός της φάσης ενός μονοφασικού κυκλώματος.

**Διπολικοί διακόπτες:** διακόπτουν δύο αγωγούς και αυτοί είναι ο αγωγός της φάσης και ο αγωγός του ουδέτερου ενός μονοφασικού κυκλώματος.

Τριπολικοί διακόπτες: διακόπτουν τρεις αγωγούς και αυτοί είναι οι τρεις φάσεις ενός τριφασικού κυκλώματος.

Τετραπολικοί διακόπτες: διακόπτουν τέσσερις αγωγούς και αυτοί είναι οι τρεις φάσεις και ο αγωγός του ουδετέρου ενός τριφασικού κυκλώματος.

Οι ραγοδιακόπτες είναι αυτοί που έχουν επικρατήσει με την πάροδο των χρόνων. Χρησιμοποιούνται ως γενικοί και ως ειδικοί διακόπτες, δηλαδή ελέγχουν όλη την ηλεκτρική εγκατάσταση ή ελέγχουν συγκεκριμένο κύκλωμα/κυκλώματα. Μπορεί να είναι μονοπολικοί, διπολικοί, τριπολικοί ή τετραπολικοί για διάφορες ονομαστικές τάσεις λειτουργίας και διάφορα ονομαστικά ρεύματα λειτουργίας.



Εικόνα 1.2 Τριπολικός και Τετραπολικός διακόπτης (ISOLATOR).

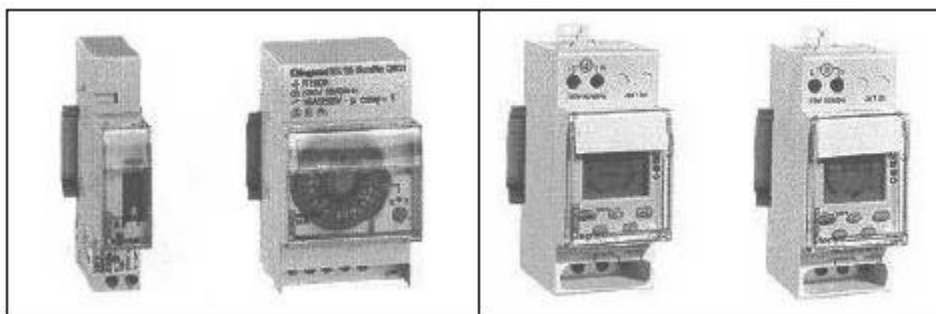
#### 1.5.2 Χρονοδιακόπτες

Είναι μηχανισμοί διακοπών οι οποίοι ενεργοποιούνται αυτόματα και συνδέουν ή αποσυνδέουν ηλεκτρικά κυκλώματα. Λειτουργούν κατόπι προγραμματισμένης λειτουργίας με διάφορα χρονικά προγράμματα σε ωριαία, ημερήσια ή εβδομαδιαία βάση. Αναλόγως από το φορτίο του ηλεκτρικού κυκλώματος που μπορούν να διακόψουν χαρακτηρίζονται ως χρονοδιακόπτες των 10A, 16A και 25 A. Συνήθως είναι μονοφασικοί, όμως σε περίπτωση που ελέγχουν τριφασικό φορτίο, παρεμβάλλεται και ένα ρελέ στο κύκλωμα. Το ρελέ είναι διακόπτης ο οποίος ελέγχεται με μικρότερο ρεύμα από αυτό που μπορεί να διακόψει. Υπάρχουν δύο τύποι χρονοδιακοπών:

Αναλογικοί: αυτοί οι χρονοδιακόπτες έχουν στο εσωτερικό τους ένα σύγχρονο κινητήρα όπου περιστρέφεται με σταθερό αριθμό στροφών, όταν η συχνότητα του δικτύου είναι σταθερή. Πάνω στο

άξονα του κινητήρα είναι προσαρμοσμένος ένας δίσκος με χρονικές υποδιαιρέσεις. Ο χρόνος μιας ολόκληρης περιστροφής του δίσκου είναι σταθερός και αποτελεί την διάρκεια του χρονικού προγραμματισμού του χρονοδιακόπτη.

Ψηφιακοί: είναι χρονοδιακόπτες που έχουν στο εσωτερικό τους ολοκληρωμένα κυκλώματα. Όλες οι ενδείξεις που αφορούν το πρόγραμμα λειτουργίας τους εμφανίζονται ψηφιακά σε μια οθόνη που βρίσκεται πάνω στο διακόπτη. Οι ψηφιακοί χρονοδιακόπτες έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια ρύθμισης των διαφόρων προγραμμάτων από τους αναλογικούς χρονοδιακόπτες.



Εικόνα 1.3 Αναλογικοί - ψηφιακοί χρονοδιακόπτες.

### 1.5.3 Ασφάλειες

Οι ασφάλειες είναι μηχανισμοί οι οποίοι διακόπτουν την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη την ηλεκτρική εγκατάσταση ή σε συγκεκριμένα κυκλώματα της εγκατάστασης, όταν εμφανιστούν μεγάλες τιμές ρεύματος που οφείλονται σε βραχυκυκλώματα ή υπερφορτώσεις. Οι ασφάλειες διακρίνονται σε ασφάλειες τήξης και αυτόματες ασφάλειες. Κύρια χαρακτηριστικά των ασφαλειών είναι η ονομαστική τάση λειτουργίας, το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας, η αντοχή σε βραχυκύκλωμα και ο χρόνος ενεργοποίησης ή διακοπής.

Οι αυτόματες ασφάλειες περιέχουν εσωτερικά τους ένα μηχανισμό στιγμιαίας λειτουργίας ο οποίος ενεργοποιείται όταν υπάρξει βραχυκύκλωμα. Ο μηχανισμός αυτός αποτελείται από πηνίο με πυρήνα σιδήρου το οποίο μετακινείται στιγμιαία και με σκανδαλισμό ανοίγει τις επαφές του διακόπτη της ασφάλειας. Επίσης, οι αυτόματες ασφάλειες περιέχουν εσωτερικά τους και ένα μηχανισμό διμεταλλικού ελάσματος για υπερφορτίσεις. Το διμεταλλικό έλασμα όταν υπερθερμανθεί λόγω μεγαλύτερου ρεύματος από το ονομαστικό ρεύμα ενεργοποιεί τις επαφές του διακόπτη της ασφάλειας. Επιπλέον, οι ασφάλειες τοποθετούνται μετά τους διακόπτες ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα που έχουν οι αυτόματες ασφάλειες έναντι των ασφαλειών τήξης είναι πως μετά την αποκατάσταση της βλάβης (που προκάλεσε να ανοίξει η ασφάλεια) μπορούν να

επαναλειτουργήσουν, χωρίς να χρειάζεται η αντικατάσταση τους όπως συμβαίνει με τις ασφάλειες τήξης.

Οι αυτόματες ασφάλειες διακρίνονται στις πιο κάτω κατηγορίες:

Μονοπολικές: διακόπτουν μόνο ένα αγωγό και αυτός είναι ο αγωγός της φάσης ενός μονοφασικού κυκλώματος.

Διπολικές: διακόπτουν δύο αγωγούς και αυτοί είναι ο αγωγός της φάσης και ο αγωγός του ουδέτερου ενός μονοφασικού κυκλώματος.

Τριπολικές: διακόπτουν τρεις αγωγούς και αυτοί είναι οι τρεις φάσεις ενός τριφασικού κυκλώματος.

Τετραπολικές: διακόπτουν τέσσερις αγωγούς και αυτοί είναι οι τρεις φάσεις και ο αγωγός του ουδέτερου ενός τριφασικού κυκλώματος.

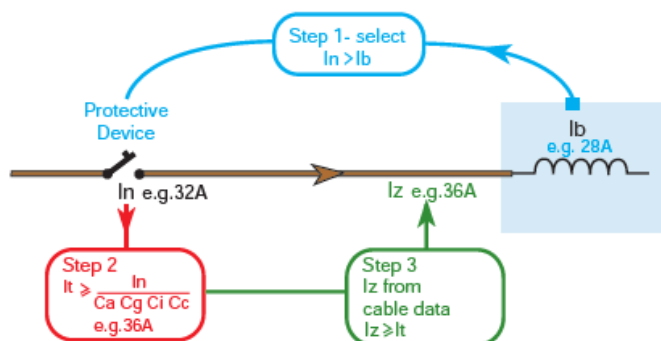
Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των αυτομάτων ασφαλειών που αναφερθήκαν πιο πάνω, συνηθισμένες τιμές για την ικανότητα διακοπής είναι 3 kA, 6 kA, 10 kA. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι οι χαρακτηριστικές καμπύλες οι οποίες εκφράζουν το χρόνο ενεργοποίησης του μηχανισμού διακοπής της ασφάλειας από την στιγμή που θα εμφανιστεί το βραχυκύκλωμα (π.χ. B, C, D). Η επιλογή των αυτόματων ασφαλειών γίνεται βάση της διατομής και της μέγιστης επιτρεπόμενης έντασης ρεύματος του αγωγού που πρόκειται να προστατέψουν.

#### 1.5.4 Υπολογισμός ρεύματος φορτίου ενός κυκλώματος $I_b$

Το  $I_b$  ρεύμα φορτίου για μονοφασική παροχή υπολογίζεται από:  $I_b = P / V_\phi * \cos\phi$

Το  $I_b$  ρεύμα φορτίου για τριφασική παροχή υπολογίζεται από:  $I_b = P / \sqrt{3} * V_\pi * \cos\phi$

Όπου  $V_\phi$  φασική τάση και  $V_\pi$  πολική τάση.



Εικόνα 1.4 Επιλογή προστατευτικού μέσου και διατομής καλωδίου.



Όπου Ib είναι το ρεύμα φορτίου (κυκλώματος), I<sub>n</sub> είναι το ονομαστικό ρεύμα της προστατευτικής διάταξης, Iz είναι το ρεύμα καλωδίου μετά την εφαρμογή διαφόρων συντελεστών και λαμβάνεται από σχετικούς πίνακες των κανονισμών (πίνακες ρευματοφόρου ικανότητας, εικόνα 1.5).

Ca = συντελεστής θερμοκρασίας περιβάλλοντος

Cg = συντελεστής ομαδοποίησης

Ci = συντελεστής θερμικής μόνωσης

Cc = συντελεστής συσκευής προστασίας (για ασφάλειες ημίκλειστου τύπου είναι 0,725 και για τις υπόλοιπες είναι 1)

**TABLE 4D1A**  
Single-core 70 °C thermoplastic (pvc) insulated cables, non-armoured, with or without sheath  
(COPPER CONDUCTORS)

CURRENT-CARRYING CAPACITY (amperes)											
Conductor cross-sectional area	Reference Method 4 (enclosed in conduit in thermally insulating wall etc.)		Reference Method 3 (enclosed in conduit on a wall or in trunking etc.)		Reference Method 1 (clipped direct)		Reference Method 11 (on a perforated cable tray horizontal or vertical)		Reference Method 12 (free air)		
	2 cables, single-phase a.c. or d.c.		2 cables, single-phase a.c. or d.c.		2 cables, single-phase a.c. or d.c. flat and touching		2 cables, single-phase a.c. or d.c. flat and touching		Horizontal flat spaced	Vertical flat spaced	Trefoil
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(mm <sup>2</sup> )	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
1	11	10.5	13.5	12	15.5	14	-	-	-	-	-
1.5	14.5	13.5	17.5	15.5	20	18	-	-	-	-	-
2.5	20	18	24	21	27	25	-	-	-	-	-
4	26	24	32	28	37	33	-	-	-	-	-
6	34	31	41	36	47	43	-	-	-	-	-
10	46	42	57	50	65	59	-	-	-	-	-
16	61	56	76	68	87	79	-	-	-	-	-
25	80	73	101	89	114	104	126	112	146	130	110
35	99	89	125	110	141	129	156	141	181	162	137
50	119	108	151	134	182	167	191	172	219	197	167
70	151	136	192	171	234	214	246	223	281	254	216
95	182	164	232	207	284	261	300	273	341	311	264
120	210	188	269	239	330	303	349	318	396	362	308
150	240	216	300	262	381	349	404	369	456	419	356
185	273	248	341	296	436	400	463	424	521	480	409
240	320	286	400	346	515	472	549	504	615	569	485
300	367	328	458	394	594	545	635	584	709	659	561
400	-	-	546	467	694	634	732	679	852	795	656
500	-	-	626	533	792	723	835	778	982	920	749
630	-	-	720	611	904	826	953	892	1138	1070	855
800	-	-	-	-	1030	943	1086	1020	1265	1188	971
1000	-	-	-	-	1154	1058	1216	1149	1420	1337	1079

Εικόνα 1.5 Ρευματοφόρος ικανότητα καλωδίου (Πίνακας 4D1A).

### 1.5.5 Πτώση τάσης

Επιπλέον μια σημαντική παράμετρος για την επιλογή του κατάλληλου καλωδίου είναι η πτώση τάσης μιας γραμμής. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο είναι 4% της τάσης τροφοδοσίας για όλα τα κυκλώματα και 1,5% από το μετρητή μέχρι τον πίνακα διανομής. Ο υπολογισμός της πτώσης τάσης γίνεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση:  $\Delta V = ((mV / A / m) * I_b * L) / 1000$ , όπου  $mV / A / m$  λαμβάνεται από πίνακες οι οποίοι βρίσκονται στους κανονισμούς,  $I_b$  είναι η ένταση ρεύματος που διαρρέει το καλώδιο και  $L$  μήκος καλωδίου. Αφού βρεθεί το  $\Delta V$ , εάν  $\Delta V$  μικρότερο από μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση τάσης τότε η διατομή που αντιστοιχεί για το δεδομένο  $mV / A / m$  είναι σωστή, αλλιώς επιλέγεται άλλο  $mV / A / m$  (λαμβάνεται από σχετικούς πίνακες πτώση τάσης των κανονισμών, εικόνα 1.6) μεγαλύτερης διατομής καλωδίου και ξαναυπολογίζεται το  $\Delta V$ , η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να βρεθεί  $\Delta V$  μικρότερο από μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση τάσης.

**TABLE 4D1B**

VOLTAGE DROP (per ampere per metre): Conductor operating temperature: 70 °C

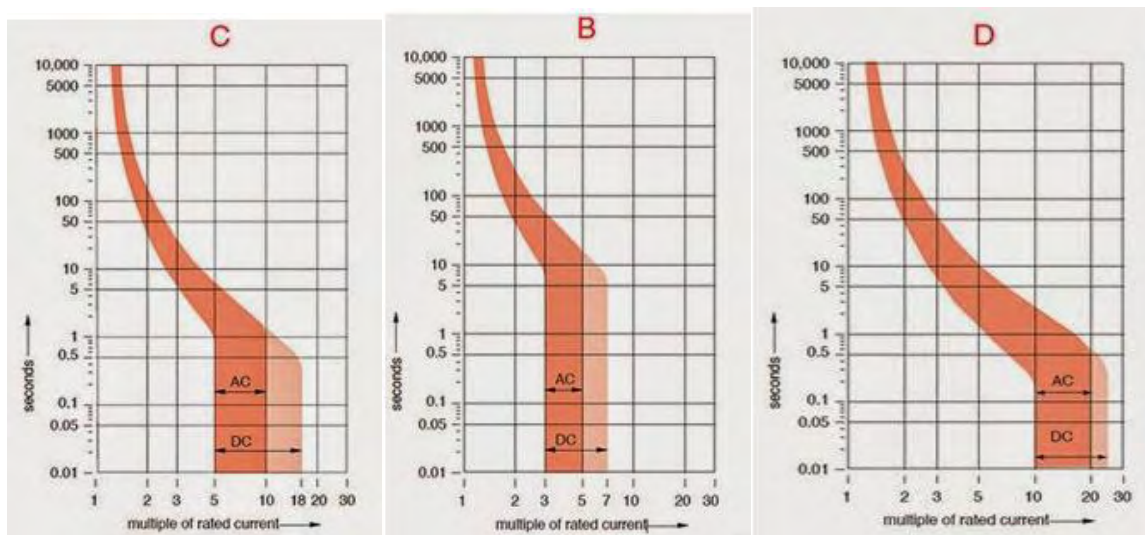
Conductor cross-sectional area	2 cables d.c.	2 cables, single-phase a.c.						3 or 4 cables, three-phase a.c.					
		Reference Methods 3 & 4 (enclosed in conduit etc. in or on a wall)	Reference Methods 1 & 11 (clipped direct or on trays, touching)	Reference Method 12 (spaced*)	Reference Methods 3 & 4 (enclosed in conduit etc. in or on a wall)	Reference Methods 1, 11 & 12 (in trefoil)	Reference Methods 1 & 11 (flat and touching)	Reference Method 12 (flat spaced*)	Reference Methods 3 & 4 (enclosed in conduit etc. in or on a wall)	Reference Methods 1, 11 & 12 (in trefoil)	Reference Methods 1 & 11 (flat and touching)	Reference Method 12 (flat spaced*)	Reference Method 12 (flat spaced*)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	6	7	8	9	9
(mm <sup>2</sup> )	(mV/A/m)	(mV/A/m)	(mV/A/m)	(mV/A/m)	(mV/A/m)	(mV/A/m)	(mV/A/m)	(mV/A/m)	(mV/A/m)	(mV/A/m)	(mV/A/m)	(mV/A/m)	(mV/A/m)
1	44	44	44	44	38	38	38	38	38	38	38	38	38
1.5	29	29	29	29	25	25	25	25	25	25	25	25	25
2.5	18	18	18	18	15	15	15	15	15	15	15	15	15
4	11	11	11	11	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
6	7.3	7.3	7.3	7.3	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4
10	4.4	4.4	4.4	4.4	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
16	2.8	2.8	2.8	2.8	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
25	1.75	1.80 0.33 1.80	1.75 0.20 1.75	1.75 0.29 1.80	1.50 0.29 1.55	1.50 0.175 1.50	1.50 0.25 1.55	1.50 0.32 1.55	1.50 0.29 1.55	1.50 0.175 1.50	1.50 0.25 1.55	1.50 0.32 1.55	1.50 0.32 1.55
35	1.25	1.30 0.31 1.30	1.25 0.195 1.25	1.25 0.28 1.30	1.10 0.27 1.10	1.10 0.170 1.10	1.10 0.24 1.10	1.10 0.32 1.15	1.10 0.27 1.10	1.10 0.170 1.10	1.10 0.24 1.10	1.10 0.32 1.15	1.10 0.32 1.15
50	0.93	0.95 0.30 1.00	0.93 0.190 0.95	0.93 0.28 0.97	0.81 0.26 0.85	0.80 0.165 0.82	0.80 0.24 0.84	0.80 0.32 0.86	0.81 0.26 0.85	0.80 0.165 0.82	0.80 0.24 0.84	0.80 0.32 0.86	0.80 0.32 0.86
70	0.63	0.65 0.29 0.72	0.63 0.185 0.66	0.63 0.27 0.69	0.56 0.25 0.61	0.55 0.160 0.57	0.55 0.24 0.60	0.55 0.31 0.63	0.56 0.25 0.61	0.55 0.160 0.57	0.55 0.24 0.60	0.55 0.31 0.63	0.55 0.31 0.63
95	0.46	0.49 0.28 0.56	0.47 0.180 0.50	0.47 0.27 0.54	0.42 0.24 0.48	0.41 0.155 0.43	0.41 0.23 0.47	0.40 0.31 0.51	0.42 0.24 0.48	0.41 0.155 0.43	0.41 0.23 0.47	0.40 0.31 0.51	0.40 0.31 0.51
120	0.36	0.39 0.27 0.47	0.37 0.175 0.41	0.37 0.26 0.45	0.33 0.23 0.41	0.32 0.150 0.36	0.32 0.23 0.40	0.32 0.30 0.44	0.33 0.23 0.41	0.32 0.150 0.36	0.32 0.23 0.40	0.32 0.30 0.44	0.32 0.30 0.44
150	0.29	0.31 0.27 0.41	0.30 0.175 0.34	0.29 0.26 0.39	0.27 0.23 0.36	0.26 0.150 0.30	0.26 0.23 0.34	0.26 0.30 0.40	0.27 0.23 0.36	0.26 0.150 0.30	0.26 0.23 0.34	0.26 0.30 0.40	0.26 0.30 0.40
185	0.23	0.25 0.27 0.37	0.24 0.170 0.29	0.24 0.26 0.35	0.22 0.23 0.32	0.21 0.145 0.26	0.21 0.22 0.31	0.21 0.30 0.36	0.22 0.23 0.32	0.21 0.145 0.26	0.21 0.22 0.31	0.21 0.30 0.36	0.21 0.30 0.36
240	0.180	0.195 0.26 0.33	0.185 0.165 0.25	0.185 0.25 0.31	0.17 0.23 0.29	0.160 0.145 0.22	0.160 0.22 0.27	0.160 0.29 0.34	0.17 0.23 0.29	0.160 0.145 0.22	0.160 0.22 0.27	0.160 0.29 0.34	0.160 0.29 0.34
300	0.145	0.160 0.26 0.31	0.150 0.165 0.22	0.150 0.25 0.29	0.14 0.23 0.27	0.130 0.140 0.190	0.130 0.22 0.25	0.130 0.29 0.32	0.14 0.23 0.27	0.130 0.140 0.190	0.130 0.22 0.25	0.130 0.29 0.32	0.130 0.29 0.32
400	0.105	0.130 0.26 0.29	0.120 0.160 0.20	0.115 0.25 0.27	0.12 0.22 0.25	0.105 0.140 0.175	0.105 0.21 0.24	0.100 0.29 0.31	0.12 0.22 0.25	0.105 0.140 0.175	0.105 0.21 0.24	0.100 0.29 0.31	0.100 0.29 0.31
500	0.086	0.110 0.26 0.28	0.098 0.155 0.185	0.093 0.24 0.26	0.10 0.22 0.25	0.086 0.135 0.160	0.086 0.21 0.23	0.081 0.29 0.30	0.10 0.22 0.25	0.086 0.135 0.160	0.086 0.21 0.23	0.081 0.29 0.30	0.081 0.29 0.30
630	0.068	0.094 0.25 0.27	0.081 0.155 0.175	0.076 0.24 0.25	0.08 0.22 0.24	0.072 0.135 0.150	0.072 0.21 0.22	0.066 0.28 0.29	0.08 0.22 0.24	0.072 0.135 0.150	0.072 0.21 0.22	0.066 0.28 0.29	0.066 0.28 0.29
800	0.053	-	0.068 0.150 0.165	0.061 0.24 0.25	-	0.060 0.130 0.145	0.060 0.21 0.22	0.053 0.28 0.29	-	0.060 0.130 0.145	0.060 0.21 0.22	0.053 0.28 0.29	0.053 0.28 0.29
1000	0.042	-	0.059 0.150 0.160	0.050 0.24 0.24	-	0.052 0.130 0.140	0.052 0.20 0.21	0.044 0.28 0.28	-	0.052 0.130 0.140	0.052 0.20 0.21	0.044 0.28 0.28	0.044 0.28 0.28

NOTE: \* Spacings larger than those specified in Method 12 (see Table 4A1) will result in larger voltage drop.

Εικόνα 1.6 Πτώση τάσης (Πίνακας 4D1B από κανονισμούς).



Εικόνα 1.7 Διπολική – τριπολική αυτόματη ασφάλεια mcb (miniature circuit breaker).



Χαρακτηριστική καμπύλη	“B”	“C”	“D”
Περιοχή ρευμάτων βραχυκύκλωσης	$3 \div 5 I_N$	$5 \div 10 I_N$	$10 \div 20 I_N$

Εικόνα 1.8 (α) Χαρακτηριστικές καμπύλες B, C, D – (β) Περιοχές ρευμάτων βραχυκυκλώσεως.

### 1.5.6 Ρελέ προστασίας (RCD residual current device)

Για την ομαλή λειτουργία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης θα πρέπει το ρεύμα φάσης να είναι πάντα ίσο με το ρεύμα του ουδετέρου. Σε αυτή τη θεωρία στηρίζεται η αρχή λειτουργίας ενός RCD. Το RCD είναι ένας μηχανισμός που παρακολουθεί το ρεύμα φάσης και του ουδετέρου και αν διαπιστώσει πως αυτά

τα δύο ρεύματα δεν είναι ίσα, τότε σε πάρα πολύ μικρό χρονικό διάστημα διακόπτει την παροχή στην εγκατάσταση.

Βασικό στοιχείο του RCD είναι ένας μετασχηματιστής έντασης με πρωτεύον τύλιγμα τον αγωγό της φάσης/φάσεων και τον αγωγό του ουδετέρου. Το δευτερεύον τύλιγμα αποτελείται από ένα πηνίο το οποίο βρίσκεται πάνω σε δακτύλιο από σιδηρομαγνητικό υλικό, που περικλείει τις φάσεις/φάση και τον ουδέτερο. Έτσι, αν το ρεύμα του αγωγού της φάσης είναι ίδιο με το ρεύμα του αγωγού του ουδετέρου, τα δύο μαγνητικά πεδία που δημιουργούνται στο πρωτεύον τύλιγμα είναι ίσα και αντίθετα με αποτέλεσμα το συνολικό μαγνητικό πεδίο είναι μηδέν και επομένως μέσα στο μαγνητικό δακτύλιο η μαγνητική ροή να είναι μηδέν, οπότε και η τάση εξ επαγωγής στο πηνίο που βρίσκεται επάνω στο δακτύλιο να είναι μηδέν. Σε διαφορετική περίπτωση αν το ρεύμα του αγωγού της φάσης δεν είναι ίδιο με το ρεύμα του αγωγού του ουδετέρου (δηλαδή υπάρχει διαρροή ρεύματος στην εγκατάσταση), τα δύο μαγνητικά πεδία που δημιουργούνται στο πρωτεύον τύλιγμα είναι διαφορετικά με αποτέλεσμα το συνολικό μαγνητικό πεδίο είναι διάφορο του μηδέν και επομένως μέσα στο μαγνητικό δακτύλιο να αναπτύσσεται μαγνητική ροή, η οποία αυτή να δημιουργεί μια τάση εξ επαγωγής στο πηνίο. Από αυτή την τάση και μέσω ενός ηλεκτρομαγνήτη ενεργοποιείται ο διακόπτης του RCD και διακόπτεται η παροχή στην εγκατάσταση. Σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς η διακοπή παροχής πρέπει να γίνεται μέσα σε 0,2 δευτερόλεπτα, ώστε να μην εμφανίζονται ανεπιθύμητες τάσεις επαφής (touch voltage).

Τα RCD είναι διπολικά (μονοφασική παροχή) ή τετραπολικά (τριφασική παροχή). Για να δουλέψουν σωστά τα RCD πρέπει όλες οι συσκευές να είναι γειωμένες. Ένας άλλο είδος ρελέ προστασίας, είναι το RCBO (Residual current operated circuit breaker with over current protector) το οποίο λειτουργεί σαν RCD και MCB ταυτόχρονα. Συνηθίζεται να τοποθετείται ένα RCBO στην αρχή της εγκατάστασης (μετά το μετρητή) όπως προβλέπει ο κανονισμός.



Εικόνα 1.9 (α) RCD, (β) RCBO.

### Περιπτώσεις όπου επιβάλλεται η χρησιμοποίηση RCD

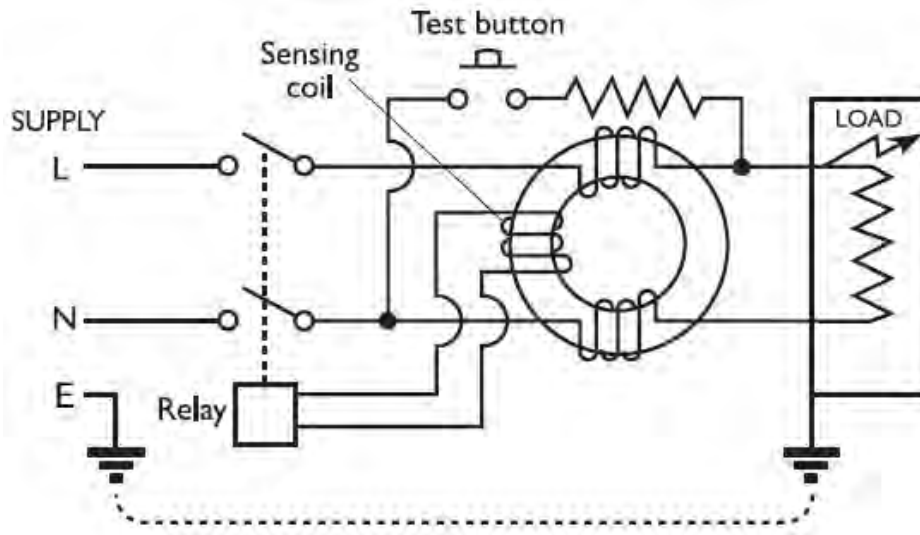
Βάση των κανονισμών, επιβάλλεται η χρησιμοποίηση RCD στις πιο κάτω περιπτώσεις:

- Σε όλα τα κυκλώματα ρευματοδοτών.
- Όλα τα κυκλώματα που είναι στο μπάνιο.
- Καλυμμένα καλώδια με βάθος μικρότερο από 50 mm σε εγκαταστάσεις που δεν προορίζονται για να είναι υπό την επίβλεψη ενός ειδικευμένου ή εκπαιδευμένου ατόμου.
- Καλυμμένα καλώδια εντός μεταλλικών χωρισμάτων, σε εγκαταστάσεις που δεν προορίζονται για να είναι υπό την επίβλεψη ενός ειδικευμένου ή εκπαιδευμένου ατόμου.
- Γενικά, όπου οι χρόνοι αποσύνδεσης δεν μπορούν να επιτευχθούν με μια συσκευή υπερέντασης.
- Σε εγκαταστάσεις TT, που συνήθως απαιτείται να επιτευχθεί χρόνος αποσύνδεσης 0,2 δευτερόλεπτα.
- Άλλες ειδικές τοποθεσίες, συμπεριλαμβανομένων των τροχόσπιτων.

Τέλος, το RCCB (Residual Current Circuit breaker) είναι ένα είδος διακόπτη που λειτουργεί σαν RCD + ISOLATOR (διακόπτης) ταυτόχρονα. Τοποθετείται στην αρχή του πίνακα διανομής και δε χρειάζεται να τοποθετηθούν RCD σε όποια κυκλώματα απαιτείται, καθώς τα καλύπτει το RCCB. Παρόλα αυτά εάν εμφανιστεί κάποια βλάβη (διαρροή) σε κάποιο κύκλωμα, το RCCB θα πέφτει και θα διακόπτεται όλη η παροχή.



Εικόνα 1.10 (α) Τετραπολικό RCCB



Εικόνα 1.10 (β) λειτουργία RCD.

## 1.6 Καλώδια – Αγωγοί

### 1.6.1 Αγωγοί

Για την μεταφορά ηλεκτρικού ρεύματος στα κυκλώματα μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης χρησιμοποιούνται οι αγωγοί. Οι αγωγοί μπορεί να είναι μονόκλωνοι οι οποίοι αποτελούνται από ένα συμπαγές σύρμα κυκλικής διατομής ή πολύκλωνοι οποίοι αποτελούνται από πολλά σύρματα ομοκεντρικά στριμμένα σε διαδοχικά στρώματα. Ένας αγωγός μπορεί να είναι κατασκευασμένος από χαλκό με διάφορες μορφές επεξεργασίας ο οποίος χρησιμοποιείται για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις σε κτίρια ή μπορεί να είναι κατασκευασμένος από αλουμίνιο ο οποίος χρησιμοποιείται για μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας υπό υψηλή τάση. Οι αγωγοί μπορεί να είναι μονωμένοι ή ακόμα και γυμνοί. Η μόνωση είναι κατασκευασμένη με ομοιόμορφο πάχος από θερμοπλαστική ύλη με βάση το χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) και το πολυαιθυλένιο (PE). Κύριο χαρακτηριστικό των αγωγών είναι η διατομή τους.

### 1.6.2 Καλώδια

Τα καλώδια είναι το σύνολο ενός ή περισσότερων μονωμένων αγωγών οι οποίοι βρίσκονται μέσα στο ίδιο περίβλημα. Για να διακρίνονται καλύτερα οι αγωγοί μεταξύ τους σε ένα καλώδιο χρησιμοποιείται υλικό μόνωσης με διαφορετικά χρώματα. Για τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις σε κτίρια οι αγωγοί για τις τρεις φάσεις έχουν χρώμα μαύρο, καφέ και γκριζο αντίστοιχα. Ο ουδέτερος αγωγός έχει χρώμα γαλάζιο και ο προστατευτικός αγωγός (γείωση) έχει χρώμα κίτρινο με πράσινες ρίγες. Επίσης για τα καλώδια εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων μπορεί να είναι μονοπολικά (δηλαδή με ένα αγωγό) με μόνωση PVC ή πολυπολικά με μόνωση των αγωγών από PVC και με εξωτερική επένδυση από PVC ή ελαστικό.

Για κάθε μονωμένο αγωγό υπάρχει ένα ανώτατο όριο έντασης ρεύματος που διαπερνά τον αγωγό συνεχώς. Εάν αυτό το όριο ξεπεραστεί, οι μονώσεις των αγωγών φθείρονται με αποτέλεσμα να δημιουργούνται βραχυκυκλώματα και πυρκαγιές. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος ενός αγωγού εξαρτάται από την διατομή του αγωγού, το είδος της μόνωσης του και τις συνθήκες λειτουργίας και τοποθέτησης του αγωγού. Από το φαινόμενο Τζάουλ, ένα μέρος του ρεύματος  $I$  που περνά μέσα από τους αγωγούς ωμικής αντίστασης  $R$  μετατρέπεται σε θερμότητα δηλαδή,  $Q = I^2 * R * t$ . Όσο πιο μεγάλη είναι η ένταση του ρεύματος τόσο μεγαλύτερη είναι η θερμότητα και κατά συνέπεια αναπτύσσεται μεγαλύτερη θερμοκρασία στον αγωγό. Για καλώδια εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων με μονώσεις αγωγών από ελαστικό ή PVC αντέχουν σε θερμοκρασίες μέχρι τους 60 °C και 70 °C αντίστοιχα.

#### Ονομαστική τάση καλωδίου και τάση λειτουργίας ενός καλωδίου

Η τάση η οποία προσδιορίζει τα όρια ενός καλωδίου σε συνεχή λειτουργία λέγεται ονομαστική τάση καλωδίου. Τάση λειτουργίας ενός καλωδίου είναι η τάση μεταξύ των αγωγών του κατά την λειτουργία του. Η τάση λειτουργίας ενός καλωδίου δεν επιτρέπεται να υπερβεί το 10% της ονομαστικής του τάσης. Όμως όσο μεγαλύτερη είναι η ονομαστική τάση ενός καλωδίου τόσο πιο ακριβό είναι το κόστος κατασκευής του. Στην εικόνα 1.11 παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός πίνακας για διάφορους τύπους καλωδίων και τη χρήση τους. Επιπλέον, στην εικόνα 1.12 παρουσιάζεται μια επεξήγηση των συμβόλων του πίνακα της εικόνας 1.11. Στην εικόνα 1.13 (α) και 1.13 (β), παρουσιάζονται 2 παραδείγματα καλωδίων (H07V - R και H05VV - F αντίστοιχα). Το καλώδιο H07V - R θα χρησιμοποιηθεί για τη παρούσα μελέτη.



Τύπος καλωδίου	Παλαιά ονομασία	Ονομαστική τάση V	Χρήσεις
H07V-K H07V-U H07V-R	NYAF NYA(re) NYA(rm)	450/750	Μονοπολικά καλώδια με μόνωση P.V.C. χωρίς μανδύα για γενικές χρήσεις. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Με δύσκαμπτο αγωγό, H07V-R</li> <li>• Με εύκαμπτο αγωγό, H07V-K</li> </ul> Εγκατάσταση σε σωλήνες ορατούς ή εντοιχισμένους ή σε παρόμοια κλειστά συστήματα.
H05V-U H05V-K		300/500	Μονοπολικά καλώδια με μόνωση P.V.C. χωρίς μανδύα για εσωτερική εγκατάσταση. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Με μονόκλωνο αγωγό, H05V-U</li> <li>• Με εύκαμπτο αγωγό, H05V-K</li> </ul> Σταθερές προστατευμένες εγκαταστάσεις μέσα σε συσκευές και μέσα ή πάνω σε βάσεις φοιτιστικών.
A05VV-U A05VV-R H05VV-F	NYM(re) NYM(rm) NYMHY	300/500	Ελαφρύ καλώδιο με μόνωση P.V.C. και με μανδύα από P.V.C.. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Με δύσκαμπτο αγωγό (μονόκλωνο ή πολύκλωνο), H05VV-U, H05VV-R</li> <li>• Με εύκαμπτο αγωγό, H05VV-F</li> </ul> Σταθερές εγκαταστάσεις σε ξηρούς ή υγρούς χώρους.
H03VV-F	NYLHY	300/300	Ελαφρύ καλώδιο με μόνωση P.V.C. και με μανδύα από P.V.C. με εύκαμπτους αγωγούς. Σε κατοικίες, κουζίνες, γραφεία. Για ελαφρές μηχανικές καταπονήσεις, για ελαφρές φορητές συσκευές.
H03VH-H	NYFAZ	300/300	Πεπλατισμένο καλώδιο με μόνωση P.V.C. χωρίς μανδύα. Σε κατοικίες, κουζίνες, γραφεία. Για ελαφρές μηχανικές καταπονήσεις, για ελαφρές φορητές συσκευές.
H05SJ-K		300/500	Καλώδια με μόνωση ελαστικού – σιλκόνης για υψηλές θερμοκρασίες (180°C)
H05RR-F	NMH	300/500	Καλώδια με μόνωση ελαστικού και μανδύα ελαστικού με εύκαμπτους αγωγούς. Για γενική χρήση σε κατοικίες, μαγειρεία, γραφεία και για την τροφοδότηση συσκευών στις οποίες τα καλώδια υποβάλλονται σε μικρές μηχανικές καταπονήσεις.
JIVV – U JIVV – R JIVV – S	NYY(re) NYY(rm) NYY(sm)		Για τοποθέτηση σε εσωτερικούς χώρους, σε σωλήνες στο ύπαιθρο, για σταθμούς παραγωγής, σταθμούς διανομής, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εφόσον δεν υπόκειται σε μηχανικές καταπονήσεις.

Εικόνα 1.11 Ενδεικτικός πίνακας για διάφορους τύπους καλωδίων και η χρήση τους.



### Επεξήγηση συμβόλων

H – καλώδια σύμφωνα με εναρμονισμένα πρότυπα

A – αναγνωρισμένος εθνικός τύπος

I – καλώδια σύμφωνα με πρότυπα I.E.C. (International Electrotechnical Commission)

### Τάση λειτουργίας $U_o/U^i$

1 – 600/1000V

07 – 450/750V

05 – 300/500V

03 – 300/300V

### Υλικό μόνωσης αγωγών

V – P.V.C.

R – Ελαστικό

S – Σιλικόνη

### Υλικό μανδύα

V – P.V.C.

R – Ελαστικό

N – Νεοπρένιο

### Ειδική διάκριση

H2 – Πεπλατυσμένη κατασκευή καλωδίου του οποίου οι πόλοι δεν μπορούν να αποχωρισθούν

H – Πεπλατυσμένη κατασκευή καλωδίου του οποίου οι πόλοι μπορούν να αποχωρισθούν

### Είδος αγωγού

- U – Δύσκαμπος στρογγυλός αγωγός, μονόκλωνος

- R – Δύσκαμπος στρογγυλός αγωγός, πολύκλωνος

- S – Δύσκαμπος αγωγός σχήματος κυκλικού τομέα, πολύκλωνος

- H – Υπερέκαμπος αγωγός (ομάδα 6)

- F – Εύκαμπος αγωγός

- K – Εύκαμπος αγωγός για μόνιμη τοποθέτηση

re = στρογγυλός μονόκλωνος αγωγός

(Το r από το round=στρογγυλός και το e από το ein=ένα, μονό-)

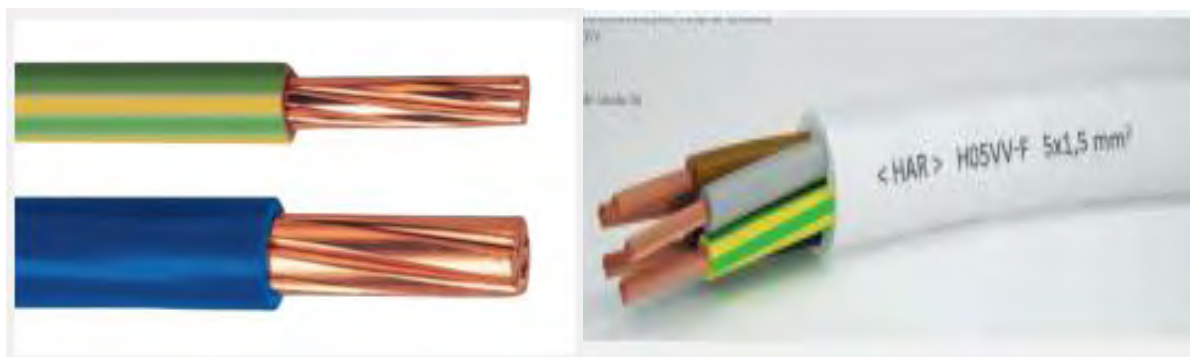
rm = στρογγυλός πολύκλωνος αγωγός

(Το r από το round=στρογγυλός και το m από το multi=πολλαπλό)

sm = πολύκλωνος αγωγός σχήματος κυκλικού τομέα

(Το s από το sector=τομέας και το m από το multi=πολλαπλό)

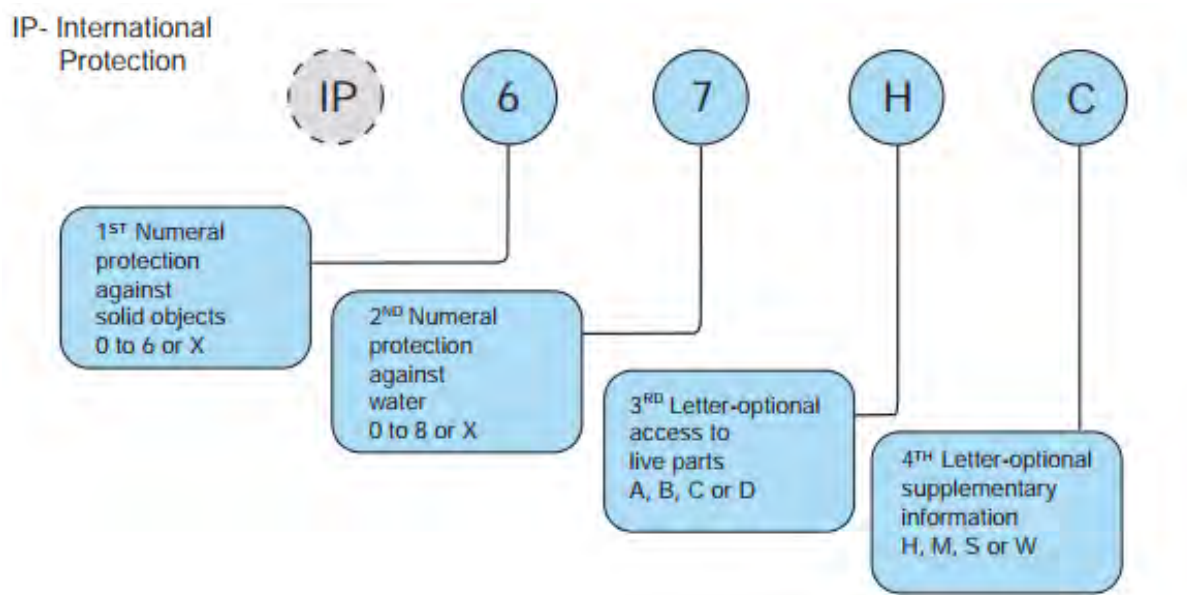
Εικόνα 1.12 Επεξήγηση συμβόλων του πιο πάνω πίνακα.



Εικόνα 1.13 (α) Καλώδιο H07V - R, (β) H05VV - F.

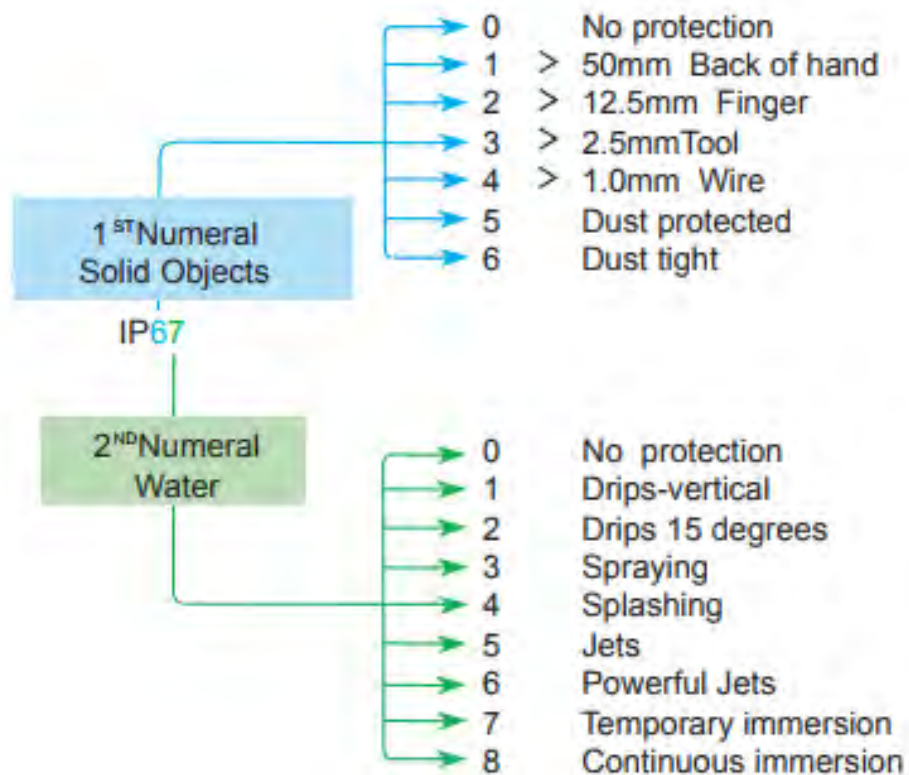
### 1.7 Βαθμός προστασίας υλικών (IP)

Ο κωδικός IP συμβολίζει με μια ένδειξη την προστασία που θα παρέχεται στον εξοπλισμό όσον αφορά την πρόσβαση από επικίνδυνα πράγματα, όπως τα ζωντανά, είσοδος από ξένα αντικείμενα όπως εργαλεία, βρωμιά και υγρά όπως το νερό. Η διάταξη του κώδικα IP αποτελείται από τέσσερις χαρακτήρες, μερικοί από τους οποίους είναι προαιρετικοί. Η διάταξη του κώδικα έχει ως εξής:



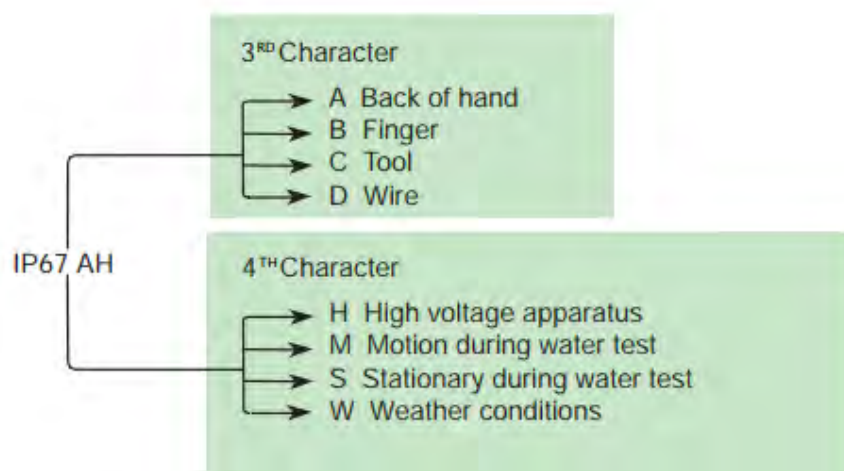
Εικόνα 1.14 Διάταξη του κώδικα IP.

Το πρώτο νούμερο αφορά προστασία από στερεά αντικείμενα, και το δεύτερο νούμερο αφορά προστασία από υγρά. Τα 2 τελευταία είναι προαιρετικά. Συγκεκριμένα για τα 2 πρώτα νούμερα ισχύουν τα παρακάτω όπως παρουσιάζονται από την εικόνα 1.15:



Εικόνα 1.15 Τα 2 πρώτα νούμερα του κώδικα IP.

και για τα 2 τελευταία νούμερα ισχύει :



Εικόνα 1.16 Τα 2 τελευταία νούμερα του κώδικα IP.

Στην εικόνα 1.17 παρουσιάζονται οι συμβολισμοί για προστασία από νερό.



Εικόνα 1.17 Σύμβολα για προστασία από νερό.

## 1.8 Γείωση

Ένα από τα πιο βασικά μέρη (ίσως και το βασικότερο) μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι η γείωση. Σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση μπορεί να παρουσιαστεί διαρροή ηλεκτρικού ρεύματος από τον αγωγό της φάσης προς το μεταλλικό μέρος μιας συσκευής. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε μια χαλαρή σύνδεση στα άκρα των αγωγών ή στην παρουσία υγρασίας. Κατά την διάρκεια της διαρροής, εάν κάποιος άνθρωπος έρθει σε επαφή με το μεταλλικό μέρος της συσκευής θα έρθει σε έμμεση επαφή με τον ηλεκτρισμό και θα πάθει ηλεκτροπληξία. Έτσι όλες οι συσκευές πρέπει να είναι γειωμένες. Γενικά, γείωση είναι η αγώγιμη σύνδεση όλων των μεταλλικών μερών των ηλεκτρικών συσκευών με τη γη, ούτως ώστε σε περίπτωση διαρροής το ρεύμα να μεταφέρεται μέσω του προστατευτικού αγωγού στη γη.

### 1.8.1 Συστήματα γείωσης

Το σύστημα γείωσης είναι ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται η γείωση σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση. Το τελικό στάδιο της διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κύπρο επιτυγχάνεται με διάφορους υποσταθμούς διανομής. Μέσα σε κάθε υποσταθμό υπάρχει ένας τριφασικός μετασχηματιστής (transformer), σκοπός του οποίου είναι να υποβιβάζει την τάση από τα 11 kV στα 400 V (πολική τάση) και στα 230 V (φασική τάση). Το δευτερεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή είναι συνδεδεμένο σε αστέρα, δηλαδή τα τέλη των τριών φάσεων ενώνονται σε ένα κοινό σημείο. Από τα άλλα τρία άκρα της σύνδεσης του αστέρα αναχωρούν οι τρεις φάσεις και από το κοινό σημείο ο ουδέτερος. Το κοινό σημείο έχει δυναμικό ως προς την γη ίσο με μηδέν και επομένως γειώνεται στον υποσταθμό. Η γη μπορεί να

θεωρηθεί σαν ένας τεράστιος αγωγός που έχει δυναμικό ίσο με μηδέν. Από την πλευρά της ηλεκτρικής εγκατάστασης, εάν υπάρξει ρεύμα διαρροής η γη θα προσφέρει ένα εναλλακτικό μονοπάτι για αυτό το ρεύμα. Συγκεκριμένα, το ρεύμα διαρροής θα περάσει από το προστατευτικό αγωγό στο ηλεκτρόδιο γείωσης (ράβδος που τοποθετείται στην αρχή της εγκατάστασης) της ηλεκτρικής εγκατάστασης και διάμεσου της γης θα πάει στον υποσταθμό διανομής της περιοχής. Ακολούθως θα ενεργοποιηθεί το RCD το οποίο προστατεύει το κύκλωμα από διαρροή ρεύματος και θα διακόψει την παροχή. Το σύστημα που μόλις περιγράφηκε λέγεται σύστημα TT. Άλλα συστήματα γείωσης είναι τα εξής:

Σύστημα TN: έχει τουλάχιστον ένα σημείο της πηγής ενέργειας (υποσταθμός) απευθείας γειωμένο, ενώ τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη της ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι συνδεδεμένα με αυτό το σημείο μέσω προστατευτικών αγωγών.

Σύστημα TN-C: οι ρόλοι του ουδέτερου και του προστατευτικού αγωγού συνδυάζονται στον ίδιο αγωγό σε όλο γενικά το σύστημα.

Σύστημα TN-S: οι ουδέτεροι και οι προστατευτικοί αγωγοί είναι ξεχωριστοί σε όλο γενικά το σύστημα.

Σύστημα TN-C-S: οι ρόλοι του ουδέτερου και του προστατευτικού αγωγού συνδυάζονται στο ίδιο αγωγό σε ένα μόνο σημείο του συστήματος.

Σύστημα IT: δεν έχει απευθείας σύνδεση μεταξύ των ηλεκτρικών ενεργών μερών του και της γης, ενώ τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη της ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι γειωμένα.

Το πρώτο γράμμα δηλώνει τη σχέση της πηγής προς την γη:

T = Terre = Γη - Αν η πηγή είναι γειωμένη.

I = Isolation = Απομόνωση - Αν η πηγή είναι απομονωμένη από τη γη.

Το δεύτερο γράμμα αφορά την σχέση των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών της εγκατάστασης προς τη γη:

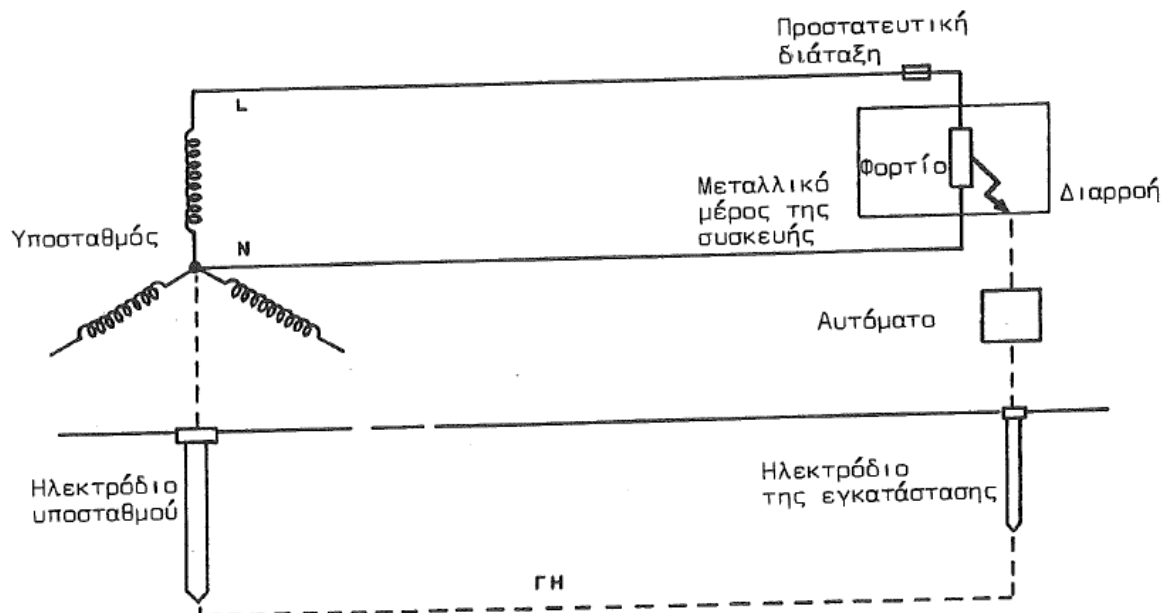
T = Terre = Γη - Αν γίνεται απευθείας ηλεκτρική σύνδεση των αγώγιμων μερών της εγκατάστασης με την γη, ανεξαρτήτως από τον τρόπο γείωσης της πηγής.

N = Neutre = Ουδέτερος - Αν γίνεται ηλεκτρική σύνδεση των αγώγιμων μερών της εγκατάστασης με το γειωμένο ουδέτερο σημείο της πηγής.

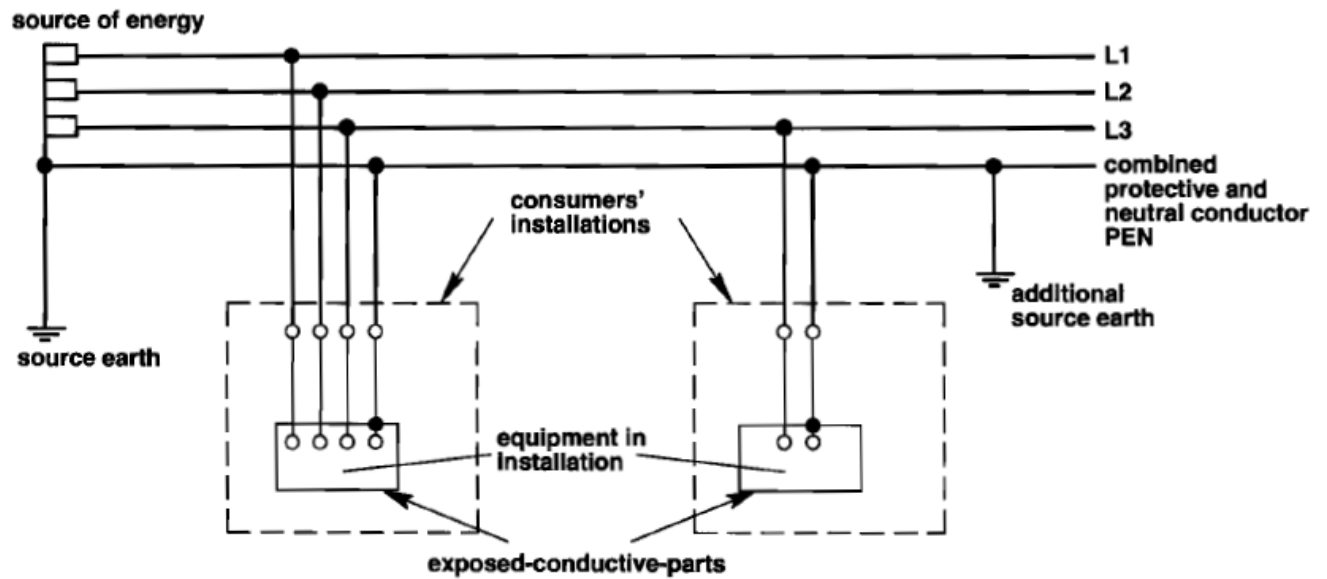
Τα επόμενα γράμματα αφορούν τη διαρρύθμιση του ουδέτερου και του προστατευτικού αγωγού:

C = Combine = Συνδυασμένος - Αν οι λειτουργίες του ουδέτερου και του προστατευτικού αγωγού συνδυάζονται σε ένα αγωγό.

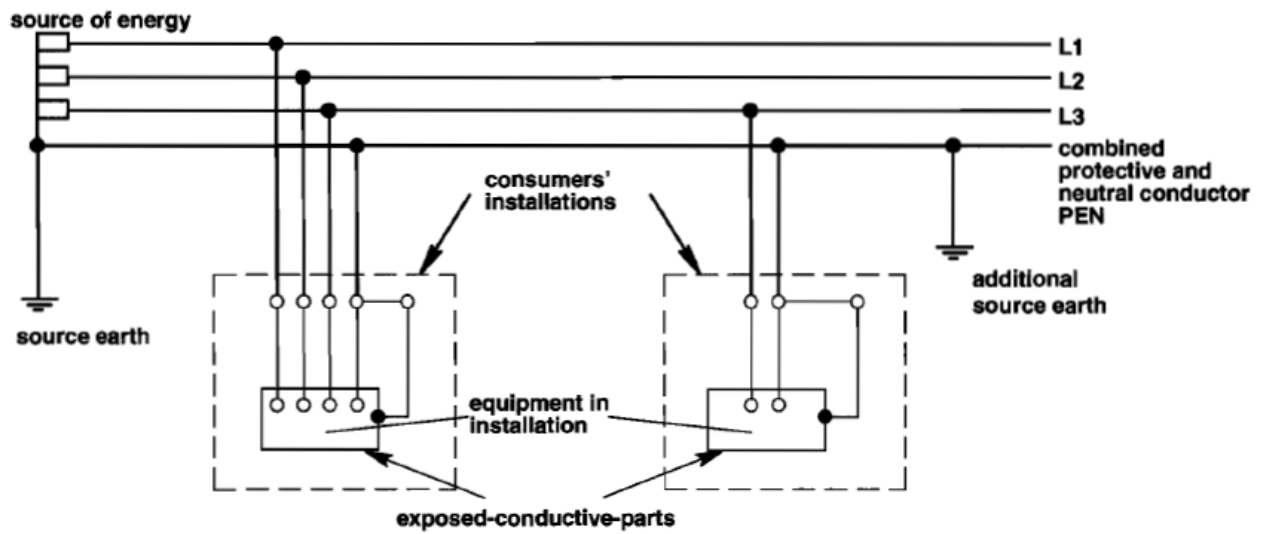
S = Separe = Ξεχωριστός - Αν οι λειτουργίες του ουδέτερου και του προστατευτικού αγωγού προσφέρονται με ξεχωριστούς αγωγούς.



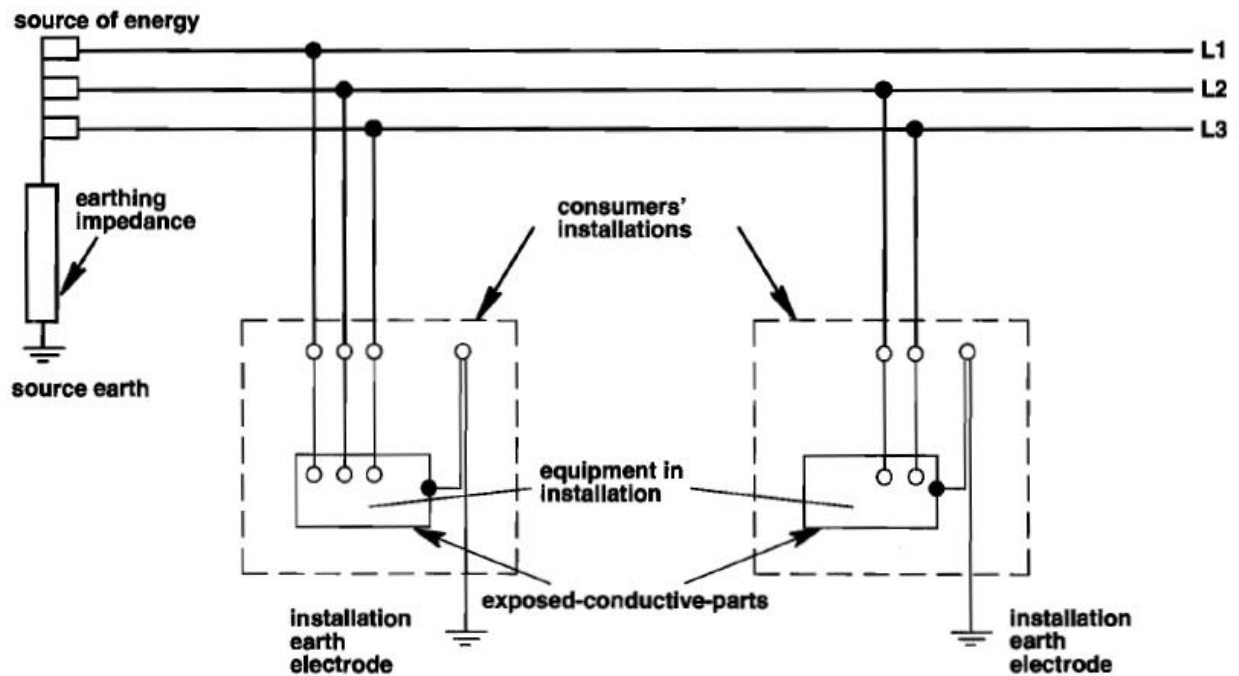
Εικόνα 1.18 Σύστημα γείωσης TT.



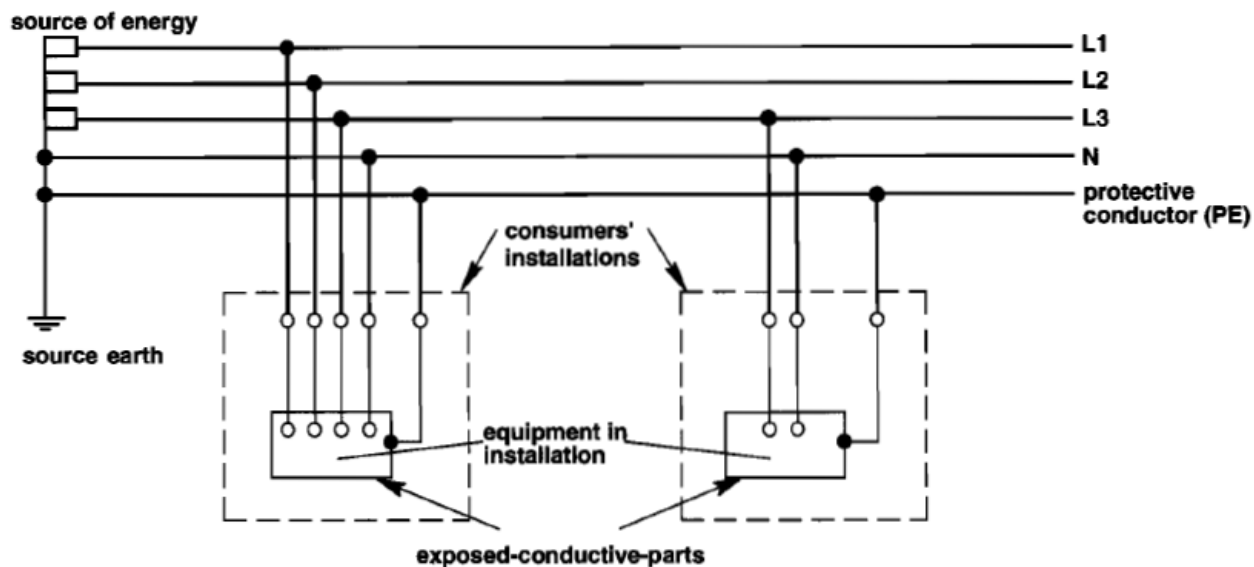
Εικόνα 1.19 (α) TN-C



Εικόνα 1.19 (β) TN-C-S



Εικόνα 1.19 (γ) IT



Εικόνα 1.19 (δ) TN-S

### 1.8.2 Προστατευτικοί αγωγοί

Προστατευτικοί αγωγοί είναι οι αγωγοί οι οποίοι χρησιμοποιούνται για κάποιο βαθμό προστασίας έναντι της ηλεκτροπληξίας και συνδέουν μεταξύ τους οποιαδήποτε από τα πιο κάτω μέρη:

- Εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη
- Το κεντρικό σημείο της γείωσης
- Τα ηλεκτρόδια γείωσης

Οι προστατευτικοί αγωγοί διακρίνονται από τους πιο κάτω τύπους:

- Προστατευτικοί αγωγοί κυκλώματος
- Αγωγοί γείωσης
- Αγωγοί ισοδυναμικής σύνδεσης

#### Προστατευτικοί αγωγοί κυκλώματος

Αυτοί οι αγωγοί συνδέουν όλα τα μεταλλικά μέρη της ηλεκτρικής εγκατάστασης με το σημείο της γείωσης στο πίνακα διανομής (κίτρινο - πράσινο χρώμα).

#### Αγωγοί γείωσης

Αυτοί οι αγωγοί χρησιμοποιούνται για την τελική σύνδεση της ηλεκτρικής εγκατάστασης με το ηλεκτρόδιο γείωσης.



### Αγωγοί ισοδυναμικής σύνδεσης

Συνδέουν άλλες περιοχές όπως για παράδειγμα μεταλλικές σωλήνες νερού, γκαζιού, με το σύστημα γείωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

### Υπολογισμός διατομής προστατευτικών αγωγών

Από την εξίσωση (γνωστή και ως διαβατική εξίσωση):

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$$

Όπου,

S: διατομή προστατευτικού αγωγού (σε mm<sup>2</sup>).

I: ενεργός τιμή του ρεύματος διαρροής που μπορεί να περάσει μέσα από την προστατευτική διάταξη σε περίπτωση βλάβης αμελητέας σύνθετης αντίστασης (A).

k: συντελεστής (αδιαβατικός συντελεστής) ο οποίος εξαρτάται από το υλικό του προστατευτικού αγωγού, την μόνωση και την αρχική και τελική θερμοκρασία.

t: χρόνος που απαιτείται για την αποσύνδεση της προστατευτικής διάταξης.

Για την παρούσα διπλωματική εργασία ο αδιαβατικός συντελεστής k λαμβάνεται από την πιο κάτω εικόνα:

<b>TABLE 54C</b>				
<b>Values of k for protective conductor incorporated in a cable or bunched with cables, where the assumed initial temperature is 70 °C or greater</b>				
Material of conductor	Insulation material			
	70 °C thermoplastic (general purpose pvc)	90 °C thermoplastic (pvc)	85 °C thermosetting (rubber)	90 °C thermosetting
Copper	115/103*	100/86*	134	143
Aluminium	76/68*	66/57*	89	94
Assumed initial temperature	70 °C	90 °C	85 °C	90 °C
Final temperature	160 °C/140 °C*	160 °C/140 °C*	220 °C	250 °C

\* Above 300 mm<sup>2</sup>

Εικόνα 1.20 Πίνακας από τον οποίο λαμβάνεται ο αδιαβατικός συντελεστής k.

Εναλλακτικά εάν ο μελετητής της ηλεκτρικής εγκατάστασης δεν επιθυμεί να υπολογίσει την ελάχιστη διατομή του προστατευτικού αγωγού, μπορεί να καθορίσει την διατομή από την πιο κάτω εικόνα :

Cross-sectional area of phase conductor S	Minimum cross-sectional area of the corresponding protective conductor	
	If the protective conductor is of the same material as the phase conductor	If the protective conductor is not the same material as the phase conductor
(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
$16 < S \leq 35$	16	$\frac{k_1}{k_2} \times 16$
$S > 35$	$\frac{S}{2}$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$

Εικόνα 1.21 Εναλλακτικός πίνακας από τον οποίο λαμβάνεται ο αδιαβατικός συντελεστής k.

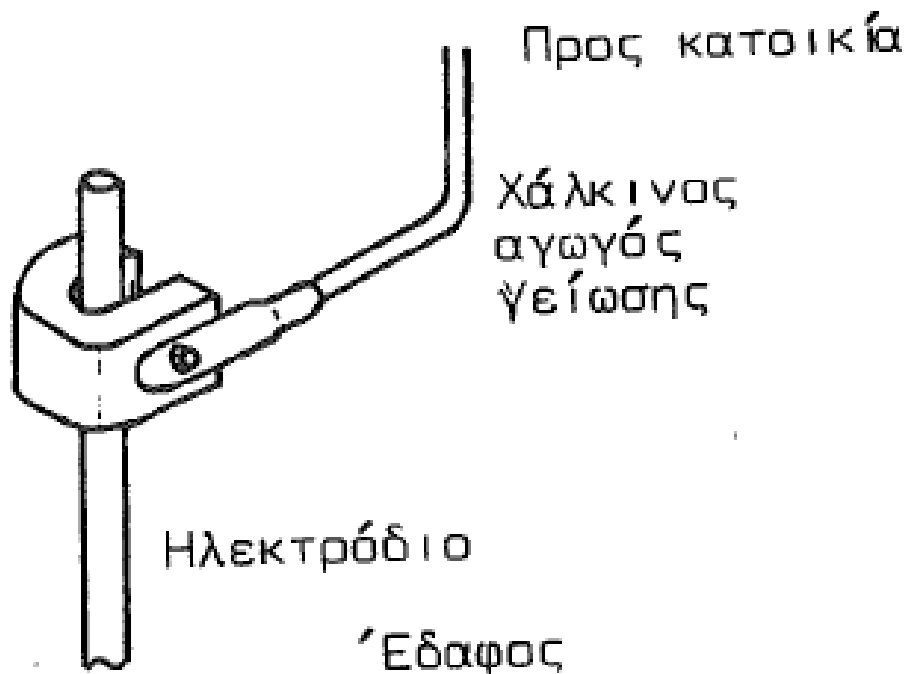
Όπου,

k<sub>1</sub> συντελεστής για τον αγωγό φάσης, ο οποίος επιλέγεται από το Πίνακα 43Α, του κεφαλαίου 43 ανάλογα με το υλικό του αγωγού και το υλικό της μόνωσης του.

k<sub>2</sub> συντελεστής για τον προστατευτικό αγωγό, ο οποίος επιλέγεται από τους Πίνακες 54Β, 54C, 54D, 54Ε ή 54F ανάλογα με την περίπτωση.

### 1.8.3 Ηλεκτρόδιο γείωσης

Το ηλεκτρόδιο γείωσης είναι μια ράβδος, ταινία ή πλακά που τοποθετείται μέσα στη γη για την επίτευξη αποτελεσματικής γείωσης. Το ηλεκτρόδιο είναι ενωμένο με την γείωση όλης της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Από τον πίνακα διανομής μέχρι το ηλεκτρόδιο, η σύνδεση γίνεται με τον αγωγό γείωσης ο οποίος πρέπει να είναι χάλκινος και όχι από αλουμίνιο. Η αποτελεσματικότητα ενός ηλεκτροδίου γείωσης πετυχαίνεται εάν γίνει καλή επαφή με την μάζα της γης αλλά και το είδος και τις συνθήκες του εδάφους. Στην Κύπρο λόγω της ξηρασίας και του εδάφους η αντίσταση γείωσης είναι μεγάλη. Το βάθος τοποθέτησης του ηλεκτροδίου γείωσης καθορίζεται από τους διεθνείς κανονισμούς του IEE οι οποίοι ορίζουν πως το βάθος πρέπει να είναι τέτοιο ώστε εάν το έδαφος υποστεί ξηρασία ή παγώσει να μην αυξάνεται η τιμή της αντίστασης γείωσης πάνω από την επιθυμητή τιμή.



Εικόνα 1.22 Παράδειγμα ηλεκτροδίου γείωσης.

#### 1.8.4 Θεμελιακή Γείωση

Τα τσιμεντένια θεμέλια σε συνδυασμό με το σιδερένιο σκυρόδεμα του κτηρίου αποτελούν ένα σύστημα μεγάλης αγωγιμότητας. Με την εγκατάσταση ηλεκτροδίων γείωσης στην περίμετρο του κτηρίου δημιουργείται ένα ενισχυμένο σύστημα γείωσης το οποίο μπορεί να μεταφέρει το ρεύμα διαρροής στο έδαφος. Σημαντική απαίτηση είναι το τσιμεντένιο θεμέλιο να έρχεται σε επαφή με το έδαφος χωρίς να παρεμβάλλεται μονωτικό υλικό.

Για την εγκατάσταση χρησιμοποιούμε αγωγούς σε σχήμα ράβδου ή ταινίας οι οποίοι συνδέονται περιμετρικά στο μεταλλικό οπλισμό του κτηρίου, δημιουργώντας ένα κλειστό βρόχο. Η σύνδεση των αγωγών γίνεται με σφικτήρες κάθε 2 m – 5 m και στα σημεία αλλαγής κατεύθυνσης για την καλύτερη υποστήριξη τους. Τέλος, σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι το ηλεκτρόδιο προστατεύεται από τη διάβρωση εάν καλύπτεται τουλάχιστον από 5 cm τσιμέντου.



Εικόνα 1.23 Παράδειγμα θεμελιακής γείωσης.

#### 1.9 Σύνθετη αντίσταση βρόγχου βλάβης προς την γη ( $Z_s$ )

Για να λειτουργήσει σωστά η προστατευτική διάταξη σε περίπτωση διαρροής, πρέπει η αντίσταση γείωσης να είναι αρκετά χαμηλή έτσι ώστε να μπορεί να περάσει το ρεύμα. Η σύνθετη αντίσταση βρόγχου βλάβης προς την γη αποτελείται από : το προστατευτικό αγωγό του κυκλώματος, τον αγωγό γείωσης της εγκατάστασης, το ηλεκτρόδιο γείωσης, την μάζα της γης μέχρι τον υποσταθμό, το σημείο γείωσης, τα τυλίγματα του μετασχηματιστή στον υποσταθμό και τον αγωγό φάσης από τον υποσταθμό πίσω στο σημείο βλάβης. Η σύνθετη αντίσταση μπορεί να μετρηθεί με ειδικό όργανο.

#### 1.10 Επιθεώρηση και έλεγχος ηλεκτρικών εγκαταστάσεων χαμηλής τάσης

Όπως προνοεί το διάταγμα ΚΔΠ 70/2005 που έγινε στις 18/2/2005 του Υπουργού Συγκοινωνιών και Έργων της Κύπρου, από την 1/7/2007 οι Κανονισμοί της 16ης Έκδοσης του Ινστιτούτου Μηχανικής και τεχνολογίας (IET) της Μεγάλης Βρετανίας έχουν τεθεί σε υποχρεωτική εφαρμογή. Οι κανονισμοί αφορούν το σχεδιασμό, υλοποίηση την επιθεώρηση και τον έλεγχο των εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Οι εργασίες που γίνονται πάνω σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση πρέπει να επιθεωρούνται και να ελέγχονται για να διασφαλίζεται ότι:

1. Υπάρχει ικανοποιητική προστασία έναντι του κινδύνου από άμεση και έμμεση επαφή με όλα τα ενεργά μέρη μιας εγκατάστασης.
2. Δεν υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης υλικών λόγω υψηλών θερμοκρασιών.

3. Υπάρχει ικανοποιητική προστασία σε πρόσωπα έναντι τραυματισμού και σε περιουσία έναντι ζημιάς από υπερβολικά ψηλές θερμοκρασίες ή ηλεκτρομηχανικές πίεσης, ως αποτέλεσμα υπερφορτίσεων που ενδέχεται να σημειωθούν.
4. Άνθρωποι και οι περιουσίες τους προστατεύονται από πιθανές βλάβες στην ηλεκτρική εγκατάσταση.
5. Όλες οι συσκευές και ο ηλεκτρικός εξοπλισμός μπορούν να αντέξουν με ασφάλεια τις συνθήκες (θερμοκρασία) του περιβάλλοντος όπου εγκαθίστανται αφού έχει ληφθεί σχετική πρόνοια κατά την εγκατάσταση.

Επιπλέον, η επιθεώρηση και ο έλεγχος πρέπει να πραγματοποιούνται σε όλες τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις για τις οποίες απαιτείται η έκδοση πιστοποιητικού καταλληλότητας. Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ή μέρη ηλεκτρικών εγκαταστάσεων που δεν έχουν πιστοποιηθεί με αυτό το πιστοποιητικό, δεν συνδέονται στο δίκτυο διανομής της ΑΗΚ.

#### ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

Η οπτική επιθεώρηση πρέπει να προηγείται των δοκιμών και των μετρήσεων και πρέπει να πραγματοποιείται με ολόκληρη την εγκατάσταση εκτός τάσης. Σκοπός της επιθεώρησης είναι η εξακρίβωση ότι το μόνιμα συνδεδεμένο υλικό:

1. Είναι σύμφωνα με τις απαιτήσεις ασφάλειας των αντίστοιχων προτύπων του υλικού.
2. Έχει επιλεγεί και εγκατασταθεί σωστά, σύμφωνα με το ισχύον Πρότυπο BS7671.
3. Δεν παρουσιάζει ορατές βλάβες που επιδρούν δυσμενώς στην ασφάλεια.

#### ΕΛΕΓΧΟΙ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

Η επιθεώρηση της εσωτερικής ηλεκτρικής εγκατάστασης διακριβώνει κατά πόσο η ηλεκτρική εγκατάσταση ικανοποιεί τα ελάχιστα κριτήρια ασφάλειας για σύνδεση της με την παροχή ρεύματος. Στην συνέχεια, γίνεται επιθεώρηση των εξαρτημάτων και των αγωγών που περιλαμβάνει ελέγχους, οι οποίοι επιβεβαιώνουν ότι:

1. Πρόσβαση σε ενεργά μέρη και/ή βασική μόνωση δεν είναι δυνατή χωρίς τη χρήση κατάλληλου εργαλείου
2. Δεν υπάρχει ορατή ζημιά σε καλώδια, εξαρτήματα και ηλεκτρικό εξοπλισμό (ασφάλειες)
3. Τα εξαρτήματα και τα μεγέθη των αγωγών αντιστοιχούν με το προσδοκώμενο φορτίο, την τάση παροχής και την ονομαστική τιμή της διάταξης προστασίας κάθε κυκλώματος (Ib).

4. Υπάρχει σχετική απόσταση μεταξύ ενεργών αγωγών και εξαρτημάτων και ενεργών αγωγών από την γη.
5. Τα εξαρτήματα και τα καλώδια είναι καλά στερεωμένα
6. Τα εξαρτήματα και τα καλώδια είναι σχεδιασμένα για το περιβάλλον μέσα στο οποίο έχουν τοποθετηθεί και είναι κατάλληλα τοποθετημένα.

Επιθεώρηση πινάκων διανομής περιλαμβάνει ελέγχους, για να επιβεβαιώσει ότι:

1. Η ονομαστική τιμή ρεύματος και/ή η διακοπτική ικανότητα των μηχανισμών προστασίας είναι ακατάλληλη για το κύκλωμα το οποίο προστατεύουν
2. Οι διακόπτες και μηχανισμοί προστασίας είναι σηματοδοτημένοι σύμφωνα με τον τύπο του κυκλώματος το οποίο προστατεύουν
3. Οι ενεργοί αγωγοί είναι μονωμένοι και αγωγοί ουδετέρου είναι μονωμένοι ως προς τη γη.
4. Οι αγωγοί συνέχειας της γης είναι συνδεδεμένοι στον ακροδέκτη γείωσης και οι αγωγοί του ουδετέρου είναι συνδεδεμένοι στον ακροδέκτη του ουδετέρου
5. Τα RCD που εγκαθίστανται για προστασία προσώπων λειτουργούν με 30 mA.

Επιθεώρηση μόνιμα εγκατεστημένου ηλεκτρικού εξοπλισμού περιλαμβάνει ελέγχους, για να επιβεβαιώσει ότι:

1. Όπου είναι εγκατεστημένος ηλεκτρικός εξοπλισμός σε υγρούς χώρους, σε δυσμενείς ατμοσφαιρικές συνθήκες είναι εγκατεστημένοι σωστά και είναι κατάλληλοι για το εξωτερικό περιβάλλον
2. Η σύνδεση στη μόνιμη εγκατάσταση είναι σωστή
3. Οι ηλεκτρικές συσκευές είναι εγκατεστημένες σωστά

Επιθεώρηση της κύριας γείωσης περιλαμβάνει ελέγχους για να επιβεβαιώσει ότι:

1. Ο αγωγός γείωσης έχει την κατάλληλη διατομή.
2. Στο σημείο του ηλεκτροδίου γείωσης έχει τοποθετηθεί η κατάλληλη προειδοποιητική πινακίδα
3. Στον πίνακα διανομής, ο αγωγός γείωσης είναι συνδεδεμένος σωστά.
4. Μόνιμες ηλεκτρικές συσκευές οι οποίες χρειάζεται να γειώνονται είναι συνδεδεμένες με καλώδιο το οποίο προσφέρει αγωγό γείωσης.
5. Στους πίνακες διανομής οι ζυγοί του ουδέτερου είναι μονωμένοι σε σχέση με τη γη.

### ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ελέγχονται, με την πραγματοποίηση δοκιμών, για να διαπιστώνεται ότι συμβαδίζουν με τους κανονισμούς. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών λαμβάνονται υπόψη όλα τα αναγκαία μέτρα για να αποκλείεται το ενδεχόμενο να υποστούν ηλεκτροπληξία οποιαδήποτε πρόσωπα από τα όργανα ελέγχου που είναι συνδεδεμένα στην εγκατάσταση. Οι εργασίες δοκιμών περιλαμβάνουν δοκιμές μέτρησης της αντίστασης της μόνωσης, δοκιμές πολικότητας, δοκιμές μέτρησης της αντίστασης της γης και δοκιμές ελέγχου της συνέχειας της γείωσης και δοκιμές λειτουργικότητας των προστατευτικών συσκευών. Οποιοσδήποτε ηλεκτρικές συσκευές ή άλλος ηλεκτρικός εξοπλισμός που αποτελούν μέρος της εγκατάστασης, που ενδέχεται να υποστούν βλάβη από τάσεις δοκιμών, θα πρέπει να αποσυνδέονται ή να γεφυρώνονται πριν από την πραγματοποίηση των δοκιμών. Ο ηλεκτρολόγος εγκαταστάτης υποδεικνύει στον επιθεωρητή τις ηλεκτρικές συσκευές και οποιοδήποτε άλλο εξοπλισμό που πρέπει να αποσυνδέονται πριν από τον έλεγχο. Με τον έλεγχο σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση διασφαλίζεται ότι:

1. Οι αγωγοί των καλωδίων έχουν προσδιοριστεί σωστά και είναι συνδεδεμένοι στους ορθούς ακροδέκτες των συσκευών
2. Οι αγωγοί είναι στερεωμένοι με ασφαλή τρόπο στους ακροδέκτες των συσκευών και δεν υπόκεινται σε δυνάμεις που τείνουν να τους αποσυνδέσουν.
3. Οι συσκευές τα καλώδια και ο ηλεκτρικός εξοπλισμός είναι προστατευμένα έναντι βλαβών.
4. Μόνιμες ηλεκτρικές συσκευές οι οποίες χρειάζεται να γειώνονται είναι συνδεδεμένες με καλώδιο το οποίο προσφέρει αγωγό γείωσης.
5. Στους πίνακες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, οι ζυγοί του ουδέτερου είναι μονωμένοι σε σχέση με τη γη.

### ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ

Οι δοκιμές της αντίστασης μόνωσης πραγματοποιούνται για να διασφαλίζεται ότι η μόνωση μεταξύ μερών με διαφορετική πολικότητα και μεταξύ ενεργών μερών και γης είναι ικανοποιητική. Η δοκιμή πραγματοποιείται με όργανο ελέγχου της αντίστασης μόνωσης (Insulation Resistance Tester) με ελάχιστες τάσεις δοκιμών όπως :

1. 500 V για κυκλώματα μέχρι και 250 V μεταξύ φάσης και γης
2. 1000 V για κυκλώματα πάνω από 250 V μεταξύ φάσης και γης

Δοκιμές της αντίστασης μόνωσης διεξάγονται μεταξύ:

1. Αγωγών φάσεων
2. Φάσης και ουδέτερου
3. Φάσης και γης
4. Ουδέτερου και γης

### ΠΟΛΙΚΟΤΗΤΑ

Οι δοκιμές πολικότητας διασφαλίζουν ότι ο εξοπλισμός και τα καλώδια έχουν συνδεθεί σωστά σε σχέση με την πολικότητα της παροχής. Επίσης, οι δοκιμές επιβεβαιώνουν ότι στους ρευματοδότες ο αγωγός του ουδέτερου και ο αγωγός της φάσης έχουν συνδεθεί σωστά στους ακροδέκτες των ρευματοδοτών.

### ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΥΝΕΧΕΙΑΣ ΓΗΣ

Οι δοκιμές συνέχειας της γης διασφαλίζουν ότι:

1. Η σύνδεση του αγωγού γείωσης μεταξύ του κύριου πίνακα και του ηλεκτροδίου γείωσης παρέχει συνέχεια και χαμηλή αντίσταση στις επιθυμητές τιμές.
2. Η σύνδεση μεταξύ οποιουδήποτε σημείου της εγκατάστασης που πρέπει να γειώνεται και του ζυγού της γης παρέχει συνέχεια και επίσης παρέχει χαμηλή αντίσταση.

Η τιμή της αντίστασης που σημειώνεται κατά τη διάρκεια των δοκιμών συνέχειας της γης δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1 Ω.

### ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Απαιτείται να διακριβώνεται η σωστή λειτουργία των RCD μέσω λειτουργικού ελέγχου. Για RCD τα οποία εγκαθίστανται για προστασία προσώπων, η λειτουργία τους σε περίπτωση σφάλματος που το ρεύμα βλάβης προς τη γη είναι ίσο προς την ονομαστική τιμή έντασης του RCD. Ο χρόνος αποσύνδεσης πρέπει να είναι μέχρι 200 ms. Σε περίπτωση που απαιτείται συμπληρωματική προστασία τότε τοποθετείται RCD με ονομαστική ευαισθησία 30 mA. Το RCD αυτό προφέρει συμπληρωματική προστασία έναντι άμεσης επαφής. Με ένταση ελέγχου πέντε φορές μεγαλύτερο της ονομαστικής τιμής του RCD, ο χρόνος αποσύνδεσης δεν πρέπει να ξεπεράσει τα 40 ms. Η αντίσταση μόνωσης μεταξύ της φάσης και του ουδέτερου του πρωτεύοντος κυκλώματος έναντι του δευτερεύοντος κυκλώματος δεν πρέπει να είναι λιγότερη από 50 MΩ.



### ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟΥ ΓΕΙΩΣΗΣ

Πρέπει να γίνεται μέτρηση της αντίστασης του ηλεκτροδίου γείωσης προς τη Γη.

### ΣΥΝΘΕΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΒΡΟΓΧΟΥ ΒΛΑΒΗΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΓΗ

Η αντίσταση βρόγχου βλάβης προς τη γη ( $Z_s$ ) πρέπει να προσδιορίζεται στο πιο απομακρυσμένο σημείο κάθε κυκλώματος. Ο προσδιορισμός μπορεί να είναι:

1. Με άμεση μέτρηση της  $Z_s$
2. Με άμεση μέτρηση της  $Z_e$  στην αρχή της εγκατάστασης και προσθέτοντας ( $R1+R2$ ) τα οποία μπορούν να μετρηθούν κατά τις δοκιμές συνέχειας.
3. Προσθέτοντας τις τιμές των αντιστάσεων ( $R1+R2$ ), που μετρήθηκαν κατά τις Δοκιμές Συνέχειας με την τιμή της  $Z_e$ , την οποία έχει υπολογίσει η ΑΗΚ.

### ΔΟΚΙΜΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ RCD

Κατά την διάρκεια των δοκιμών αυτών αποσυνδέεται το φορτίο και επιβεβαιώνεται ότι με ρεύμα 50% της ονομαστικής τιμής του RCD παραμένει σταθερό ενώ με ρεύμα 100% της ονομαστικής τιμής του το RCD ανοίγει σε χρόνο μέχρι 300 ms εκτός και αν είναι type S οπότε πρέπει να λειτουργήσει σε χρόνο μεταξύ 130 ms και 500 ms. Αν το RCD έχει εγκατασταθεί για προστασία προσώπων ο χρόνος λειτουργίας δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 200 ms.

### ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ ΒΛΑΒΗΣ ΚΑΙ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ

Στην αρχή της ηλεκτρικής εγκατάστασης και σε άλλα σημεία της εγκατάστασης, πρέπει να μετράται το προσδοκώμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης και το προσδοκώμενο ρεύμα βλάβης προς τη γη. Όλοι οι πιο πάνω έλεγχοι γίνονται με ειδικά όργανα μέτρησης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Φωτοβολταικά συστήματα

#### 2.1 Ηλιακή Ενέργεια

Το σύνολο των μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο είναι η ηλιακή ενέργεια. Τέτοιες μορφές ενέργειας είναι το φως, η θερμότητα και διάφορες ακτινοβολίες. Η ηλιακή ενέργεια είναι πρακτικά ανεξάντλητη, διότι προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί ως προς το χώρο και το χρόνο για την εκμετάλλευσή της.

Η ηλιακή ενέργεια είναι η ενέργεια του ήλιου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια έχει μεγάλη σημασία για την διατήρηση της ζωής στην γη και αποτελεί τη βάση για όλες σχεδόν τις ενέργειες που χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο. Η ηλιακή ενέργεια είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των φυτών, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπό κατάλληλες συνθήκες και να οδηγήσουν στη δημιουργία πετρελαίου μετά από δισεκατομμύρια χρόνια ζωής.

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα και τα φωτοβολταικά συστήματα. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα φωτοβολταικά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα.

#### 2.2 Φωτοβολταικά συστήματα

Τα φωτοβολταικά συστήματα αποτελούν μια από τις εφαρμογές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα φωτοβολταικά συστήματα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ενέργεια. Τα σημαντικότερα τμήματα ενός Φ/Β συστήματος είναι:

1. Τα Φ/Β στοιχεία (ηλιακά κελιά).
2. Το Φ/Β πλαίσιο (PV module) που απαρτίζεται από πολλά Φ/Β στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους και αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας. Τα πλαίσια έχουν τυπική ισχύ από 180 W έως και 310 W. Τα Φ/Β πλαίσια συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταικές συστοιχίες (strings).
3. Τον αντιστροφέα (inverter), ο οποίος μετατρέπει την συνεχή τάση (DC) σε εναλλασσόμενη τάση (AC).

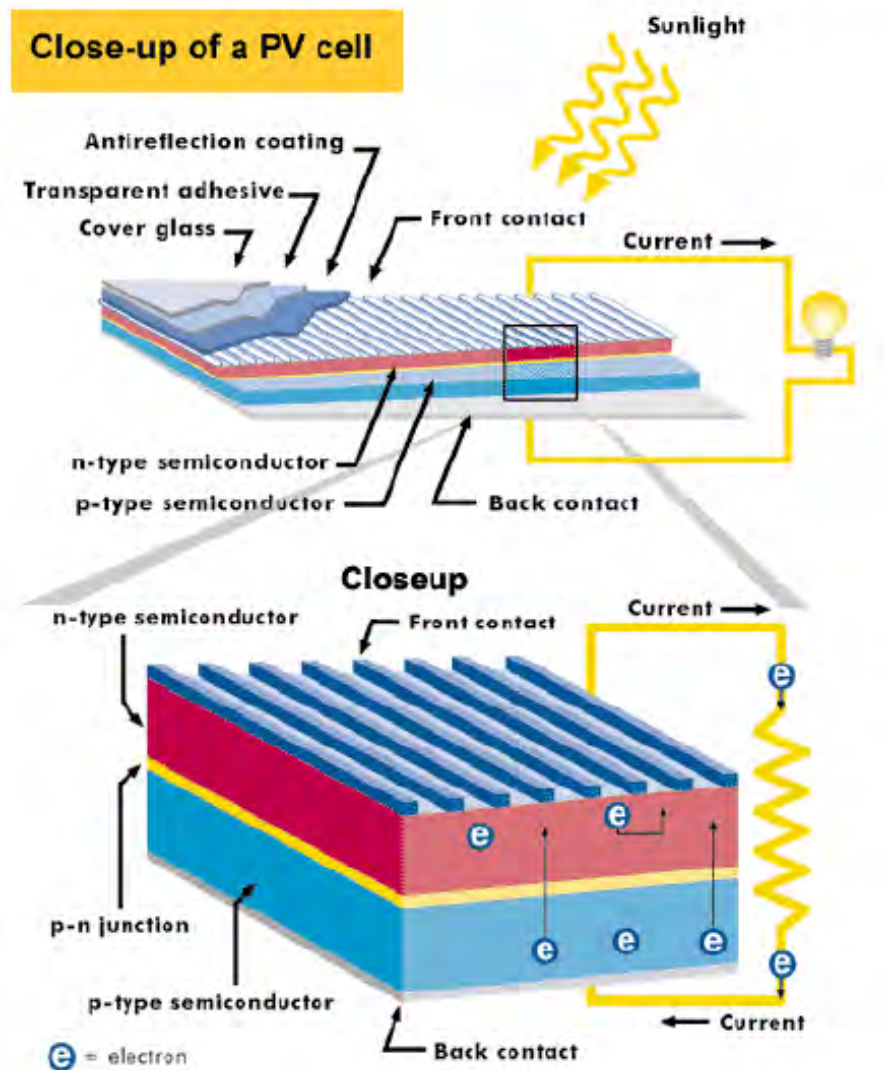
### 2.3 Ηλιακά κελιά (solar cell)

Το 1839 ο Γάλλος φυσικός Edmund Becquerel ανακάλυψε πως ορισμένα υλικά μπορούσαν να παράγουν σπινθήρες ηλεκτρισμού όταν εκτίθονταν σε ηλιακή ακτινοβολία (φωτοηλεκτρικό φαινόμενο). Τη δεκαετία του 1950 κάποιοι επιστήμονες στα Bell Labs, χρησιμοποιώντας ως βάση το πυρίτιο αναπροσάρμοσαν την φωτοβολταϊκή τεχνολογία και κατασκεύασαν ηλιακά κελιά τα οποία μπορούσαν να μετατρέψουν ένα ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Το Φ/Β στοιχείο (solar cell), το οποίο συλλέγει το ηλιακό φως, είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός λεπτού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Τα πιο σημαντικά στοιχεία ενός ηλιακού κελιού (solar cell) είναι δύο στρώματα ημιαγωγικού υλικού τα οποία αποτελούνται από κρυστάλλους πυριτίου. Το κρυσταλλικό πυρίτιο δεν είναι πολύ καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, αλλά όταν προστίθενται σ' αυτό προσμίξεις έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται καλές προϋποθέσεις για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Στο κάτω στρώμα του ηλιακού κελιού προστίθεται συνήθως βόριο, το οποίο δημιουργεί δεσμούς με το πυρίτιο οδηγώντας στην ανάπτυξη θετικού φορτίου. Στο πάνω μέρος του ηλιακού κελιού προστίθεται συνήθως φώσφορος, το οποίο δημιουργεί δεσμούς με το πυρίτιο οδηγώντας στην ανάπτυξη αρνητικού φορτίου. Η επιφάνεια μεταξύ των ημιαγωγών τύπου p και τύπου n που δημιουργούνται ονομάζεται p-n επαφή.

Όταν το ηλιακό φως εισέρχεται στο κελί, ελευθερώνονται ηλεκτρόνια και στα δύο στρώματα (ημιαγωγικού υλικού). Αυτά τα ηλεκτρόνια, γνωστά και ως ελεύθερα ηλεκτρόνια προσπαθούν να μετακινηθούν από το στρώμα τύπου-n στο στρώμα τύπου-p λόγω των διαφορετικών φορτίσεων των δύο στρωμάτων, όμως εμποδίζονται από το ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή p-n. Παρόλα αυτά, η παρουσία ενός εξωτερικού κυκλώματος δημιουργεί την απαραίτητη διαδρομή για τη μεταφορά ηλεκτρονίων από το στρώμα τύπου-n στο στρώμα τύπου-p. Η διέλευση ηλεκτρονίων κατά μήκος του στρώματος τύπου-n και κατά συνέπεια η κίνηση αυτή των ηλεκτρονίων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ρεύματος. (Εικόνα 2.1)

Τα ηλιακά κελιά έχουν τετράγωνο σχήμα πλευράς περίπου 10-12 εκατοστά. Συνήθως ένα ηλιακό κελί παράγει πολύ μικρή ισχύ. Τα ηλιακά κελιά ενώνονται ηλεκτρικά εν σειρά ή εν παραλλήλω για να δημιουργηθούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η απόδοση των ηλιακών κελιών είναι το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική και εξαρτάται από την τεχνολογία των υλικών που χρησιμοποιούνται για κατασκευή ηλιακών κελιών.

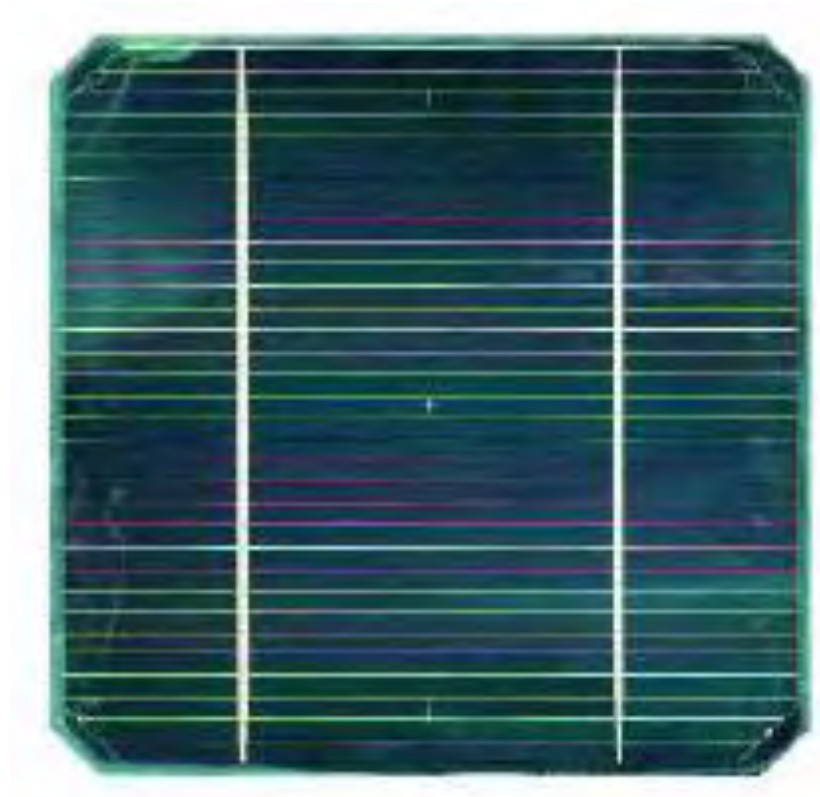


Εικόνα 2.1 Δομή ηλιακού κελιού.

### 2.3.1 Κελιά μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Τα κελιά μονοκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από κυλίνδρους ανεπτυγμένου πυριτίου, με απόδοση που φτάνει το 26 % στο εργαστήριο και το 20% σε μαζική παραγωγή. Χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση παράλληλα όμως έχουν υψηλότερο κόστος σε σχέση με άλλα ηλιακά κελιά. Τα ηλιακά αυτά κελιά κατασκευάζονται σε σχήμα κύκλου ή τετραγώνου. Τα κυκλικά ηλιακά κελιά είναι φθηνότερα από τα άλλα κελιά επειδή είναι λιγότερα τα υπολείμματα που δημιουργούνται κατά την κατασκευή τους. Όμως δεν χρησιμοποιούνται συχνά στην κατασκευή φωτοβολταϊκών πλαισίων επειδή δεν χρησιμοποιείται αποδοτικά μία επιφάνεια, λόγω των κενών μεταξύ τους όταν τοποθετούνται δίπλα το

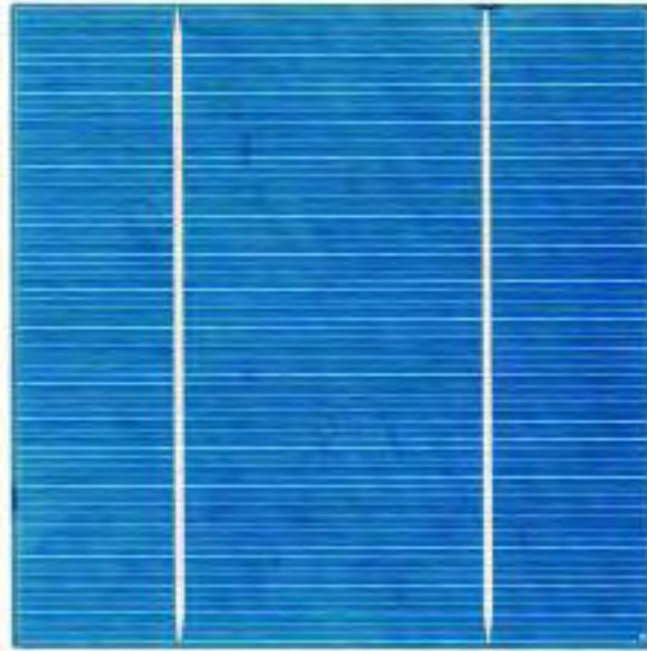
ένα στο άλλο. Αποτελούν όμως μία καλή προοπτική για ενσωμάτωση σε κτίρια όταν απαιτείται μερική διαπερατότητα στο φως. Τα κελιά μονοκρυσταλλικού πυριτίου έχουν χρώμα βαθύ μπλε έως μαύρο όταν διαθέτουν αντί-ανακλαστική επίστρωση ή γκρι, χωρίς αντί-ανακλαστική επίστρωση.



Εικόνα 2.2 Κελί μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

### 2.3.2 Κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Τα κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι φθηνότερα από αυτά του μονοκρυσταλλικού πυριτίου αλλά υστερούν από απόδοση. Τα στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από χυτό πυρίτιο και έχουν απόδοση περίπου 13 - 15%. Οι τεχνικές για την παραγωγή του πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι σχετικά απλές και επομένως φθηνότερες, συγκρινόμενες με τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Το χρώμα τους είναι συνήθως μπλε δηλαδή διαθέτουν αντί-ανακλαστική επίστρωση ή γκρι-ασημί, χωρίς αντί-ανακλαστική επίστρωση.

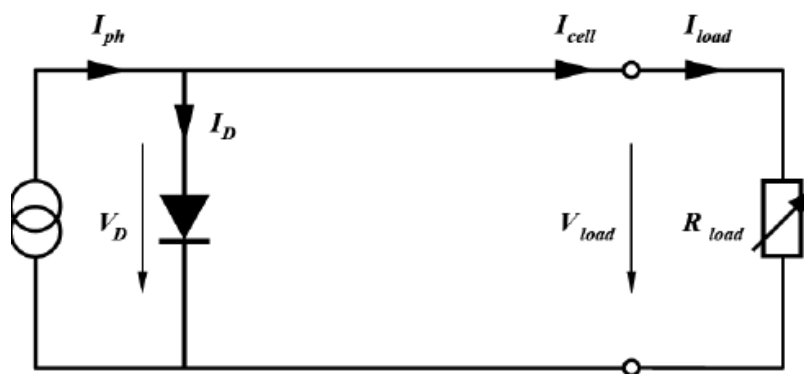


Εικόνα 2.3 Κελί πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

### 2.3.3 Τεχνολογία λεπτού υμενίου –Thin film

Τα κελιά αυτά κατασκευάζονται με πολύ λεπτές στρώσεις φωτοευαίσθητου υλικού με βάση από γυαλί, πλαστικό ή ανοξείδωτο χάλυβα. Έχουν χαμηλότερο κόστος παραγωγής που εξισορροπεί το χαμηλότερο βαθμό απόδοσης. Η απόδοση τους κυμαίνεται 6 έως 12%.

### 2.3.4 Μοντελοποίηση ηλιακών κελιών



Εικόνα 2.4 Μοντέλο ηλιακού κελιού χωρίς αντιστάσεις υλικών.

Σε αυτό μοντέλο το ρεύμα κελιού  $I_{CELL}$  προκύπτει από το συνδυασμό του φωτορεύματος  $I_{PH}$ , δηλαδή του ρεύματος που παράγεται από την έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία. Είναι ανάλογο της ηλιακής ακτινοβολίας και του ρεύματος της διόδου  $I_D$  που δημιουργείται λόγω της ύπαρξης της επαφής p-n. Έτσι η εξίσωση που περιγράφει το ηλιακό κελί είναι:

$$I_{CELL} = I_{PH} - I_D = I_{PH} - I_0(e^{q*V/k*T} - 1)$$

Όπου,

$I_{CELL}$ : το ρεύμα κελιού

$I_{PH}$ : φωτορεύμα, ανάλογο της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας που εκπέμπεται

$I_D$  : το ρεύμα διόδου

$I_0$  : το ρεύμα διαρροής της διόδου

$q$  : το φορτίο ηλεκτρονίου

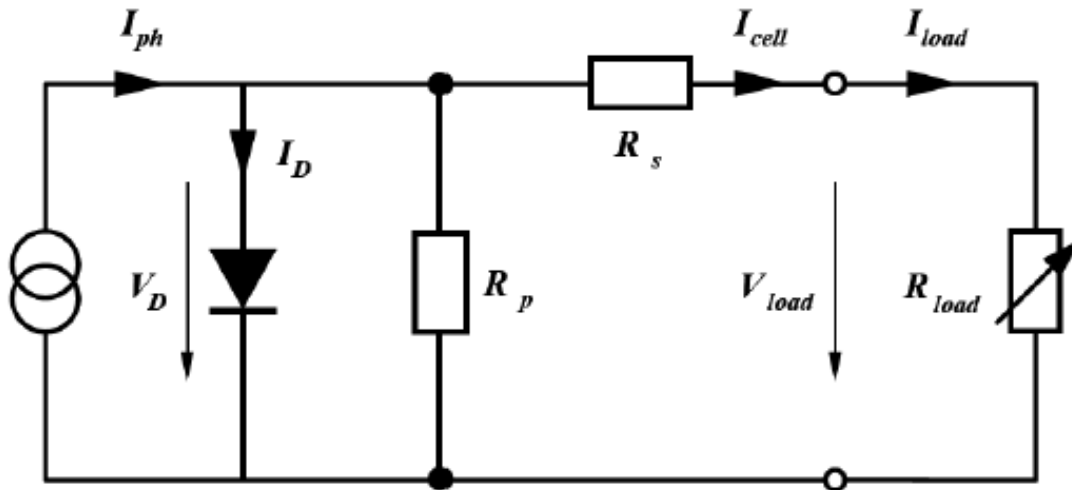
$V$  : τάση στα άκρα της διόδου

$k$  : σταθερά Boltzmann

$T$  : θερμοκρασία (K)

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή ρεύματος σε ένα ηλιακό κελί είναι η θερμοκρασία και η ένταση της ακτινοβολίας.

Όμως, ένα ακριβέστερο μοντέλο ενός ηλιακού κελιού πρέπει να περιέχει και τις ηλεκτρικές αντιστάσεις όλων των υλικών, δηλαδή :



Εικόνα 2.5 Μοντέλο ηλιακού κελιού με αντιστάσεις

Στην αυτή την περίπτωση η εξίσωση που περιγράφει το ηλιακό κελί είναι :

$$I_{CELL} = I_{PH} - I_0 (e^{(q/kT)(V_{LOAD} + I_{CELL} R_S)} - 1) - (V_{LOAD} + I_{CELL} R_S) / R_P,$$

όπου  $R_S$ ,  $R_P$  είναι οι εν σειρά και οι εν παράλληλω ηλεκτρικές αντιστάσεις.

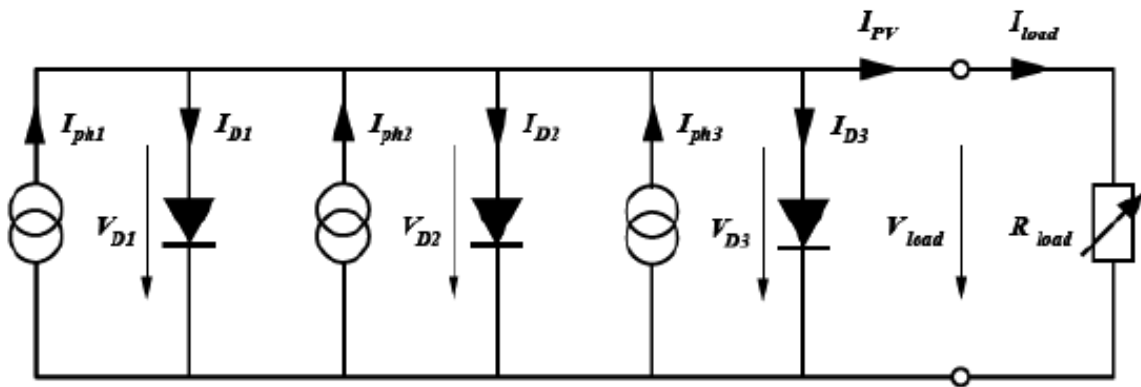
## 2.4 Φωτοβολταϊκά πλαίσια

Συνήθως τα κελιά που έχουν ίδια χαρακτηριστικά συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους ώστε να προκύψει μεγαλύτερη ισχύς με τη μορφή ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου. Τα πλαίσια αυτά συνδυάζονται μεταξύ τους έτσι ώστε να προκύψουν οι φωτοβολταϊκοί πίνακες (arrays). Τα ηλιακά κελιά μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα μεταξύ τους.

### 2.4.1 Παράλληλη σύνδεση κελιών

Η παράλληλη σύνδεση κελιών αυξάνει την ένταση ρεύματος, όπως φαίνεται από την πιο κάτω εικόνα. Η παράλληλη σύνδεση κελιών δεν χρησιμοποιείται συνήθως επειδή η μεγαλύτερη ένταση ρεύματος έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες διατομές αγωγών και κατά συνέπεια μεγαλύτερο κόστος.

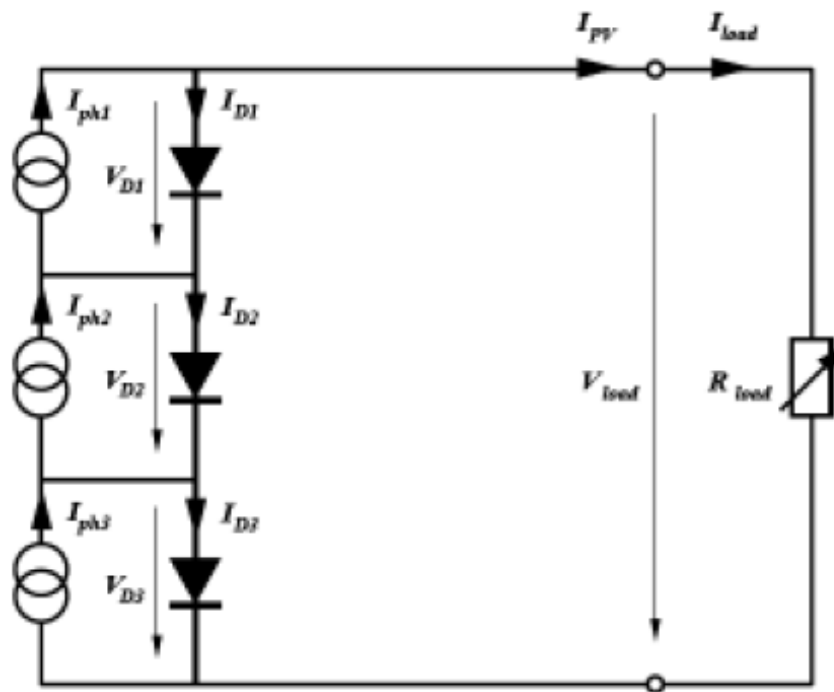




Εικόνα 2.6 Παράλληλη σύνδεση κελιών.

#### 2.4.2 Σύνδεση κελιών σε σειρά

Στη σύνδεση κελιών σε σειρά υπάρχει η ίδια ροή ρεύματος ανά κελί, ενώ η τάση είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων όλων των κελιών, όπως προκύπτει και από την παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2.7 Σύνδεση κελιών σε σειρά.

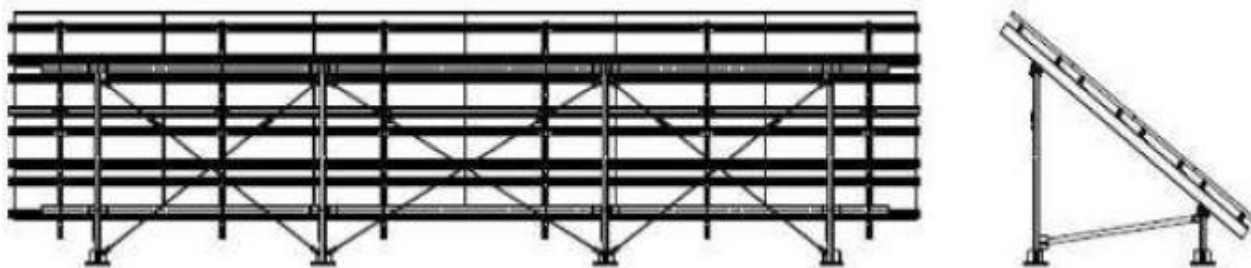
## 2.5 Τρόποι στήριξης φωτοβολταϊκών πλαισίων

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σταθεροποιούνται στο έδαφος ή σε στέγες/δοματαμε δύο τρόπους:

1. Σε βάσεις σταθερής κλίσης ως προς την οριζόντιο (σταθερές βάσεις).
2. Σε βάσεις παρακολούθησης της πορείας του ήλιου (ηλιοπαρακολουθητές ή τράκερς).

### 2.5.1 Σταθερές βάσεις

Οι σταθερές βάσεις αποτελούν τον πιο απλό τρόπο σταθεροποίησης Φ/Β πλαισίου. Ο τρόπος σχεδιασμού των σταθερών βάσεων είναι: οι ακτίνες του ήλιου θα πρέπει να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια των πλαισίων κατά την διάρκεια του μεσημεριού, έτσι οι βάσεις κατασκευάζονται ώστε να επιτρέπουν την τοποθέτηση των πλαισίων σε σταθερή κλίση, περίπου στις 30 μοίρες. Οι σταθερές βάσεις κατασκευάζονται συνήθως από αλουμίνιο ή ανοξείδωτο χάλυβα. Κατασκευάζονται μετά από τεχνική μελέτη ώστε να διαπιστωθεί η στατική τους επάρκεια και η αντοχή τους σε ανεμοπιέσεις. Οι βάσεις αυτές τοποθετούνται στο έδαφος είτε με σκυροδέτηση είτε με εδαφόμπτυξη. Η σκυροδέτηση των βάσεων γίνεται σε δοκάρι από οπλισμένο σκυρόδεμα ή σε πέλματα από σκυρόδεμα, τα οποία πέλματα είναι τοποθετημένα κατάλληλα ώστε να επιτρέπουν το βίδωμα των υποδοχών των βάσεων. Η εδαφόμπτυξη γίνεται συνήθως σε βάθη τυπικά του 0,5 - 1,5 μέτρα, όπου τοποθετούνται πάσσαλοι. Η σκυροδέτηση των βάσεων αυξάνει το κόστος εγκατάστασης σε σχέση με την εδαφόμπτυξη. Παρόλα αυτά, πρέπει να γίνεται γεωτεχνική μελέτη για να διαπιστωθεί κατά πόσο ο τύπος του εδάφους επιτρέπει την εδαφόμπτυξη χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα στατικής επάρκειας των βάσεων.



Εικόνα 2.8 Παράδειγμα σταθερών βάσεων.

### 2.5.2 Βάσεις παρακολούθησης της πορείας του ήλιου

Η παρακολούθηση της πορείας του ήλιου αποτελεί μία τεχνική η οποία έχει ως στόχο την μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της κίνησης των βάσεων κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα συστήματα παρακολούθησης της πορείας του ήλιου, ηλιοπαρακολουθητές ή τράκερς χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη πολυπλοκότητα σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων, όμως είναι πιο αποδοτικά σε σχέση με τις σταθερές βάσεις. Οι βάσεις παρακολούθησης της πορείας του ήλιου, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Συστήματα μονού άξονα (single axis): συστήματα στα οποία γίνεται κίνηση των πλαισίων σε έναν άξονα, στο άξονα της Ανατολής και της Δύσης κατά τη διάρκεια μίας μέρας. Τα συστήματα αυτά επιτυγχάνουν αύξηση της παραγωγής κατά 20 - 25% σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων.
2. Συστήματα διπλού άξονα (dual axis): συστήματα στα οποία είναι δυνατή η ρύθμιση της κλίσης των πλαισίων ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Αυτή η δυνατότητα παρέχει αυξημένη απόδοση κατά 25 - 40% σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων.



Εικόνα 2.9 Βάσεις παρακολούθησης της πορείας του ήλιου.

## 2.6 Αντιστροφέας (inverters)

Ο αντιστροφέας είναι μια διάταξη ηλεκτρονικών ισχύος η οποία μετατρέπει τη συνεχή τάση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε εναλλασσόμενη τάση. Οι αντιστροφέας αποτελούν σημαντικό παράγοντα σε μία φωτοβολταϊκή εγκατάσταση καθώς όλη η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται μέσω αυτών στο δίκτυο. Συνεπώς είναι πολύ σημαντικό, οι αντιστροφέας να χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση και αξιοπιστία.



Εικόνα 2.10 Αντιστροφέας από την εταιρεία Gesolar.

Οι αντιστροφέας ανάλογα με το αν χρησιμοποιούν μετασχηματιστή για γαλβανική απομόνωση ανάμεσα στην DC είσοδο και την AC έξοδο χωρίζονται σε:

1. Αντιστροφέας που έχουν μετασχηματιστή (inverters with transformer)
2. Αντιστροφέας χωρίς μετασχηματιστή (transformer less inverters)

Ανάλογα της τεχνολογίας διασύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων που χρησιμοποιείται χωρίζονται σε:

1. Κεντρικούς αντιστροφέας (central inverters)
2. Αντιστροφέας κλάδων (string inverters)
3. Αντιστροφέας πολλαπλών κλάδων (multi – string inverters)

#### 2.6.1 Χρήση μετασχηματιστή στους αντιστροφέας

Ο πιο σημαντικός λόγος χρήσης μετασχηματιστή σε έναν αντιστροφέα, είναι λόγω της απομόνωσης της DC πλευράς η οποία συνδέεται με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια με την AC πλευρά που συνδέεται στο δίκτυο. Οι μετασχηματιστές που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι κατασκευασμένοι για συχνότητα 50 Hz ή για υψηλότερη συχνότητα αλλά με μικρότερη ισχύ. Οι μετασχηματιστές χαμηλής συχνότητας εμφανίζουν μεγαλύτερες απώλειες, καταλαμβάνουν μεγαλύτερο όγκο και έχουν μεγαλύτερο βάρος. Σε αντίθεση με τους μετασχηματιστές υψηλής συχνότητας, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από πιο εξειδικευμένη κατασκευή. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της χρήσης του μετασχηματιστή, πέραν του αυξημένου κόστους ανά μονάδα ισχύος, είναι η εισαγωγή απωλειών που κυμαίνονται μεταξύ 2 - 4%. Παρόλα αυτά, οι αντιστροφέας χωρίς μετασχηματιστή μπορεί να εμφανίζουν αυξημένες απώλειες αν χρησιμοποιούνται μετατροπείς ανύψωσης της DC τάσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Σε κάποιες περιπτώσεις, επιβάλλεται η χρήση αντιστροφών με μετασχηματιστή. Μία τέτοια περίπτωση είναι αυτή των πλαισίων άμορφου πυριτίου όπου υποχρεωτικά συνδέονται σε αντιστροφέας με μετασχηματιστή απομόνωσης.

#### 2.6.2 Ο βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα

Ο βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα(η)ορίζεται ως το πηλίκο της (AC) ισχύος εξόδου προς την(DC) ισχύ εισόδου, δηλαδή:

$$\eta = P_{AC} / P_{DC}$$

Ο βαθμός απόδοσης είναι το ποσό της ισχύος που χάνεται ως απώλειες από τον αντιστροφέα. Οι κυριότερες απώλειες εμφανίζονται στα ημιαγωγικά στοιχεία ισχύος, ενώ άλλες απώλειες προέρχονται από οι ωμικές αντιστάσεις των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων. Ο βαθμός απόδοσης αποτελεί το σημαντικότερο

χαρακτηριστικό ενός αντιστροφέα και κάθε μελετητής θα πρέπει να εξετάζει το ζήτημα αυτό πολύ προσεκτικά.

## 2.7 Βέλτιστο σημείο λειτουργίας Φ/Β πλαισίων

Όλοι οι αντιστροφείς έχουν έναν ιχνηλάτη σημείου μέγιστης ισχύος (MPP - Tracker). Ο ιχνηλάτης αυτός φροντίζει ώστε η φωτοβολταϊκή γεννήτρια να λειτουργεί πάντα στο ιδανικό σημείο λειτουργίας της. Έτσι, η φωτοβολταϊκή γεννήτρια μπορεί να χρησιμοποιήσει όσο το δυνατόν καλύτερα τη διαθέσιμη ισχύ σε συγκεκριμένη πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας.

Οι κατασκευαστές των πλαισίων δίνουν στα τεχνικά φυλλάδια τη μέγιστη ισχύ (Maximum Power Point, MPPT) στις πρότυπες συνθήκες ελέγχου οι οποίες αντιστοιχούν σε ένταση ηλιακής ακτινοβολίας ίση με  $1000 \text{ W/m}^2$ , και θερμοκρασία πλαισίου ίση με 25 βαθμούς Κελσίου. Σε οποιαδήποτε άλλες συνθήκες, η μέγιστη ισχύς μεταβάλλεται και μειώνεται με τη μείωση της ακτινοβολίας και την αύξηση της θερμοκρασίας. Έτσι, είναι απαραίτητο κάθε αντιστροφέας να διαθέτει διατάξεις οι οποίες να παρακολουθούν συνεχώς το σημείο λειτουργίας των πλαισίων και να το μεταβάλλουν, για να αντιστοιχεί κάθε φορά στο σημείο της μέγιστης ισχύος.

Στα τεχνικά φυλλάδια των αντιστροφέων αναφέρουν το εύρος της τάσης εισόδου DC, στο οποίο μπορεί να επιτευχθεί έλεγχος της μέγιστης ισχύος. Ο μελετητής πρέπει να εξασφαλίζει ότι σε όλο το εύρος λειτουργίας, η συνεχής τάση των φωτοβολταϊκών πλαισίων κυμαίνεται εντός των ορίων για έλεγχο μέγιστης τάσης, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αποδοτική λειτουργία του αντιστροφέα. Τέλος, στα φυλλάδια των κατασκευαστών αναφέρουν το βαθμό απόδοσης της παρακολούθησης του σημείου μέγιστης ισχύος (MPP efficiency). Αυτός ο βαθμός απόδοσης ορίζεται ως το ποσό της ενέργειας που λαμβάνει ο αντιστροφέας από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια προς το ποσό της μέγιστης ενέργειας που μπορεί να λάβει για μία προκαθορισμένη χρονική διάρκεια.

## 2.8 Καλωδιώσεις

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος απαιτεί τη χρήση καλωδίων DC και AC. Τα DC καλώδια χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση των πλαισίων μεταξύ τους και για τη σύνδεση των

στοιχειοσειρών (string) με τις εισόδους του αντιστροφέα ενώ τα AC καλώδια χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των αντιστροφέων σε τριφασικό σύστημα και την τελική σύνδεση με το δίκτυο.

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τη εν σειρά σύνδεση των Φ/Β πλαισίων είναι κατασκευασμένα για χρήση στον εξωτερικό χώρο. Η διατομή τους είναι συνήθως 4 mm<sup>2</sup> για πλαίσια κρυσταλλικού πυριτίου και για πλαίσια άμορφου πυριτίου η διατομή είναι 1,5 mm<sup>2</sup>, αφού το ρεύμα είναι αρκετά μικρότερο. Τα καλώδια είναι συνήθως μονοπολικά και με διπλή μόνωση, ώστε να αποφεύγονται σφάλματα μεταξύ του θετικού και του αρνητικού πόλου των Φ/Β πλαισίων.

Γενικά, τα καλώδια που είναι εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία. Η έξοδος του αντιστροφέα συνδέεται σε ξεχωριστό ηλεκτρικό πίνακα, όπου εγκαθίστανται τα μέσα προστασίας και χειρισμού. Η τροφοδοσία του ηλεκτρικού πίνακα πρέπει να προέρχεται κατευθείαν από την παροχή που έχει προμηθεύσει ο διαχειριστής του δικτύου στο κτήριο.

## 2.9 Απόδοση Φ/Β συστήματος

Η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ορίζεται ως ο λόγος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας αυτού προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε αυτό (σε Πρότυπες Συνθήκες Ελέγχου STC (Standard Test Conditions)) και δίνεται ως ποσοστό επί τοις εκατόν. Για την Κύπρο ένα Φ/Β σύστημα με βέλτιστη κλίση και βέλτιστο προσανατολισμό (νότιο προσανατολισμό και κλίση περίπου 30°) παράγει κατά μέσο όρο γύρω στα 1.300 - 1.600 kWh/έτος/kWp. Η παραγωγή ενέργειας ενός Φ/Β συστήματος εξαρτάται από:

1. τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, όσο λιγότερες είναι οι ημέρες της ηλιοφάνειας τόσο χαμηλότερη η απόδοση.
2. την κλίση των Φ/Β πλαισίων ως προς το οριζόντιο επίπεδο και τον προσανατολισμό τους (η βέλτιστη απόδοση είναι με νότιο προσανατολισμό (αξιμούθια γωνία 0°) και κλίση περίπου 30°για Κύπρο).
3. την ηλικία των Φ/Β πλαισίων, υπολογίζεται ότι τα πλαίσια έχουν ζωή 25 - 30 χρόνια με απόδοση τουλάχιστον 80% για τα πρώτα 20 χρόνια.
4. και το γεωγραφικό πλάτος, όσο πιο νότια είναι η περιοχή, τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με βόρειες χώρες.

### Επιλογή Φ/Β πλαισίου και αντιστροφέα

Για την επιλογή φωτοβολταϊκών πλαισίων, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην τεχνολογία και την απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων αλλά και στην παρεχόμενη εγγύηση σε αυτά (τουλάχιστον 10 - 15 χρόνια). Στην παρακάτω εικόνα γίνεται ενδεικτικά μια σύγκριση των βασικών χαρακτηριστικών διαφόρων Φ/Β τεχνολογιών. Κατά την επιλογή του αντιστροφέα είναι σημαντικό να διασφαλιστεί τουλάχιστον πενταετής εγγύηση και να έχουν υψηλούς συντελεστές απόδοσης (maximum efficiency factor, European efficiency factor).

Συγκριτικός πίνακας Φ/Β τεχνολογιών				
Τύπος	Λεπτού υμενίου' (Thin Film)	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά	Υβριδικά
Απόδοση	6 -12%	13-15%	14-20%	16 -17%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	10-20 m <sup>2</sup>	7-9 m <sup>2</sup>	6 -9 m <sup>2</sup>	6 -7 m <sup>2</sup>
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp)*	1.400-1.600	1.500	1.500	1.550
Ετήσια μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> ανά kWp)	1.300-1.485	1.400	1.400	1.440

\*Μέση τιμή για σταθεροποιημένα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Κύπρο με κατάλληλη κλίση προς το νότο.

Εικόνα 2.11 Σύγκριση βασικών χαρακτηριστικών εναλλακτικών Φ/Β τεχνολογιών.

### Επηρεασμός απόδοσης Φ/Β συστήματος από σκιάσεις

Οι σκιάσεις από τα παράθυρα της στέγης/ταράτσας, από τις καμινάδες ή ακόμη και από τα δέντρα, ενδέχεται να καλύψει τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Ωστόσο, για να μην κινδυνεύσει η αποδοτικότητα της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, πρέπει οι απώλειες απόδοσης λόγω σκίασης να ελαχιστοποιηθούν από



τη φάση της μελέτης. Οι παράγοντες που επηρεάζουν μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι η διάταξη και η διασύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων αλλά και η επιλογή του κατάλληλου αντιστροφέα.

Η ελαχιστοποίηση των απωλειών στις φωτοβολταϊκές μονάδες με σκίαση βασίζεται στην ικανότητα του αντιστροφέα να παρακάμπτει ηλεκτρικά τις σκιασμένες ηλιακές κυψέλες, αξιοποιώντας έτσι ιδανικά τις μη σκιασμένες φωτοβολταϊκές μονάδες που είναι συνδεδεμένες σε σειρά με αυτές. Οι σκιάσεις αποτελούν μια αρνητική παράμετρο. Για την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πρέπει να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Ένα διπλανό κτίριο, δέντρα ή άλλα εμπόδια ενδέχεται να δημιουργήσουν ανεπιθύμητες σκιάσεις.

#### 2.10 Το φαινόμενο της νησιδοποίησης

Το φαινόμενο της νησιδοποίησης είναι το φαινόμενο κατά το οποίο το διανεμημένο σύστημα συνεχίζει να παρέχει ισχύ σε ένα τμήμα του κεντρικού δικτύου ενώ το τμήμα αυτό έχει αποσυνδεθεί από το κεντρικό δίκτυο. Το διανεμημένο σύστημα συμπεριφέρεται σαν μια νησίδα ηλεκτρικής ενέργειας και τροφοδοτεί το τμήμα του δικτύου στο οποίο παραμένει συνδεδεμένο. Αν ο αντιστροφέας παραμένει συνδεδεμένος παραμονεύουν διάφοροι κίνδυνοι για το προσωπικό που πιθανόν να εκτελεί εργασίες στο σημείο σύνδεσης ή και για τον ίδιο τον εξοπλισμό, ο οποίος κινδυνεύει από μεταβατικά φαινόμενα κατά την αυτόματη ή χειροκίνητη επαναφορά του δικτύου. Η νησιδοποίηση συμβαίνει κυρίως σε διανεμημένα διασυνδεδεμένα συστήματα με το κεντρικό δίκτυο .

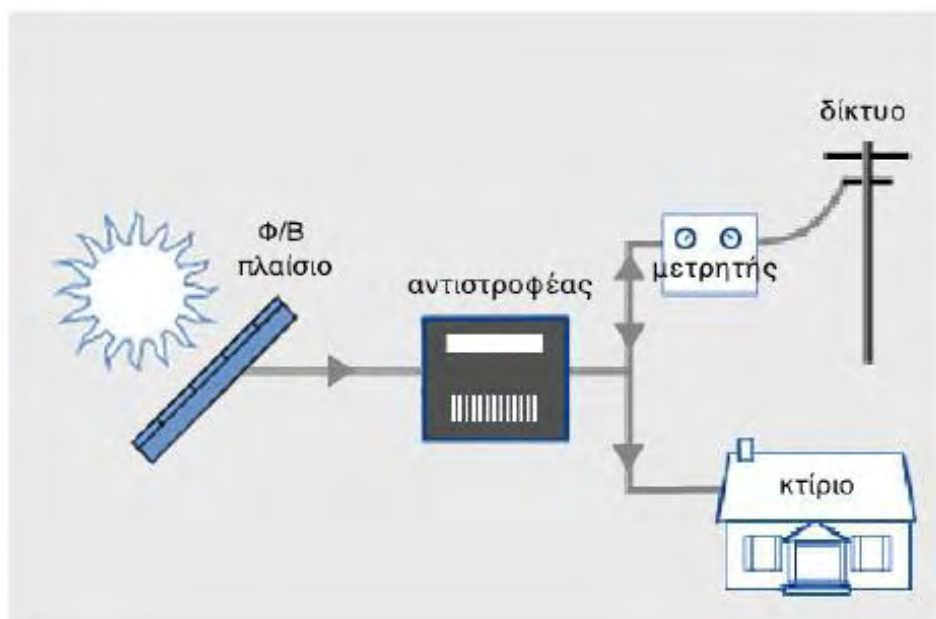
#### 2.11 Κατηγορίες Φ/B συστημάτων

Ανάλογα με την εφαρμογή που χρησιμοποιούνται, τα Φ/B συστήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

Αυτόνομα (μη συνδεδεμένα με το δίκτυο ηλεκτρισμού) : Λαμβάνουν την ενέργεια από τον ήλιο με την βοήθεια των φωτοβολταϊκών πλαισίων και την διοχετεύουν στις μπαταρίες. Από εκεί διανέμεται η ενέργεια στα ηλεκτρικά φορτία αφού μετατραπεί σε κατάλληλη μορφή από έναν αντιστροφέα τάσης. Σε αυτά τα συστήματα είναι απαραίτητη η αποθήκευση της ενέργειας σε μπαταρίες και η εγκατάσταση μετατροπέα του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Η επιλογή των μπαταριών είναι το πιο κρίσιμο κομμάτι της μελέτης ενός αυτόνομου συστήματος καθώς έχουν πεπερασμένο χρόνο ζωής, ο οποίος διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος και την ποιότητα της μπαταρίας. Υπάρχουν δύο μεγάλες

κατηγορίες μπαταριών, οι μπαταρίες κλειστού τύπου και οι μπαταρίες ανοιχτού τύπου. Οι μπαταρίες κλειστού τύπου έχουν μικρό χρόνο ζωής αλλά δεν χρειάζονται συντήρηση, ενώ οι μπαταρίες ανοιχτού τύπου έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής και χρειάζονται συντήρηση. Τα αυτόνομα συστήματα είναι ιδανικά για απομονωμένα κτίρια τα οποία είναι απομακρυσμένα από το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Συνδεδεμένα με το δίκτυο ηλεκτρισμού: σε αυτά τα συστήματα η παραγόμενη ενέργεια πωλείται στο δίκτυο. Δεν χρειάζεται η αποθήκευση της ενέργειας σε μπαταρίες, αλλά απαιτείται η εγκατάσταση αντιστροφέα.

Τα Διασυνδεδεμένα συστήματα συμψηφισμού μετρήσεων (net metering): εξυπηρετούν τα ηλεκτρικά φορτία του κτιρίου από τον ηλεκτρισμό που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά, ενώ μπορούν να χρησιμοποιήσουν τον ηλεκτρισμό από το δίκτυο (εισαγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο). Επιπρόσθετα, στην περίπτωση που υπάρχει περίσσεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα σε σχέση με την ενέργεια που καταναλώνει το κτίριο, αυτή διοχετεύεται στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Τα βασικά μέρη ενός διασυνδεδεμένου συστήματος συμψηφισμού είναι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, ο αντιστροφέας και ο αμφίδρομος μετρητής. Αυτό το σύστημα θα σχεδιαστεί και θα εγκατασταθεί στην οικία η οποία μελετάται στη παρούσα διπλωματική εργασία.



Εικόνα 2.12 Διάταξη ενός διασυνδεδεμένου συστήματος συμψηφισμού.

Ο αμφίδρομος μετρητής μετρά την ενέργεια που εισέρχεται στο κτίριο από το δίκτυο ηλεκτρισμού και την ενέργεια που διοχετεύεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα στο δίκτυο ηλεκτρισμού.

#### 2.12 Προστασίες μέσω του Αυτόματου Διακόπτη Εξαγωγής Ισχύος του φωτοβολταϊκού συστήματος

Ο Αυτόματος Διακόπτης Εξαγωγής Ισχύος του φωτοβολταϊκού συστήματος πρέπει να παρέχει τις ακόλουθες προστασίες:

1. Προστασία έναντι Υπερφόρτισης / Υπερέντασης - Χρόνος Ενεργοποίησης Προστασίας = 200 ms
2. Προστασία έναντι Βραχυκύκλωσης - Χρόνος Ενεργοποίησης Προστασίας = 200 ms
3. Προστασία έναντι άμεσης ηλεκτρικής επαφής - Χρόνος Ενεργοποίησης Προστασίας = 200 ms
4. Προστασία έναντι Ρεύματος Διαφυγής - Χρόνος Ενεργοποίησης Προστασίας = 200 ms

Ο Παραγωγός/Καταναλωτής του φωτοβολταϊκού συστήματος θα πρέπει να προμηθευτεί διπολικό μικροαυτόματο διακόπτη (Διπολικό MCB) για μονοφασική σύνδεση ή τετραπολικό Μικρό - Αυτόματο Διακόπτη (Τετραπολικό MCB) για τριφασική σύνδεση, Type B ή C, 10 kA (αντοχή βραχυκυκλώματος) και αντίστοιχη προστατευτική διάταξη από Ρεύμα Διαρροής (RCD), Type AC/S 300 mA, που να συνάδουν με το πρότυπο BS EN 60947, και να εγκατασταθούν στην έξοδο της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος.

#### 2.13 Απαιτήσεις προστασίας και ρυθμίσεις προστασίας του αντιστροφέα (Inverter) τάσης του φωτοβολταϊκού συστήματος

Ο αντιστροφέας (inverter) του φωτοβολταϊκού συστήματος πρέπει να είναι κατάλληλα ρυθμισμένος και έτσι ώστε να παρέχει τις προστασίες που αναφέρονται στην πιο κάτω εικόνα:

Είδος Προστασίας	Ρύθμιση	Χρόνος ενεργοποίησης προστασίας
Υπότασης (Undervoltage) $U <$	0,8 $U_n$ (184V)	200ms (200 χιλιοστά του δευτερολέπτου)
Υπέρτασης (Overvoltage) $U >$	1,10 $U_n$ (253V)	200ms
Υποσυχνότητας (Underfrequency) $f <$	47,0 Hz	200ms
Υπερσυχνότητας (Overfrequency) $f >$	51,5Hz	200ms
Προστασία έναντι απώλειας της κύριας τροφοδότησης (Loss of Mains – LoM) – Active Anti Islanding (Νησιδοποίηση – Επιπήρηση Δικτύου)	Για την ενεργό προστασία του Δικτύου από τη νησιδοποίηση (active anti islanding protection), εντός του μετατροπέα Τάσης (inverter) πραγματοποιείται μέτρηση Τάσης, Συχνότητας και Σύνθετης Αντίστασης, σύμφωνα με το πρότυπο DIN VDE 0126-1-1 (6-2006)	200ms
Χρόνος επανασύνδεσης μετά από την επαναφορά της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος του Δικτύου	Τουλάχιστον 180s (>3mins), σύμφωνα με τη γραφική παράσταση του Σχεδιαγράμματος 1	
Έγχυση DC (DC current injection)	<0,5% του ονομαστικού ρεύματος / nominal current	200ms
Συνολική αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος εξόδου (Total Harmonic Distortion (THDi))	<5%	

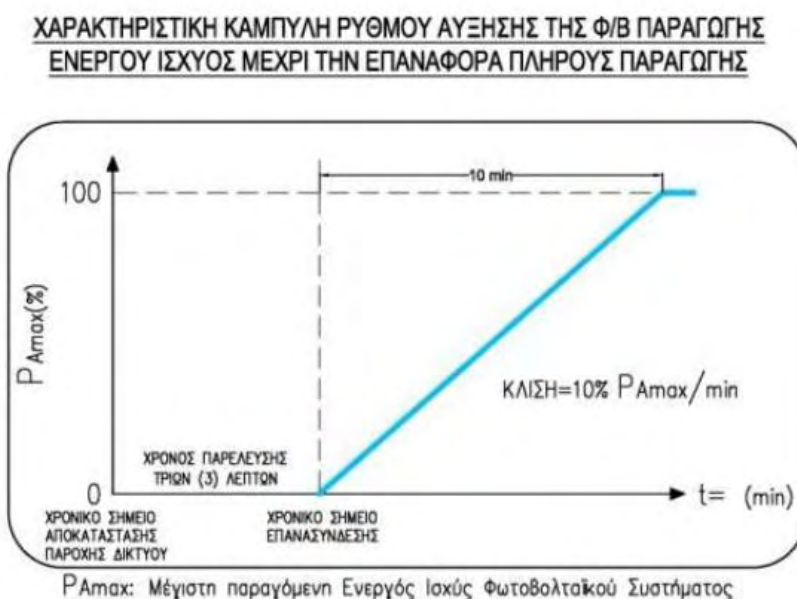
Εικόνα 2.13 Απαιτήσεις προστασίας και ρυθμίσεις προστασίας του αντιστροφέα (Inverter).

Οι ρυθμίσεις προστασίας του αντιστροφέα μπορούν να αναθεωρούνται από τους επιθεωρητές της ΑΗΚ οποιαδήποτε χρονική στιγμή στο μέλλον. Η παραγωγή μέσω του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται μόνο εάν το Δίκτυο της ΑΗΚ βρίσκεται υπό τάση και διακόπτεται αυτόματα (εντός 200 ms) όταν διακοπεί η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Με τη διακοπή της παροχής του Δικτύου, οι αντιστροφείς (inverters) του φωτοβολταϊκού συστήματος δεν διατηρούν τάση στο σημείο σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος με το Δίκτυο Διανομής. Για την προστασία του Δικτύου από τη νησιδοποίηση, πραγματοποιείται εντός κάθε αντιστροφέα μέτρηση της τάσης, της συχνότητας και της σύνθετης αντίστασης, σύμφωνα με το πρότυπο DIN VDE 0126 -1 - 1 (6 - 2006).

Ο αντιστροφέας συνδέεται στο σημείο εισαγωγής Ισχύος και αποσυνδέεται από αυτό με τη βοήθεια εσωτερικών ηλεκτρονόμενων που ελέγχονται μέσω λογισμικού το οποίο πραγματοποιεί:

1. άμεση αποσύνδεση (εντός 200 ms), εφόσον η τάση, η συχνότητα ή και τα δύο μεγέθη δεν εμπίπτουν εντός του πιο πάνω καθορισμένου εύρους τιμών ( $0,8 * V - 1,10 * V$  και  $47,0 \text{ Hz} - 51,5 \text{ Hz}$ ).
2. αυτόματη επανασύνδεση/σύνδεση στο δίκτυο διανομής, εφόσον οι τιμές τάσης και συχνότητας εμπίπτουν εντός του προαναφερόμενου εύρους τιμών.
3. ο τελικός χρήστης δεν έχει πρόσβαση στο λογισμικό ούτε στις ρυθμίσεις του λογισμικού.

Σε όλες τις περιπτώσεις αυτόματης αποσύνδεσης, η επανασύνδεση του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται μετά την παρέλευση τριών λεπτών από την αποκατάσταση της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος του Δικτύου, σύμφωνα με την χαρακτηριστική καμπύλη σταδιακής αύξησης της παραγωγής του φωτοβολταϊκού συστήματος, όπως αυτή παρουσιάζεται στην πιο κάτω εικόνα. Η αύξηση της ενεργού ισχύος που διοχετεύεται στο Δίκτυο δεν πρέπει να υπερβαίνει την κλίση του 10% της μέγιστης ενεργού ισχύος για κάθε λεπτό.



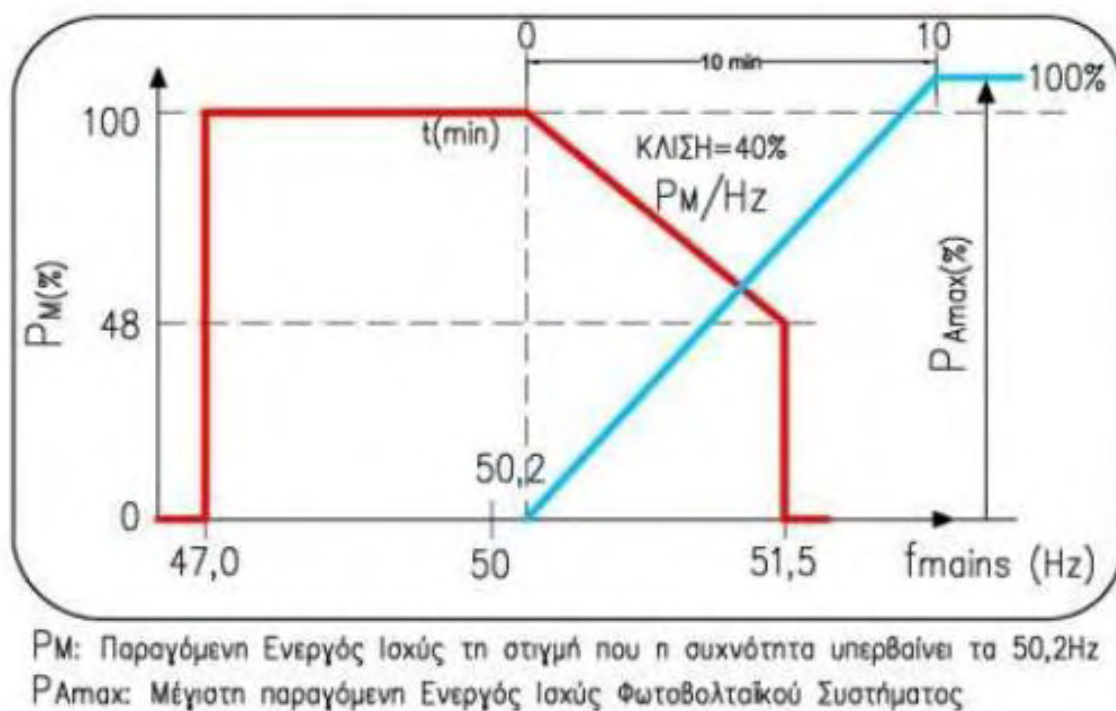
Εικόνα 2.14 Χαρακτηριστική καμπύλη σταδιακής αύξησης της παραγωγής του φωτοβολταϊκού συστήματος, μέχρι την επαναφορά πλήρους παραγωγής.

Ο inverter ανιχνεύει το εκχυόμενο συνεχές ρεύμα (DC) στην έξοδο του και αποσυνδέει αυτόματα το φωτοβολταϊκό σύστημα στην περίπτωση που το εκχυόμενο συνεχές ρεύμα (DC) στο σημείο σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος με το Δίκτυο Διανομής ξεπεράσει το 0,5% της ονομαστικής τιμής της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

#### Μείωση / Μεταβολή Ενεργού Ισχύος ανάλογα με τη συχνότητα

Ο αντιστροφέας πρέπει να είναι ρυθμισμένος και προγραμματισμένος έτσι ώστε να λειτουργεί σύμφωνα με τη χαρακτηριστική καμπύλη διακύμανσης/μεταβολής της παραγόμενης ενεργού ισχύος ανάλογα με τη συχνότητα του Δικτύου, όπως αυτή παρουσιάζεται στη πιο κάτω εικόνα.

#### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ/ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

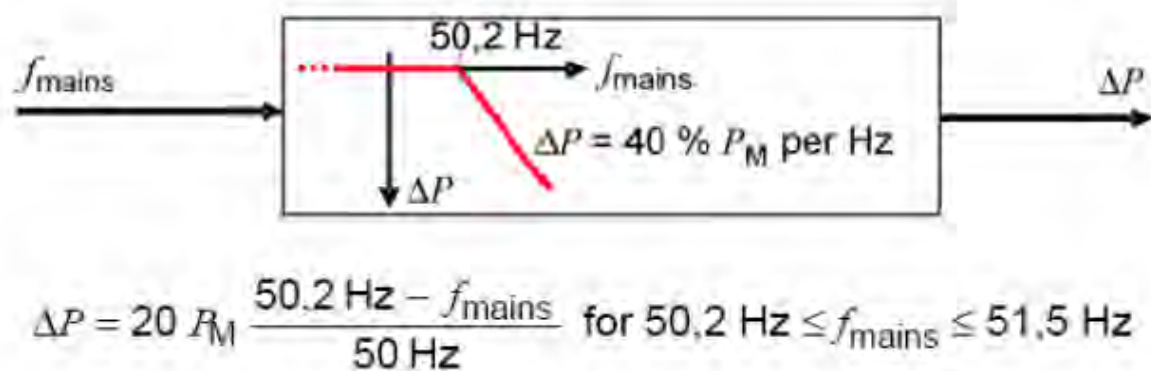


Εικόνα 2.15 Χαρακτηριστική καμπύλη διακύμανσης/μεταβολής της παραγόμενης ενεργού ισχύος ανάλογα με τη συχνότητα του Δικτύου.

Ο inverter μειώνει την παραγόμενη ενεργό ισχύ ανάλογα με τη μεταβολή συχνότητας, διατηρώντας την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος σταθερή. Όταν η συχνότητα του Δικτύου υπερβεί το όριο των 50,2 Hz, τότε η παραγόμενη ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος μειώνεται κατά 4% για κάθε 0,1 Hz αύξησης της συχνότητας ( $\Delta P = 40 \% \times P_m \text{ per Hz}$ , όπου  $\Delta P$  = Μείωση Ισχύος και  $P_m$  = Παραγόμενη ενεργός Ισχύς τη στιγμή που η συχνότητα υπερβαίνει τα 50,2 Hz) και ισχύει για  $50,2 \text{ Hz} \leq f_{\text{mains}} \leq 51,5 \text{ Hz}$ .

Η παραγόμενη ισχύς κινείται συνεχώς πάνω και κάτω στη χαρακτηριστική καμπύλη της συχνότητας (με κλίση 40 % του  $P_m$  για κάθε Hz) στο διάστημα  $50,2 \text{ Hz} \leq f_{\text{mains}} \leq 51,5 \text{ Hz}$ . Εάν η συχνότητα κατέλθει ξανά πιο χαμηλά από 50,2 Hz και εκείνη τη στιγμή η δυνατή παραγόμενη ισχύς είναι μεγαλύτερη από την ενεργό ισχύ  $P_m$ , τότε η αύξηση της ενεργού ισχύος που διοχετεύεται στο Δίκτυο δεν πρέπει να υπερβαίνει την κλίση του 10% της μέγιστης ενεργού ισχύος  $P_{A \text{ max}}$  για κάθε λεπτό.

Ο αντιστροφέας παραμένει σε λειτουργία στο διάστημα  $47,0 \text{ Hz} \leq f_{\text{grid}} \leq 50,2 \text{ Hz}$  και αποσυνδέει και απομονώνει αυτόματα το φωτοβολταϊκό σύστημα εντός 200 ms όταν  $f_{\text{grid}} \leq 47,0 \text{ Hz}$ ,  $f_{\text{grid}} \geq 51,5 \text{ Hz}$ .



Εικόνα 2.16 Μείωση Ισχύος ανάλογα με την παραγόμενη ενεργό Ισχύς και τη συχνότητα, ισχύει για  $50,2 \text{ Hz} \leq f_{\text{mains}} \leq 51,5 \text{ Hz}$ .

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το κύκλωμα εγκατάστασης μονοφασικού Φωτοβολταϊκού Συστήματος Διασυνδεδεμένο με το Δίκτυο Χαμηλής Τάσης της ΑΗΚ σε τριφασική παροχή.







- Μη - Απομονωμένο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας.

Στη πρώτη η περίπτωση η ηλεκτρική εγκατάσταση μπορεί να μην περιλαμβάνει εξωτερικό συστήματα αντικεραυνικής προστασίας αλλά θα εφαρμοστούν ένα σύνολο από μέτρα προστασίας. Στην περίπτωση που θα εγκατασταθεί συστήματα αντικεραυνικής προστασίας αυτό μπορεί να είναι απομονωμένο ή όχι. Το απομονωμένο συστήματα αντικεραυνικής προστασίας χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις, όπου δεν είναι επιθυμητή η διέλευση κεραυνικού ρεύματος από τη μεταλλική κορνίζα υποστήριξης του φωτοβολταϊκού πλαισίου για να επιτευχθεί μείωση κινδύνων από θερμικά αλλά και ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα.

#### Εξωτερική Εγκατάσταση Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας

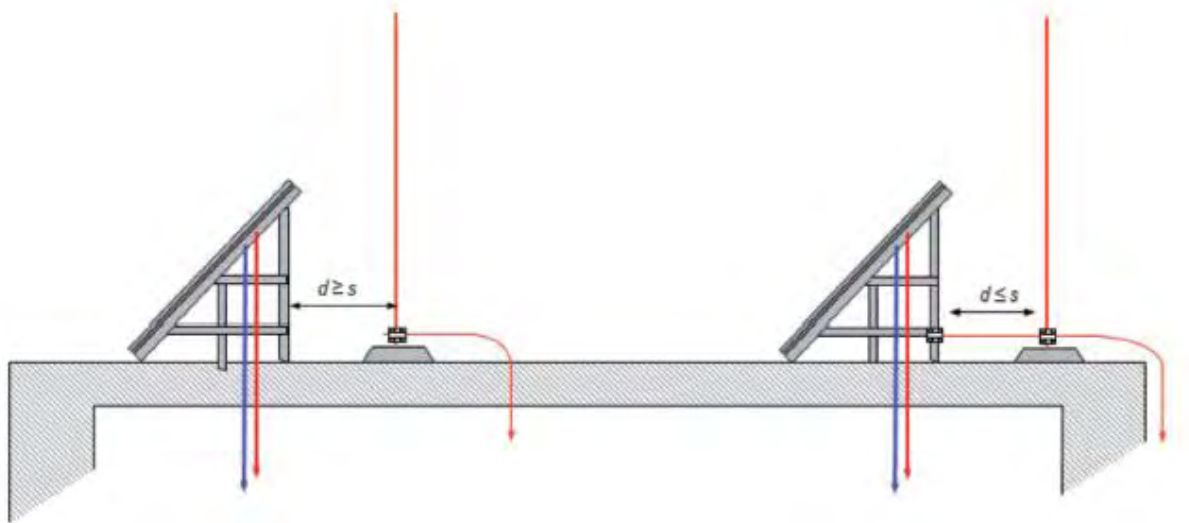
Η εξωτερική εγκατάσταση συστήματος αντικεραυνικής προστασίας πρέπει να λαμβάνει τα άμεσα κεραυνικά πλήγματα και να τα μεταφέρει το από το σημείο κρούσης προς τη γη χωρίς να προκαλούνται φυσικές ζημιές στην εγκατάσταση ή τραυματισμοί στους ανθρώπους. Η εξωτερική εγκατάσταση συστήματος αντικεραυνικής προστασίας Αποτελείται από τρία στοιχεία:

- Συλλεκτήριο σύστημα
- Σύστημα Αγωγών Καθόδου
- Σύστημα Γείωσης

#### Συλλεκτήριο Σύστημα

Το συλλεκτήριο σύστημα που χρησιμοποιείται σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις σε στέγες και δώματα είναι η ακίδα προστασίας. Η ακίδα προστασίας είναι μια μεταλλική ράβδος η οποία υποδέχεται τον κεραυνό όταν προσπέσει. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθούν και άλλου είδους συλλεκτήρια συστήματα, όπως συρματόσχοινα ή πλέγματα αγωγών τα οποία όμως δεν προτιμούνται γιατί μπορεί να προκαλέσουν σκίαση στα Φ/Β πλαίσια. Στα απομονωμένα συστήματα αντικεραυνικής προστασίας, η ακίδα προστασίας τοποθετείται σε συγκεκριμένη απόσταση  $S$  από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Στα μη απομονωμένα συστήματα αντικεραυνικής προστασίας, η ακίδα προστασίας μπορεί να συνδεθεί απευθείας στη μεταλλική κορνίζα υποστήριξης του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Στην περίπτωση

που η ακίδα τοποθετηθεί σε μικρότερη από την απόσταση  $S$ , τότε πρέπει να γεφυρώνεται με αγωγό με τη μεταλλική κορνίζα του Φ/Β και το σύστημα θεωρείται μη απομονωμένο.



Εικόνα 2.18 Απομονωμένα συστήματα αντικεραυνικής προστασίας  $d \geq S$  (τηρείται η απόσταση απομόνωσης και η ακίδα συγκρατείται με τσιμεντένιο μπλοκ ή άλλων υποδομών) και μη απομονωμένα συστήματα αντικεραυνικής προστασίας  $d < S$  (ισοδυναμική σύνδεση ακίδας και μεταλλικής κορνίζας υποστήριξης του φωτοβολταϊκού πλαισίου).

Σε απομονωμένα συστήματα αντικεραυνικής προστασίας πρέπει να τηρείται μια απόσταση απομόνωσης  $S$  μεταξύ συλλεκτήριου συστήματος και μεταλλικής κορνίζας. Δίνεται από τη σχέση:

$$S \geq (K_i / K_m) * K_c * I$$

Όπου,

$K_i$  συντελεστής που εξαρτάται από την επιλεγόμενη στάθμη προστασίας του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας

$K_m$  συντελεστής που εξαρτάται από το υλικό απομόνωσης μεταξύ συστήματος και μεταλλικών στοιχείων της εγκατάστασης.

Κc συντελεστής που εξαρτάται από τη διέλευση του κρουστικού ρεύματος

l μήκος σε μέτρα από το σημείο υπολογισμού της απόστασης απομόνωσης, μέχρι το πλησιέστερο σημείο ισοδυναμικής σύνδεσης ή το σύστημα γείωσης.

Οι τιμές των συντελεστών λαμβάνονται από το πίνακα 2.1:

Πίνακας 2.1 Τιμές των συντελεστών Ki και Km.

Στάθμη προστασίας ΣΑΠ	Ki
I	0,08
II	0,06
III & IV	0,04
Υλικό	Km
Αέρας	1
Μπετόν, τούβλα, ξύλο	0,5
Αριθμός αγωγών καθόδου n	Kc
1 (μόνο στην περίπτωση απομονωμένου ΣΑΠ)	1
2	0,66
3 και περισσότεροι	0,44

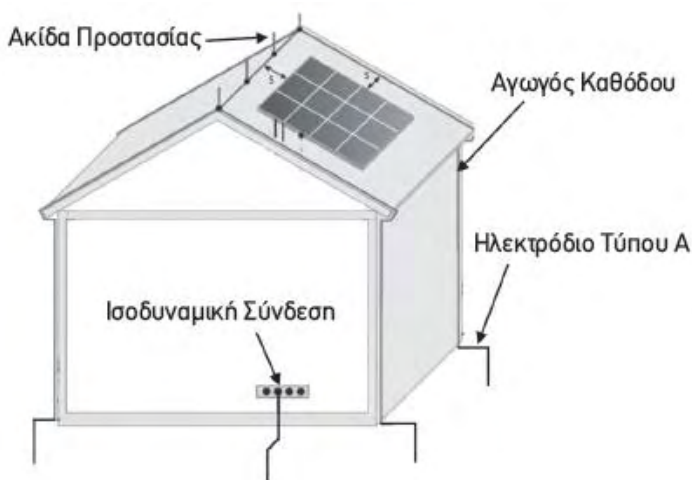
#### Σύστημα Αγωγών Καθόδου

Οι αγωγοί καθόδου παρέχουν τις απαραίτητες αγώγιμες διόδους για τη διέλευση του κεραυνικού ρεύματος από το σημείο κρούσης του κεραυνού προς το σύστημα γείωσης. Οι αγωγοί καθόδου παρεμβάλλονται μεταξύ συλλεκτήριου συστήματος και συστήματος γείωσης. Πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένας αγωγός καθόδου για κάθε ακίδα προστασίας στην περίπτωση απομονωμένου συστήματος. Στην περίπτωση μη απομονωμένου συστήματος, πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον δύο αγωγοί καθόδου στο σύστημα, να είναι σε ευθεία και να τοποθετούνται κατακόρυφα, ώστε να ελαχιστοποιείται η απόσταση από το συλλεκτήριο σύστημα ως προς το σύστημα γείωσης.

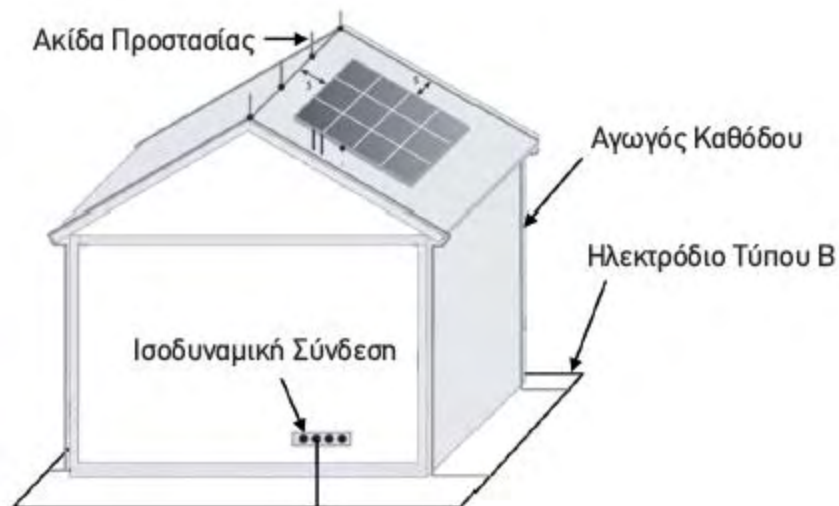
## Σύστημα Γείωσης

Σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις επί οροφής, μπορεί να γίνει χρήση της υπάρχουσας γείωσης του κτηρίου. Το σύστημα γείωσης αποτελείται από ηλεκτρόδια ποικίλων σχημάτων και διαστάσεων. Εάν επιθυμείται ενίσχυση του συστήματος γείωσης μπορεί να γίνει χρήση της θεμελιακής σιδηροκατασκευής του κτηρίου. Το σχήμα και οι διαστάσεις του συστήματος γείωσης παίζουν σημαντικό ρόλο όσο αφορά τη διοχέτευση του κεραυνικού ρεύματος στη γη. Η τιμή της αντίστασης γείωση πρέπει να είναι μικρότερη των 10 Ω σε μέτρηση χαμηλής συχνότητας. Σε συστήματα αντικεραυνικής προστασίας συνίσταται να υπάρχει μια ενιαία γείωση στο κτήριο που θα προσφέρει ολοκληρωμένη προστασία σε ηλεκτρικές συσκευές, τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα και αντικεραυνική προστασία.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι (τύπου Α και Β) διατάξεων των ηλεκτροδίων γείωσης που χρησιμοποιούνται στα συστήματα γείωσης αντικεραυνικής προστασίας, ανάλογα με το είδος ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούν και τον τρόπο τοποθέτησης τους. Η Διάταξη Ηλεκτροδίων Τύπου Α περιλαμβάνει κάθετα και οριζόντια ηλεκτρόδια σε σχήμα ράβδου συνδεδεμένα σε κάθε αγωγό καθόδου. Επίσης ο συνολικός αριθμός ηλεκτροδίων δεν πρέπει να είναι μικρότερος από δύο. Η Διάταξη Ηλεκτροδίων Τύπου Β δημιουργεί ένα είδος περιμετρικής γείωσης στην εδαφική περίμετρο του κτηρίου. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη αγωγού σε σχήμα δακτυλίου, ο οποίος βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος τουλάχιστον κατά 80 - 85% του μήκους του ή τη δημιουργία ενός ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης. Αυτός ο τύπος συνιστάται σε εδάφη με μεγάλη ειδική αντίσταση.



Εικόνα 2.19 Διάταξη Ηλεκτροδίων Τύπου Α



Εικόνα 2.20 Διάταξη Ηλεκτροδίων Τύπου Β

### Συντήρηση

Ο Παραγωγός/Καταναλωτής έχει την αποκλειστική ευθύνη συντήρησης όλου του εξοπλισμού του φωτοβολταϊκού συστήματος. Ο Παραγωγός/Καταναλωτής θα πρέπει να συντηρεί επαρκώς τις εγκαταστάσεις και τα μηχανήματα του ούτως ώστε να διασφαλίζεται η ασφαλής λειτουργία τους, να μην προκαλούν αρνητική επίδραση στη λειτουργία τους και να διασφαλίζεται η ασφάλεια του προσωπικού του. Οι επιθεωρητές της ΑΗΚ διατηρούν το δικαίωμα για να επιθεωρήσουν οποιαδήποτε χρονική στιγμή τις εγκαταστάσεις και τα μηχανήματα του Παραγωγού/Καταναλωτή, σύμφωνα με το Άρθρο Τ1.16.7.1 της Έκδοσης 4.0.0 των Κανόνων Μεταφοράς και Διανομής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.Μελέτη ηλεκτρολογικής εγκατάστασης φωτισμού – Υπολογισμός εγκατεστημένης ισχύς

#### 3.1 Εισαγωγή

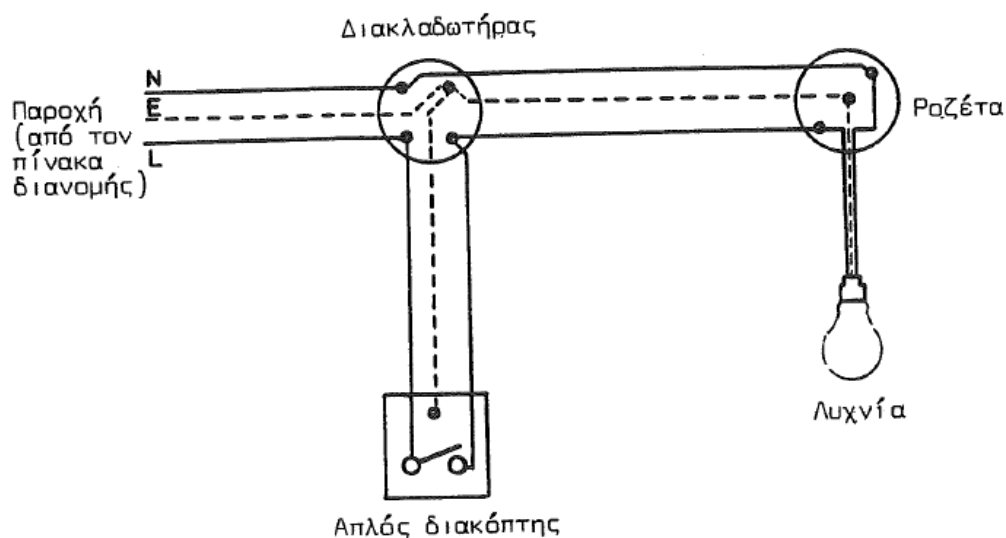
Στις εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις οι γραμμές που συνδέουν τους διακόπτες και τα φωτιστικά λέγονται γραμμές φωτισμού. Εκτός των φωτιστικών σημείων, μπορούν να συνδεθούν και απλοί ρευματοδότες (μικρής ισχύος) στις γραμμές φωτισμού. Οι γραμμές φωτισμού σε μια εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση θα πρέπει να είναι τουλάχιστο δυο. Ο λόγος είναι για να μην υπάρξει ολική διακοπή της λειτουργίας φωτισμού σε περίπτωση πτώσης της προστατευτικής διάταξης, η οποία προστατεύει τη μια γραμμή φωτισμού. Συνήθως οι γραμμές φωτισμού προστατεύονται με ασφάλεια 10 A ή 16 A και για τις συνδεσμολογίες τους χρησιμοποιούνται χάλκινοι μονόκλωνοι μονωμένοι αγωγοί διατομής 1,5 mm<sup>2</sup>.

#### 3.2 Διακόπτες φωτισμού

Ο διακόπτης είναι ένας μηχανισμός ο οποίος ανοίγει ή κλείνει κυκλώματα των εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Οι διακόπτες φωτισμού είναι μονοπολικοί, δηλαδή διακόπτουν την φάση μόνο και όχι και τον ουδέτερο. Κάθε κύκλωμα πρέπει να έχει μέσα διακοπής της παροχής υπό φορτίο και σε οποιαδήποτε περίπτωση βλάβης. Η θέση των διακοπών πρέπει να είναι προσιτή και να μην τοποθετούνται πίσω από πόρτες ή έπιπλα. Οι διακόπτες φωτισμού που ελέγχουν πάνω από ένα φωτιστικό σημείο μπορούν να εγκατασταθούν και σε ξεχωριστό δωμάτιο.

##### 3.2.1 Απλός διακόπτης

Ο απλός διακόπτης είναι κατασκευασμένος από μια τετραγωνική μονωτική βάση και έχει δύο ακροδέκτες, ένα κουμπί και δύο βίδες για να βιδώνει στο αντίστοιχο κουτί στο τοίχο, όταν η εγκατάσταση είναι χωνευτή. Στους ακροδέκτες του απλού διακόπτη συνδέονται οι αγωγοί των καλωδίων και το κύκλωμα ελέγχεται με το κουμπί. Με τον απλό διακόπτη γίνεται να συνδεθούν περισσότερες από μία λυχνία.

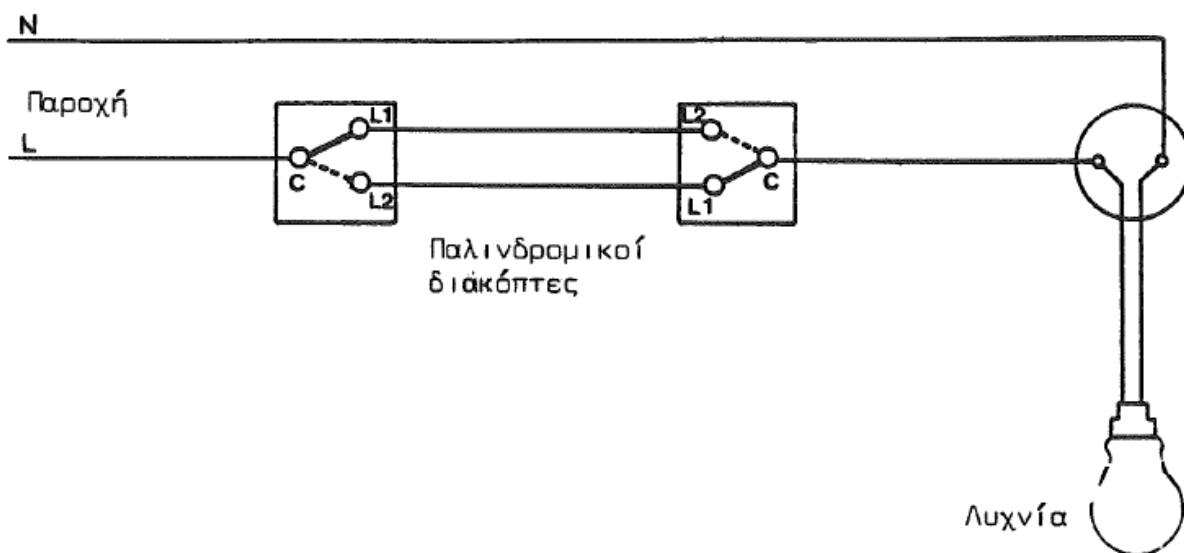


Εικόνα 3.1 Συνδεσμολογία απλού διακόπτη ενός φωτιστικού σώματος.

Η φάση συνδέεται απευθείας στο διακόπτη και το τμήμα του αγωγού της φάσης από το διακόπτη μέχρι τα φώτα λέγεται "επιστροφή".

### 3.2.2 Διακόπτες αλέ - ρετούρ.

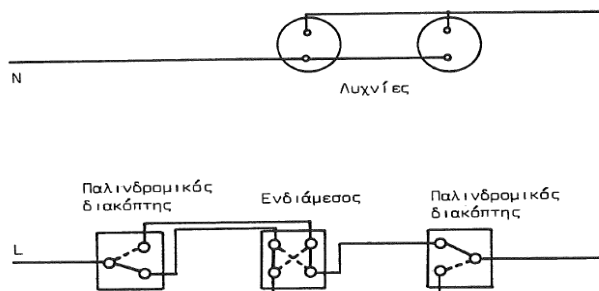
Αυτοί οι διακόπτες χρησιμοποιούνται σε χώρους όταν επιθυμείται τα φωτιστικά σώματα να ελέγχονται από δυο διαφορετικές θέσεις. Μοιάζουν εμφανισιακά με τους απλούς διακόπτες, αλλά έχουν τρεις ακροδέκτες και όχι δύο.



Εικόνα 3.2 κύκλωμα συνδεσμολογίας δύο διακοπών αλέ - ρετούρ που ελέγχουν μια λυχνία.

### 3.2.3 Ενδιάμεσοι διακόπτες

Ο ενδιάμεσος διακόπτης χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με δύο διακοπών αλέ - ρετούρ για τον έλεγχο φωτιστικών σημείων από τρεις θέσεις. Αυτοί οι διακόπτες χρησιμοποιούνται συνήθως σε διαδρόμους. Έχουν τέσσερις ακροδέκτες που συνδέονται μεταξύ τους χιαστί ή κάθετα ανά δύο.



Εικόνα 3.3 Έλεγχος δύο λυχνιών από τρεις διαφορετικές θέσεις με χρήση ενός ενδιάμεσου και δύο διακοπών αλέ - ρετούρ.

Εκτός από τους πιο πάνω διακόπτες, υπάρχουν και άλλοι τύποι διακοπών όπως:

1. Διπλοί διακόπτες
2. Κρεμαστοί διακόπτες
3. Ρυθμιστικοί διακόπτες
4. Πολλαπλοί διακόπτες

Όπως και στα υπόλοιπα σημεία της ηλεκτρικής εγκατάστασης, έτσι και στα σημεία φωτισμού και στα σημεία διακοπών επιβάλλεται η ύπαρξη γείωσης. Δηλαδή, να είναι συνδεδεμένα με τη γη έτσι ώστε σε περίπτωση διαρροής, το ρεύμα διαρροής να μεταφέρεται διαμέσου του σύρματος γείωσης στη γη και να ενεργοποιείται ο αυτόματος διακόπτης διαρροής για να διακόπτεται η παροχή.

### 3.3 Φωτομετρικά μεγέθη.

Φωτεινή ενέργεια (Q) ονομάζεται η ενέργεια που διαδίδεται στο χώρο από μια φωτεινή πηγή με τη μορφή ορατής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και μετριέται σε λουμενώρας (lumenh) οι οποίες είναι μονάδες αντίστοιχες με τις βατώρες (Wh) της ηλεκτρικής ενέργειας.

Φωτεινή ροή (Φ) ονομάζεται το πηλίκο τις στοιχειώδους ενέργειας που εκπέμπει μια σημειακή φωτεινή πηγή σε στοιχειώδη χρόνο δια του χρόνου αυτού. Μονάδα μέτρησης της φωτεινής ροής είναι το λούμεν. (Lumen (lm))



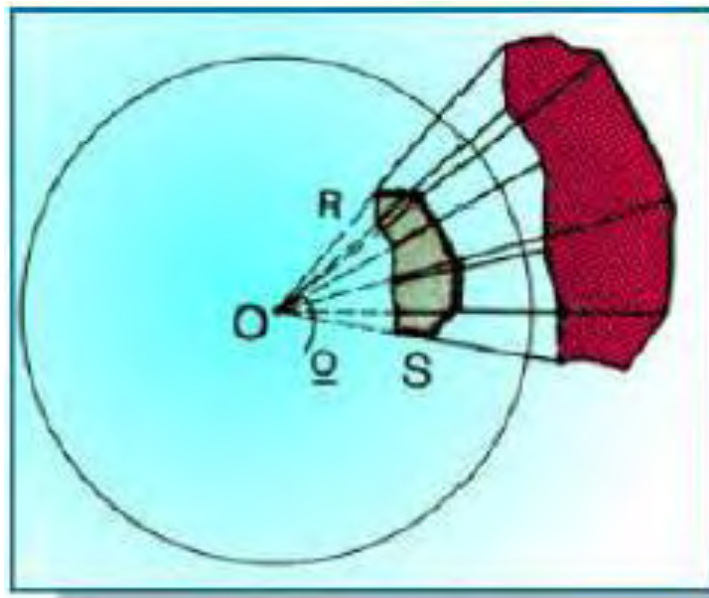
$$\Phi = dQ / dt$$

Ένταση (I) φωτεινής πηγής ονομάζεται το πηλίκο τις στοιχειώδους φωτεινής ροής  $d\Phi$  που εκπέμπεται στο εσωτερικό μιας στοιχειώδους στερεάς γωνίας  $d\omega$  προς τη στερεά αυτή γωνία. Μονάδα μέτρησης της Έντασης (I) μιας φωτεινής πηγής είναι το candela.

$$I = d\Phi / d\omega$$

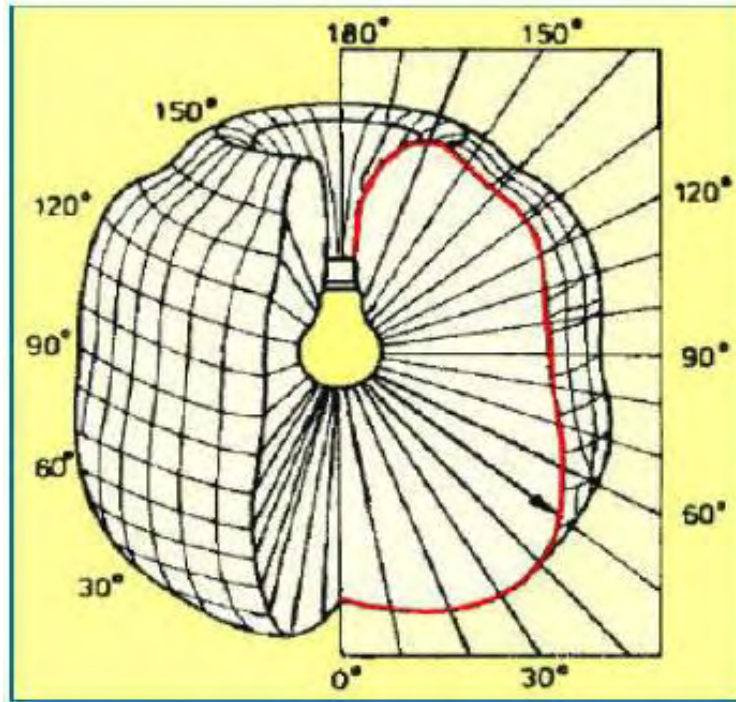
### Στερεά γωνία.

Θεωρώντας ένα οποιοδήποτε σημείο O στο χώρο και μια κλειστή γραμμή τυχαίου σχήματος. Το σημείο O μπορεί να ενωθεί με ευθείες γραμμές με διάφορα σημεία της κλειστής γραμμής. Το μέρος του χώρου που περικλείετε από αυτές τις ευθείες γραμμές ονομάζεται στερεά γωνία. Μονάδα μέτρησης της Έντασης (I) μιας φωτεινής πηγής είναι το στερεακτίσιο (sterad).



Εικόνα 3.4 Στερεά γωνία.

Ένα Lumen είναι η φωτεινή ροή που εκπέμπεται εντός στερεάς γωνίας από φωτεινή πηγή ομοιόμορφης ακτινοβολίας έντασης μιας candela. Πρακτικά, αυτό είναι ανέφικτο διότι δεν υπάρχουν φωτεινές πηγές με ομοιόμορφη σφαιρική κατανομή φωτός γύρω τους. Η διανομή της έντασης σε διαφορετικές κατευθύνσεις δίδεται σε διάγραμμα πολικών συντεταγμένων με μορφή καμπύλης, η οποία ονομάζεται καμπύλη φωτεινής έντασης.



Εικόνα 3.5 Καμπύλη φωτεινής έντασης.

#### Φωτισμός επιφάνειας

Όταν πάνω σε ένα σώμα που δεν είναι αυτόφωτο προσπίπτει φωτεινή ροή ( $\Phi$ ), θεωρείται ότι φωτίζεται. Θεωρώντας μια στοιχειώδη επιφάνεια  $dS$  πάνω στην οποία προσπίπτει κάθετα, στοιχειώδης ποσότητα φωτεινής ροής  $d\Phi$ , τότε το πηλίκο  $d\Phi / dS$  ορίζεται ως ο φωτισμός της επιφάνειας ( $S$ )  $E$ .

$$E = d\Phi / dS$$

Εάν η φωτεινή ροή ( $\Phi$ ) είναι σταθερή και ομοιόμορφη η οποία προσπίπτει κάθετα σε επιφάνεια ( $S$ ), τότε ο φωτισμός  $E$  της επιφάνειας ( $S$ ) δίνεται από τη μαθηματική σχέση:

$$E = \Phi / S$$

Εάν μια παράλληλη δέσμη φωτός η οποία έχει φωτεινή ροή ένα λούμεν ( $lm$ ), προσπίπτει κάθετα σε επιφάνεια με εμβαδόν  $1 m^2$  τότε ο φωτισμός της επιφάνειας ισούται με  $E = 1 lm / 1 m^2 = 1 LUX$ .

#### Νόμοι της Φωτομετρίας

##### 1<sup>ος</sup> Νόμος φωτομετρίας

Ο φωτισμός της επιφάνειας από μια παράλληλη δέσμη φωτός είναι ανάλογος με το συνημίτονο της γωνίας (είναι η γωνία που σχηματίζεται από τη διεύθυνση της προσπίπτουσας δέσμης με τη κάθετο στο φωτιζόμενο επίπεδο) με την οποία προσπίπτουν στην επιφάνεια οι ακτίνες της δέσμης φωτός.

$$E = (\Phi * \sin\phi) / S$$

## 2<sup>ος</sup> Νόμος φωτομετρίας

Ο φωτισμός που προκαλεί μια σημειακή φωτεινή πηγή σε ένα σημείο μιας επιφάνειας είναι ανάλογος με την ένταση της φωτεινής πηγής, με το συνημίτονο της γωνίας με την οποία προσπίπτουν οι ακτίνες στη στοιχειώδη επιφάνεια και αντίστροφος ανάλογος με το τετράγωνο της απόστασης της φωτεινής πηγής από το φωτιζόμενο σημείο.

$$E = (I * \sin\phi) / R^2$$

## Λαμπρότητα

Ένα από τα πιο σημαντικά μεγέθη της μελέτης για την ηλεκτρολογική εγκατάσταση φωτισμού είναι η λαμπρότητα. Ο λόγος είναι επειδή μέσω αυτού του μεγέθους προκαλείται στο ανθρώπινο μάτι το αίσθημα της φωτεινότητας των διαφόρων αντικειμένων. Τα διάφορα αντικείμενα διακρίνονται από τη λαμπρότητα με την οποία ακτινοβολούν το φως προς τη κατεύθυνση του παρατηρητή. Δεν έχει καμία σημασία αν η επιφάνεια εκπέμπει φως δηλαδή είναι αυτόφωτη ή αν δέχεται ακτινοβολία (ετερόφωτη). Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω δεν υπάρχουν φωτεινές πηγές με ομοιόμορφη σφαιρική κατανομή φωτός γύρω τους. Στη πράξη, οι φωτεινές πηγές έχουν διαστάσεις και η φωτεινή ενεργεία εκπέμπεται από συγκεκριμένη επιφάνεια. Παρατηρώντας δυο μη σημειακές φωτεινές πηγές που έχουν διαφορετικές διαστάσεις ή καθεμία, αλλά ίδια φωτεινή ένταση  $I$ , παρατηρείτε ότι η φωτεινή πηγή με τις μικρότερες διαστάσεις φαίνεται “λαμπρότερη” από την άλλη φωτεινή πηγή. Στην ουσία, η φωτεινή ένταση  $I$  δεν αποτελεί μοναδικό κριτήριο για τη σύγκριση φωτεινών πηγών. Έτσι, καθορίστηκε ένα νέο μέγεθος χαρακτηριστικό της επιφάνειας που φωτοβολεί, το οποίο ονομάστηκε λαμπρότητα και συμβολίζεται με  $L$  (Luminance). Αν μια επιφάνεια παρατηρηθεί με τρόπο έτσι ώστε η διεύθυνση της όρασης να είναι κάθετη στην επιφάνεια, η λαμπρότητα ορίζεται ως το πηλίκο

$$L = I / S$$

,όπου  $I$  η ένταση της φωτεινής πηγής και  $S$  η επιφάνεια της. Η παραπάνω έκφραση δίνει τη μέση λαμπρότητα της επιφάνειας. Παρόλα αυτά εάν η διεύθυνση της όρασης σχηματίζει με την κάθετο στην επιφάνεια γωνία  $\phi$  και θεωρηθεί πως η φωτεινή πηγή υπό αυτή την γωνία  $\phi$  έχει την ίδια ένταση  $I$ , τότε η λαμπρότητα ισούται με  $L = I / (S * \sin\phi)$ , όπου  $\phi \neq 90^\circ$ . Μονάδα μέτρησης της λαμπρότητας είναι το  $\text{Nit} = \text{candela} / \text{m}^2$ . Το μέγεθος της λαμπρότητας εξαρτάται από τη διεύθυνση παρατήρησης. Τέλος, υψηλές ποσότητες λαμπρότητας μπορούν να δημιουργήσουν θάμβωση, η οποία επηρεάζει την όραση.

### Φωτιστική απόδοση ηλεκτρικών λαμπτήρων.

Οι ηλεκτρικοί λαμπτήρες μετατρέπουν μόνο ένα ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε φωτεινή ενέργεια. Το ποσό της φωτεινής ροής που αποδίδεται από κάποιο λαμπτήρα για κάθε watt ηλεκτρικής ισχύς που καταναλώνεται ονομάζεται απόδοση  $\alpha$  του λαμπτήρα και εκφράζεται σε lm / watt,  $\alpha = \Phi / P$ . Γενικά οι λαμπτήρες φθορισμού έχουν καλύτερο συντελεστή απόδοσης από τους λαμπτήρες πυράκτωσης. Με άλλα λόγια γίνεται να υπάρχει το ίδιο φως με λιγότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Εάν χρησιμοποιούνται κατάλληλοι λαμπτήρες φθορισμού αντί για λαμπτήρες πυράκτωσης, εξοικονομείται περίπου 85% - 90% ηλεκτρική ενέργεια.

### Φωτοτεχνική μελέτη

Με τη μελέτη φωτισμού υπολογίζεται το συνολικό φορτίο των φωτιστικών που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε προτεινόμενο χώρο, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η απαραίτητη ένταση φωτισμού (lux) σύμφωνα με τους κανονισμούς ενεργειακής απόδοσης κτιρίων της Κύπρου (ΜΥΕΑΚ). Όταν επιτευχθεί το κριτήριο της έντασης φωτισμού, ελέγχεται και η ομοιομορφία φωτισμού. Η ομοιομορφία φωτισμού πρέπει να είναι μεγαλύτερη από ή ίση του 0,5 αλλά σε χώρους όπως διάδρομους μη τετραγωνικούς ή ορθογωνικούς ένας συντελεστής 0,3 θεωρείται ικανοποιητικός. Επίσης, βάση του ΜΥΕΑΚ ορίζεται και μέγιστη ανιγμένη ισχύς σε W/m<sup>2</sup>.

### 3.4 Κανονισμοί ενεργειακής απόδοσης κτιρίων της Κύπρου για φωτισμό (ΜΥΕΑΚ)

Ο φωτισμός έχει ουσιαστική επίδραση στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων αφού η ποιότητά και η θερμότητα που παράγεται από τα φωτιστικά σώματα συμβάλλουν στα θερμικά φορτία που πρέπει να απομακρυνθούν από το σύστημα κλιματισμού. Η μελέτη φωτισμού σε νέες κατοικίες και η αναβάθμιση σε υφιστάμενες πρέπει να ικανοποιεί τις σύγχρονες συνθήκες διαβίωσης, και να συμμορφώνεται με τα εθνικά (ΜΥΕΑΚ) και διεθνή πρότυπα (ISO, EN) αλλά και να συμβάλει στην επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας. Η ΜΥΕΑΚ ορίζει τα επίπεδα φωτισμού σε lux που πρέπει να διατηρηθούν σε κάθε χώρο και τη μέγιστη ανιγμένη ισχύς σε W/m<sup>2</sup>. Γενικά, για τις απαιτήσεις που πρέπει να τηρεί ένα κτίριο για να θεωρείται κτίριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (ΚΣΜΚΕ), έχουν γίνει κάποιες αλλαγές με τη πάροδο των χρόνων. Στις δύο επόμενες εικόνες αναφέρονται αναλυτικά.

Εξέλιξη των απαιτήσεων ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης για νέα κτίρια και κτιριακές μονάδες και σύγκρισή τους με τις απαιτήσεις για ΚΣΜΚΕ<sup>1</sup>

	Απαιτήσεις ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης Διάταγμα του 2007 [Κ.Δ.Π. 568/2007] Σε ισχύ από 21.12.2007	Απαιτήσεις ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης Διάταγμα του 2009 [Κ.Δ.Π. 446/2009] Σε ισχύ από 1.1.2010	Απαιτήσεις ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης Διάταγμα του 2013 [Κ.Δ.Π. 432/2013] Σε ισχύ από 11.12.2013	Απαιτήσεις ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης Διάταγμα του 2016 [Κ.Δ.Π. 119/2016 και Κ.Δ.Π. 379/2016] Σε ισχύ από 1.1.2017	Απαιτήσεις για ΚΣΜΚΕ [Κ.Δ.Π. 366/2014]
Τοιχοποιία και φέρουσα κατασκευή (μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας)	0,85 W/m <sup>2</sup> K	0,85 W/m <sup>2</sup> K	0,72 W/m <sup>2</sup> K	0,4 <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup> K	0,4 W/m <sup>2</sup> K
Οροφή και εκτεθειμένα δάπεδα (μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας)	0,75 W/m <sup>2</sup> K	0,75 W/m <sup>2</sup> K	0,63 W/m <sup>2</sup> K	0,4 W/m <sup>2</sup> K	0,4 W/m <sup>2</sup> K
Κουφώματα (μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας)	3,8 W/m <sup>2</sup> K	3,8 W/m <sup>2</sup> K	3,23 W/m <sup>2</sup> K	2,9 W/m <sup>2</sup> K	2,25 W/m <sup>2</sup> K
Μέγιστος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους του κτιρίου εξαιρουμένων των οριζοντίων στοιχείων	-	1. 1,3 W/m <sup>2</sup> K για κτίρια που χρησιμοποιούνται ως κατοικίες 2. 1,8 W/m <sup>2</sup> K για κτίρια που δεν χρησιμοποιούνται κατοικίες	1. 1,3 W/m <sup>2</sup> K για κτίρια που χρησιμοποιούνται ως κατοικίες 2. 1,8 W/m <sup>2</sup> K για κτίρια που δεν χρησιμοποιούνται κατοικίες	-	-
Μέγιστος συντελεστής σκίασης σε κουφώματα	-	-	0,63	0,63	-
Μέγιστη μέση εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού για κτίρια που χρησιμοποιούνται ως γραφεία	-	-	-	10 W/m <sup>2</sup>	10 W/m <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Στις 30.10.2015 εκδόθηκε το περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Απαιτήσεις Ελάχιστης Ενεργειακής Απόδοσης) Διάταγμα του 2015 (Κ.Δ.Π. 359/2015) το οποίο όμως δεν άλλαξε τις απαιτήσεις σε σχέση με την Κ.Δ.Π. 432/2013, παρά μόνο καταργούσε κάποιους αριθμούς.

<sup>2</sup> Εναλλακτικά μπορεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας να φτάσει μέχρι 0,6 W/m<sup>2</sup>K εφόσον όμως ο μέγιστος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για κουφώματα δεν ξεπερνά το 2,5 W/m<sup>2</sup>K.

Εικόνα 3.6 Απαιτήσεις που πρέπει να τηρεί ένα κτίριο για να θεωρείται ΚΣΜΚΕ.

Πίνακας Π4-11: Εσωτερικές συνθήκες χώρων σε κατοικίες σύμφωνα με το ΜΥΕΑΚ

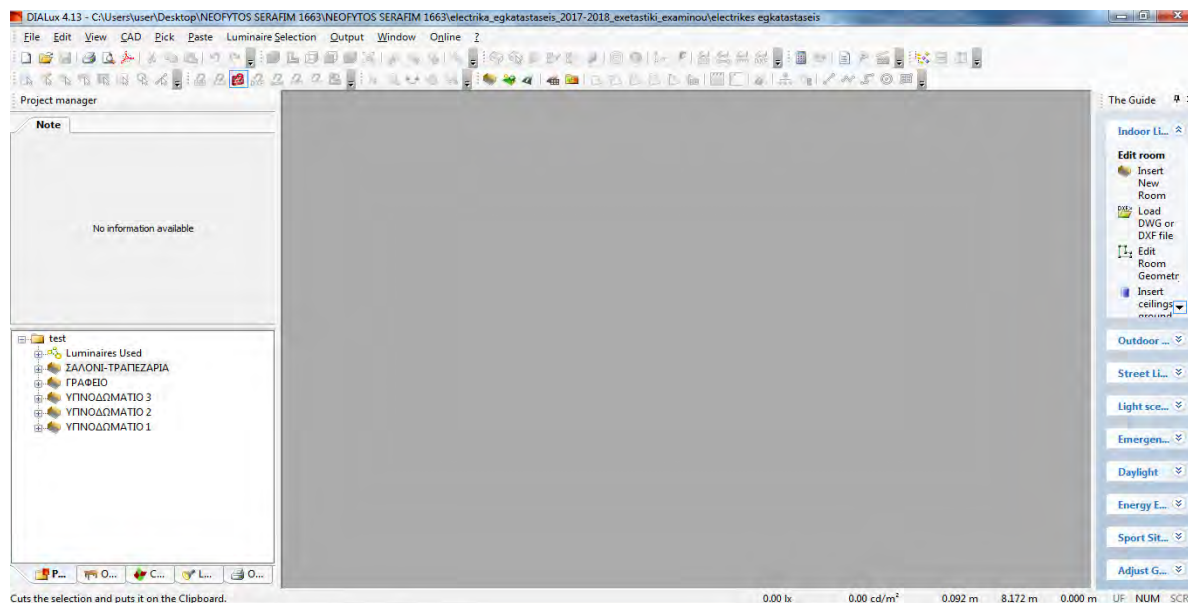
	Πυκνότητα χρηστών (p/m <sup>2</sup> )	Δραστηριότητα των χρηστών (W/p)	Νωπός αέρας ανά άτομο (l/s/p)	Φωτισμός (lux)	Φορτία εξοπλισμού (W/m <sup>2</sup> )	ΖΝΧ (l/m <sup>2</sup> )	Λανθάνοντα κέρδη χρηστών (%)	Λανθάνοντα κέρδη εξοπλισμού (%)	Διείσδυση αέρα (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> at 50 Pa)
Υπνοδωμάτιο	0,02	90	10	100	5	0,53	25	19	10
Κουζίνα	0,02	160	12	300	40	0,53	85	32	10
Σαλόνι	0,02	110	10	150	5	0,53	39	0	10
Διάδρομοι	0,02	180	10	100	2	0,53	50	0	10
Τουαλέτα	0,02	120	12	150	2	0,53	50	0	10

Εικόνα 3.7 Εσωτερικές συνθήκες χώρων σε κατοικίες κατά το ΜΥΕΑΚ.

Οι χώροι στους οποίους θα γίνει μελέτη φωτισμού είναι το σαλόνι – τραπεζαρία το γραφείο και τα τρία υπνοδωμάτια. Για τους υπόλοιπους χώρους και συγκεκριμένα για τους διάδρομους, αποθήκη θα προβλεφθεί από ένα φωτιστικό τύπου BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. DOUBLE LOUVRE 1D PARABOLIC 4 x LINEARLED 16 W. Στη κουζίνα θα προβλεφθεί ένα φωτιστικό τύπου BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. BRIGHT BSL LED Panel 43 W 4000 K 1050 mA. Στους εξωτερικούς χώρους και στα αποχωρητήρια θα προβλεφθεί από ένα φωτιστικό τοίχου των 4 x LINEAR LED 16 W το καθένα. Οι απαιτήσεις λαμβάνονται από την εικόνα 3.7.

### 3.5 Το πρόγραμμα DIALUX

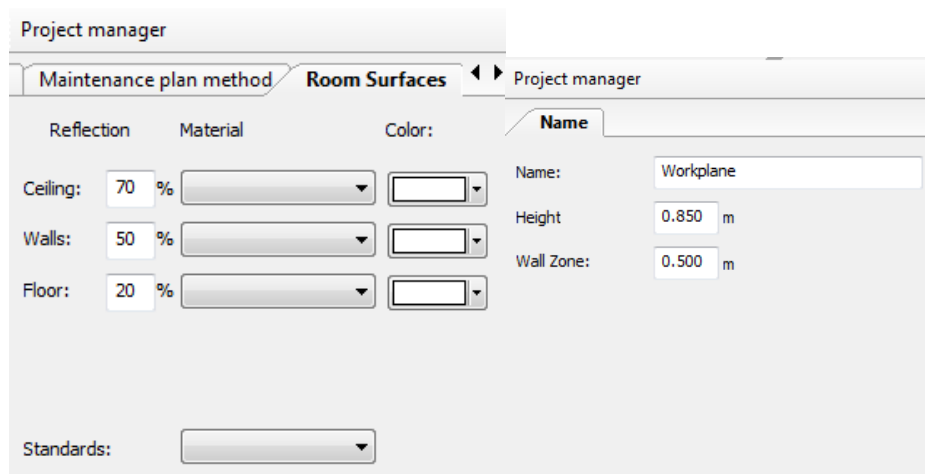
Για τη μελέτη φωτισμού χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό DIALUX. Είναι ένα αξιόπιστο ευρωπαϊκό ελεύθερο λογισμικό που χρησιμοποιείτε για μελέτες φωτισμού.



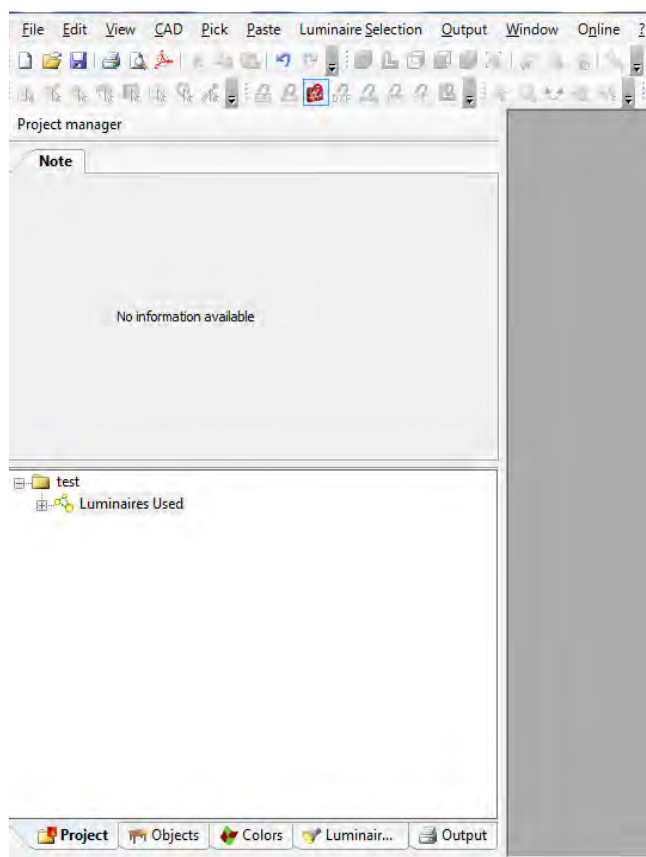
Εικόνα 3.8 Αρχική οθόνη DIALUX.

Αρχικά, για το σαλόνι – τραπεζαρία θα χρησιμοποιηθούν φωτιστικά τύπου BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. BRIGHT BSL LED Panel 43 W 4000 K 1050 mA, για το γραφείο θα χρησιμοποιηθούν BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. DOUBLE LOUVRE 1DPARABOLIC 4 x LINEAR LED 16 W, για το υπνοδωμάτιο 1 θα χρησιμοποιηθούν BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. BRIGHT BSL LED Panel 43 W 4000 K 1050 mA και για τα άλλα δυο BRIGHTSPECIALLIGHTING - E.U - DOUBLELOUVRE 1 DOUBLE PARABOLIC 2 x 20 W. Πρώτο βήμα χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα είναι από τη κατηγορία Project κάνοντας δεξί κλικ στο φάκελο test να επιλεχτεί η εντολή insert new room και να ορισθεί το δωμάτιο με το όνομα του (εικόνες 3.10 και 3.11), στη συνέχεια κάνοντας δεξί κλικ στο όνομα του δωματίου επιλέγετε η εντολή edit room geometry και εισάγονται οι διαστάσεις του χώρου που θα γίνει η μελέτη (εικόνες 3.12 και 3.13). Επιπλέον, από τη κατηγορία Project επιλέγονται οι συντελεστές ανάκλασης για τους υπολογισμούς του συντελεστή χρησιμοποίησης των φωτιστικών, όπου θα είναι 0,70 ο συντελεστής ανάκλασης οροφής, 0,50 συντελεστής ανάκλασης τοίχων και 0,20 ο συντελεστής ανάκλασης δαπέδου. Το ύψος επιφάνειας εργασίας από το δάπεδο χώρου θα είναι 0,85 μέτρα και περιφερειακή ζώνη τοίχου 0,5 μέτρα. (εικόνα 3.9)

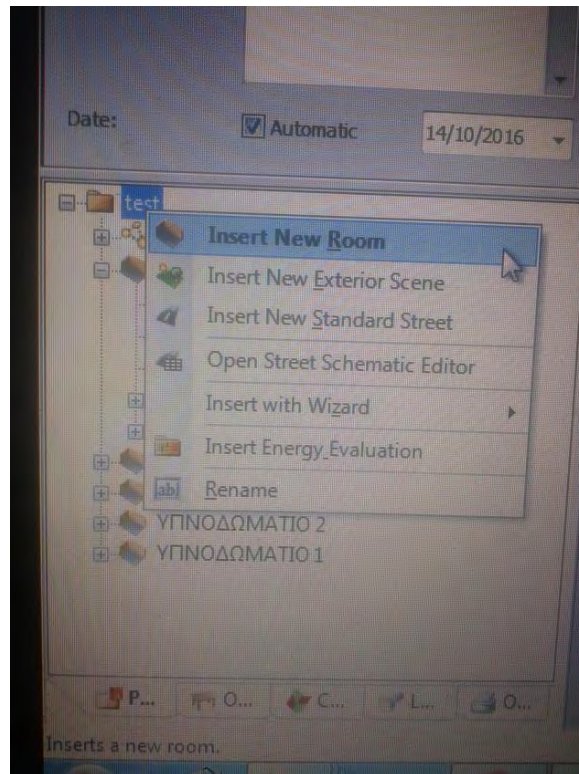




Εικόνα 3.9 (α) οι συντελεστές ανάκλασης (β) ύψος επιφάνειας εργασίας από το δάπεδο χώρου και περιφερειακή ζώνη τοίχου.

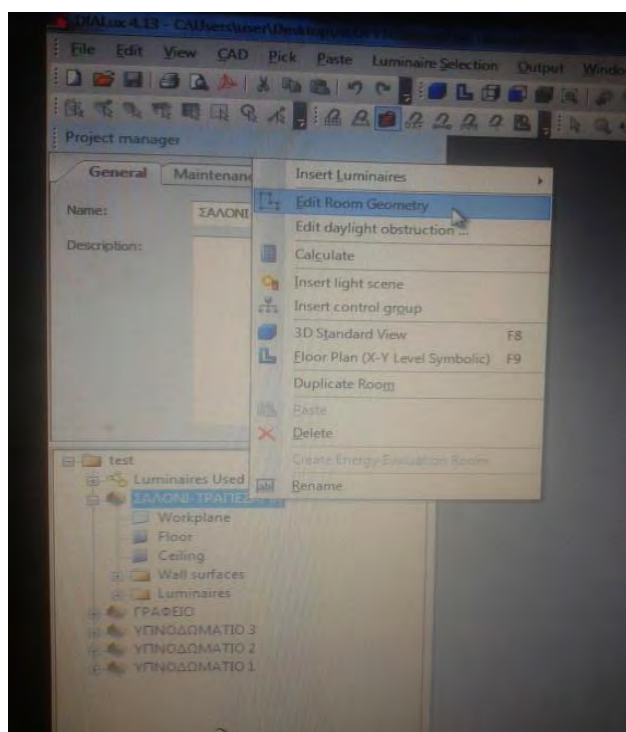


Εικόνα 3.10 Επιλογή εντολής Project.



Εικόνα 3.11 Δημιουργία δωματίου με το όνομα του.





Εικόνα 3.12 Επιλογή εντολής edit room geometry.

Project manager

**Room Editor**

Dimensions of the Enclosing Cuboid

Length: 15.000 m Width: 6.900 m

Height: 3.600 m ☒ Surface Coordinates ☐ World Coordinates

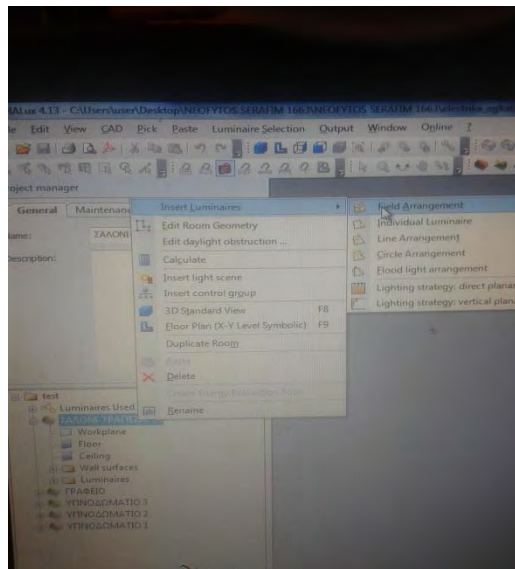
	x	y	l
1	0.000	0.000	15.000
2	15.000	0.000	6.900
3	15.000	6.900	15.000
4	0.000	6.900	6.900
----			

Insert Coordinates Delete Coordinates

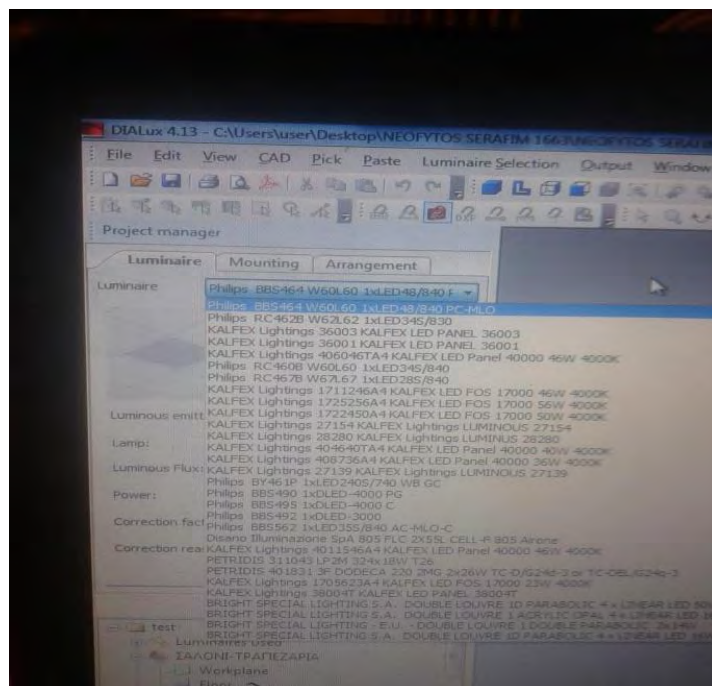
OK Cancel

Εικόνα 3.13 Εισαγωγή διαστάσεων του χώρου.

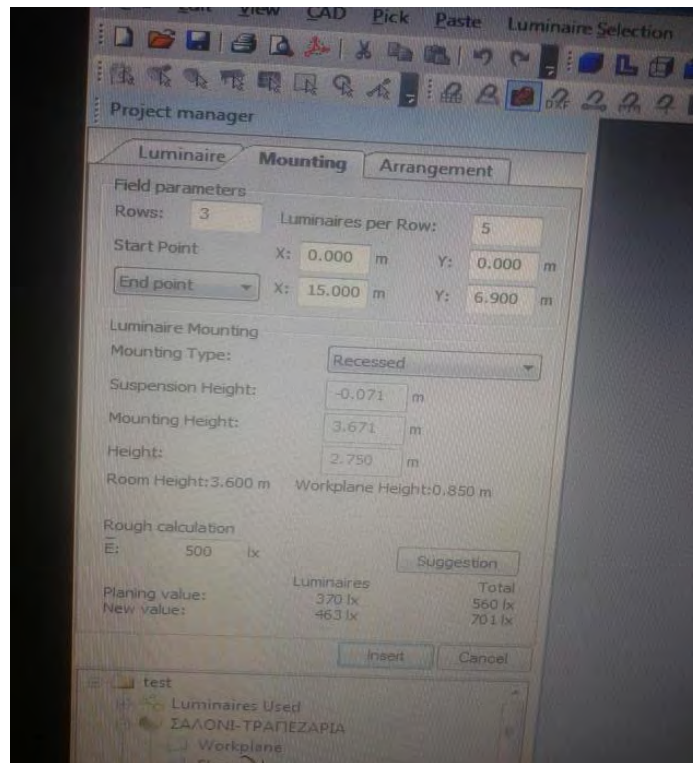
Στη συνέχεια κάνοντας δεξί κλικ στο όνομα του δωματίου επιλέγετε η εντολή insert luminaries και επιλέγετε η υποεντολή field arrangement (διάταξη πεδίου) (εικόνα 3.14). Ανοίγει το παράθυρο (εικόνα 3.15) και επιλέγονται τα προβλεπόμενα φωτιστικά. Ακολούθως επιλέγεται το πλήθος των φωτιστικών (εικόνα 3.16).



Εικόνα 3.14 Εντολή field arrangement.

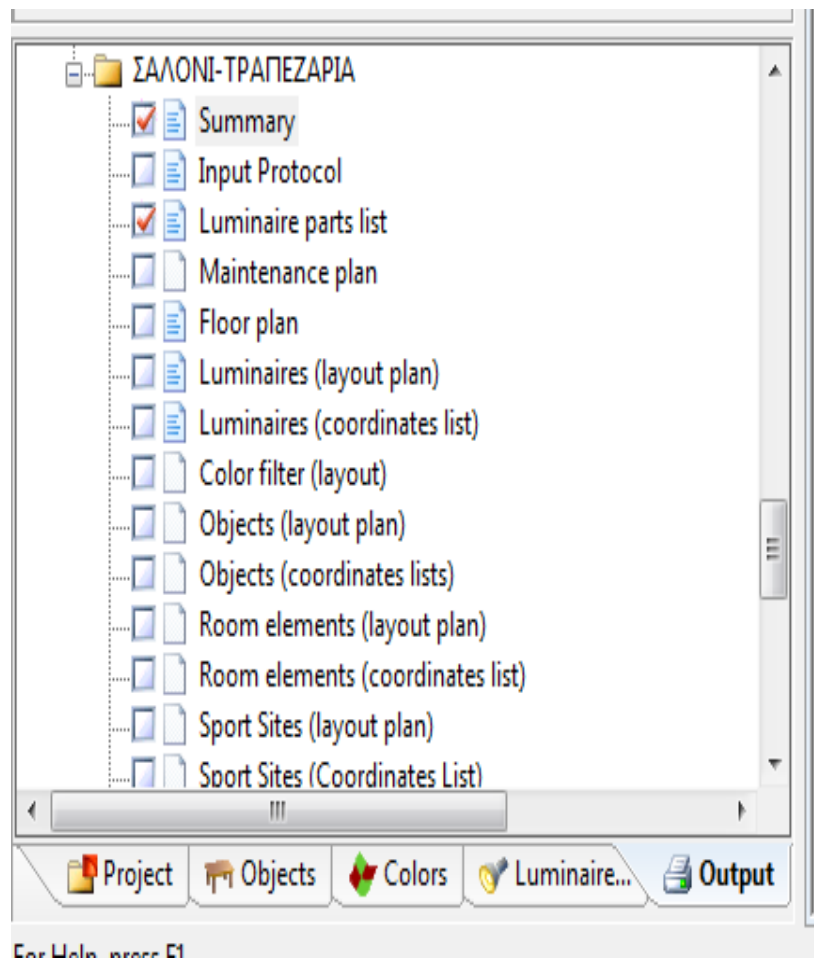


Εικόνα 3.15 Επιλογή των προβλεπόμενων φωτιστικών.



Εικόνα 3.16 Επιλογή πλήθους των φωτιστικών.

Για τη προσομοίωση και την έξοδο των αποτελεσμάτων επιλέγεται η εντολή Summary από την κατηγορία Output.

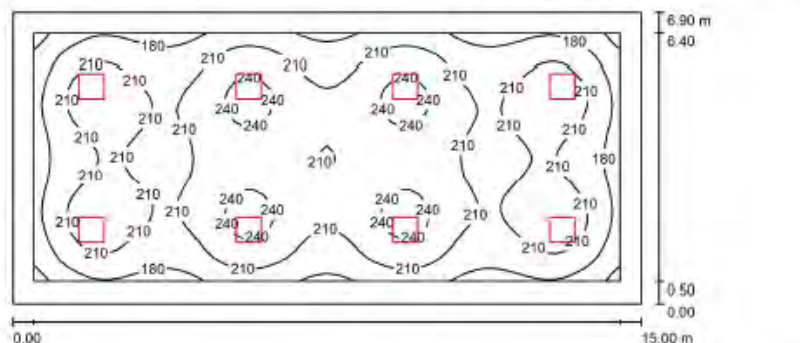


Εικόνα 3.17 Προσομοίωση και έξοδος αποτελεσμάτων.

### 3.5.1 Αποτελέσματα

Για το χώρο σαλόνι - τραπεζαρία φαίνονται πιο κάτω τα αναλυτικά αποτελέσματα.

## ΣΑΛΟΝΙ-ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ / Summary



Height of Room: 3.600 m, Mounting Height: 3.600 m, Light loss factor: 0.80

Values in Lux, Scale 1:108

Surface	$\rho$ [%]	$E_{av}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	u0
Workplane	/	210	141	250	0.670
Floor	20	176	109	211	0.616
Ceiling	70	45	36	56	0.801
Walls (4)	50	111	45	169	/

**Workplane:**  
 Height: 0.850 m  
 Grid: 64 x 32 Points  
 Boundary Zone: 0.500 m  
 UGR  
 Left Wall 20  
 Lower Wall 21  
 (CIE, SHR = 0.25.)  
 Lengthways-  
 Across  
 to luminaire axis

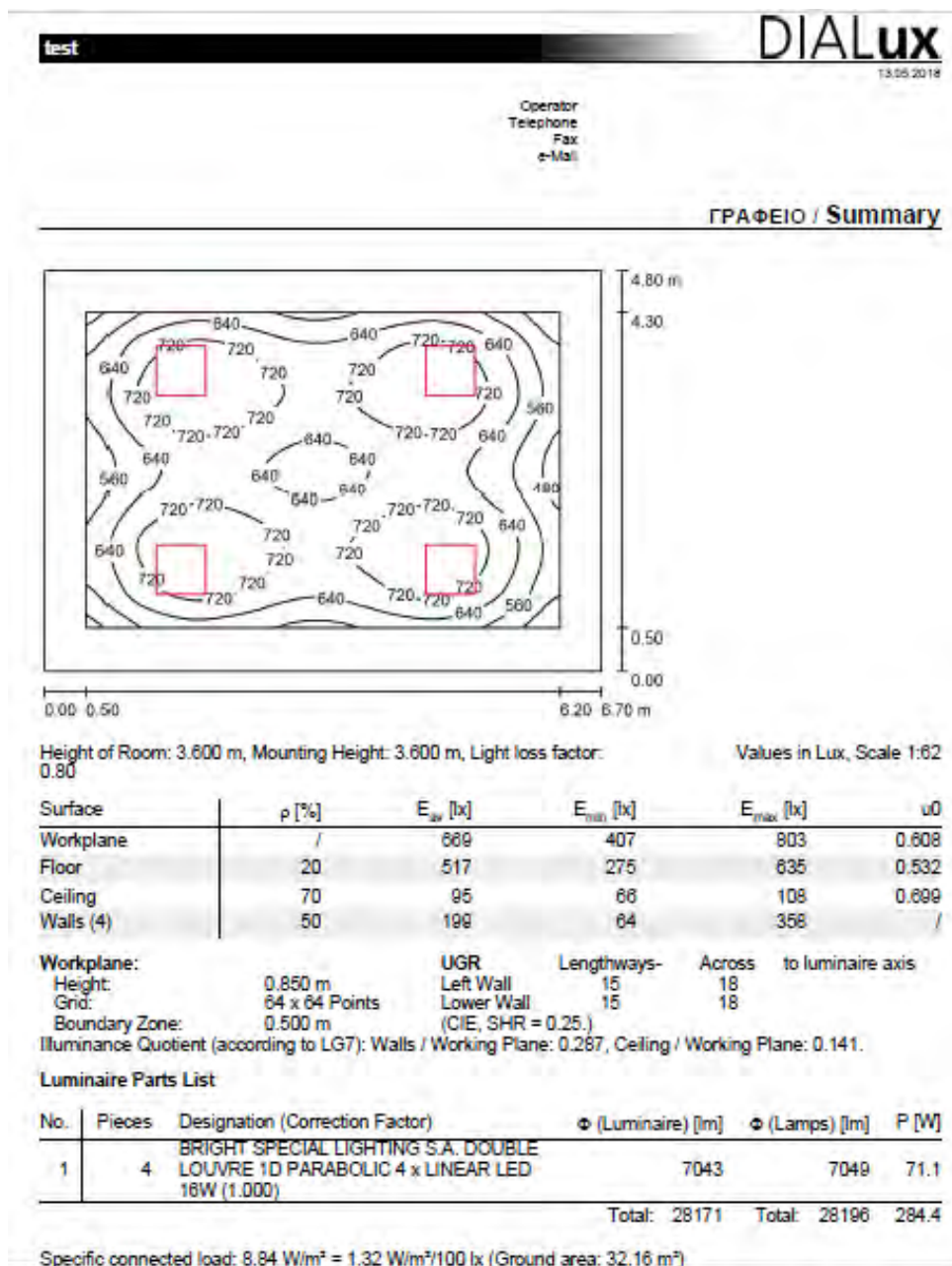
Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.542, Ceiling / Working Plane: 0.215.

## Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	$\Phi$ (Luminaire) [lm]	$\Phi$ (Lamps) [lm]	P [W]
1	8	BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. BRIGHT BSL LED Panel 43W 4000K 1050mA (1.000)	3882	3883	44.4
Total:			31056	31064	354.9

Specific connected load:  $3.43 \text{ W/m}^2 = 1.63 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Ground area:  $103.50 \text{ m}^2$ )

Εικόνα 3.18 Η ένταση φωτισμού είναι  $210 \text{ lux} > 150 \text{ lux}$ , ομοιομορφία,  $0,670 > 0,5$  και μέγιστη ανιγμένη ισχύς σε  $\text{W/m}^2$ ,  $3.43 \text{ W/m}^2 < 5 \text{ W/m}^2$ . Αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα καθώς ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του ΜΥΕΑΚ. Με τον ίδιο τρόπο έγινε μελέτη φωτισμού και στους υπόλοιπους προβλεπόμενους χώρους. Πιο κάτω αναφέρονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για κάθε χώρο. (εικόνες 3.19 - 3.22)

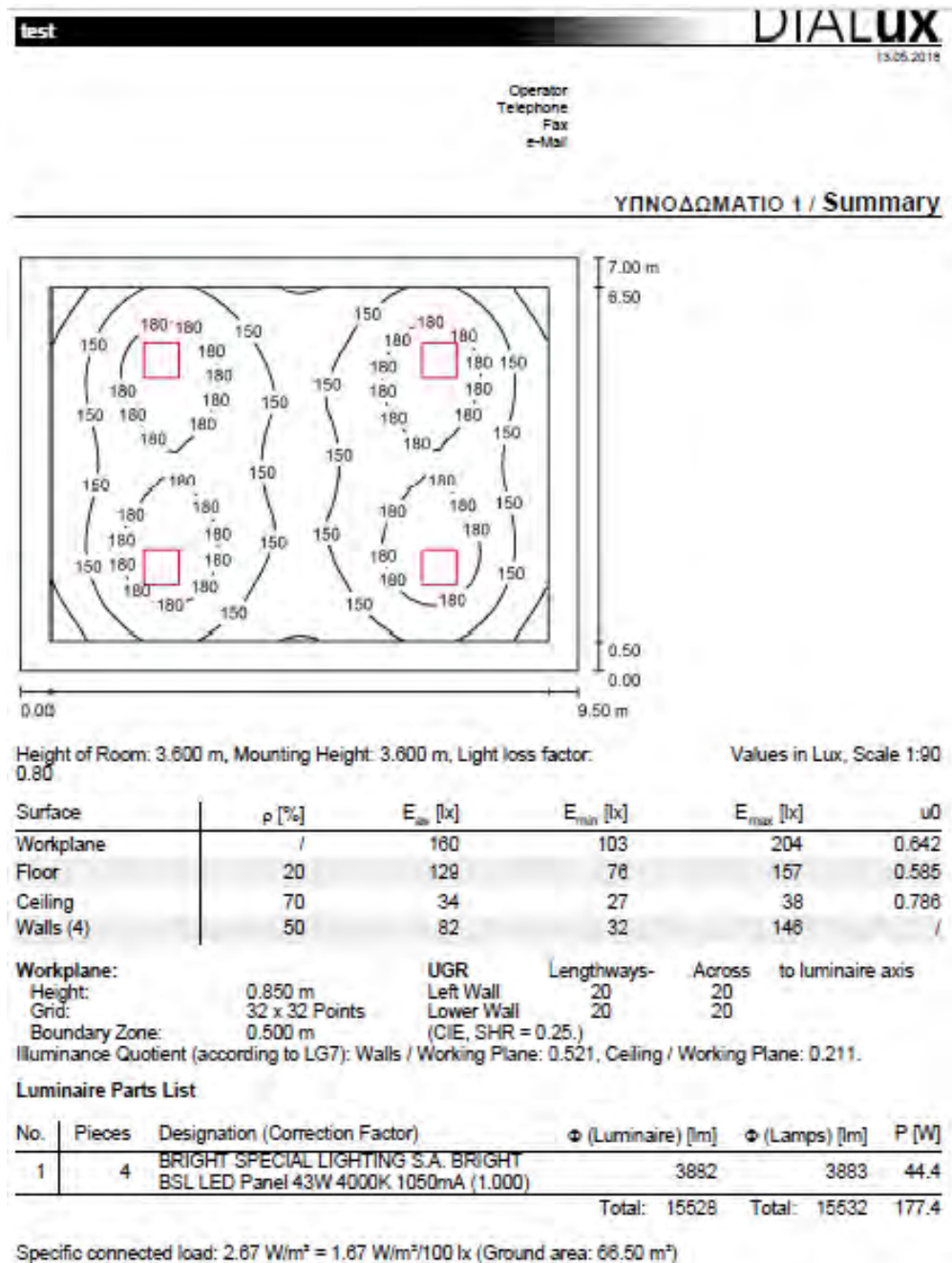


Εικόνα 3.19 Η ένταση φωτισμού είναι  $669 \text{ lux} > 150 \text{ lux}$ , ομοιομορφία,  $0,608 > 0,5$  και μέγιστη ανιγμένη ισχύς σε  $\text{W/m}^2$ ,  $8.84 \text{ W/m}^2 < 10 \text{ W/m}^2$ . Αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα καθώς ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του ΜΥΕΑΚ.

Για την ένταση φωτισμού του γραφείου επειδή δεν υπάρχει στο πίνακα των απαιτήσεων, λαμβάνεται υπόψη η ένταση φωτισμού του σαλονιού (πιο κοντινή κατηγορία).

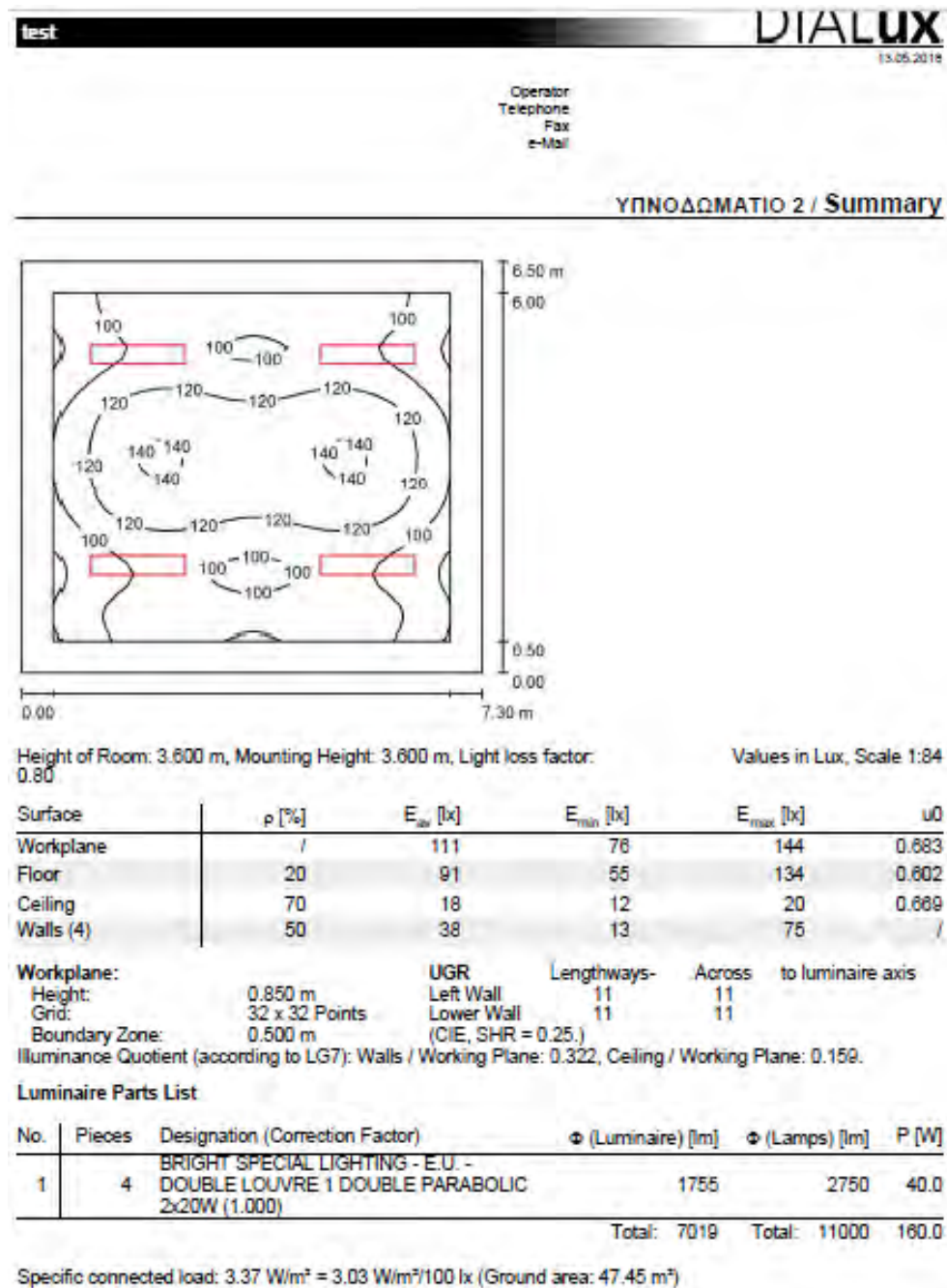


## ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1



Εικόνα 3.20 Η ένταση φωτισμού είναι  $160 \text{ lux} > 100 \text{ lux}$ , ομοιομορφία,  $0,642 > 0,5$  και μέγιστη ανιγμένη ισχύς σε  $\text{W/m}^2$ ,  $2,67 \text{ W/m}^2 < 5 \text{ W/m}^2$ . Αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα καθώς ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του ΜΥΕΑΚ.

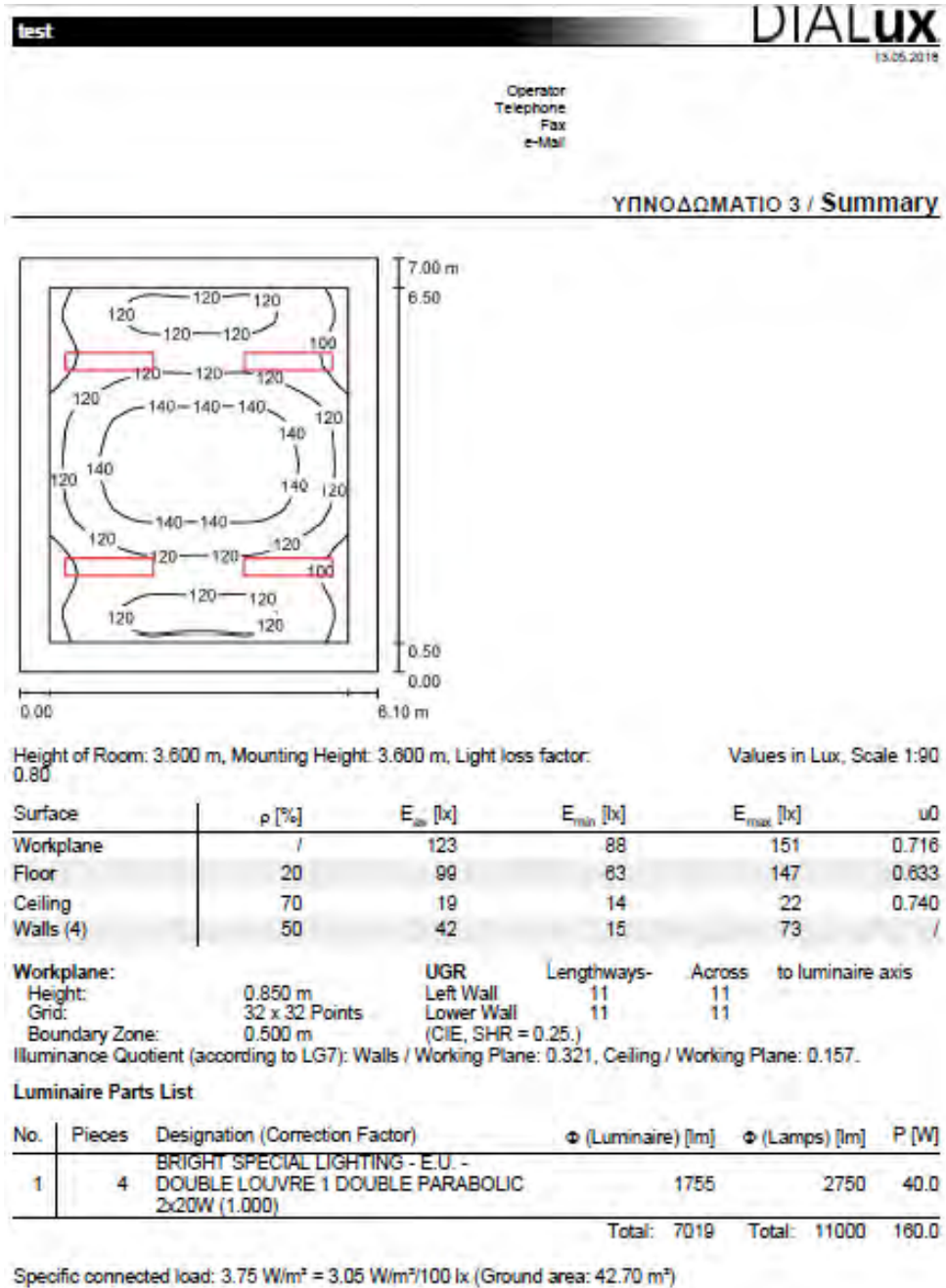
## ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2



Εικόνα 3.21 Η ένταση φωτισμού είναι  $111 \text{ lux} > 100 \text{ lux}$ , ομοιομορφία,  $0,683 > 0,5$  και μέγιστη ανιγμένη ισχύς σε  $\text{W/m}^2$ ,  $3.37 \text{ W/m}^2 < 5 \text{ W/m}^2$ . Αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα καθώς ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του ΜΥΕΑΚ.



### ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 3



Εικόνα 3.22 Η ένταση φωτισμού είναι  $123 \text{ lux} > 100 \text{ lux}$ , ομοιομορφία,  $0,716 > 0,5$  και μέγιστη ανιγμένη ισχύς σε  $\text{W/m}^2$ ,  $3,75 \text{ W/m}^2 < 5 \text{ W/m}^2$ . Αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα καθώς ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του ΜΥΕΑΚ.

Λαμβάνοντας υπόψη, και ένα συντελεστή προσαύξησης 25% για την λειτουργία του ηλεκτρονικού εκκινητή προκύπτει πως η ηλεκτρική ισχύς των 2 γραμμών φωτισμού είναι:

Για τη γραμμή φωτισμού L1  $(354,9 \text{ W} + 284,4 \text{ W}) * 1,25 + (7 * 4 \times 16 \text{ W} + 43 \text{ W}) * 1,25 = 1,5 \text{ KW}$

Για τη γραμμή φωτισμού L2  $(177,4 \text{ W} + 160 \text{ W} + 160 \text{ W}) * 1,25 + (3 * 4 \times 16 \text{ W}) * 1,25 = 0,9 \text{ KW}$

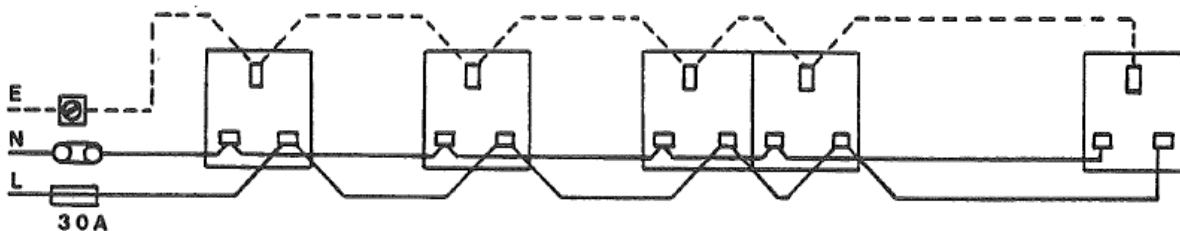
### 3.6 Ρευματοδότες

Σύμφωνα με τους κανονισμούς, η τροφοδότηση ρευματοδοτών μπορεί να γίνει με 2 μεθόδους.

1. Ακτινωτό κύκλωμα (radial)
2. Κύκλωμα δακτυλίου (ring)

#### Ακτινωτό κύκλωμα (radial)

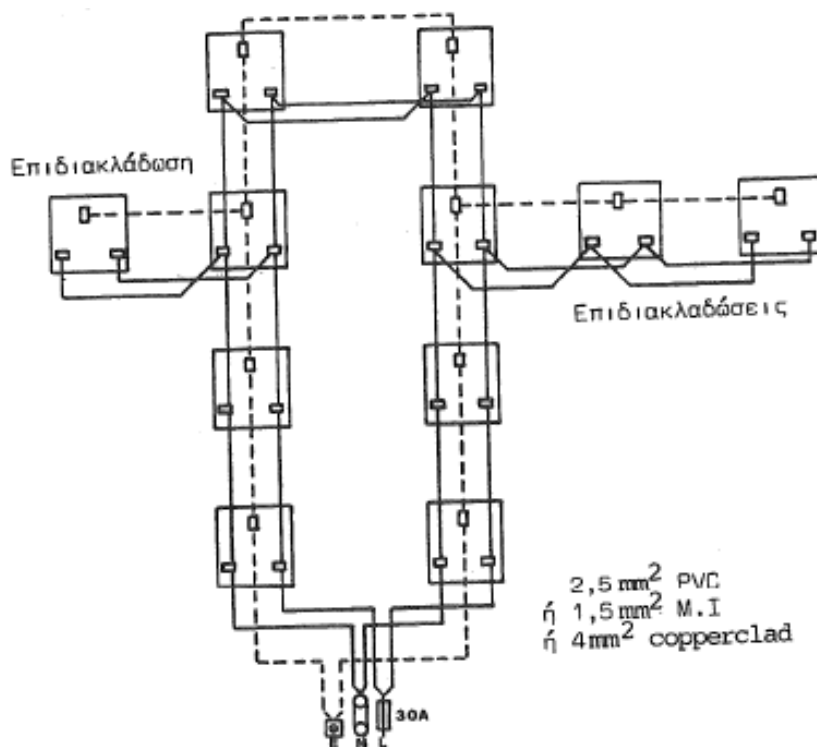
Με αυτή τη μέθοδο τροφοδοτείται ένας αριθμός ρευματοδοτών διαδοχικά. Ένα Ακτινωτό κύκλωμα ξεκινάει από τον πίνακα διανομής και τελειώνει στο τελευταίο ρευματοδότη.



Εικόνα 3.22 Παράδειγμα για Ακτινωτό κύκλωμα.

#### Κύκλωμα δακτυλίου (ring)

Το κύκλωμα δακτυλίου ξεκινάει από τον πίνακα διανομής, τροφοδοτεί τους ρευματοδότες, το καθένα με τη σειρά του και επιστρέφει από το τελευταίο ρευματοδότη πίσω στο πίνακα διανομής. Επίσης επιτρέπονται και διακλαδώσεις νοημένου ότι χρησιμοποιούν το ίδιο καλώδιο αριθμός τους δε ξεπερνά τον αριθμό των ρευματοδοτών που βρίσκονται στο κύριο κύκλωμα δακτυλίου.



Εικόνα 3.23 Παράδειγμα για κύκλωμα δακτυλίου.

### Σύγκριση ακτινωτού και κυκλώματος δακτυλίου

Το κύκλωμα δακτυλίου μπορεί να καλύψει μεγαλύτερη επιφάνεια σε σχέση με το ακτινωτό κύκλωμα. Σε ένα κύκλωμα δακτυλίου εάν διακοπεί η παροχή σε ένα σημείο δεν επηρεάζονται οι υπόλοιποι ρευματοδότες. Το κύκλωμα δακτυλίου προσφέρει μεγαλύτερη χαλάρωση όσο αφορά την πτώση τάσης, αλλά παρόλα αυτά το κύκλωμα δακτυλίου είναι πιο ακριβό από το ακτινωτό κύκλωμα. Για την παρούσα μελέτη θα χρησιμοποιηθούν ρευματοδότες των 400 W ο καθένας και θα χρησιμοποιηθεί κύκλωμα ring.

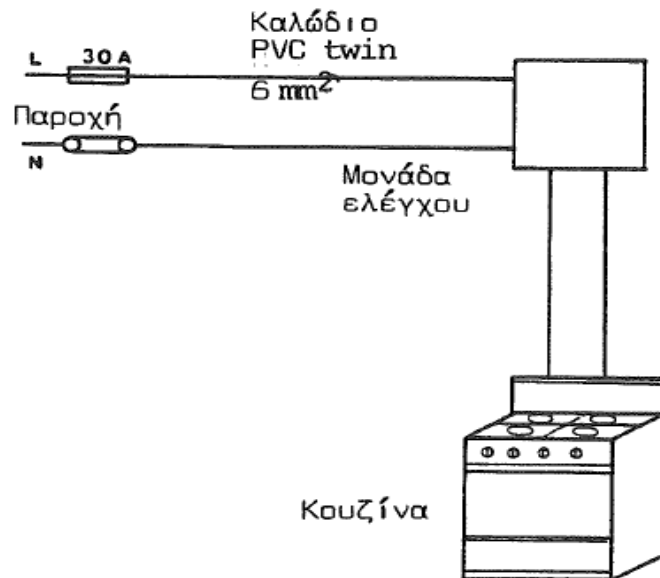
Για τη γραμμή ρευματοδοτών S1 (4 ρευματοδότες) = 1,6 KW

Για τη γραμμή ρευματοδοτών S2 (4 ρευματοδότες) = 1,6 KW

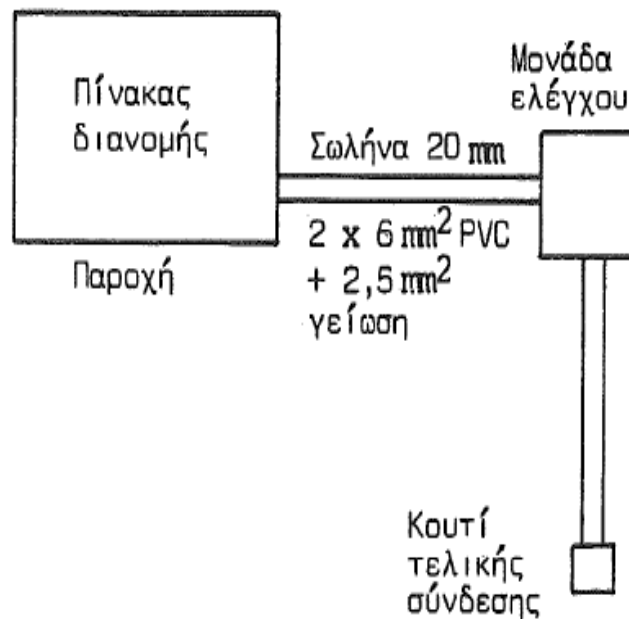
### 3.7 Ηλεκτρική κουζίνα

Οι συνηθισμένες ηλεκτρικές κουζίνες διαφέρουν στο τρόπο κατασκευής και στο φορτίο τους. Μια ηλεκτρική κουζίνα αποτελείται από το φούρνο τα θερμαντικά σώματα και τα όργανα ελέγχου. Ιδιαίτερης προσέγγισης χρειάζονται οι ηλεκτρικές κουζίνες άνω των 3 κιλοβάτ, γιατί θεωρούνται ως μόνιμες συσκευές και κατά συνέπεια τροφοδοτούνται από δικό τους ξεχωριστό κύκλωμα όπως προνοούν οι

κανονισμοί. Η τροφοδότηση της ηλεκτρικής κουζίνας ξεκινάει από τον πίνακα διανομής, καταλήγει στην μονάδα έλεγχου (cooker) και τερματίζει στην κουζίνα μέσω ενός ειδικού κουτιού. Η εγκατάσταση μπορεί να είναι επιφανειακή με επίπεδο καλώδιο, ή χωστή, με ξεχωριστά καλώδια μέσα σε πλαστικό σωλήνα.



Εικόνα 3.24 Επιφανειακή εγκατάσταση ηλεκτρικής κουζίνας.

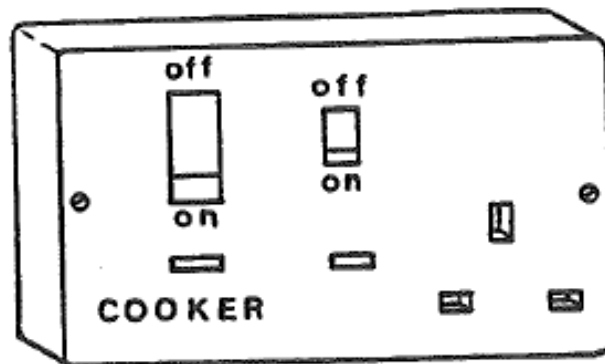


Εικόνα 3.25 Χωστή εγκατάσταση ηλεκτρικής κουζίνας.

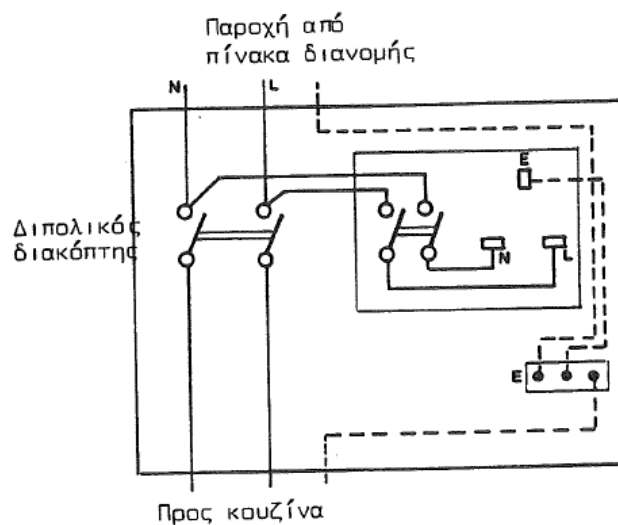
Συνήθως και στους 2 τρόπους εγκατάστασης της ηλεκτρικής κουζίνας χρησιμοποιούνται καλώδια με διατομή 6 mm<sup>2</sup> και για την γείωση καλώδιο (προστατευτικός αγωγός) διατομής 2,5 mm<sup>2</sup>.

#### Μονάδα ελέγχου ηλεκτρικής κουζίνας.

Η μονάδα ελέγχου αποτελείται από το διπολικό διακόπτη, ο οποίος ελέγχει την παροχή προς την κουζίνα. Σύμφωνα με τους κανονισμούς η ηλεκτρική κουζίνα πρέπει να ελέγχεται από μια μονάδα ελέγχου, η οποία να βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη από 2 μέτρα από την ηλεκτρική κουζίνα. Οι συνδέσεις μέσα στην μονάδα γίνονται με χάλκινο σύρμα διατομής 6 mm<sup>2</sup>. Σε αρκετές περιπτώσεις μπορεί να συνδυαστεί και ένας ρευματοδότης των 13 A.



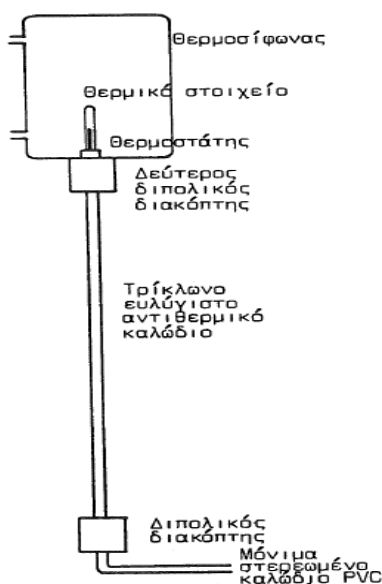
Εικόνα 3.26 Εξωτερική όψη μονάδας ελέγχου.



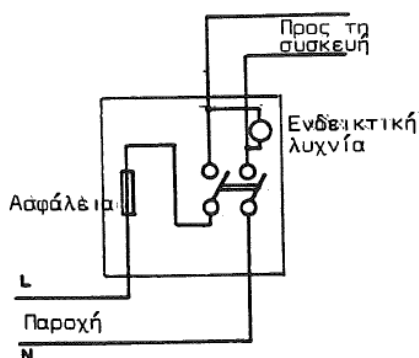
Εικόνα 3.27 Εσωτερική συνδεσμολογία.

### 3.8 Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας

Για την εγκατάσταση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα με θερμικό στοιχείο και θερμοστάτη που τροφοδοτεί με ζεστό νερό το μπάνιο, μια βρύση, επιβάλλεται να χρησιμοποιείται ξεχωριστό κύκλωμα. Ο θερμοσίφωνας τροφοδοτείται από το πίνακα διανομής με δική του ασφάλεια. Το προστατευτικό μέσο και η διατομή των καλωδίων, εξαρτάται από το φορτίο της συσκευής. Επίσης ο θερμοσίφωνας πρέπει να ελέγχεται από διπολικό διακόπτη, ο οποίος θα διακόψει και την φάση και τον ουδέτερο. Ο διακόπτης τοποθετείται πάντα έξω από το μπάνιο. Η ηλεκτρική σύνδεση από τον πίνακα διανομής μέχρι το διακόπτη γίνεται με τρίκλωνο ευλύγιστο αντιθερμικό καλώδιο. Από το διακόπτη μέχρι το θερμοσίφωνα χρησιμοποιείται εύκαμπτο αντιθερμικό καλώδιο. Για πιο ολοκληρωμένη εγκατάσταση, τοποθετείται και ένας δεύτερος διπολικός διακόπτης τοπικά στην βάση της συσκευής.



Εικόνα 3.28 Ηλεκτρική εγκατάσταση θερμοσίφωνα.



Εικόνα 3.29 Διπολικός διακόπτης θερμοσίφωνα.

Για την μελέτη θα προβλεφθεί μια ηλεκτρική κουζίνα 6 κιλοβάτ και 2 θερμοσίφωνες 4 κιλοβάτ. Επίσης θα προβλεφθεί ένας απορροφητήρας 100 βατ και ένα πλυντήριο 3 κιλοβάτ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Κλιματισμός

#### 4.1 Ιστορική αναδρομή

Η έννοια του κλιματισμού είναι γνωστό ότι έχει εφαρμοστεί στην αρχαία Ρώμη, όπου νερό υδραγωγείου, διανεμήθηκε στους τοίχους ορισμένων σπιτιών για να κρυώσουν. Παρόμοιες τεχνικές στην μεσαιωνική Περσία εμπλέκονται με τη χρήση των δεξαμενών και πύργων του ανέμου για την ψύξη των κτιρίων κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου.

Το 1820, ο Βρετανός επιστήμονας και εφευρέτης Michael Faraday ανακάλυψε ότι συμπιέζοντας και υγροποιώντας αμμωνία, μπορούσε να ψύξει τον αέρα, όταν η υγροποιημένη αμμωνία αφηνόταν να εξατμιστεί. Το 1842, ο John Gorrie γιατρός από τη Φλόριδα χρησιμοποίησε τεχνολογία συμπίεσης για τη δημιουργία πάγου, τον οποίο χρησιμοποιούσε για να ψύχει αέρα για τους ασθενείς του στο νοσοκομείο. Ο σύγχρονος κλιματισμός προέκυψε κατά τη διάρκεια του 19ου αιώνα από τις προόδους στη χημεία και η πρώτη μεγάλης κλίμακας ηλεκτρικού κλιματισμού επινοήθηκε το 1902 από το Willis Haviland Carrier.

#### Ορισμός

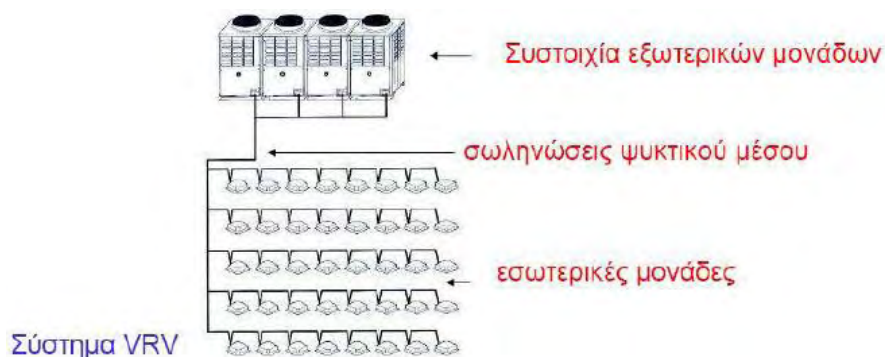
Η ρύθμιση της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της κίνησης και της καθαρότητας του αέρα ενός χώρου λέγεται κλιματισμός. Ο όρος κλιματισμός αναφέρεται σε οποιαδήποτε μορφή ψύξης, θέρμανσης και εξαερισμού που τροποποιεί την κατάσταση του αέρα ενός χώρου. Το Σύστημα κλιματισμού σταθεροποιηθεί τη θερμοκρασία του αέρα και την υγρασία εντός του χώρου που χρησιμοποιείται για την ψύξη, καθώς και τη θέρμανση ανάλογα με τις ιδιότητες του αέρα σε μια δεδομένη χρονική στιγμή.

#### 4.2 Σύστημα κλιματισμού αέρα - ψυκτικού ρευστού

Είναι ένα σύστημα κλιματισμού στο οποίο η αλληλεπίδραση εξωτερικής και εσωτερικών μονάδων γίνεται μέσω κατάλληλου ψυκτικού ρευστού. Εναλλακτικά, τα συστήματα κλιματισμού αέρα - ψυκτικού ρευστού λέγονται και συστήματα αμέσου εκτονώσεως. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και τα γνωστά κλιματιστικά τοίχου, τα οποία χρησιμοποιούνται στον οικιακό τομέα.

Τα συστήματα κεντρικού κλιματισμού αμέσου εκτονώσεως με μεταβλητό όγκο ψυκτικού ρευστού (variable refrigerant volume - VRV), θεωρούνται η αιχμή της τεχνολογίας των αερόψυκτων συστημάτων κλιματισμού. Η ηλεκτρική τροφοδότηση δίνεται στην εξωτερική μονάδα ενώ οι εσωτερικές κλιματιστικές μονάδες συνδέονται και τροφοδοτούνται από την εξωτερική μονάδα.





Εικόνα 4.1 Σύστημα VRV

#### 4.3 Θερμικά φορτία

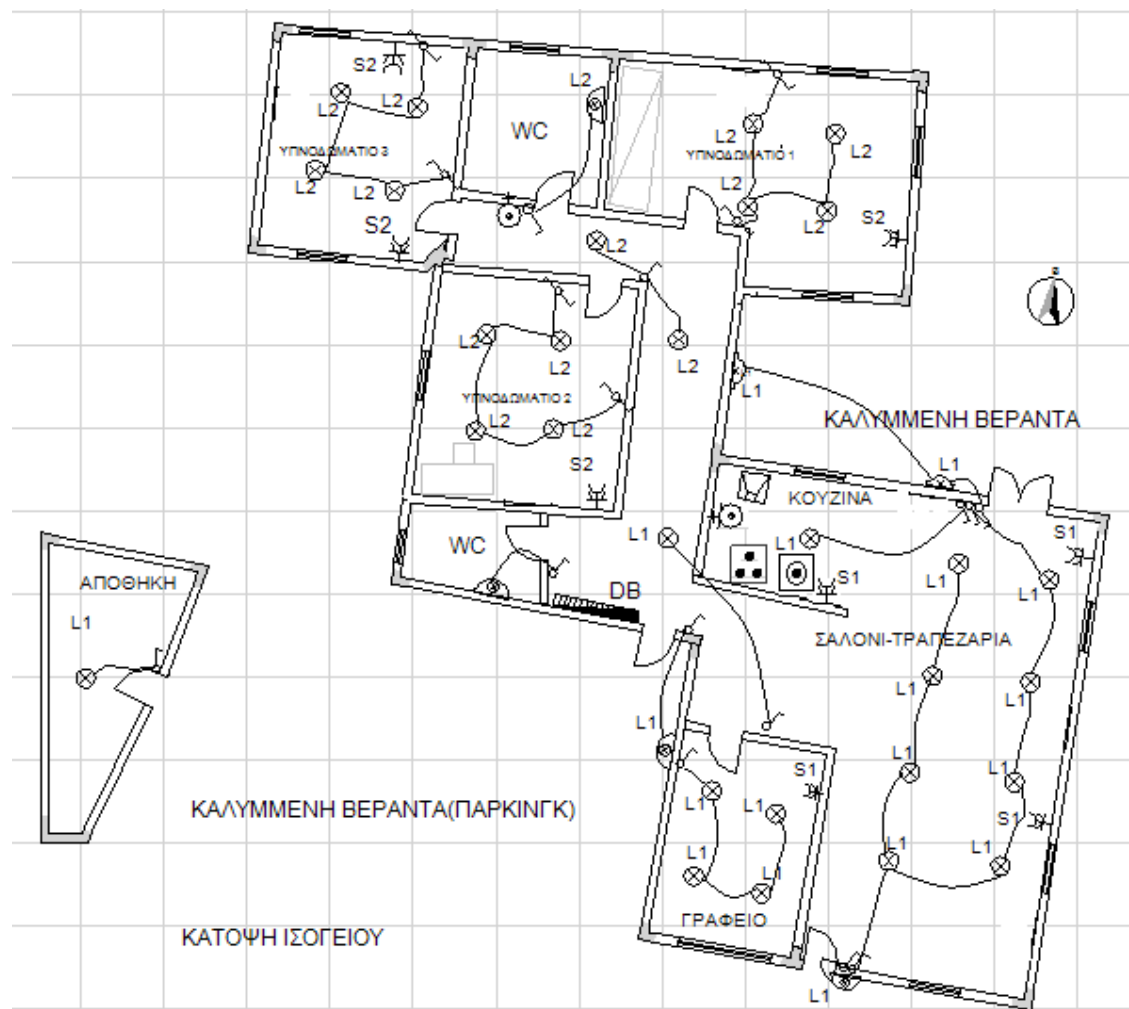
Οι θερμικές ανάγκες ενός χώρου (Θερμικά φορτία), είναι το ποσό θερμότητας ανά μονάδα χρόνου που πρέπει να ληφθεί ως βάση για το σχεδιασμό της εγκατάστασης θέρμανσης. Οι θερμικές ανάγκες είναι ιδιότητα του χώρου και είναι ανεξάρτητες από το σύστημα θέρμανσης που θα εγκατασταθεί. Εξαρτώνται από το μέγεθος του χώρου, τον τρόπο κατασκευής του κελύφους του κτηρίου, το μέγεθος και το υλικό κατασκευής των ανοιγμάτων, τον αερισμό του κτηρίου.

Ο υπολογισμός των θερμικών αναγκών γίνεται για κάθε χώρο του κτηρίου ξεχωριστά, για να μπορεί να προσδιορισθεί το μέγεθος των θερμαντικών σωμάτων του κάθε χώρου. Το σύνολο των θερμικών αναγκών του κτηρίου προκύπτει από το άθροισμα των θερμικών αναγκών όλων των χώρων που θερμαίνονται. Οι πραγματικές θερμικές απώλειες ενός κτηρίου είναι μικρότερες από το ποσό θερμότητας που μπορεί να δώσει η εγκατάσταση θέρμανσης.

Οι θερμικές ανάγκες ενός κτηρίου, αποτελούν συγχρόνως και τις μέγιστες θερμικές απώλειες. Η μεθοδολογία του υπολογισμού των θερμικών αναγκών βασίζεται στους νόμους της μετάδοσης θερμότητας. Επειδή όμως κατά τους υπολογισμούς πρέπει να καθοριστούν και να επιλεγούν πολλά μεγέθη, όπως θερμοκρασίες χώρων και ποσότητες αερισμού, για να αποφευχθούν αυθαίρετες παραδοχές, οι διάφορες χώρες καθιέρωσαν έναν ενιαίο τρόπο υπολογισμού που δίνεται σε μορφή κανονισμού. Οι κανονισμοί αυτοί μπορούν να διαφέρουν από χώρα σε χώρα.

### Υπολογισμός Θερμικών φορτίων κατά DIN 4701/1977

Οι χώροι στους οποίους θα εγκατασταθούν κλιματιστικές μονάδες (εσωτερικές μονάδες VRV) είναι τα τρία υπνοδωμάτια και το σαλόνι μαζί με τη κουζίνα. Επομένως, για αυτούς τους χώρους θα υπολογιστούν τα θερμικά και ψυκτικά φορτία έτσι ώστε στη συνέχεια να υπολογιστεί η εγκατεστημένη ισχύς για κάθε κλιματιστική μονάδα. Μια αντλία θερμότητας αμέσου εκτονώσεως θα τροφοδοτεί όλες τις εσωτερικές κλιματιστικές μονάδες, θα εγκατασταθεί στο δώμα της μονοκατοικίας. Για την παρούσα μοντελοποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης ο υπολογισμός των θερμικών φορτίων θα γίνει με τη μέθοδο DIN 4701/1977 και θα χρησιμοποιηθεί η πιο κάτω κάτοψη της οικίας.



Εικόνα 4.2 Κάτοψη κτιρίου.

### Υπνοδωμάτιο 3

#### Θερμικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας $Q_0$

#### Υπολογισμός εμβαδού κάθε επιφάνειας που περιβάλλει τον κλιματιζόμενο χώρο

##### Βόρειος προσανατολισμός

$$\text{Εμβαδό Τοίχου εξωτερικού} = 6,15 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 22,7 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Παράθυρου} = 2,25 \text{ m}^2$$

Εάν μελετάται επιφάνεια ενός τοίχου ο οποίος διαθέτει κουφώματα (παράθυρα, πόρτες), αφαιρείται από το μεικτό εμβαδό του τοίχου το εμβαδόν του κουφώματος.

$$\text{Εμβαδό Αφαιρούμενης επιφάνειας} = 22,7 \text{ m}^2 - 2,25 \text{ m}^2 = 20,45 \text{ m}^2$$

##### Δυτικός προσανατολισμός

$$\text{Εμβαδό Τοίχου εξωτερικού} = 7 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 25,9 \text{ m}^2$$

##### Νότιος προσανατολισμός

$$\text{Εμβαδό Τοίχου εξωτερικού} = 5,45 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 20,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Παράθυρου} = 1,5 \text{ m} * 1,5 \text{ m} = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Αφαιρούμενης επιφάνειας} = 20,1 \text{ m}^2 - 2,25 \text{ m}^2 = 17,85 \text{ m}^2$$

##### Ανατολικός προσανατολισμός

$$\text{Εμβαδό Τοίχου εσωτερικού} = 7 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 25,9 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Θύρας} = 1 \text{ m} * 2,2 \text{ m} = 2,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Αφαιρούμενης επιφάνειας} = 25,9 \text{ m}^2 - 2,2 \text{ m}^2 = 23,7 \text{ m}^2$$

##### Οροφή

$$\text{Εμβαδό οροφής} = 6,10 \text{ m} * 7 \text{ m} = 42,7 \text{ m}^2$$

##### Δάπεδο

$$\text{Εμβαδό δαπέδου} = 6,1 \text{ m} * 7 \text{ m} = 42,7 \text{ m}^2$$

Με την χρήση των εμβαδών που υπολογιστήκαν, των πινάκων 4.1 - 4.3 και της εικόνας 3.6 και 4.3 υπολογίζονται οι απώλειες λόγω αγωγιμότητας.

Πίνακας 4.1 Θερμοκρασίες διαφόρων επιφανειών.

	Εσωτερική θερμοκρασία(C°)	Εξωτερική θερμοκρασία(C°)	Διαφορά θερμοκρασίας ΔΘ(C°)
Θύρα	25	23	2
Τοίχος εξ.	25	5	20
Τοίχος εσ.	25	23	2
παράθυρο	25	10	15
οροφή	25	23	2
δάπεδο	25	23	2

$$Q_o = \sum U \cdot \Delta\theta \cdot \text{ΕΜΒΑΔΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ}$$

Άρα,  $Q_o = (0,4 \cdot 20 \cdot 20,45) + (2,9 \cdot 2 \cdot 2,25) + (0,4 \cdot 20 \cdot 25,9) + (0,4 \cdot 20 \cdot 17,85) + (2,9 \cdot 2 \cdot 2,25) + (0,4 \cdot 2 \cdot 23,7) + (2,9 \cdot 2 \cdot 2,2) + (0,4 \cdot 2 \cdot 42,7) + (0,4 \cdot 2 \cdot 42,7) = 861,78 \text{ W}$

Πίνακας 5-1: Ορισμός της ΚΣΜΕΚ για την κλιματική ζώνη 2

	Συντελεστές θερμοπερατότητας	Ενδεικτικές κατασκευές έργου
Οροφή	Uvalue=0,407W/m²K	Μόνωση με εξηλασμένη πολυστερίνη, 80mm
Εξωτερική τοιχοποιία	Uvalue=0,489W/m²K	Εξωτερική μόνωση με εξηλασμένη πολυστερίνη, 50mm
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	Uvalue=1,6W/m²K	Χωρίς μόνωση
Δάπεδο πάνω από pilotis	Uvalue=0,41W/m²K	Μόνωση με εξηλασμένη πολυστερίνη, 80mm
Ανοίγματα	Υαλοπίνακες	Διπλό τζάμι (4-12-4), low-e
	Πλαίσιο	Κούφωμα αλουμινίου με θερμοδιακοπή
	Κούφωμα	Εμβαδό πλαισίου 20%
Άλλες παράμετροι σχεδιασμού		
Σκίαστρα - Πατζούρια	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εξασφάλιση εξωτερικού σκiasμού με κινούμενα σκίαστρα με G-value συστήματος (σκίαστρα και υαλοπίνακες) τουλάχιστον 0,2 κατά τους θερινούς μήνες.</li> <li>Εξασφάλιση πατζουριών με θερμομονωτικές ιδιότητες (Uvalue=1,1W/m²K).</li> </ul>	
Διείσδυση αέρα	10m³/(hm²) στα 50Pa	
Αερισμός/ δροσισμός	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εξασφάλιση φυσικού αερισμού με παροχή νωπού αέρα όπως ορίζει το ΜΥΕΑΚ.</li> <li>Δυνατότητα παροχής νωπού αέρα για δροσισμό κατ' ελάχιστο 1300 m³/h, με εξαίρεση τα υπνοδωμάτια όπου η δυνατότητα παροχής ορίζεται στα 730 m³/h.</li> </ul>	

Εικόνα 4.3 Ορισμός ΚΣΜΕΚ για την κλιματική ζώνη 2 στη Κύπρο.

Λαμβάνοντας υπόψη τις πιο κάτω προσαυξήσεις.

F είναι το εμβαδόν (σε m<sup>2</sup>) όλων των επιφανειών οι οποίες περιορίζουν το χώρο.

$$F = (7 + 6,1 * 3) + (5,45 + 7 * 3,7) + (6,1 * 7) + (6,1 * 7) = 142,05$$

Πίνακας 4.2 Προσαυξήσεις λόγω προσανατολισμού ΖΗ.

Προσανατολισμός	Προσαύξηση (%)
B, BA, BΔ	+5
A, Δ	0
N, NA, NΔ	-5

Προσανατολισμός χώρου = ΒΔ

$$ZH = +5$$

Πίνακας 4.3 Προσαυξήσεις λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας ΖΔ.

Κατηγορία λειτουργίας ανά 24 ωρο	Τιμές του συντελεστή D			
	0,1 – 0,3	0,3 – 0,7	0,7 – 1,5	> 1,5
I	7	7	7	7
II	20	15	15	15
III	30	25	20	15

$$D = Q_0 / (F * \Delta\Theta) = 861,78 / (142,5 * 20) = 0,30$$

#### Κατηγορία λειτουργίας

1. χαρακτηρίζεται μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης όταν έχει μόνο μικρής χρονικής διάρκειας διακοπές (συνήθως μόνο τη νύκτα) ή εργάζεται συνεχώς
2. χαρακτηρίζεται μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης όταν λειτουργεί 12 έως 15 ώρες ημερησίως
3. χαρακτηρίζεται μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης όταν λειτουργεί 8 έως 12 ώρες ημερησίως.

Κατηγορία 2 για προσαυξήσεις λόγω

διακοπτόμενης λειτουργίας. (Για την κατοικία)

$$ZD = 20$$

#### Προσαυξήσεις λόγω ύψους Z<sub>0</sub>

Για τις προσαυξήσεις λόγω ύψους ισχύουν:

1. η συνολική προσαύξηση λόγω ύψους δεν επιτρέπεται να υπερβεί το 20%
2. τα πρώτα 4m ύψους δεν έχουν μηδενική
3. μετά από τα πρώτα 4m ύψους έχουν 2% προσαύξηση για κάθε 1m ύψους

$$Z_0=0$$

Σύνολο προσαυξήσεων:

$$1 + (Z_H + Z_D + Z_o) / 100 = 1 + (5 + 20 + 0) / 100 = 1,25$$

Άρα συνολικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας  $Q_o = 1,25 * 861,78 = 1077,7 \text{ W}$

#### Θερμικές Απώλειες λόγω αερισμού $Q_L$

Για τον υπολογισμό θερμικών απωλειών λόγω αερισμού χρησιμοποιούνται οι πίνακες 4.4 - 4.6.

$$Q_L = \alpha * (\Sigma M) * R * H * Z_G * \Delta t = 1,2 * 4 * 0,9 * 0,24 * 1 * 20 = 20,7 \text{ W}$$

$\alpha = 1,20$  συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων (άνοιγμα μεταλλικό -διπλό)

$\Sigma M = 4 \text{ m}$  συνολικό μήκος χαραμάδων ανοιγμάτων του χώρου

$R = 0,9$  συντελεστής διεισδυτικότητας ( $F_A / F_N = 4,5 \text{ m} / 2,2 \text{ m} = 2,04 \text{ m}$ , Μέταλλο - στεγανές)

$H = 0,24$  συντελεστής προσβολής ανέμου (συνήθης περιοχή από πλευράς ισχύος πνοής ανέμων)

$Z_G = 1$  συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων

$\Delta t = 20^\circ\text{C}$  θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος

Πίνακας 4.4 Συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων.

Είδος ανοίγματος		$\alpha$
Άνοιγμα ξύλινο ή πλαστικό	Απλό	3,0
	Διπλό	2,0
Άνοιγμα μεταλλικό	Απλό	1,5
	Διπλό	1,2
Εσωτερική πόρτα	Στεγανή	1,5
	Μη στεγανή	4,0

Πίνακας 4.5 Συντελεστής διεισδυτικότητας.

Υλικό παραθύρου	Εσωτερικές πόρτες	$\frac{\text{Επιφάνεια εξωτερικών ανοιγμάτων } (F_A)}{\text{Επιφάνεια εσωτερικής πόρτας } (F_N)}$	R
Ξύλο ή πλαστικό	Μη στεγανές	< 3,0	0,9
	Στεγανές	< 1,5	0,9
Μέταλλο	Μη στεγανές	< 6,0	0,9
	Στεγανές	< 2,5	0,9
Ξύλο ή πλαστικό	Μη στεγανές	από 3,0 έως 9,0	0,7
	Στεγανές	από 1,5 έως 3,0	0,7
Μέταλλο	Μη στεγανές	από 6,0 έως 20	0,7
	Στεγανές	Από 2,5 έως 6,0	0,7

Πίνακας 4.6 Συντελεστής προσβολής ανέμου.

Τοποθεσία	Θέση	Ταχύτητα ανέμου (m/s)	Συνεχόμενα κτήρια	Μεμονωμένο κτήριο
Συνήθης περιοχή από πλευράς ισχύος πνοής ανέμων	Προστατευμένη	4	0,24	0,34
	Εκτεθειμένη	6	0,41	0,58
	Άσυνήθιστα εκτεθειμένη	8	0,60	0,84
Περιοχή με ισχυρούς ανέμους	Προστατευμένη	6	0,41	0,58
	Εκτεθειμένη	8	0,60	0,84
	Άσυνήθιστα εκτεθειμένη	10	0,82	1,14
	Εξαιρετικά εκτεθειμένη	20	1,04	1,45

Άρα, συνολικές θερμικές απώλειες =  $Q_o + Q_L = 861,78 + 20,7 = 1097,7 \text{ W}$

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία, υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες και για τους υπόλοιπους χώρους.

#### Υπνοδωμάτιο 1

Θερμικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας  $Q_o$

Υπολογισμός εμβαδού κάθε επιφάνειας που περιβάλλει τον κλιματιζόμενο χώρο

Βόρειος προσανατολισμός

Εμβαδό Τοίχου εξωτερικού =  $9,5 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 35,15 \text{ m}^2$

Εμβαδό Παράθυρου =  $2,25 \text{ m}^2$

Εμβαδό Αφαιρούμενης επιφάνειας =  $35,15 \text{ m}^2 - 2,25 \text{ m}^2 = 32,9 \text{ m}^2$

Δυτικός προσανατολισμός

Εμβαδό Τοίχου εσωτερικού =  $4,9 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 18,13 \text{ m}^2$

Εμβαδό Τοίχου εσωτερικού =  $1,6 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 5,92 \text{ m}^2$

Νότιος προσανατολισμός

Εμβαδό Τοίχου εσωτερικού =  $2,5 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 9,25 \text{ m}^2$

Εμβαδό Τοίχου εσωτερικού =  $0,7 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 2,59 \text{ m}^2$

Εμβαδό Θύρας =  $1 \text{ m} * 2,2 \text{ m} = 2,2 \text{ m}^2$

Εμβαδό Αφαιρούμενης επιφάνειας =  $11,84 \text{ m}^2 - 2,2 \text{ m}^2 = 9,64 \text{ m}^2$

Εμβαδό Τοίχου εξωτερικού =  $4,5 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 16,65 \text{ m}^2$

Εμβαδό Παράθυρου =  $1,5 \text{ m} * 1,5 \text{ m} = 2,25 \text{ m}^2$

$$\text{Εμβαδό Αφαιρούμενης επιφάνειας} = 16,65 \text{ m}^2 - 2,25 \text{ m}^2 = 14,4 \text{ m}^2$$

#### Ανατολικός προσανατολισμός

$$\text{Εμβαδό Τοίχου εσωτερικού} = 7 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 25,9 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Παράθυρου} = 1,5 \text{ m} * 1,5 \text{ m} = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Αφαιρούμενης επιφάνειας} = 25,9 \text{ m}^2 - 2,25 \text{ m}^2 = 23,65 \text{ m}^2$$

#### Οροφή

$$\text{Εμβαδό οροφής} = 9,5 \text{ m} * 4,9 \text{ m} + 4,5 \text{ m} * 1,6 \text{ m} = 53,75 \text{ m}^2$$

#### Δάπεδο

$$\text{Εμβαδό δαπέδου} = 9,5 \text{ m} * 4,9 \text{ m} + 4,5 \text{ m} * 1,6 \text{ m} = 53,75 \text{ m}^2$$

$$Q_o = \sum U * \Delta\theta * \text{ΕΜΒΑΔΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ}$$

Άρα,

$$Q_o = 1019,674 \text{ W}$$

#### Προσαυξήσεις

F είναι το εμβαδόν (σε m<sup>2</sup>) όλων των επιφανειών οι οποίες περιορίζουν το χώρο.

$$F = 167,34$$

#### Προσαυξήσεις λόγω προσανατολισμού ZH

Προσανατολισμός χώρου = BA

$$ZH = +5$$

#### Προσαυξήσεις λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας ZD

$$D = Q_o / (F * \Delta\theta) = 1019,674 / (167,34 * 20) = 0,30$$

Κατηγορία 2 για προσαυξήσεις λόγω

διακοπτόμενης λειτουργίας. (Για την κατοικία)

$$ZD = 20$$



#### Προσαυξήσεις λόγω ύψους $Z_o$

$$Z_o = 0$$

Σύνολο προσαυξήσεων

$$1 + (Z_H + Z_D + Z_o) / 100 = 1 + (5 + 20 + 0) / 100 = 1,25$$

$$\text{Άρα συνολικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας } Q_o = 1,25 * 1019,674 = 1274,59 \text{ W}$$

#### Θερμικές Απώλειες λόγω αερισμού $Q_L$

$$Q_L = \alpha * (\Sigma M) * R * H * Z_G * \Delta t = 1,2 * 5,5 * 0,7 * 0,24 * 1 * 20 = 22,176 \text{ W}$$

$\alpha = 1,20$  συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων (άνοιγμα μεταλλικό-διπλό)

$\Sigma M = 5,5 \text{ m}$  συνολικό μήκος χαραμάδων ανοιγμάτων του χώρου

$R = 0,9$  συντελεστής διεισδυτικότητας ( $F_A / F_N = 6,75 \text{ m} / 2,2 \text{ m} = 3,06 \text{ m}$ , Μέταλλο - στεγανές)

$H = 0,24$  συντελεστής προσβολής ανέμου (συνήθης περιοχή από πλευράς ισχύος πνοής ανέμων)

$Z_G = 1$  συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων

$\Delta t = 20^\circ \text{C}$  θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος

$$\text{Άρα, συνολικές θερμικές απώλειες} = Q_o + Q_L = 1296,766 \text{ W}$$

#### Υπνοδωμάτιο 2

##### Θερμικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας $Q_o$

##### Υπολογισμός εμβαδού κάθε επιφάνειας που περιβάλλει τον κλιματιζόμενο χώρο

##### Βόρειος προσανατολισμός

$$\text{Εμβαδό Τοίχου εσωτερικού} = 6,5 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 24,05 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό πόρτας} = 2,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Αφαιρούμενης επιφάνειας} = 24,05 \text{ m}^2 - 2,2 \text{ m}^2 = 21,85 \text{ m}^2$$

##### Δυτικός προσανατολισμός

$$\text{Εμβαδό Τοίχου εξωτερικού} = 7,3 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 27,01 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Παράθυρου} = 1,5 \text{ m} * 1,5 \text{ m} = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Αφαιρούμενης επιφάνειας} = 27,01 \text{ m}^2 - 2,25 \text{ m}^2 = 24,76 \text{ m}^2$$

#### Νότιος προσανατολισμός

$$\text{Εμβαδό Τοίχου εσωτερικού} = 6,5 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 24,05 \text{ m}^2$$

#### Ανατολικός προσανατολισμός

$$\text{Εμβαδό Τοίχου εσωτερικού} = 7,3 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 27,01 \text{ m}^2$$

#### Οροφή

$$\text{Εμβαδό οροφής} = 7,3 \text{ m} * 6,5 \text{ m} = 47,45 \text{ m}^2$$

#### Δάπεδο

$$\text{Εμβαδό δαπέδου} = 7,3 \text{ m} * 6,5 \text{ m} = 47,45 \text{ m}^2$$

$$Q_o = \sum U * \Delta\theta * \text{ΕΜΒΑΔΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ}$$

Άρα,

$$Q_o = 1108,62 \text{ W}$$

#### Προσαυξήσεις

F είναι το εμβαδόν (σε m<sup>2</sup>) όλων των επιφανειών οι οποίες περιορίζουν το χώρο.

$$F = 199,02$$

#### Προσαυξήσεις λόγω προσανατολισμού ZH

$$\text{Προσανατολισμός χώρου} = A$$

$$ZH = 0$$

#### Προσαυξήσεις λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας ZD

$$D = Q_o / (F * \Delta\theta) = 1108,62 / (199,02 * 20) = 0,27$$

$$ZD = 20$$

#### Προσαυξήσεις λόγω ύψους Zo

$$Zo = 0$$

Σύνολο προσαυξήσεων

$$1 + (ZH + ZD + Zo) / 100 = 1 + (0 + 20 + 0) / 100 = 1,20$$

Άρα συνολικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας  $Q_0 = 1,20 * 1019,674 = 1330,344 \text{ W}$

Θερμικές Απώλειες λόγω αερισμού  $Q_L$

$$Q_L = \alpha * (\Sigma M) * R * H * Z\Gamma * \Delta t = 1,2 * 2,5 * 0,7 * 0,24 * 1 * 20 = 12,96 \text{ W}$$

$\alpha = 1,20$  συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων (άνοιγμα μεταλλικό-διπλό)

$\Sigma M = 2,5 \text{ m}$  συνολικό μήκος χαραμάδων ανοιγμάτων του χώρου

$R = 0,9$  συντελεστής διεισδυτικότητας ( $FA / FN = 1,5 \text{ m} / 2,2 \text{ m} = 0,68 \text{ m}$ , Μέταλλο - στεγανές)

$H = 0,24$  συντελεστής προσβολής ανέμου (συνήθης περιοχή από πλευράς ισχύος πνοής ανέμων)

$Z\Gamma = 1$  συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων

$\Delta t = 20^\circ \text{C}$  θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος

Άρα, συνολικές θερμικές απώλειες  $= Q_0 + Q_L = 1343,304 \text{ W}$

Σαλόνι – κουζίνα

Θερμικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας  $Q_0$

Υπολογισμός εμβαδού κάθε επιφάνειας που περιβάλλει τον κλιματιζόμενο χώρο

Βόρειος προσανατολισμός

$$\text{Εμβαδό Τοίχου εξωτερικού} = 12 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 44,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό πόρτας} = 1,8 \text{ m} * 2,2 \text{ m} = 3,96 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Παράθυρου} = 1,5 \text{ m} * 1,5 \text{ m} = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Αφαιρούμενης επιφάνειας} = 44,4 \text{ m}^2 - 2,25 \text{ m}^2 - 3,96 \text{ m}^2 = 38,19 \text{ m}^2$$

Δυτικός προσανατολισμός

$$\text{Εμβαδό Τοίχου εσωτερικού} = 11,5 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 42,55 \text{ m}^2$$

Νότιος προσανατολισμός

$$\text{Εμβαδό Τοίχου εξωτερικού} = 6,9 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 25,53 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό πόρτας} = 1 \text{ m} * 2,2 \text{ m} = 2,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Παράθυρου} = 1,5 \text{ m} * 1,5 \text{ m} = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Αφαιρούμενης επιφάνειας} = 25,53 \text{ m}^2 - 2,25 \text{ m}^2 - 2,2 \text{ m}^2 = 21,08 \text{ m}^2$$

#### Ανατολικός προσανατολισμός

$$\text{Εμβαδό Τοίχου εξωτερικού} = 15 \text{ m} * 3,7 \text{ m} = 55,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Παράθυρου} = 1,5 \text{ m} * 1,5 \text{ m} * 2 = 4,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Εμβαδό Αφαιρούμενης επιφάνειας} = 55,5 \text{ m}^2 - 4,5 = 48,75 \text{ m}^2$$

#### Οροφή

$$\text{Εμβαδό οροφής} = 7 \text{ m} * 15 \text{ m} + 4 \text{ m} * 5 \text{ m} = 125 \text{ m}^2$$

#### Δάπεδο

$$\text{Εμβαδό δαπέδου} = 7 \text{ m} * 15 \text{ m} + 4 \text{ m} * 5 \text{ m} = 125 \text{ m}^2$$

$$Q_o = \sum U * \Delta\theta * \text{ΕΜΒΑΔΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ}$$

Άρα,

$$Q_o = 1967,3 \text{ W}$$

#### Προσαυξήσεις

F είναι το εμβαδόν (σε m<sup>2</sup>) όλων των επιφανειών οι οποίες περιορίζουν το χώρο.

$$F = 166,5$$

#### Προσαυξήσεις λόγω προσανατολισμού ZH

$$\text{Προσανατολισμός χώρου} = NA$$

$$ZH = -5$$

#### Προσαυξήσεις λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας ZD

$$D = Q_o / (F * \Delta\theta) = 1967,3 / (166,5 * 20) = 0,59$$

$$ZD = 15$$

#### Προσαυξήσεις λόγω ύψους Zo

$$Z_o = 0$$

Σύνολο προσαυξήσεων

$$1 + (ZH + ZD + Z_o) / 100 = 1 + (-5 + 15 + 0) / 100 = 1,10$$

$$\text{Άρα συνολικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας } Q_o = 1,10 * 1019,674 = 2164,03 \text{ W}$$

#### Θερμικές Απώλειες λόγω αερισμού Q<sub>L</sub>

$$Q_L = \alpha * (\Sigma M) * R * H * Z\Gamma * \Delta t = 1,2 * 7,8 * 0,7 * 0,24 * 1 * 20 = 59,6 \text{ W}$$

$\alpha = 1,20$  συντελεστής διαπερατότητας (ή διείσδυσης αέρα) ανοιγμάτων (άνοιγμα μεταλλικό-διπλό)

$\Sigma M = 7,8 \text{ m}$  συνολικό μήκος χαραμάδων ανοιγμάτων του χώρου

$R = 0,9$  συντελεστής διεισδυτικότητας ( $F_A / F_N = 8,8 \text{ m} / 3,6 \text{ m} = 2,44 \text{ m}$ , Μέταλλο - στεγανές)

$H = 0,24$  συντελεστής προσβολής ανέμου (συνήθης περιοχή από πλευράς ισχύος πνοής ανέμων)

$Z\Gamma = 1$  συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων

$\Delta t = 20^\circ\text{C}$  θερμοκρασιακή διαφορά εσωτερικού χώρου - περιβάλλοντος

Άρα, συνολικές θερμικές απώλειες =  $Q_o + Q_L = 2223,63 \text{ W}$

#### 4.4 Ψυκτικά φορτία

Είναι η θερμική ισχύς (θερμότητα) που πρέπει να αφαιρείται από ένα χώρο, έτσι ώστε ο αέρας του χώρου αυτού να διατηρείται σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, ή οι οποιεσδήποτε άλλες ειδικές απαιτήσεις που έχουν επιλεγεί, όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν οι συνθήκες σχεδιασμού θέρους. Το συνολικό ψυκτικό φορτίο κάθε χώρου  $Q_c$  αποτελείται από το αισθητό φορτίο  $Q_s$ , το οποίο μεταβάλλει τη θερμοκρασία του χώρου, και το λανθάνον φορτίο  $Q_L$ , το οποίο μεταβάλλει την υγρασία του χώρου.

Η ισχύς του ψυκτικού στοιχείου της συσκευής που κλιματίζει ένα χώρο πρέπει να είναι ίση με το άθροισμα όλων των στιγμιαίων ψυκτικών φορτίων των συγκεκριμένων χώρων συν όλα τα εξωτερικά φορτία. Τα εξωτερικά φορτία περιλαμβάνουν την ηλιακή ακτινοβολία, την θερμότητα και τους υδρατμούς που εισέρχονται στο χώρο με τον εξωτερικό αέρα αερισμού.

Για την επιλογή μιας συσκευής ψύξης (κλιματιστικό) είναι απαραίτητο να γίνεται διάκριση ανάμεσα στο αισθητό και στο λανθάνον ψυκτικό φορτίο. Κάθε συσκευή έχει μια μέγιστη ικανότητα αφαίρεσης αισθητού φορτίου και μία μέγιστη ικανότητα αφαίρεσης λανθάνοντος φορτίου για κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας. Για να διατηρηθεί το περιεχόμενο σε υγρασία ενός χώρου, πρέπει ένα ποσό των υδρατμών να υγροποιείται από την συσκευή ψύξης του χώρου με τον ίδιο ρυθμό με τον ρυθμό με τον οποίο παράγεται.

## Η μέθοδος υπολογισμού CLTD / CLF της ASHRAE

Η μέθοδος CLTD / CLF έχει σκοπό τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων ενός χώρου, χρησιμοποιώντας τα μεγέθη της θερμοκρασιακής διαφοράς ψυκτικού φορτίου (cooling load temperature difference - CLTD) και του συντελεστή ψυκτικού φορτίου (cooling load factor - CLF). Η μέθοδος έχει προσαρμοστεί στις αντιλήψεις της σύγχρονης πρακτικής και ανταποκρίνεται στη μεγάλη ποικιλία κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στις ΗΠΑ. Δίνει πάρα πολύ καλά αποτελέσματα σε όλο το εύρος των κλιματικών συνθηκών και έχει καταστεί μία μέθοδος παγκόσμιας εφαρμογής. Για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων των προβλεπόμενων χώρων θα χρησιμοποιηθεί αυτή η μέθοδος, οι πινάκες 4.7 - 4.18 και το διάγραμμα 4.1.

Πίνακας 4.7 Κατασκευαστικά στοιχεία για τους διαφορετικούς τύπους εξωτερικής Τοιχοποιίας.

Περιγραφή τοιχοποιίας	Κωδικός τοίχου	Περιγραφή πρόσθετης κατασκευής	Βάρος (kg/m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> ·K)
Τούβλο πάχους 100mm (+ τούβλο)	C	Αέρας & τούβλο πάχους 100mm	400	2,03
	D	Τούβλο πάχους 100mm	440	2,36
	C	Αέρας ή μόνωση πάχους 25mm & τούβλο πάχους 100mm	440	1 - 1,71
	B	Μόνωση πάχους 50mm & τούβλο πάχους 100mm	430	0,63
	B	Τούβλο πάχους 200mm	630	1,71
	A	Μόνωση ή αέρας και διπλή τοιχοποιία από τούβλο πάχους 200mm	630	0,87 - 1,38
Τούβλο πάχους 100mm (+ μπλόκος από ελαφρύ ή βαρύ σκυρόδεμα)	E	Μπλόκος σκυροδέματος πάχους 100mm	300	1,81
	D	Αέρας ή μόνωση & μπλόκος σκυροδέματος πάχους 100mm	300	0,86 - 1,40
	D	Μπλόκος σκυροδέματος πάχους 200mm	340	1,56
	C	Αέρας ή μόνωση πάχους 25mm & μπλόκος σκυροδέματος πάχους 150mm ή 200mm	360 - 430	1,25 - 1,56
	B	Μόνωση πάχους 50mm & μπλόκος σκυροδέματος πάχους 200mm	430	0,55 - 0,61
Τοίχος από βαρύ σκυρόδεμα	E	Σκυρόδεμα πάχους 100mm	310	3,32
	D	Σκυρόδεμα πάχους 100mm και μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	310	0,68 - 1,14
	C	Σκυρόδεμα πάχους 100mm και μόνωση πάχους 50mm	310	0,68
	C	Σκυρόδεμα πάχους 200mm	530	2,78
	B	Σκυρόδεμα πάχους 200mm και μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	540	0,65 - 1,06
	A	Σκυρόδεμα πάχους 200mm και μόνωση πάχους 50mm	760	0,65
	B	Σκυρόδεμα πάχους 300mm	760	2,39
	A	Σκυρόδεμα πάχους 300mm και μόνωση	760	0,64
Μεταλλική τοιχοποιία	G	Μs / χωρίς αέρα & μόνωση πάχους 25mm / 50mm / 75mm	20 - 30	0,52 - 1,31
Συνθετική τοιχοποιία	G	Μόνωση πάχους 25mm έως 75mm	80	0,46 - 1,01

Πίνακας 4.8 Κατασκευαστικά στοιχεία για τους διαφορετικούς τύπους οροφής.

Αριθμός οροφής	Κατασκευή	Χωρίς ψευδοροφή		Με ψευδοροφή	
		Μάζα (kg/m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> ·K)	Μάζα (kg/m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> ·K)
1	Φύλλο χάλυβα με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	30 (40)	1,21 (0,70)	40 (50)	0,65
2	Ξύλο πάχους 25mm με μόνωση πάχους 25mm	40	0,97	50	0,65
3	Ελαφρύ σκυρόδεμα πάχους 100mm	90	1,21	100	0,76
4	Βαρύ σκυρόδεμα πάχους 50mm με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	140	1,17 (0,69)	150	0,74
5	Ξύλο πάχους 25mm με μόνωση πάχους 50mm	40	0,62	50	0,47
6	Ελαφρύ σκυρόδεμα πάχους 150mm	120	0,90	130	0,62
7	Ξύλο πάχους 65mm με μόνωση πάχους 25mm	60	0,74	70	0,55
8	Ελαφρύ σκυρόδεμα πάχους 200mm	100	0,72	160	0,53
9	Βαρύ σκυρόδεμα πάχους 100mm με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	250 (250)	1,14 (0,68)	260 (260)	0,73 (0,51)
10	Ξύλο πάχους 65mm με μόνωση πάχους 50mm	60	0,53	70	0,41
11	Οροφή βαθιά (σκυρόδεμα πάχους 100mm τουλάχιστον, στεγανωτική μεμβράνη, μόνωση 50mm, τσιμεντοκονία πρόσφυσης, πλακάκια ή πλάκες ταρατσών)	370	0,60	380	0,47
12	Βαρύ σκυρόδεμα πάχους 150mm με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	370 (370)	1,09 (0,66)	380 (380)	0,71 (0,50)
13	Ξύλο πάχους 100mm με μόνωση πάχους 25mm ή 50mm	80 (90)	0,60 (0,44)	90 (100)	0,47 (0,36)

### Σαλόνι

#### Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου αγωγής μέσω εξωτερικών τοίχων

Θερμοκρασία περιβάλλοντος  $T_{out} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου  $25,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας είναι 9 K ( $K = 0,5$ , διότι οι τοίχοι είναι λευκοί)

Ο διορθωτικός συντελεστής χρώματος  $K$  λαμβάνεται 1 για σκουρόχρωμες επιφάνειες και 0,5 για ανοιχτόχρωμες επιφάνειες. Γενικά, τιμές του  $K$  μικρότερες της μονάδας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο αν υπάρχει βεβαιότητα ότι το δομικό στοιχείο διατηρεί μόνιμα χαμηλή απορροφητικότητα.

Από τον πιο κάτω πίνακα, για τοίχο με βόρειο προσανατολισμό, θέση μελέτης με γεωγραφικό πλάτος  $32^\circ$  ( $35,07^\circ$ ) (κατά προσέγγιση το πλησιέστερο στο πραγματικό γεωγραφικό πλάτος της θέσης) και μήνα το πιο μέγιστο από (Μάιος - Σεπτέμβριος), ο συντελεστής  $LM$  βρίσκεται ίσος με 0,6.

Η τοιχοποιία που περιγράφεται ανήκει κανονικά στην κατηγορία Β. Για την κατηγορία αυτή η μέγιστη ημερήσια τιμή της  $CLTD$  που εμφανίζεται και για βόρειο προσανατολισμό ισούται με 8 K.

Μέση ημερήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος =  $30 - 0,5 * 9 \text{ K} = 30 - 0,5 * 4,5 = 27,75^\circ \text{C}$ .

$U$ : συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]

$A$ : το εμβαδόν της επιφάνειας του εξωτερικού τοίχου [ $\text{m}^2$ ]

$CLTD_{cor}$ : διορθωμένη διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου

Οπότε  $CLTD_{cor} = (8 + 0,6) * 0,5 + (25,5 - 25,5) + (27,75 - 29,4) = 2,65 \text{ K}$

Μέγιστο ψυκτικό φορτίο μέσω της βόρειας τοιχοποιίας,

$Q = U * A * CLTD_{cor} = 0,4 * 44,4 * 2,65 = 47,06 \text{ W}$

Πίνακας 4.9 Τιμές  $CLTD$  για τύπο Β εξωτερικής τοιχοποιίας ανά ώρα εικοσιτετράωρου.

Τοιχοποιία Β																												
ΠΡΟΣ.	Ηλιακός χρόνος																								Ωρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
Β	8	8	8	7	7	6	6	6	5	5	5	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8	8	8	24	4	8	4
ΒΑ	11	10	9	9	8	8	7	7	7	7	8	8	9	9	10	11	11	11	11	12	12	12	11	11	21	7	12	5
Α	13	12	12	11	10	9	9	8	8	8	9	11	12	12	13	14	14	14	15	15	14	14	14	13	20	8	15	7
ΝΑ	13	12	12	11	10	9	9	8	8	8	8	9	10	11	12	13	13	14	14	14	14	14	14	13	21	8	14	7
Ν	12	11	11	10	9	8	8	7	7	6	6	6	6	7	8	8	9	11	11	12	12	12	12	12	23	6	12	6
ΝΔ	15	14	14	13	12	12	11	10	9	8	8	8	7	7	8	8	9	11	12	14	15	16	16	16	24	7	16	8
Δ	16	16	15	14	13	13	12	11	10	9	9	8	8	8	8	8	9	11	12	14	15	16	16	17	24	8	17	9
ΒΔ	13	12	12	11	11	10	9	8	8	7	7	7	7	6	7	7	7	8	9	11	12	12	13	13	24	6	13	7



Πίνακας 4.10 Διορθωτικός συντελεστής LM για τον υπολογισμό της CLTD, για διαφορετική θέση και χρονική στιγμή υπολογισμού σε σχέση με τις πρότυπες συνθήκες σχεδίασης.

Γ.Π. (°)	Μήνας	B	BA / BΔ	A / Δ	NA / NΔ	N	Οριζόντιο
0	Δεκέμβριος	-1,7	-2,8	-1,1	1,7	5,0	-0,6
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-1,7	-2,2	-0,6	1,1	3,9	-0,6
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-1,7	-1,1	-0,6	0,0	0,0	0,0
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	0,6	-0,6	-1,7	-4,4	0,0
	Απρίλιος / Αύγουστος	2,8	1,7	-1,1	-3,3	-4,4	-1,1
	Μάιος / Ιούλιος	5,6	2,8	-1,7	-4,4	-4,4	-2,2
	Ιούνιος	6,7	2,8	-1,7	-5,0	-4,4	-2,8
8	Δεκέμβριος	-2,2	-3,3	-1,7	2,2	6,7	-2,8
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-1,7	-3,3	-1,1	1,7	5,6	-2,2
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-1,7	-1,7	-0,6	0,6	2,2	-0,6
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-0,6	-0,6	-1,1	-2,2	0,0
	Απρίλιος / Αύγουστος	1,1	1,1	-0,6	-2,8	-3,9	-0,6
	Μάιος / Ιούλιος	3,9	2,2	-1,1	-3,9	-3,9	-1,1
	Ιούνιος	5,0	2,2	-1,1	-4,4	-3,9	-1,1
16	Δεκέμβριος	-2,2	-4,4	-2,2	2,2	7,2	-5,0
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,2	-3,9	-2,2	2,2	6,7	-3,9
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-1,7	-2,8	-1,1	1,1	3,9	-2,2
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-1,1	-0,6	0,0	0,0	-0,6
	Απρίλιος / Αύγουστος	-0,6	-0,6	-0,6	-1,7	-3,3	0,0
	Μάιος / Ιούλιος	2,2	1,7	-0,6	-2,8	-3,9	0,0
	Ιούνιος	3,3	2,2	-0,6	-3,3	0,0	-3,9
24	Δεκέμβριος	-2,8	-5,0	-3,9	1,7	7,2	-7,2
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,2	-4,4	-3,3	5,0	7,2	-6,1
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-2,2	-3,3	-1,7	1,7	5,6	-3,9
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-1,7	-0,6	0,6	2,2	-1,7
	Απρίλιος / Αύγουστος	-1,1	0,0	-0,6	-0,6	-1,7	0,0
	Μάιος / Ιούλιος	0,6	1,1	0,0	-1,7	-3,3	0,6
	Ιούνιος	1,7	1,7	0,0	-2,2	-3,3	0,6
32	Δεκέμβριος	-2,8	-5,6	-4,4	1,1	6,7	-9,4
	Ιανουάριος / Νοέμβριος	-2,8	-5,0	-4,4	-2,2	5,0	6,7
	Φεβρουάριος / Οκτώβριος	-2,2	-3,9	-2,2	2,2	6,1	-5,6
	Μάρτιος / Σεπτέμβριος	-1,7	-2,2	-1,1	1,7	3,9	-2,8
	Απρίλιος / Αύγουστος	-1,1	-0,6	0,0	0,0	0,6	-0,6
	Μάιος / Ιούλιος	0,6	0,6	0,0	-0,6	-1,7	0,6
	Ιούνιος	0,6	1,1	0,0	-1,1	-2,2	1,1

Με τον ίδιο τρόπο, υπολογίζεται το μέγιστο ψυκτικό φορτίο μέσω της νότιας τοιχοποιίας,

$$LM = 3,9 \text{ CLTD} = 12$$

$$\text{Οπότε } CLTD_{cor} = (12 + 3,9) * 0,5 + (25,5 - 25,5) + (27,75 - 29,4) = 6,3 \text{ K.}$$

$$Q = U * A * CLTD_{cor} = 0,4 * 25,53 * 6,3 = 64,33 \text{ W}$$

Μέγιστο ψυκτικό φορτίο μέσω της ανατολικής τοιχοποιίας,

$$LM = 0,0 \text{ CLTD} = 15$$

$$\text{Οπότε } CLTD_{cor} = (15 + 0,0) * 0,5 + (25,5 - 25,5) + (27,75 - 29,4) = 5,86 \text{ K}$$

$$Q = U * A * CLTD_{cor} = 0,4 * 55,5 * 5,86 = 130 \text{ W}$$

Για ψευδοροφή και με τύπο 12, το Μέγιστο ψυκτικό φορτίο

$$LM = 1,1 \text{ CLTD} = 19$$

$$\text{Οπότε } CLTD_{cor} = (19 + 1,1) * 0,5 + (25,5 - 25,5) + (27,75 - 29,4) = 8,4 \text{ K}$$

$$Q = U * A * CLTD_{cor} = 0,4 * 125 * 8,4 = 420 \text{ W}$$

Πίνακας 4.11 Τιμές CLTD για διαφορετικούς τύπους οροφής με ψευδοροφή, ανά ώρα εικοσιτετράωρου.

Αριθμός οροφής	Ηλιακός χρόνος																								Ωρα μέγιστου CLTD	Ελάχιστο CLTD	Μέγιστο CLTD	Διαφορά μέγιστου - ελάχιστου CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
1	1	0	-1	-2	-2	-2	-1	5	13	21	28	34	39	43	43	41	37	31	23	16	10	7	4	3	15	-2	43	46
2	11	8	6	4	3	2	1	2	4	7	12	17	22	27	31	33	34	34	32	28	24	21	17	14	17	1	34	33
3	11	8	6	4	2	1	0	0	2	6	11	16	22	27	31	34	36	36	34	30	26	21	17	13	17	0	36	36
4	16	14	13	11	9	8	7	7	8	9	11	14	17	19	22	24	26	26	26	24	23	21	19	18	18	7	26	19
5	14	11	9	7	6	4	3	3	4	7	10	14	18	23	27	29	32	32	31	29	26	22	19	16	18	3	32	29
6	18	16	13	11	9	7	6	4	4	4	6	9	12	16	20	23	27	29	30	30	28	26	23	21	20	4	30	26
7	19	17	16	14	13	12	10	9	8	8	9	10	12	14	17	19	21	23	24	24	24	23	22	21	21	8	24	16
8	22	20	18	16	14	13	11	10	8	8	8	8	9	11	14	16	19	21	23	25	26	25	24	23	21	8	26	18
9	17	16	15	14	13	12	12	11	11	12	12	13	15	16	18	19	20	21	21	21	21	20	19	18	19	11	21	10
10	19	18	17	16	14	13	12	11	10	10	10	11	12	14	16	18	19	21	22	23	23	22	22	21	21	10	23	13
11	17	16	16	15	14	14	13	13	12	12	12	13	14	14	16	16	17	18	18	18	18	18	18	18	22	12	18	6
12	16	16	15	14	14	13	13	12	12	12	12	13	14	14	16	17	18	18	19	19	19	18	18	17	20	12	19	7
13	19	19	18	18	17	16	15	14	13	13	12	12	12	12	13	14	15	17	18	19	19	20	21	20	23	12	21	9

Ψυκτικά φορτία μέσω ανοιγμάτων

Από αγωγιμότητα

Παράθυρα

$$CLTD_{cor} = CLTD + (25,5 - t_i) + (t_o - 29,4)$$

CLTD, max από πιο κάτω πίνακα

$$CLTD_{cor} = 8 + (25,5 - 25,5) + (30 - 29,4) = 8,6 \text{ K}$$

Πίνακας 4.12 Ηλιακή ώρα – διαφορά θερμοκρασίας CLTD.

Ηλιακή ώρα	CLTD	Ηλιακή ώρα	CLTD	Ηλιακή ώρα	CLTD	Ηλιακή ώρα	CLTD
1	1	7	-1	13	7	19	6
2	0	8	0	14	7	20	4
3	-1	9	1	15	8	21	3
4	-1	10	2	16	8	22	2
5	-1	11	4	17	7	23	2
6	-1	12	5	18	7	24	1

$$q = U * A * CLTD_{cor} = 1,821 * 2,25 * 8,6 = 35,2 \text{ W}$$

επειδή υπάρχουν 4 παράθυρα τότε  $q = 140,8 \text{ W}$

### Πόρτες

### Νότος

$$q = U * A * CLTD_{cor} = 2,9 * 2,2 * 8,6 = 54,8 \text{ W}$$

### Βορράς

$$q = U * A * CLTD_{cor} = 2,9 * 3,96 * 8,6 = 98,7 \text{ W}$$

### Άνοιγμα από διάδρομο

$$q = U * A * CLTD_{cor} = 2,9 * 13,32 * 8,6 = 332,2 \text{ W}$$

### Ψυκτικό φορτίο από ηλιακή ακτινοβολία

$$q = A * SC * SHGF * CLF$$

Όπου

SC: συντελεστής σκίασης του παραθύρου (διαφανής, 2, 2, 4 - 4,8 mm)

SHGF: μέγιστο θερμικό ηλιακό κέρδος (μέγιστο από Μάιο - Σεπτέμβριος)

CLF: συντελεστής ψυκτικού φορτίου (Cooling Load Factor) όπου μετατρέπει το θερμικό ηλιακό κέρδος σε ψυκτικό φορτίο για μια συγκεκριμένη ώρα.

Πίνακας 4.13 Συντελεστής σκίασης SC ανά τύπο υαλοπίνακα.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ (mm)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ SC
Διαφανής	1	2.4-4.8	1.00
Διαφανής	1	3.2	1.00
Διαφανής	1	5.6	1.00
Διαφανής	1	6	0.95
Απορροφητικός	1	2.4-4.8	0.73
Απορροφητικός	1	3.2	0.73
Απορροφητικός	1	5.6	0.73
Απορροφητικός	1	6	0.73
Ανακλαστικός	1	2.4-4.8	0.60
Ανακλαστικός	1	3.2	0.55
Ανακλαστικός	1	5.6	0.52
Ανακλαστικός	1	6	0.50
Διαφανής	2	2.4-4.8	0.88
Διαφανής	2	3.2	0.88
Διαφανής	2	5.6	0.85
Διαφανής	2	6	0.80
Απορροφητικός	2	2.4-4.8	0.60
Απορροφητικός	2	3.2	0.60
Απορροφητικός	2	5.6	0.60
Ανακλαστικός	2	2.4-4.8	0.52
Ανακλαστικός	2	3.2	0.48
Ανακλαστικός	2	5.6	0.44
Skylight επίπεδο, διαφανές	1	-	0.99
Skylight επίπεδο, ημιδιαφανές	1	-	0.34

Πίνακας 4.14 Συντελεστές ψυκτικών φορτίων CLF για επιφάνειες με εσωτερική σκίαση.

ΠΡΟΣ.	Ηλιακός χρόνος																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Β	0,08	0,07	0,06	0,06	0,07	0,73	0,66	0,65	0,73	0,80	0,86	0,89	0,89	0,86	0,82	0,75	0,78	0,91	0,24	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10
ΒΑ	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,56	0,76	0,74	0,58	0,37	0,29	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,16	0,12	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
Α	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,47	0,72	0,80	0,76	0,62	0,41	0,27	0,24	0,22	0,20	0,17	0,14	0,11	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03
ΝΑ	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,30	0,57	0,74	0,81	0,79	0,68	0,49	0,33	0,28	0,25	0,22	0,18	0,13	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04
Ν	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,09	0,16	0,23	0,38	0,58	0,75	0,83	0,80	0,68	0,50	0,35	0,27	0,19	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
ΝΔ	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,07	0,11	0,14	0,16	0,19	0,22	0,38	0,59	0,75	0,83	0,81	0,69	0,45	0,16	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06
Δ	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,06	0,09	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,31	0,53	0,72	0,82	0,81	0,61	0,16	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06
ΒΔ	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,07	0,11	0,14	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22	0,30	0,52	0,73	0,82	0,69	0,16	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06
Οριζόντιο	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,12	0,27	0,44	0,59	0,72	0,81	0,85	0,85	0,81	0,71	0,58	0,42	0,25	0,14	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06

Πίνακας 4.15 Μέγιστοι συντελεστές ηλιακών κερδών SHGF για μη σκιασμένους υαλοπίνακες σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη  $W/m^2$ .

Γ.Π.	Μήνας	B	BA / ΒΔ	A / Δ	NA / ΝΔ	N	Οριζόντιο
	Μάρτιος	110	442	754	621	293	918
	Απρίλιος	123	543	716	473	142	912
	Μάιος	164	596	678	363	129	890
	Ιούνιος	208	612	653	312	129	874
	Ιούλιος	174	590	662	350	132	874
	Αύγουστος	129	530	691	451	145	890
	Σεπτέμβριος	114	423	716	603	293	890
	Οκτώβριος	104	300	703	710	473	852
	Νοέμβριος	95	174	650	779	618	776
24°	Δεκέμβριος	91	129	625	801	669	738
	Ιανουάριος	85	129	599	798	716	675
	Φεβρουάριος	95	252	694	767	606	785
	Μάρτιος	107	391	738	675	432	868
	Απρίλιος	117	502	719	533	237	893
	Μάιος	136	562	688	416	145	890
	Ιούνιος	174	580	669	369	136	880
	Ιούλιος	142	555	672	407	145	877
	Αύγουστος	120	492	694	511	227	874
32°	Σεπτέμβριος	110	375	700	650	423	839
	Οκτώβριος	98	249	666	741	590	770
	Νοέμβριος	85	132	590	785	707	672
	Δεκέμβριος	82	91	568	779	748	628
	Ιανουάριος	76	91	552	785	776	555
	Φεβρουάριος	85	205	647	782	697	685
	Μάρτιος	101	338	716	716	555	795
	Απρίλιος	114	461	716	590	363	855
	Μάιος	120	536	694	489	233	874
	Ιούνιος	139	555	675	438	189	871
	Ιούλιος	126	527	678	473	227	861
	Αύγουστος	117	445	691	571	350	836
	Σεπτέμβριος	104	325	678	688	539	770
	Οκτώβριος	88	199	615	754	678	672
	Νοέμβριος	76	91	546	773	767	552
	Δεκέμβριος	69	69	511	776	795	498

$$q = 2,25 * 0,88 * 694 * 0.80 = 2000 \text{ W} \Rightarrow 2 \text{ Παράθυρα (ανατολή)} 4000 \text{ W}$$

$$q = 2,25 * 0,88 * 539 * 0.83 = 885,79 \text{ W} \Rightarrow 1 \text{ Παράθυρο (νότος)}$$

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου που προέρχονται από τον εσωτερικό φωτισμό

$$q = (\text{τετραγωνικά χώρου}) * (W/m^2) * CLF$$

Αν το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί μόνο κατά τη διάρκεια που κατοικείται ο χώρος, η τιμή του συντελεστή CLF = 1.

$$q = (103,5\text{m}^2) * (3,43\text{W}/\text{m}^2) * 1 = 355,055 \text{ W} + 43 \text{ W (φωτισμός από κουζίνα)} = 398 \text{ W}$$

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου τα οποία προέρχονται από τους ανθρώπους

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου τα οποία προέρχονται από τους ανθρώπους, που ζουν ή εργάζονται μέσα σε αυτόν, διακρίνονται σε:

A) Αισθητά ψυκτικά φορτία,

B) Λανθάνοντα ψυκτικά φορτία.

Τα λανθάνοντα φορτία από ανθρώπους μπορούν να θεωρηθούν ως στιγμιαία ψυκτικά φορτία. Αντίθετα, τα αισθητά φορτία δεν μετατρέπονται άμεσα σε ψυκτικό φορτίο.

$$(\text{αισθητό φορτίο}) q = (\text{πλήθος ατόμων}) * (\text{SenHg}) * \text{CLF}$$

$$Q = 3 * 60 * 1 = 180 \text{ W}$$

$$(\text{λανθάνον φορτίο}) q = (\text{πλήθος ατόμων}) * (\text{LatHg}) = 3 * 40 = 120 \text{ W}$$

Εάν η θερμοκρασία του χώρου δεν διατηρείται σταθερή σε όλο το 24ωρο (π.χ. εάν το σύστημα κλιματισμού είναι κλειστό κατά τη διάρκεια της νύχτας) τότε ο CLF = 1.

Πίνακας 4.16 Αισθητά και λανθάνοντα θερμικά κέρδη από ανθρώπους.

ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΑΠΟ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ			
Βαθμός δραστηριότητας ατόμου	Τυπική εφαρμογή	Αισθητό φορτίο [W]	Λανθάνον φορτίο [W]
Καθιστό σε ηρεμία	Θέατρα, Κινηματογράφοι	60	40
Καθιστό, πολύ ελαφριά εργασία, γράψιμο	Ξενοδοχεία, κατοικίες, γραφεία	65	55
Καθιστό, τρώγοντας	Εστιατόρια	75	95
Καθιστό, ελαφριά εργασία, δακτυλογράφηση	Γραφεία, κατοικίες	75	75
Όρθιο, ελαφριά εργασία ή περπάτημα	Καταστήματα, τράπεζες	90	95
Ελαφριά εργασία σε εργοστάσιο	Εργοστάσια, βιοτεχνίες	100	130
Περπάτημα ή εργασία σε μηχάνημα	Εργοστάσια	100	205
Χορός	Χορευτικό κέντρο αίθουσες χορού	120	255
Βαριά εργασία, ανύψωση βαρών	Εργοστάσια	165	300
Άθληση	Γυμναστήρια	185	340

### Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου τα οποία προέρχονται από τις συσκευές

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου τα οποία προέρχονται από τις συσκευές διακρίνονται σε:

A. Αισθητά ψυκτικά φορτία

B. Λανθάνοντα ψυκτικά φορτία

Αισθητό ψυκτικό φορτίο δημιουργούν όλες οι συσκευές.

Λανθάνον ψυκτικό φορτίο δημιουργείται όταν υπάρχει παραγωγή υδρατμών (π.χ. ηλ. μαγειρεία, πλυντήρια, μηχανήματα παρασκευής καφέ ).

(αισθητό φορτίο)  $q = (\text{heatgain}) * CLF$

$$q = (400 + 350 + 200 + 2700 + 150) * 1 = 3800 / 2 = 1900 \text{ W}$$

Λανθάνον ψυκτικό φορτίο = 0 (λόγο απορροφητήρα)

### Συσκευές

Φούρνος μικροκυμάτων, ψύκτης νερού, οικιακό ψυγείο, ηλεκτρική κουζίνα, τηλεόραση.

Εάν η θερμοκρασία του χώρου δεν διατηρείται σταθερή σε όλο το 24ωρο (π.χ. εάν το σύστημα κλιματισμού είναι κλειστό κατά τη διάρκεια της νύχτας) τότε ο  $CLF = 1$ .

Πίνακες 4.17 - 4.18 Θερμικό κέρδος από διάφορες συσκευές.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ [W]	ΑΙΣΘΗΤΟ ΦΟΡΤΙΟ [W]	ΛΑΝΘΑΝΟΝ ΦΟΡΤΙΟ [W]
Καφετιέρα (10 φλυτζάνια)	1500	1050	450
Φούρνος μικροκυμάτων, 28 L	600	400	-
Ψύκτης νερού, 30 L/h	700	350	-
Ηλεκτρικό σίδερο	1000	1000	500
Ηλεκτρική σκούπα	1200	1000	-
Οικιακό ψυγείο		200	-
Ραδιόφωνο		70	-
Στερεοφωνικό συγκρότημα		150	
Τηλεόραση		150	
DVD Player		15	
Ηλεκτρική κουζίνα (πλήρης λειτουργία)*		2700	500
Πλυντήριο πιάτων		1000	500
Πλυντήριο ρούχων		3200	500
* όταν υπάρχει απορροφητήρας [αισθητό φορτίο x 0.50] και [λανθάνον φορτίο = 0]			

ΕΙΔΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΣΥΝΕΧΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ [W]	1 Σελίδα/min [W]	E. SAFER MODE - IDLE [W]
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές (average value)	55	-	20
Ηλεκ. υπολογιστές (conservative value)	65	-	25
Ηλεκ. υπολογιστές (high conservative value)	75	-	30
Οθόνες (13 έως 15 in.)	55	-	0
Οθόνες (16 έως 18 in.)	70	-	0
Οθόνες (19 έως 20 in.)	80	-	0
Εκτυπωτές Laser (small desktop)	130	75	10
Εκτυπωτές Laser (desktop)	215	100	35
Εκτυπωτές Laser (small office)	320	160	70
Εκτυπωτές Laser (large office)	550	275	125
Φωτοτυπικό μηχάνημα (desktop)	400	85	20
Φωτοτυπικό μηχάνημα (office)	1100	400	300
Μηχανή fax	15	-	15

### Ψυκτικά φορτία λόγω ανανέωσης του αέρα

Το αισθητό φορτίο είναι η ψυκτική ισχύς που απαιτείται για την άνοδο από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος στη θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου. Το λανθάνον φορτίο είναι η λανθάνουσα ψυκτική ισχύς που απαιτείται για να μετατραπεί η απόλυτη υγρασία του αέρα από την υγρασία του περιβάλλοντος στην υγρασία του κλιματιζόμενου χώρου.

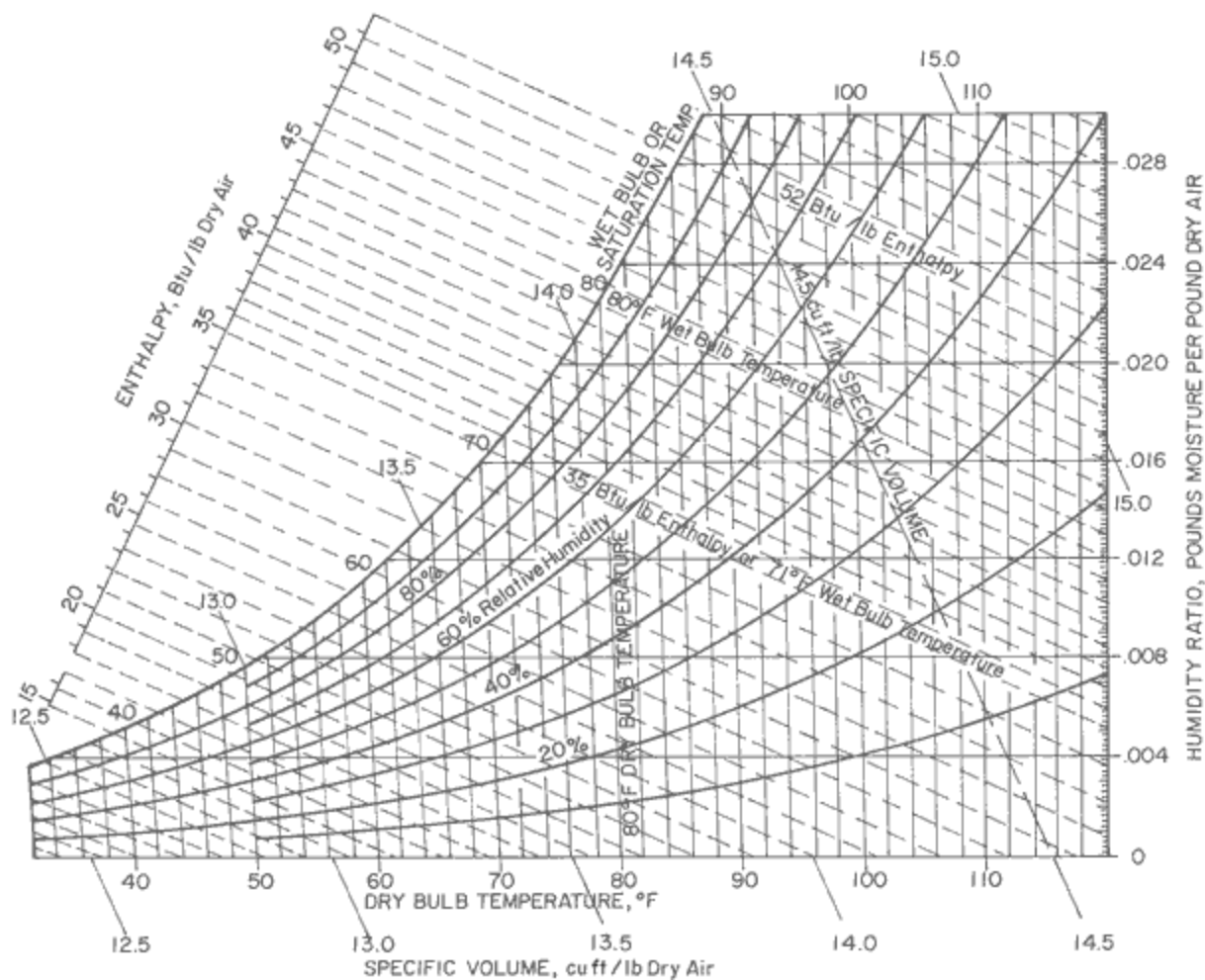
Με δεδομένα

Εσωτερικές συνθήκες T= Dry Bulb 25,5 °C (77,9 F), 60 RH (σχετική υγρασία)

Εξωτερικές συνθήκες T= Dry Bulb 30 °C (86 F), Wet Bulb 22 °C (71,6 F)

Αριθμός εναλλαγών αέρα/ώρα ACH = 0,5





Διάγραμμα 4.1 Ψυχομετρικό διάγραμμα.

Από το πιο πάνω ψυχομετρικό διάγραμμα,

Εσωτερικές συνθήκες  $T = \text{Dry Bulb } 25,5^{\circ}\text{C}$ , 60 RH (σχετική υγρασία)

$W_i = 0,12 \text{ kgw} / \text{kgda}$

$W_i$ : η περιεκτικότητα σε νερό του αέρα του χώρου

Και από τις Εξωτερικές συνθήκες  $T = \text{Dry Bulb } 30^{\circ}\text{C}$ , Wet Bulb  $22^{\circ}\text{C}$

$W_o = 0,165 \text{ kgw} / \text{kgda}$

$W_o$ : η περιεκτικότητα σε νερό του εξωτερικού αέρα

$m_{inf} = \rho \times (\text{ACH} \times \text{όγκος χώρου}) / 3600 = 1,2 \times (0,5 \times 462,5 \text{ m}^3) / 3600$

$m_{inf} = 0,07 \text{ kg/s}$  (ρυθμός ροής μάζας το δευτερόλεπτο)

$\rho$ : η πυκνότητα του αέρα ( $1,2 \text{ kg/m}^3$ )

$c_{pm}$ : η ειδική θερμότητα του αέρα ( $1,0 \text{ Kj/kgK}$ )



$h_{fg}$  : η ενθαλπία εξάτμισης του νερού (2500 KJ/kg)

#### Αισθητό

$$Q_{s,inf} = m_{inf} c_{pm} (T_o - T_i) = 0,07 \times 1000 \times (30 - 25,5) = 315 \text{ W}$$

#### Λανθάνον

$$Q_{l,inf} = m_{inf} h_{fg} (W_o - W_i) = 0,07 \times 2500 \times 10^3 (0,165 - 0,12) = 7875 \text{ W}$$

Εφόσον, υπολογίστηκαν και τα ψυκτικά φορτία, προκύπτει πως τα ψυκτικά φορτία είναι περισσότερα από τα θερμικά επομένως βάση αυτών θα υπολογιστεί η εγκατεστημένη ισχύς που έχει το κλιματιστικό στο σαλόνι. Και κατά συνέπεια την διατομή του καλωδίου παροχής για το κλιματιστικό.

#### Εγκατεστημένη ισχύς

$$\text{Συνολικό ψυκτικό φορτίο (QTotal)} = 16.961,68 \text{ W}$$

(απαιτούμενη παροχή αέρα για εσωτερική κλιματιστική μονάδα)  $G = Q_{Total} / \Delta T$ , η διαφορά θερμοκρασίας λαμβάνεται περίπου στους 6 °C αφού ο αέρας προσάγεται στους 20 °C στο χώρο από την εσωτερική κλιματιστική μονάδα και επιστρέφει στους 26 °C από το χώρο στη εσωτερική κλιματιστική μονάδα.

$$16.961,68 \text{ W} / 6 \text{ }^{\circ}\text{C} = 2826,9 \text{ επομένως}$$

$$2826,9 \times 0,000265 = 0,749 \text{ KW (ηλεκτρική ισχύς)}$$

Όπου  $2826,9 \times 0,000265$  είναι μια εμπειρική σχέση για το υπολογισμό ηλεκτρική ισχύς τις εσωτερικής κλιματιστικής μονάδας.

Με τον ίδιο τρόπο, υπολογίστηκαν και οι ηλεκτρικές ισχύς των κλιματιστικών των τριών υπνοδωματίων.

#### Υπνοδωμάτιο 2

##### Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου αγωγής μέσω εξωτερικών τοίχων

Θερμοκρασία περιβάλλοντος  $T_{out} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου  $25,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας είναι 9 K ( $K = 0,5$ , διότι οι τοίχοι είναι λευκοί)

Για τοίχο με δυτικό προσανατολισμό, θέση μελέτης με γεωγραφικό πλάτος  $32^{\circ}$  ( $35,07^{\circ}$ ) (κατά προσέγγιση το πλησιέστερο στο πραγματικό γεωγραφικό πλάτος της θέσης) και μήνα το πιο μέγιστο από (Μάιος - Σεπτέμβριος), ο συντελεστής LM βρίσκεται ίσος με 0,0.

Η τοιχοποιία που περιγράφεται ανήκει κανονικά στην κατηγορία Β. Για την κατηγορία αυτή η μέγιστη ημερήσια τιμή της CLTD που εμφανίζεται και για δυτικό προσανατολισμό ισούται με 17 Κ.

Μέση ημερήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος =  $30 - 0,5 * 4,5 = 27,75 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Οπότε  $CLTD_{cor} = (17 + 0,0) * 0,5 + (25,5 - 25,5) + (27,75 - 29,4) = 6,85 \text{ Κ}$ .

Μέγιστο ψυκτικό φορτίο μέσω της δυτικής τοιχοποιίας,

$$Q = U * A * CLTD_{cor} = 0,4 * (3,7 * 7,3) * 6,85 = 74 \text{ W}$$

Για ψευδοροφή και με τύπο 12, το Μέγιστο ψυκτικό φορτίο

$$LM = 1,1 \text{ CLTD} = 19$$

Οπότε  $CLTD_{cor} = (19 + 1,1) * 0,5 + (25,5 - 25,5) + (27,75 - 29,4) = 8,4 \text{ Κ}$

$$Q = U * A * CLTD_{cor} = 0,4 * 47,45 * 8,4 = 160 \text{ W}$$

#### Ψυκτικά φορτία μέσω ανοιγμάτων

##### Από αγωγιμότητα

##### Παράθυρα

$$CLTD_{cor} = CLTD + (25,5 - t_i) + (t_o - 29,4)$$

$$CLTD_{cor} = 8 + (25,5 - 25,5) + (30 - 29,4) = 8,6 \text{ Κ}$$

$$q = U * A * CLTD_{cor} = 1,821 * 2,25 * 8,6 = 35,2 \text{ W}$$

##### Ψυκτικό φορτίο από ηλιακή ακτινοβολία

$$q = A * SC * SHGF * CLF$$

$$q = 2,25 * 0,88 * 694 * 0,82 = 1126,7 \text{ W}$$

##### Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου που προέρχονται από τον εσωτερικό φωτισμό

$$q = (\text{τετραγωνικά χώρου}) * (\text{W/m}^2) * CLF$$

Αν το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί μόνο κατά τη διάρκεια που κατοικείται ο χώρος, η τιμή του συντελεστή  $CLF = 1$ .

$$q = (47,45 \text{ m}^2) * (3,37 \text{ W/m}^2) * 1 = 159,9 \text{ W}$$

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου τα οποία προέρχονται από τους ανθρώπους

$$(\text{αισθητό φορτίο}) q = (\text{πλήθος ατόμων}) * (\text{SenHg}) * \text{CLF}$$

$$q = 1 * 60 * 1 = 60 \text{ W}$$

$$(\text{λανθάνον φορτίο}) q = (\text{πλήθος ατόμων}) * (\text{LatHg}) = 1 * 40 = 40 \text{ W}$$

Εάν η θερμοκρασία του χώρου δεν διατηρείται σταθερή σε όλο το 24ωρο (π.χ. εάν το σύστημα κλιματισμού είναι κλειστό κατά τη διάρκεια της νύχτας) τότε ο CLF = 1.

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου τα οποία προέρχονται από τις συσκευές

$$(\text{αισθητό φορτίο}) q = (\text{heatgain}) * \text{CLF}$$

$$Q = (55) * 1 = 55 \text{ W}$$

$$\text{Λανθάνον ψυκτικό φορτίο} = 0$$

Συσκευές

η/υ.

Εάν η θερμοκρασία του χώρου δεν διατηρείται σταθερή σε όλο το 24ωρο (π.χ. εάν το σύστημα κλιματισμού είναι κλειστό κατά τη διάρκεια της νύχτας) τότε ο CLF = 1.

Ψυκτικά φορτία λόγω ανανέωσης του αέρα

Με δεδομένα

Εσωτερικές συνθήκες T = Dry Bulb 25,5 °C (77,9 F), 60 RH (σχετική υγρασία)

Εξωτερικές συνθήκες T = Dry Bulb 30 °C (86 F), Wet Bulb 22 °C (71,6 F)

Αριθμός εναλλαγών αέρα/ώρα ACH = 0,5

Από πριν με τις ίδιες κλιματικές συνθήκες,

Εσωτερικές συνθήκες T = Dry Bulb 25,5 °C, 60 RH (σχετική υγρασία)

$$W_i = 0,12 \text{ kgw / kgda}$$

Και από τις Εξωτερικές συνθήκες  $T = \text{Dry Bulb } 30^{\circ}\text{C}, \text{ Wet Bulb } 22^{\circ}\text{C}$

$W_o = 0,165 \text{ kgw} / \text{kgda}$

$$m_{inf} = \rho \times (\text{ACH} \times \text{όγκος χώρου}) / 3600 = 1,2 \times (0,5 \times 175,5 \text{ m}^3) / 3600$$

$$m_{inf} = 0,02 \text{ kg/s (ρυθμός ροής μάζας το δευτερόλεπτο)}$$

$$\rho = \text{η πυκνότητα του αέρα (1.2 kg/m}^3\text{)}$$

$$c_{pm} = \text{η ειδική θερμότητα του αέρα (1.0 kJ/kgK)}$$

$$h_{fg} = \text{η ενθαλπία εξάτμισης του νερού (2500 kJ/kg)}$$

### Αισθητό

$$Q_{s,inf} = m_{inf} \cdot c_{pm} \cdot (T_o - T_i) = 0,02 \times 1000 \times (30 - 25,5) = 90 \text{ W}$$

### Λανθάνον

$$Q_{l,inf} = m_{inf} \cdot h_{fg} \cdot (W_o - W_i) = 0,02 \times 2500 \times 10^3 (0,165 - 0,12) = 2250 \text{ W}$$

Εφόσον, υπολογίστηκαν και τα ψυκτικά φορτία, προκύπτει πως τα ψυκτικά φορτία είναι περισσότερα από τα θερμικά επομένως βάση αυτών θα υπολογιστεί η εγκατεστημένη ισχύς που έχει το κλιματιστικό στο υπνοδωμάτιο 2. Και κατά συνέπεια την διατομή του καλωδίου παροχής για το κλιματιστικό.

### Εγκατεστημένη ισχύς

$$\text{Συνολικό ψυκτικό φορτίο (QTotal)} = 4050,8 \text{ W}$$

(απαιτούμενη παροχή αέρα για εσωτερική κλιματιστική μονάδα)  $G = Q_{\text{Total}} / \Delta T$ , η διαφορά θερμοκρασίας λαμβάνεται περίπου στους  $6^{\circ}\text{C}$  αφού ο αέρας προσάγεται στους  $20^{\circ}\text{C}$  στο χώρο από την εσωτερική κλιματιστική μονάδα και επιστρέφει στους  $26^{\circ}\text{C}$  από το χώρο στη εσωτερική κλιματιστική μονάδα.

$$4050,8 \text{ W} / 6^{\circ}\text{C} = 675,1, \text{ επομένως}$$

$$675,1 \times 0,000265 = 0,178 \text{ KW (ηλεκτρική ισχύς)}$$

Όπου  $675,1 \times 0,000265$  είναι μια εμπειρική σχέση για το υπολογισμό της ηλεκτρικής ισχύς της εσωτερικής κλιματιστικής μονάδας.

## Υπνοδωμάτιο 1

### Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου αγωγής μέσω εξωτερικών τοίχων

$T_{out} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Dry Bulb  $25,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (εσωτερική θερμοκρασία)

ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας είναι 9 K ( $K = 0,5$ , διότι οι τοίχοι είναι λευκοί)

Για τοίχο με βόρειο προσανατολισμό, θέση μελέτης με γεωγραφικό πλάτος  $32^{\circ}$  ( $35,07^{\circ}$ ) (κατά προσέγγιση το πλησιέστερο στο πραγματικό γεωγραφικό πλάτος της θέσης) και μήνα το πιο μέγιστο από (Μάιος - Σεπτέμβριος), ο συντελεστής LM βρίσκεται ίσος με 0,6.

Η τοιχοποιία που περιγράφεται ανήκει κανονικά στην κατηγορία B. Για την κατηγορία αυτή η μέγιστη ημερήσια τιμή της CLTD που εμφανίζεται και για βόρειο προσανατολισμό ισούται με 8 K.

Μέση ημερήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος  $= 30 - 0,5 * 4,5 = 27,75\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Οπότε  $CLTD_{cor} = (8 + 0,6) * 0,5 + (25,5 - 25,5) + (27,75 - 29,4) = 2,65\text{ K}$ .

Μέγιστο ψυκτικό φορτίο μέσω της βόρειας τοιχοποιίας,

$$Q = U * A * CLTD_{cor} = 0,4 * (35,15) * 2,65 = 37,25\text{ W}$$

Με τον ίδιο τρόπο, το Μέγιστο ψυκτικό φορτίο μέσω της νότιας τοιχοποιίας,

$$LM = 3,9\text{ CLTD} = 12$$

Οπότε  $CLTD_{cor} = (12 + 3,9) * 0,5 + (25,5 - 25,5) + (27,75 - 29,4) = 6,3\text{ K}$ .

$$Q = U * A * CLTD_{cor} = 0,4 * 16,65 * 6,3 = 41,95\text{ W}$$

Μέγιστο ψυκτικό φορτίο μέσω της ανατολικής τοιχοποιίας,

$$LM = 0,0\text{ CLTD} = 15$$

Οπότε  $CLTD_{cor} = (15 + 0,0) * 0,5 + (25,5 - 25,5) + (27,75 - 29,4) = 5,86\text{ K}$

$$Q = U * A * CLTD_{cor} = 0,4 * 25,9 * 5,86 = 60,70\text{ W}$$

Για ψευδοροφή και με τύπο 12, το Μέγιστο ψυκτικό φορτίο

$$LM = 1,1\text{ CLTD} = 19$$

Οπότε  $CLTD_{cor} = (19 + 1,1) * 0,5 + (25,5 - 25,5) + (27,75 - 29,4) = 8,4\text{ K}$

$$Q = U * A * CLTD_{cor} = 0,4 * 66,5 * 8,4 = 223,4\text{ W}$$

### Ψυκτικά φορτία μέσω ανοιγμάτων

#### Από αγωγιμότητα

##### Παράθυρα

$$CLTD_{cor} = CLTD + (25,5 - t_i) + (t_o - 29,4)$$

$$CLTD_{cor} = 8 + (25,5 - 25,5) + (30 - 29,4) = 8,6 \text{ K}$$

$$q = U * A * CLTD_{cor} = 1,821 * 2,25 * 8,6 = 35,2 \text{ W}$$
 3 παράθυρα άρα 105,6 W

### Ψυκτικό φορτίο από ηλιακή ακτινοβολία

$$q = A * SC * SHGF * CLF$$

$$q = 2,25 * 0,88 * 539 * 0,83 = 885,7 \text{ W (νότος)}$$

$$q = 2,25 * 0,88 * 694 * 0,80 = 2000 \text{ W (ανατολή)}$$

$$q = 2,25 * 0,88 * 139 * 0,91 = 250,4 \text{ W (βορράς)}$$

### Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου που προέρχονται από τον εσωτερικό φωτισμό

$$q = (\text{τετραγωνικά χώρου}) * (W/m^2) * CLF$$

Αν το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί μόνο κατά τη διάρκεια που κατοικείται ο χώρος, η τιμή του συντελεστή CLF = 1.

$$Q = (66,5 \text{ m}^2) * (2,67 \text{ W/m}^2) * 1 = 177,5 \text{ W}$$

### Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου τα οποία προέρχονται από τους ανθρώπους

$$(\text{αισθητό φορτίο}) q = (\text{πλήθος ατόμων}) * (SenHg) * CLF$$

$$q = 2 * 60 * 1 = 120 \text{ W}$$

$$(\text{λανθάνον φορτίο}) q = (\text{πλήθος ατόμων}) * (LatHg) = 2 * 40 = 80 \text{ W}$$

Εάν η θερμοκρασία του χώρου δεν διατηρείται σταθερή σε όλο το 24ωρο (π.χ. εάν το σύστημα κλιματισμού είναι κλειστό κατά τη διάρκεια της νύχτας) τότε ο CLF = 1.

### Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου τα οποία προέρχονται από τις συσκευές

$$(\text{αισθητό φορτίο}) q = (\text{heatgain}) * CLF$$

$$q = (55) \cdot 1 = 55 \text{ W}$$

Λανθάνον ψυκτικό φορτίο = 0

Συσκευές

η/υ.

Εάν η θερμοκρασία του χώρου δεν διατηρείται σταθερή σε όλο το 24ωρο (π.χ. εάν το σύστημα κλιματισμού είναι κλειστό κατά τη διάρκεια της νύχτας) τότε ο CLF = 1.

Ψυκτικά φορτία λόγω ανανέωσης του αέρα

Με δεδομένα

Εσωτερικές συνθήκες T = Dry Bulb 25,5 °C (77,9 F), 60 RH (σχετική υγρασία)

Εξωτερικές συνθήκες T = Dry Bulb 30 °C (86 F), Wet Bulb 22 °C (71,6 F)

Αριθμός εναλλαγών αέρα/ώρα ACH = 0,5

Από πριν με τις ίδιες κλιματικές συνθήκες,

Εσωτερικές συνθήκες T = Dry Bulb 25,5 °C, 60 RH (σχετική υγρασία)

W<sub>i</sub> = 0,12 kgw / kgda

Και από τις Εξωτερικές συνθήκες T = Dry Bulb 30 °C, Wet Bulb 22 °C

W<sub>o</sub> = 0,165 kgw / kgda

$$m_{inf} = \rho \times (ACH \times \text{όγκος χώρου}) / 3600 = 1,2 \times (0,5 \times 246,05 \text{ m}^3) / 3600$$

$$m_{inf} = 0,04 \text{ kg/s (ρυθμός ροής μάζας το δευτερόλεπτο)}$$

$\rho$  = η πυκνότητα του αέρα (1.2 kg/m<sup>3</sup>)

$c_{pm}$  = η ειδική θερμότητα του αέρα (1.0 kJ/kgK)

$h_{fg}$  = η ενθαλπία εξάτμισης του νερού (2500 kJ/kg)

Αισθητό

$$Q_{s,inf} = m_{inf} \cdot c_{pm} \cdot (T_o - T_i) = 0,04 \times 1000 \times (30 - 25,5) = 180 \text{ W}$$

### Λανθάνον

$$Q_{l,inf} = m_{inf} \cdot h_{fg} (W_o - W_i) = 0,04 \times 2500 \times 10^3 (0,165 - 0,12) = 4500 \text{ W}$$

Εφόσον, υπολογίστηκαν και τα ψυκτικά φορτία, προκύπτει πως τα ψυκτικά φορτία είναι περισσότερα από τα θερμικά επομένως βάση αυτών θα υπολογιστεί η εγκατεστημένη ισχύς που έχει το κλιματιστικό στο υπνοδωμάτιο 1. Και κατά συνέπεια την διατομή του καλωδίου παροχής για το κλιματιστικό.

### Εγκατεστημένη ισχύς

Συνολικό ψυκτικό φορτίο ( $Q_{Total}$ ) = 8717,5 W

(απαιτούμενη παροχή αέρα για εσωτερική κλιματιστική μονάδα)  $G = Q_{Total} / \Delta T$ , η διαφορά θερμοκρασίας λαμβάνεται περίπου στους 6 °C αφού ο αέρας προσάγεται στους 20 °C στο χώρο από την εσωτερική κλιματιστική μονάδα και επιστρέφει στους 26 °C από το χώρο στη εσωτερική κλιματιστική μονάδα.

$$8717,5 \text{ W} / 6 \text{ }^{\circ}\text{C} = 1452,9, \text{ επομένως}$$

$$1452,9 * 0,000265 = 0,38 \text{ KW (ηλεκτρική ισχύς)}$$

Όπου  $1452,9 * 0,000265$  είναι μια εμπειρική σχέση για το υπολογισμό ηλεκτρική ισχύς της εσωτερικής κλιματιστικής μονάδας.

### ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 3

#### Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου αγωγής μέσω εξωτερικών τοίχων

$T_{out} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , Dry Bulb 25,5 °C

ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας είναι 9 K ( $K = 0,5$ , διότι οι τοίχοι είναι λευκοί)

Για τοίχο με βόρειο προσανατολισμό, θέση μελέτης με γεωγραφικό πλάτος 32° (35,07 °) (κατά προσέγγιση το πλησιέστερο στο πραγματικό γεωγραφικό πλάτος της θέσης) και μήνα το πιο μέγιστο από (Μάιος - Σεπτέμβριος), ο συντελεστής LM βρίσκεται ίσος με 0,6.

Η τοιχοποιία που περιγράφεται ανήκει κανονικά στην κατηγορία Β. Για την κατηγορία αυτή η μέγιστη ημερήσια τιμή της CLTD που εμφανίζεται και για βόρειο προσανατολισμό ισούται με 8 K.

$$\text{Μέση ημερήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος} = 30 - 0,5 * 4,5 = 27,75 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$\text{Οπότε } CLTD_{cor} = (8 + 0,6) * 0,5 + (25,5 - 25,5) + (27,75 - 29,4) = 2,65 \text{ K}.$$

Μέγιστο ψυκτικό φορτίο μέσω της βόρειας τοιχοποιίας,



$$Q = U * A * CLTD_{cor} = 0,4 * (22,57) * 2,65 = 23,92 \text{ W}$$

Με τον ίδιο τρόπο, το Μέγιστο ψυκτικό φορτίο μέσω της νότιας τοιχοποιίας,

$$LM = 3,9 \text{ CLTD} = 12$$

$$\text{Οπότε } CLTD_{cor} = (12 + 3,9) * 0,5 + (25,5 - 25,5) + (27,75 - 29,4) = 6,3 \text{ K.}$$

$$Q = U * A * CLTD_{cor} = 0,4 * 20,165 * 6,3 = 50,81 \text{ W}$$

Μέγιστο ψυκτικό φορτίο μέσω της δυτικής τοιχοποιίας,

$$LM = 0,0 \text{ CLTD} = 17$$

$$\text{Οπότε } CLTD_{cor} = (17 + 0,0) * 0,5 + (25,5 - 25,5) + (27,75 - 29,4) = 6,85 \text{ K}$$

$$Q = U * A * CLTD_{cor} = 0,4 * 25,9 * 5.86 = 70,9 \text{ W}$$

Για ψευδοροφή και με τύπο 12, το Μέγιστο ψυκτικό φορτίο

$$LM = 1,1 \text{ CLTD} = 19$$

$$\text{Οπότε } CLTD_{cor} = (19 + 1,1) * 0,5 + (25,5 - 25,5) + (27,75 - 29,4) = 8,4 \text{ K}$$

$$Q = U * A * CLTD_{cor} = 0,4 * 42,7 * 8,4 = 143,4 \text{ W}$$

Ψυκτικά φορτία μέσω ανοιγμάτων

Από αγωγιμότητα

Παράθυρα

$$CLTD_{cor} = CLTD + (25,5 - t_i) + (t_o - 29,4)$$

$$CLTD_{cor} = 8 + (25,5 - 25,5) + (30 - 29,4) = 8,6 \text{ K}$$

$$Q = U * A * CLTD_{cor} = 1,821 * 2,25 * 8,6 = 35,2 \text{ W} \text{ 2 παράθυρα άρα } 70,4 \text{ W}$$

Ψυκτικό φορτίο από ηλιακή ακτινοβολία

$$q = A * SC * SHGF * CLF$$

$$q = 2,25 * 0,88 * 539 * 0.83 = 885,7 \text{ W (νότος)}$$

$$q = 2,25 * 0,88 * 139 * 0.91 = 250,4 \text{ W (βορράς)}$$

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου που προέρχονται από τον εσωτερικό φωτισμό

$$q = (\text{τετραγωνικά χώρου}) * (W/m^2) * CLF$$

Αν το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί μόνο κατά τη διάρκεια που κατοικείται ο χώρος, η τιμή του συντελεστή  $CLF = 1$ .

$$q = (42,7 \text{ m}^2) * (3,75 \text{ W/m}^2) * 1 = 160,1 \text{ W}$$

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου τα οποία προέρχονται από τους ανθρώπους

$$(\text{αισθητό φορτίο}) q = (\text{πλήθος ατόμων}) * (\text{SenHg}) * \text{CLF}$$

$$q = 2 * 60 * 1 = 120 \text{ W}$$

$$(\text{λανθάνον φορτίο}) q = (\text{πλήθος ατόμων}) * (\text{LatHg}) = 2 * 40 = 80 \text{ W}$$

Εάν η θερμοκρασία του χώρου δεν διατηρείται σταθερή σε όλο το 24ωρο (π.χ. εάν το σύστημα κλιματισμού είναι κλειστό κατά τη διάρκεια της νύχτας) τότε ο CLF = 1.

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου τα οποία προέρχονται από τις συσκευές

$$(\text{αισθητό φορτίο}) q = (\text{heatgain}) * \text{CLF}$$

$$q = (55) * 1 = 55 \text{ W}$$

$$\text{Λανθάνον ψυκτικό φορτίο} = 0$$

Συσκευές

η/υ.

Εάν η θερμοκρασία του χώρου δεν διατηρείται σταθερή σε όλο το 24ωρο (π.χ. εάν το σύστημα κλιματισμού είναι κλειστό κατά τη διάρκεια της νύχτας) τότε ο CLF = 1.

Ψυκτικά φορτία λόγω ανανέωσης του αέρα

Με δεδομένα

Εσωτερικές συνθήκες T = Dry Bulb 25,5 °C (77,9 F), 60 RH (σχετική υγρασία)

Εξωτερικές συνθήκες T = Dry Bulb 30 °C (86 F), Wet Bulb 22 °C (71,6 F)

Αριθμός εναλλαγών αέρα/ώρα ACH = 0,5

Από πριν με τις ίδιες κλιματικές συνθήκες,

Εσωτερικές συνθήκες T = Dry Bulb 25,5 °C, 60 RH (σχετική υγρασία)

$$W_i = 0,12 \text{ kgw} / \text{kgda}$$

Και από τις Εξωτερικές συνθήκες  $T = \text{Dry Bulb } 30^\circ\text{C}$ ,  $\text{Wet Bulb } 22^\circ\text{C}$

$W_o = 0,165 \text{ kgw} / \text{kgda}$

$$m_{inf} = \rho \times (\text{ACH} \times \text{όγκος χώρου}) / 3600 = 1,2 \times (0,5 \times 158 \text{ m}^3) / 3600$$

$$m_{inf} = 0,02 \text{ kg/s (ρυθμός ροής μάζας το δευτερόλεπτο)}$$

$\rho = \eta \text{ πυκνότητα του αέρα } (1.2 \text{ kg/m}^3)$

$c_{pm} = \eta \text{ ειδική θερμότητα του αέρα } (1.0 \text{ kJ/kgK})$

$h_{fg} = \eta \text{ ενθαλπία εξάτμισης του νερού } (2500 \text{ kJ/kg})$

#### Αισθητό

$$Q_{s,inf} = m_{inf} c_{pm} (T_o - T_i) = 0,02 \times 1000 \times (30 - 25,5) = 90 \text{ W}$$

#### Λανθάνον

$$Q_{l,inf} = m_{inf} h_{fg} (W_o - W_i) = 0,02 \times 2500 \times 10^3 (0,165 - 0,12) = 2250 \text{ W}$$

Εφόσον, υπολογίστηκαν και τα ψυκτικά φορτία, προκύπτει πως τα ψυκτικά φορτία είναι περισσότερα από τα θερμικά επομένως βάση αυτών θα υπολογιστεί η εγκατεστημένη ισχύς που έχει το κλιματιστικό στο υπνοδωμάτιο 3. Και κατά συνέπεια την διατομή του καλωδίου παροχής για το κλιματιστικό.

#### Εγκατεστημένη ισχύς

$$\text{Συνολικό ψυκτικό φορτίο } (Q_{\text{Total}}) = 4250,63 \text{ W}$$

(απαιτούμενη παροχή αέρα για εσωτερική κλιματιστική μονάδα)  $G = Q_{\text{Total}} / \Delta T$ , η διαφορά θερμοκρασίας λαμβάνεται περίπου στους  $6^\circ\text{C}$  αφού ο αέρας προσάγεται στους  $20^\circ\text{C}$  στο χώρο από την εσωτερική κλιματιστική μονάδα και επιστρέφει στους  $26^\circ\text{C}$  από το χώρο στη εσωτερική κλιματιστική μονάδα.

$$4250,63 \text{ W} / 6^\circ\text{C} = 708,4, \text{ επομένως}$$

$$708,4 \times 0,000265 = 0,18 \text{ KW (ηλεκτρική ισχύς)}$$

Συνολική εγκατεστημένη ισχύς αντλίας θερμότητας

$$Q_{\text{total}} = 16.961,68 + 4050,8 + 8717,5 + 4250,63 = 33.980,61 \text{ W}$$

$$33.980,61 \text{ W} / 3,7 (\text{COP}) = 9.183,9 \text{ W}$$

Όπου 3,7 έχει ληφθεί από το παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.19 Συντελεστές απόδοσης κλιματιστικών μονάδων για ψύξη και θέρμανση.

ΤΥΠΟΣ ΨΥΚΤΗ-ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΨΥΞΗ COP <sub>cool</sub> - EER
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΕΡΑ-ΝΕΡΟΥ	2.8 – 3.2
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΣ – SPLIT TYPE	3.00 – 3.80
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΝ ΤΥΠΟΥ VRV - VRF	3.10 – 4.30
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ	4.00 – 5.00
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΤΥΠΟΥ VRV	4.10 – 4.90
ΤΥΠΟΣ ΨΥΚΤΗ-ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ COP <sub>heat</sub>
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΕΡΑ-ΝΕΡΟΥ	2.8 – 3.2
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΣ – SPLIT TYPE	3.30 – 4.00
ΑΕΡΟΨΥΚΤΗ ΑΜΕΣΟΥ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΝ ΤΥΠΟΥ VRV - VRF	3.70 – 4.55
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ	4.30 – 5.50
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΤΥΠΟΥ VRV	5.10 – 5.80

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Μοντελοποίηση ηλεκτρικής εγκατάστασης με το λογισμικό ELECTRICAL DESIGN

Το σπίτι στο οποίο θα μοντελοποιηθεί η ηλεκτρική εγκατάσταση, βρίσκεται στο Τσέρι Λευκωσίας, στην Κύπρο.

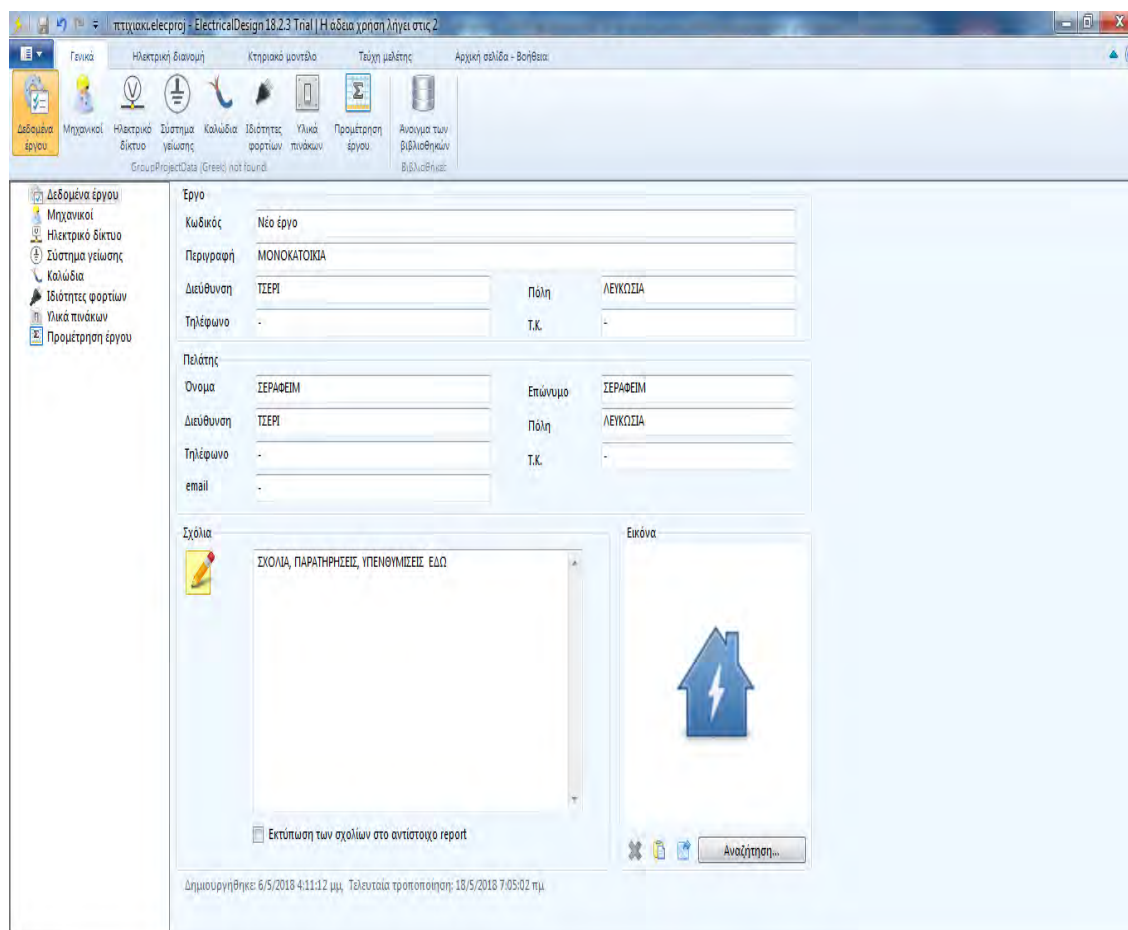


Εικόνα 5.1 Τοποθεσία οικίας από δορυφόρο.


#### 5.1 ELECTRICAL DESIGN

Το ELECTRICAL DESIGN είναι ένα λογισμικό της εταιρείας Tisoft, που μοντελοποιεί, υπολογίζει και σχεδιάζει μια ηλεκτρική εγκατάσταση χαμηλής ή μέσης τάσης. Είναι απόγονος του λογισμικού PanelCAD. Το ELECTRICAL DESIGN έχει την δυνατότητα να υπολογίζει την διατομή των καλωδίων, την πτώση τάσης και να διαστασιολογεί τα υλικά (mcbs, RCD). Επιπλέον μπορεί να υπολογίζει την απορροφούμενη ισχύ του πίνακα διανομής, το παροχικό καλώδιο και τα υλικά της άφιξης.

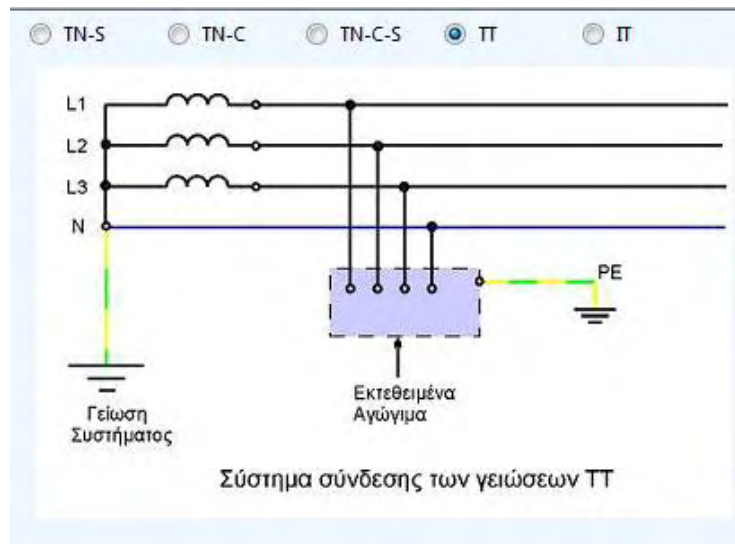
Ανοίγοντας το πρόγραμμα, εμφανίζεται η πιο κάτω οθόνη όπου εισάγονται κάποια στοιχεία του έργου και του πελάτη όπως περιγραφή έργου, διεύθυνση, όνομα πελάτη. Στην συνέχεια εισάγονται παράμετροι για το ηλεκτρικό δίκτυο όπως είναι η ονομαστική πολική τάση (400 V), η ονομαστική φασική τάση (230 V), η συχνότητα (50 Hz) και τάση επαφής (touch voltage 50 V). Το σύστημα γείωσης που θα χρησιμοποιηθεί είναι το TT (Terre - Terre) ευρέως χρησιμοποιούμενο στη Κύπρο για μικρές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Για μεγάλες εγκαταστάσεις (Φωτοβολταϊκά πάρκα) χρησιμοποιείται το TN-C-S.



Εικόνα 5.2 Αρχική οθόνη του προγράμματος.

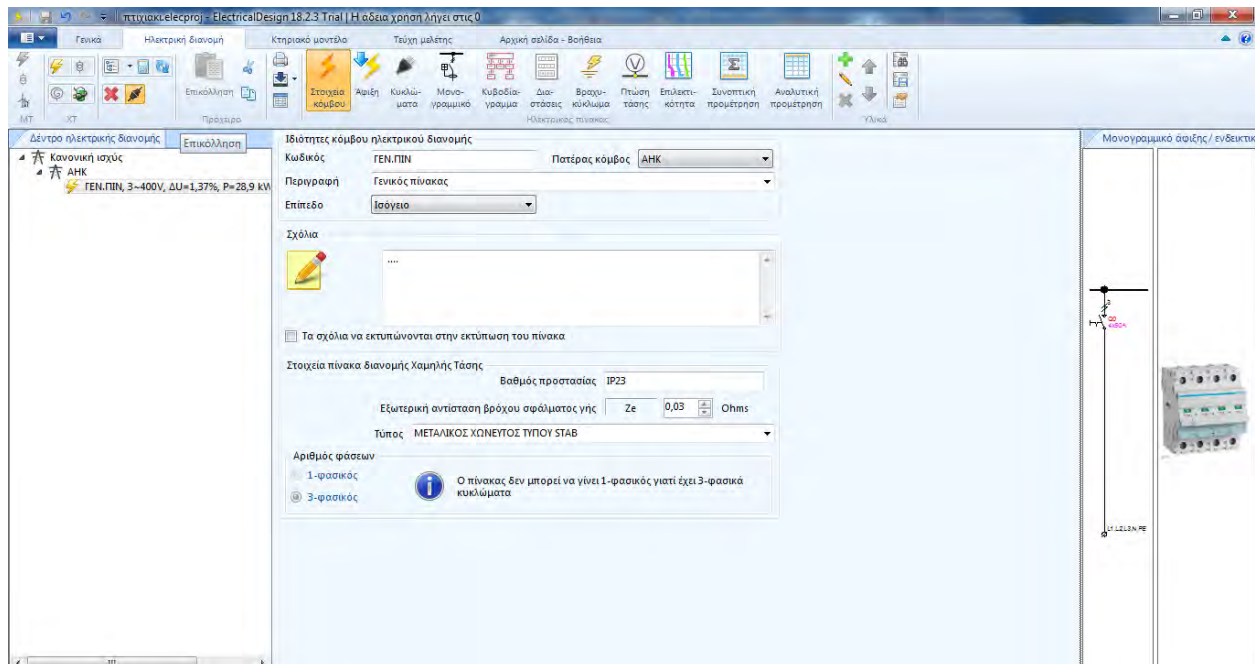
Εταιρία παροχής ενέργειας			
Όνομα παρόχου	ΑΗΚ	No παροχής: 03	
Κατηγορία καταναλωτή	Χαμηλή τάση	Ισχύς: 8 kVA	
		Ασφάλεια μετρητή: In = 35A	
		Ασφάλεια κύριου πίνακα: In = 35A	
		Min. διατομή καλωδίου παροχής: 3 x 10 mm <sup>2</sup>	
			
<b>Χαμηλή Τάση</b>			
Ονομαστική πολική τάση	400	V	
Ονομαστική φασική τάση	230	V	
Συχνότητα	50,0	Hz	
Επιτρεπόμενη τάση επαφής	50,0	V	
Θερμοκρασία περιβάλλοντος στις συσκευές	45,0	°C	
Max. επιτρεπόμενη πτώση τάσης	4,0	%	
Min. διατομή παροχικών καλωδίων	4,0	mm <sup>2</sup>	
Min. διατομή καλωδίων γραμμών	1,5	mm <sup>2</sup>	
<input checked="" type="checkbox"/> Επιτρεπτή η ελαττωμένη διατομή στους αγωγούς PEN			
<b>Γραμμές κινητήρων</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> Διόρθωση ισχύος στο πλησιέστερο μοτέρ			
<input checked="" type="checkbox"/> Έλεγχος καλωδίου σε πτώση τάσης στην εκκίνηση			
Max. Επιτρεπόμενη πτώση τάσης κατά την εκκίνηση	10,0	%	
Λόγος ρεύματος εκκίνησης προς το ονομαστικό ρεύμα (Istart/ In):	7,0		
		<b>Μέση Τάση</b>	
Ονομαστική πολική τάση	20,00	kV	
Max. ισχύς συμμετρικού βραχυκυκλώματος	250	MVA	
Min. ισχύς συμμετρικού βραχυκυκλώματος	100	MVA	
Min. διατομή καλωδίου	50,0	mm <sup>2</sup>	
Ονομαστική ισχύς μετασχηματιστή διανομής	400	kVA	
Τάση βραχυκύκλωσης μετασχηματιστή διανομής	5,0	%	

Εικόνα 5.3 Εισαγωγή στοιχείων ηλεκτρικού δικτύου



Εικόνα 5.4 Εισαγωγή συστήματος γείωσης TT.

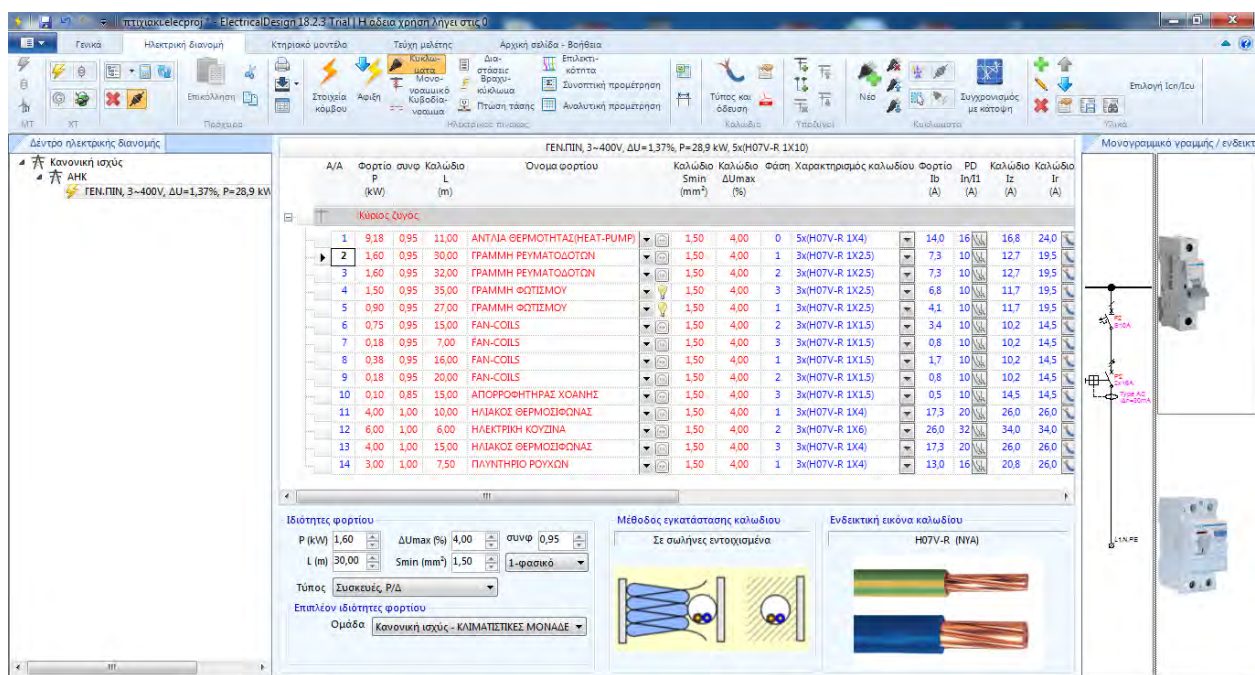
Στην συνέχεια, από την κατηγορία Ηλεκτρική Διανομή και στα Στοιχεία Κόμβου εισάγονται στοιχεία του πίνακα διανομής όπως ο τύπος του πίνακα (μεταλλικός χωνευτός), αριθμός φάσεων (3 - phase) και ο βαθμός προστασίας (IP23) του αλλά και η εξωτερική αντίσταση βρόγχου σφάλματος γης ( $Z_e$ ) (0,03 ohms). Για TT συστήματα γείωσης το μέγιστο  $Z_e$  είναι 21 ohms.



Εικόνα 5.5 Εισαγωγή στοιχείων πίνακα διανομής και  $Z_e$ .



Ακολουθώντας από την κατηγορία κυκλώματα εισάγονται τα κυκλώματα του πίνακα και σε κάθε ένα κύκλωμα εισάγετε η απόσταση, το φορτίο, το συνφ, η επιτρεπόμενη πτώση τάσης (4 %), ο τύπος κυκλώματος, ο αριθμός φάσεων (κάτω από τη κύρια οθόνη), αλλά και τα προστατευτικά μέσα (εμφανίζεται και το μονογραμμικό, δεξιά από τη κύρια οθόνη). Μετά την εισαγωγή των παραπάνω παραμέτρων, στην στήλη φάση εμφανίζεται η φάση κάθε κυκλώματος, επιπλέον στη στήλη χαρακτηρισμός καλωδίου εμφανίζεται το πλήθος (3 για μονοφασικό, 5 για τριφασικό), το είδος και η διατομή των καλωδίων κάθε κυκλώματος που υπολογιστήκαν από το πρόγραμμα. Το Ib είναι το ρεύμα γραμμής. Επίσης στην στήλη PDIn / I1 εμφανίζεται το ονομαστικό ρεύμα (In) της προστατευτικής συσκευής (mcb) κάθε κυκλώματος. Το Ir είναι η ονομαστική τιμή του ρεύματος καλωδίου, μέσω του οποίου υπολογίζεται το Iz (μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα κάτω από υφιστάμενες συνθήκες λειτουργίας). Το Iz υπολογίζεται από το Ir με την εξίσωση  $I_z = I_r \cdot P_f$  όπου:  $P_f$  το γινόμενο όλων των σχετικών συντελεστών διόρθωσης.



Εικόνα 5.6 (α) Κατηγορία κυκλώματα, (β) τελικό αποτέλεσμα.



ΓΕΝ.ΠΙΝ. 3~400V, ΔU=1,37%, P=28,9 kW, 5x(H07V-R 1X10)													
A/A	Φορτίο P (kW)	συνφ	Καλώδιο L (m)	Όνομα φορτίου	Καλώδιο Smin (mm <sup>2</sup> )	Καλώδιο ΔUmax (%)	Φάση	Χαρακτηρισμός καλωδίου	Φορτίο Ib (A)	PD In/I1 (A)	Καλώδιο Iz (A)	Καλώδιο Ir (A)	
Κύριος ζυγός													
1	9,18	0,95	11,00	ΑΝΤ/ΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ(HEAT-PUMP)	1,50	4,00	0	5x(H07V-R 1X4)	14,0	16	16,8	24,0	
2	1,60	0,95	30,00	ΓΡΑΜΜΗ ΡΕΥΜΑΤΟΔΟΤΩΝ	1,50	4,00	1	3x(H07V-R 1X2.5)	7,3	10	12,7	19,5	
3	1,60	0,95	32,00	ΓΡΑΜΜΗ ΡΕΥΜΑΤΟΔΟΤΩΝ	1,50	4,00	2	3x(H07V-R 1X2.5)	7,3	10	12,7	19,5	
4	1,50	0,95	35,00	ΓΡΑΜΜΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	1,50	4,00	3	3x(H07V-R 1X2.5)	6,8	10	11,7	19,5	
5	0,90	0,95	27,00	ΓΡΑΜΜΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	1,50	4,00	1	3x(H07V-R 1X2.5)	4,1	10	11,7	19,5	
6	0,75	0,95	15,00	FAN-COILS	1,50	4,00	2	3x(H07V-R 1X1.5)	3,4	10	10,2	14,5	
7	0,18	0,95	7,00	FAN-COILS	1,50	4,00	3	3x(H07V-R 1X1.5)	0,8	10	10,2	14,5	
8	0,38	0,95	16,00	FAN-COILS	1,50	4,00	1	3x(H07V-R 1X1.5)	1,7	10	10,2	14,5	
9	0,18	0,95	20,00	FAN-COILS	1,50	4,00	2	3x(H07V-R 1X1.5)	0,8	10	10,2	14,5	
10	0,10	0,85	15,00	ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗΡΑΣ ΧΟΑΝΗΣ	1,50	4,00	3	3x(H07V-R 1X1.5)	0,5	10	14,5	14,5	
11	4,00	1,00	10,00	ΗΛΙΑΚΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ	1,50	4,00	1	3x(H07V-R 1X4)	17,3	20	26,0	26,0	
12	6,00	1,00	6,00	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΟΥΖΙΝΑ	1,50	4,00	2	3x(H07V-R 1X6)	26,0	32	34,0	34,0	
13	4,00	1,00	15,00	ΗΛΙΑΚΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ	1,50	4,00	3	3x(H07V-R 1X4)	17,3	20	26,0	26,0	
14	3,00	1,00	7,50	ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ ΡΟΥΧΩΝ	1,50	4,00	1	3x(H07V-R 1X4)	13,0	16	20,8	26,0	

Οι ρυθμίσεις για τα καλώδια γίνονται από την κατηγορία τύπος και όδευση. Πιο συγκεκριμένα, επιλέγοντας αυτή την κατηγορία ανοίγει το πιο κάτω παράθυρο όπου εισάγεται ο τύπος καλωδίου ο αριθμός πόλων, η μέθοδος εγκατάστασης, ο αριθμός κυκλωμάτων και οι συντελεστές διόρθωσης για ομάδα καλωδίων στον αέρα. Για όλα τα κυκλώματα έχει επιλεγεί τύπος καλωδίου (NYA), μέθοδος εγκατάστασης σε σωλήνες οι οποίοι είναι εντοιχισμένοι (χωνευτοί), μέγιστος αριθμός κυκλωμάτων 5 (grouping factor) και θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος 30 °C. Μετά από την εισαγωγή αυτών των δεδομένων διαστασιολογούνται από το πρόγραμμα τα καλώδια όλων των κυκλωμάτων της εγκατάστασης.

Τύπος καλωδίου

H07V-R (NYA) 450/750 V




Αριθμός πόλων

1

Μέθοδος Εγκατάστασης

Τα καλώδια είναι σε σωλήνες, οι σωλήνες είναι εντοιχισμένοι (χωνευτοί)



Αριθμός κυκλωμάτων

5

Συντελεστές διόρθωσης για ομάδα καλωδίων στον αέρα

Θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος

30 °C

fθ= 1,00

Ελεύθερα στον αέρα ή επιτοίχια ή εντοιχισμένα

fH= 0,60

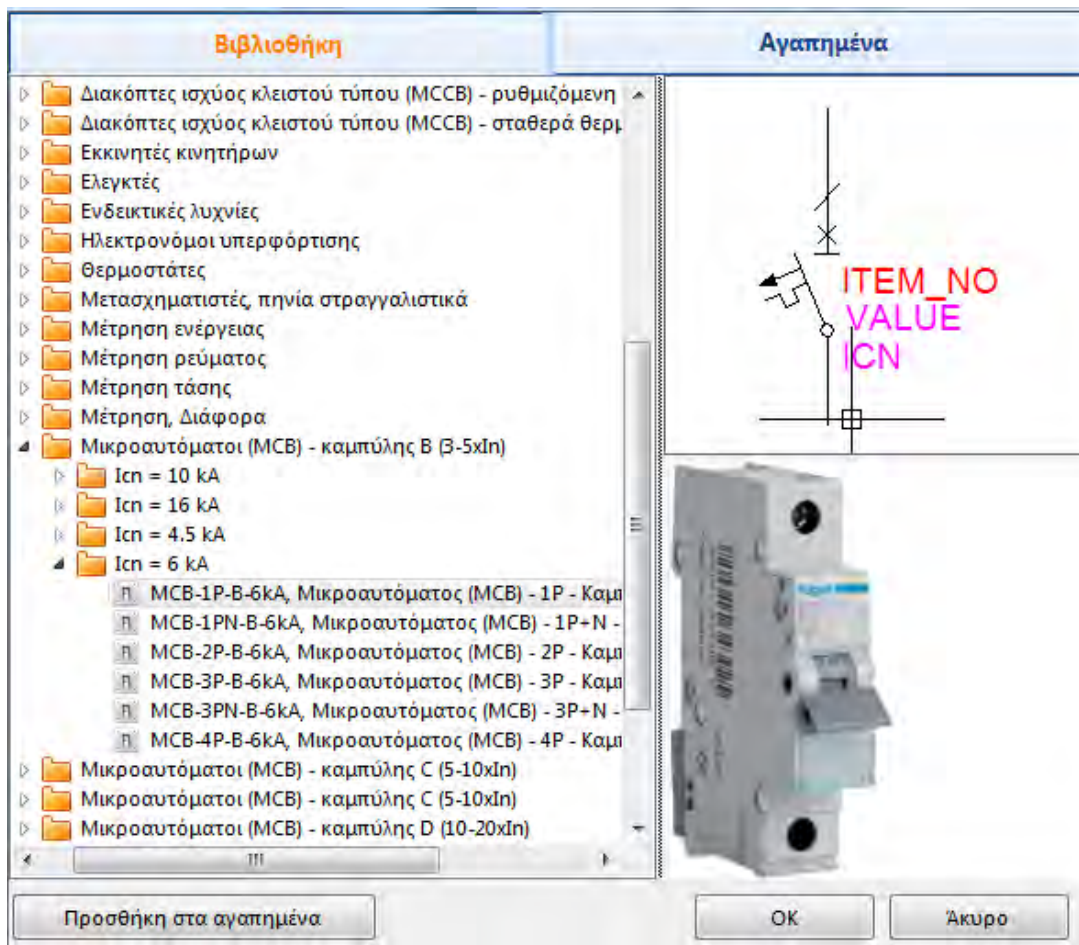


●

Σύμβολο για ένα μονοπολικό ή ένα πολυπολικό καλώδιο

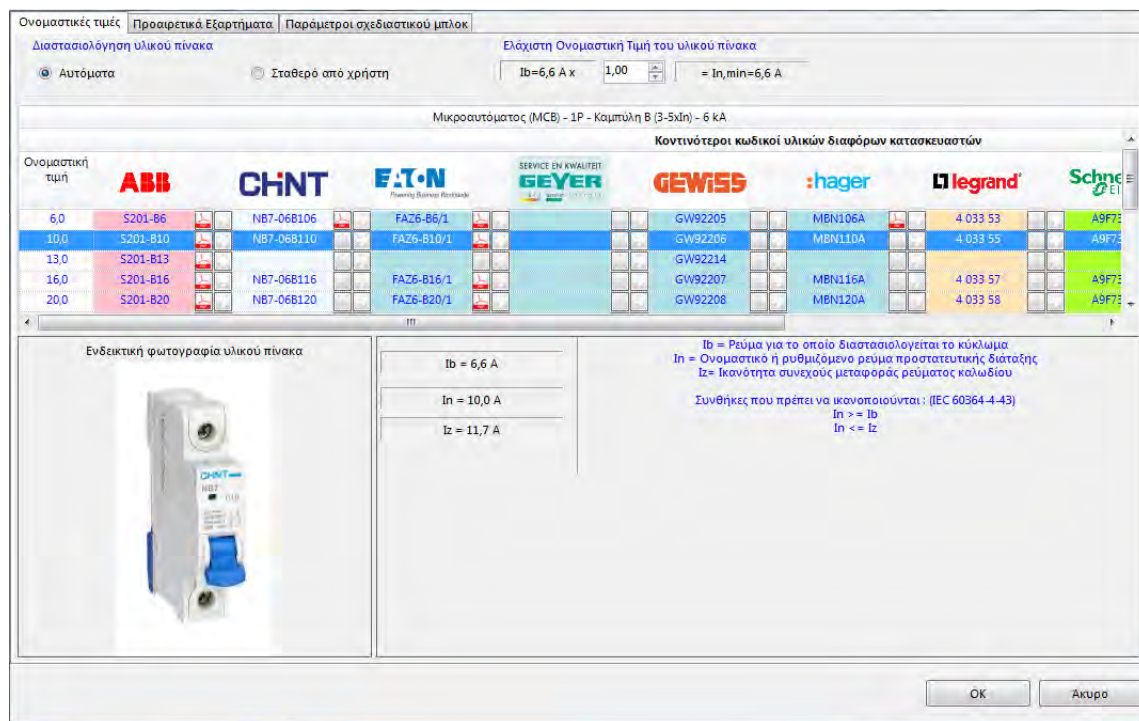
Εικόνα 5.7 Κατηγορία τύπος και όδευση καλωδίου.

Όσον αφορά τα προστατευτικά μέσα, κάνοντας δεξί κλικ στην φωτογραφία του προστατευτικού μέσου και επιλέγοντας την εντολή αλλαγή ανοίγει το πιο κάτω παράθυρο όπου επιλέγεται ένα προστατευτικό μέσο (π.χ. mcb) και ο τύπος του. Με την εντολή προσθήκη (ίδιο παράθυρο), προστίθεται και ένα άλλο προστατευτικό μέσο (π.χ. RCD). Σε περίπτωση αλλαγής της κατασκευάστριας εταιρείας, γίνεται εφικτή με την εντολή ιδιότητες, με την οποία ανοίγει το παράθυρο όπου διατίθενται προστατευτικά μέσα από διάφορες εταιρείες ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.



Εικόνα 5.8 Αλλαγή/προσθήκη προστατευτικών μέσων.

Για την συγκεκριμένη εγκατάσταση έχουν επιλεγεί MCB τύπου B, RCD (30 mA, τύπος AC), ένας Isolator (αποζεύκτης - ράγα) για την αρχή του πίνακα διανομής και ένα RCBO 300 mA C 4P / 50A / 6 kA που εγκαθίσταται αμέσως μετά το μετρητή της ΑΗΚ (κανονισμός 531-04-01). Για αυτό το RCBO πρέπει η μέγιστη τιμή της αντίστασης  $R_A = R_2 + R_e$ , όπου  $R_2$  αντίσταση αγωγού γείωσης και  $R_e$  αντίσταση ηλεκτρόδιου γείωσης πρέπει να είναι 166,667 Ω. Η τιμή αυτή της αντίστασης  $R_A$  προκύπτει από:  $I_{\Delta N} * R_A = 50 \text{ V}$  (μέγιστη επιτρεπόμενη τάση επαφής), όπου  $I_{\Delta N}$  (300 mA) ευαισθησία του RCD. Σε όποια κυκλώματα δεν έχει προβλεφθεί RCD, τα καλώδια τους είναι καλυμμένα σε μεγαλύτερη απόσταση από 50 mm και δε χρειάζεται εγκατάσταση RCD. Ο τύπος των MCB υπολογίζεται από το πρόγραμμα. Στο παράρτημα Α αναφέρονται αναλυτικά όλοι οι υπολογισμοί για όλα τα κυκλώματα.



Εικόνα 5.9 Επιλογή διαφορετικών τύπων mcb.

## 5.2 ΕΛΕΓΧΟΙ ELECTRICAL DESIGN

Από τη στήλη PDIn / I1 μπορούν να εξαχθούν αναλυτικά κάποιοι έλεγχοι που εκτελεί το πρόγραμμα όπως για παράδειγμα έλεγχος για προστασία από υπερφόρτωση και βραχυκύκλωμα.

### Προστασία από υπερφόρτωση

#### Ιδιότητες φορτίου

Το ρεύμα φορτίου  $I_b$  είναι το ρεύμα σχεδιασμού που συμμετέχει στις παρακάτω συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται.

#### Ιδιότητες προστατευτικής διάταξης

Για ασφάλειες ή MCB το ονομαστικό ρεύμα  $I_n$  είναι αυτό που συμμετέχει στις παρακάτω συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται.

#### Ιδιότητες καλωδίου

Το  $I_r$  είναι η ονομαστική τιμή του ρεύματος καλωδίου, μέσω του οποίου υπολογίζεται το  $I_z$  (μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα κάτω από υφιστάμενες συνθήκες λειτουργίας). Το  $I_z$  είναι το ρεύμα που συμμετέχει στις παρακάτω συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται.



### Συνθήκη 1

Ο Κανονισμός απαιτεί ότι η επιλεγμένη διάταξη προστασίας, έχει ονομαστικό ή ρυθμιζόμενο ρεύμα  $I_n$  που είναι :

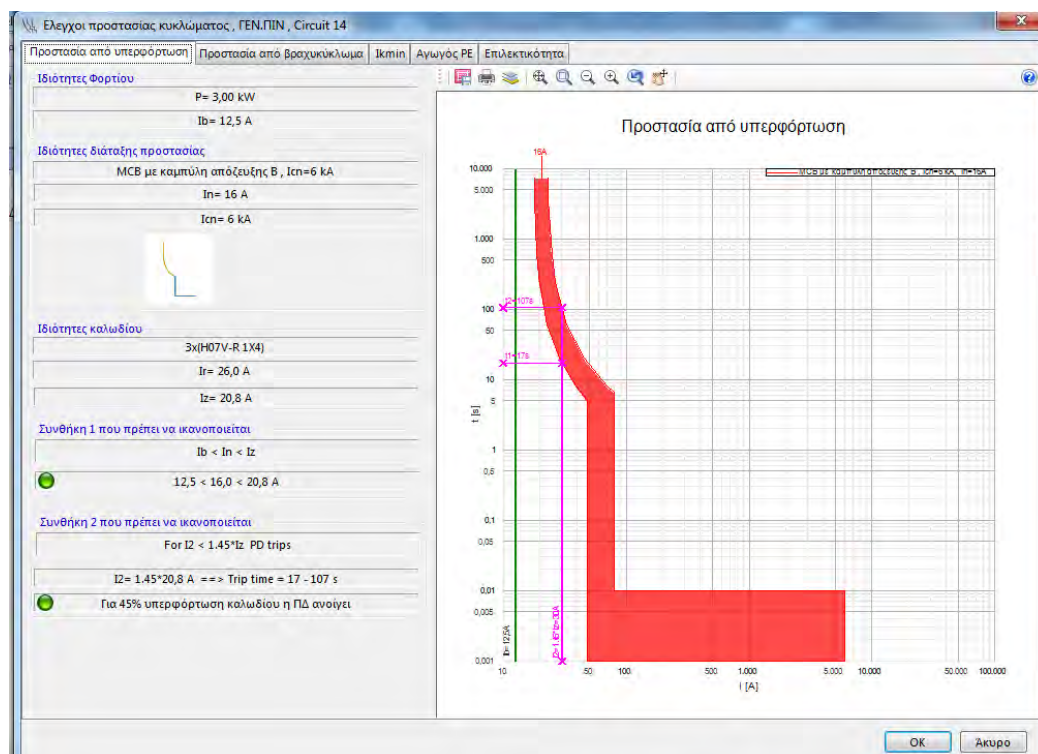
- μεγαλύτερο από το ρεύμα φορτίου  $I_b$ , για αποφυγή ανεπιθύμητων αυτόματων αποζεύξεων
- Μικρότερο από την ικανότητα μεταφοράς του καλωδίου  $I_z$ , για αποφυγή υπερφόρτισης του καλωδίου

Το πράσινο λαμπάκι ανάβει αν η συνθήκη  $I_b < I_n < I_z$  ικανοποιείται.

### Γραφική επεξήγηση της συνθήκης 1 και 2

Το διάγραμμα περιλαμβάνει:

- Κόκκινη Καμπύλη χρόνου - ρεύματος (TCC) της προστατευτικής διάταξης.
- Μία πράσινη κάθετη γραμμή στη συντεταγμένη  $I = I_b$
- Μία ματζέντα κάθετη γραμμή στη συντεταγμένη  $I = 1.45 \cdot I_z$
- Για να ικανοποιείται η Συνθήκη 1, πρέπει η πράσινη νη γραμμή πρέπει να είναι αριστερά της κόκκινης καμπύλης χωρίς σημείο τομής.
- Για να ικανοποιείται η Συνθήκη 2, πρέπει η ματζέντα γραμμή να τέμνει σε δύο σημεία την κόκκινη καμπύλη.



Εικόνα 5.10 Προστασία από υπερφόρτωση για κύκλωμα 14

### Προστασία από βραχυκύκλωμα.

#### Αντοχή καλωδίου σε ενέργεια $k^2S^2$

Η τιμή  $k^2S^2$  του καλωδίου υπολογίζεται από :

- την διατομή του καλωδίου  $S$
- την σταθερά του υλικού π.χ. χαλκός ή αλουμίνιο  $K$

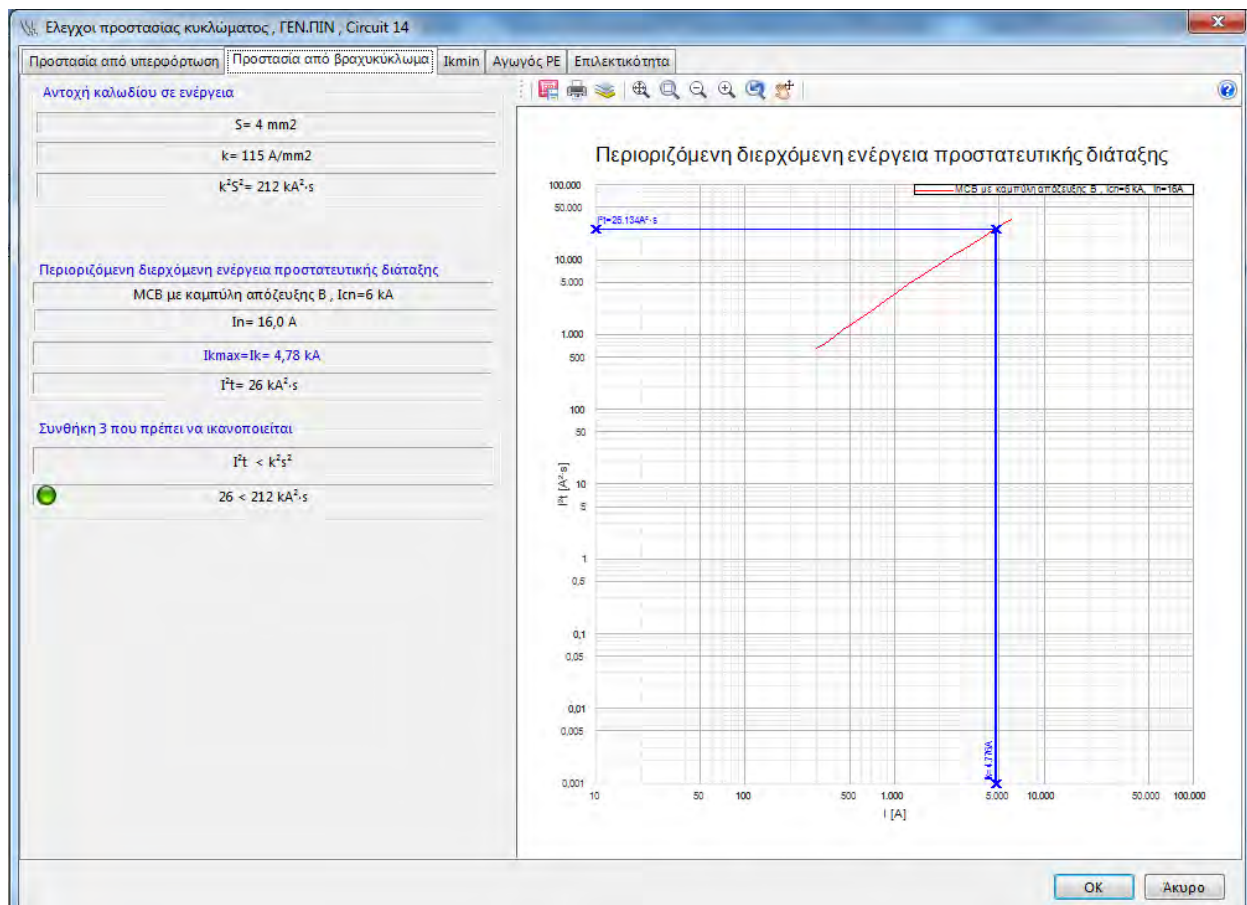
#### Περιορισμένη ενέργεια που επιτρέπει να περάσει η προστατευτική διάταξη $I^2t$

Όλες οι σημερινές προστατευτικές διατάξεις χαρακτηρίζονται από το γρήγορο άνοιγμα τους σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Αυτό έχει σαν συνέπεια να περιορίζεται σημαντικά η τιμή κορυφής του ρεύματος του αναμενόμενου βραχυκυκλώματος. Στα τεχνικά φύλλα κάθε προστατευτική διάταξης περιλαμβάνεται και η καμπύλη περιορισμού της διερχόμενης ενέργειας. Η καμπύλη αυτή προκύπτει από δοκιμές σε πιστοποιημένα εργαστήρια όπου δίνεται η διερχόμενη ενέργεια σε  $A^2 \cdot s$  σε συνάρτηση με τη RMS τιμή του αναμενόμενου ρεύματος βραχυκυκλώματος,  $(I_k, max)$ . Για κάθε πίνακα το πρόγραμμα υπολογίζει το ρεύμα  $I_k$  στις μπάρες του πίνακα. Αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην διαστασιολόγηση των υλικών του πίνακα όσο αφορά την ικανότητα διακοπής.

#### Συνθήκη 3

Το καλώδιο προστατεύεται έναντι βραχυκυκλώματος αν η ειδική διερχόμενη ενέργεια της προστατευτικής διάταξης  $I^2t$  είναι μικρότερη ή ίση με την αντοχή σε ενέργεια του καλωδίου  $k^2S^2$ .

Το πράσινο λαμπάκι ανάβει αν η συνθήκη  $I^2t < k^2S^2$  ικανοποιείται.



Εικόνα 5.11 Προστασία από βραχυκύκλωμα για κύκλωμα 14

### Βραχυκύκλωμα στο τέλος της γραμμής

#### Ρεύμα βραχυκυκλώματος στο τέλος της γραμμής $I_{k,min}$ .

Η τιμή  $I_{k,min}$  υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:  $I_{k,min} = 0,8 \cdot U_r \cdot k_{sec} \cdot k_{par} \cdot S / 1,5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot L$

Όπου,

S: διατομή καλωδίου,

L: απόσταση καλωδίου,

$U_r$ : τάση πηγής

$\rho$ : αντίσταση που έχει το υλικό του αγωγού σε  $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$  0.018 για χαλκό και 0.027 για αλουμίνιο.

$k_{sec}$ : διορθωτικός συντελεστής όπου λαμβάνεται υπόψη για καλώδια με διατομή μεγαλύτερη από 95  $\text{mm}^2$ .

$k_{par}$ : διορθωτικός συντελεστής για καλώδια που είναι παράλληλα συνδεδεμένα

$m$ : συντελεστής αναλογίας των διατομών φάσης και ουδετέρου.

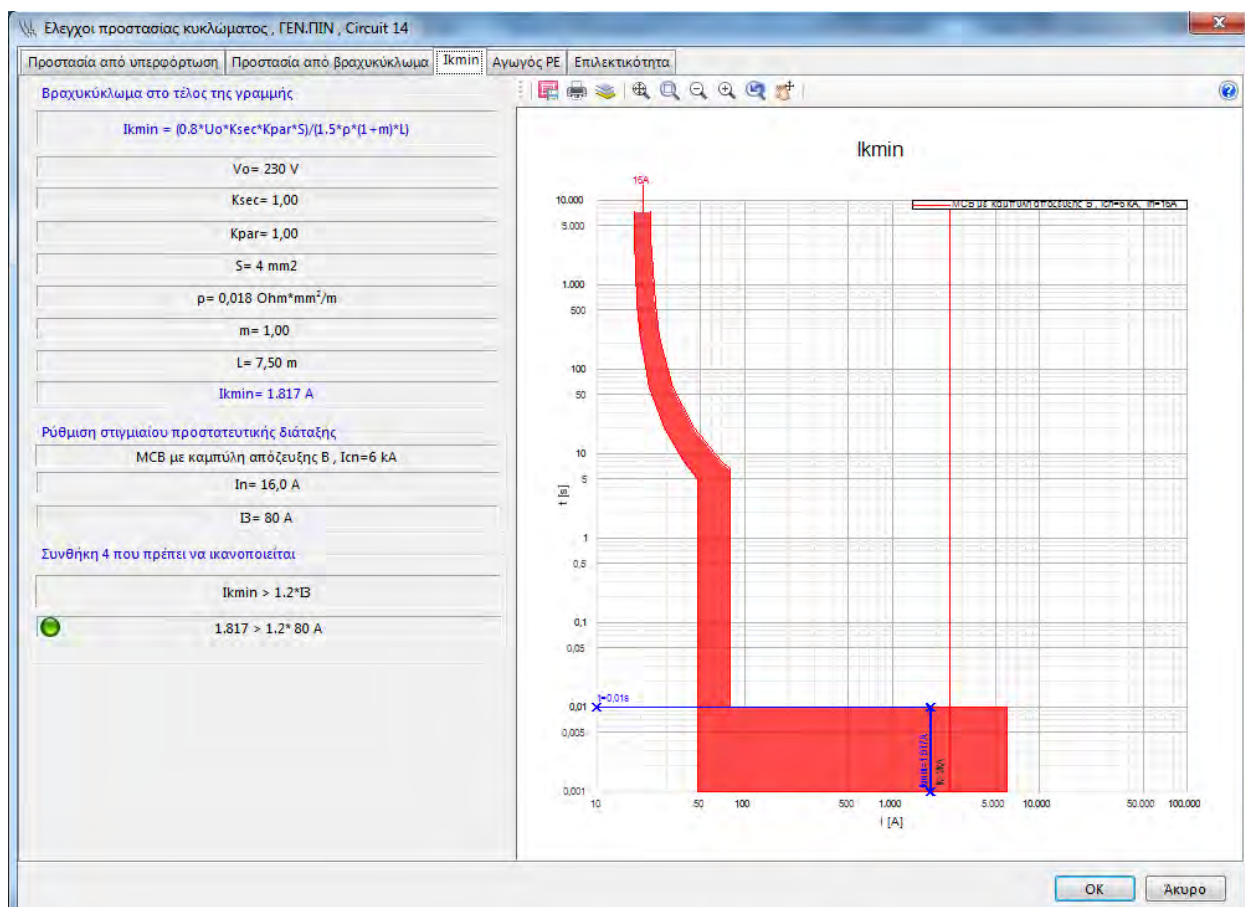
### Στιγμιαίο ρεύμα ρύθμισης προστατευτικής διάταξης $I_3$

Για τους μικροαυτόματους (MCB) το στιγμιαίο στοιχείο (μαγνητικό) είναι ρυθμισμένο στο εργοστάσιο και πολλαπλάσιο του ονομαστικού ρεύματος  $I_n$ . Συνεπώς  $I_3 = n * I_n$ . Για παράδειγμα για τους MCB με καμπύλη B, ο αριθμός  $n = 5$ , για τους MCB με καμπύλη C, ο αριθμός ( $n = 10$ ). Για τους MCCB στιγμιαίο στοιχείο είναι ρυθμιζόμενο από το χρήστη.

### Συνθήκη 4 που πρέπει να ικανοποιείται

$I_{k,min} > 1.2 * I_3$ .

Το πράσινο λαμπάκι ανάβει αν η συνθήκη  $I_{k,min} > 1.2 * I_3$  ικανοποιείται.



Εικόνα 5.12 Βραχυκύκλωμα στο τέλος της γραμμής για κύκλωμα 14



### Ελάχιστη διατομή προστατευτικού αγωγού

#### Αντίσταση βρόχου σφάλματος προς γη $Z_s$

- την αντίσταση της πηγής  $Z_e$
- την αντίσταση  $Z_1$  του αγωγού φάσης μέχρι το σημείο του σφάλματος
- την αντίσταση  $Z_2$  του αγωγού προστασίας
- $Z_s = Z_e + (Z_1 + Z_2)$

#### Ρεύμα βρόχου σφάλματος προς γη $I_a$ και Μέγιστος χρόνος απόζευξης $t_a$

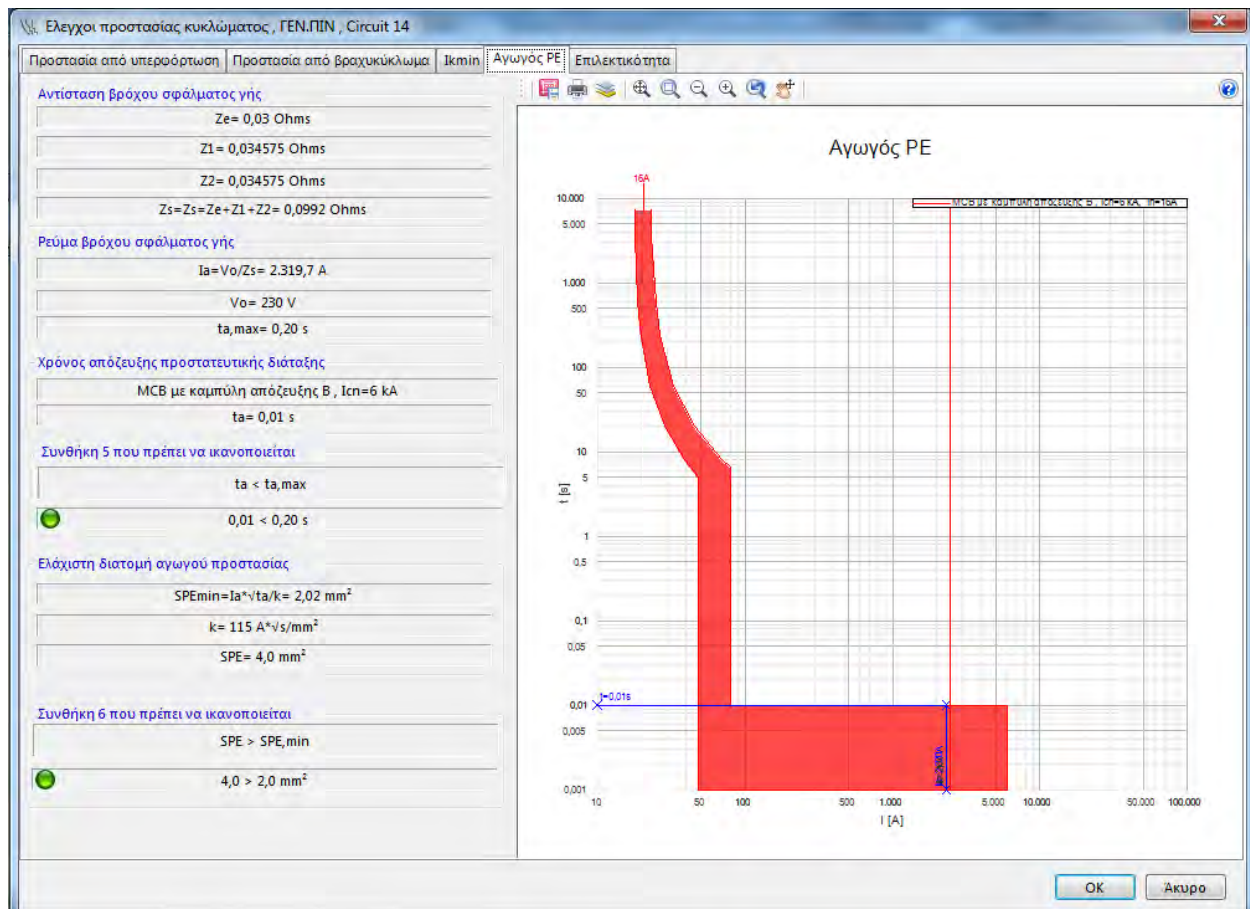
Το ρεύμα του βρόχου υπολογίζεται εφαρμόζοντας τον νόμο του Ohm στο βρόχο σφάλματος.  
 $I_a = U_0 / Z_s$ . Μέγιστος χρόνος απόζευξης δίνεται στο πίνακα 41A του προτύπου BS7671.

#### Ελάχιστη διατομή προστατευτικού αγωγού $S_{PE,min}$

$$S_{PE,min} = I_a * \sqrt{t_a} / K$$

#### Συνθήκη 5, 6

Το πράσινο λαμπάκι ανάβει αν η συνθήκη  $t_a < t_{a,max}$  ικανοποιείται. Το δεύτερο πράσινο λαμπάκι ανάβει αν η συνθήκη  $S_{PE} > S_{PE,min}$  ικανοποιείται.



Εικόνα 5.13 Ελάχιστη διατομή προστατευτικού αγωγού για κύκλωμα 14

### 5.3 Άφιξη

Από την κατηγορία Άφιξη εμφανίζονται τα τελικά αποτελέσματα όπως η τελική απορροφημένη ισχύς (28,9 KW) του πίνακα, η επιτρεπόμενη πτώση τάσης (1,5%), τα καλώδια παροχής (5x(H07V-R 1X10)) και η μέθοδος εγκατάστασης τους (εντοιχισμένα μέσα σε σωλήνες).

Απορροφούμενη ισχύς πίνακα διανομής

	Αριθμός γραμμών	Εγκατεσ. Ισχύς	X	Ταυτοχρονισμός	=	Απορρ. Ισχύς
Φωτισμός	2	2,4 kW	X	0,80	=	1,9 kW
Συσκευές, Ρ/Δ	12	31,0 kW	X	0,75	=	23,2 kW
Υποπίνακες	0	0,0 kW	X	1,00	=	0,0 kW
Κινητήρες	0	0,0 kW	X	1,00	=	0,0 kW
Πυκνωτές	0	0,0 kVAr				
Απορροφούμενη ισχύς						25,2 kW
Συντελεστής εφεδρείας						0,15
Τελική απορροφούμενη ισχύς						28,9 kW
συνφ						0,97

Εικόνα 5.14 Τελική απορροφημένη ισχύς

Καλώδιο παροχής και Μέθοδος Εγκατάστασης

Τύπος και όδευση καλωδίου

Στοιχεία καλωδίου

5x(H07V-R 1X10)

Ib= 41,5 A	In=48,2	Iz= 42,0 A	Ir= 42,0 A
L (m)	41,00	ΔUtotal= 1,37 %	ΔUcable= 1,37 %
ΔUmax (%)	1,50	<input type="checkbox"/> Αγωγός 1.5 mm <sup>2</sup> για μειωμένο τιμολόγιο	
Smin (mm <sup>2</sup> )	4,00	<input type="checkbox"/> Πρόσθεσε kWh-μετρο στο μονόγραμμικό	

Ενδεικτική εικόνα καλωδίου

H07V-R (NYA)

Μέθοδος εγκατάστασης καλωδίου

Σε σωλήνες εντοιχισμένα

Εικόνα 5.15 Επιτρεπόμενη πτώση τάσης (1,5%), τα καλώδια παροχής (5x(H07V-R 1X10)) και η μέθοδος εγκατάστασής τους (εντοιχισμένα μέσα σε σωλήνες).

#### 5.4 Διαστασιολόγηση πίνακα

Μια άλλη δυνατότητα του προγράμματος είναι η Διαστασιολόγηση του πίνακα διανομής.

☒ Διαστασιολόγηση πίνακα

Χωνευτά ή επίτοιχα ερμάρια για ραγοϋλικά ▾

Χωνευτά ή επίτοιχα ερμάρια για ραγοϋλικά

Βασικά δεδομένα

Αρ. στηλών

Αρ. σειρών

Στοιχεία/σειρά

Απόσταση σειρών

Φορά τοποθέτησης υλικών

Πλήθος στοιχείων =  $1 \times 3 \times 18 = 54$

Διαστάσεις πίνακα σε mm

w1 :  w2 :


h1 :  h2 :

$W = 1 \times 18 \times 17.5 + 30 + 30 = 375 \text{ mm}$

$H = 60 + (3 - 1) \times 150 + 60 = 420 \text{ mm}$

☒ με ακροδέκτες

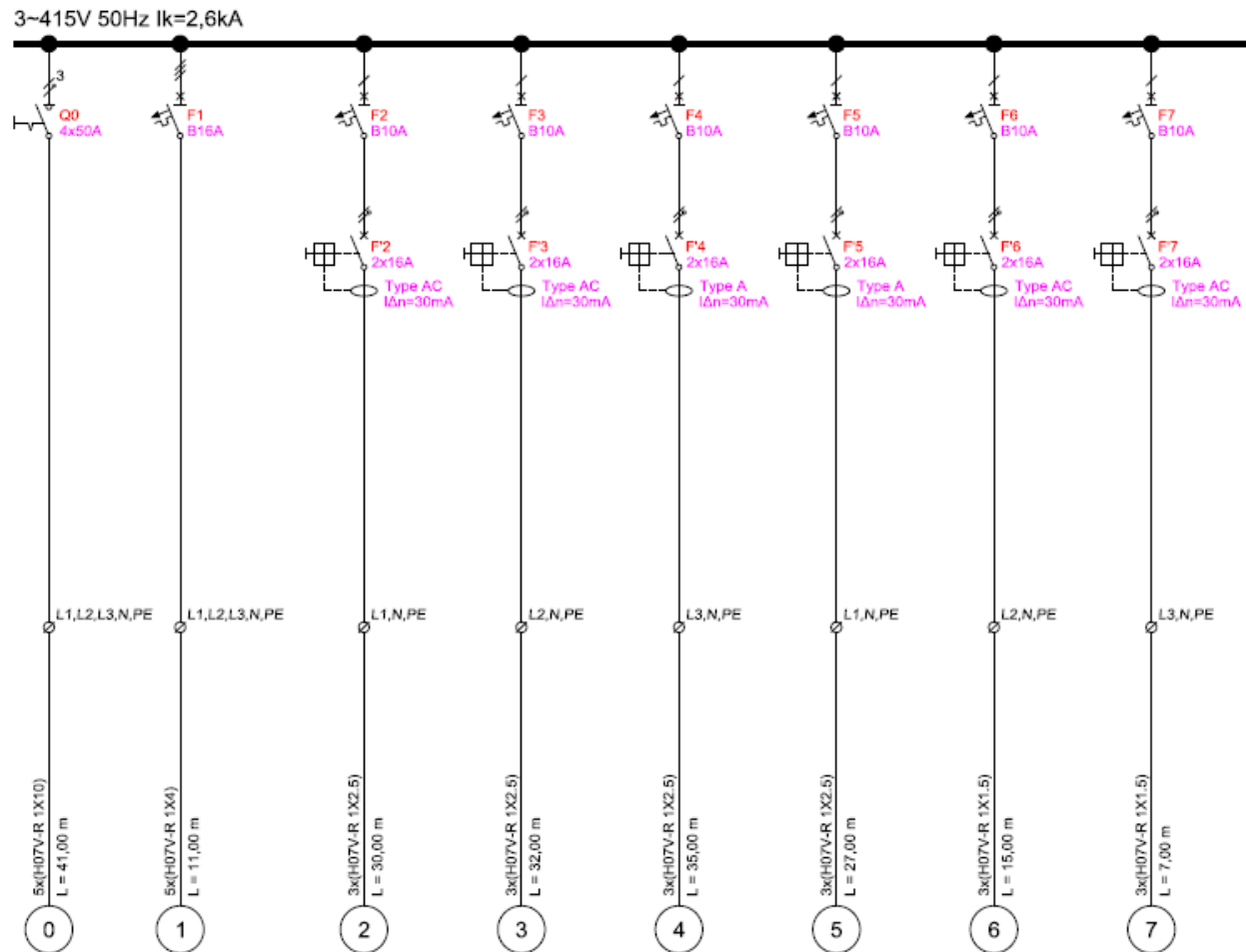
☒ Πίνακας με φορτία



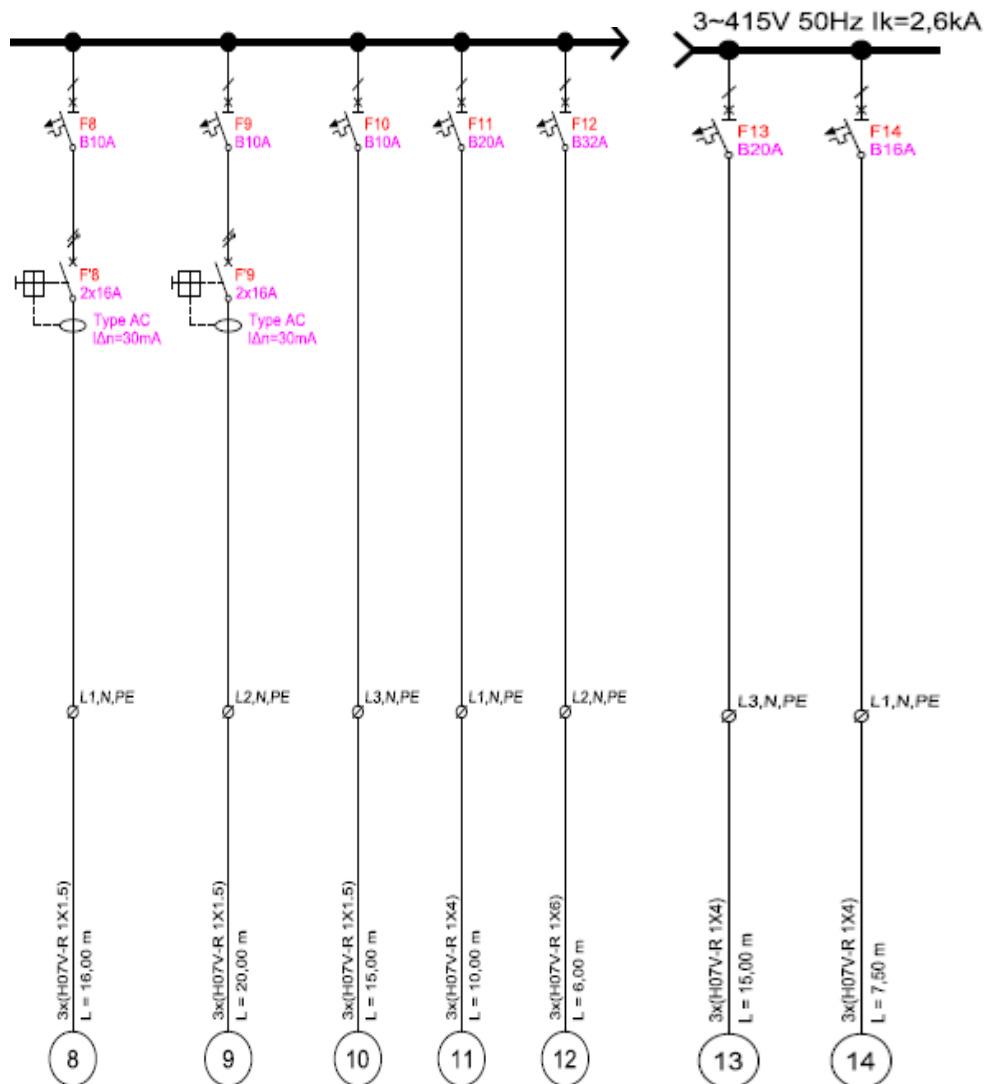
Εικόνα 5.16 Διαστασιολόγηση του πίνακα διανομής.

### 5.5 Μονογραμμικό σχέδιο

Από την κατηγορία μονογραμμικό δημιουργείται το μονογραμμικό σχέδιο της ηλεκτρικής εγκατάστασης.



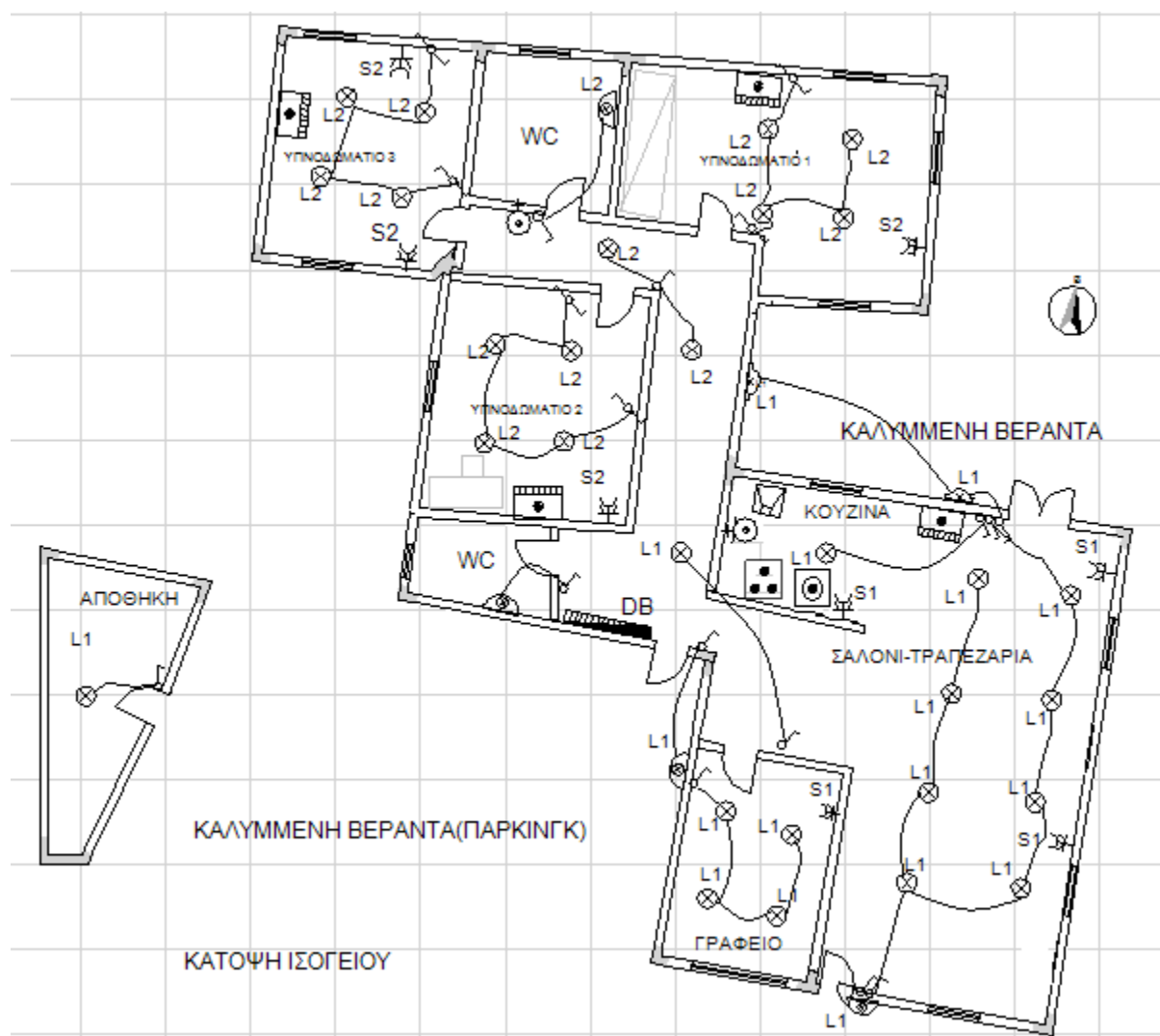
Εικόνα 5.17 (α) Μονογραμμικό σχέδιο της ηλεκτρικής εγκατάστασης.



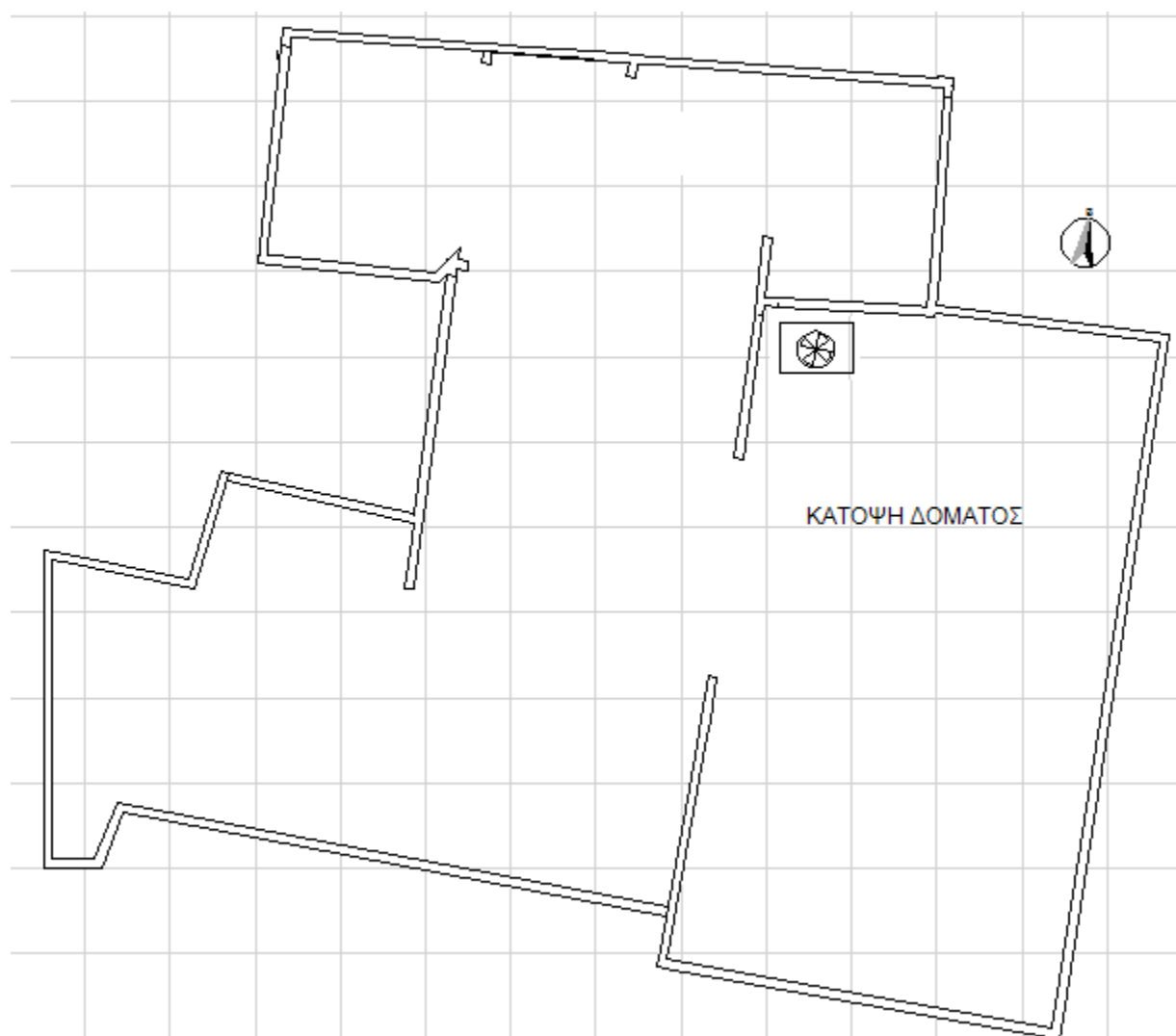
Εικόνα 5.17 (β) Μονογραμμικό σχέδιο της ηλεκτρικής εγκατάστασης (συνέχεια).

### 5.6 Κτιριακό μοντέλο

Από την κατηγορία κτιριακό μοντέλο δημιουργείται το ηλεκτρολογικό σχέδιο της ηλεκτρικής εγκατάστασης και το Υπόμνημα συμβόλων.



Εικόνα 5.18 Κάτοψη Ισογείου.



Εικόνα 5.19 Κάτοψη Δόματος.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΣΥΜΒΟΛΩΝ	
	Απορροφητήρας
	Διακόπτης αλέ-ρετούρ ακριανός
	Διακόπτης απλός
	Θερμοσίφωνας αποθήκευσης
	Κλιματιστικό εξωτ. μονάδα
	Κλιματιστικό εσωτ. μονάδα
	Κουζίνα
	Κουτί διακλάδωσης
	Πίνακας 2x15 γραμμών
	Πλυντήριο ρούχων
	Πρίζα σούκα διπλή
	Φωτιστικό σημείο οροφής
	Φωτιστικό τοίχου
	Φωτιστικό τοίχου στεγανό

Εικόνα 5.20 Υπόμνημα συμβόλων.

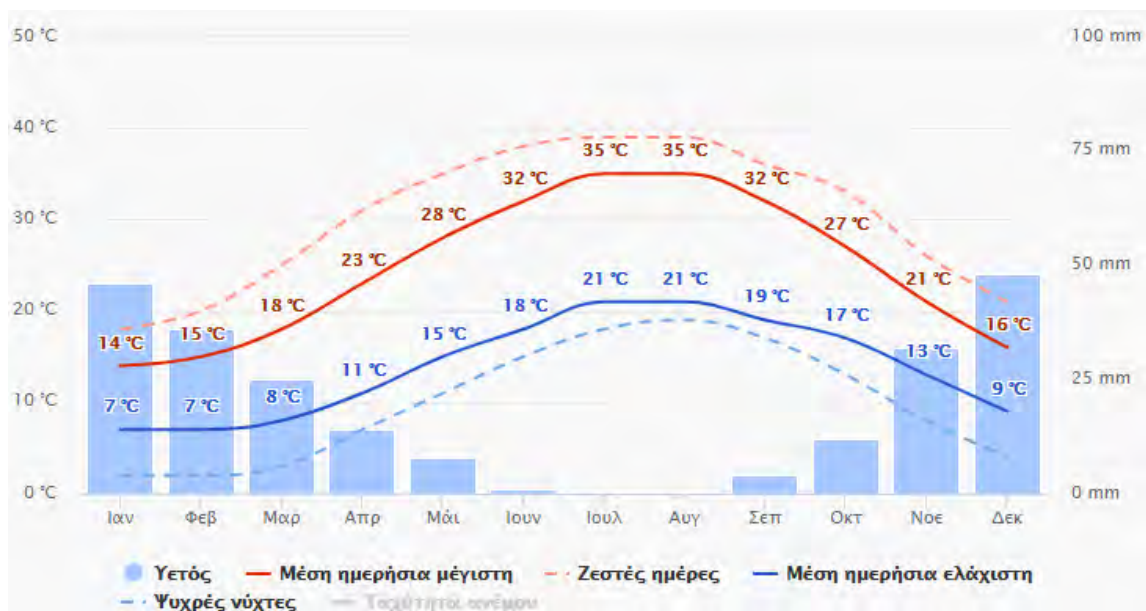
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### **Μελέτη και μοντελοποίηση Φωτοβολταϊκού Συστήματος 3 kWp συνδεδεμένου με το δίκτυο με τη μέθοδο συμψηφισμού μετρήσεων (NET - METERING).**

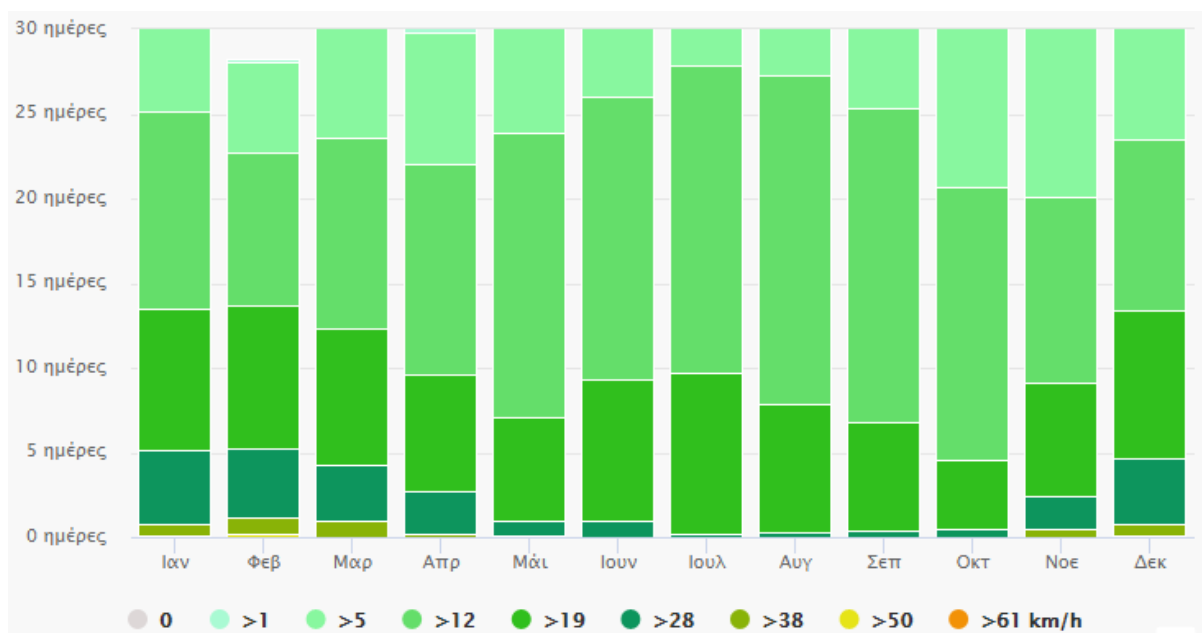
Η Μέθοδος Συμψηφισμού Μετρήσεων (NET - METERING) είναι η μέθοδος όπου υπολογίζεται η διαφορά μεταξύ της εισαγόμενης από το Δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας προς την οικία του παραγωγού/καταναλωτή, για την κάλυψη των αναγκών της οικίας του και της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα η οποία εγχέεται στο Δίκτυο. Τα βασικά μέρη ενός διασυνδεδεμένου συστήματος συμψηφισμού είναι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, ο αντιστροφέας και ο αμφίδρομος μετρητής. Αφορά καταναλωτές, που στις οροφές των οικιών τους, ή στο έδαφος εντός του ιδίου τεμαχίου με την οικία, έχει εγκατασταθεί μικρό φωτοβολταϊκό Σύστημα δυναμικότητας μέχρι 5 kWp για κάλυψη των αναγκών της οικίας τους. Σε περίπτωση όπου η κατανάλωση υπερβαίνει τη παραγωγή ο καταναλωτής τιμολογείται τη διαφορά. Αντιθέτως, στη περίπτωση πλεονάσματος παραγωγής, το πλεόνασμα μεταφέρεται για την επόμενη περίοδο τιμολόγησης. Στο τελευταίο λογαριασμό του έτους γίνεται η τελική εκκαθάριση των πλεονασμάτων.

#### 6.1 Καιρικές Συνθήκες της περιοχής όπου θα γίνει η εγκατάσταση ΦΒ συστήματος

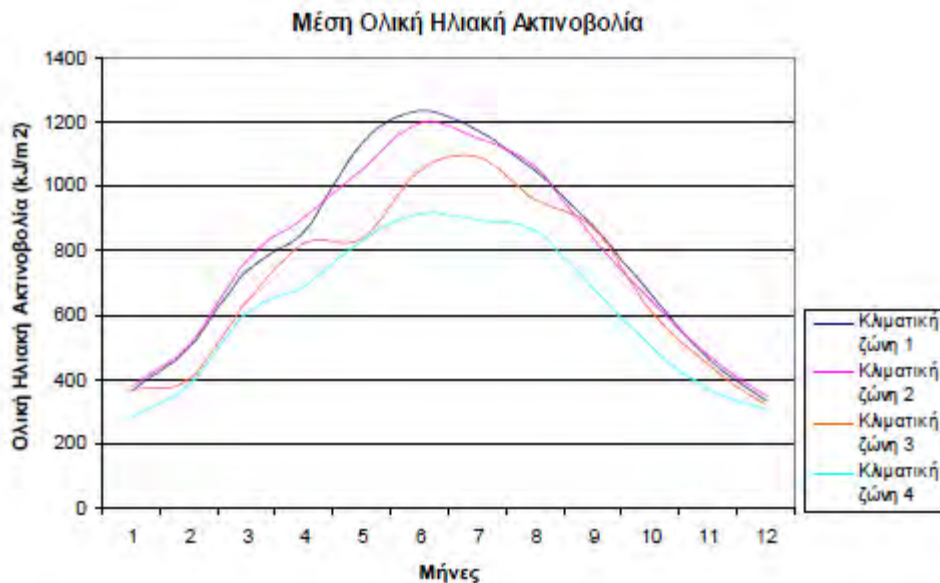
Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια η μονοκατοικία βρίσκεται στο χωριό Τσέρι Λευκωσίας. Το Τσέρι βρίσκεται νότια της Λευκωσίας, κάπου οκτώ χιλιόμετρα από αυτή και συνορεύει στα βόρεια με το Στρόβολο, στ' ανατολικά με τα Λατσία, στα δυτικά με τη Δευτερά, βορειοδυτικά με τη Λακατάμια και στα νότια με τον Αναλυόντα και το Κοτσιάτη. Γενικότερα, στη ευρύτερη περιοχή εμφανίζονται ψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ενώ ο χειμώνας είναι σχετικά ήπιος. Οι άνεμοι είναι ελαφροί έως μέτριοι. Όλες οι περιοχές της Κύπρου έχουν μεγάλη διάρκεια ηλιοφάνειας σε σύγκριση με άλλες χώρες. Στις πεδινές περιοχές ο μέσος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας για ολόκληρο το χρόνο είναι 75% των ωρών που ο ήλιος είναι πάνω από τον ορίζοντα. ([moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLindex\\_gr/DMLindex\\_gr?OpedDocumet](http://moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLindex_gr/DMLindex_gr?OpedDocumet))



Εικόνα 6.1 Διάγραμμα για Μέσο Όρο θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων στη Λευκωσία.



Εικόνα 6.2 Διάγραμμα για Ταχύτητα Ανέμου.



Εικόνα 6.3 Διάγραμμα για Μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες της Κύπρου. Το Τσέρι ανήκει στη κλιματική ζώνη 2.

## 6.2 Επιλογή των Φωτοβολταϊκών Πλαισίων

Η επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων που θα χρησιμοποιηθούν για την εγκατάσταση ΦΒ συστήματος είναι ένα σύνθετο πρόβλημα το οποίο δυσκολεύει ακόμη περισσότερο αν ληφθεί υπόψη η πληθώρα των κατασκευαστριών εταιριών που δραστηριοποιούνται στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ειδικότερα στα Φ/Β συστήματα.

Τα κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη επιλογή των πλαισίων είναι η μέγιστη ισχύς που παράγουν, η απόδοσή τους, η αξιοπιστία και η τεχνογνωσία της κατασκευάστριας εταιρείας και το κόστος του πλαισίου. Βάση ερευνών, η καλύτερη επιλογή είναι αυτή των τεχνολογιών κρυσταλλικού πυριτίου. Η επιλογή πλαισίων πρέπει να γίνει μεταξύ μονοκρυσταλλικού πυριτίου και του πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Είναι δύσκολο να διαπιστωθεί αν η υψηλότερη απόδοση που εγγυάται η τεχνολογία του μονοκρυσταλλικού πυριτίου αντισταθμίζει το κόστος του. Συνεπώς πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες όπως ο διαθέσιμος χώρος που θα γίνει η εγκατάσταση, και η οικονομική κατάσταση του παραγωγού/καταναλωτή. Λόγω του μικρού διαθέσιμου χώρου του δώματος πρέπει να επιλεχθούν μονοκρυσταλλικά πλαίσια αφού παράγουν μεγαλύτερη ισχύ ανά τετραγωνικό μέτρο. Για τη παρούσα εγκατάσταση θα χρησιμοποιηθούν πλαίσια από την εταιρεία GESOLAR Cyprus η οποία

δραστηριοποιείται στη Κύπρο στο τομέα των Φ/Β συστημάτων. Συγκεκριμένα θα χρησιμοποιηθούν τα πλαίσια GES -6M305. Πιο κάτω, αναφέρονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων πλαισίων.

#### Working Point for Standard Test Conditions (STC)

MPP Voltage [V]	36.20	MPP Current [A]	8.42
Open Circuit Voltage [V]	45.50	Short-Circuit Current [A]	8.93
Fill Factor	75.02	Rel. Efficiency [%]	100.00

#### Partial Load Model

Values source:

Standard

Model:

Two-diode Model

Serial Resistance $R_s$ [ $\Omega$ ]	6.0e-03	Photocurrent Parameters $C_1$ [ $m^2/V$ ]	7.878e-03
Parallel Resistance $R_p$ [ $\Omega$ ]	8.138	Photocurrent Parameters $C_2$ [ $m^2/(V \cdot K)$ ]	3.552e-06
Saturation Current Parameters $C_{s1}$ [ $A/K^2$ ]	7.054e+01	Photocurrent [A]	8.937
Saturation Current Parameters $C_{s2}$ [ $A/K^{2.5}$ ]	1.9e-03		

Εικόνα 6.4 (α) Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πλαισίων GES - 6M305

Cell Type

Si monocrystalline

☐ Only suitable for transformer inverters

Number of Cells [-]

72

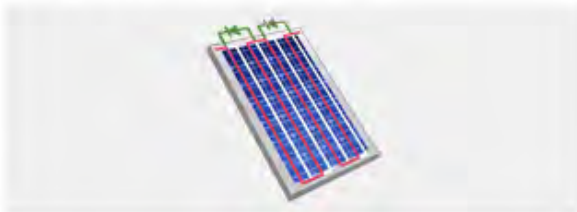

Number of Bypass Diodes [-]

3

Integrated power optimizer

No selection

☒ Cell strings perpendicular to short side
 ☐ Cell Strings Parallel to Short Side

MPP Voltage [V]	36.20	Nominal output [W]	305.00
MPP Current [A]	8.42	Efficiency [%]	15.71
Open Circuit Voltage [V]	45.50		
Short-Circuit Current [A]	8.93		
Fill Factor	75.02		
Increase open circuit voltage before stabilisation [%]	0.00		

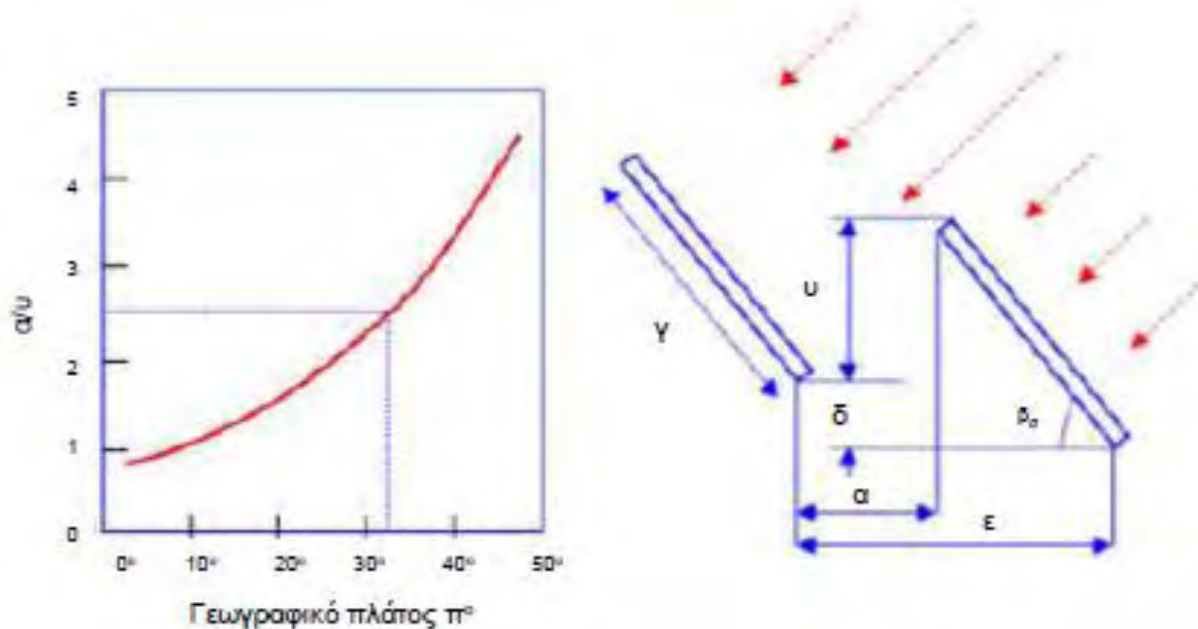
Εικόνα 6.5 (β) Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πλαισίων GES - 6M305.

Width [mm]	992
Height [mm]	1956
Depth [mm]	50
Frame Width [mm]	11
Weight [kg]	24.00
Solar Surface Area [m <sup>2</sup> ]	1.94
<input type="checkbox"/> Framed	

Εικόνα 6.6 Μηχανικά χαρακτηριστικά πλαισίων GES - 6M305.

Με βάση τα μηχανικά χαρακτηριστικά των πλαισίων προκύπτει η οριζόντια διάταξη τους ως πιο βέλτιστη από τη κάθετη διάταξη. Αυτό γίνεται αντιληπτό λόγω του ότι η οριζόντια διάταξη των πλαισίων απαιτεί μικρότερη ελάχιστη απόσταση μεταξύ των δύο σειρών. Αυτό συμβαίνει επειδή λόγω μικρότερου ύψους

των πλαισίων στην οριζόντια διάταξη, δημιουργείται μικρότερη επικάλυψη, συνεπώς μικρότερη σκίαση, της πίσω σειράς. Ο υπολογισμός της ελάχιστης απόστασης  $\alpha$  μεταξύ των δύο σειρών γίνεται ως εξής: Το πλαίσιο που έχει επιλεγεί με δεδομένο οριζόντιο προσανατολισμό τοποθέτησης έχει μήκος  $\gamma = 1,956$  m και πλάτος 0,992 m (από μηχανικά χαρακτηριστικά). Το ύψος του πλαισίου δίδεται από τη σχέση:  $u = \gamma * \sin\beta - \delta$  όπου  $\beta$  η γωνία κλίσης των πλαισίων και  $\delta$  η διαφορά ύψους μεταξύ των δύο σειρών. Δεδομένου ότι  $\beta = 30$  μοίρες και  $\delta = 0$ ,  $u = 1,956 * \sin 30 - 0 = 0,978$  m. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας το πιο κάτω διάγραμμα υπολογίζετε η ελάχιστη απόσταση  $\alpha$  μεταξύ των δύο σειρών. Η αναλυτική έκφραση της σχέσης  $(\alpha/u) = 0,0042 * \phi^2 - 0,1661 * \phi + 2,8653$ , όπου  $\phi$  είναι το γεωγραφικό πλάτος του τόπου όπου θα γίνει η εγκατάσταση. Έτσι για γεωγραφικό πλάτος  $\phi = 35,07^\circ$  ο λόγος  $(\alpha/u) = 2,20$  οπότε  $\alpha = 2,20 * 0,978 = 2,1516$  m. Αυτή είναι η ελάχιστη απόσταση που πρέπει να τηρείται ώστε να μην υπάρχει σκίαση μεταξύ των δύο σειρών.



Εικόνα 6.7 (α) Διάγραμμα με το λόγο  $(\alpha/u)$  σε συνάρτηση με γεωγραφικό πλάτος, (β) ελάχιστη απόσταση μεταξύ των δύο σειρών.

### 6.3 Επιλογή του Αντιστροφέα (Inverter)

Ένας τρόπος για την σωστή επιλογή αντιστροφέα, είναι η επιλογή αντιστροφέα με ονομαστικής ισχύς ίσης με τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ του Φ/Β συστήματος. Από έρευνες, έχει αποδεικνύεται ότι η ενεργειακά βέλτιστη διαστασιολόγηση του αντιστροφέα, εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου της εγκατάστασης, το σχήμα της καμπύλης απόδοσης του αντιστροφέα και από τη γωνία κλίσης των πλαισίων. Η βέλτιστη απόδοση του αντιστροφέα επιτυγχάνεται με υποδιαστασιολόγηση ή με

υπερδιαστασιολόγηση της ισχύος του αντιστροφέα σε σχέση με την ονομαστική ισχύ εξόδου της Φ/Β συστοιχίας. ( $0,80 P_{PV} < P_{INVERTER} < 1,10 P_{PV}$ ). Ο αντιστροφέας θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα ελέγχου της Άεργου Ισχύος, έτσι ώστε ο Συντελεστής Ισχύος στο σημείο σύνδεσης του Φωτοβολταϊκού Συστήματος με το Δίκτυο Διανομής να κυμαίνεται μεταξύ 0,90 χωρητικός (Απορρόφηση Άεργου Ισχύος) και 0,90 επαγωγικός (Εγχυση Άεργου Ισχύος). Ο αντιστροφέας του Φωτοβολταϊκού Συστήματος θα πρέπει να είναι κατάλληλα ρυθμισμένος και προγραμματισμένος έτσι ώστε ο Συντελεστής Ισχύος στο σημείο σύνδεσης του Φωτοβολταϊκού Συστήματος με το Δίκτυο Διανομής να ακολουθεί τη χαρακτηριστική καμπύλη διακύμανσης του Συντελεστή Ισχύος σε συνάρτηση με την αύξηση/μεταβολή της παραγόμενης Ενεργού Ισχύος του Φωτοβολταϊκού Συστήματος (πιο κάτω διάγραμμα). Για την παρούσα εγκατάσταση θα χρησιμοποιηθεί ο αντιστροφέας GES -3K3TL από την εταιρεία GESOLAR Cyprus.



Διάγραμμα 6.8 Χαρακτηριστική καμπύλη διακύμανσης του Συντελεστή Ισχύος.

Πιο κάτω, αναφέρονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του αντιστροφέα που επιλέχτηκε.



#### MPP Matching Efficiency [%]

Output Range < 20% of Power Rating [%]

97.00

Output Range > 20% of Power Rating [%]

98.90

Parallel Operation

The MPP trackers cannot be interconnected

No. of MPP Trackers

2

	MPP 1	MPP 2
Max. Input Current per MPP Tracker [A]	10	10
Max. Input Power per MPP Tracker [kW]	4.5	4.5
Min. MPP Voltage [V]	130	130
Max. MPP Voltage [V]	500	500

Εικόνα 6.9 (α) Ηλεκτρικά δεδομένα αντιστροφέα.

DC Power Rating [kW]

4.50

Max. DC Power [kW]

4.50

AC Power Rating [kW]

3.30

Max. AC Power [kVA]

3.80

Standby Consumption [W]

0.50

Feed-in from [W]

20.00

Night Consumption [W]

0.50

Max. Input Current [A]

20.00

Max. Input Voltage [V]

500.00

Nom. DC Voltage [V]

500.00

Grid Connection

1-phase

Number of DC Inlets

2

☐ With Transformer

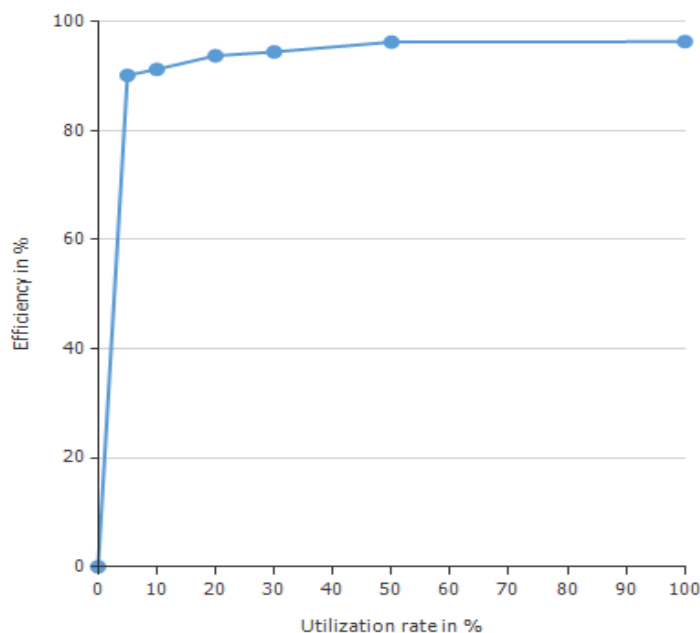
☒ Without Transformer

Change in Efficiency when Input Voltage deviates from Rated Voltage [%/100V]

0.99

Εικόνα 6.9 (β) Ηλεκτρικά δεδομένα αντιστροφέα.

Utilization rate in %	Efficiency in %
5	90.1
10	91.2
20	93.7
30	94.4
50	96.2
100	96.3



Εικόνα 6.10 Χαρακτηριστική καμπύλη απόδοσης αντιστροφέα.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως τα χαρακτηριστικά των πλαισίων και του αντιστροφέα έχουν ληφθεί από τη βάση δεδομένων του προγράμματος που έχει γίνει η μοντελοποίηση του Φ/Β συστήματος PVSOL PREMIUM 2018. Η εταιρεία προσφέρει εγγύηση προϊόντος από 10 έως 12 χρόνια και εγγύηση απόδοσης μέχρι 25 χρόνια και για τους μετατροπείς τάσης δίνεται εγγύηση προϊόντος από 5 - 25 χρόνια.

#### 6.4 Σύστημα στήριξης των πλαισίων

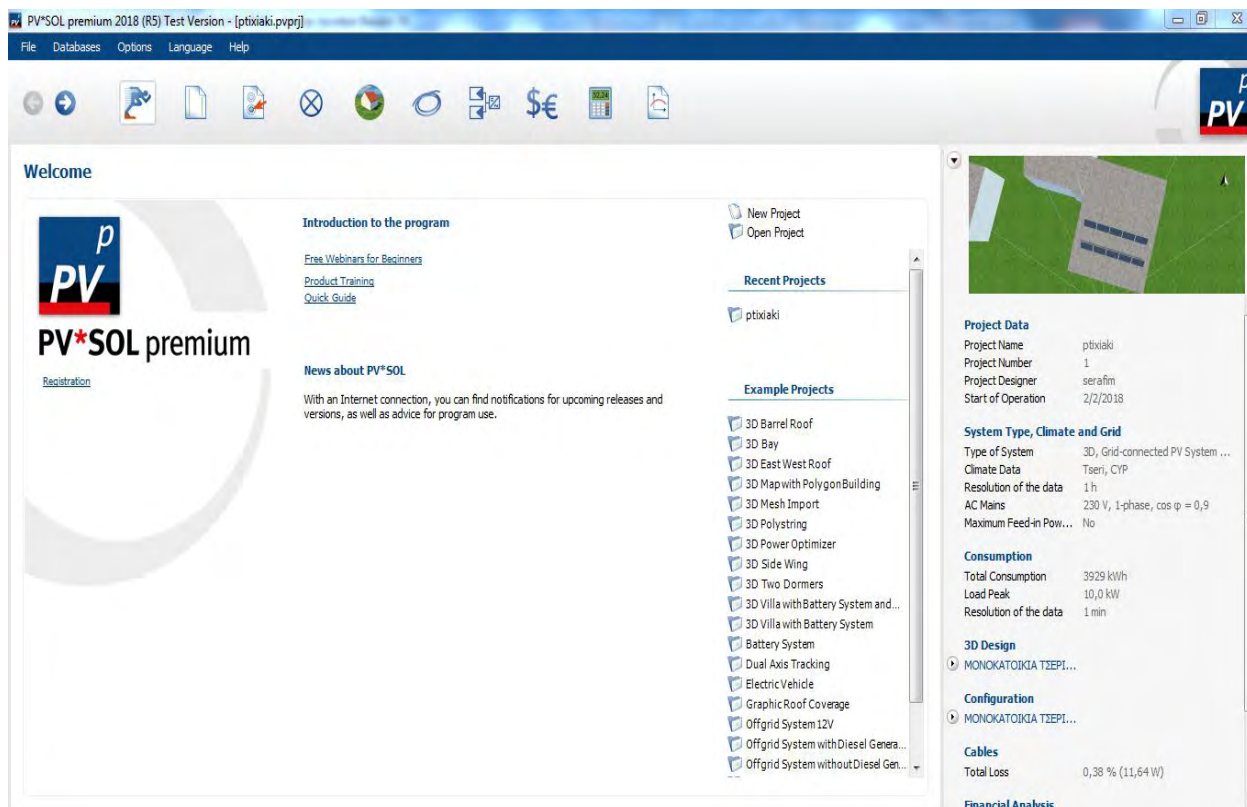
Θα χρησιμοποιηθεί σύστημα σταθερής στήριξης από την ίδια την εταιρία, το οποίο γενικά παρέχει την δυνατότητα να προσαρμόζεται ανάλογα με το ύψος, για την τέλεια ευθυγράμμιση των πάνελ σε ανώμαλο έδαφος ή σε επικλινείς επιφάνειες οροφής. Επίσης, οι βάσεις σταθερής στήριξης Φ/Β συστημάτων μονής συστοιχίας πλαισίων, έχουν τη δυνατότητα να εφαρμοστούν σε Φ/Β πάρκο στο έδαφος ή/και σε επίπεδες οροφές κτιρίων. Υπάρχουν λεπτομερή σχέδια των εγκαταστάσεων όλων των μορφών και των εξαρτημάτων ενός προτύπου σταθερού συστήματος τοποθέτησης, για την κατασκευή μιας μονής γραμμής πάνελ στις 25° έως 30°. Εν κατακλείδι, όλη η εγκατάσταση θα στοιχίσει 5000 ευρώ.

### 6.5 Το πρόγραμμα PVSOL PREMIUM 2018

Το λογισμικό PVSOL PREMIUM 2018 έχει δημιουργηθεί από την εταιρεία Valentin Software της οποίας ιδρυτής είναι ο Gerard Valentin. Παρέχει τη δυνατότητα σχεδιασμού και μοντελοποίησης ενός Φ/Β συστήματος. Ακόμη το πρόγραμμα διαθέτει βάσεις δεδομένων με φωτοβολταϊκά πλαίσια και αντιστροφείς από διάφορες εταιρίες παγκόσμιας εμβελείας. Άλλες χρήσιμες προσθήκες για τη βελτιστοποίηση ενός συστήματος είναι η έξοδος των χαρακτηριστικών I - V για κάθε σημείο της προσομοίωσης, καθώς και ένα διάγραμμα ροής ενέργειας που αντιπροσωπεύει το συνολικό σύστημα, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος συσσωρευτών, των ηλεκτρικών συσκευών και ενός ηλεκτρικού οχήματος. Τέλος, μια πολύ σημαντική δυνατότητα είναι πως μπορούν να εισαχθούν κλιματικά δεδομένα μιας χώρας και ειδικότερα ενός τόπου όπου γίνεται ή θα γίνει εγκατάσταση Φ/Β συστήματος.

### 6.6 Μοντελοποίηση Φωτοβολταϊκού Συστήματος 3 kWp συνδεδεμένου με το δίκτυο με τη μέθοδο συμψηφισμού μετρήσεων (NET - METERING).

Για τη μοντελοποίηση του Φωτοβολταϊκού Συστήματος χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό PVSOL PREMIUM 2018. Βαση αυτού σχεδιάστηκε και προσομοιώθηκε ένα ιδανικό ΦΒ σύστημα για την κατοικία. Στο τέλος έγινε και μια οικονομική ανάλυση της επένδυσης που θα κάνει ο παραγωγός/καταναλωτής. Πιο κάτω περιγράφονται αναλυτικά όλα τα στάδια της μοντελοποίησης.

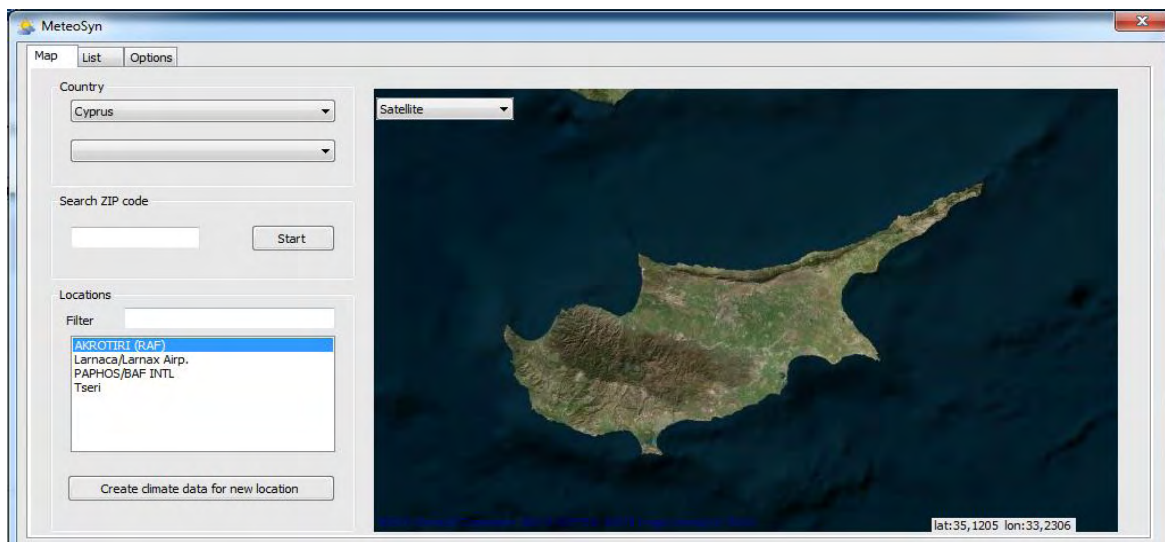


Εικόνα 6.11 Αρχική οθόνη του προγράμματος.

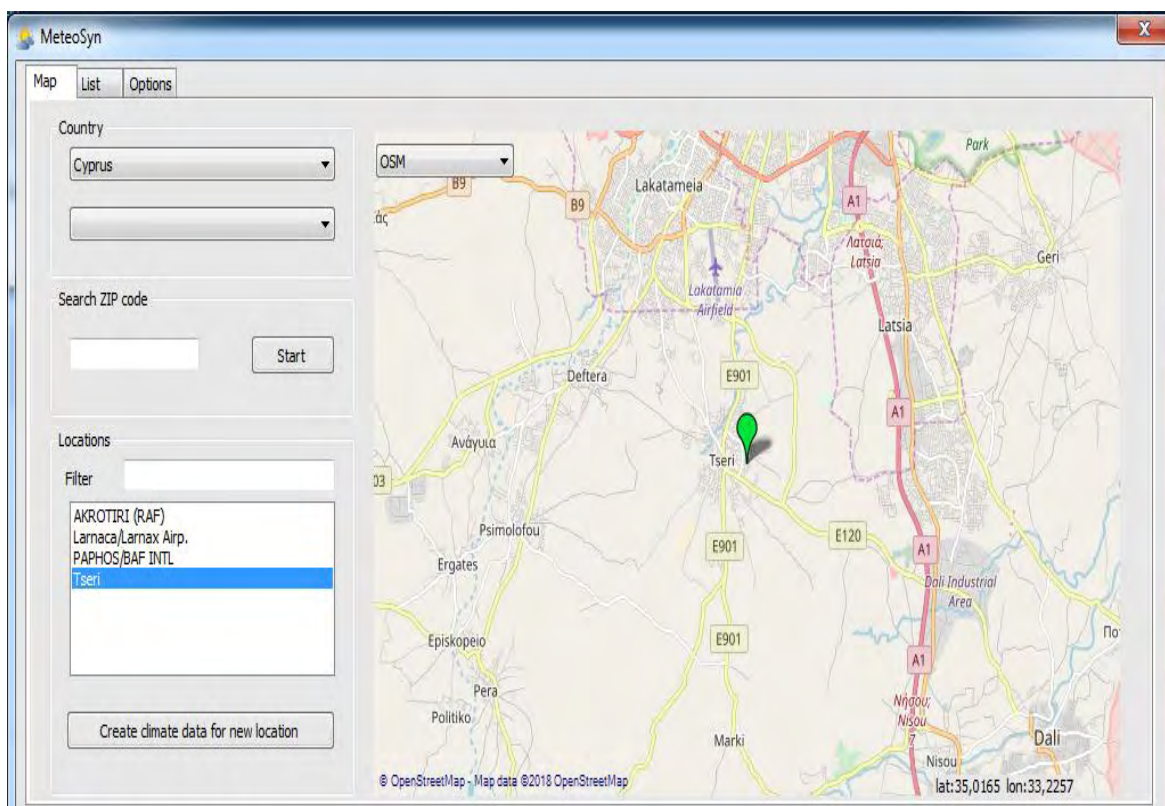
### System Type, Climate and Grid



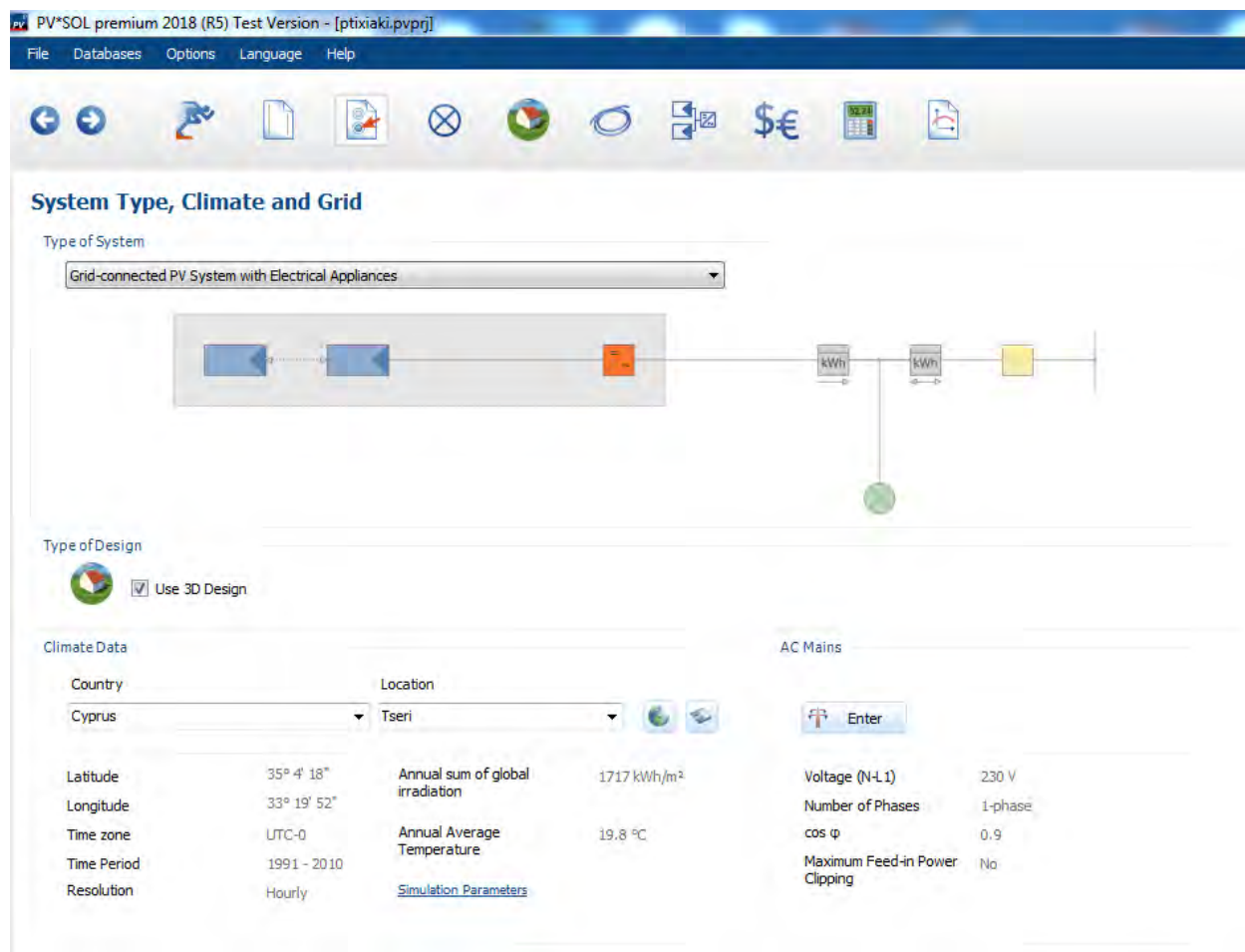
Πρώτο και πιο σημαντικό βήμα είναι η εισαγωγή κλιματικών δεδομένων και στοιχεία του δικτύου αλλά και το τύπο του Φ/Β συστήματος που θα χρησιμοποιηθούν για την μοντελοποίηση. Αυτό επιτυγχάνεται επιλέγοντας την εντολή System Type, Climate and Grid. Το ΦΒ σύστημα θα είναι μονοφασικό διασυνδεδεμένο με το δίκτυο χαμηλής τάσης της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου (ΑΗΚ). Όπως ορίζεται από την ΑΗΚ ο συντελεστής ισχύος κυμαίνεται μεταξύ 0,90 χωρητικός (Απορρόφηση Άεργου Ισχύος) και 0,90 επαγωγικός (Έγχυση Άεργου Ισχύος). Όσο αφορά τα κλιματικά δεδομένα, με τη βοήθεια του MeteoSyn που παρέχει το πρόγραμμα εισάγεται η περιοχή.



Εικόνα 6.12 Εισαγωγή Χώρας.



Εικόνα 6.13 Εισαγωγή Περιοχής.



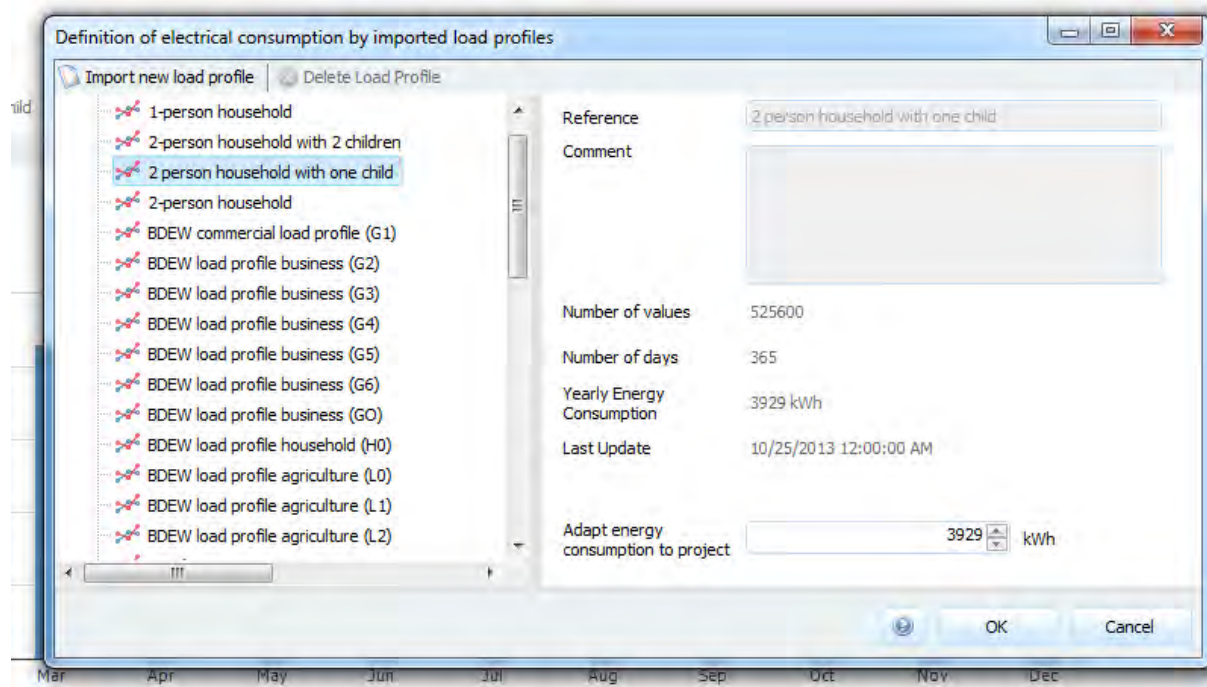
Εικόνα 6.14 Αποτέλεσμα μετά την εισαγωγή αρχικών δεδομένων.

## Consumption



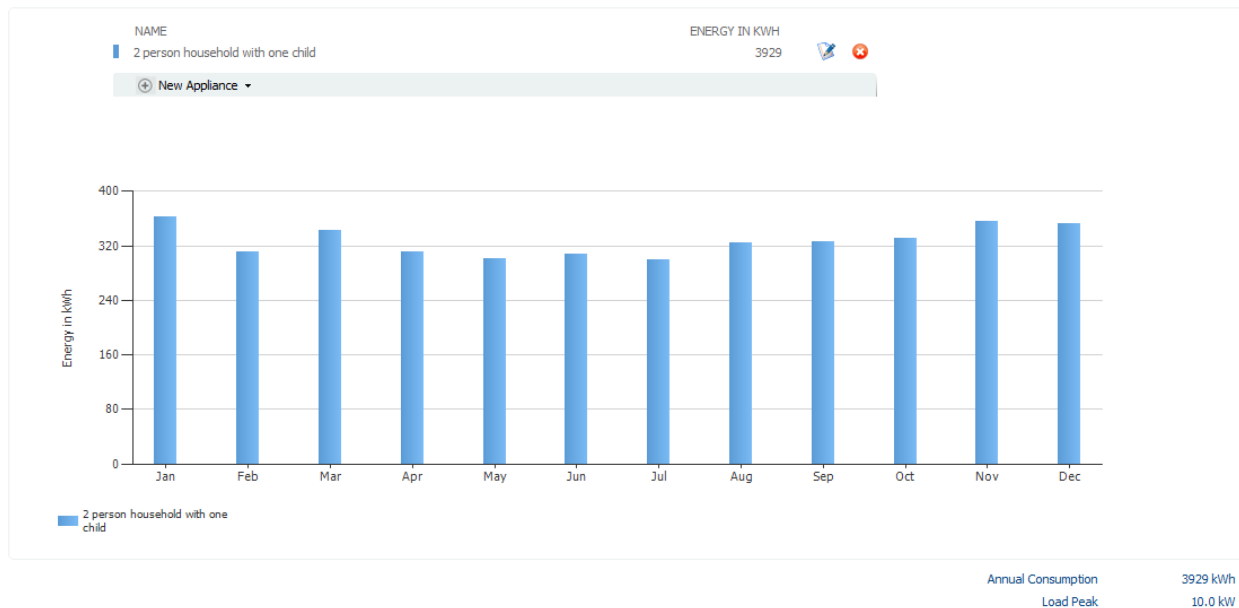
Το πρόγραμμα διαθέτει μια βιβλιοθήκη όπου μέσω αυτής μπορεί να υπολογιστεί προσεγγιστικά η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Πατώντας το εικονίδιο Consumption και επιλέγοντας την εντολή New Appliance, εμφανίζεται ένα παράθυρο όπου βάση των ατόμων που επιλέγονται υπολογίζεται η ετήσια ενέργεια που καταναλώνουν. Στη περίπτωση αυτής της μοντελοποίησης επιλέγονται 2 ενήλικες (ανδρόγυνο) και 1 παιδί.





Εικόνα 6.15 Υπολογισμός ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με βάση των ατόμων.

#### Consumption

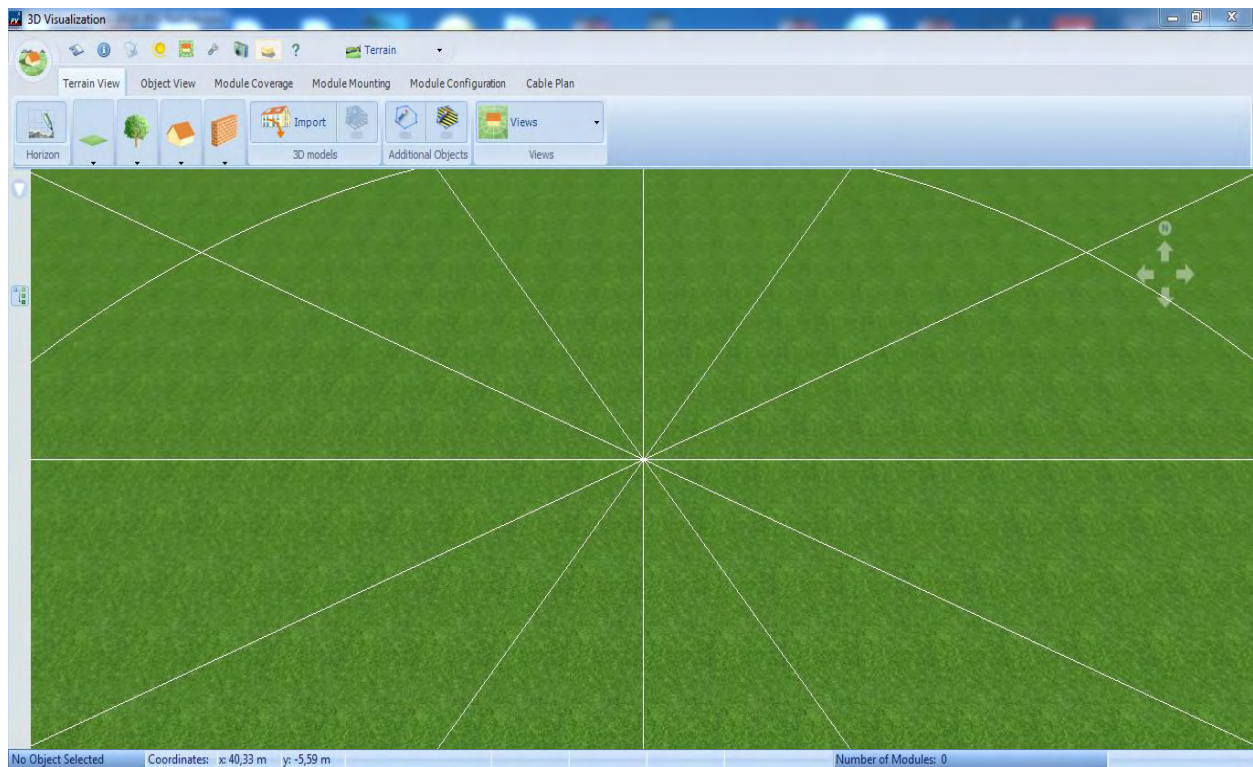


Εικόνα 6.16 Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για 2 ενήλικες (ανδρόγυνο) και 1 παιδί.

### 3D – Design



Επόμενο βήμα είναι η τρισδιάστατη σχεδίαση του κτιρίου και τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαίσιων στο δώμα του κτιρίου.

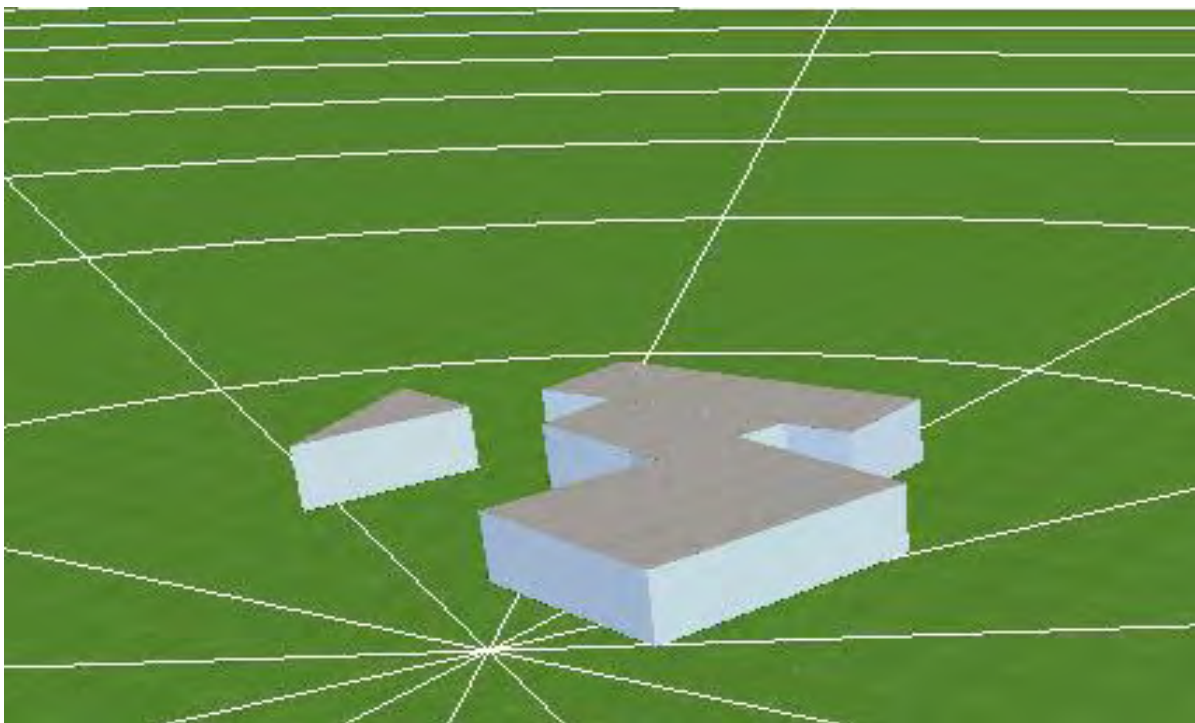


Εικόνα 6.17 Αρχική οθόνη 3D – Design.

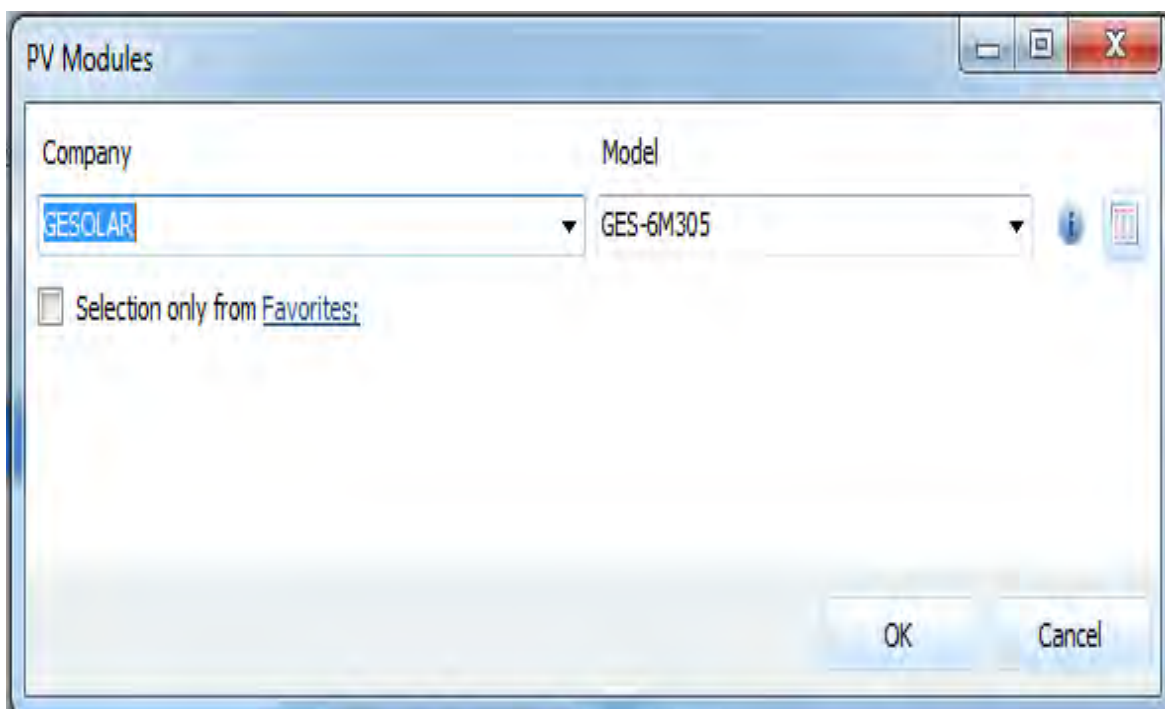
Αρχικά, από τη κατηγορία Terrain View δημιουργείτε το κτίριο σε τρισδιάστατη μορφή. Με την εντολή Import εισάγεται σε μορφή εικόνας η κάτοψη του δώματος/στεγής του κτιρίου όπου στη συνέχεια δημιουργείται το κτίριο βάσει των τριών του διαστάσεων του. Στη παρούσα μελέτη χρησιμοποιώντας την εντολή Drag and Drop a building onto the terrain και επιλέγοντας την υποκατηγορία Building with flat roof δημιουργήθηκε το κτίριο όπου θα γίνει η μοντελοποίηση. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας την κατηγορία Module Coverage επιλέγονται τα πλαίσια που θα τοποθετηθούν καθώς και η οριζόντια/κάθετη τοποθέτηση τους. Στη κατηγορία Module Mounting επιλέγονται κάποιες άλλες



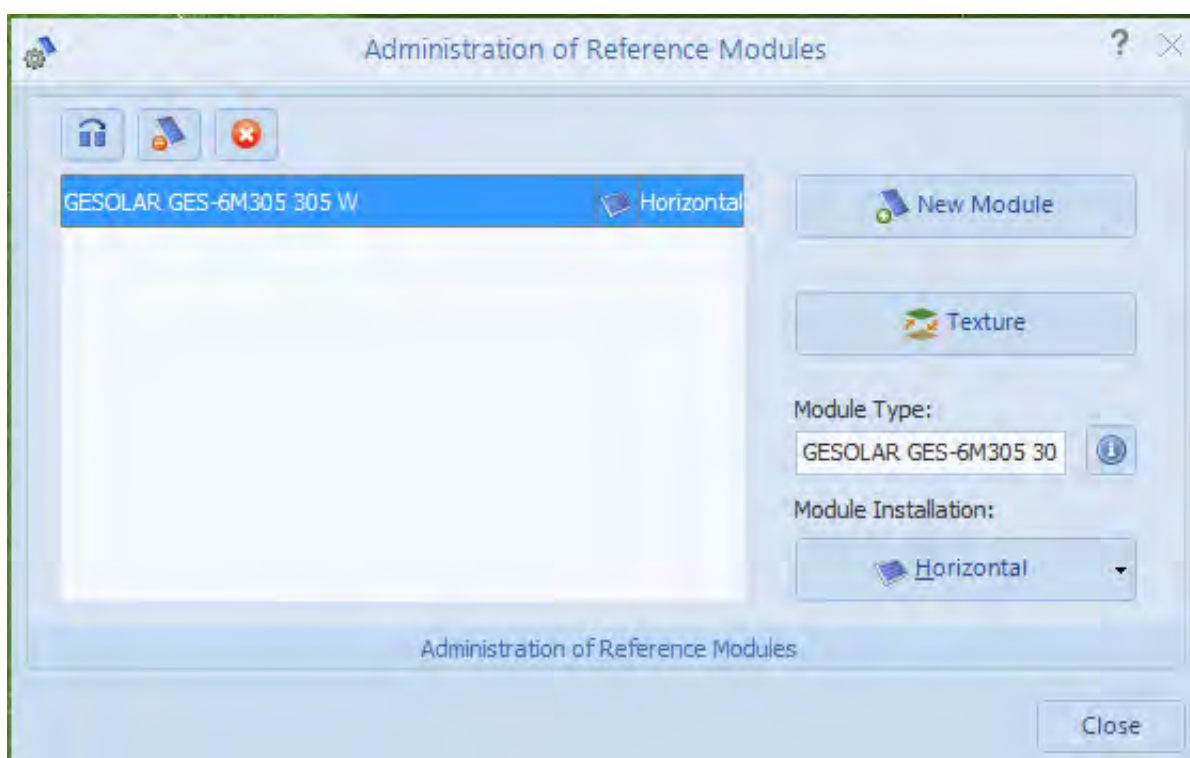
σημαντικές παράμετροι όπως είναι ο προσανατολισμός των πλαισίων, η κλίση τους και οι αποστάσεις μεταξύ των πλαισίων, επιπλέον γίνεται και η τοποθέτηση των πλαισίων. Από τις προηγούμενες ενότητες επιλέχτηκε η οριζόντια τοποθέτηση των πλαισίων. Στην Κύπρο βέλτιστος προσανατολισμός πλαισίων είναι ο Νότος και κλίση 25-30°, για την μοντελοποίηση επιλέγεται ο νότιος προσανατολισμός με κλίση 30° και θα τοποθετηθούν 2 γραμμές από πέντε πλαίσια η καθεμία συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 3,05 kw. Στην εικόνα 6.22 φαίνονται οι σκιάσεις στα Φωτοβολταικά πλαίσια, με πράσινο χρώμα δεν υπάρχει σκίαση, με κίτρινο χρώμα υπάρχει μερική σκίαση και με κόκκινο χρώμα υπάρχει ολική σκίαση. Στην εικόνα 6.23 παρουσιάζεται το τελικό αποτέλεσμα μετά την ολοκλήρωση της εντολής Module Mounting.



Εικόνα 6.18 Αποτέλεσμα μετά το τέλος της εκτέλεσης του Terrain View.



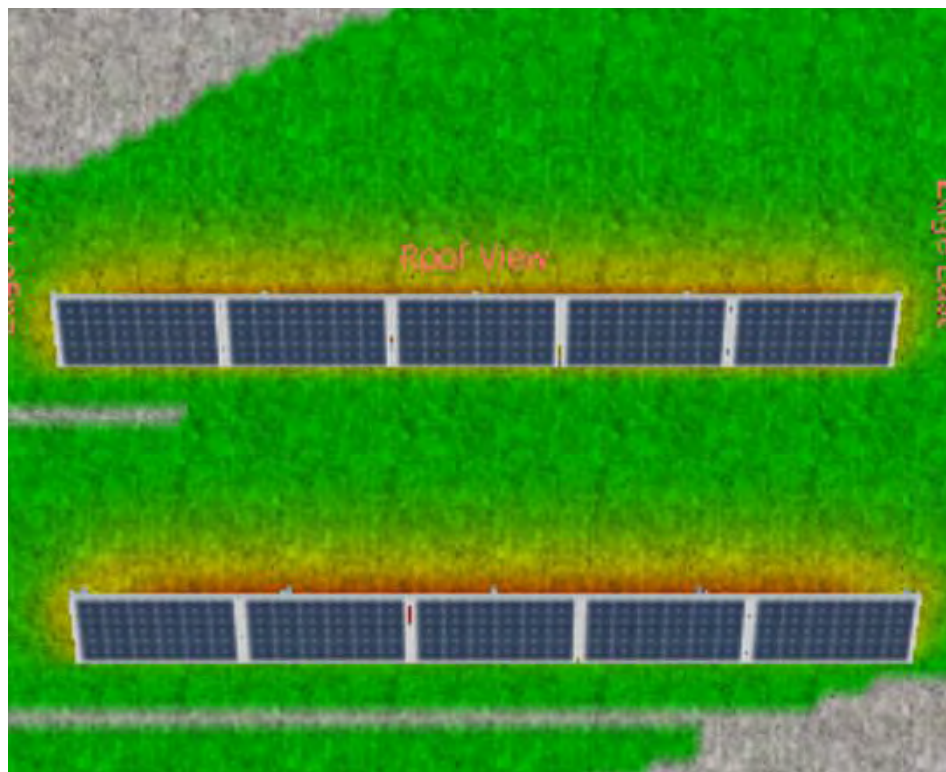
Εικόνες 6.19 Επιλογή πλαισίου



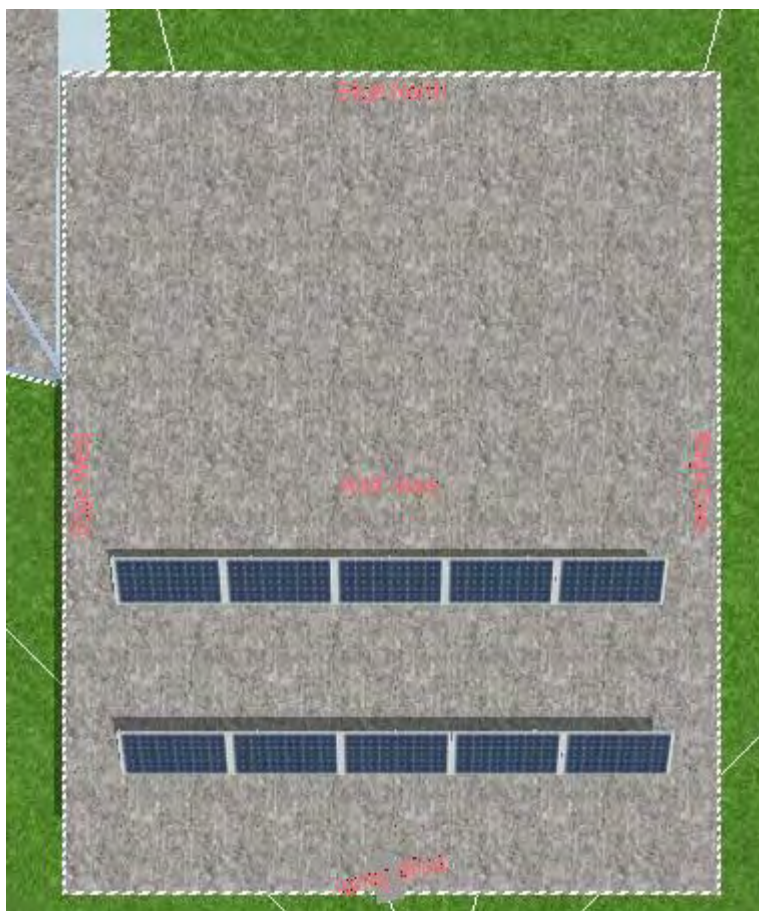
Εικόνα 6.20 Επιλογή οριζόντιας τοποθέτησης των πλαισίων.



Εικόνα 6.21 Επιλογή κλίσης, προσανατολισμού και αποστάσεων των πλαισίων.



Εικόνα 6.22 Σκιάσεις στην περιοχή των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

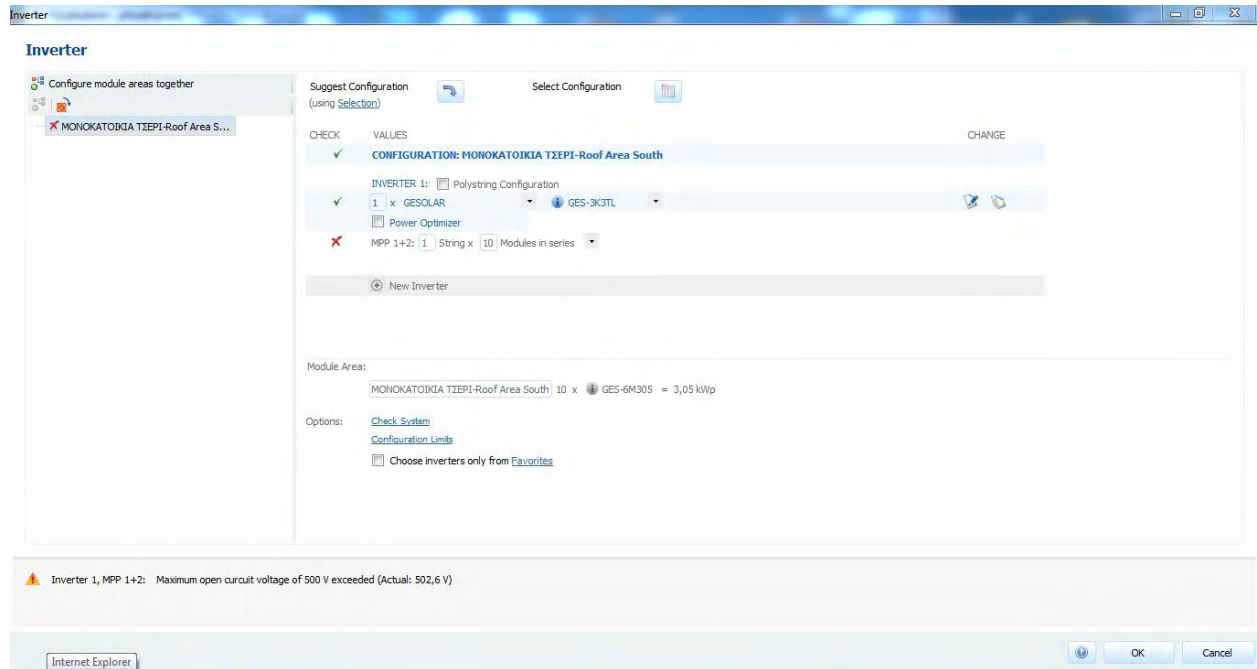


Εικόνα 6.23 Αποτέλεσμα μετά τη ολοκλήρωση της εντολής Module Mounting.

Ακολούθως, τελικό βήμα για την ολοκλήρωση του 3D – Design είναι η εκτέλεση του Module Configuration. Με αυτή την εντολή εισάγετε ο αντιστροφέας στο φωτοβολταϊκό σύστημα. Για την μοντελοποίηση θα χρησιμοποιηθεί ο αντιστροφέας GES - 3K3TL από την εταιρεία GESOLAR Cyprus. Για σωστή διαστασιολόγηση του αντιστροφέα πρέπει να ικανοποιούνται οι εξής συνθήκες:

- 1) ελάχιστη τάση λειτουργίας της συστοιχίας σε θερμοκρασία  $70^{\circ}\text{C}$  και ηλιακή ακτινοβολία  $1000\text{ W/m}^2$  να είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη τάση λειτουργίας του αντιστροφέα.
- 2) μέγιστη τάση λειτουργίας της συστοιχίας σε θερμοκρασία  $15^{\circ}\text{C}$  και ηλιακή ακτινοβολία  $1000\text{ W/m}^2$  να είναι μικρότερη από τη μέγιστη τάση λειτουργίας του αντιστροφέα.
- 3) μέγιστη τάση ανοικτού κυκλώματος σε θερμοκρασία  $-10^{\circ}\text{C}$  και ηλιακή ακτινοβολία  $1000\text{ W/m}^2$  να είναι μικρότερη της μέγιστης τάσης εισόδου του αντιστροφέα.
- 4) μέγιστη τάση ανοικτού κυκλώματος σε θερμοκρασία  $-10^{\circ}\text{C}$  και ηλιακή ακτινοβολία  $1000\text{ W/m}^2$  να είναι μικρότερη από τη μέγιστη τάση του συνολικού συστήματος.

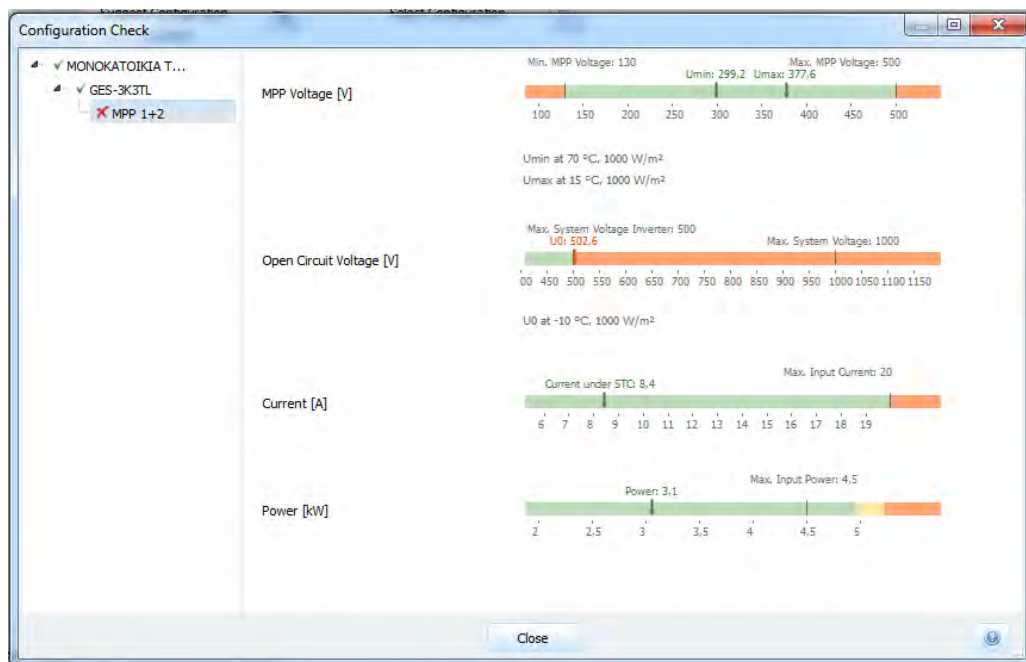
Εισάγοντας τον αντιστροφέα και σε συνδυασμό τα 10 πλαίσια να είναι σε σειρά (1x10) προκύπτει σφάλμα.



Εικόνα 6.24 Εισαγωγή αντιστροφέα σε συνδυασμό τα 10 πλαίσια να είναι σε σειρά (1x10) προκύπτει σφάλμα.

Και πιο συγκεκριμένα, η τάση ανοικτού κυκλώματος είναι 502,6 V ενώ το ανώτατο όριο είναι 500 V. (συνθήκη 3)





Εικόνα 6.25 Τάση ανοικτού κυκλώματος είναι 502,6 V ενώ το ανώτατο όριο είναι 500 V.

Ο πιο βέλτιστος συνδυασμός για τα πλαίσια είναι πέντε σε σειρά και παράλληλα με τα υπόλοιπα 5 που είναι σε σειρά. (2x5)

Suggest Configuration  
(using [Selection](#))

Select Configuration

CHECK	VALUES	CHANGE
✓	<b>CONFIGURATION: MONOKATOIKIA ΤΣΕΠΙ-Roof Area South</b>	
	INVERTER 1: <input type="checkbox"/> Polystring Configuration	
✓	1 x GESOLAR <input type="button" value="i"/> GES-3K3TL	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="delete"/>
	<input type="checkbox"/> Power Optimizer	
✓	MPP 1+2: 2 String x 5 Modules in series	
<input type="button" value="+"/> New Inverter		

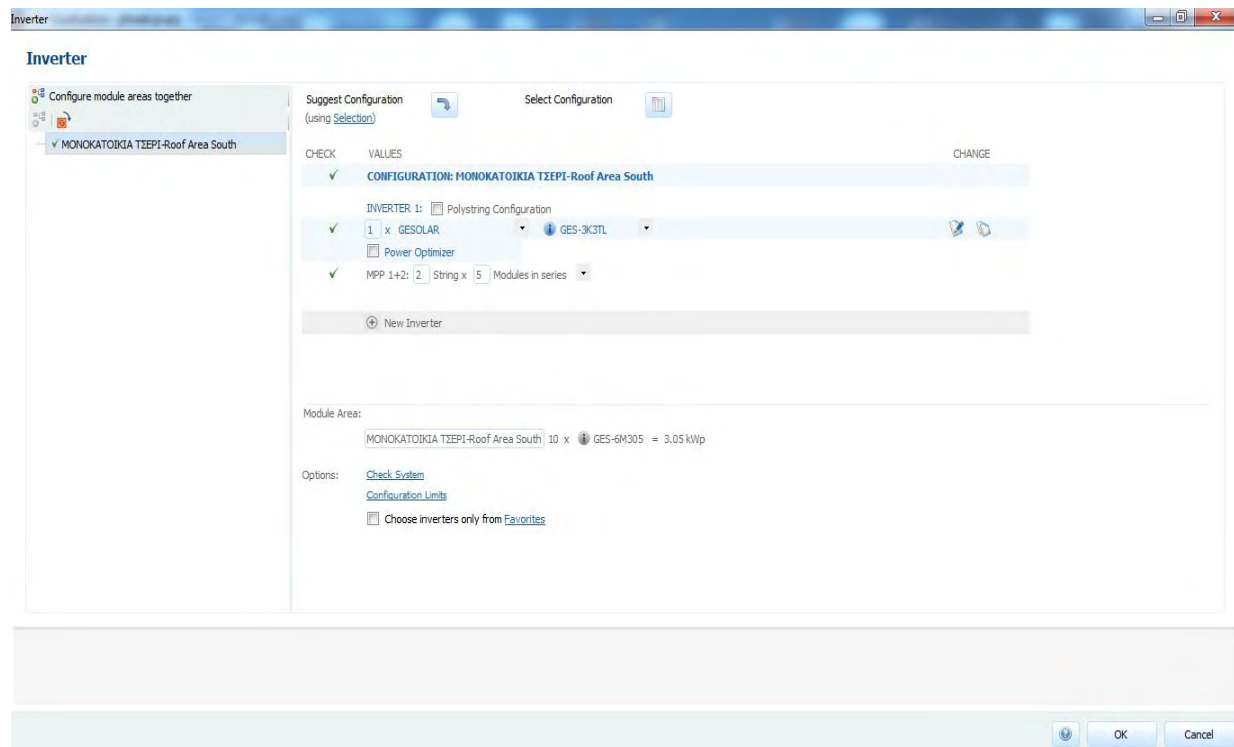
Module Area:

MONOKATOIKIA ΤΣΕΠΙ-Roof Area South
10 x  GES-6M305 = 3,05 kWp

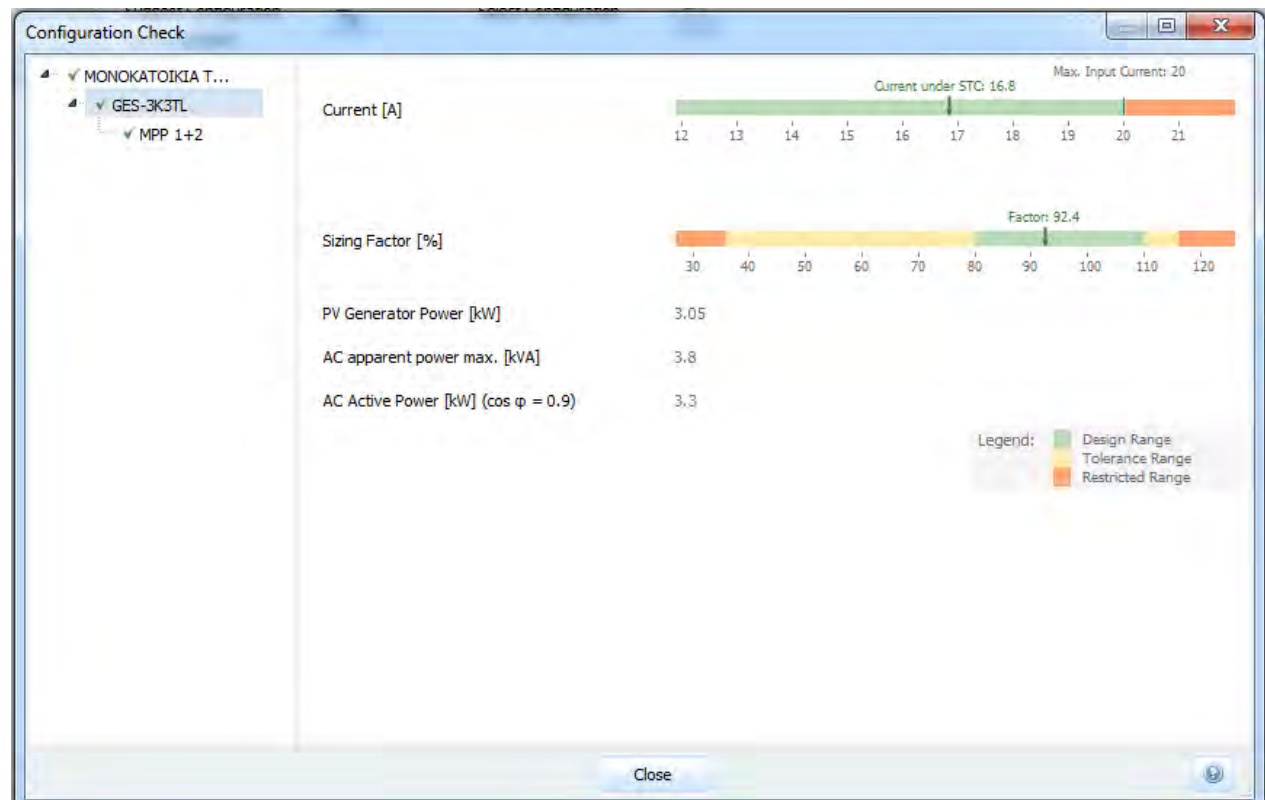
Options:

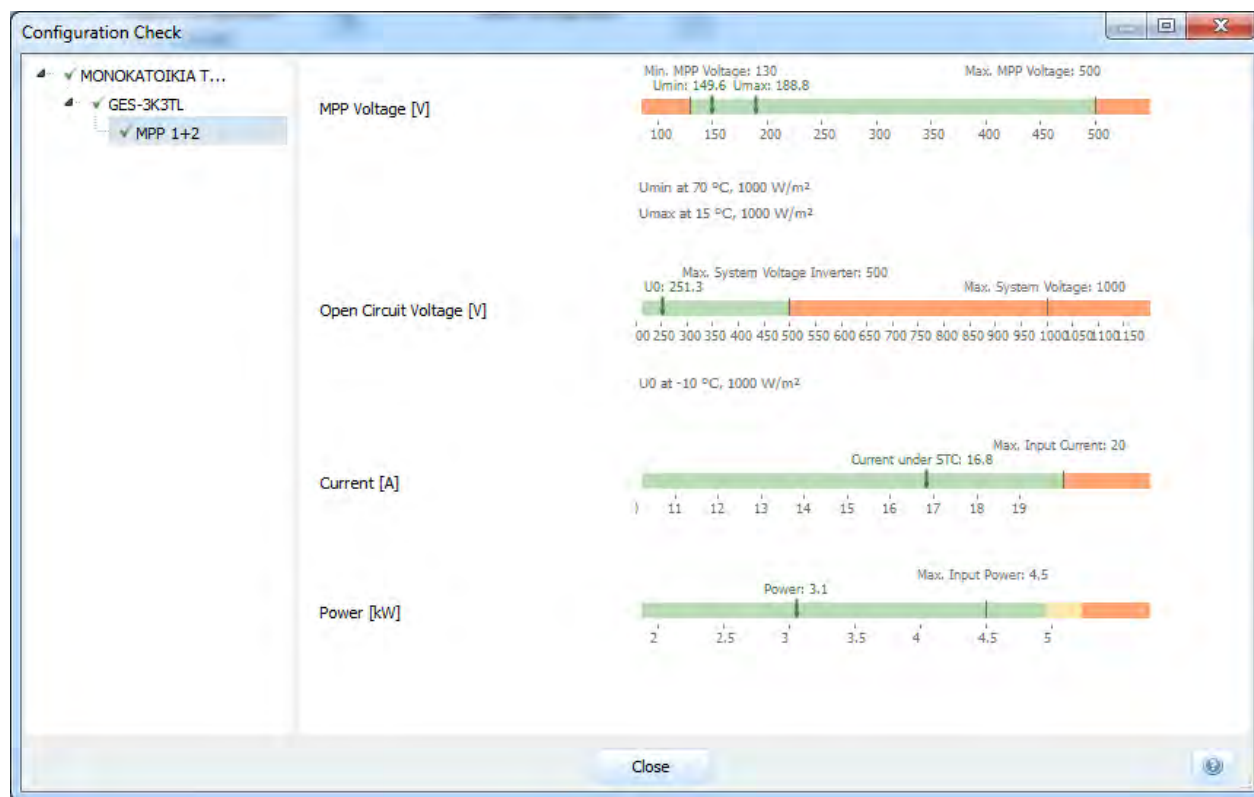
[Check System](#)  
[Configuration Limits](#)  
☐ Choose inverters only from [Favorites](#)

Εικόνα 6.26 Βέλτιστος συνδυασμός για τα πλαίσια είναι πέντε σε σειρά και παράλληλα με τα υπόλοιπα 5 που είναι σε σειρά.

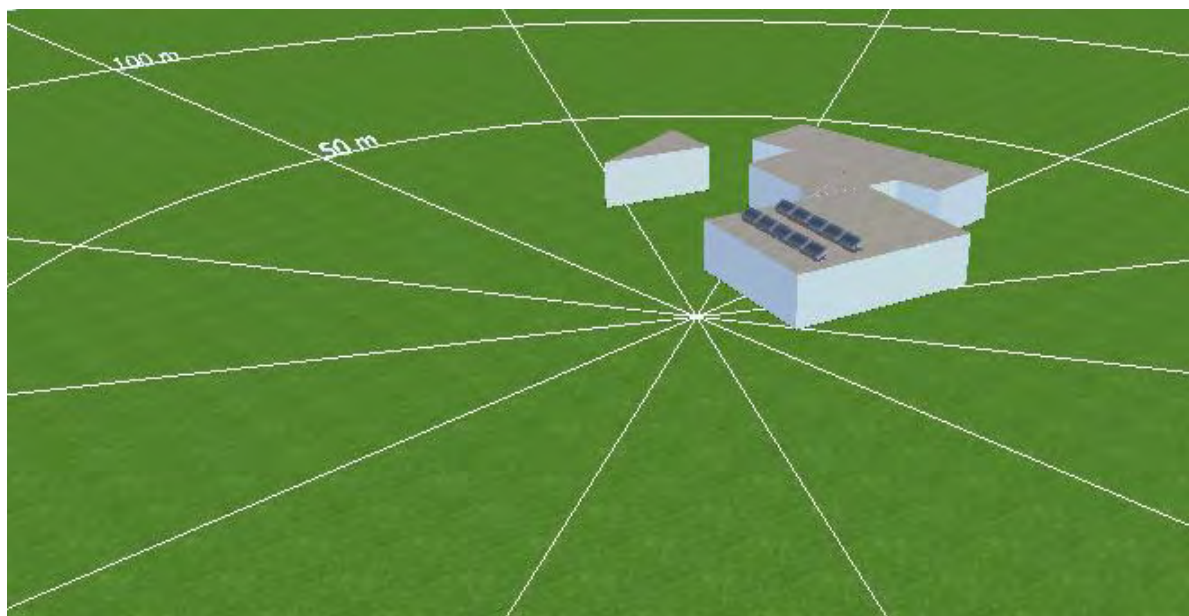


Εικόνα 6.27 Προσθήκη αντιστροφέα.





Εικόνες 6.28 - 6.29 Έλεγχος ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες για σωστή διαστασιολόγηση του αντιστροφέα.



Εικόνα 6.30 Αποτέλεσμα μετά το τέλος της εκτέλεσης του 3D – Design.



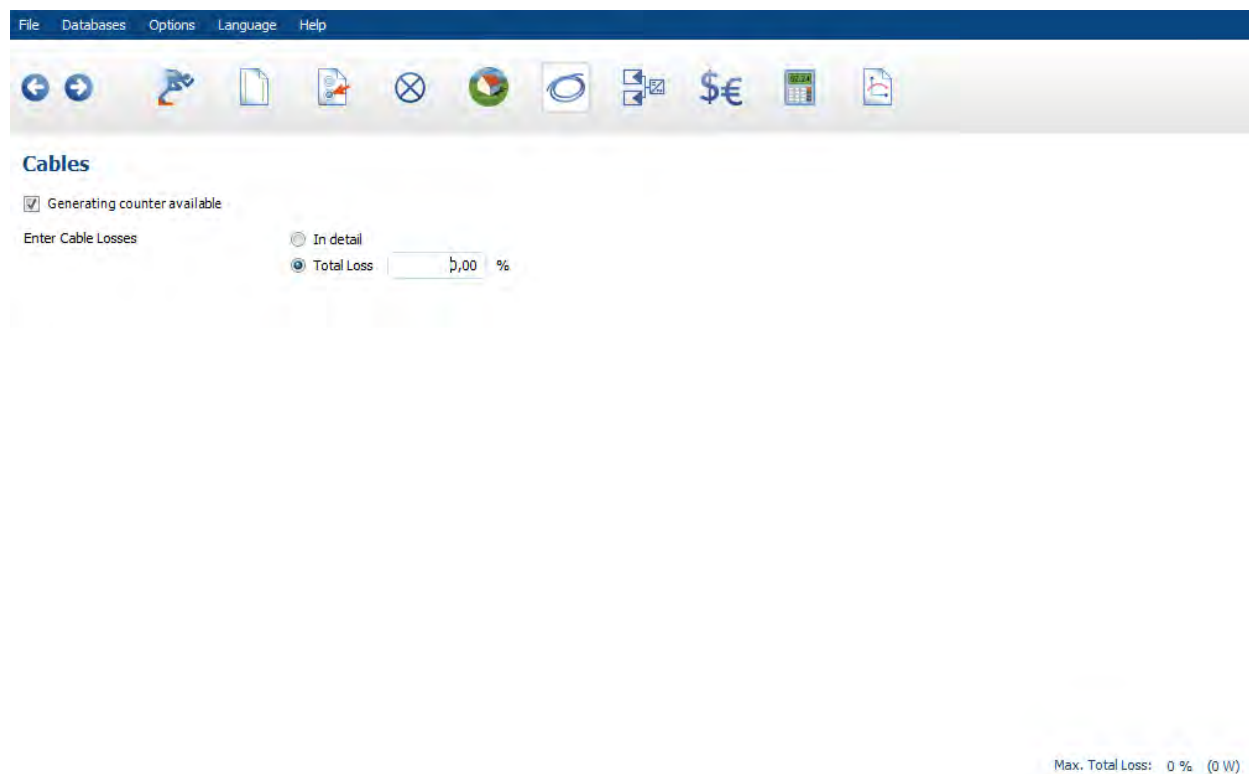
## Cables



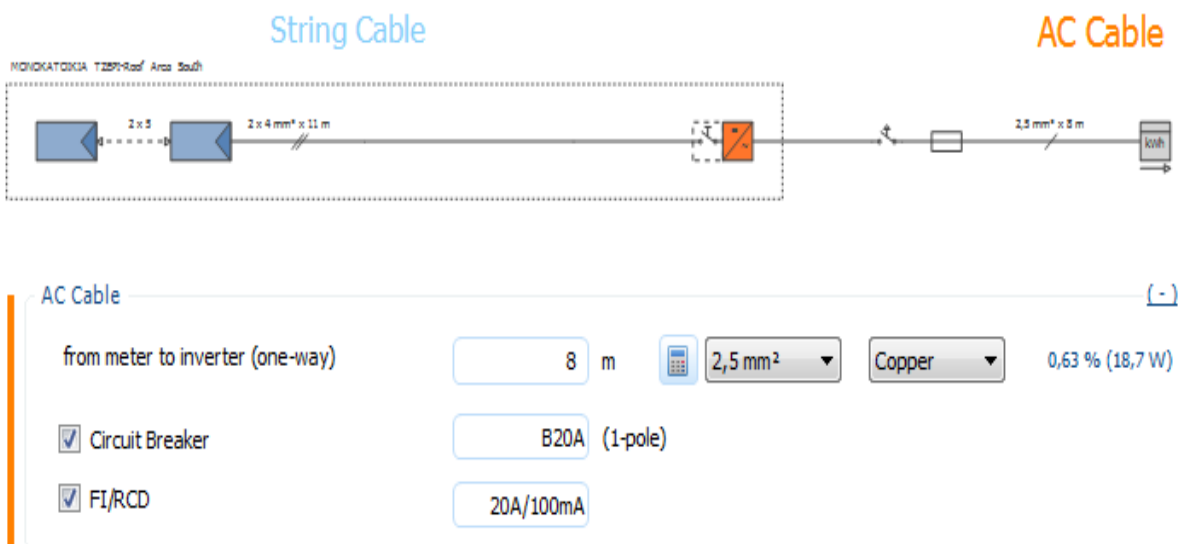
Τελειώνοντας και με το 3D – Design, ακολουθεί η καλωδίωση του συστήματος με τη βοήθεια της εντολής Cables. Η καλωδίωση περιλαμβάνει τις συνδέσεις μεταξύ των Φ/Β πλαισίων, τις συνδέσεις από τα άκρα κάθε εν σειρά κλάδου μέχρι το κουτί παραλληλισμού, και τις συνδέσεις από τα άκρα της Φ/Β συστοιχίας μέχρι τον αντιστροφέα.

Η ελαχιστοποίηση των οδεύσεων είναι επιθυμητή, τόσο στην πλευρά Συνεχούς Ρεύματος όσο και στη πλευρά Εναλλασσόμενου Ρεύματος, προκειμένου να επιτυγχάνεται μείωση των ηλεκτρικών απωλειών. Στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να εγκαθίσταται διακόπτης (όταν αυτός δεν εμπεριέχεται στον αντιστροφέα) ο οποίος θα απομονώνει τον αντιστροφέα από τη Φ/Β συστοιχία. Ο διακόπτης θα πρέπει να έχει την ικανότητα να απομονώνει τον αντιστροφέα υπό φορτίο. Ο διακόπτης πρέπει να είναι σχεδιασμένος για συνεχές ρεύμα και να απομονώνει και τους δύο πόλους.

Στη κατηγορία Cables, εισάγεται η απόσταση του αντιστροφέα από το μετρητή και υπολογίζεται από το πρόγραμμα η ελάχιστη διατομή του καλωδίου και τα προστατευτικά μέσα (mcb, RCD). Από την πλευρά των πλαισίων εισάγεται η απόσταση από τον αντιστροφέα μέχρι τα πλαίσια και πίσω, το πρόγραμμα υπολογίζει τη ελάχιστη διατομή του καλωδίου.



Εικόνα 6.31 Αρχική οθόνη κατηγορίας Cables



Εικόνα 6.32 (α) Εισαγωγή απόστασης του αντιστροφέα από το μετρητή, υπολογισμός ελάχιστης διατομής του καλωδίου και των προστατευτικών μέσων.

DC topology per MPP tracker (-)

Select MPP Tracker: 1+2

Number of strings in the PV array: 2

Max. Number of Inputs on the Tracker: 2

☐ Connecting strings by using: [dropdown]

DC Isolator: In Inverter

String Cables (MPP Tracker 1+2) (-)

String Cable (2x Go-and-return): 22 m, 4 mm², Copper, 0,22 % (6,8 W)

Max. Total Loss: 0,84 % (25,5 W)

Εικόνα 6.32 (β) Εισαγωγή απόστασης από τον αντιστροφέα μέχρι τα πλαίσια και πίσω, το πρόγραμμα υπολογίζει τη ελάχιστη διατομή του καλωδίου. Οι συνολικές απώλειες ανέρχονται στο 0,84%.

### Οικονομική ανάλυση



Όπως σε κάθε επένδυση που κάνει ένα άτομο, έτσι και στα φωτοβολταϊκά συστήματα, προτού ληφθεί η απόφαση εκκίνησης εγκατάστασης, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μια γκάμα παραγόντων που καθορίζουν το ρίσκο που εμπεριέχει οποιαδήποτε επένδυση. Αρχικά εισάγεται η τιμή της κλοβατώρας σε ευρώ και το ποσοστό πληθωρισμού στη Κύπρο όσο αφορά τον τομέα της ενέργειας. Στη συνέχεια πατώντας το edit ανοίγει το παράθυρο υπολογισμός οικονομικής απόδοσης. Στη κατηγορία γενικές παράμετροι ορίζεται η χρονική περίοδος αξιολόγησης (20 χρόνια) και το επί τοις εκατό επιτόκιο (3,2%) που θα τοκίζεται το κεφάλαιο εάν ο επενδυτής το κρατήσει στην τράπεζα. Επόμενη κατηγορία Έσοδα και Δαπάνες όπου εισάγεται το κόστος των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την εγκατάσταση εξαιρουμένου του φόρου που είναι 5000 ευρώ και με φόρο 250 ευρώ. Επίσης, εισάγεται εξερχόμενο ετήσιο κόστος λειτουργίας να ανέρχεται στο 1,5% της αρχικής επένδυσης. Ακολούθως θεωρείται πως δεν υπάρχει κάποιο δάνειο και πως ο φόρος ανέρχεται στο 19%. Τέλος με το πρόγραμμα γίνεται μια γραμμική απόσβεση διάρκειας 10 ετών.

**Financial Analysis**

Financial Analysis Parameters € Edit

Energy Balance/Feed-in Concept Net-Metering

Price of Electricity sold to Third Party 0,7331 €/kWh

Net-Metering Tariffs AHK - AHK (Consumption Type: Residential) Select

Inflation Rate for Energy Price 1,3 %/year

Εικόνα 6.33 Αρχική οθόνη οικονομικής ανάλυσης Φ/Β συστήματος.

**Economic Efficiency Calculation**

**General Parameters**

Assessment Period 20 Complete Years

Annual Average return on capital employed 3,20 %

Value Added Sales Tax

☐ All entries are gross

☒ All entries are net

<< Back Continue >> Close Help

Εικόνα 6.34 Χρονική περίοδος αξιολόγησης 20 χρόνια. Επί τοις εκατό επιτόκιο 3,2%.

**Economic Efficiency Calculation**

General Parameters

**Income and expenditure**

Tax deductible Outgoing cost of system setup parts and labour: 5000,00 € ☐ Detailed Entry

Non-tax deductible Outgoing cost of system setup parts and labour: 250,00 € ☐ Detailed Entry

Incoming subsidies: 0,00 € ☐ Detailed Entry

Outgoing annual Operating Costs: 1,50 % of Investment/a Inflation: 0,00 [%] ☐ Detailed Entry

Annual Consumption Costs: 0,00 €/a Inflation: 0,00 [%] ☐ Detailed Entry

Outgoing other annual costs: 0,00 €/a Inflation: 0,00 [%] ☐ Detailed Entry

Incoming other annual income/savings: 0,00 €/a Inflation: 0,00 [%] ☐ Detailed Entry

<< Back Continue >> Close Help

Εικόνα 6.35 Κόστος των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την εγκατάσταση εξαιρουμένου του φόρου 5000 ευρώ και με φόρο 250 ευρώ. Εξερχόμενο ετήσιο κόστος λειτουργίας να ανέρχεται στο 1,5% της αρχικής επένδυσης.

**Economic Efficiency Calculation**

General Parameters

Income and expenditure

**Financing**

Number of Loans: No Loan Total Expenditure: 0.00

<< Back Continue >> Close Help

Εικόνα 6.36 Ο επενδυτής δε κάνει κάποιο δάνειο για την εγκατάσταση του ΦΒ συστήματος.

**Economic Efficiency Calculation**

General Parameters

Income and expenditure

Financing

**Tax**

☒ Allow for Tax

Marginal Tax Rate for Income/Corporation Tax [%] 19.00

☐ Allow for Change in Marginal Tax Rate

Change Tax Rate after 10 Years

New Tax Rate [%] 15.00

Depreciation

Depreciation Period [Years] 10

Type of Depreciation

☒ Linear (straight line)

☐ Degressive (reducing balance)

<< Back Continue >> Close Help

Εικόνα 6.37 Ο φόρος ανέρχεται στο 19%. (Τμήμα Φορολογίας Κύπρου)

## 6.7 Προσομοίωση – Αποτελέσματα

Κάποια βασικά αποτελέσματα αναφέρονται πιο κάτω αναλυτικά και σε μορφή γραφικών παραστάσεων. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι δηλαδή 4.142KWh/yr και ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος είναι 74,2%. Η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά εγκατεστημένο kWp ανέρχεται στα 1.358,19 kWh/kWp. Στην οικονομική ανάλυση, η καθαρή αξία (κέρδος) ανέρχεται στα 4.816,01 ευρώ μέσα στα επόμενα 20 χρόνια. Ακόμη σε 9,5 χρόνια καλύπτεται όλη η αρχική επένδυση που έχει κάνει ο επενδυτής.

#### Financial Analysis

Return on Assets	11,20 %
Revenue or Savings	735,9 €/year
Accrued Cash Flow (Cash Balance)	4.816,01 €

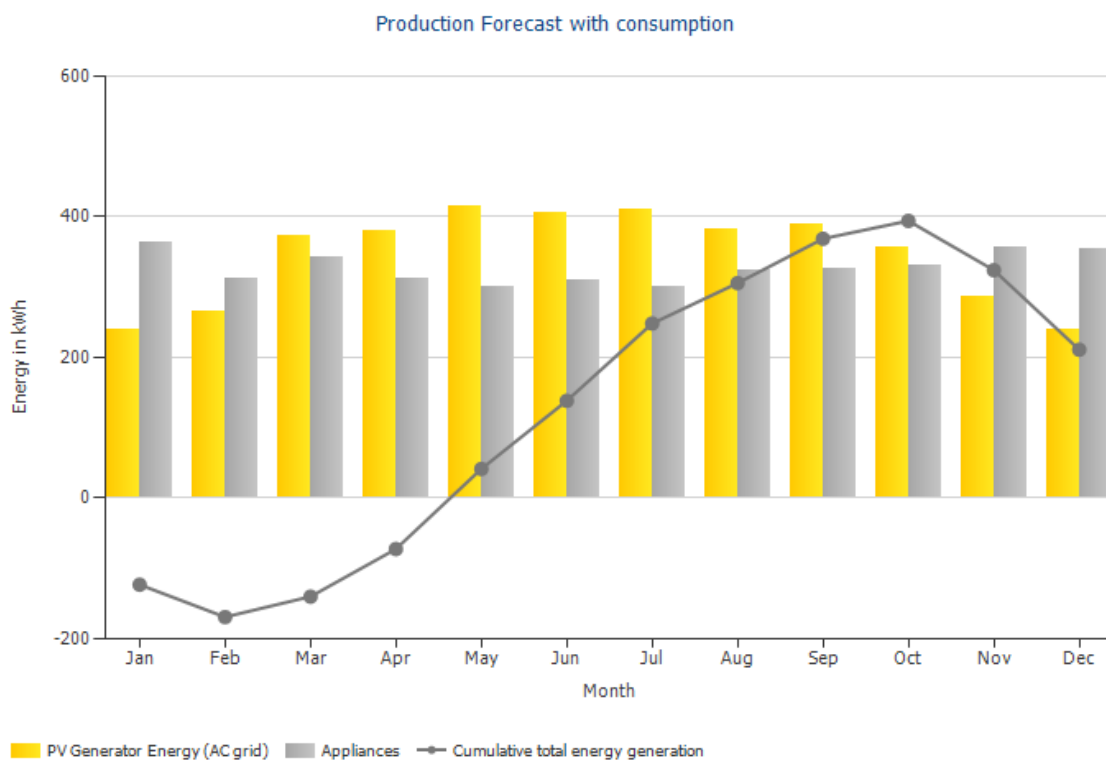
#### Tech. Quality of the PV System

PV Generator Energy (AC grid)	4.142 kWh/year
Spec. Annual Yield	1.358,19 kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	74,2 %

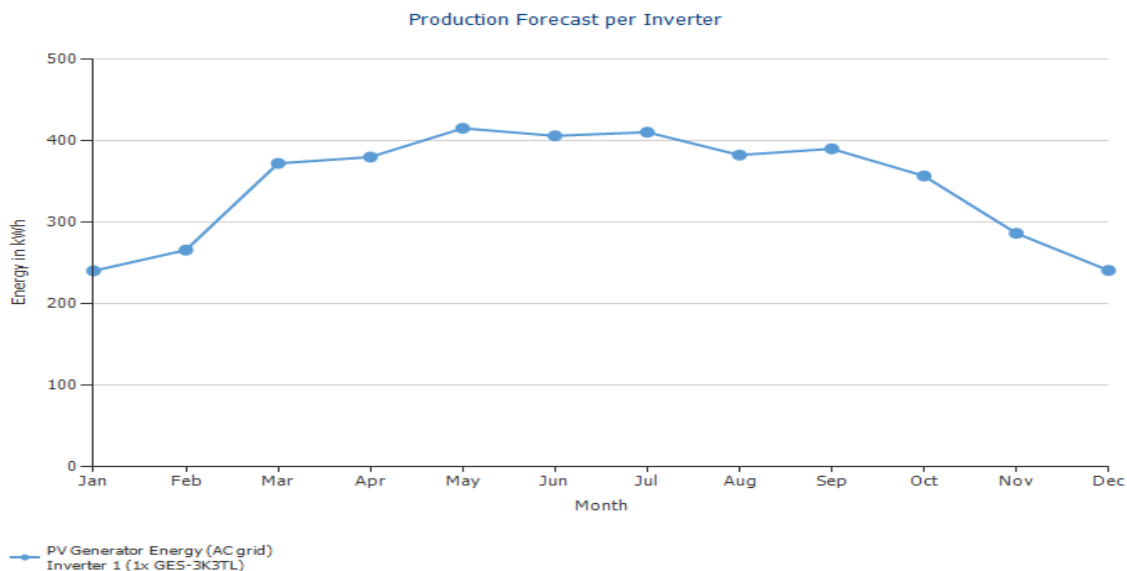
#### System integration

Power Surplus	211 kWh/year
---------------	--------------

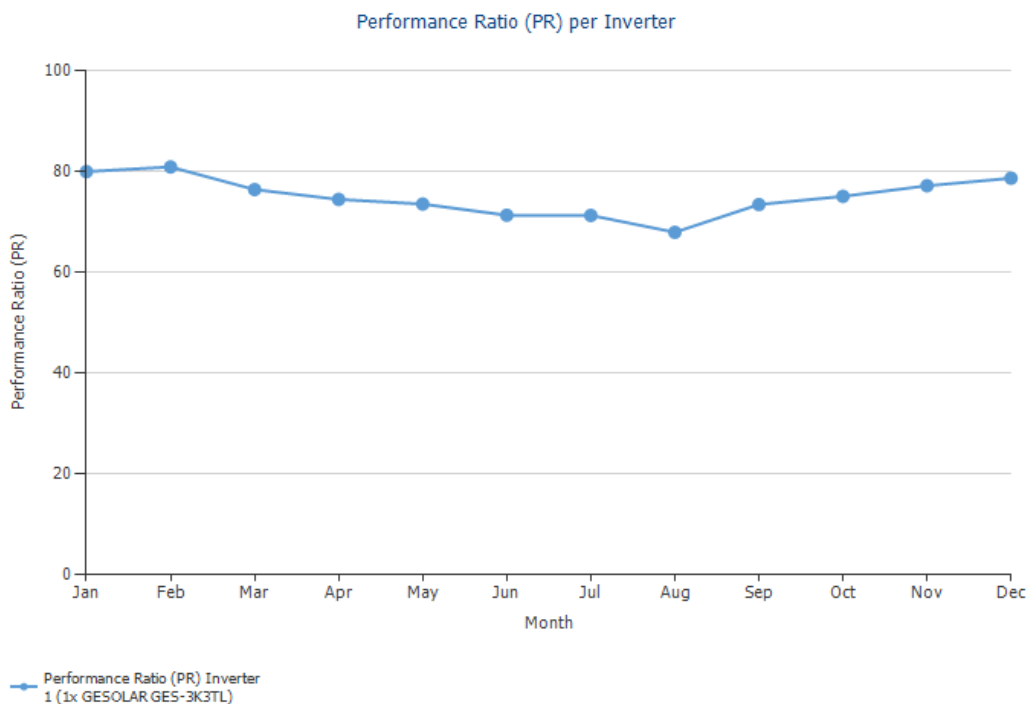
Εικόνα 6.38 Αναλυτικά αποτελέσματα.



Εικόνα 6.39 Πρόβλεψη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συμπεριλαμβανομένου της κατανάλωσης ετησίως.

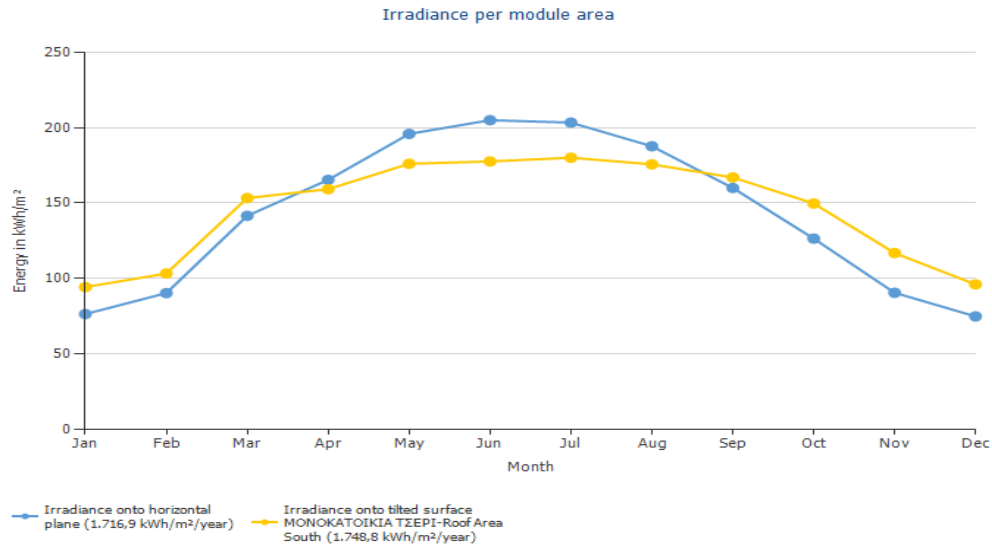


Εικόνα 6.40 Πρόβλεψη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά αναστροφέα. Στη συγκεκριμένη μελέτη υπάρχει ένας αναστροφέας.

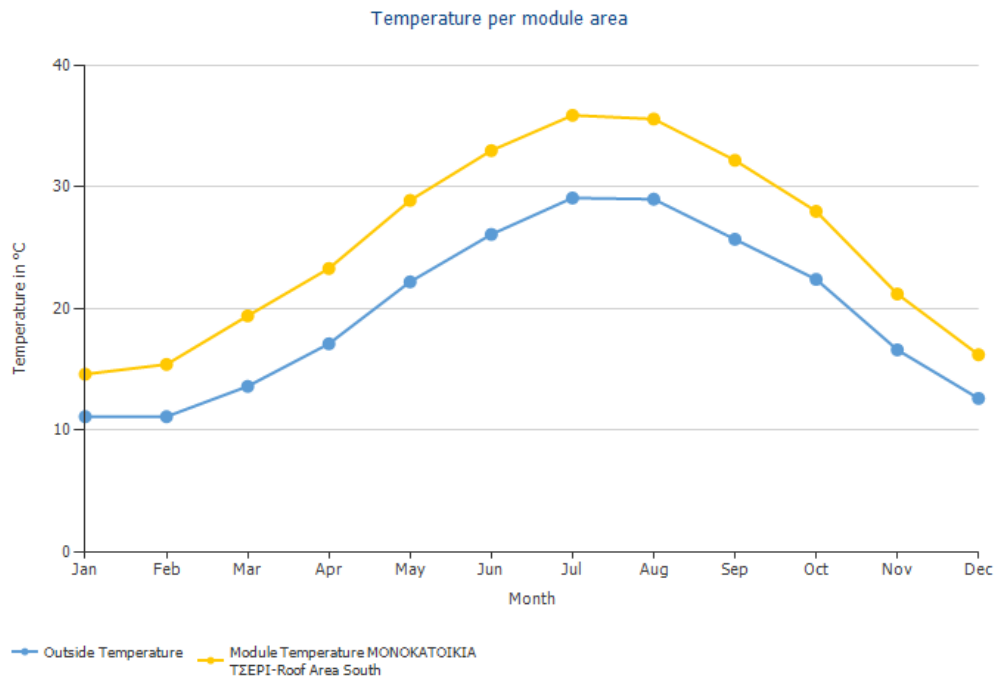


Εικόνα 6.41 Απόδοση συστήματος. Παρατηρείται τους θερινούς μήνες να πέφτει η απόδοση, με χαμηλότερη απόδοση το μήνα Αύγουστο να ανέρχεται κοντά στο 70%. Οι κλιματολογικές συνθήκες παίζουν σημαντικό ρόλο στην απόδοση.

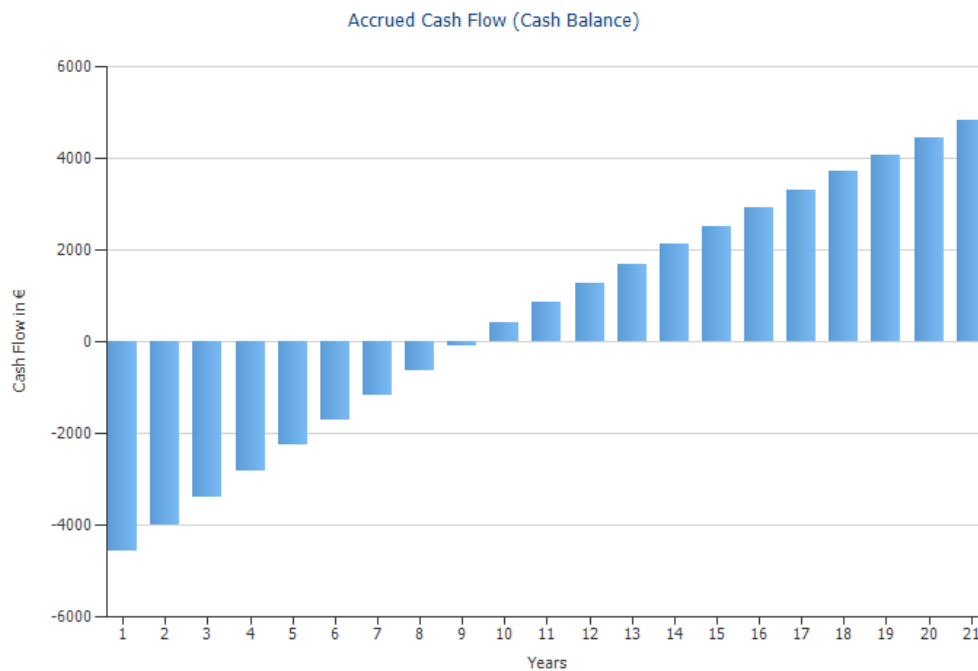




Εικόνα 6.42 Ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο και ηλιακή ακτινοβολία στο κεκλιμένο επίπεδο του πλαισίου. Τους θερινούς μήνες η ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο είναι μεγαλύτερη, ενώ τους υπόλοιπους μήνες είναι μεγαλύτερη η ηλιακή ακτινοβολία στο κεκλιμένο επίπεδο του πλαισίου.



Εικόνα 6.43 Εξωτερική θερμοκρασία και θερμοκρασία πλαισίου.



Εικόνα 6.44 Το καθαρό κέρδος ανέρχεται στα 4.816,01 ευρώ μέσα στα επόμενα 20 χρόνια. Σε 9,5 χρόνια καλύπτεται όλη η αρχική επένδυση.

## 6.8 Συμπεράσματα

Οι κίνδυνοι και τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν από μια οικιακή ηλεκτρική εγκατάσταση είναι: τραυματισμός ή απώλεια ζωής από Ηλεκτροπληξία, πυρκαγιές ή εγκαύματα από ηλεκτρικά αίτια, καταστροφές σε ηλεκτρικές συσκευές ακόμη και υπερβολική κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος λόγω διαρροών. Είναι κρίμα το 21<sup>ο</sup> αιώνα να χάνονται ανθρώπινες ζωές και περιουσίες από κακή χρήση του ηλεκτρισμού από ανειδίκευτους ανθρώπους.

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει τους κινδύνους που προκύπτουν στις εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και τα οφέλη που μπορούν να προέρχονται από τις επιθεωρήσεις που κάνουν οι επιθεωρητές της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου αλλά και από τον συστηματικό έλεγχο από το ίδιο το πελάτη (π.χ. Μηνιαίος έλεγχος ρελέ προστασίας).

Τα οφέλη που προκύπτουν από μια σωστά επιθεωρημένη εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση είναι: μείωση ρίσκου για ζημιές και για κακή λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών, αύξηση ασφάλειας χρήσης του ηλεκτρικού ρεύματος αλλά και αποφυγή συνεπειών από την μη τήρηση της νομοθεσίας

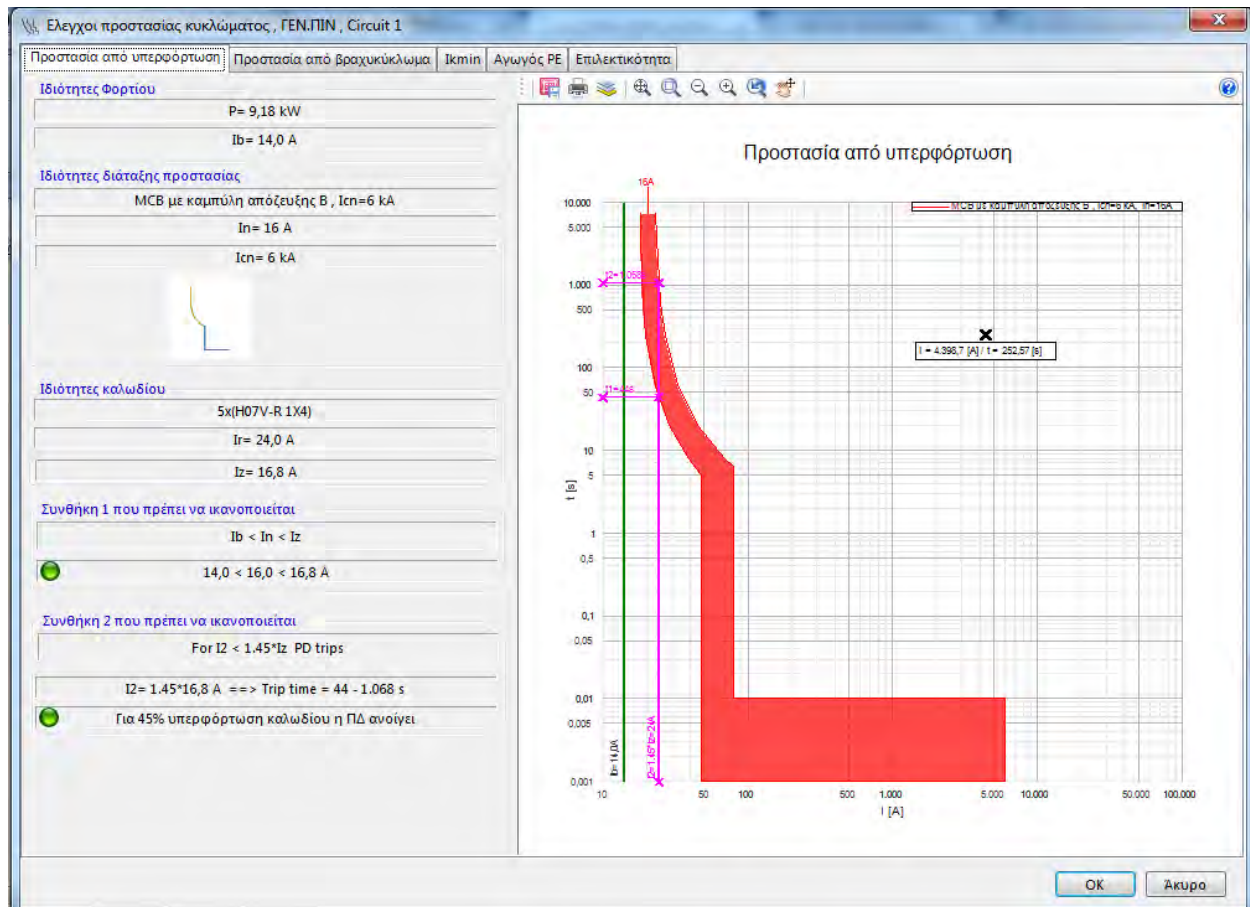
Επιπλέον, όσο αφορά τα φωτοβολταικά συστήματα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει στόχο μέχρι το 2020 η κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές να φτάσει 20 - 25%. Ως προς την ηλιακή ενέργεια η Κύπρος ήταν πρωτοπόρος χώρα στην Ευρώπη τις τελευταίες δεκαετίες με περίπου 350000 εγκατεστημένους ηλιακούς θερμοσίφωνες οι οποίοι συμβάλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος. Τώρα μένει να γίνει το ίδιο και ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

## Βιβλιογραφία

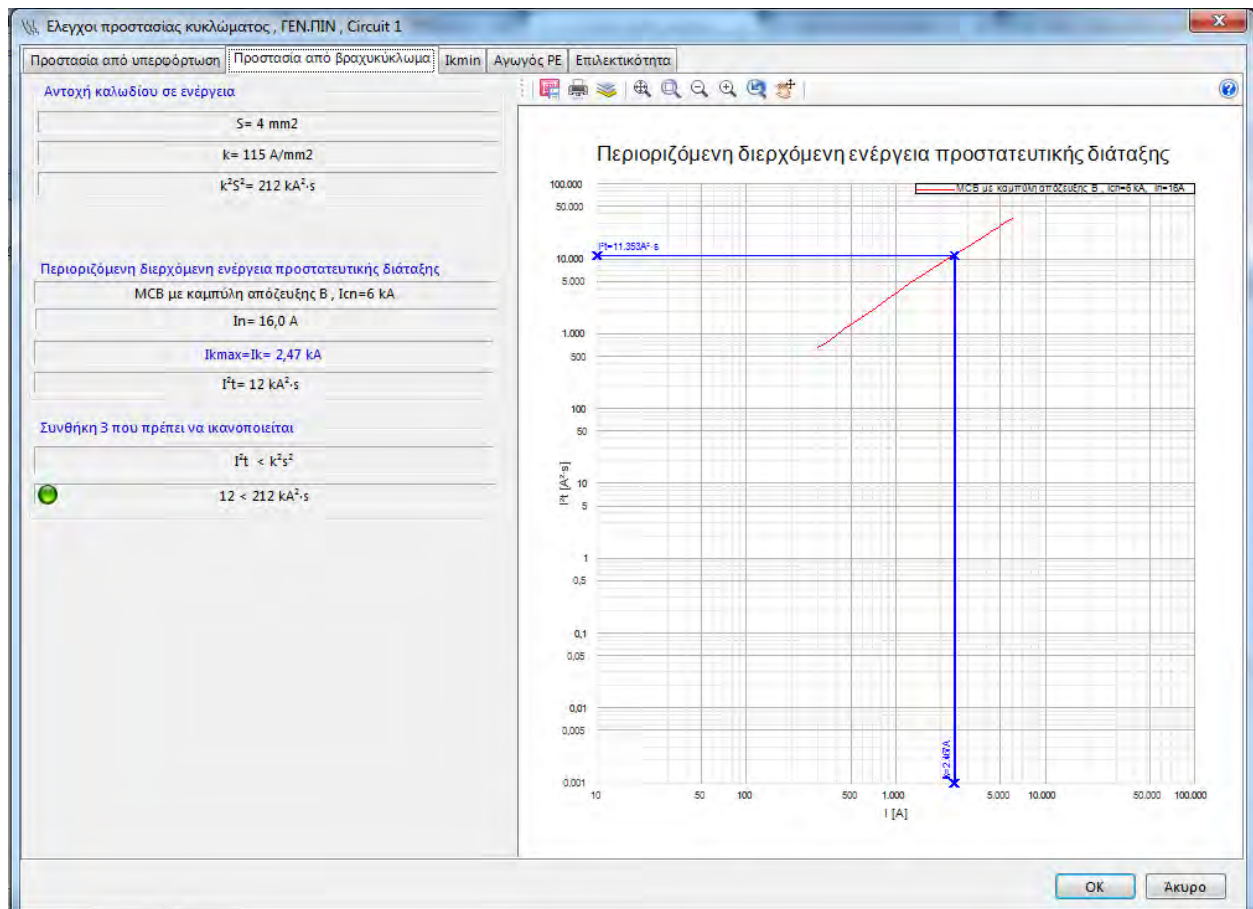
1. Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών, Πέτρος Ντοκόπουλος, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 1<sup>η</sup> έκδοση 2005
2. Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Ι.Ε. Φραγκιαδάκης, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 3<sup>η</sup> έκδοση, 2011.
3. Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις, Σταμάτης Δ. Περδίας, Εκδόσεις ΣΕΛΚΑ-4Μ ΕΠΕ, 2011
4. IEE On Site Guide to BS7671, 1992 Requirements for Electrical Installations
5. Τεχνικό Εγχειρίδιο Αντικεραυνικής Προστασίας & Προστασίας από Υπερτάσεις για Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις Επί Οροφής, ΑΗΚ
6. Τεχνικό Εγχειρίδιο για την Μελέτη και Υλοποίηση Φ/Β Συστημάτων
7. ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1, Εφαρμογή Συμψηφισμού Μετρήσεων (Net Metering) της καταναλισκόμενης και της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για Μικρά Φωτοβολταϊκά Συστήματα μέχρι και 5 kWp
8. ASHRAE Handbook 1985 Fundamentals, ASHRAE Atlanta, USA
9. ASHRAE Handbook 2001 Fundamentals, ASHRAE Atlanta, USA
10. 2<sup>ο</sup> ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΓΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΚΣΜΚΕ) ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΕΜΠΟΡΙΟΥ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΑΡΘΡΟ 5Α ΤΩΝ ΠΕΡΙ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΟΥ 2006 ΕΩΣ 2017 ΝΟΜΩΝ.
11. Provision of consulting services for the definition of the Nearly Zero Energy Residential Buildings in Cyprus, REPUBLIC OF CYPRUS MINISTRY OF COMMERCE INDUSTRY & TOURISM
12. Μεθοδολογία Υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, Φεβρουάριος 2015, από την Infotrend Innovations και την BRE για το Υπουργείο Ενέργειας, Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού
13. Στοιχεία Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων και Ηλεκτρολογικού Σχεδίου, Φίλιππος Δημόπουλος, Χαράλαμπος Παγιάτης, Μιλτιάδης Σάκαλης,
14. Οδηγός κανονισμών IEE, Υπουργείο Παιδείας Κύπρου, Λευκωσία 1999
15. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ, Υπουργείο Παιδείας Κύπρου, Μέρος Α 1992
16. Requirements for Electrical Installations, BS7671 2001
17. Guidance Note 1 - 7, IEE, Savoy Place, London, UK, 2002
18. IEE Wiring Regulations, Design and Verification of Electrical Installations Fourth Edition  
Brian Scaddan IEng, MIEE (elec)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

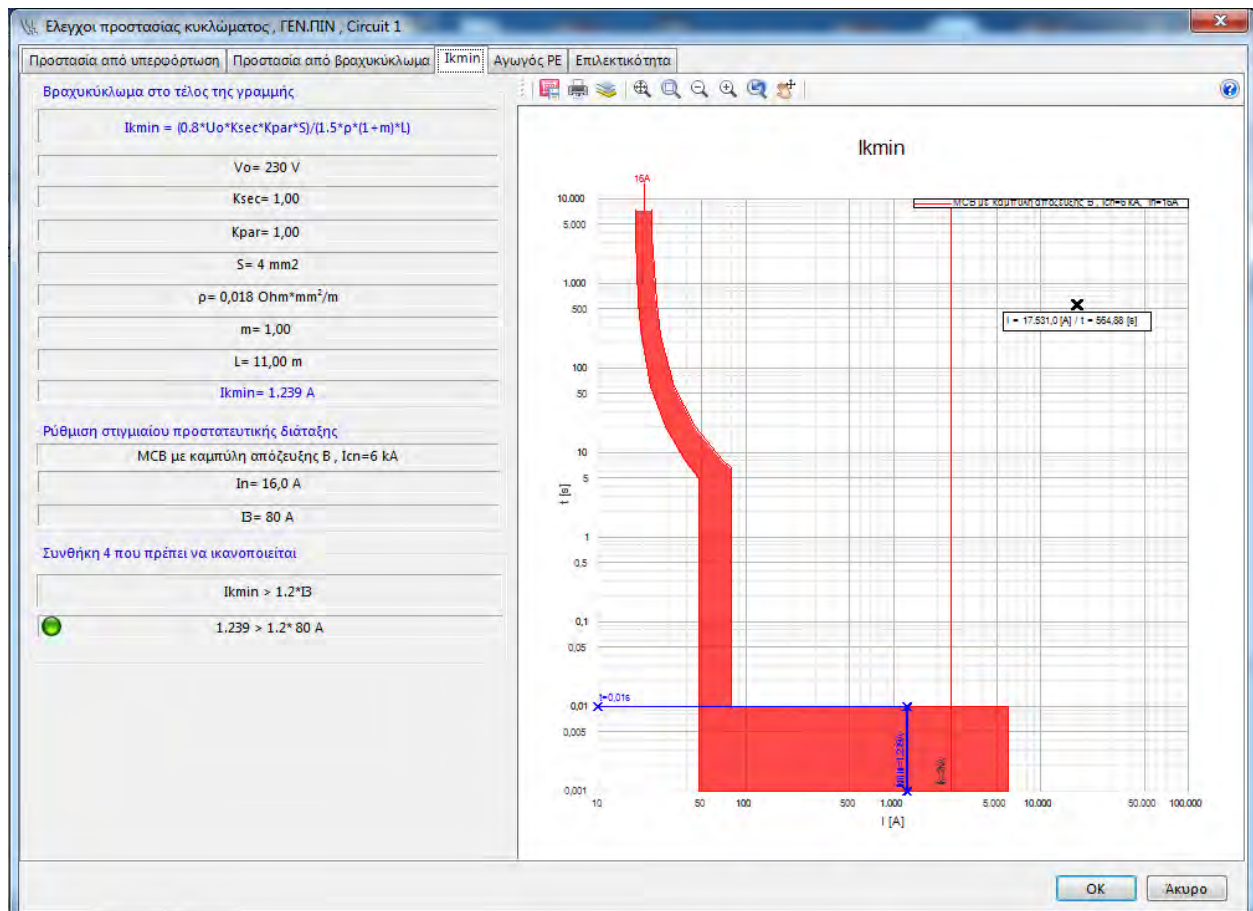
Παρατίθενται όλοι οι έλεγχοι για τα κυκλώματα από το Electrical Design.



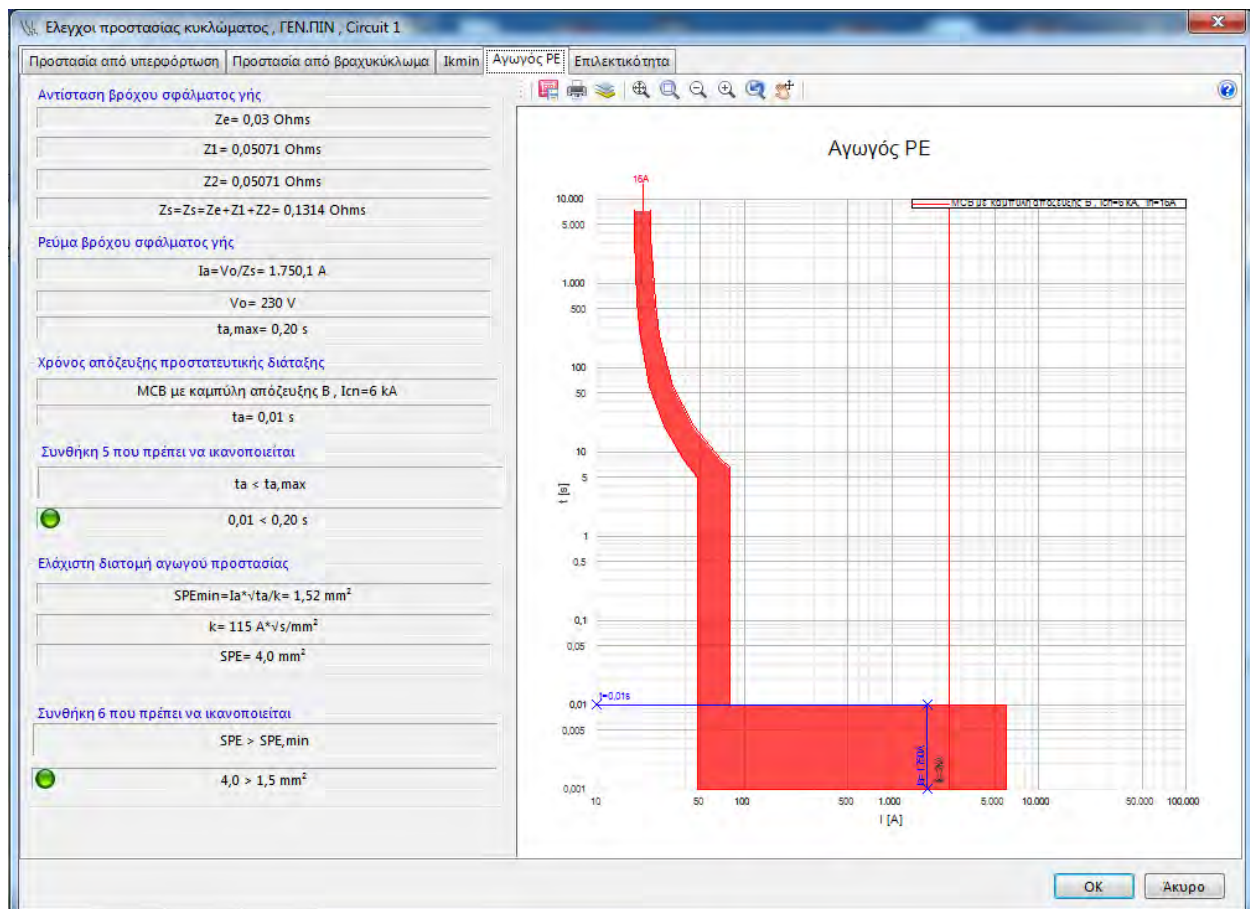
Εικόνα Α.1 Προστασία από υπερφόρτωση για κύκλωμα 1.



Εικόνα Α.2 Προστασία από βραχυκύκλωμα για κύκλωμα 1.

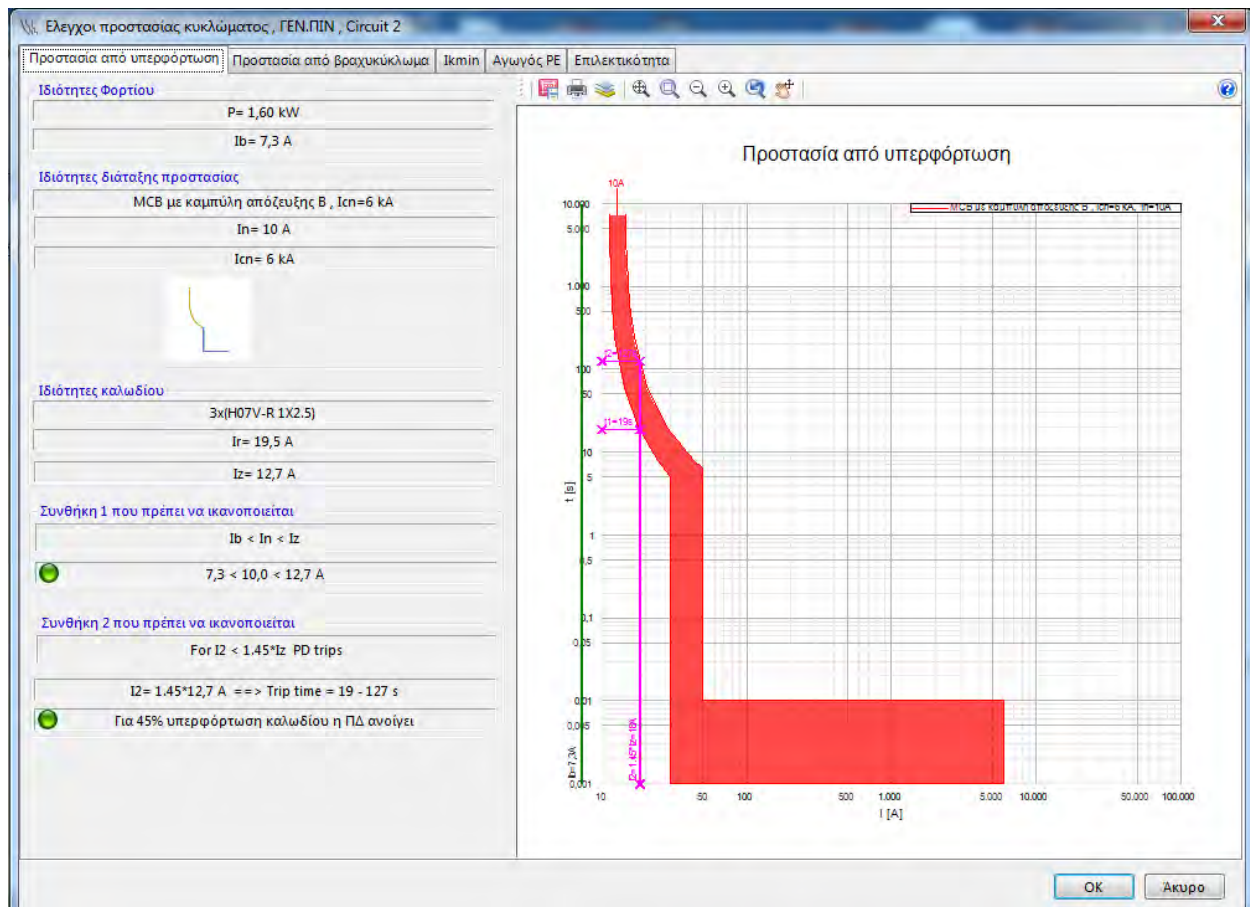


Εικόνα Α.3 Βραχυκύκλωμα στο τέλος της γραμμής για κύκλωμα 1.

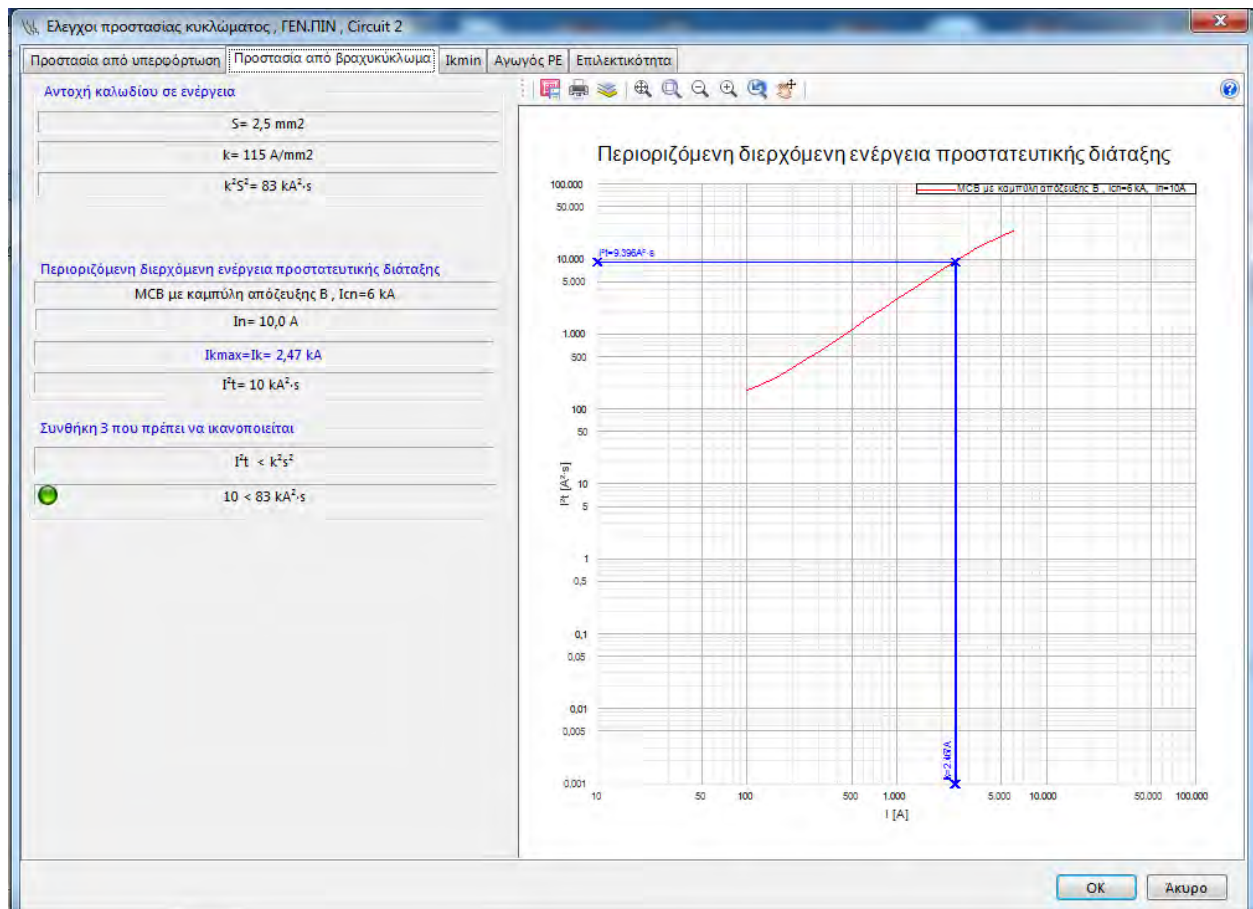


Εικόνα Α.4 Ελάχιστη διατομή αγωγού προστασίας για κύκλωμα 1.



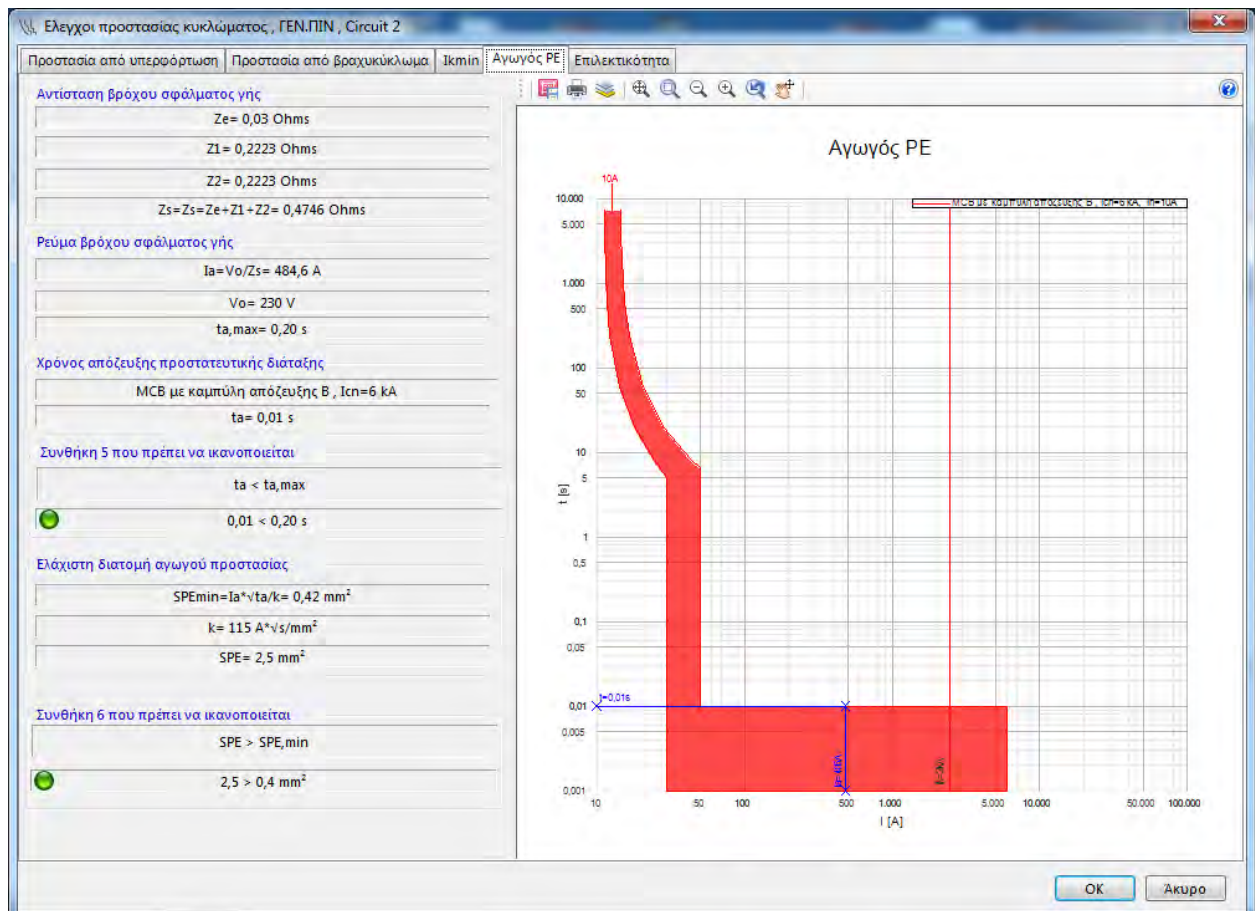


Εικόνα Α.5 Προστασία από υπερφόρτωση για κύκλωμα 2.

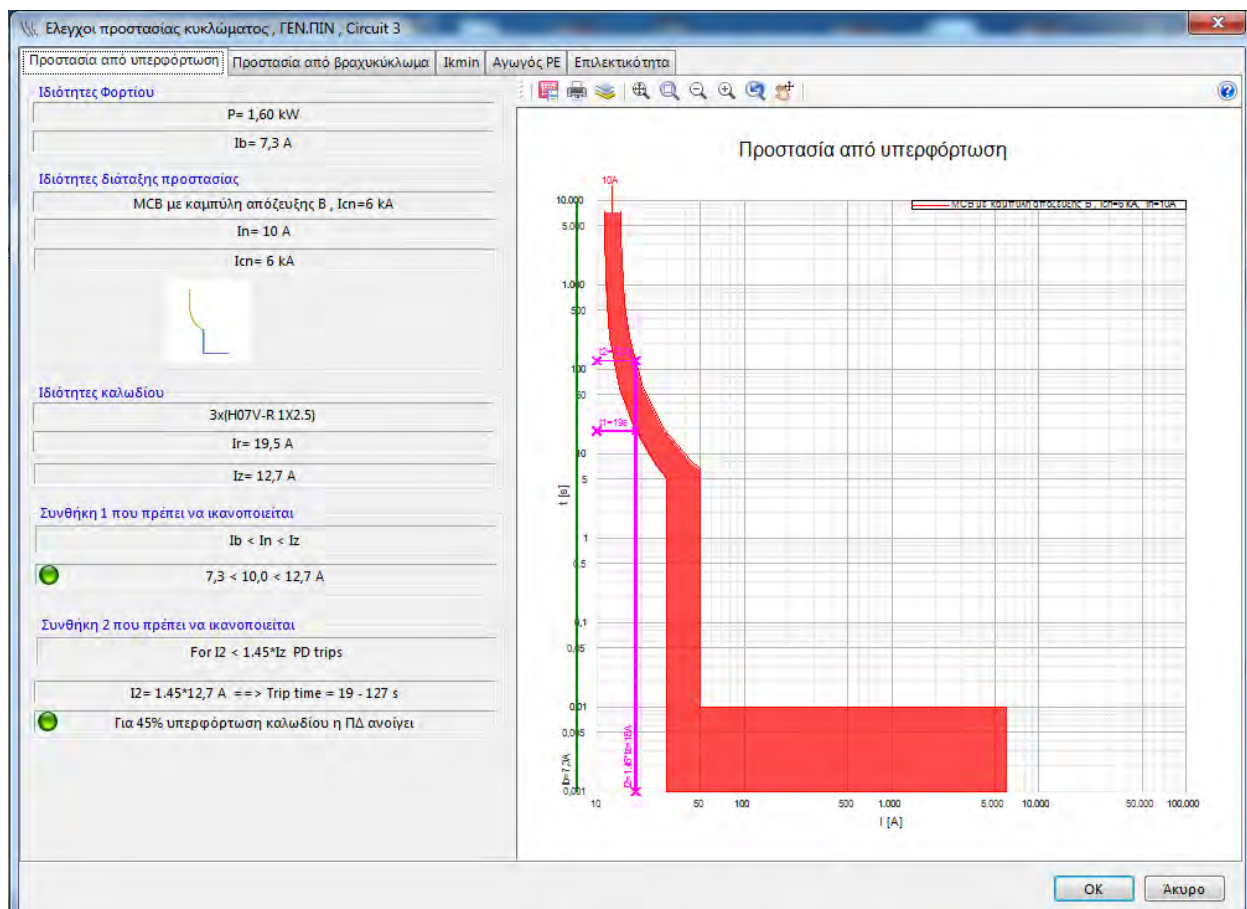


Εικόνα Α.6 Προστασία από βραχυκύκλωμα για κύκλωμα 2.



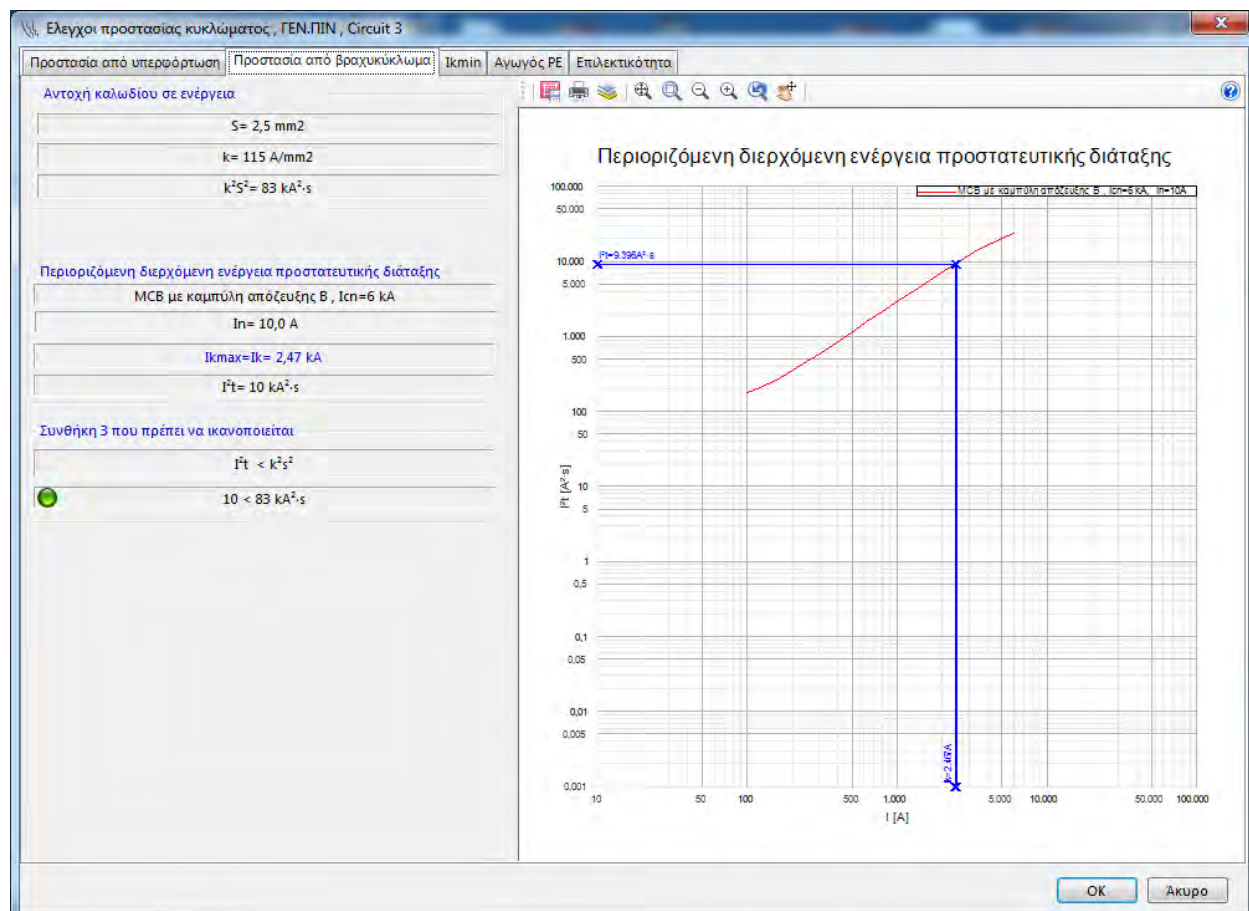


Εικόνα Α.8 Ελάχιστη διατομή αγωγού προστασίας για κύκλωμα 2.

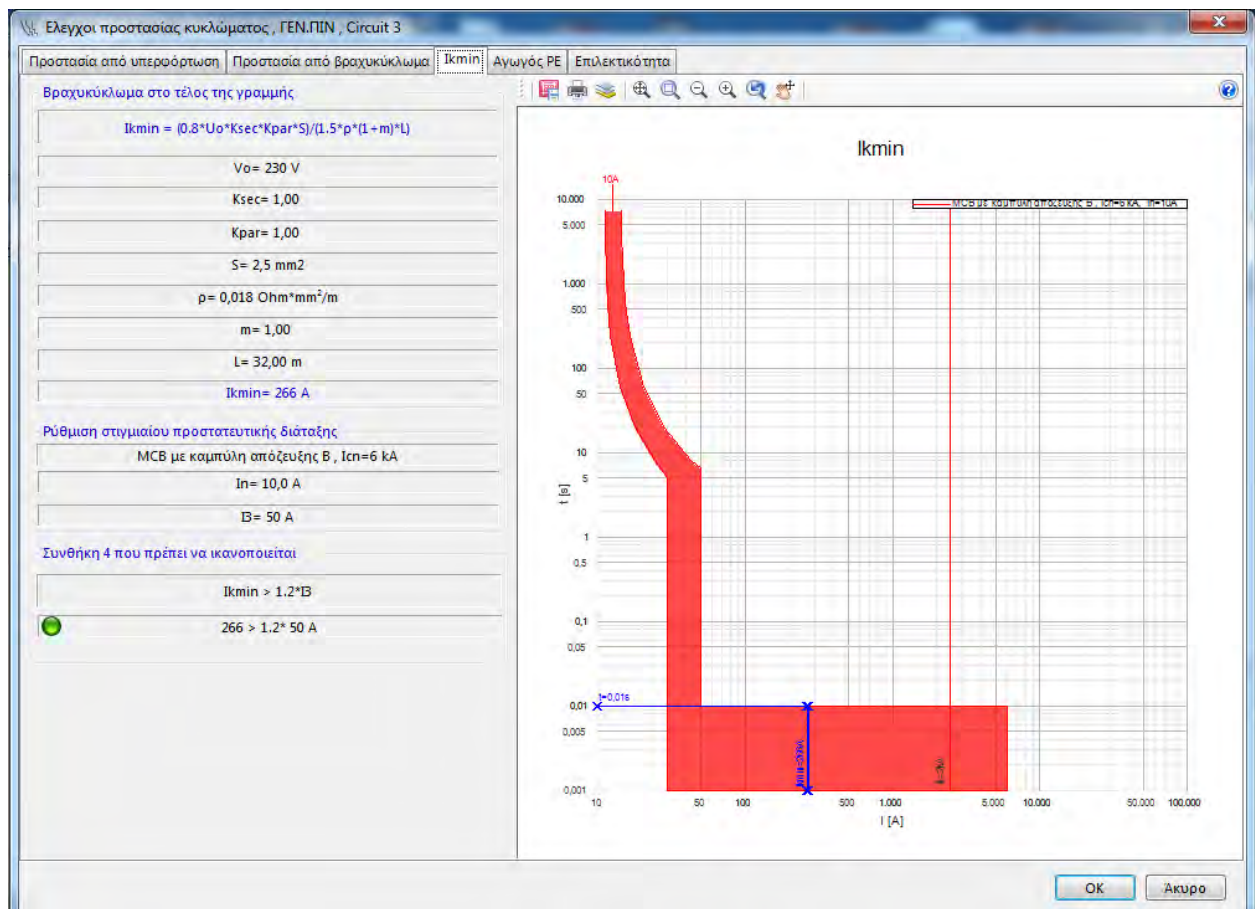


Εικόνα Α.9 Προστασία από υπερφόρτωση για κύκλωμα 3.

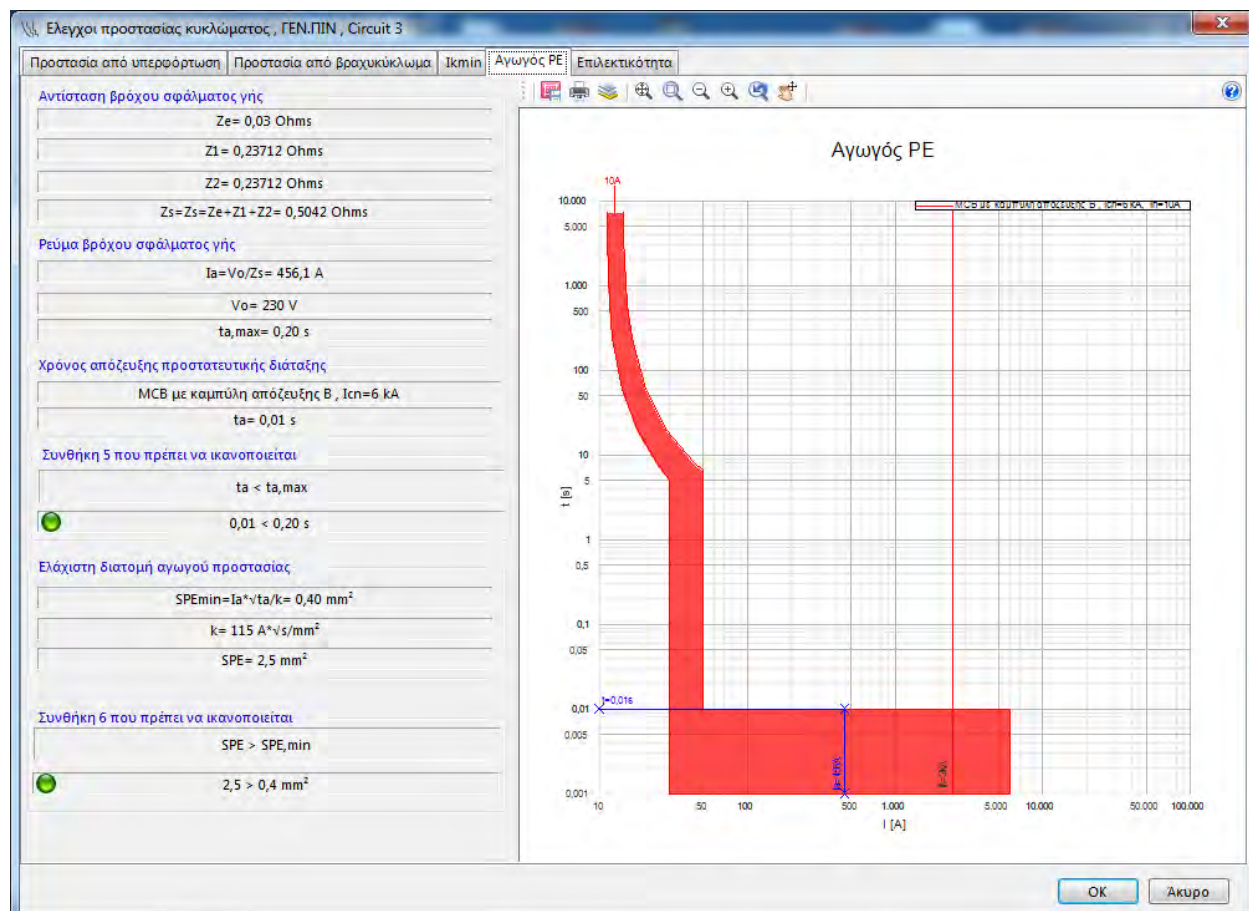




Εικόνα Α.10 Προστασία από βραχυκύκλωμα για κύκλωμα 3.

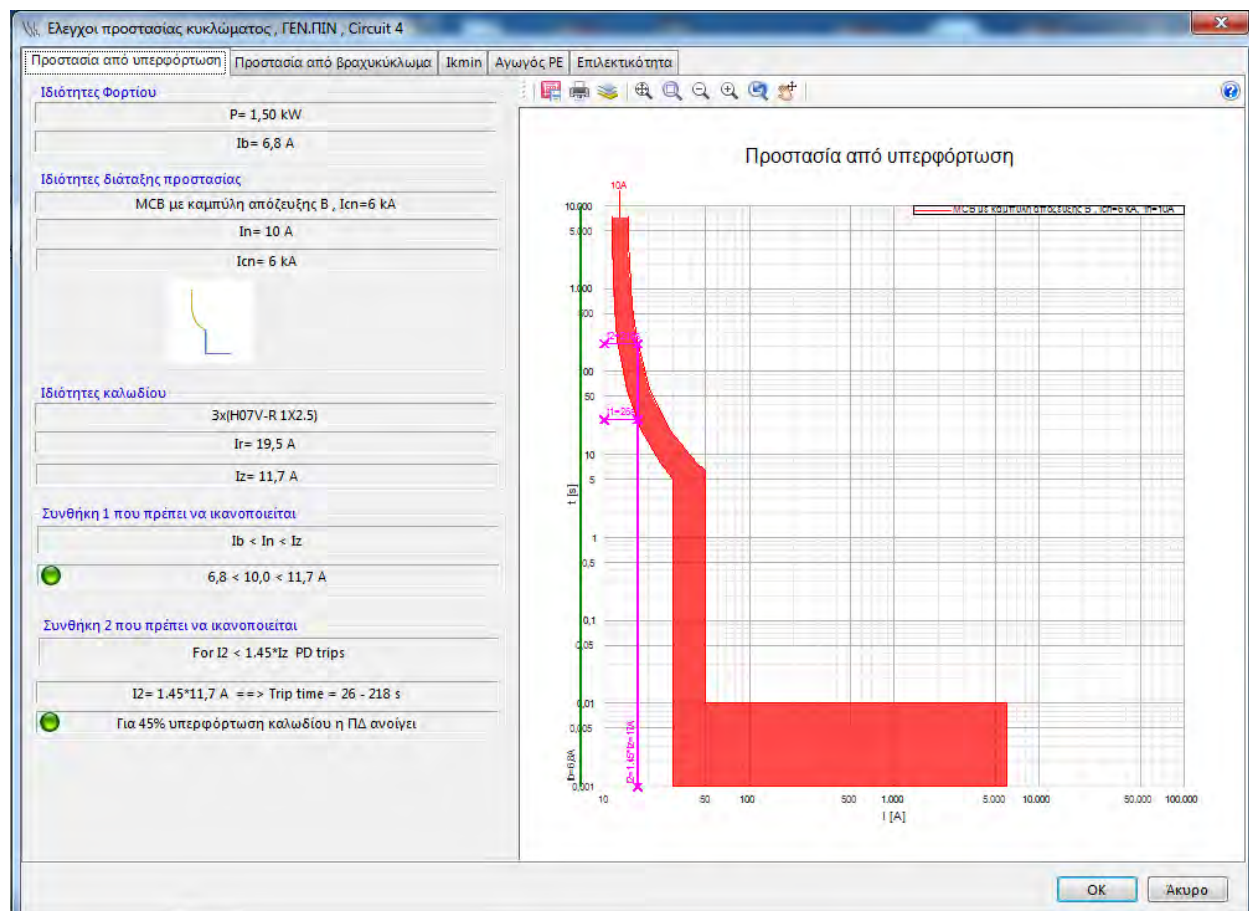


Εικόνα Α.11 Βραχυκύκλωμα στο τέλος της γραμμής για κύκλωμα 3.

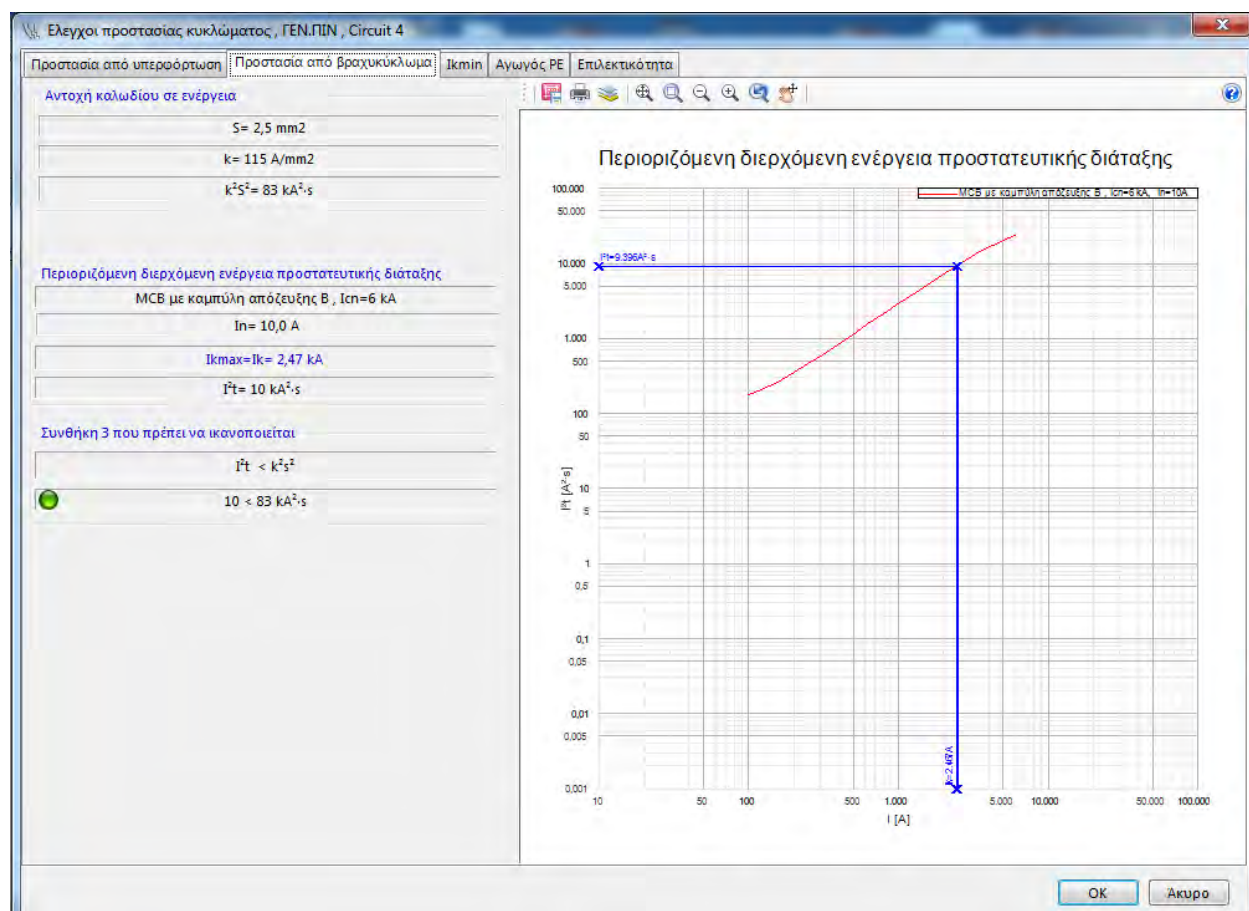


Εικόνα Α.12 Ελάχιστη διατομή αγωγού προστασίας για κύκλωμα 3.

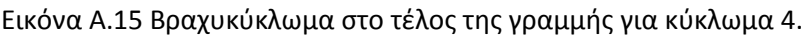


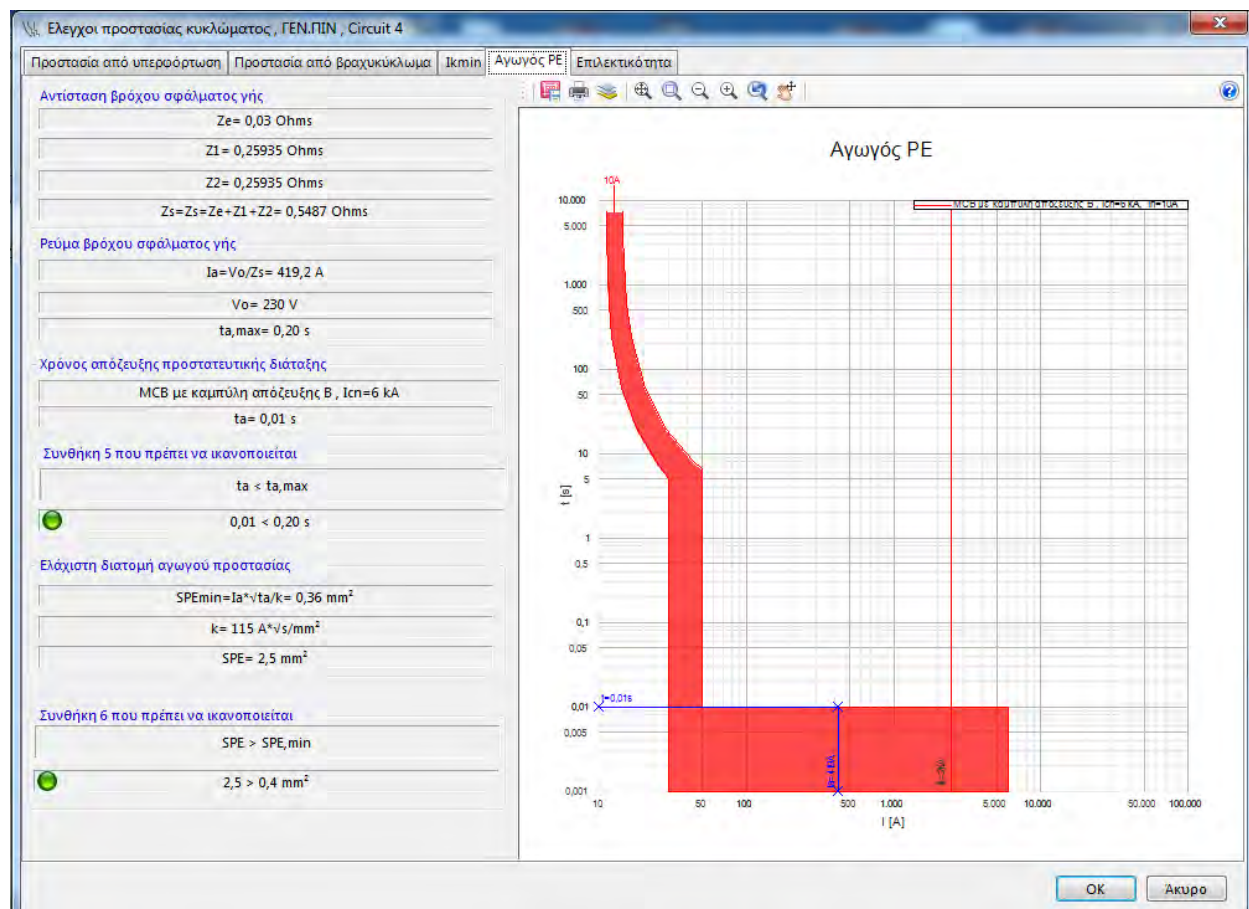


Εικόνα Α.13 Προστασία από υπερφόρτωση για κύκλωμα 4.

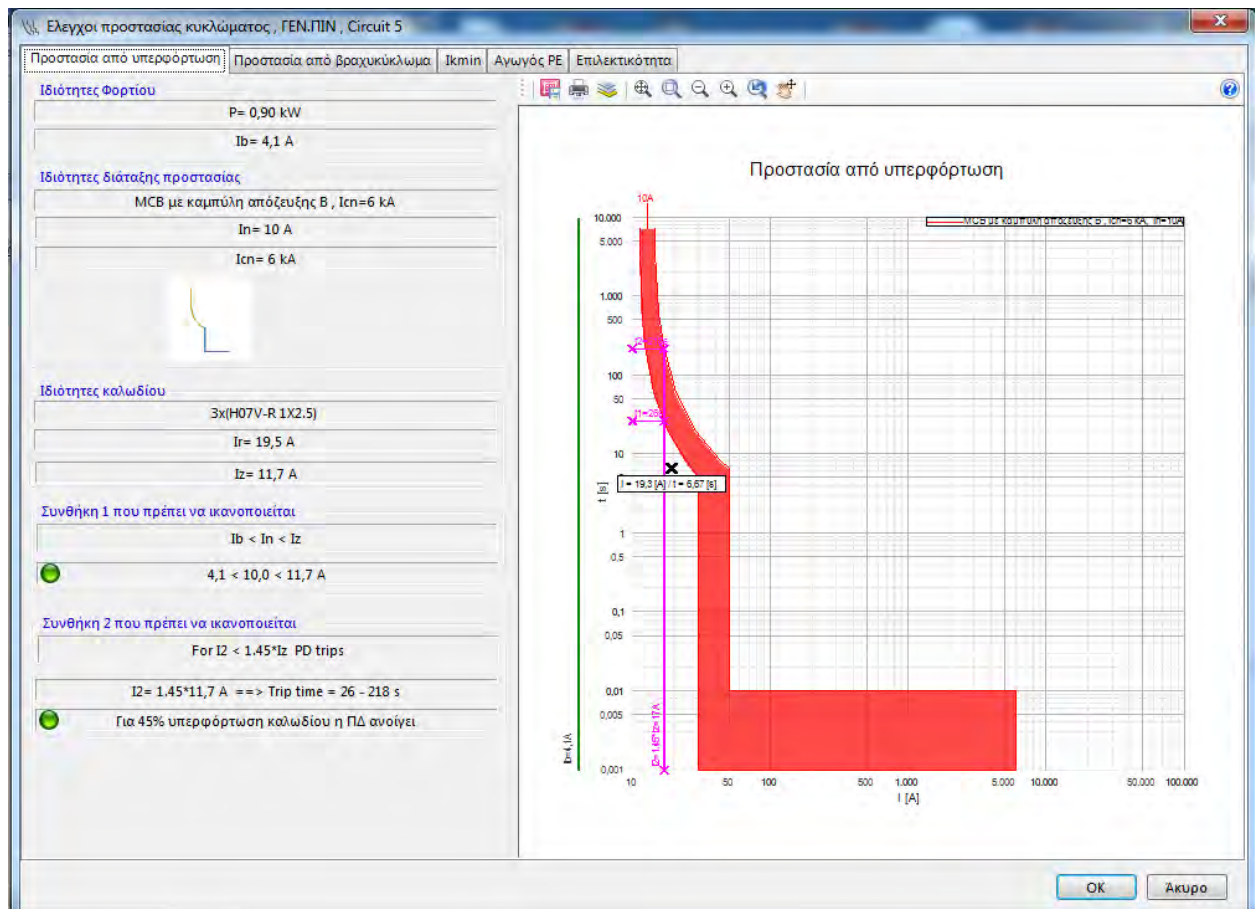


Εικόνα Α.14 Προστασία από βραχυκύκλωμα για κύκλωμα 4.



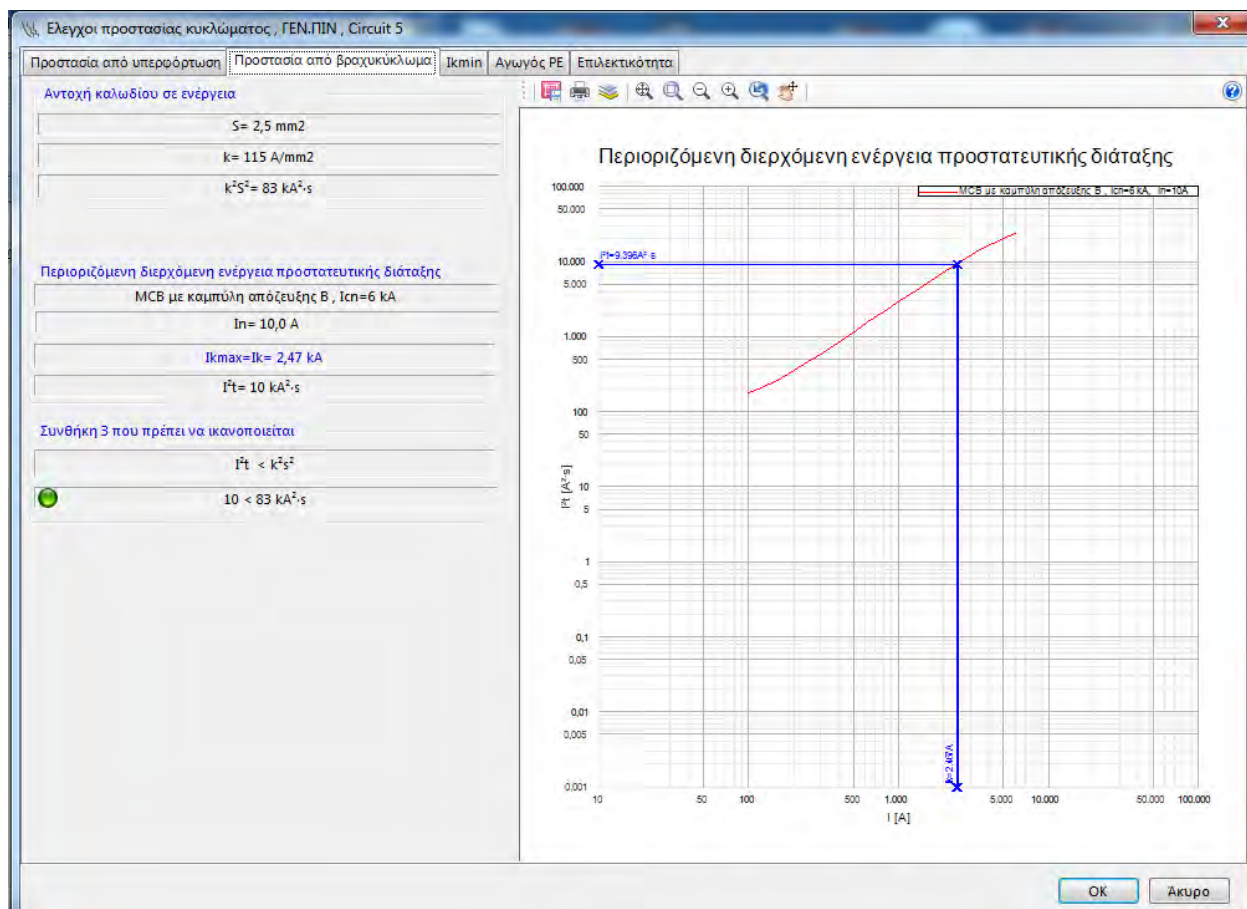


Εικόνα Α.16 Ελάχιστη διατομή αγωγού προστασίας για κύκλωμα 4.

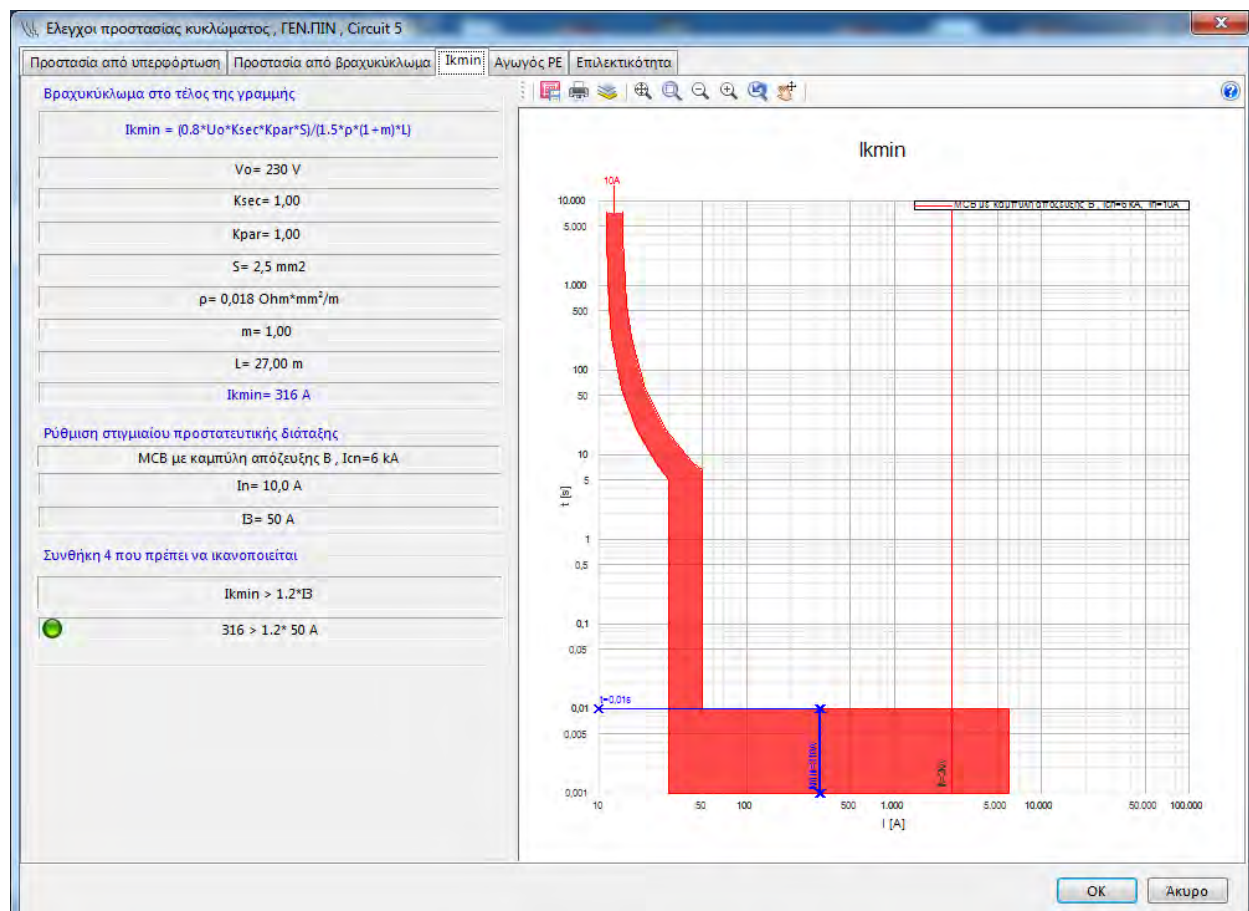


Εικόνα A.17 Προστασία από υπερφόρτωση για κύκλωμα 5.

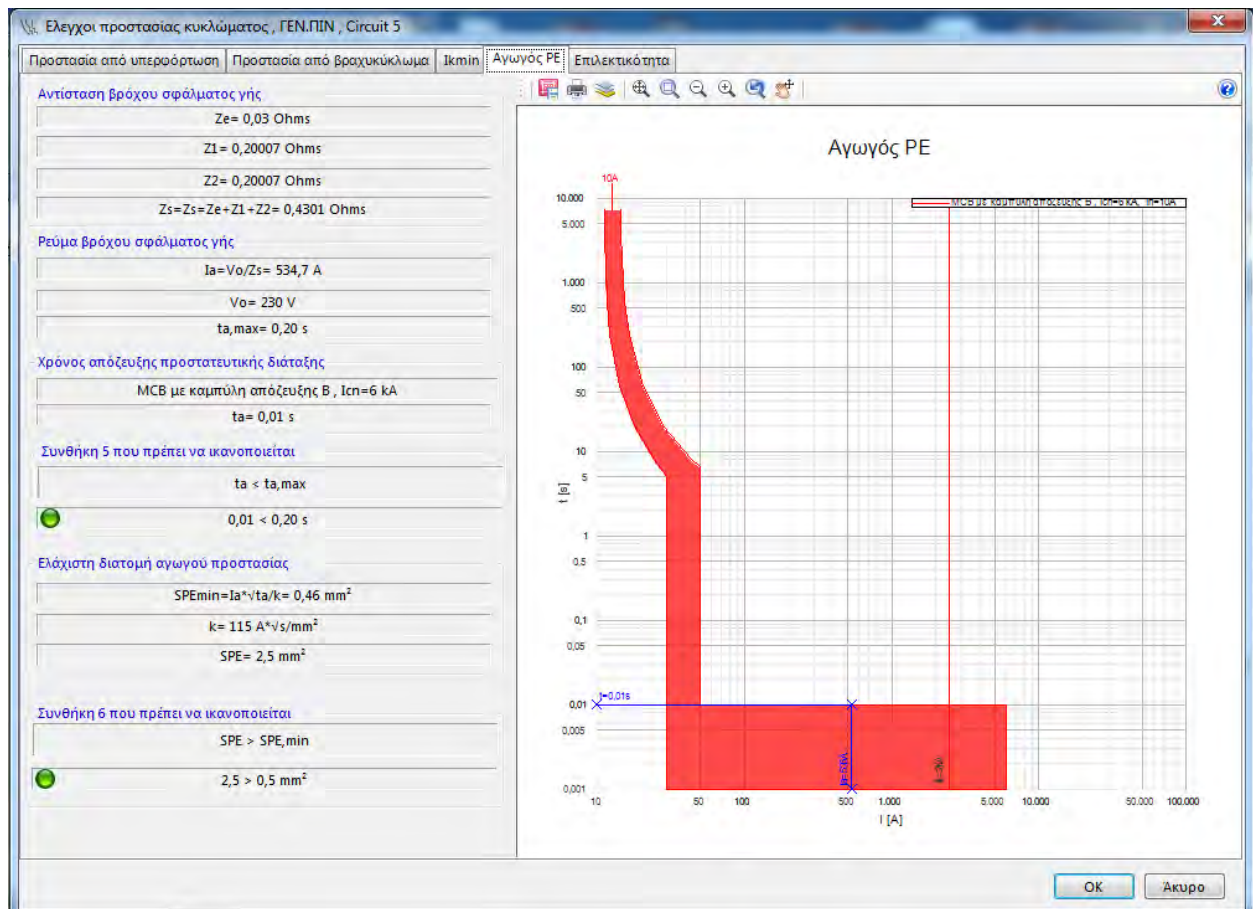




Εικόνα Α.18 Προστασία από βραχυκύκλωμα για κύκλωμα 5.

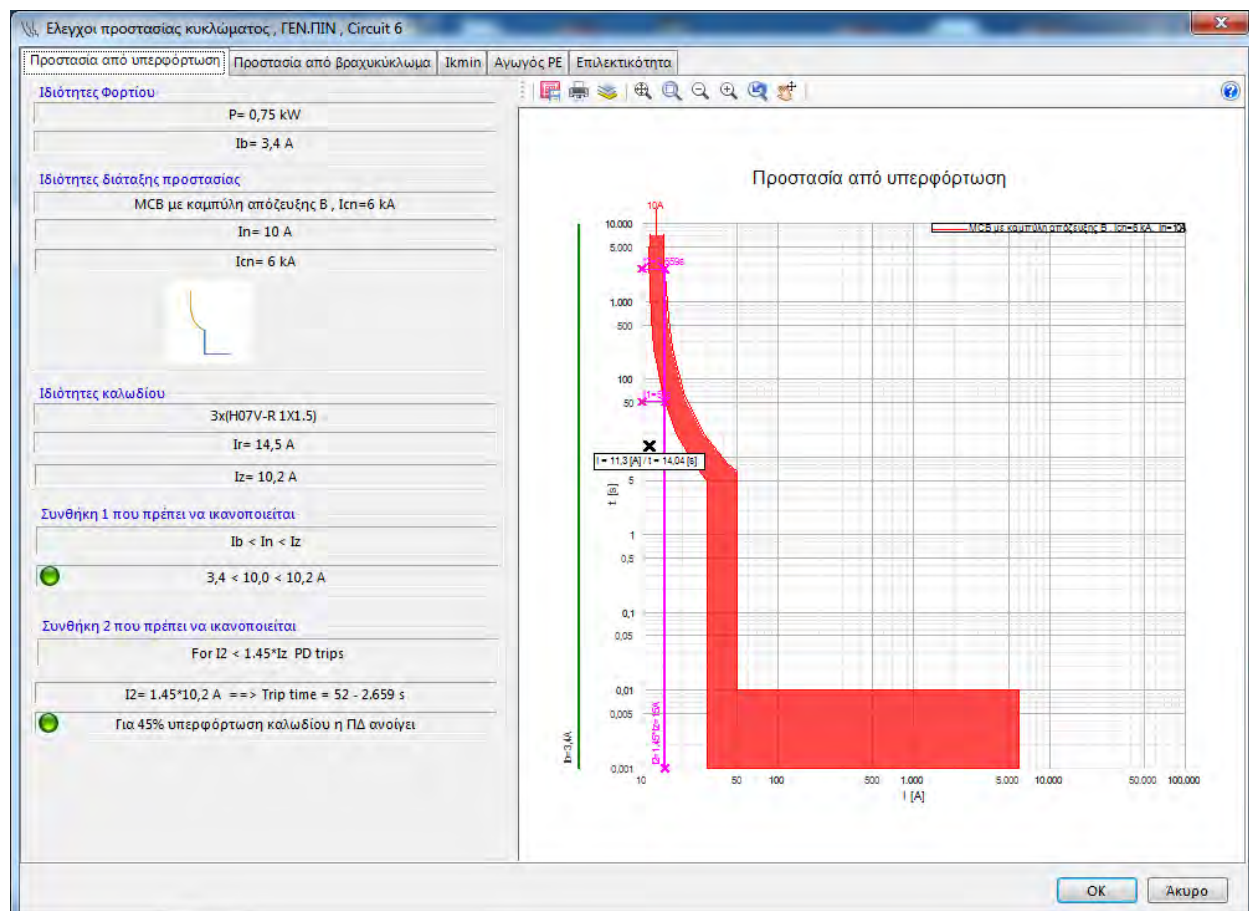


Εικόνα Α.19 Βραχυκύκλωμα στο τέλος της γραμμής για κύκλωμα 5.

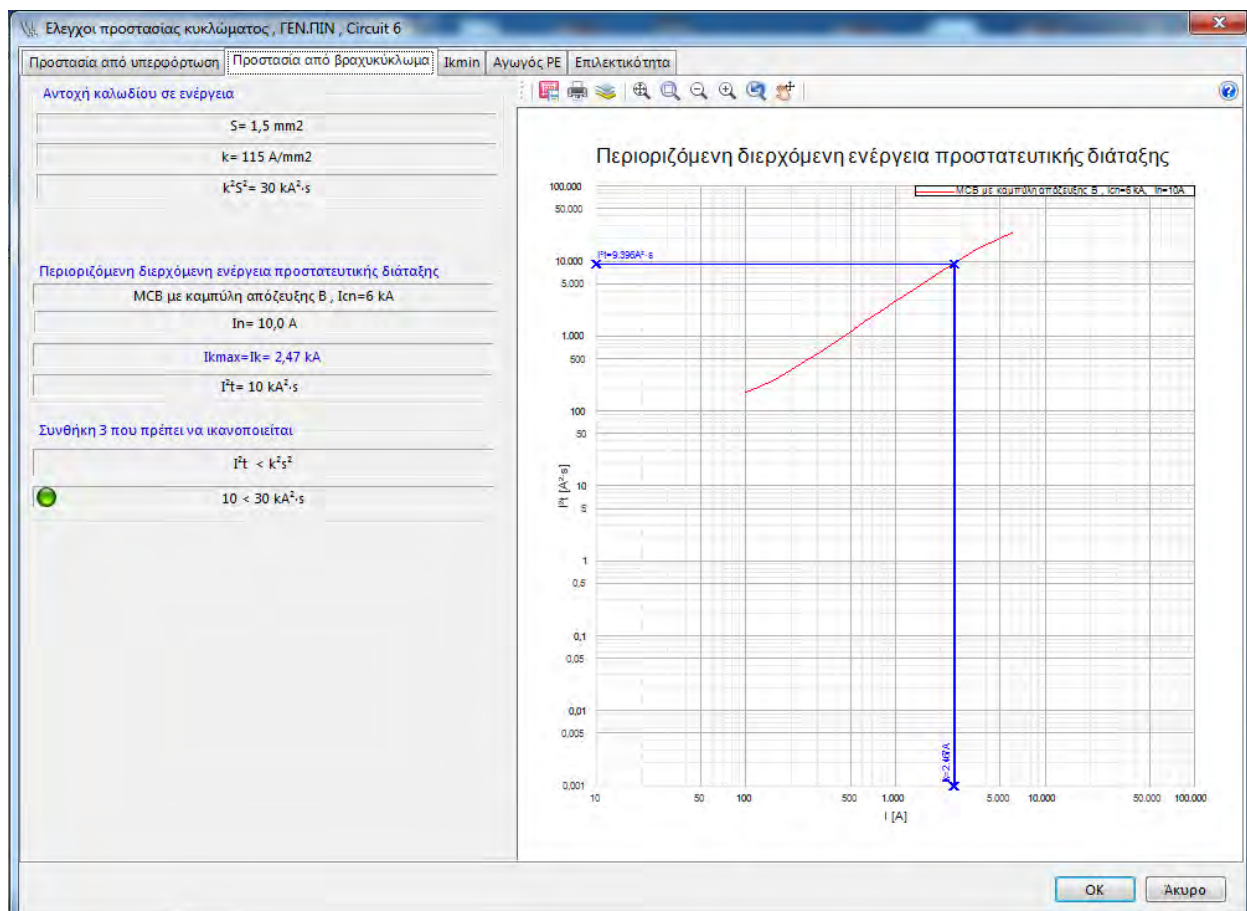


Εικόνα Α.20 Ελάχιστη διατομή αγωγού προστασίας για κύκλωμα 5.

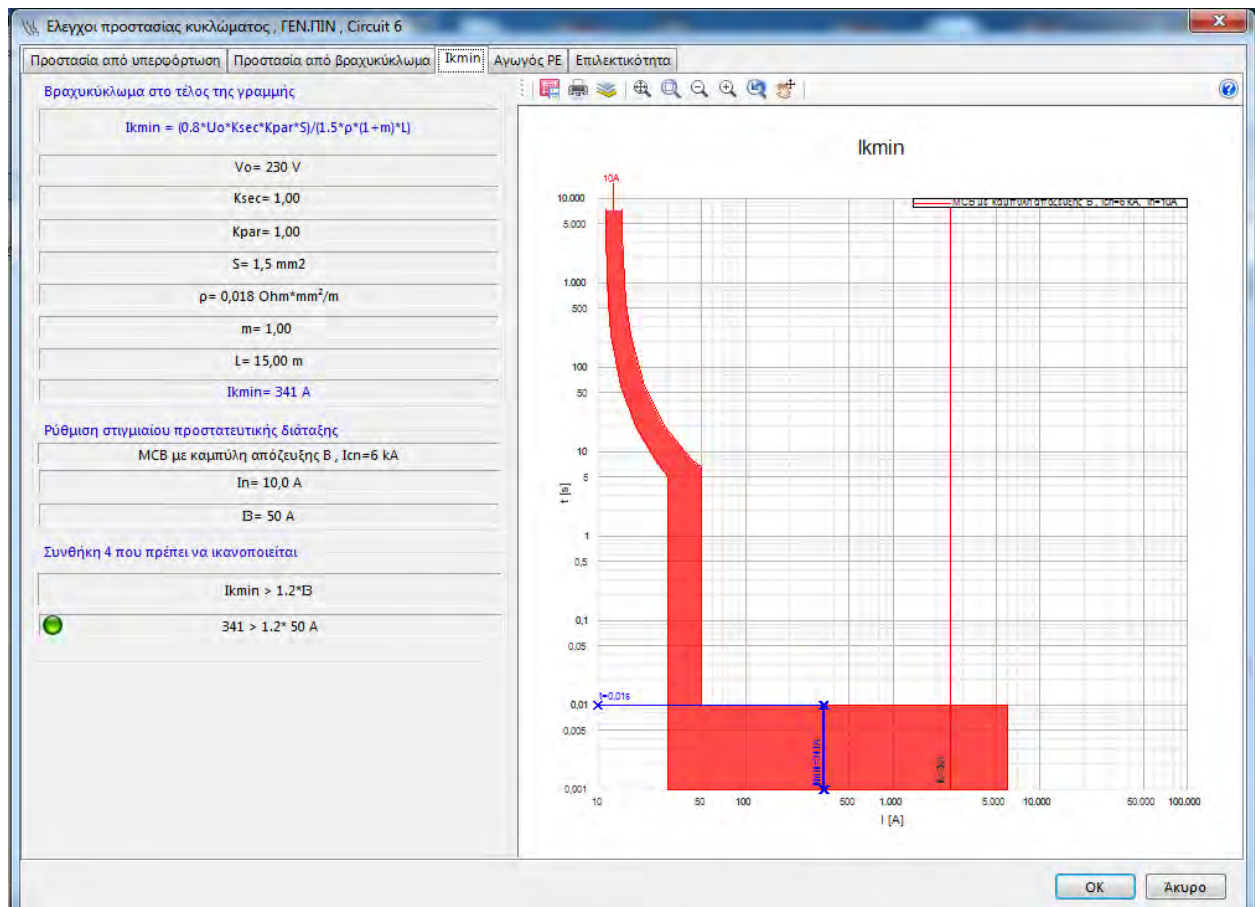




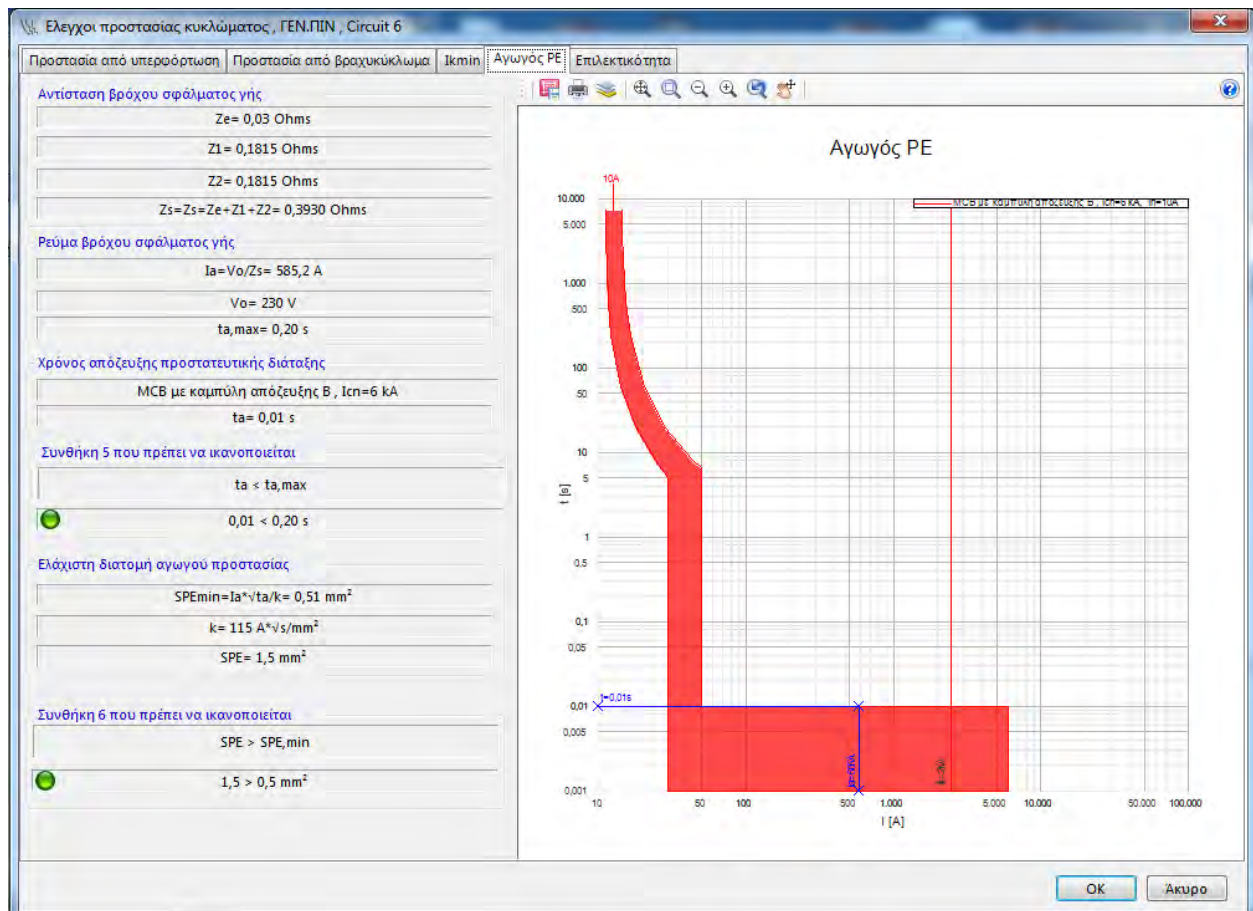
Εικόνα Α.21 Προστασία από υπερφόρτωση για κύκλωμα 6.



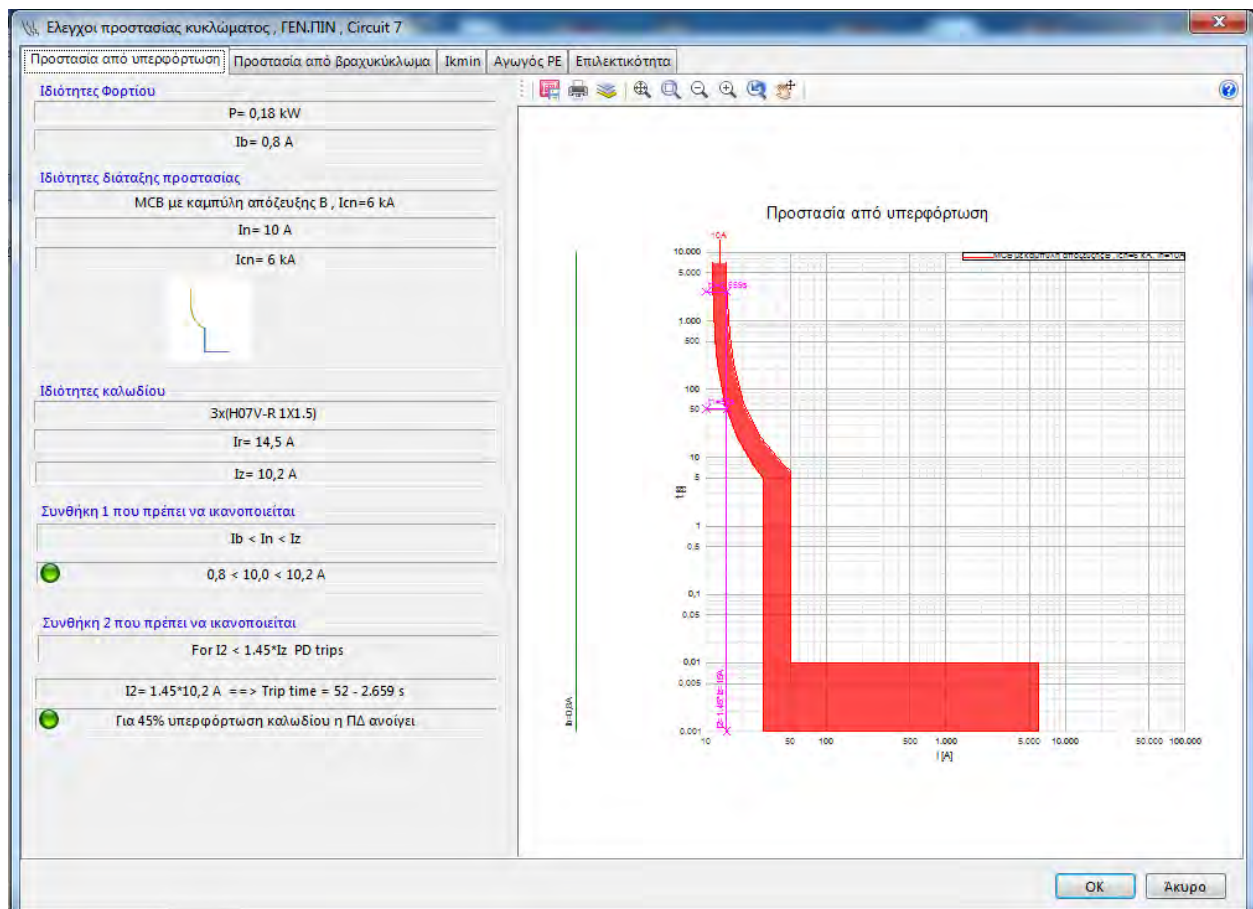
Εικόνα Α.22 Προστασία από βραχυκύκλωμα για κύκλωμα 6.



Εικόνα Α.23 Βραχυκύκλωμα στο τέλος της γραμμής για κύκλωμα 6.

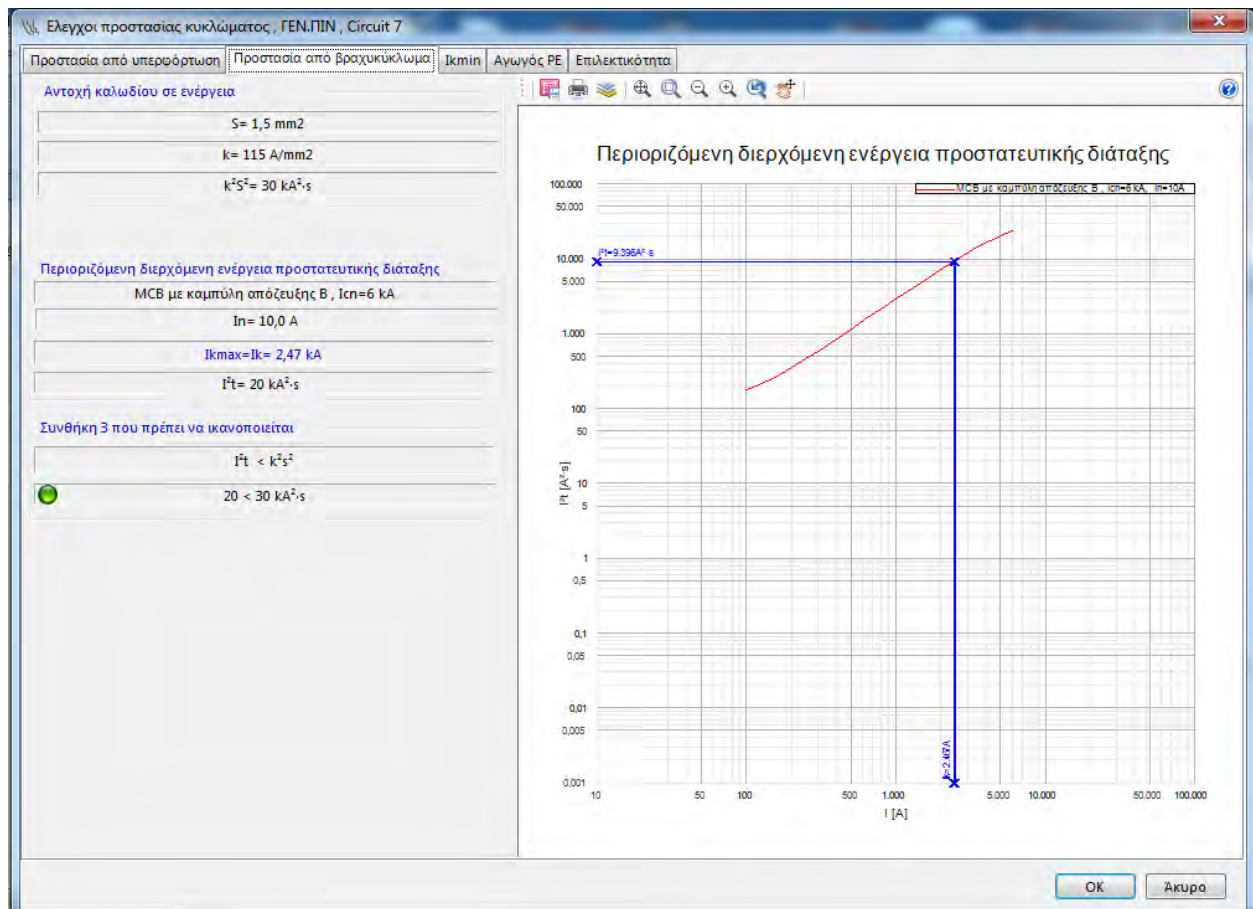


Εικόνα Α.24 Ελάχιστη διατομή αγωγού προστασίας για κύκλωμα 6.

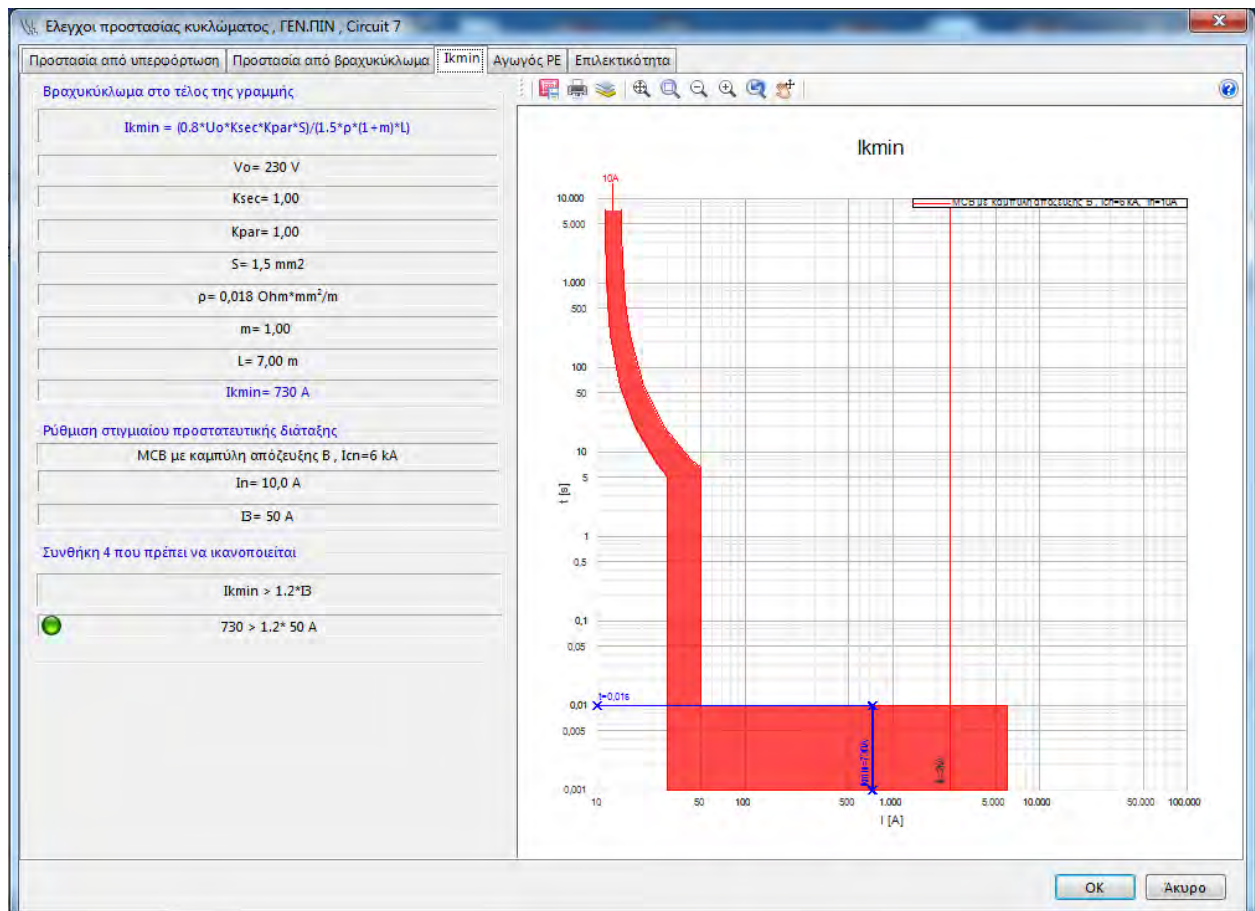


Εικόνα A.25 Προστασία από υπερφόρτωση για κύκλωμα 7.

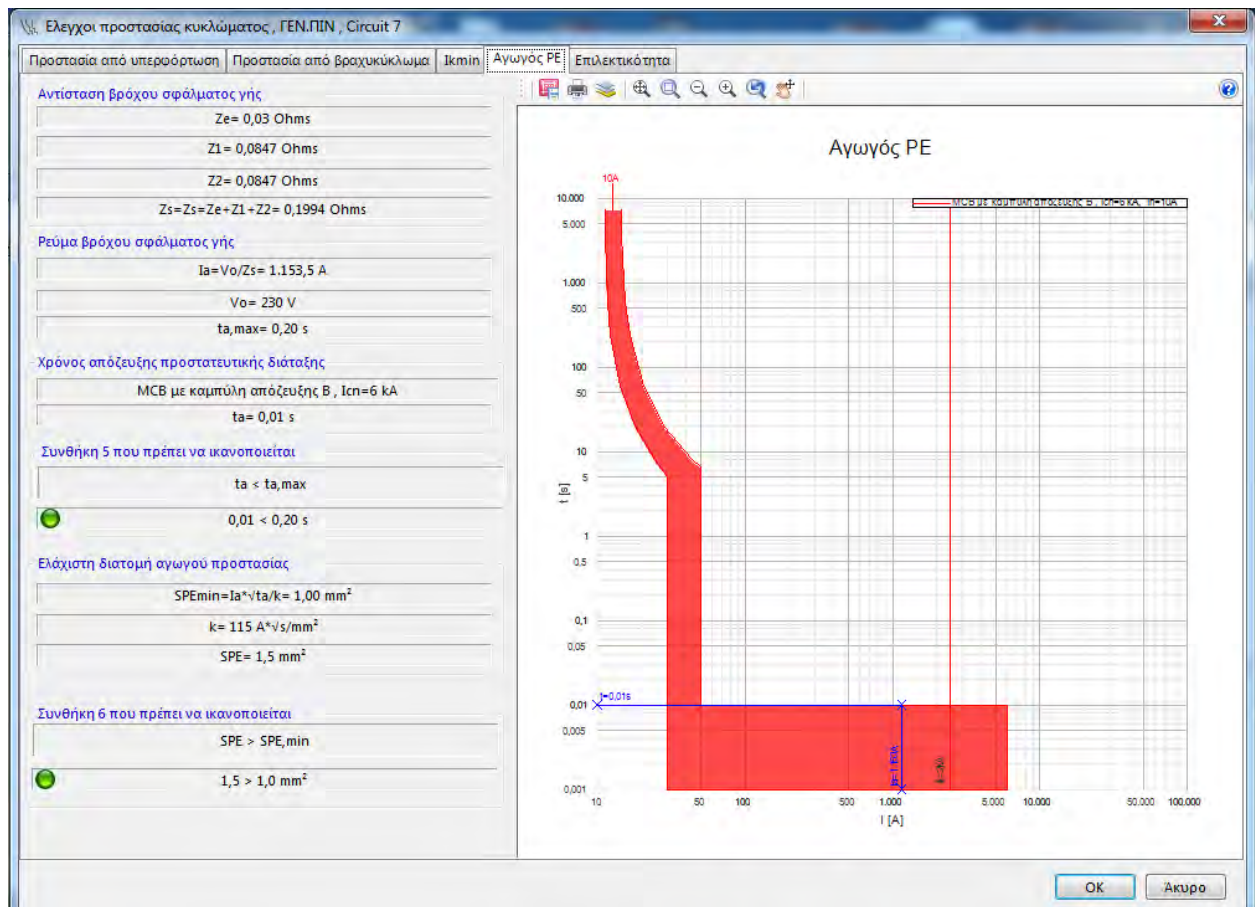




Εικόνα Α.26 Προστασία από βραχυκύκλωμα για κύκλωμα 7.

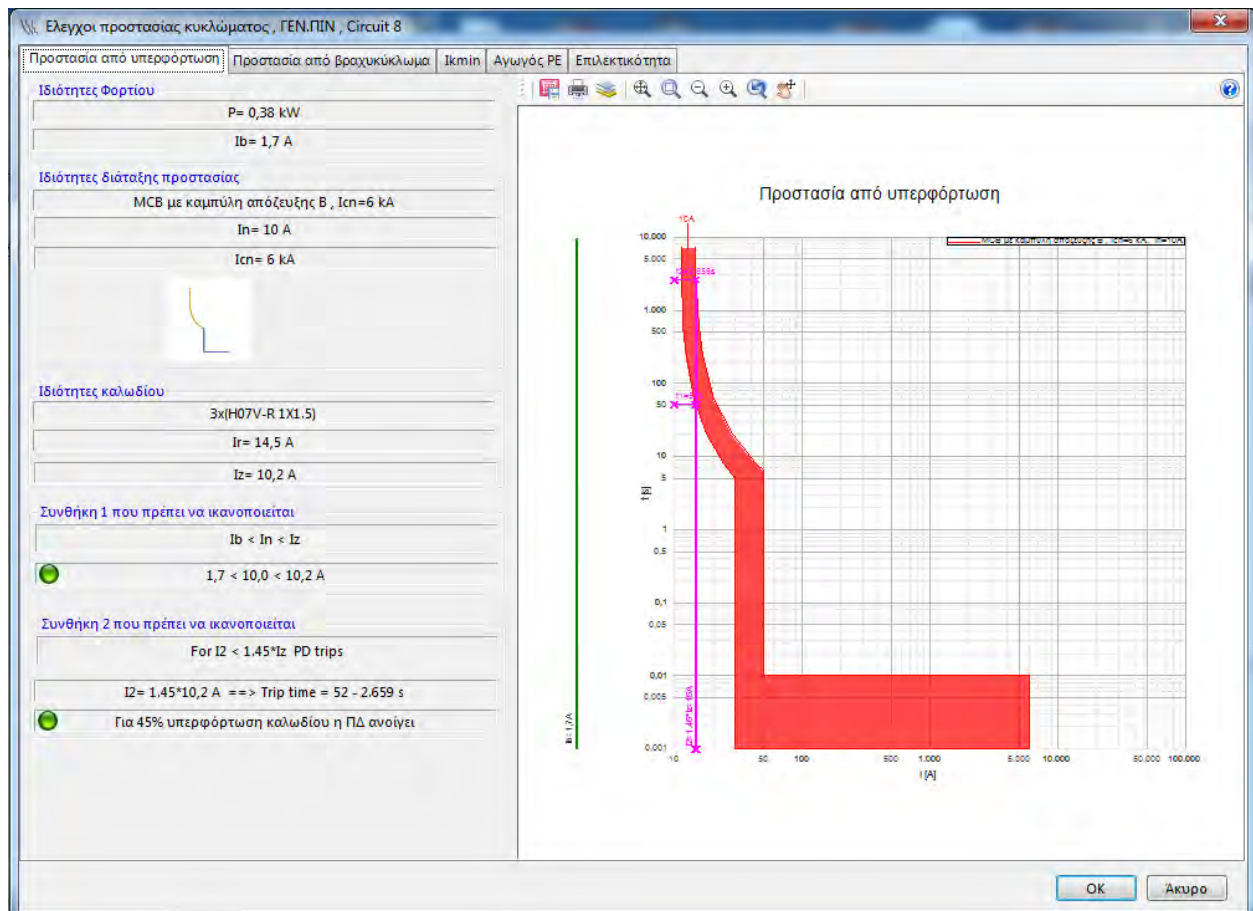


Εικόνα Α.27 Βραχυκύκλωμα στο τέλος της γραμμής για κύκλωμα 7.

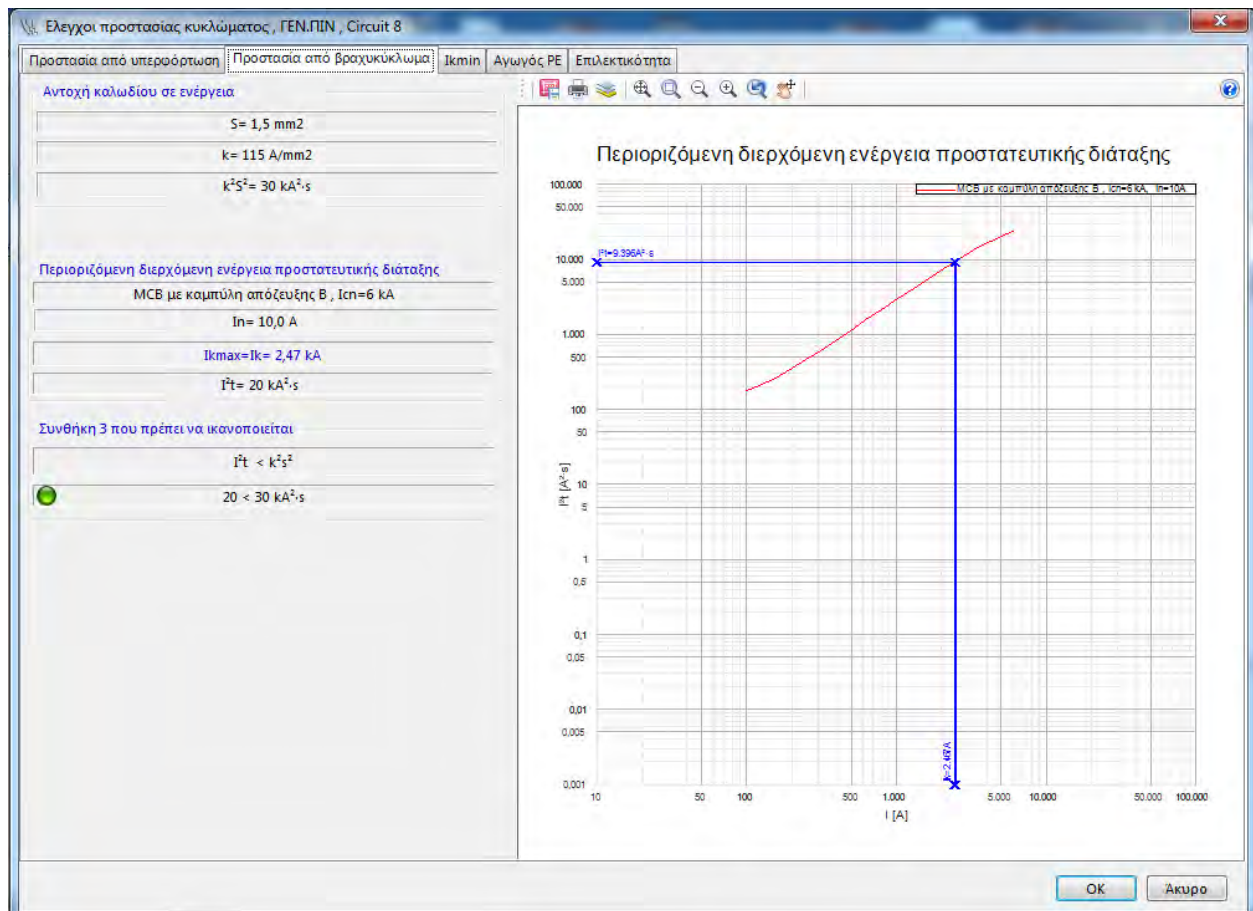


Εικόνα Α.28 Ελάχιστη διατομή αγωγού προστασίας για κύκλωμα 7.

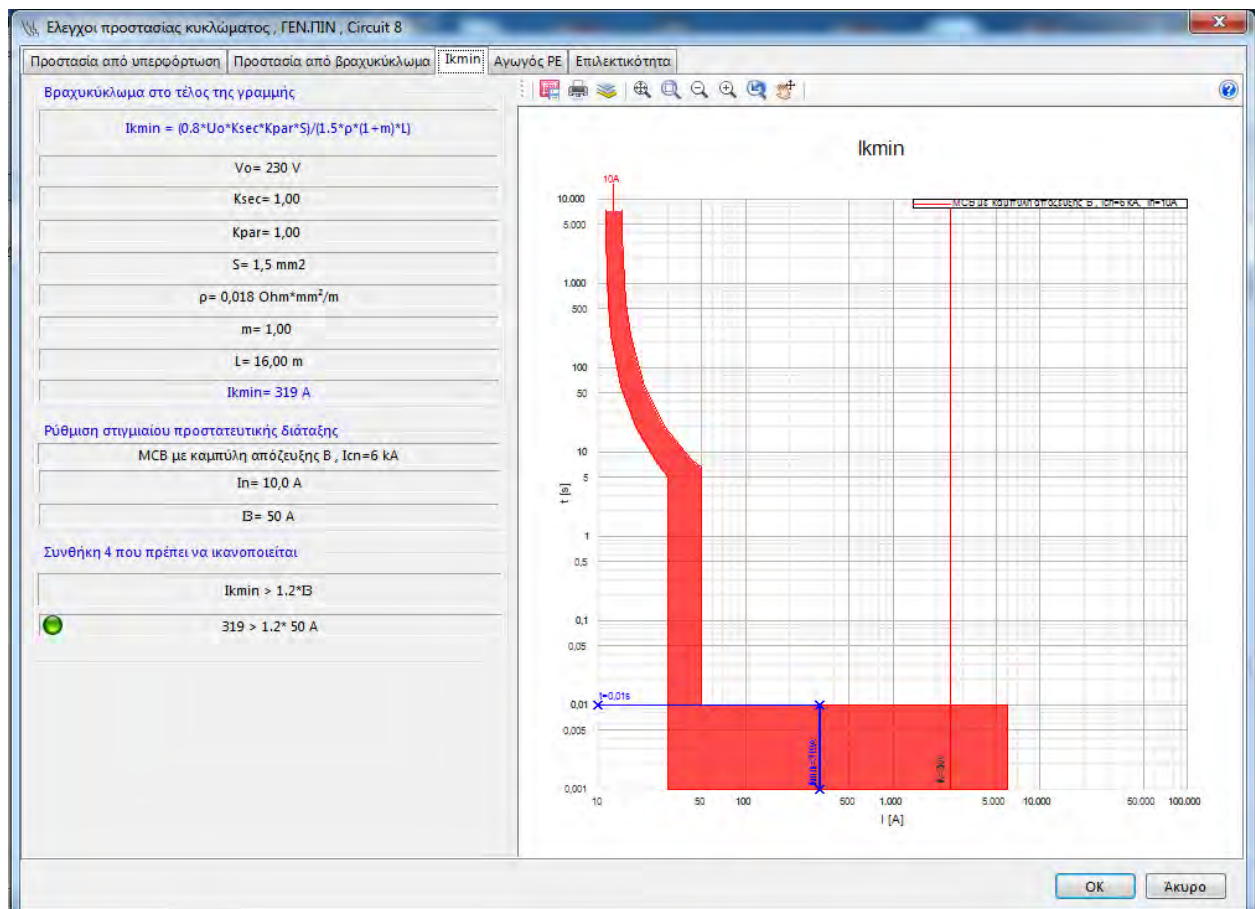




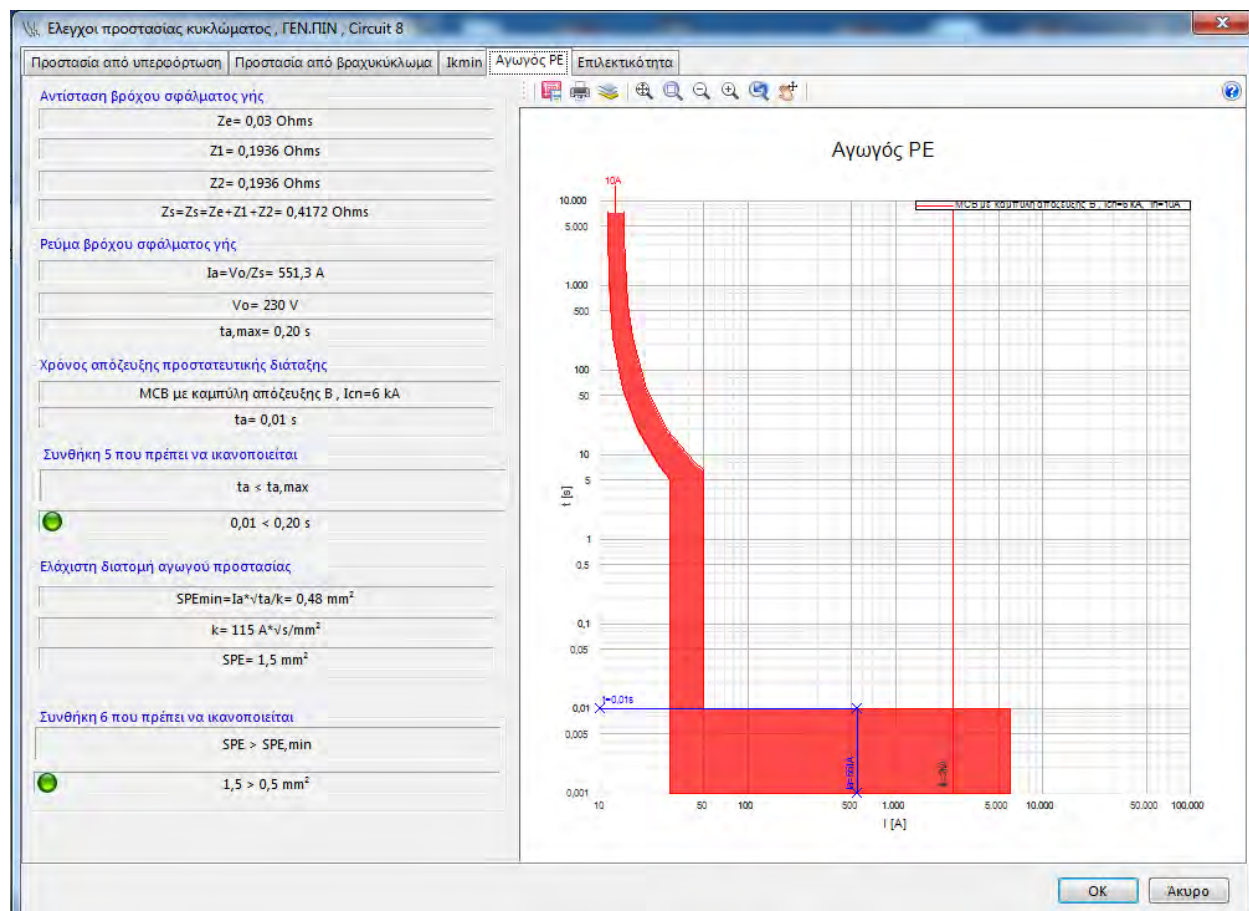
Εικόνα Α.29 Προστασία από υπερφόρτωση για κύκλωμα 8.



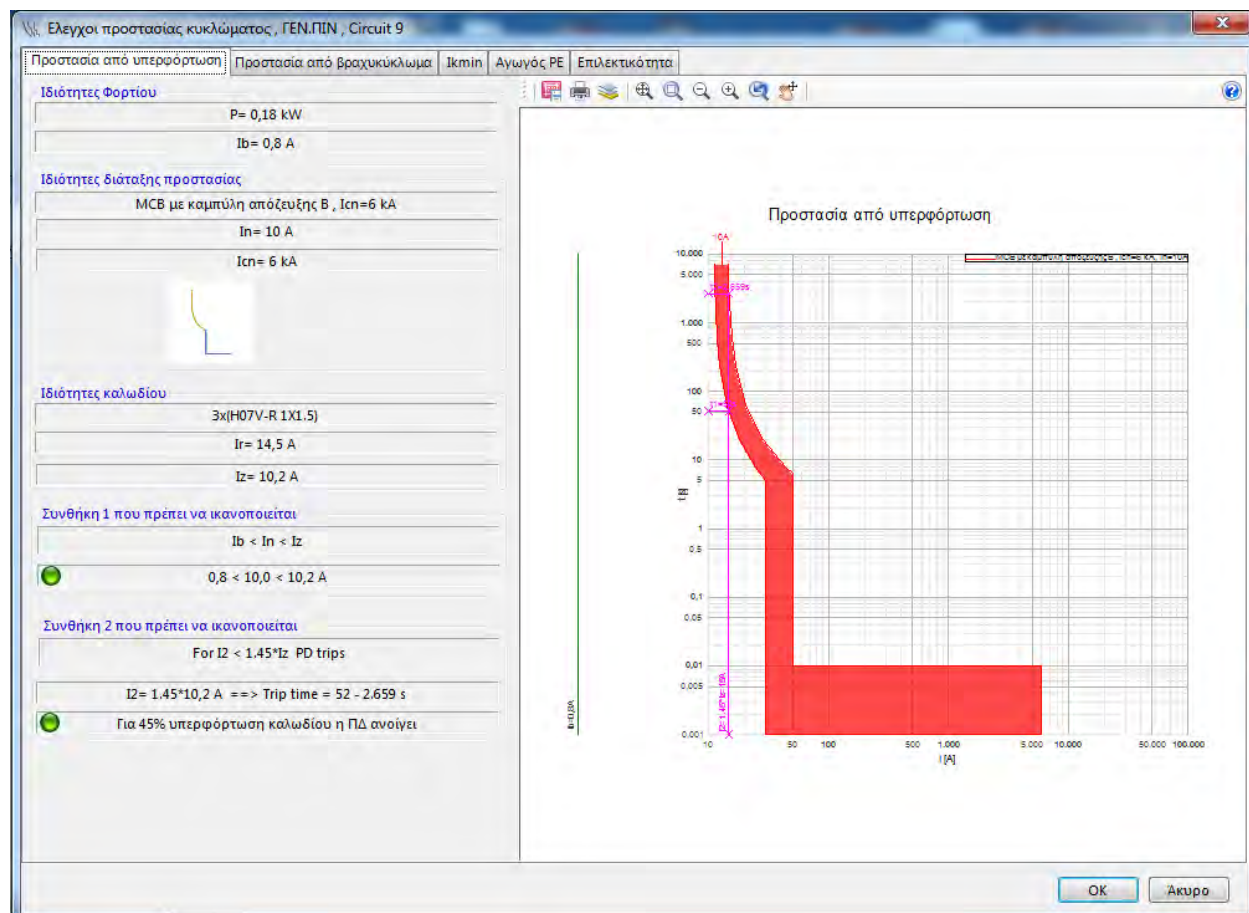
Εικόνα Α.30 Προστασία από βραχυκύκλωμα για κύκλωμα 8.



Εικόνα Α.31 Βραχυκύκλωμα στο τέλος της γραμμής για κύκλωμα 8.

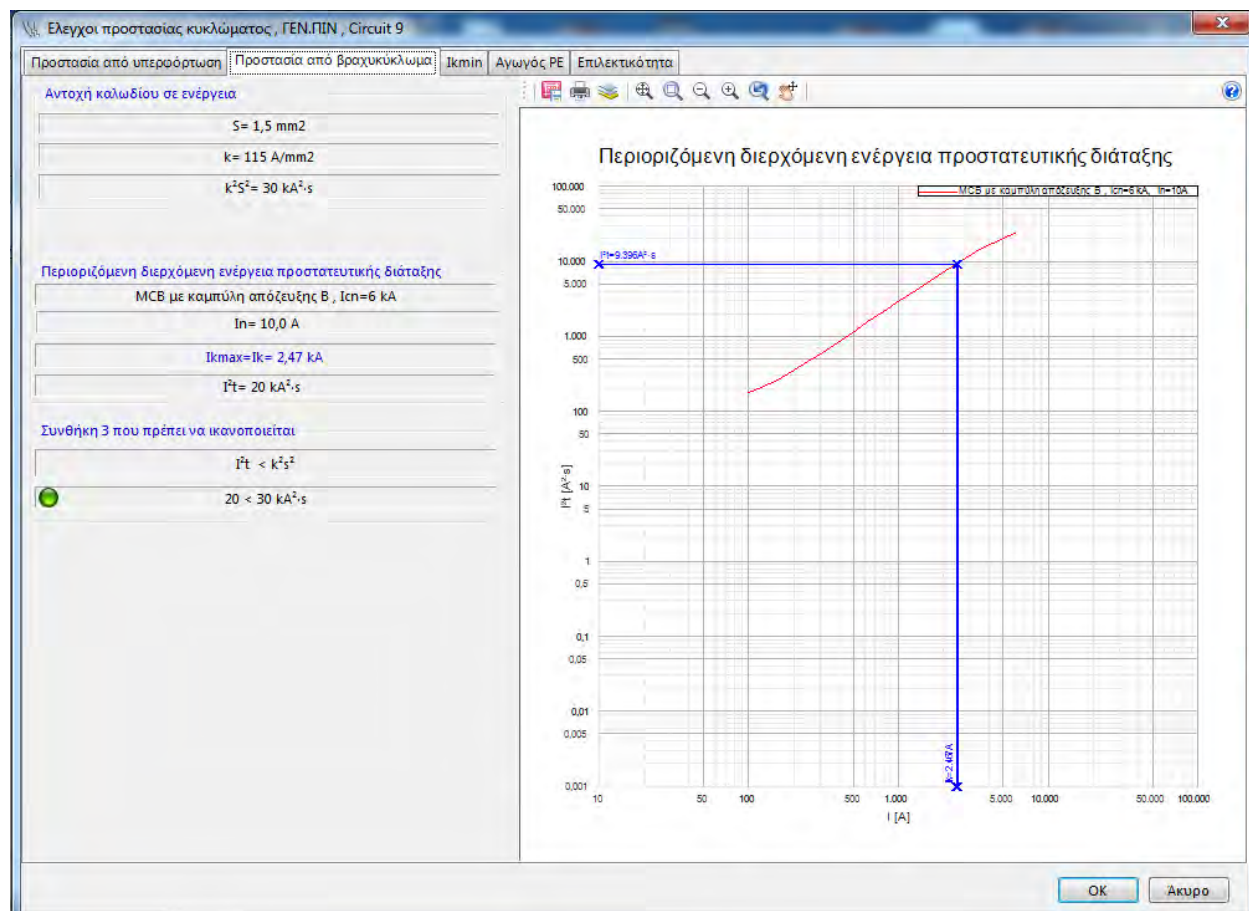


Εικόνα Α.32 Ελάχιστη διατομή αγωγού προστασίας για κύκλωμα 8.

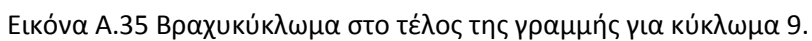


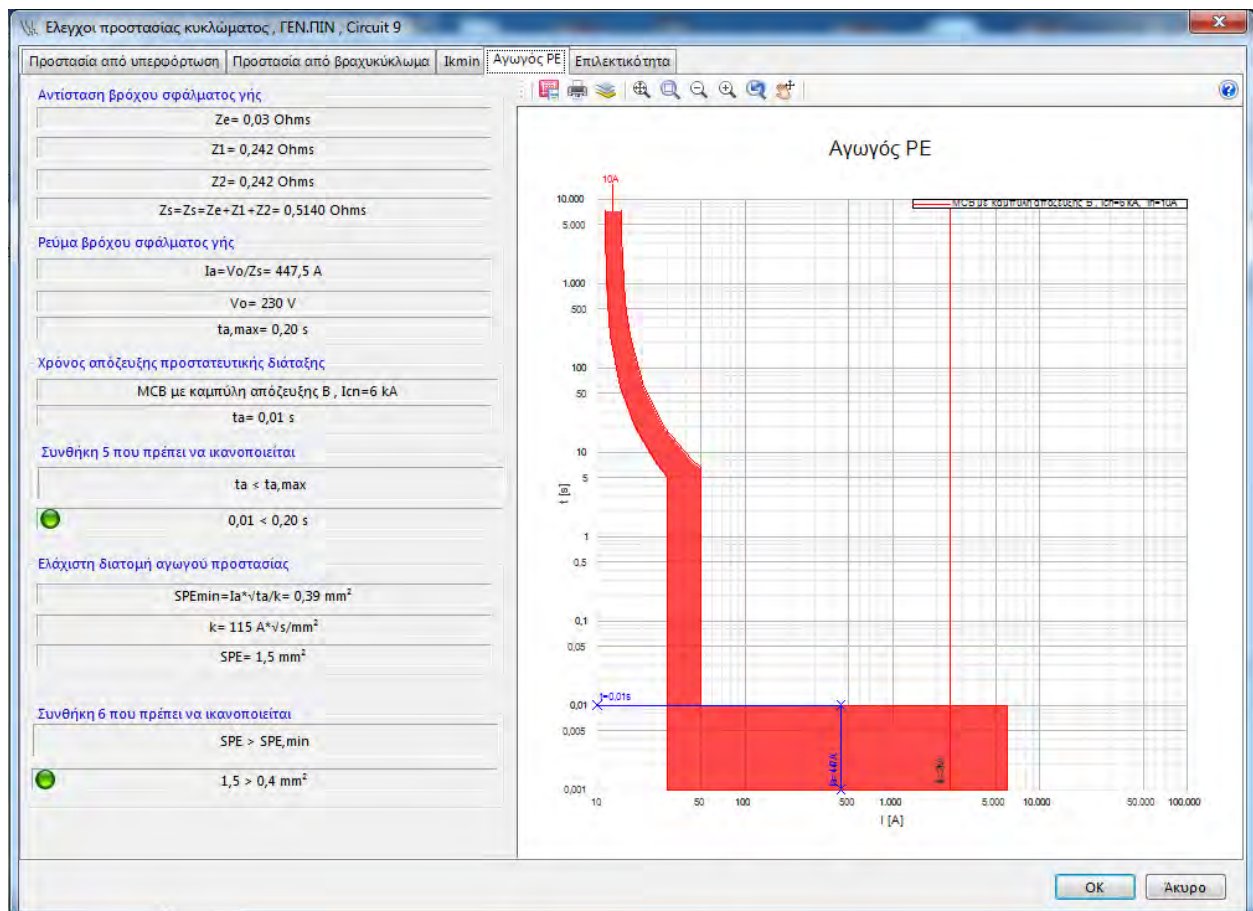
Εικόνα Α.33 Προστασία από υπερφόρτωση για κύκλωμα 9.





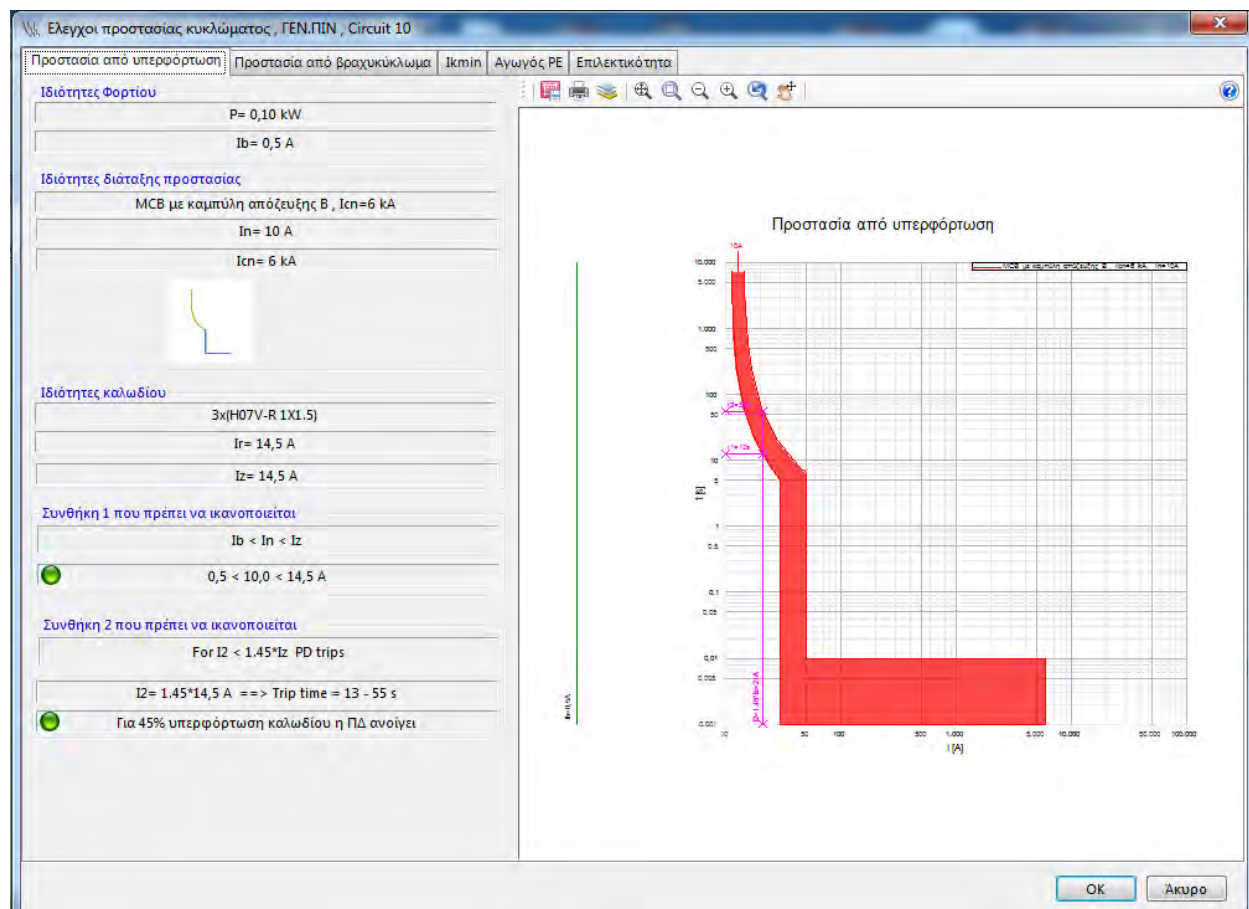
Εικόνα Α.34 Προστασία από βραχυκύκλωμα για κύκλωμα 9.



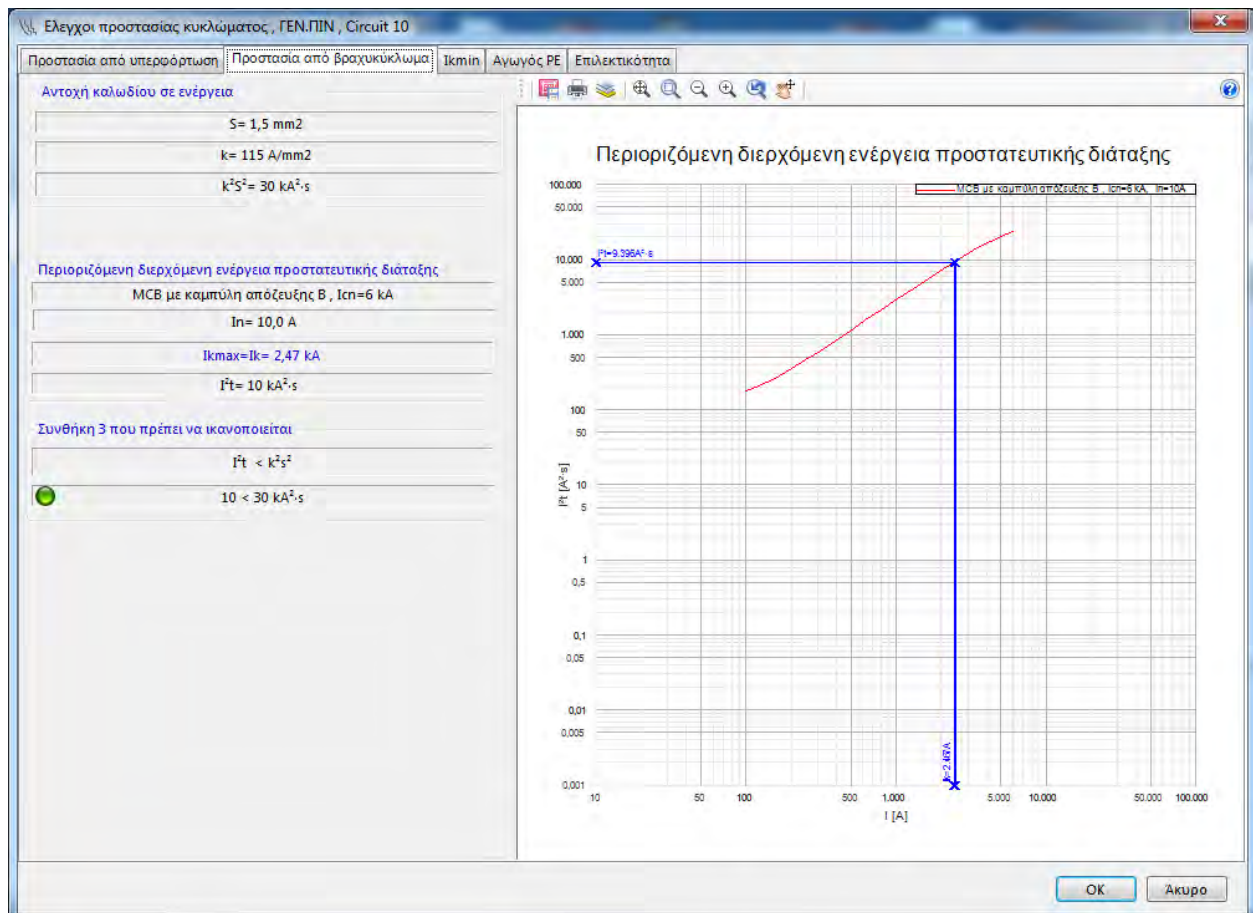


Εικόνα Α.36 Ελάχιστη διατομή αγωγού προστασίας για κύκλωμα 9.

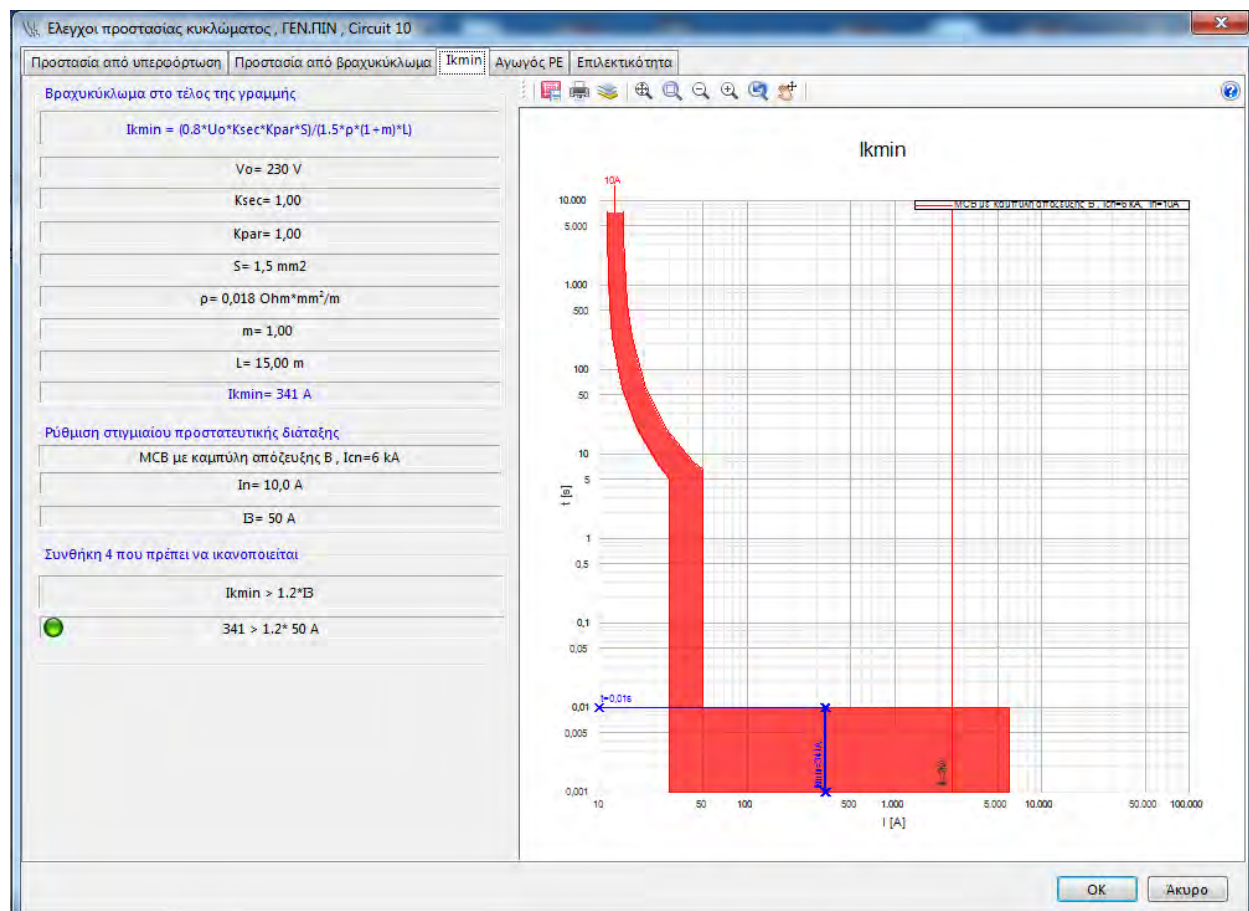




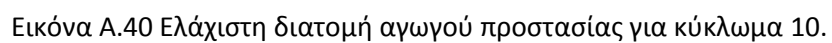
Εικόνα Α.37 Προστασία από υπερφόρτωση για κύκλωμα 10.

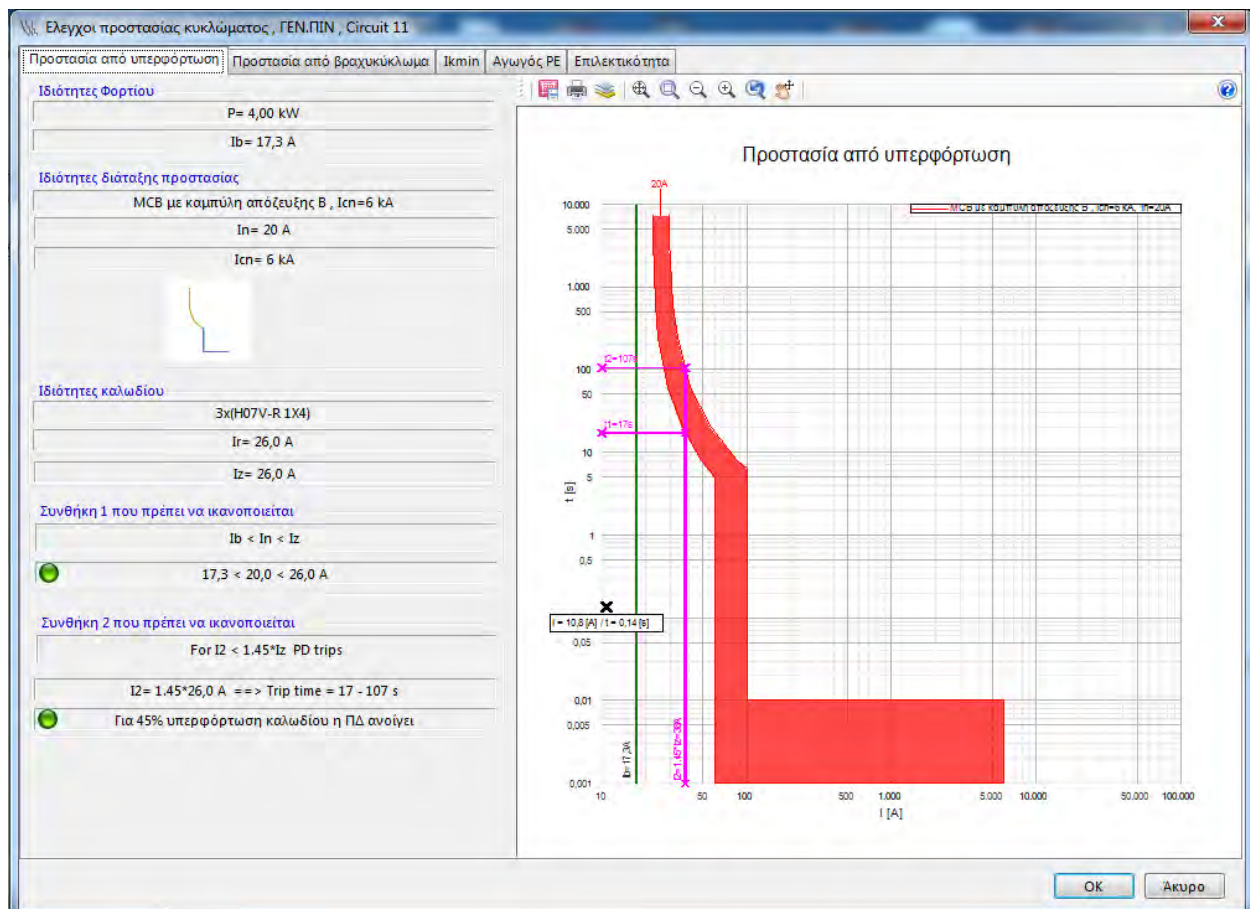


Εικόνα Α.38 Προστασία από βραχυκύκλωμα για κύκλωμα 10.



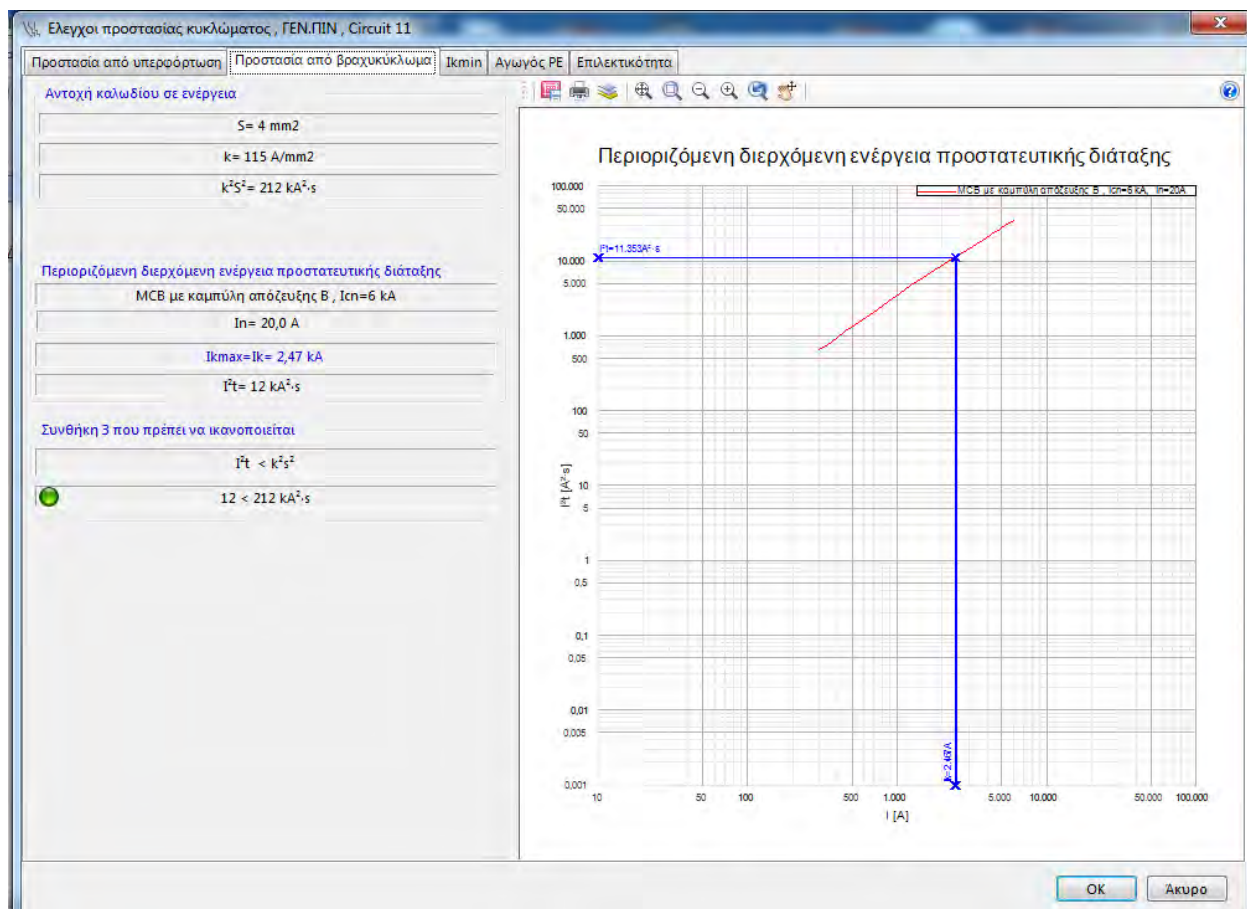
Εικόνα Α.39 Βραχυκύκλωμα στο τέλος της γραμμής για κύκλωμα 10.



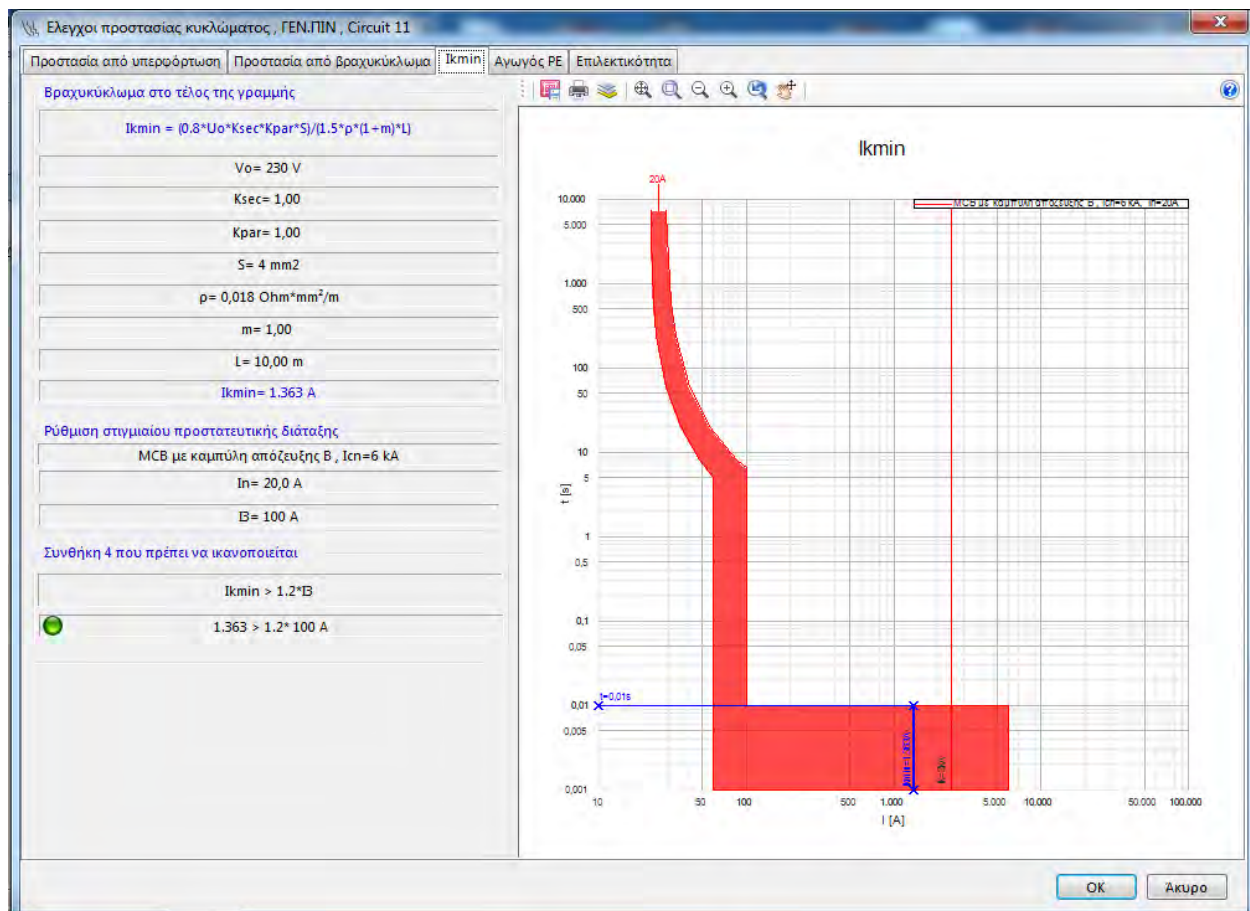


Εικόνα Α.41 Προστασία από υπερφόρτωση για κύκλωμα 11.

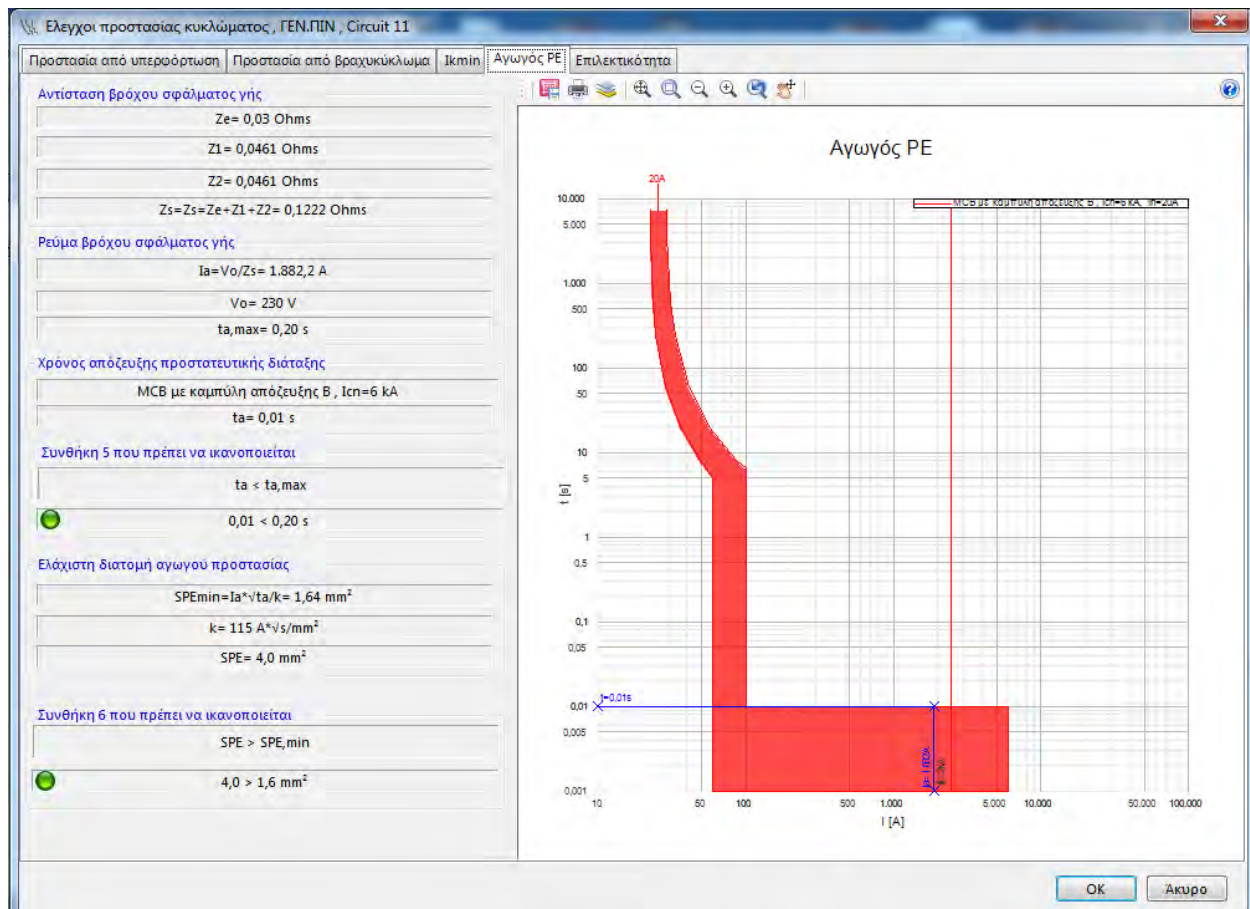




Εικόνα Α.42 Προστασία από βραχυκύκλωμα για κύκλωμα 11.

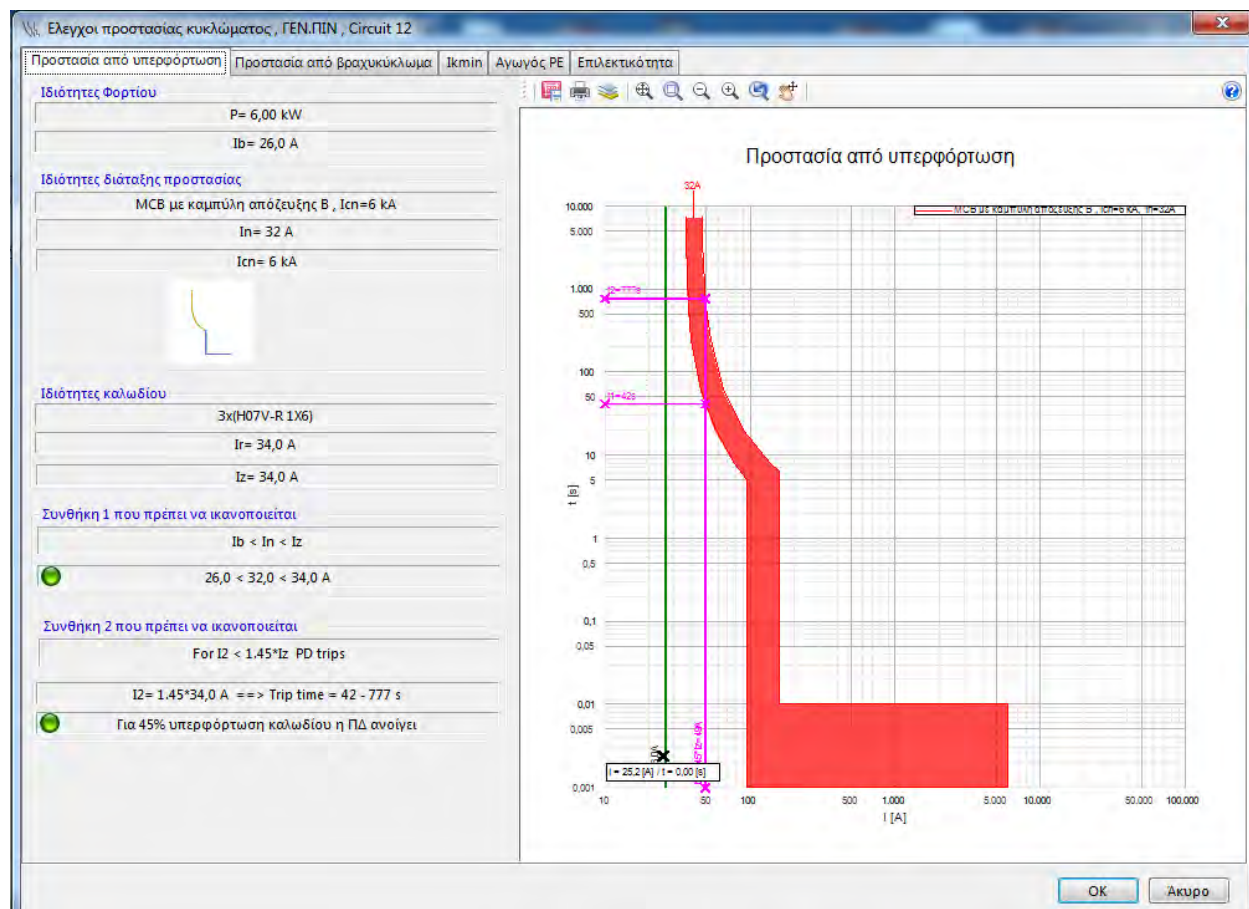


Εικόνα Α.43 Βραχυκύκλωμα στο τέλος της γραμμής για κύκλωμα 11.

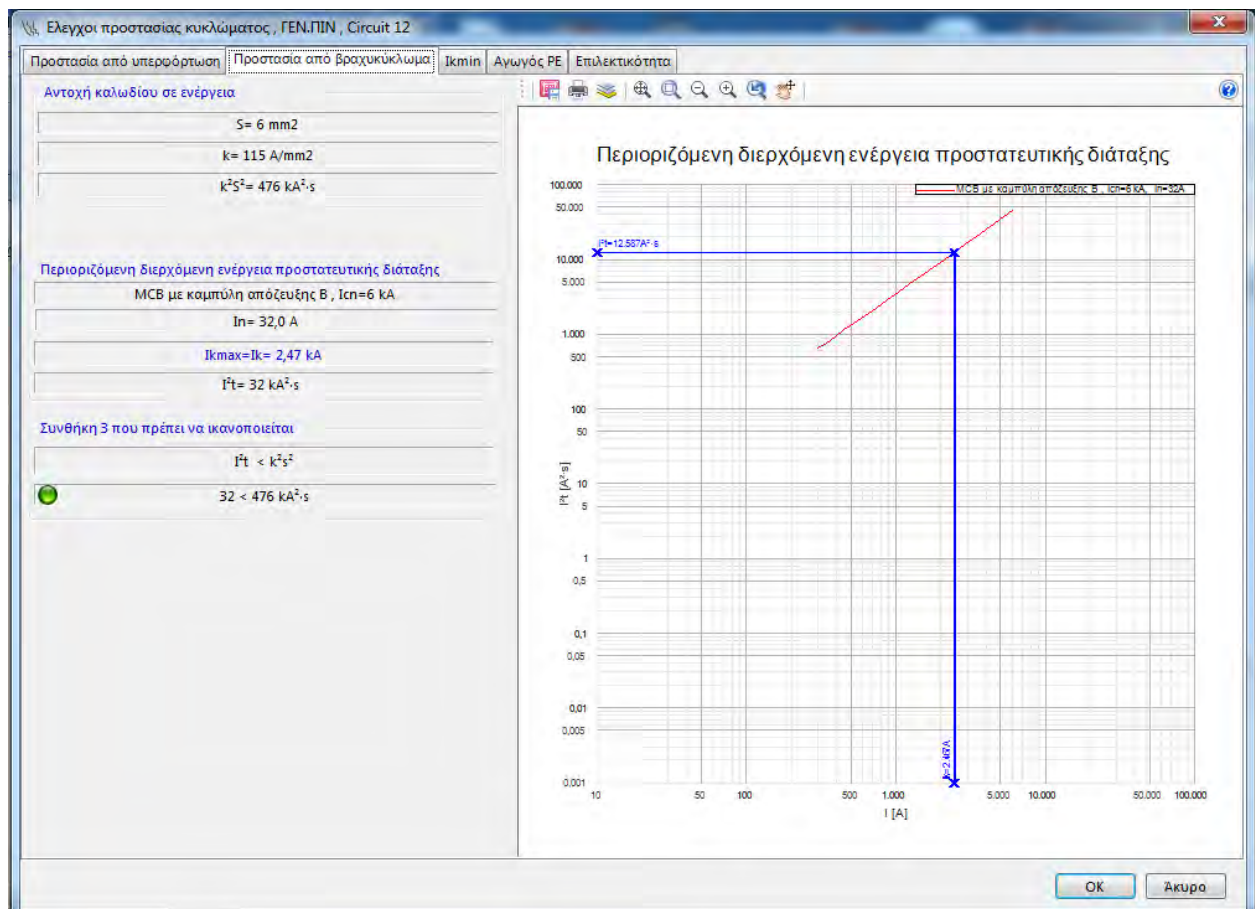


Εικόνα Α.44 Ελάχιστη διατομή αγωγού προστασίας για κύκλωμα 11.

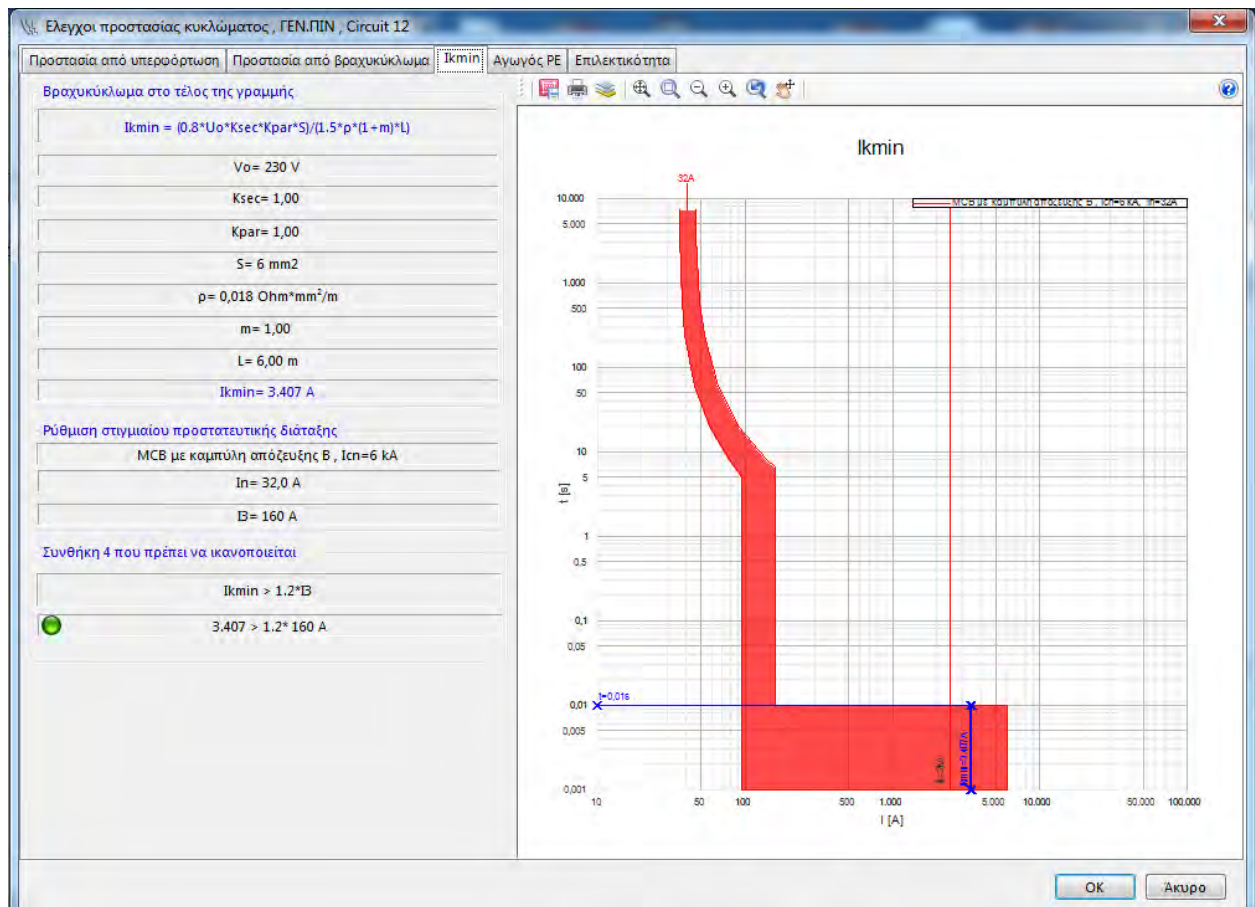




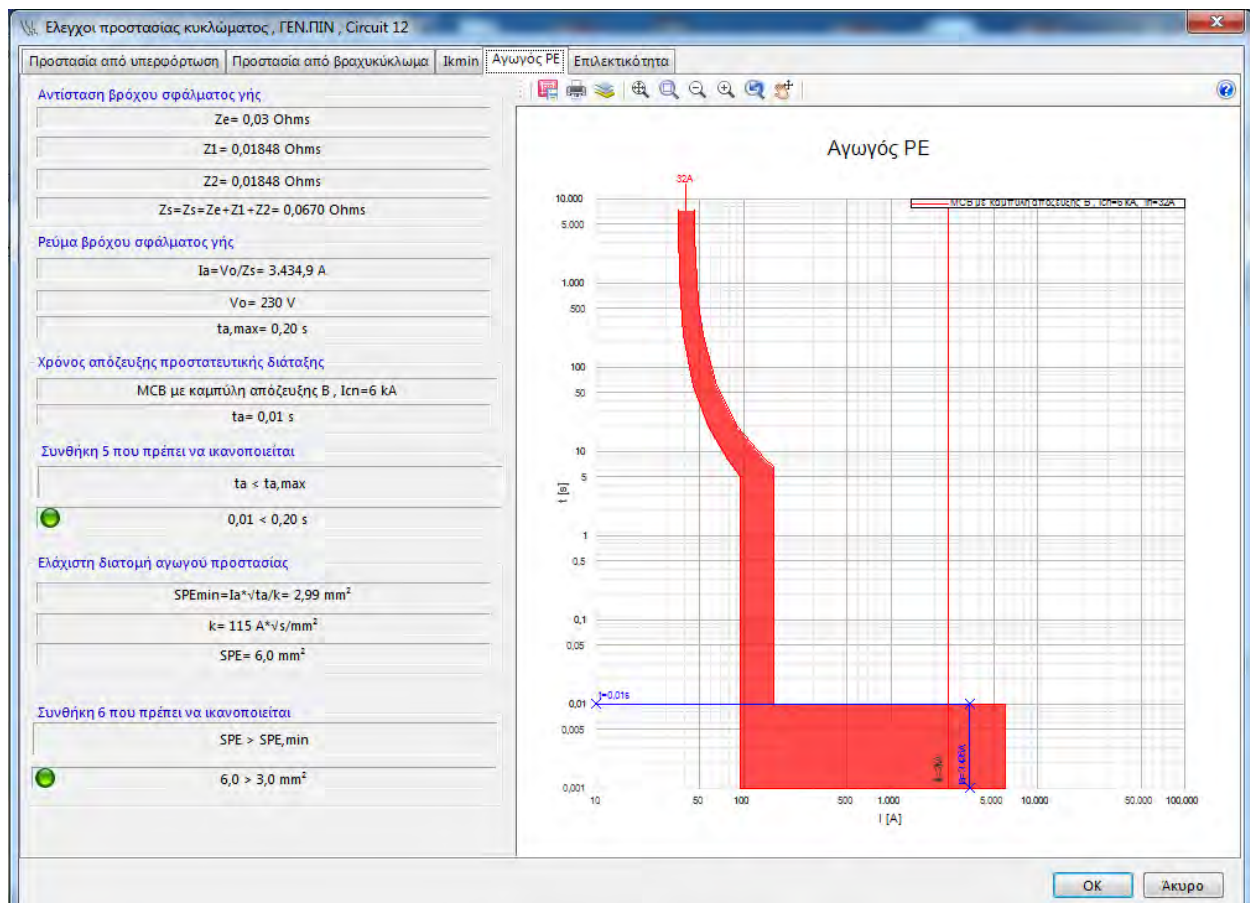
Εικόνα Α.45 Προστασία από υπερφόρτωση για κύκλωμα 12.



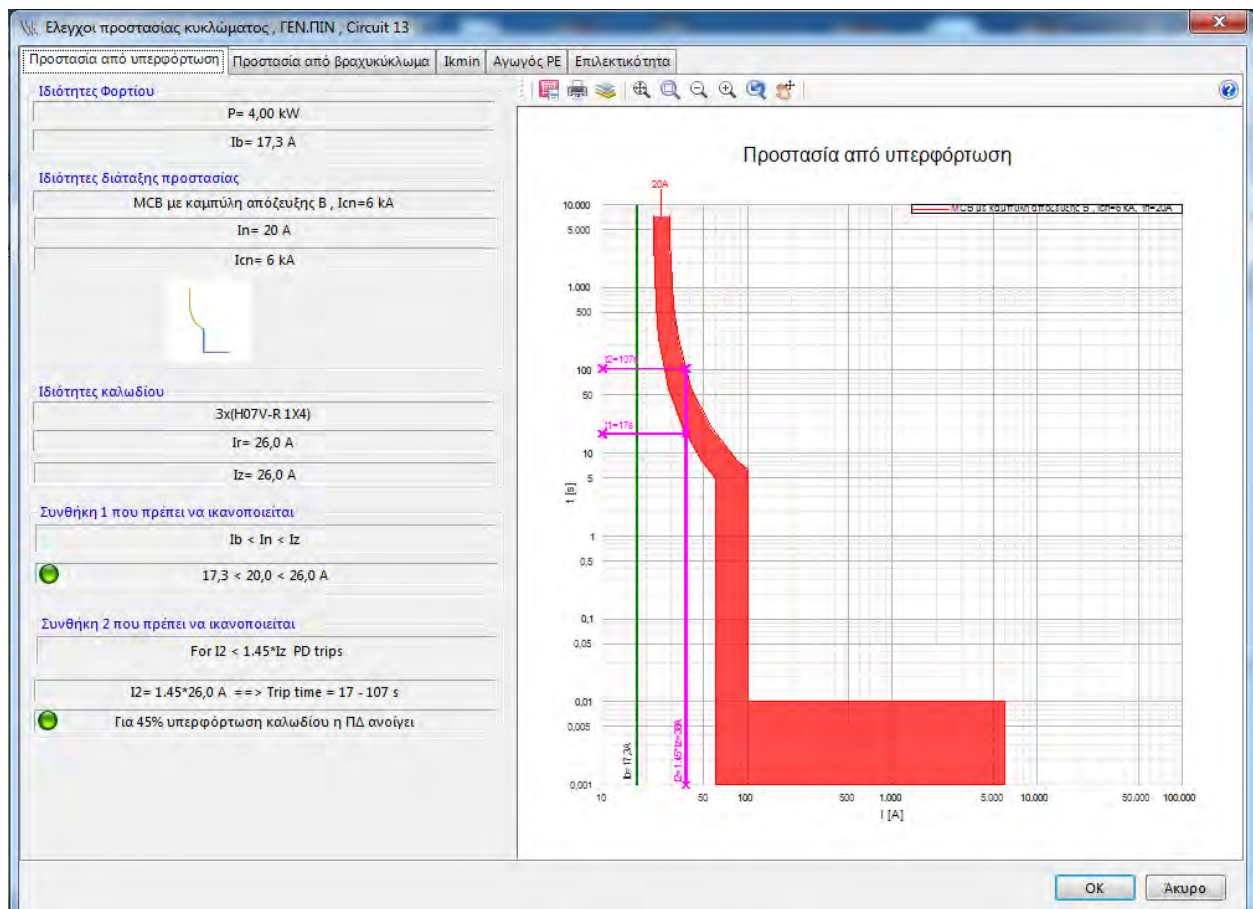
Εικόνα Α.46 Προστασία από βραχυκύκλωμα για κύκλωμα 12.



Εικόνα Α.47 Βραχυκύκλωμα στο τέλος της γραμμής για κύκλωμα 12.

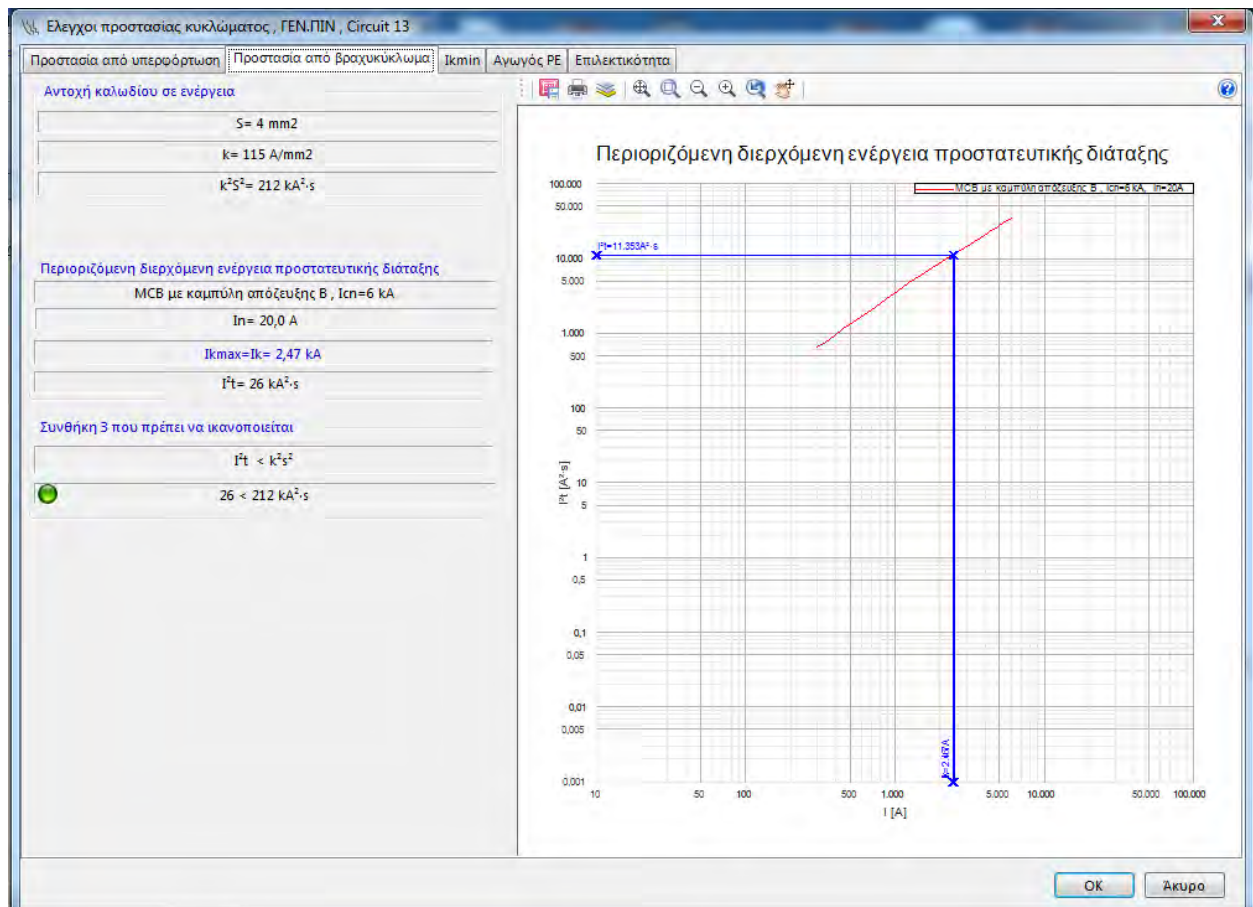


Εικόνα Α.48 Ελάχιστη διατομή αγωγού προστασίας για κύκλωμα 12.

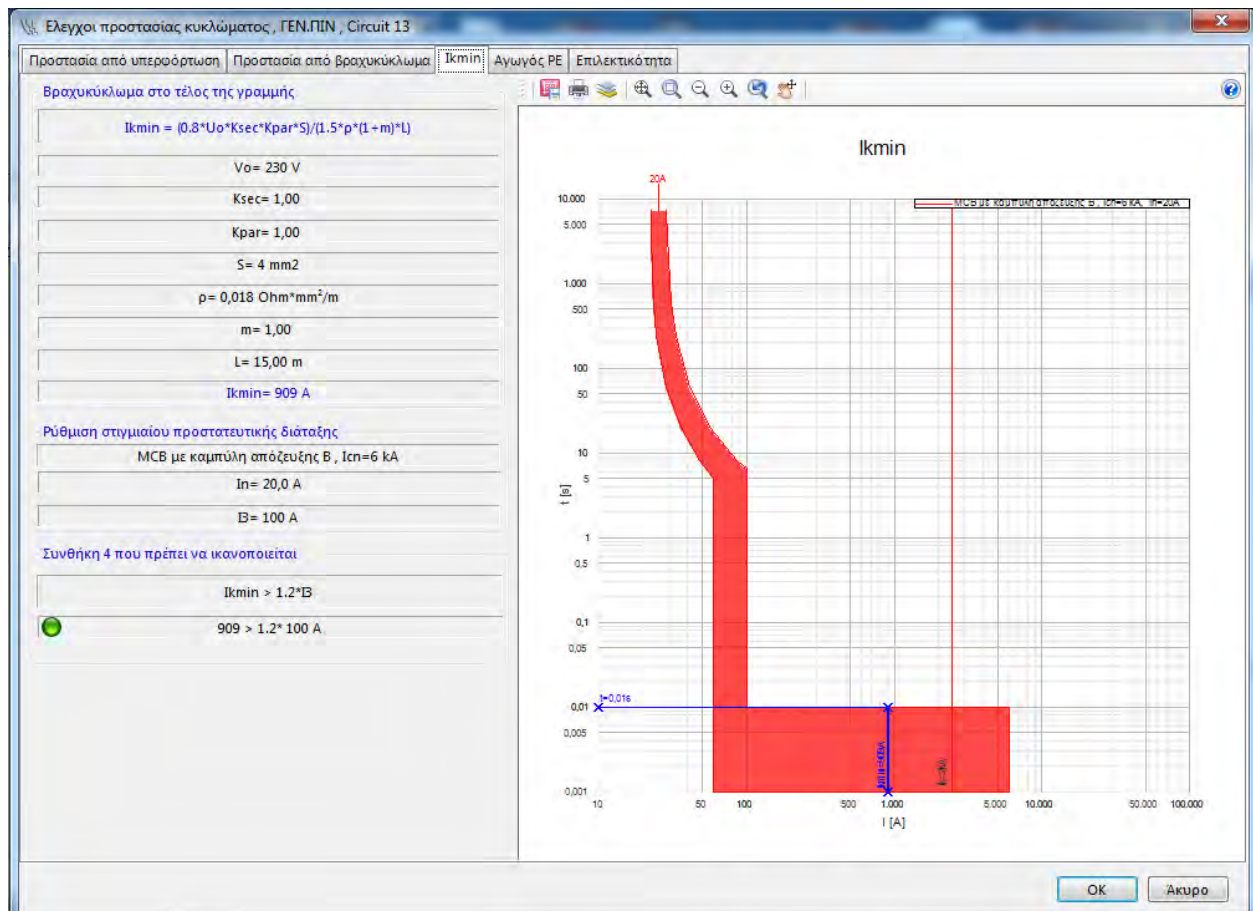


Εικόνα Α.49 Προστασία από υπερφόρτωση για κύκλωμα 13.

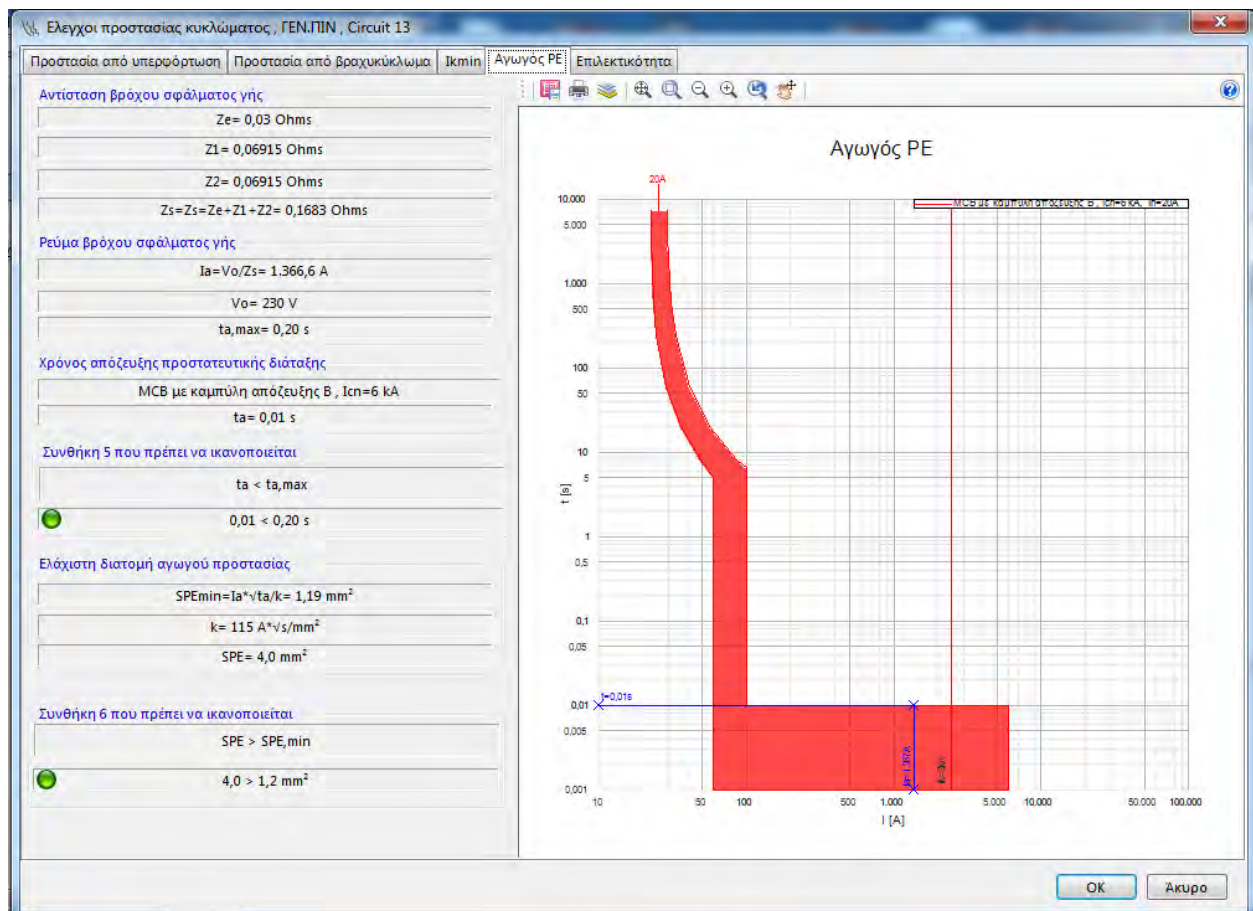




Εικόνα Α.50 Προστασία από βραχυκύκλωμα για κύκλωμα 13.



Εικόνα Α.51 Βραχυκύκλωμα στο τέλος της γραμμής για κύκλωμα 13.



Εικόνα Α.52 Ελάχιστη διατομή αγωγού προστασίας για κύκλωμα 13.