

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΠΜΣ: ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Καταγραφή βλαβών σε φωτοβολταϊκά συστήματα και η
σημασία τους στην ασφάλισή τους**



ΚΑΨΑΛΗΣ ΜΑΤΘΑΙΟΣ

Επιβλέπων Καθηγητής

ΨΥΧΟΓΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Πειραιάς, Νοέμβριος 2016

Πίνακας περιεχομένων

1.ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
2.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
3.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	6
3.1. ΣΥΝΤΟΜΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ	6
3.2 ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΗΜΕΡΑ	7
3.2.1. Φωτοβολταϊκά στοιχεία Πυριτίου (Si)	8
3.2.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα δεύτερης γενιάς	11
3.2.3 Τρίτη γενιά και πειραματικά συστήματα φωτοβολταϊκών	10
3.2.4. Υπό ανάπτυξη τεχνολογίες.....	10
3.3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	17
3.4. ΑΠΟΔΟΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ ΤΟΥΣ	18
3.5. ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΟΥΣ	26
3.6. ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗΣ	38
3.7. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ.....	45
3.8. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ	50
3.9. Η ΑΣΦΑΛΙΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΗΜΕΡΑ	51
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	54
5. ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΙΣ	56
5.1 ΑΣΦΑΛΙΣΤΕΣ	17
5.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΕΣ - ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΙ	61
5.3 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΤΕΣ	66
5.4 ΚΑΤΟΧΟΙ.....	69
5.5 ΠΩΛΗΤΕΣ	73
6. ΕΜΠΕΙΡΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	77
7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	79
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	82

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια του Π.Μ.Σ. Βιομηχανική Διοίκηση και Τεχνολογία μου ανατέθηκε από τον Καθηγητή κύριο Δ. Ψυχογιό η μεταπτυχιακή εργασία με τίτλο: **«Καταγραφή βλαβών σε φωτοβολταϊκά συστήματα και η σημασία τους στην ασφάλισή τους»**.

Αυτή η εργασία δε θα μπορούσε να ολοκληρωθεί χωρίς τους ανθρώπους που με βοήθησαν με το χρόνο τους και με τη γνώση τους.

Καταρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δημήτριο Ψυχογιό για την στήριξη που μου παρείχε κατά τη διάρκεια της εργασίας και την ενθάρρυνση που μου έδωσε προκειμένου να μπορώ να παρουσιάσω αυτό το αποτέλεσμα.

Εξαιρετικά σημαντική ήταν η βοήθεια των ειδικών επάνω στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και επιδιόρθωση βλαβών κ.κ. Ηλία Μπρουκλή και Σπύρου Λιακόπουλου. Χωρίς αυτούς δε θα είχα τη δυνατότητα να δω από κοντά ζημιές σε εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά. Πολύ σημαντική ήταν και η συνεισφορά του κ.κ. Στέργιου Παναγιωτόπουλου, ενός εξαιρετικού ασφαλιστή, για την επεξήγηση ασφαλιστικών προγραμμάτων φωτοβολταϊκών.

Να ευχαριστήσω επίσης τους θείους μου Καλλιόπη Γάκη-Παπαναστασίου και Δημήτριο Παπαναστασίου για τις πολλές και σημαντικές παρατηρήσεις που κάνανε στο κείμενο μου.

Επίσης ευχαριστώ θερμά της οικογένεια μου που με στήριξε για να μπορέσω να ολοκληρώσω επιτυχώς την εργασία.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αφορμή για την εργασία αυτή υπήρξε η ανάγκη για καταγραφή της στάσης και της συμπεριφοράς των εμπλεκόμενων ομάδων με τα φωτοβολταϊκά ως προς την διαχείριση της αντιμετώπισης βλαβών και της ασφάλισης τους. Ένα ζήτημα που έχει ερευνηθεί λιγότερο μέχρι σήμερα στον τομέα των φωτοβολταϊκών είναι η διαδικασία της ασφάλισης τους. Η έλλειψη στοιχείων σχετικά με την ασφάλιση των φωτοβολταϊκών δημιούργησε την ανάγκη για την αναζήτηση υλικού και την επικοινωνία με ανθρώπους τόσο από την αγορά όσο και καταναλωτές. Πρωταρχικός στόχος ήταν η διερεύνηση της στάσης των ασφαλιστικών εταιρειών απέναντι στα φωτοβολταϊκά και ακολούθως η καταγραφή του ενδιαφέροντος τους για τον τομέα αυτό της αγοράς. Επί πλέον δόθηκε η ευκαιρία της εξέτασης και της εξεύρεσης των στοιχείων αυτών που προσδιορίζουν την ποιοτική εκτίμηση τους για την οικονομική εξέλιξη του συγκεκριμένου κλάδου.

Αρχικά η μελέτη ξεκίνησε με την αναζήτηση στοιχείων σχετικά με την εξέλιξη των υλικών που χρησιμοποιούνται στα φωτοβολταϊκά συστήματα , στην διάκρισή τους ανάλογα με το υλικό κατασκευής, την τεχνολογία και την απόδοσή τους. Εν συνεχεία εξετάστηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και οι βλάβες που παρουσιάζουν με γνώμονα τη σοβαρότητά τους όσον αφορά την επίδραση τους στη λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος, την απόδοσή τους και την ασφάλεια τους. Τέλος καταγράφηκαν οι μέθοδοι και οι τρόποι, που χρησιμοποιούν οι τεχνικοί-επιστήμονες, που έχουν σκοπό την βέλτιστη απόδοση των φωτοβολταϊκών και την μείωση του κινδύνου βλαβών τους, προκειμένου η ασφάλιση τους να είναι λιγότερο επισφαλής και οικονομικά φθηνότερη. Αυτό θα βοηθήσει τον κλάδο σε περαιτέρω ανάπτυξη και από την πλευρά των ασφαλιζομένων ιδιοκτητών φωτοβολταϊκών πάνελ θα είναι πλέον η ασφάλιση τους ακόμη περισσότερο διαδεδομένη και θα την επιζητούν διότι το όφελος θα είναι ουσιαστικό και καθόλου ακριβό. Κύριο ερώτημα που έπρεπε να απαντηθεί μέσω της παρούσας εργασίας ήταν το πώς αντιμετωπίζονται οι κίνδυνοι (δηλαδή πιθανές βλάβες, κακόβουλες ενέργειες καθώς και απρόοπτα περιστατικά) που αντιμετωπίζει ο ιδιοκτήτης φωτοβολταϊκών πάνελ καθώς και με ποιους τρόπους επιτυγχάνεται μείωση αυτών των κινδύνων. Η εργασία αυτή έρχεται να καλύψει το κενό που μέχρι στιγμή δεν έχει καλυφθεί όσον αφορά την ενασχόλησή της με το ενδιαφέρον των ασφαλιστικών εταιρειών στην ασφάλιση φωτοβολταϊκών πάνελ και των δυνατοτήτων τους, Ως προς αυτό το μη διερευνημένο ερώτημα η εργασία είναι

πρωτότυπη και μελλοντικά χρήσιμη καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις ασφαλιστικές εταιρείες για τη βελτίωση της μεθόδου εκτίμησης ασφαλιστικού κινδύνου με σκοπό την ασφαλιστική κάλυψη του φωτοβολταϊκού.

Κατά τη διάρκεια της εργασίας προέκυψαν τα εξής ευρήματα: Η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πάνελ κατά μέσον όρο μειώνεται κατά 0,5% το χρόνο (στο ελληνικό κλίμα η μείωση είναι ακόμη μικρότερη της τάξης του 0,2%). Αυτό δείχνει ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τη δυνατότητα με σωστή συντήρηση να λειτουργήσουν στον ελληνικό χώρο για περισσότερα από 30 χρόνια. Προς το παρόν η έλλειψη παλιών συστημάτων (τα παλαιότερα συστήματα ίσα που ξεπερνούν τα 10 έτη) δεν επιτρέπει την επιβεβαίωση αυτής της πρόβλεψης. Κατά τη διαδικασία των συνεντεύξεων διαπιστώθηκε ότι οι κάτοχοι των φωτοβολταϊκών δείχνουν μεγάλη υπευθυνότητα στην παρακολούθηση τους για να διαπιστώνουν σχεδόν καθημερινά την καλή και απρόσκοπτη λειτουργία τους. Επίσης έγινε κατανοητό ότι τόσο οι κάτοχοι όσο και οι τεχνικοί αναγνωρίζουν τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η ασφάλιση των φωτοβολταϊκών.

3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

3.1. ΣΥΝΤΟΜΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ

Η ιστορία της αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας ξεκινάει τη δεκαετία του 1860. Τότε εξαιτίας της ανησυχίας για την εξάντληση των πηγών ενέργειας, κάποιοι επιστήμονες άρχισαν να προσανατολίζονται στη δυνατότητα της αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας προκειμένου να αντικατασταθεί το ρυπογόνο κάρβουνο που ήταν τότε η βασική πηγή ενέργειας.

Το 1876 παρατηρήθηκε ότι ήταν δυνατό να παραχθεί ηλεκτρισμός από την αξιοποίηση των ακτινών του ήλιου.

Το 1883 δημιουργήθηκε το πρώτο φωτοβολταϊκό πάνελ από τον Charles Fritts.

Το 1905 ο Albert Einstein απέδειξε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

Το 1954 οι David Chapin, Calvin Fuller and Gerald Pearson of Bell Labs ανέπτυξαν το πρώτο φωτοβολταϊκό πάνελ με απόδοση 4%. Αργότερα κατάφεραν να βελτιώσουν την απόδοση φτάνοντας στο 11%.

Τη δεκαετία του 1960 τα φωτοβολταϊκά ήταν βασική πηγή ηλεκτροδότησης των διαστημόπλοιων και των δορυφόρων.

Κατά τη δεκαετία του 1970 ανακαλύφθηκαν καινούριες τεχνολογίες κατασκευής φωτοβολταϊκών. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μειωθεί η τιμή τους και να γίνουν πιο προσιτά στην αγορά. Εκείνη τη περίοδο χρησιμοποιήθηκαν για το φωτισμό των πλατφόρμων παραγωγής πετρελαίου στη θάλασσα.

Από την δεκαετία του 1990 άρχισαν να εγκαθίστανται στο εξωτερικό σε απομακρυσμένες κατοικίες λόγω της μείωσης του κόστους εγκατάστασης και της αυξανόμενης αποτελεσματικότητας τους. Επίσης άρχισε να γίνεται επικερδής δραστηριότητα η επένδυση σε κέντρα παραγωγής ρεύματος από φωτοβολταϊκά στοιχεία.

3.2. ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΗΜΕΡΑ

Η ηλιακή ενέργεια που φτάνει στη Γη από τον ήλιο κάθε χρόνο είναι τόση που αν είχαμε την ικανότητα να τη συγκρατήσουμε και να την αξιοποιήσουμε θα είχαμε ενεργειακή αυτάρκεια επ' άπειρο.

Αυτή τη στιγμή παγκοσμίως είναι εγκατεστημένα περισσότερα από 200TW φωτοβολταϊκών παρέχοντας περισσότερο από το 1% της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης. Οι επιστημονικές προβλέψεις υπολογίζουν ότι μέχρι το 2050 η ενέργεια που θα παράγεται απευθείας από την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας θα φτάνει το 27% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας. (https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy) Η απόδοση των φωτοβολταϊκών σήμερα φτάνει το 20%, ενώ αυτή τη στιγμή υπάρχουν ερευνητικά προγράμματα τα οποία καταφέρνουν αποδόσεις πάνω από 40%.

Τα φωτοβολταϊκά χωρίζονται σε υποκατηγορίες ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής τους. Σε γενικές γραμμές υπάρχουν δυο βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών που είναι πιο διαδεδομένοι παγκοσμίως.

Η πρώτη κατηγορία που είναι πιο διεξοδικώς μελετημένη αποτελείται από αυτά που παράγονται από το πυρίτιο. Αυτά αποτελούν το 90% της παγκόσμιας αγοράς φωτοβολταϊκών συστημάτων. Ο δεύτερος πιο διαδεδομένος τύπος είναι το λεπτό υμένιο (thin film) τα οποία έχουν ως βάση τον χαλκό (CIGS), το κάδμιο (CdTe) και το άμορφο πυρίτιο (a-Si).

3.2.1. Φωτοβολταϊκά στοιχεία Πυριτίου (Si)

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων στην βιομηχανία είναι το πυρίτιο. Είναι ίσως και το μοναδικό υλικό που παράγεται με τόσο μαζικό τρόπο. Οι μεγάλες (συγκριτικά) αποδόσεις των φωτοβολταϊκών πλαισίων πυριτίου στο εμπόριο δίνουν και ένα σημαντικό πλεονέκτημα στο συγκεκριμένο υλικό. Το πυρίτιο σήμερα αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς των φωτοβολταϊκών. Από την ιστοσελίδα της εταιρείας Heliosystems (http://www.selasenergy.gr/fv_systems.php) έχω χρησιμοποιήσει μέρος του κειμένου τους για την περιγραφή των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Όπως αναφέρουν, τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του πυριτίου είναι:

- Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στην φύση. Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο. Το διοξείδιο του πυριτίου (SiO₂) (ή κοινώς η άμμος) και ο χαλαζίτης αποτελούν το 28% του φλοιού της γης. Είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον.
- Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί. Επίσης είναι σχετικά εύκολο να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλική του μορφή.
- Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους 125οC κάτι που επιτρέπει την χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτός είναι και ο λόγος που τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου ανταπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.
- Πολύ σημαντικό στοιχείο, που συνέβαλε στην γρήγορη ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων τα τελευταία χρόνια, ήταν η ήδη αναπτυγμένη τεχνολογία στην βιομηχανία της επεξεργασίας του πυριτίου στον τομέα της ηλεκτρονικής (υπολογιστές, τηλεοράσεις κλπ). Το 2007 μάλιστα ήταν η πρώτη χρονιά που υπήρχε μεγαλύτερη ζήτηση (σε τόνους κρυσταλλικού πυριτίου) στην αγορά των φωτοβολταϊκών στοιχείων σε σχέση με αυτήν των ημιαγωγών της ηλεκτρονικής.

Μια κατηγοριοποίηση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία θα μπορούσε να γίνει με βάση το πάχος του υλικού που χρησιμοποιείται ανάμεσα σε τεχνολογίες λεπτού υμενίου και σε τεχνολογίες παχύτερης πλάκας.

Τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων πυριτίου «μεγάλου πάχους»

A) Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (SingleCrystalline Silicon panel, sc-Si)

Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοση τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%.

Το μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης/επιφάνειας ή "ενεργειακής πυκνότητας". Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) και η μέθοδος FZ (float zone). Αμφότερες βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου.

Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό με την υψηλότερη απόδοση στο εμπόριο σήμερα, είναι της SunPower με απόδοση πλαισίου 18,5%. Είναι μάλιστα το μοναδικό που έχει τις μεταλλικές επαφές στο πίσω μέρος του πάνελ αποκομίζοντας έτσι μεγαλύτερη επιφάνεια αλληλεπίδρασης με την ηλιακή ακτινοβολία.

B) Φωτοβολταϊκά στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου (MultiCrystalline Silicon, mc-Si)

Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3 χιλιοστά. Η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών γι' αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι: η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση"), και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC.

Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές. Όσο μεγαλύτερες είναι σε έκταση οι μονοκρυσταλλικές περιοχές τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση για τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κελιά.

Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13% έως και 15% για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ).

Γ) Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Αναπτύσσεται από την Evergreen Solar. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου.

Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 18%.

Ειδικά τα φωτοβολταϊκά μόνο-κρυσταλλικού Πυριτίου κατασκευάζονται από κυψέλες που έχουν κοπεί από ένα κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου. Αποτελούν τα πιο αποδοτικά 33πολύπλοκη γιατί απαιτεί την κατασκευή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου με αποτέλεσμα το υψηλότερο κόστος κατασκευής.

3.2.2. Φωτοβολταϊκά δεύτερης γενιάς:

A) Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)

Το Τελουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει φθάσει το 16%.

Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Σημαντικότερος κατασκευαστής για φωτοβολταϊκά στοιχεία CdTe είναι η First Solar. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Ήδη η Greenpeace έχει εναντιωθεί στην χρήση του. Επίσης προβληματίζει ή έλλειψη του Τελλουρίου. Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό (BIPV Building Integrated Photovoltaic).

Φωτοβολταϊκά λεπτού υμενίου, thin film

B) Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe₂ ή CIS, με προσθήκη γάλλιου CIGS)

Ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11% (πλαίσιο).

Η καλύτερη επίδοση που έχει επιτευχθεί μέχρι τον Δεκέμβριο 2015 ήταν 22,3% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτού υμενίου. Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.

3.2.3. Τρίτη γενιά και πειραματικά συστήματα φωτοβολταϊκών

A) Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)

Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσενικό δεν είναι σπάνιο αλλά έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες.

Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.

B) Υβριδικά Φωτοβολταϊκά Στοιχεία

Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών.

Γ) HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin-layer)

Τα πιο γνωστά εμπορικά υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και το οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν απόδοση 19,7%. Άλλα πλεονεκτήματα για τα υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού προσφέρει τόσα πολλά, το υβριδικό φωτοβολταϊκό είναι και κάπως ακριβότερο σε σχέση με τα συμβατικά φωτοβολταϊκά πλαίσια.

3.2.4. Υπό ανάπτυξη τεχνολογίες

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια στον κόσμο παρουσιάζουν νέες πατέντες. Κάποιες από τις τεχνολογίες στα φωτοβολταϊκά στοιχεία που φαίνεται να ξεχωρίζουν και μελλοντικά πιθανώς να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι:

- Νανοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (nc-Si)

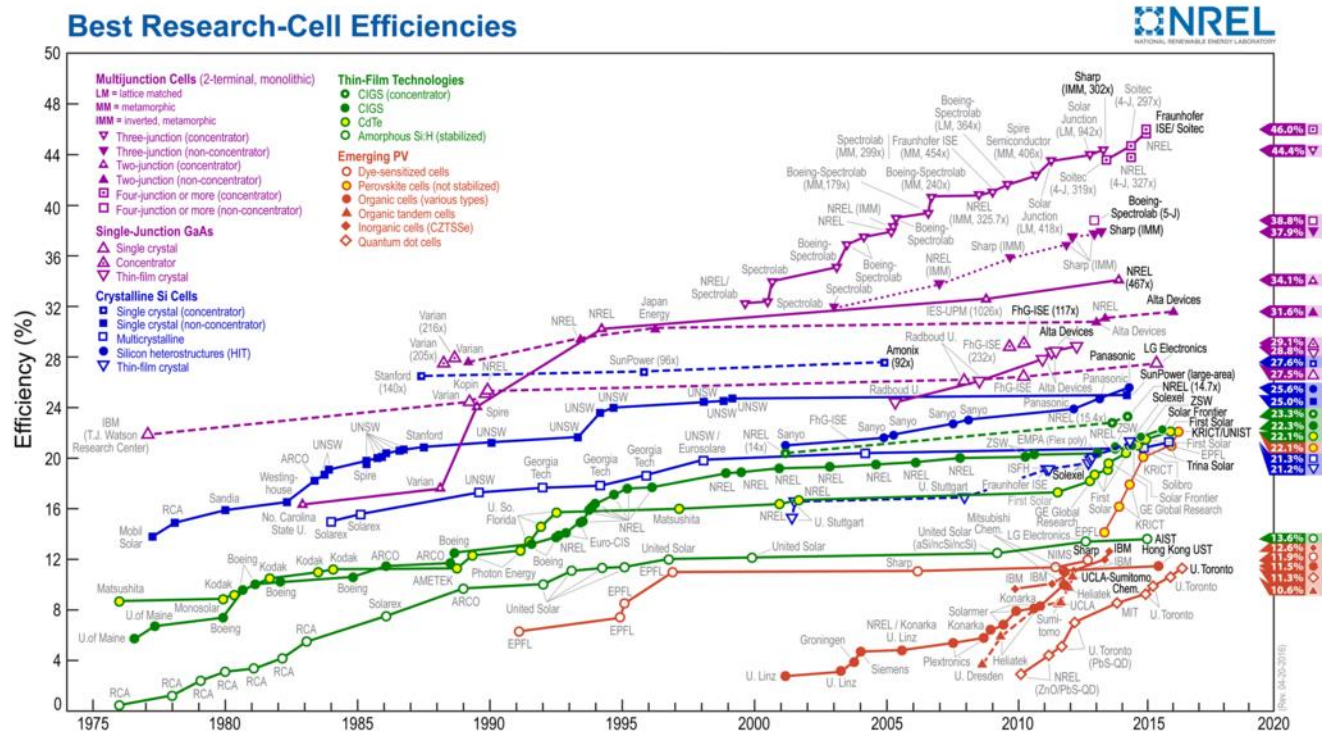
- Οργανικά/Πολυμερή στοιχεία

Η τεχνολογία των οργανικών φωτοβολταϊκών είναι πολλά υποσχόμενη γιατί χρησιμοποιεί ως μέσο αιχμαλωσίας ηλεκτρονίων τον άνθρακα και όχι κάποιο μέταλλο με αποτέλεσμα να γίνεται πιο φθηνή. Η χρήση οργανικών ενώσεων σημαίνει ότι τα πλαίσια είναι φιλικά στο περιβάλλον. Δυστυχώς οι αποδόσεις τους είναι της τάξης του 5-6% ενώ σε θεωρητικές

μελέτες έχει αποδειχτεί ότι είναι δυνατό η απόδοση τους να ξεπεράσει το 10%. Προς το παρόν έχουν αναπτυχθεί σε εργαστηριακές εφαρμογές για την καλύτερη μελέτη τους.

Όνομα	Τυπος	Μερίδιο αγοράς	ETPB Ιδανικές συνθήκες	απόδοση	Ετη λειτουργίας
Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (SingleCrystalline Silicon, sc-Si)	Crystalline silicon cells	36%	18 months	22,9%	30 years
Φωτοβολταϊκά στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου (MultiCrystalline Silicon, mc-Si)	Crystalline silicon cells	54%	14 months	19,2%	30 years
Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe ₂ ή CIS, με προσθήκη γάλλιου CIGS)	thin filmed p/v	2%	10 months	17,5%	20 years
Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (Amorphous ή Thin film Silicon, a-Si)	thin filmed p/v	2%	11 months	10,9%	20 years
Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)	thin filmed p/v	5%	8 months	18,6%	30 years

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Στον παραπάνω πίνακα καταγράφονται οι εμπορικά πιο διαδεδομένες τεχνολογίες φωτοβολταϊκών. Στην πρώτη στήλη αναγράφεται το ακριβές όνομα της τεχνολογίας, στη δεύτερη ο τύπος της (φωτοβολταϊκά πυριτίου ή λεπτού υμενίου), στην τρίτη το παγκόσμιο μερίδιο αγοράς για το 2015, στην τέταρτη στήλη αναπαριστάται το η ταχύτητα με την οποία εξοικονομείται το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του πάνελ, στην Πέμπτη η μέση απόδοση του πάνελ και στην έκτη ο εκτιμώμενος χρόνος καλής λειτουργίας του πάνελ εφόσον γίνεται η σωστή συντήρηση του.



Σχήμα 1: Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται η εξέλιξη της απόδοσης των διαφορετικών τεχνολογιών φωτοβολταϊκών στο πέρασμα του χρόνου. (πηγή: National Renewable Energy Laboratory <http://www.nrel.gov/docs/fy16osti/66944.pdf>)

Συγκεκριμένα, παρακάτω καταγράφονται ονομαστικά οι τεχνολογίες με τη σειρά που φαίνονται στο σχήμα από αυτή με την μεγαλύτερη απόδοση (στο εργαστήριο) προς αυτή με την μικρότερη (δηλαδή από πάνω προς το κάτω) είναι οι εξής (για το έτος 2016):

- 1) Four junction pv cell with concentrator 46%
- 2) Three junction pv cell with concentrator 44.4%
- 3) Four junction pv cell without concentrator 38.8%
- 4) Three junction pv cell without concentrator 37.9%
- 5) Two junction pv cell with concentrator 34.1%
- 6) Two junction pv cell without concentrator 31.6%
- 7) GaAs pv cell with concentrator 29.1%
- 8) GaAs thin film pv cell 28.8%
- 9) Single crystal monocrystalline Si cell with concentrator 27.6%
- 10) GaAs single crystal pv cell 27.5%
- 11) Silicon heterostructures pv cell 25.6%
- 12) Single crystal monocrystalline Si cell without concentrator 27.6%

- 13) CIGS pv cell with concentrator 23.3%
- 14) CIGS pv cell without concentrator 22.3%
- 15) CdTe pv cell 22.1%
- 16) Multicrystalline pv cell 21.3%
- 17) Thin filme crystal Si pv cell 21.2%
- 18) Amorphous Si pv cell 13.6%
- 19) Inorganic pv cells CZTSSe 12.6%
- 20) Dye sensitized pv cells 11.9%
- 21) Organic pv cells 11.5%
- 22) Quantum dot pv cells 11.3%
- 23) Organic tantem pv cells 10.6%

3.3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Η παραγωγή ενέργειας από ένα φωτοβολταϊκό πάνελ είναι συνάρτηση της γωνίας του σε σχέση με την θέση του ήλιου. Επίσης είναι ανάλογη των ωρών ηλιοφάνειας στην περιοχή. Επιπλέον επηρεάζεται αρνητικά από την θερμοκρασία που αναπτύσσεται πάνω στο πάνελ και από την σκίαση που προκαλείται από την επικάθιση σωματιδίων.

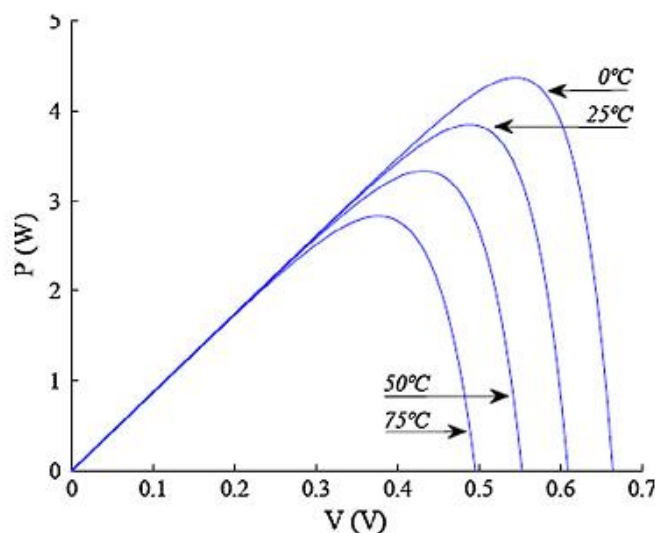
Κατά την τοποθέτηση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ορισμένες παράμετροι που καθορίζουν το κόστος της εγκατάστασης αλλά και την οικονομική αποδοτικότητα τους. Συγκεκριμένα πρέπει να εξετάζεται αν το συγκεκριμένο σημείο δεν έχει σκιάσεις από παρακείμενα κτήρια ή δέντρα. Επίσης η ποιότητα του εδάφους έχει σημασία για τις χωματουργικές εργασίες που χρειάζεται να γίνουν για τη θεμελίωση των πάνελ.

Η πιο συνηθισμένη τεχνική είναι η τοποθέτηση του φωτοβολταϊκού σε διεύθυνση κάθετη προς το νότο και σε κλίση ως προς το επίπεδο έδαφος ίση με το γεωγραφικό πλάτος. Με αυτή την τεχνική αποφεύγεται η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης ενώ επιτυγχάνεται κατά μέσο όρο η συλλογή της περισσότερης δυνατής ηλιακής ενέργειας.

Για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής απόδοσης χρειάζεται να τα τοποθετήσουμε πάνω σε πλαίσιο το οποίο θα περιστρέφεται κατά τη φορά του ήλιου είτε μόνο στον άξονα χ είτε και στον άξονα ψ ώστε το φωτοβολταϊκό να έχει πάντα την επιφάνια του στραμμένη κάθετα στον ήλιο.

3.4. ΑΠΟΔΟΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ ΤΟΥΣ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα πυριτίου εφόσον δεν υποστούν ζημιές έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν για 30 χρόνια από την κατασκευή τους. Τα υπό ανάπτυξη φωτοβολταϊκά που χρησιμοποιούν οργανικές ενώσεις και πολυμερή χρειάζονται περαιτέρω βελτίωση καθώς ο χρόνος ζωής τους δεν ξεπερνάει ακόμη τα 5 έτη ,ενώ παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία στη θερμότητα. Συγκεκριμένα, η άνοδος της θερμοκρασίας μειώνει την απόδοση των φωτοβολταϊκών, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 1 (Moharrama et al. 2013)



ΣΧΗΜΑ 2: Στο σχήμα 2 φαίνονται οι καμπύλες απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

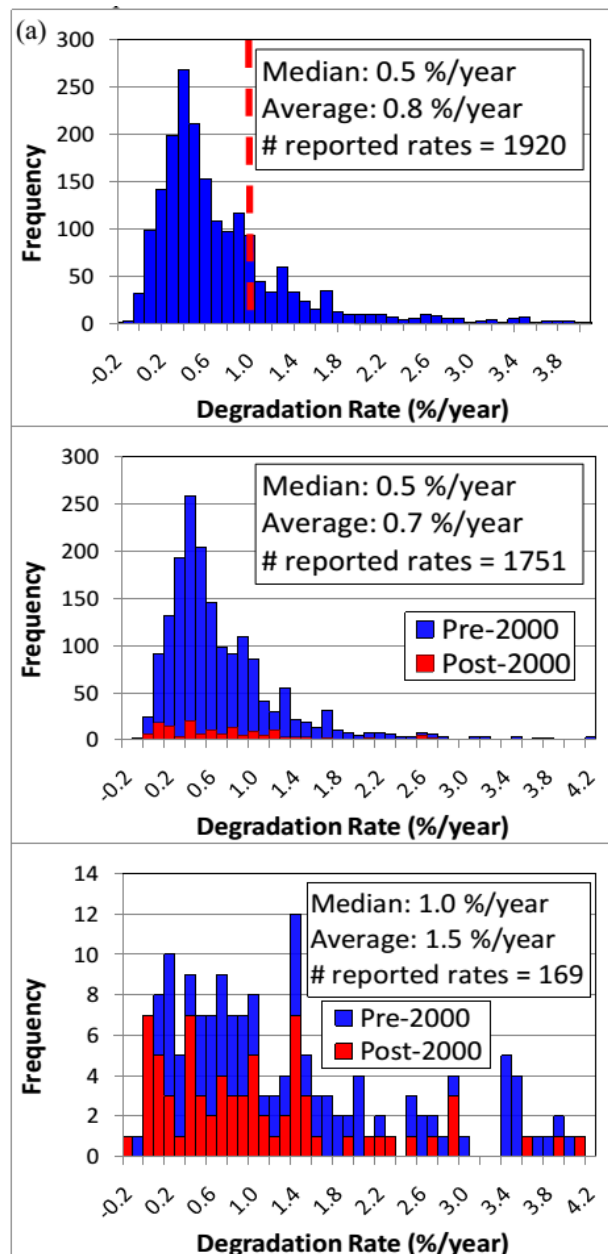
Η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο μέσω διαδικτύου (online) φωτοβολταϊκών πάρκων θεωρείται μια εξαιρετική μέθοδος για τον γρήγορο εντοπισμό βλαβών ή διάβρωσης μεμονωμένων πάνελ.

Η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο μέσω διαδικτύου συλλογή δεδομένων από τα ινβέρτερ (παραγωγή, συμβάντα, κλπ) και ανάλυσής τους με ειδικό πρόγραμμα και με χρήση αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης έχει σκοπό την ανίχνευση προβλημάτων στην παραγωγή ενέργειας αυτόματα και χωρίς καθυστέρηση. Συγκρίνονται οι παραγωγές και οι αποδόσεις του κάθε ινβέρτερ και του κάθε string μεταξύ τους. Σε περίπτωση προβλήματος

παραγωγής ή απώλειας της τηλεμετρίας, έχουμε άμεση ενημέρωση με email και μήνυμα στο κινητό μας ώστε να προλάβουμε την απώλεια ενέργειας το συντομότερο. Έτσι ξενοιάζει και ο ιδιοκτήτης από τη βόρση της καθημερινής παρακολούθησης του φωτοβολταϊκά πάρκου και το άγχος.

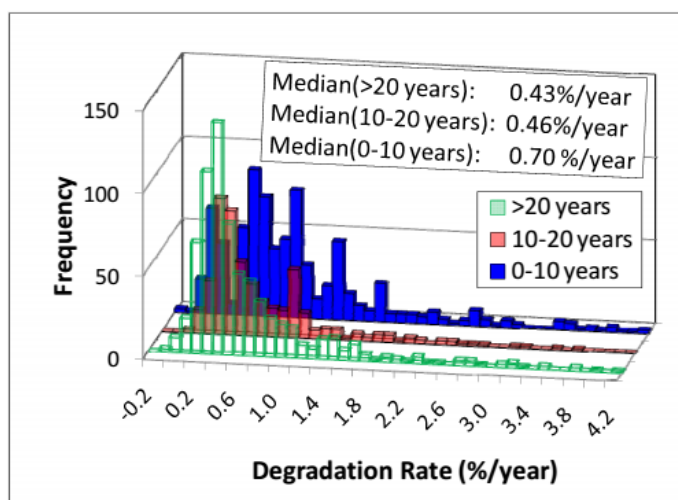
Σύμφωνα με τη μελέτη των Jordan και Kurtz, 2012, η οποία διεξήχθη κατόπιν αιτήματος της κυβέρνησης των ΗΠΑ αποδείχτηκε ότι ο μέσος όρος μείωσης της αποτελεσματικότητας ενός φωτοβολταϊκού είναι 0,5% το χρόνο. Οι Ιάπωνες επιστήμονες Machida and Yamazaki 1997, παρατήρησαν ότι τα φωτοβολταϊκά πολυκρυσταλλικού πυριτίου έχουν μικρότερη μείωση της απόδοσης σε σχέση με τα μονοκρυσταλλικά.

Οι Αυστραλοί ερευνητές Muirhead and Hawkins 1995, παρατήρησαν ότι τα φωτοβολταϊκά από ταινίες έχουν ταχύτερη μείωση της απόδοσης σε σχέση με τα πάνελ πυριτίου.

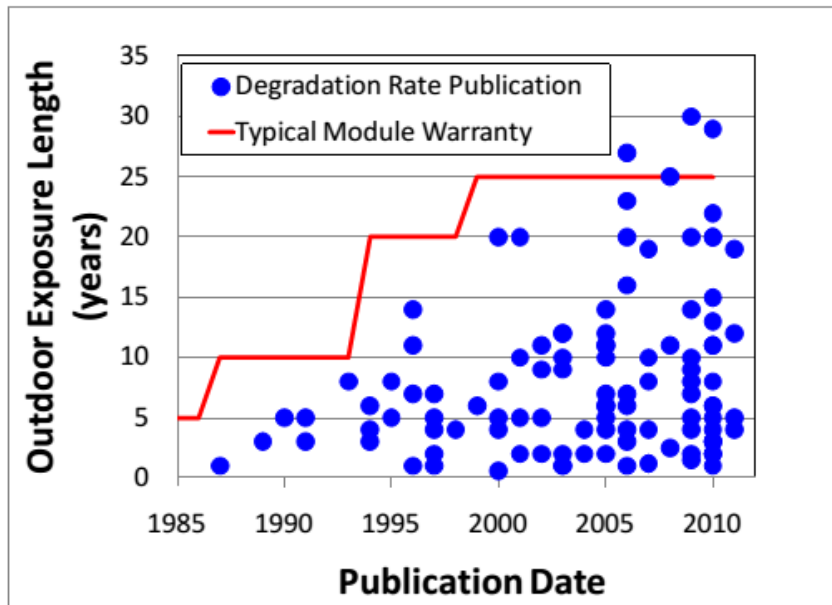


ΣΧΗΜΑ 3: Ραβδόγραμμα στο οποίο παρουσιάζεται ο βαθμός διάβρωσης σε φωτοβολταϊκά όλων των τεχνολογιών, σε φωτοβολταϊκά πυριτίου και σε λεπτά φωτοβολταϊκά. Τα φωτοβολταϊκά μελετήθηκαν ανάλογα με την ημερομηνία εγκατάστασης, με μπλε όσα εγκαταστάθηκαν πριν το 2000 και με κόκκινο τα εγκατεστημένα μετά το 2000. (Jordan and Kurtz, 2012).

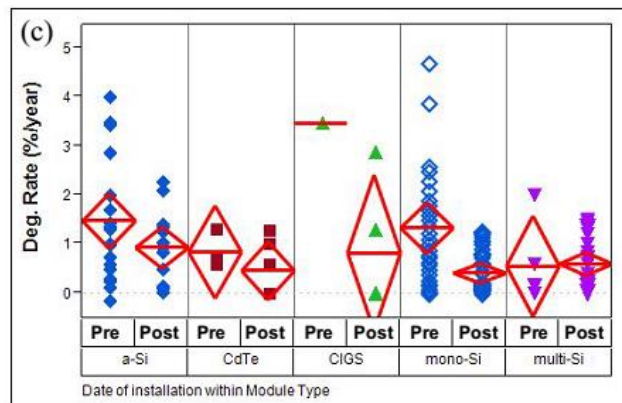
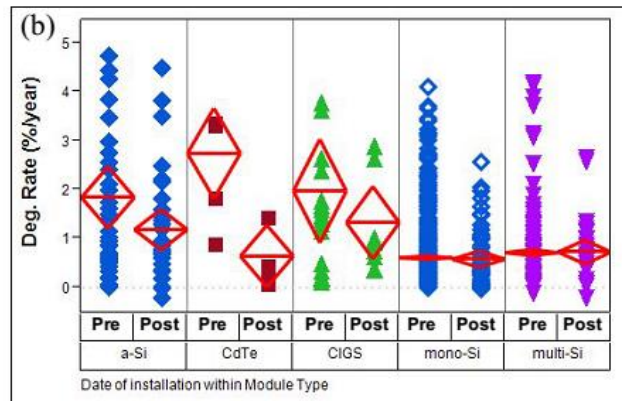
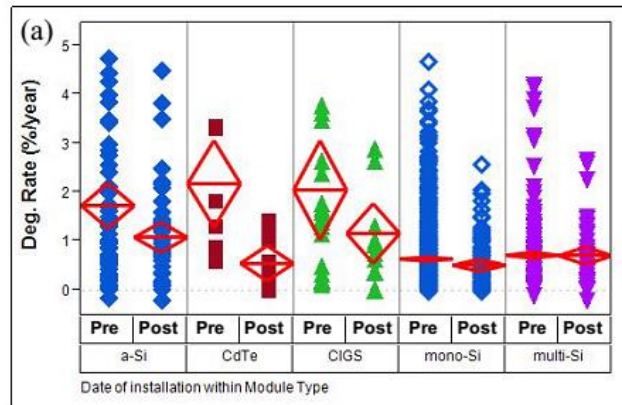
Στα ραβδογράμματα (σχήμα 3) φαίνεται να σχηματίζεται μια σχεδόν κανονική κατανομή στους ρυθμούς διάβρωσης των φωτοβολταϊκών πυριτίου με κεντρική τιμή το 0,5%. Αντίθετα τα φιλμ λεπτής επίστρωσης έχουν ακανόνιστη κατανομή αποδόσεων με αρκετά από αυτά να μειώνουν την απόδοση τους περισσότερο από 2% το χρόνο. Συνεπώς φαίνεται να είναι πιο ευαίσθητα φωτοβολταϊκά λεπτού υμενίου στη διάβρωση.



ΣΧΗΜΑ 4: Στο ραβδόγραμμα φαίνεται η διάβρωση των φωτοβολταϊκών ανά χρόνο με βάση το έτος εγκατάστασης. Ο υψηλότερος ρυθμός διάβρωσης στα νεότερα φωτοβολταϊκά συστήματα οφείλεται στην αντικατάσταση ελαττωματικών στοιχείων που συμβαίνει συνήθως την πρώτη διετία.



ΣΧΗΜΑ 5: Στο γράφημα της προαναφερθείσας Αμερικανικής μελέτης στο οποίο παρουσιάζονται επιστημονικές μελέτες που έχουν γίνει με θέμα συγκεκριμένα φωτοβολταϊκά πάρκα (η ηλικία του πάρκου υποδηλώνεται από το ύψος της μπλε κουκίδας), καθώς και τα χρόνια εγγύησης που δίνουν κατά μέσο όρο οι κατασκευαστές. Τα παραπάνω μεγέθη έχουν μια συσχέτιση επειδή η καλή λειτουργία των πάρκων στο μακροχρόνιο διάστημα αύξησε την αυτοπεποίθηση των κατασκευαστών να δώσουν μακροχρόνιες εγγυήσεις καλής λειτουργίας.



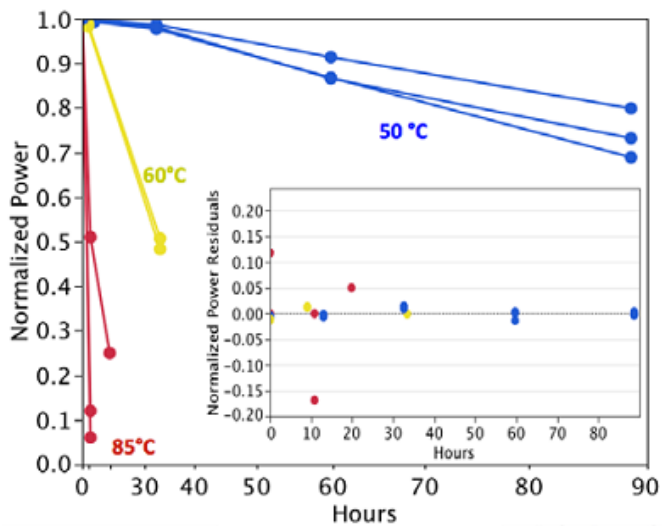
ΣΧΗΜΑ 6: Στο παραπάνω γράφημα φαίνεται ο βαθμός διάβρωσης των φωτοβολταϊκών ανά τεχνολογία. Παρατηρούμε το χαμηλό επίπεδο διασποράς των τιμών διάβρωσης των φωτοβολταϊκών πυριτίου και την χαμηλή τιμή διάβρωσης σε σχέση με το εύρος των υπό ανάπτυξη τεχνολογιών λεπτού υμενίου .

Το κλίμα στο οποίο εγκαθίστανται τα φωτοβολταϊκά και η γεωγραφία της περιοχής παίζει σημαντικό ρόλο, ο οποίος όμως χρειάζεται να ερευνηθεί περαιτέρω καθώς υπάρχουν αντικρουόμενες μελέτες επάνω στο ζήτημα αυτό.

Table 1. Summary of the median degradation rate, number of data points reported, and number of publications partitioned by date of installation, technology, and configuration. "Pre" and "post" refer to installations prior to and post 2000.

Technology	Configuration	Number of references		No. of Data Points		Median Exposure time (years)		R _d median (%/year)		Reference
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre & Post
a-Si	Module	10	12	45	31	7	2	0.96	0.87	34, 55-57, 61, 71-74, 78, 81-84, 87, 88, 90-92, 141-145, 163-165
	System	14	9	21	14	5	4	1.30	0.95	31, 35-39, 75, 85, 94, 147, 146-162
CdTe	Module	3	4	7	6	3	2	3.33	0.40	61, 73, 81-84, 91, 92
	System	3	2	3	6	10	3	0.69	0.30	75, 85, 170, 171
CIGS	Module	2	6	20	10	8	3	1.44	0.96	71-73, 78, 84, 90, 91, 163, 166, 168, 169
	System	1	5	1	5	4	6	3.50	0.02	89, 158, 159, 169
mono-Si	Module	31	11	1133	55	21	3	0.47	0.36	54, 59-61, 70-74, 77-84, 90-93, 95-99, 102-118, 120, 129-134
	System	19	13	42	37	7	5	0.90	0.23	19-23, 30-33, 46-49, 51-54, 62, 75, 76, 86, 89, 94, 95, 100, 101, 113, 119, 121-128, 135-139
multi-Si	Module	15	9	409	36	10	3	0.61	0.64	50, 51, 57, 59, 61, 71, 74, 78-84, 90, 92, 97-99, 102-108, 117, 120, 129
	System	6	8	5	21	9	5	0.60	0.59	31, 47, 51, 62, 63, 76, 85, 86, 89, 94, 123-125, 129, 140

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Συνοπτικά παρουσιάζονται οι ρυθμοί διάβρωσης διαφορετικών τεχνολογιών φωτοβολταϊκών συστημάτων πριν και μετά το έτος 2000. Αυτά είναι τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των σχημάτων που παρουσιάστηκαν παραπάνω σύμφωνα με την προαναφερθείσα Αμερικανική εργασία.



ΣΧΗΜΑ 7: Συγκρίνονται δυο διαφορετικά πάνελ σε συνθήκες 85% υγρασίας και τριών διαφορετικών θερμοκρασιών. Παρατηρείται η διαφοροποίηση της απόδοσης τους στις παραπάνω θερμοκρασίες με την ώρα (Hacke et al., 2012).

3.5. ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΟΥΣ

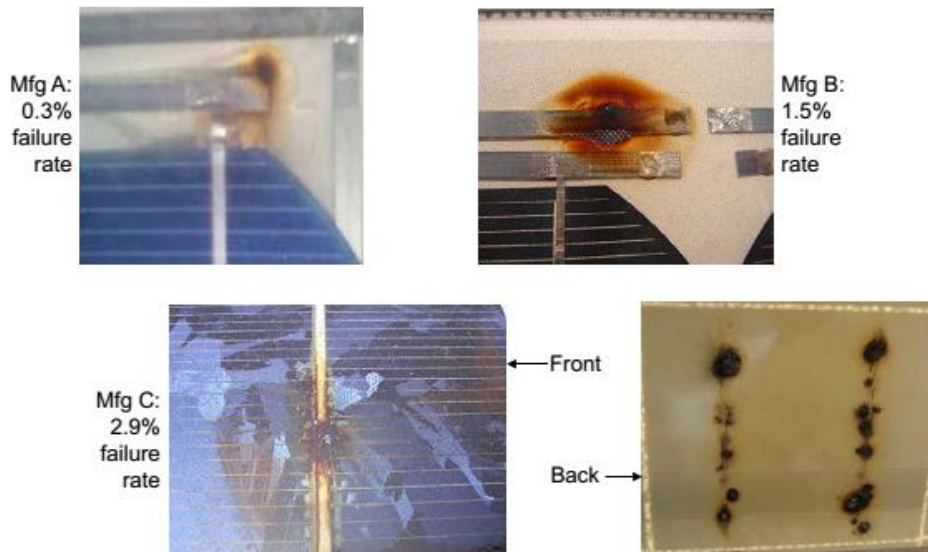
Οι πιο συνήθεις κίνδυνοι που απειλούν τα φωτοβολταϊκά είναι οι εξής: Οι θυελλώδεις άνεμοι αποτελούν απειλή για μη καλά τοποθετημένα πάνελ. Ο κίνδυνος προέρχεται από την πιθανότητα να ξεκολλήσουν το πάνελ από τη βάση του και να πέσουν στο έδαφος. Ένα άλλο πρόβλημα που παρατηρείται είναι η βλάβη του inverter(μετατροπέα). Τα προβλήματα στα καλώδια και στον αυτόματο περιστροφέα είναι επίσης πολύ συχνά και μπορούν να προκύψουν είτε από κακή τοποθέτηση είτε από φυσιολογική φθορά.

Η εταιρεία SUN POWER το 2011 στην προσπάθεια να ενημερώσει για τυχόν προβλήματα που προκύπτουν στα πάνελ, έκανε μια έρευνα. Συγκέντρωσε τεχνικά φυλλάδια από 21 γνωστούς κατασκευαστές, από Αμερικάνικες , Γερμανικές, Ευρωπαϊκές, και Κινέζικες εταιρίες. Εξέτασε τα φωτοβολταϊκά πάνελ, μονό και πολύ κρυσταλλικά και μοιράστηκε τα αποτελέσματα "αποτυχίας" των φωτοβολταϊκών πάνελ. Λεπτομέρειες για τον τρόπο που έγιναν τα τεστ δεν διατίθενται, παρόλα αυτά είναι ενδιαφέρον να αναφερθούν τα αποτελέσματα που δημοσίευσε.

- 1) Περίπου το 37% χαλάει λόγω βλάβης στο εσωτερικό ηλεκτρικό κύκλωμα τους. Γιατί? Πιθανόν λόγω των ενώσεων.
- 2) 32% λόγω του γυαλιού.
- 3) 12% λόγω των καλωδίων και του jbox
- 4) 10% λόγω κελιών που χρησιμοποιούν και προμηθεύονται
- 5) 9% λόγω άλλων αιτιών (encapsulant, backsheet)

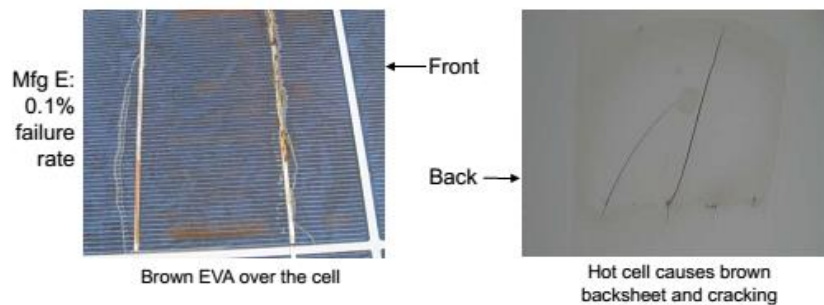
Laminate internal electrical circuit

- Failure mode: Hot solder joints causing EVA browning and backsheet damage
- Possible cause: weak solder joints



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 1: Παρατηρούνται οι αλλοιώσεις στα φωτοβολταϊκά (τόσο στην μπροστινή όψη όσο και στην πίσω πλευρά) εξαιτίας της υπερθέρμανσης που αναπτύσσεται στις ενώσεις τους (βίδες).

Laminate internal electrical circuit

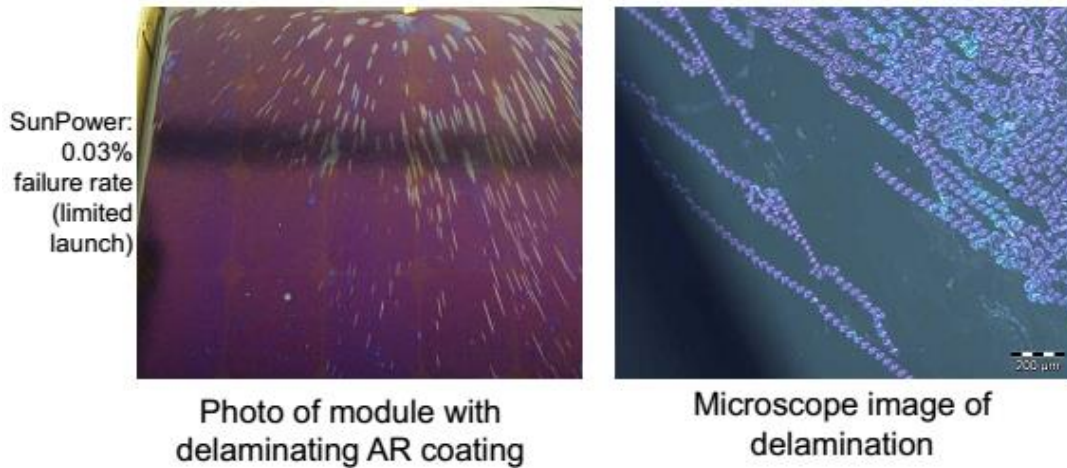


- Tests that may cover these types of failures (after enough cycles):
 - DH with bias
 - Accelerates front metal corrosion.
 - TC with current
 - Reveals bad solder joints faster than TC alone because the current heats up the bad solder joints causing bubbled and burned backsheets.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 2: Παρατηρούνται οι επιπτώσεις της υπερθέρμανσης επάνω στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο (η επιφάνεια καφετιζει και η πίσω πλευρά ραγίζει).

Glass

- Failure mode: anti-reflective coating delamination
- Cause: tempering processes caused high stress and weakened adhesion.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 3: Μερικές φορές η προστατευτική μεμβράνη μπορεί να ξεκολλήσει με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του πάνελ.

Glass

- Failure mode: silicone residue from manufacturing caused increased soiling.
- Cause: greasy, hard-to-remove residue on modules due to cloth on laminate racks changing from teflon to silicone oil based coating.

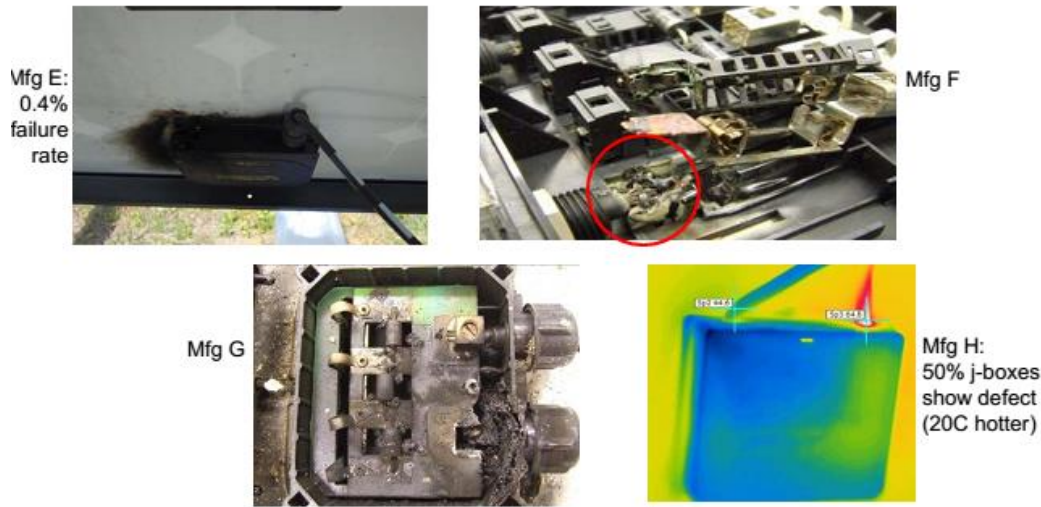


- Tests that may cover these types of failures after enough cycles:
 - Damp heat, Thermal cycling or humidity-freeze cycling
 - Water spray and outdoor exposure

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4: Υπολείμματα πυριτίου πάνω στο γυαλί προκαλούν συσσωμάτωση σκόνης με αποτέλεσμα να χρειάζεται ειδικό καθάρισμα για την απομάκρυνση της.

J-box and cables

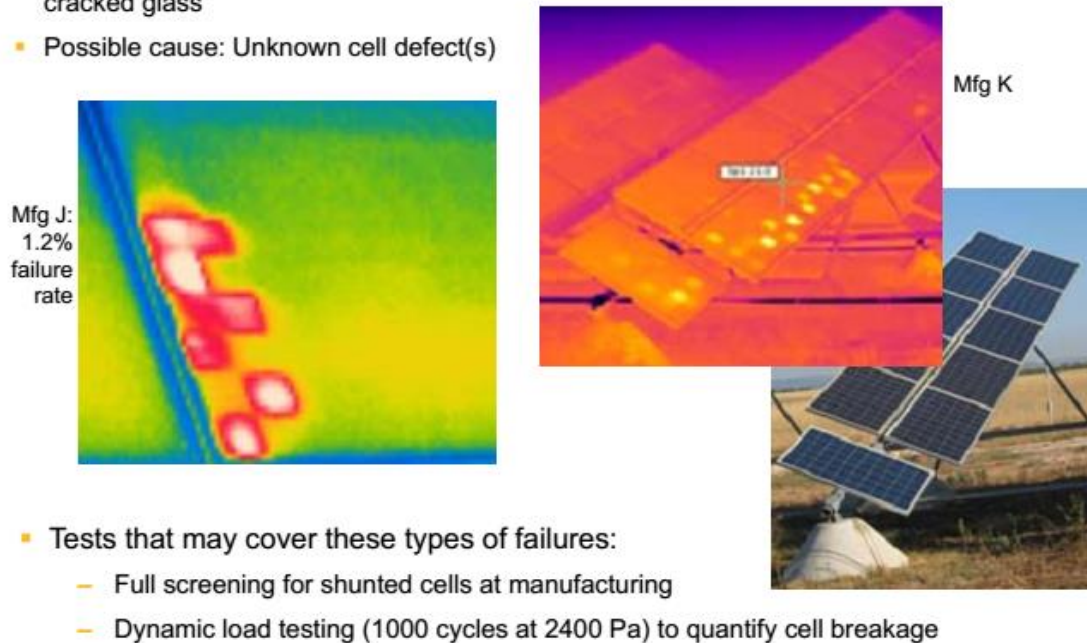
- Failure mode: connectors disconnecting causing arcing
- Possible causes: connector designs susceptible to soiling, incorrect torquing or sizing of wire and grommet, embrittlement or creep of plastic over time, crimping problem



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 5: Η διάβρωση των ενώσεων των καλωδίων είναι ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα το οποίο μπορεί να οφείλεται είτε σε χρώμα που εισχωρεί στο πλαίσιο είτε σε κακή συναρμολόγηση στις βίδες είτε σε διάβρωση του πλαστικού πλαισίου.

Cells

- Failure mode: Hot cells causing burned backsheets, delamination and sometimes cracked glass
- Possible cause: Unknown cell defect(s)



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 6: Παρατηρείται σημειακή υπερθέρμανση ορισμένων κελιών τα οποία προκαλούν βλάβη στο πάνελ και διάβρωση του.

Encapsulant and backsheet

- Failure mode: Backsheet delamination
- Possible cause: unknown



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 7: Φαίνεται η διάβρωση στο πίσω μέρος του πλαισίου με αποκόλληση του πλαστικού του.

Encapsulant and backsheet

- Failure mode: EVA browning/yellowing
- Possible cause: EVA material variation



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 8: Αποκόλληση από τη θέση του φωτοβολταϊκού πλαισίου.

Encapsulant and backsheet

- Failure mode: backsheet peeling off exposing backside of cell
- Possible cause: Unknown



- Tests that may cover these types of failures:
 - DH followed by wet leakage test
 - DH degrades the backsheet and the wet leakage test determines if the insulation integrity has been compromised. Partial Discharge testing is the most sensitive.
 - Also reveals both browning and backsheet peeling (requires more than 2000 cycles)
 - Accelerated UV testing (3x UV at 60C ambient for 5 days)
 - Browns EVA because it combines UV and temperature stress.
 - High temperature soak
 - Very effective in inducing bubbled backsheets.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 9: Αποκόλληση του προστατευτικού πλαισίου από το πάνελ.

Critters, Guns, and the Wrath of God



- Ants attracted to combiner boxes (warmth? electricity? safety?)
- Dead ants' bodies are acidic and corrosive

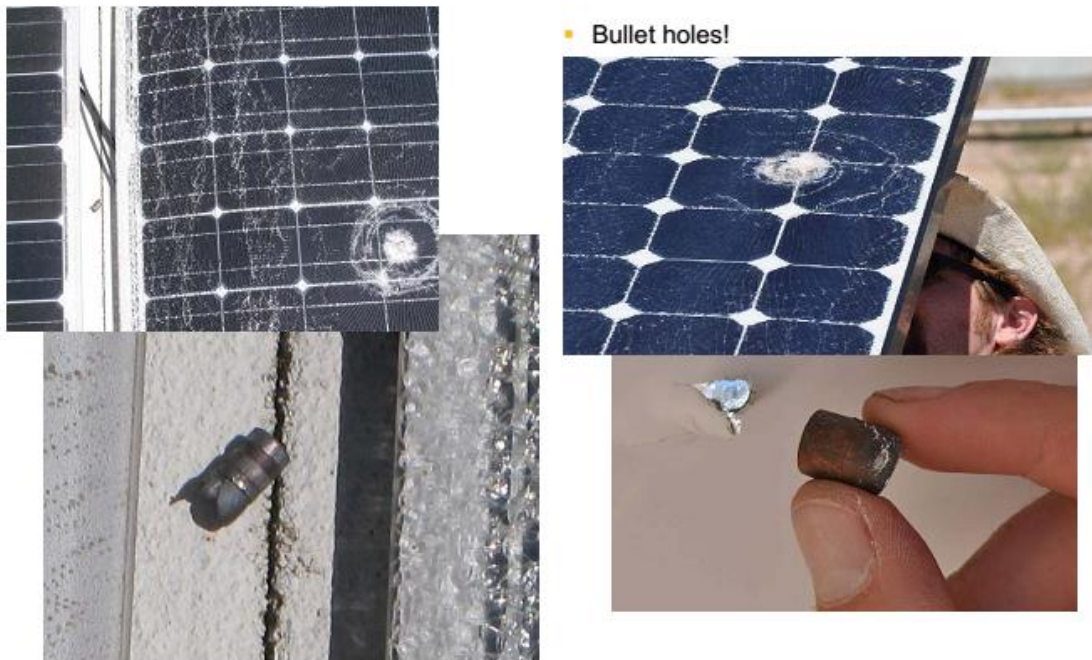


- Rats!



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 10: Ένα φωτοβολταϊκό έχει καταστραφεί από μυρμηγκοφωλιά.

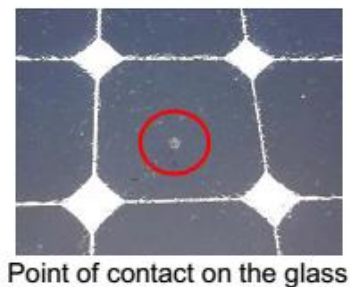
Critters, Guns, and the Wrath of God



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 11: Σημάδι πυροβολισμού επάνω στο πάνελ.

Critters, Guns, and the Wrath of God

- Direct-hit lightning strike: module works fine (!), but diodes were badly damaged



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 12: Επιπτώσεις από κτύπημα κεραυνού επάνω στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο.

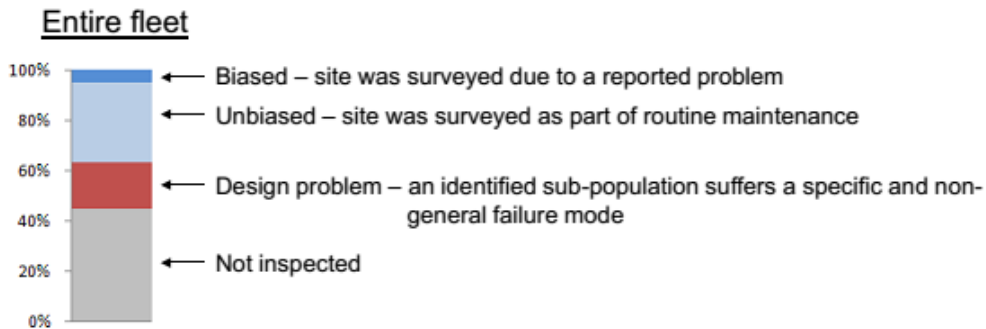
Table I: Backsheet FMEA snippet

Functional Req't	Failure Mode	Effects of failure	Severity	Causes / Mechanisms of failure	Occurrence	Current design: Prevent / Detect	Detectability	RPN
Electrical isolation	Jbox detaches from backsheet	Loss in power, increased leakage current, safety issue	10	RTV loses adhesion to backsheet due to surface properties	2	Test J-box and backsheet interlayer adhesion under hot spot condition on cell on top of JBox with and without weights; test Jbox and backsheet adhesion in high temp and humidity environments	2	40
	Dielectric degradation	Leakage current, safety issue	10	Hot-spot creates burns on backsheet (insufficient temp resistance)	2	Heat soak at various temperatures to determine activation energy		40
				Moisture degrades insulating layer (hydrolytic embrittlement)	3	Damp heat testing; check for cracks and increased wet leakage current		30
				Growth of pinholes or increased conduction through pin holes	1	Wet leakage current test and optical inspection of backsheet surface as laminated, and post accelerated tests (e.g. DH, HF, TC)		10
				Acetic acid from EVA attacks backsheet	1	Test for various acid resistance of backsheet layers		10
				Etc.				
	Dielectric separation (backsheet layers separate)	Leakage current, safety issue	10	Propagation of slit inside jbox where ribbons exit	2	DH2000, TC200	1	20
				Internal physical puncture	4	Wet leakage current test post various accelerated tests	1	40
				UV attacks individual layers or adhesives	1	Wet leakage current test post UV exposure (equivalent dose for 25 years)	1	10
				Bubbles, loss of interlayer adhesion	5	High temperature test with and without hanging weight	1	50
Reflectivity	Color changes	Power loss	3	UV attacks individual layers	3	UV exposure, Combined UV/DH exposure, outdoor exposure	2	18
				Etc.				

TC – thermal cycling (5 per day between 90C and -40C), HF – humidity-freeze cycles (1 cycle per day of 85C with 85% relative humidity, with an hour at -40C), DH – hours of damp heat (85C with 85% relative humidity)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Σχέση μεταξύ πιθανών αιτιών βλαβών, τη σοβαρότητα τους καθώς και τους τρόπους για να μειώσουμε τους κινδύνους αυτούς. Τον πίνακα τον δημιούργησε η εταιρεία Sun power με σκοπό την αντιμετώπιση προβλημάτων των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

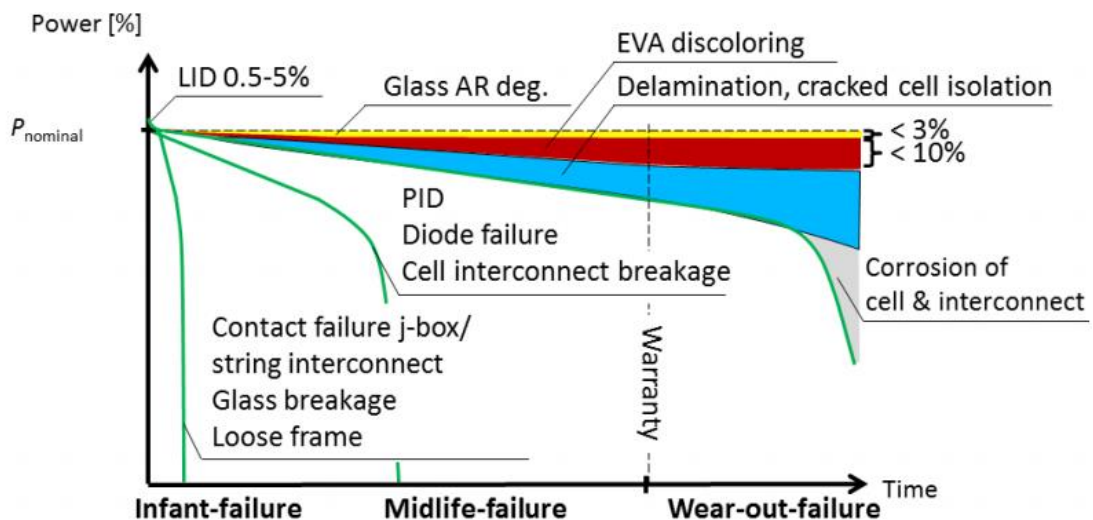
Field statistics: predicting reliability for a good design



ΣΧΗΜΑ 8: Σχέση των πάνελ με κάποιου είδους πρόβλημα στο σύνολο της παραγωγής της συγκεκριμένης εταιρείας και για όλα τα χρόνια της ζωής τους (περ 25%) (δεν γίνεται διαχωρισμός σε προβληματικά νέα πάνελ και σε παλιά που άρχισαν να αντιμετωπίζουν προβλήματα).

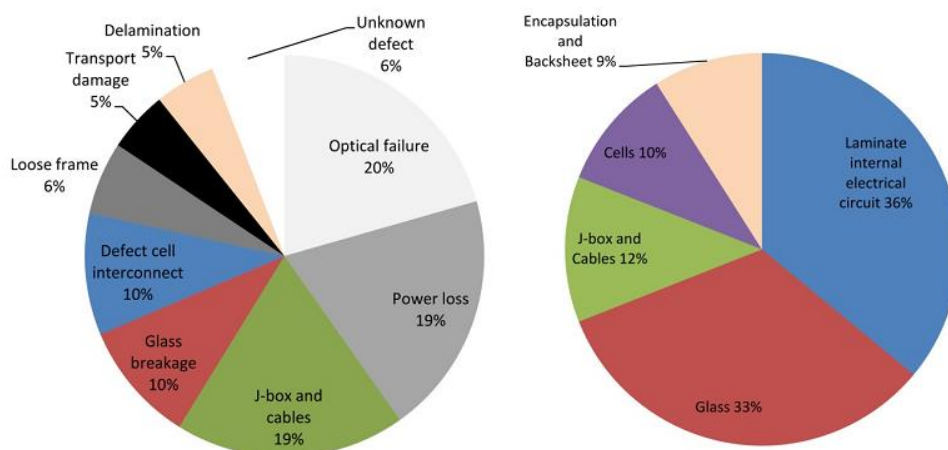
Το 2011 η εταιρεία SUNPOWER στα πλαίσια της ετήσιας έκθεσης αποτελεσμάτων της δημοσίευσε τον συγκεκριμένο πίνακα που περιγράφει τα ελαττωματικά πάνελ στα φωτοβολταϊκά πάρκα.

Ως ανακεφαλαίωση θα παρουσιαστούν μερικά συμπεράσματα της έκθεσης της IEA (Report IEA-PVPS T13-01:2014) αναφορικά με τις βλάβες των φωτοβολταϊκών και πως ο διεθνής οργανισμός προτείνει να προλαμβάνονται και να αντιμετωπίζονται.



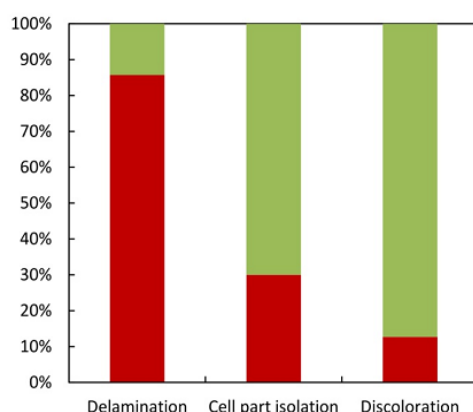
ΣΧΗΜΑ 9: Στο σχήμα-γράφημα περιλαμβάνεται το σύνολο των προβλημάτων που μπορεί να εμφανιστούν σε ένα φωτοβολταϊκό κατά τη διάρκεια της ζωής του ανάλογα με την ηλικία του. Η IEA χωρίζει τα προβλήματα που παρουσιάζονται ανάλογα με την χρονική στιγμή σε infant- midlife και wear out failures. Στο γράφημα παρατηρούμε την μείωση της μέσης απόδοσης και τους λόγους για τους οποίους συμβαίνει. Τα προβλήματα διαχωρίζονται στις εξής κατηγορίες: στα παιδικά προβλήματα, δηλαδή σε όσα μπορούν να συμβούν από την ημέρα της κατασκευής μέχρι το πρώτο εξάμηνο λειτουργίας. Στη συνέχεια στα προβλήματα μέσης ζωής, δηλαδή στα προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν μεταξύ των 6 μηνών και των 7 ετών από την κατασκευή τους. Το ορόσημο της εγγύησης είναι τα 25 χρόνια που δίνει ο κατασκευαστής. Από εκείνη τη στιγμή και έπειτα αρχίζει η περίοδος παρακμής (wear off).

Η αποτυχία των φωτοβολταϊκών στο πρώιμο στάδιο της ζωής τους οφείλεται κυρίως σε βλάβες κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους ή σε λάθη κατά τη συναρμολόγηση τους. Αυτά τα λάθη και οι βλάβες έχουν ως αποτέλεσμα την ανάγκη άμεσης αντικατάστασης των φωτοβολταϊκών. Άλλα προβλήματα που παρατηρούνται σε αυτό το στάδιο είναι η θραύση του προστατευτικού γυαλιού και το delamination. Κατά μέσο όρο το 5% των εγκαθιστάμενων πάνελ αντιμετωπίζει προβλήματα στα αρχικά στάδια της ζωής του.



ΣΧΗΜΑ 10: Δίνονται τα πιο συνηθισμένα προβλήματα που εμφανίζονται σε φωτοβολταϊκά α) μετά από 2 έτη λειτουργίας και β) μετά από 8 χρόνια λειτουργίας. (Degraaf. D., et al. 2011)

Η διάρκεια λειτουργίας των παλαιών φωτοβολταϊκών συστημάτων καθορίζεται από τα προβλήματα που θα παρουσιάσουν και από την απόδοση που θα διατηρήσουν μετά τα 15 έτη ζωής τους. Τα φωτοβολταϊκά θεωρούνται επιχειρησιακά μέχρι η απόδοση τους να πέσει κάτω του 70% της αρχικής. Παρακάτω θα δούμε ένα γράφημα με τις συχνότερες παθήσεις των παλαιών φωτοβολταϊκών.



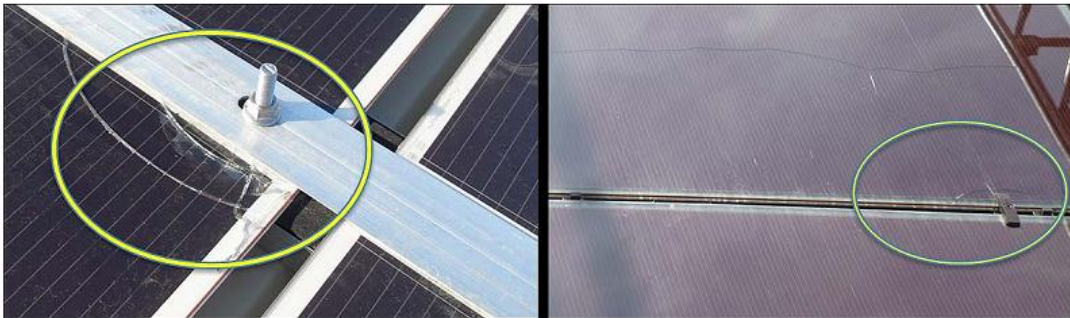
ΣΧΗΜΑ 11: Παρουσιάζονται οι 3 πιο συνηθισμένες βλάβες, και η σχέση τους με τα πάνελ ηλικίας μεγαλύτερης των 15 ετών που μελετήθηκαν. Κάθε πάνελ μπορεί να παρουσίαζε περισσότερες από μια βλάβες.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να διευκρινιστούν τα εξής: Τα παλαιά φωτοβολταϊκά που μελετάμε σήμερα δεν είναι ίδιας κατασκευής με αυτά που παράγονται σήμερα. Έχουν αλλάξει τόσο τα υλικά που χρησιμοποιούνται για να φτιάξουν τα πλαίσια, όσο και το πάχος του υλικού του πυριτίου με αποτέλεσμα τα νέα φωτοβολταϊκά να θεωρούνται πιο αξιόπιστα στο μακρόχρονο διάστημα. Σε αυτό έχει βοηθήσει η εμπειρία που έχει αποκτηθεί από την μελέτη των παλιότερων φωτοβολταϊκών και από την λεπτομερή εξέταση των λόγων αποτυχίας τους.

Επίσης πρέπει να διευκρινιστεί ότι τα στρες τεστ που χρησιμοποιούνται για να πιστοποιήσουν τα φωτοβολταϊκά δεν μπορούν να εγγυηθούν την μακρά διάρκεια ζωής τους. Μπορούν όμως να εγγυηθούν τη μείωση των βλαβών στα αρχικά στάδια ζωής του φωτοβολταϊκού και έτσι να εγγυηθούν ότι το φωτοβολταϊκό πάνελ θα λειτουργήσει καλά για αρκετό καιρό αφού δε θα υποστεί αρχική βλάβη.


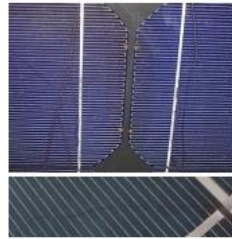


3.6. ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗΣ

Στην παρακάτω ενότητα θα παρουσιαστούν φωτογραφικές επεξηγήσεις βλαβών και πως μπορούν είτε να αποφευχθούν είτε να μειωθεί ο κίνδυνος εμφάνισής τους.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 13: Σφίξιμο βιδών γυαλιού: Εάν η γεωμετρία των σταθεροποιητικών βιδών δεν είναι σωστή ή υπάρχουν μυτερές άκρες είναι πιθανό το γυαλί να σπάσει όπως φαίνεται στην παραπάνω φωτογραφία. Τότε υπάρχει πρόβλημα ασφάλειας του πάνελ σε υγρό καιρό από τυχόν διαφυγόντα ηλεκτρισμό. Επίσης υπάρχει έντονη διάβρωση του πάνελ από το οξυγόνο και το νερό.




Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται βλάβες και πως αυτές επηρεάζουν τόσο την απόδοση του φωτοβολταϊκού όσο και την ασφάλεια του η οποία έχει σχέση με το πόσο επικίνδυνο είναι για τον τεχνικό να το επισκευάσει η για τον κάτοχο και τον τριγύρω χώρο που το περιβάλλει.

Chapter	Type	Safety	Power	Image
--	<p>Bent or misaligned external surfaces, substrates, frames, and junction boxes to the extent that the installation and/or operation of the module would be impaired</p> <p>Module wire touching the diode with the risk of arcs- operation is compromised</p> <p>Cell fragment laminated in the module, operation could be impaired</p>	<p>B(m,e)</p> <p>B(f)</p> <p>B</p>	<p><u>A</u></p> <p><u>A</u></p> <p><u>A</u></p>	
6.2.2, 6.2.3	Crack in cell - a propagation which could remove more than 10% of the cell area from the electrical circuit	A	<u>D</u>	
6.1.1	Bubbles or delaminations forming a continuous path between any part of the electrical circuit and the edge of the module.	C(e)	<u>D/E</u>	 [Zamini07]
--	Loss of mechanical integrity, to the extent that the operation or the installation of the module would be impaired	B(e,m)	<u>A</u>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Στον πίνακα βλέπουμε τις εξής βλάβες:





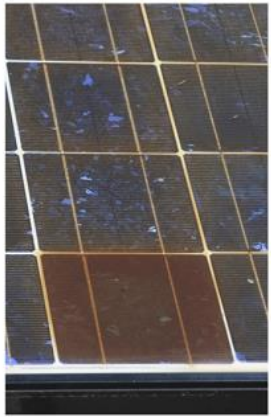
- 1) Α) Αποκόλληση του φωτοβολταϊκού από το πλαίσιο
- Β) Καλώδιο που ακουμπάει πάνω στη δίοδο με κίνδυνο βραχυκυκλώματος
- Γ) Σπάσιμο ενός κελιού το οποίο επηρεάζει την απόδοση του φωτοβολταϊκού.

- 2) Παραμόρφωση και σπάσιμο του πάνελ
- 3) Ξεκόλλημα του προστατευτικού πλαισίου
- 4) Απώλεια συνοχής του φωτοβολταϊκού πλαισίου

Chapter	Type	Safety	Power	Image
6.2.4	Burn marks at the backsheet, heating along a busbar	B(f,e,m)	<u>D/E</u>	
6.2.4	Burn marks at the front, discolouration of the encapsulant associated with overheating along the metallic interconnections	B(f,e,m)	<u>D/E</u>	
6.1.1	Delamination of a multicrystalline Si module	B(e)	<u>D/E</u>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 5:




- 1) Σημάδια καψίματος στο πλαστικό, φαίνονται οι δίοδοι που υπερθερμάνθηκαν
- 2) Υπερθέρμανση στην μπροστινή πλευρά του φωτοβολταϊκού και στις μεταλλικές ενώσεις
- 3) Αποκόλληση του φωτοβολταϊκού σε ένα πολυκρυσταλλικά πλαίσιο

6.1.1	Delamination of c-Si module	B(e)	<u>D/E</u>	
-	Electrochemical corrosion of a thin-film module and associated delamination	B(e)	<u>D/E</u>	
6.4.1	Thin-film glass breakage	B(e)	<u>D/E</u>	
6.2.1	Slightly browned EVA in the center of the cell, but bleaching occurs in the parts of the EVA that have access to atmospheric oxygen and/or that are close enough to the edge that the acetic acid diffuses out of the cell	A	<u>C</u>	
6.2.1	A single cell will brown much faster than the others when it is hotter than the others.	B(f)	<u>D</u>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 6:

- 1) Αποκόλληση μονοκρυσταλλικού φωτοβολταϊκού
- 2) Διάβρωση φωτοβολταϊκού λεπτού υμενίου και ακόλουθη αποκόλληση του.
- 3) Σπάσιμο γυαλιού σε φωτοβολταϊκό λεπτού υμενίου

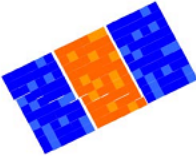
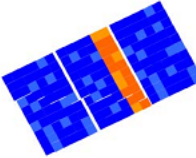
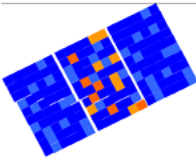
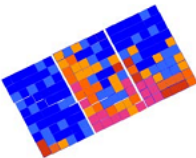
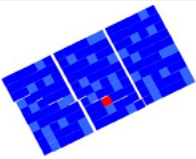
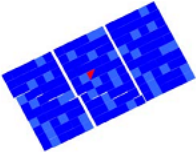
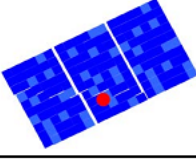
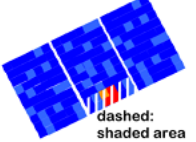
- 4) Χαλασμένο φωτοβολταϊκό που έχει υποστεί καφέτισμα στο κέντρο και αποχρωματισμό στα ακρα εξαιτίας ατμοσφαιρικού οξυγόνου και οξέων.
- 5) Ένα θερμό πλακίδιο καφετίζει νωρίτερα από τα γειτονικά του όταν είναι θερμότερο από αυτά.

6.2.1, 6.2.2	Browned EVA on top of a cell with two cracks in a cell. Photobleaching takes also place along cell cracks therefore the crack is visible. The browning takes several year to appear. This may not be mistaken for Snail tracks.	B(f)	<u>C</u>	 [Schulze13]
6.2.3	Snail Track is a discolouration of the silver paste used for the gridlines on the cells. The discolouration appears along cell cracks. This may not be mistaken for photobleaching of EVA along cell cracks.	B(f)	<u>C</u>	
6.1.2	Delamination of backsheet	B/C(e)	<u>D</u>	

Visual defects like bent or misaligned external surfaces, frames or junction boxes may lead to failures in the field. Otherwise defects like cracked cells have a high probability to cause follow-up failures of the modules with power loss or safety issues. Other defects like delamination or small cell-frame distances can cause safety failures, because the insulation is not guaranteed.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7:

- 1) Σπασμένο φωτοβολταϊκό το οποίο έχει καφετίσει.
- 2) Αποχρωματισμός του ασημένιου πλαισίου του φωτοβολταϊκού που εμφανίζεται σαν να έχει περάσει σαλιγκάρι.
- 3) Αποκόλληση στο πίσω πλαστικό του φωτοβολταϊκού. Εξαιρετικά επικίνδυνο για την ασφάλεια.

Pattern	Description	Possible failure reason	Electrical measurements	Remarks, Chapter	Safety	Power
	One module warmer than others	Module is open circuited - not connected to the system	Module normally fully functional	Check wiring	A	System failure
	One row (sub-string) is warmer than other rows in the module	Short circuited (SC) or open sub-string - Bypass diode SC, or - Internal SC	Sub-strings power lost, reduction of V_{oc}	May have burned spot at the module 6.2.7 One diode shunted	B(f)	const. or \underline{E}
	Single cells are warmer, not any pattern (patchwork pattern) is recognized	Whole module is short circuited - All bypass diodes SC or - Wrong connection	Module power drastically reduced, (almost zero) strong reduction of V_{oc}	Check wiring 6.2.7 all diodes shunted	A when ext. SC, B(f) when Diodes SC	const. or \underline{E}
	Single cells are warmer, lower parts and close to frame hotter than upper and middle parts.	Massive shunts caused by potential induced degradation (PID) and/or polarization	Module power and FF reduced. Low light performance more affected than at STC	- Change array grounding conditions - recovery by reverse voltage 6.2.5 (PID)	A	\underline{C} (v,h,t)
	One cell clearly warmer than the others	- Shadowing effects - Defect cell - Delaminated cell	Power decrease not necessarily permanent, e.g. shadowing leaf or lichen	Visual inspection needed, cleaning (cell mismatch) or shunted cell 6.1.1 (delam.)	A B(f)	\underline{A} , \underline{B} , or \underline{C} (m, tc, h)
	Part of a cell is warmer	- Broken cell - Disconnected string interconnect	Drastic power reduction, FF reduction	6.2.2 (cell cracks) 6.2.4 (burn marks) 6.2.6 (interconnects)	B(f)	\underline{C} (m, tc)
	Pointed heating	- Artifact - Partly shadowed, e.g. bird dropping, lightning protection rod	Power reduction, dependent on form and size of the cracked part	Crack detection after detailed visual inspection of the cell possible 6.2.2 (cell cracks)	B(f)	\underline{C} (m, tc)
 dashed: shaded area	Sub-string part remarkably hotter than others when equally shaded	Sub-string with missing or open-circuit bypass diode	Massive I_{sc} and power reduction when part of this sub-string is shaded	May cause severe fire hazard when hot spot is in this sub-string	A, B(f)	\underline{A} , \underline{C}

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε την θερμική αποτύπωση των βλαβών επάνω στο πάνελ. Συγκεκριμένα:

- 1) Ένα μέρος του πάνελ είναι θερμότερο από το υπόλοιπο. Αυτό συνήθως οφείλεται στην κακή συνδεσμολογία των καλωδίων.
- 2) Ένα στρίνγκ είναι θερμότερο από τα υπόλοιπα. Αυτό μπορεί να δείχνει βραχυκύκλωμα.

- 3) Διάσπαρτα υπερθερμασμένα κελιά. Αυτό δείχνει πως όλο το πάνελ είναι βραχυκυκλωμένο.
- 4) Βλέπουμε αποτελέσματα διάβρωσης του πάνελ.
- 5) Ένα κελί σημαντικά θερμότερο από τα υπόλοιπα. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε σε αποκόλληση είτε σε σκίαση.
- 6) Μέρος ενός κελιού είναι θερμότερο από τα υπόλοιπα. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε σπάσιμο του κελιού.
- 7) Σημειακή θέρμανση που μπορεί να προκληθεί από σκίαση .
- 8) Υποομάδα θερμότερη από την γύρω περιοχή ενώ βρίσκεται σε σκιά. Μπορεί να λείπει η παράκαμψη.



a)



b)



c)



d)

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 14: φαίνονται τα παρακάτω:

- 1) Θερμές περιοχές-σημεία επάνω σε μια σειρά
- 2) Βλάβη στο φωτοβολταϊκό από υπερθέρμανση
- 3) Βλάβη στο φωτοβολταϊκό από υπερθέρμανση
- 4) Σπάσιμο στο γυαλί εξαιτίας υπερθέρμανσης και εξαιτίας ακατάλληλου γυαλιού. (St. Wendlandt, 2011)

3.7. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας των φωτοβολταϊκών είναι πολύ σημαντικός για την εξασφάλιση μιας μακράς περιόδου λειτουργίας τους. Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούν με λεπτομέρειες πως η ύπαρξη ψυκτικών συστημάτων μπορεί να βελτιώσει τόσο την αποδοτικότητα τους, όσο και την διάρκεια ζωής τους. Η θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού πάνελ είναι πολύ σημαντική για την παραγωγή ρεύματος. Για κάθε βαθμό κελσίου που αυξάνει η θερμοκρασία του πάνελ παρατηρείται μείωση της παραγωγής ρεύματος κατά 0,5%. Συνεπώς η ψύξη του πάνελ αποκτάει ιδιαίτερη σημασία, ειδικά στην περιοχή μας που η θερινή θερμοκρασία είναι ιδιαίτερα υψηλή. Οι ερευνητές Akbarzadeh and Wadowski σχεδίασαν μια διάταξη συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Στην εργασία τους παρατήρησαν ότι η ψύξη ενός φωτοβολταϊκού με νερό αυξάνει την αποτελεσματικότητα του κατά 50%. Επίσης παρατήρησαν ότι με τον τρόπο που χρησιμοποίησαν, η μέγιστη θερμοκρασία του πάνελ έφτανε τους 46 βαθμούς κελσίου. Αρκετοί ερευνητές έχουν διερευνήσει την χρήση αέρα ή νερού για την ψύξη φωτοβολταϊκών. Τα αποτελέσματα των εργασιών τους δείχνουν ότι το νερό είναι αποτελεσματικότερο μέσο για την ψύξη.

Με τη χρήση του νερού για την ψύξη των φωτοβολταϊκών με συμπαραγωγή μπορούν να επιτευχθούν οφέλη, όπως η θέρμανση των κατοικιών και ζεστών νερών χρήσης. Με τον αέρα μπορεί πάλι να επιτευχθεί η θέρμανση διάφορων χώρων.

Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί το νερό ως μέσο ψύξης των πάνελ με την ρίψη του πάνω στο πάνελ όταν αυτό υπερβαίνει μια συγκεκριμένη θερμοκρασία. Για τον σκοπό αυτό έχουν αναπτυχτεί συστήματα για την ακριβή μέτρηση της θερμοκρασίας του πάνελ, της ρίψης νερού και της επανασυλλογής του νερού από το κάτω μέρος του πάνελ. Επιπλέον όφελος από αυτή την τεχνική έχει αποδειχτεί ότι με μια τέτοια μέθοδο μειώνεται η ανάγκη για χειροκίνητο καθάρισμα του πάνελ.

Η υπέρμετρη θέρμανση του πάνελ μπορεί να το καταστρέψει για αυτό το λόγο χρειάζεται να υπάρχουν κατάλληλες προδιαγραφές ώστε να αποφεύγεται. Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται για διαφορετικούς τρόπους κατασκευής του φωτοβολταϊκού πάνελ η μεταβολή της απόδοσης του ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας.

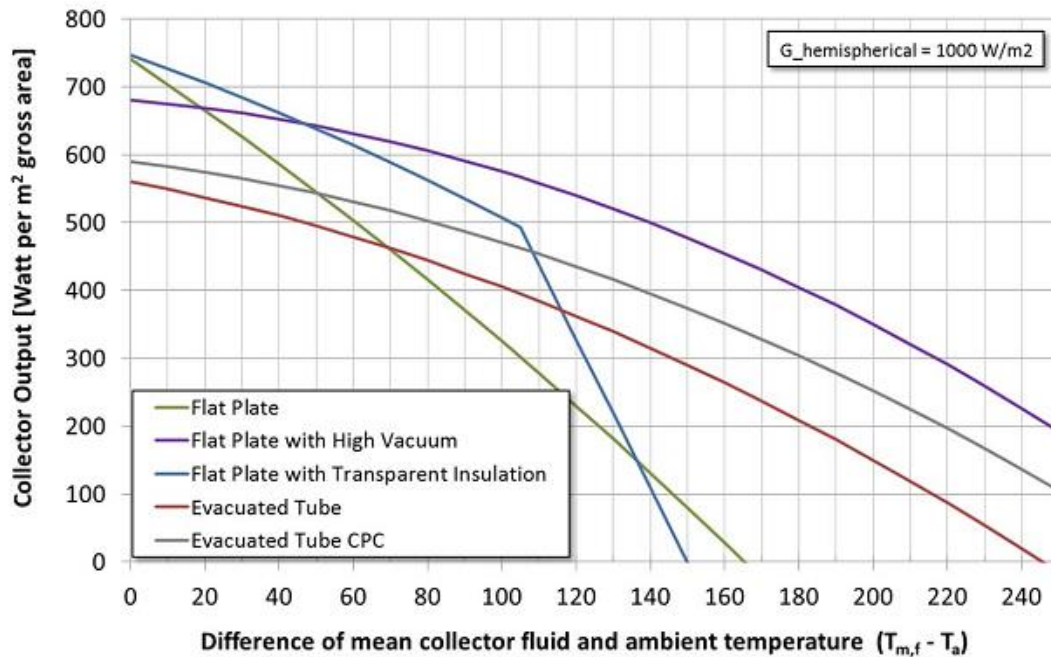


Figure 2: Exemplary collector output related to gross area for normal hemispheric solar irradiance G of $1'000 \text{ W/m}^2$ for different types of collectors. Note: The output curve of the flat plate collector with transparent insulation as displayed here is only valid for $T_{amb} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ as the overheating prevention concept in this specific collector starts to decrease the output at $105 \text{ }^\circ\text{C}$.

ΣΧΗΜΑ 12: Παραγωγή ρεύματος από διαφορετικούς τύπους πλαισίου του ίδιου υλικού. Τα πλαίσια με μεγάλη απόσταση μεταξύ τζαμιού και υλικού διατηρούν καλύτερα την απόδοση τους σε σχέση με άλλα πλαίσια. Φυσικά αυτό δεν είναι καθοριστικός καθώς ο κίνδυνος διάβρωσης αυξάνεται σημαντικά μετά περίπου τους 200c .

Όμως η μείωση της απόδοσης είναι μικρός κίνδυνος σε σχέση με τον κίνδυνο αν εξαιτίας μηχανικής βλάβης ή εξαιτίας διακοπής ρεύματος στην περιοχή σταματήσει η ψύξη ενός φωτοβολταϊκού, καθώς το σημείο θερμικής ισορροπίας του πάνελ με το περιβάλλον συνήθως είναι πολύ υψηλότερο του σημείου μηχανικής βλάβης του φωτοβολταϊκού από υπερθέρμανση.

Τα σημεία που μπορεί να υποστούν βλάβη είναι τα εξής:

Η αντλία η οποία είναι φτιαγμένη από πλαστικό αν υπερθερμανθεί μπορεί να καταστραφεί όπως και άλλα μη μεταλλικά κομμάτια.

Η επικάλυψη μετά από μια ορισμένη θερμοκρασία υποβαθμίζεται-φθείρεται.

Το ψυκτικό μέσο αν δεν είναι νερό ίσως χάσει τις θερμικές ιδιότητες του.

Πάνω από μια θερμοκρασία υπάρχει ο κίνδυνος διαρροής ψυκτικού μέσου.

Παρακάτω θα αναφερθούν τεχνικές μείωσης του κινδύνου της υπερθέρμανσης.

Τα μέτρα χωρίζονται σε ενεργητικά και παθητικά.

Τα παθητικά μέτρα είναι τα εξής:

Η κατασκευή να έχει γίνει με υλικά που να αντέχουν σε υψηλή θερμοκρασία και η οπτική περατότητα του γυαλιού να αλλάζει ανάλογα με την θερμοκρασία του γυαλιού.

Ενεργητικό μέτρο είναι η πρόβλεψη ύπαρξης κατά το σχεδιασμό του πάνελ ορίου θερμοκρασίας ώστε να μπαίνουν σε λειτουργία οι διαδικασίες ψύξης.

Για την εγγύηση της αντοχής των φωτοβολταϊκών οι κατασκευαστές διεξάγουν στρες τεστ σε δύσκολες συνθήκες ώστε να αναγνωρίσουν πιθανά προβλήματα στο σχεδιασμό του πάνελ και στην ποιότητα των υλικών του. Εφόσον αναγνωριστούν προβλήματα διορθώνονται άμεσα. Με αυτό τον τρόπο ο κατασκευαστής είναι πιο σίγουρος για την εγγύηση καλής λειτουργίας που δίνει.

Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούν στα τυπικά στρες τεστ που έχουν χρησιμοποιήσει εταιρείες και ερευνητές.

Η εταιρεία sun power το 2010 δημοσίευσε τις διαδικασίες που χρησιμοποιεί αυτή για να ελέγξει τα πάνελ που παράγει. Οι διαδικασίες αυτές είναι οι εξής:

Έκθεση επί 5 μέρες σε ηλιακή ακτινοβολία με 1000W/m² ένταση ηλιακής ακτινοβολίας και 150W/m² υπεριώδους ακτινοβολίας και 55% σχετική υγρασία και 60c θερμοκρασία. Με αυτό τον τρόπο η εταιρεία μπορεί να διαγνώσει πιθανές παραμορφώσεις καθώς και τη θερμοκρασία που θα αναπτύσσεται στα πάνελ.

Παραμονή επί 5 μέρες σε φούρνο ρυθμισμένο σε θερμοκρασία 130c για να διαγνωστούν πιθανά προβλήματα δημιουργίας φυσαλίδων.

Παραμονή για 600 ώρες σε 85% σχετική υγρασία και 85c με ταυτόχρονη 1000V διαφορά τάσης ανάμεσα στο πάνελ και στα κελιά.

Τέλος εξετάζουν την αντοχή του γυαλιού στον άνεμο, υποβάλλοντας το πάνελ σε τεστ 1000 κύκλων πίεσης στα 2400Pa και μετά σε 4 κύκλους θερμοκρασιακής αλλαγής από τους -40 στους 60 βαθμούς κελσίου.

Μια άλλη μεγάλη εταιρεία η solar world(η οποία δηλώνει ότι ήταν η πρώτη εταιρεία που έδωσε εγγύηση 25 ετών καλής λειτουργίας) έχει τα δικά της τεστ αντοχής. Συγκεκριμένα οι δοκιμασίες που υποβάλει τα πάνελ της είναι οι εξής:

Εξετάζει την ασφάλεια των πάνελ της από διαφυγόντα ηλεκτρισμό, προκειμένου να παραδίδει ασφαλή προϊόντα.

Εξετάζει την αντοχή του γυαλιού στον άνεμο σε ένα παρόμοιο τεστ με την προηγούμενη εταιρεία. Επιπρόσθετα με το τεστ για τον άνεμο έχουν τεστ για χιόνι-πάγο κατά τη διάρκεια του οποίου στηρίζουν βάρος ίσο με έναν τόνο στο κάτω μέρος του πάνελ για να προσομοιώσουν την τοπική συγκέντρωση χιονιού στην κάτω πλευρά του πάνελ.

Για να αναπαραστήσουν 25 έτη υπεριώδους ακτινοβολίας η οποία είναι 1,300 kWh/m ελέγχουν την αντοχή του πάνελ τους στους 60°C σε μήκη κύματος 280 to 400 nanometers. Για ερημικές συνθήκες χρησιμοποιούν ένταση 3,000 kWh/m.

Για να βεβαιωθούν για την αντοχή των πάνελ τους σε διαφορετικές θερμοκρασίες τα δοκιμάζουν με τον εξής τρόπο: Πρώτα τα ψύχουν στους -40c για 30 λεπτά και μετά απότομα τα θερμαίνουν στους 85c για άλλα 30 λεπτά. Αυτή τη διαδικασία την επαναλαμβάνουν 9125 φορές προκειμένου να μπορέσουν να αναπαραστήσουν με αυτό τον τρόπο τον 25ετή κύκλο με τη μέγιστη δυνατή επιτάχυνση.

Επιπλέον προσομοιώνουν πτώση χαλαζιού και βαρέων αντικειμένων πάνω στο γυαλί για να επιβεβαιωθεί η αντοχή του.

Από τους ρυθμούς αστοχίας των υλικών, όπως αυτοί παρατηρούνται στα στρες τεστς, μπορούν οι κατασκευαστές να συμπεράνουν τους χρόνους αντοχής των υλικών αυτών. Μόνο όταν στις δύσκολες συνθήκες των ελέγχων τα προϊόντα ανταποκριθούν άριστα μπορούν να βεβαιώσουν τους πελάτες τους ότι μπορούν να εγγυηθούν για την καλή λειτουργία τους.

Για να είναι αξιόπιστο ένα τεστ αντοχής θα πρέπει να υπάρχει σύστημα pass fail στα αποτελέσματα του. Το τεστ σημαίνει ότι εξετάζονται ταυτόχρονα 2 πάνελ στην ίδια δοκιμασία. Αν και τα δυο περάσουν επιτυχώς το τεστ σημαίνει ότι το προϊόν πιστοποιείται για τη συγκεκριμένη ιδιότητα που εξετάζουμε. Αν και τα δυο αποτύχουν σημαίνει ότι πρέπει να αντιμετωπιστούν οι αιτίες της αποτυχίας. Αν μόνο το ένα αποτύχει σημαίνει ότι το τεστ πρέπει να επαναληφθεί. Στο πρότυπο πιστοποίησης φωτοβολταϊκών IEC61215 προβλεπόταν ένα σετ δοκιμασιών για την πιστοποίηση του πάνελ. Στην παρούσα εργασία δε θα δοθεί σημασία στις τεχνικές λεπτομέρειες του τεστ αλλά στα σημεία που το τεστ αυτό ήθελε να εξετάσει αν παρουσιάζουν βλάβες. Συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια του τεστ αντοχής εξετάζονταν τα εξής πιθανά προβλήματα:

- 1) Ανιχνεύσιμες φθορές με το μάτι όπως σπασίματα, φουσαλίδες, εξογκώματα και μηχανικές βλάβες.
- 2) Σπάσιμο του ηλεκτρικού κυκλώματος
- 3) Μείωση της απόδοσης του πάνελ

Η πιστοποίηση αυτή δεν μπορεί να εγγυηθεί απόλυτα την απόδοση καθώς δεν δίνει πιστοποίηση ποιότητας. Επίσης μπορούν μόνο να δοθεί εγγύηση καλής λειτουργίας 15 έως 20 ετών σε ένα ήπιο κλίμα. (Prog. Photovolt: Res. Appl.(2008))

Συμπερασματικά, η καλή διερεύνηση των βλαβών με συνεχή δοκιμασία των προϊόντων μπορεί να βοηθήσει τους κατασκευαστές να βελτιώσουν την ποιότητα των προϊόντων τους, να αυξήσουν τη διάρκεια της ζωής τους και να δίνουν λογικές εγγυήσεις οι οποίες να βασίζονται στην πραγματική διάρκεια ζωής των προϊόντων τους και να μην είναι απλά εργαλείο του μάρκετινγκ.

3.8. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Η ανάπτυξη των ασφαλιστικών εταιρειών προέκυψε από την ανάγκη εξασφάλισης και διατήρησης των κινητών και ακινήτων αγαθών, που ο ανθρώπινος παράγοντας δημιουργεί μέσα στην παραγωγική διαδικασία. Ακολουθώντας αυτή τη φιλοσοφία η διάδοση και ανάπτυξη της αγοράς των φωτοβολταϊκών δημιουργεί την ανάγκη της ασφάλισης τους και της εξασφάλισης των κεφαλαίων που οι ασχολούμενοι με αυτά διαθέτουν για την υλοποίησή τους.

Οι ασφαλιστικές εταιρείες με γνώμονα την διεύρυνση της αγοράς των ασφαλιστικών προϊόντων ξεκίνησαν στην Ελλάδα μετά το 2005 να ασφαλίζουν φωτοβολταϊκά συστήματα. Ακολουθώντας το παράδειγμα Αμερικάνικων και Ευρωπαϊκών ασφαλιστικών εταιρειών οι αντίστοιχες Ελληνικές προχώρησαν στην εκτίμηση του κινδύνου με βάση την διεθνή εμπειρία και ξεκίνησαν να ασφαλίζουν φωτοβολταϊκά συστήματα.

Σιγά σιγά όλες οι μεγάλες ασφαλιστικές εταιρείες επέκτειναν το πελατολόγιό τους προσφέροντας το νέο ασφαλιστικό προϊόν σε φυσικά και σε νομικά πρόσωπα. Η καθιέρωση της ασφάλισης έγινε μέχρι το 2010. Όταν ξεκίνησε η ασφάλιση φωτοβολταϊκών οι ασφαλιστικές εταιρείες απαιτούσαν την ύπαρξη γεωτεχνικών μελετών για να ασφαλίσουν το έργο. Όμως αυτό δημιουργούσε αύξηση του κόστους του συστήματος και για αυτό το λόγο η απαίτηση αυτή εγκαταλείφθηκε σχετικά γρήγορα καθώς οι πελάτες ήταν απρόθυμοι να καταβάλουν αυτή την δαπάνη.

Το 2011-2012 οι τράπεζες, θέλοντας να εισέλθουν στην αγορά, προσέφεραν στους υποψήφιους δανειολήπτες - πελάτες τους ,όταν δανειοδοτούσαν έργα σχετικά με φωτοβολταϊκά συστήματα, προϊόντα ασφάλισης των φωτοβολταϊκών , τα οποία δίδονταν από θυγατρικές ασφαλιστικές εταιρείες των τραπεζών .Η ασφάλιση ήταν υποχρεωτική από μέρους των τραπεζών και ο πελάτης είχε το δικαίωμα είτε να ασφαλίσει στην θυγατρική ασφαλιστική εταιρεία της Τράπεζας είτε να ασφαλίσει το φωτοβολταϊκό σύστημα σε ασφαλιστική εταιρεία της επιλογής του με την υποχρέωση της προσκόμισης του ασφαλιστηρίου στην τράπεζα. Οι ασφαλιστικές εταιρείες των Τραπεζών παρείχαν ασφαλιστική κάλυψη με χαμηλότερα ασφάλιστρα σε σχέση με των λοιπών ασφαλιστικών εταιρειών με αποτέλεσμα οι ασφαλιστικές να δυσκολεύονται να διευρύνουν το μερίδιό τους στην αγορά. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα οι ασφαλιστικές να μειώσουν τα ασφάλιστρα

τους με σκοπό την διεκδίκηση του απολεσθέντος μεριδίου της αγοράς, χωρίς αυτό ακόμη και σήμερα να έχει γίνει εφικτό.

3.9. Η ΑΣΦΑΛΙΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΗΜΕΡΑ

Σήμερα όλες οι ασφαλιστικές εταιρείες παρέχουν παρόμοιες καλύψεις , οι οποίες όμως διαφέρουν ως προς την ποιότητα τους και κάποια επιμέρους χαρακτηριστικά τους. Ειδικότερα οι παροχές των ασφαλιστικών εταιρειών είναι οι εξής:

Ασφάλιση μεταφοράς μηχανημάτων κατά την μεταφορά του εξοπλισμού από το εργοστάσιο αγοράς του μηχανήματος (σε περίπτωση εισαγωγής του) ή την αποθήκη ,στην οποία βρίσκεται, στο σημείο που θα γίνει η κατασκευή του πάρκου.

Ασφάλιση έργου Καλύπτεται όλη η διαδικασία κατασκευής του έργου καθώς και ή αξία του. Περιλαμβάνει κάλυψη κινδύνων όπως Φωτιά ,Κεραυνός ,Έκρηξη, Πλημμύρα,Καταιγίδα,Χιόνι,Βροχή,Θύελλα,Χαλάζι,Παγετό,Καθίζηση,Κατολίσθηση,Σεισμός, Κλοπή, Ανθρώπινα λάθη, Λανθασμένο χειρισμό, Αμέλεια ,Απροσεξία ,Αδεξιότητα κ.λ.π. Επίσης περιλαμβάνει κάλυψη αστικής ευθύνης έργου για Σωματικές Βλάβες (συνήθως μέχρι 100.000 ΕΥΡΩ κατά άτομο) και Υλικές Ζημιές σε περιουσία τρίτων .

Ασφάλιση πυρός καλύπτει τις εγκαταστάσεις των φωτοβολταϊκών μονάδων για την παραγωγή ενέργειας από τους βασικότερους κινδύνους που μπορούν να υποστούν όπως Πυρκαγιά-Κεραυνός ,Ζημιές από καπνό, Πυρκαγιά από δάσος, συστάδες δέντρων, θάμνους, χόρτα, Έκρηξη (φυσική- χημική), Πτώση αεροσκαφών ή/ και αντικείμενα που θα αποσπασθούν από αυτά, Πρόσκρουση οχημάτων τρίτων, Πλημμύρα, Θύελλα, Καταιγίδα, Χιόνι, Χαλάζι, Παγετό, Κλοπή από διάρρηξη, τρομοκρατικές ενέργειες ,κακόβουλες ενέργειες, Στάσεις, Απεργίες, Βραχυκύκλωμα, Καθίζηση-Κατολίσθηση εδάφους συνεπεία καλυπτομένων κινδύνων, Έξοδα απομάκρυνσης συντριμμάτων, Σεισμό και/ Πυρκαγιά από Σεισμό .

Ασφάλιση απώλειας κερδών η οποία καλύπτει την Απώλεια Μικτών Εσόδων (εντός της περιόδου αποζημίωσης) λόγω διακοπής παροχής ενέργειας προς το δίκτυο της ΔΕΗ,

συνεπεία άμεσης υλικής ζημίας, κατόπιν επέλευσης ενός από τους κινδύνους που περιγράφηκαν πιο πάνω.

Ασφάλιση Μηχανικών Βλαβών Κάλυψη που παρέχεται από μερικές εταιρείες με προϋποθέσεις και παροχές ,όπως η κάθε μια ορίζει. Ενδεικτικά μπορεί να καλύπτεται ο ελαττωματικός σχεδιασμός, σφάλματα εργαστηρίου ή κατά την συναρμολόγηση, κακοτεχνία, ελαττώματα κατά την χύτευση και ελαττωματικά υλικά, εσφαλμένος χειρισμός, έλλειψη επιδεξιότητας χειριστή, απροσεξία, αμέλεια, κακόβουλες ενέργειες, απόσχιση λόγω της φυγοκέντρου δυνάμεως, βραχυκύκλωμα, έλλειψη νερού σε λέβητες, φυσική έκρηξη, ενδόρρηξη, κατάρρευση, θύελλα, παγετό.

Επιπλέον ανάλογα με την τοποθεσία και το μέγεθος του πάρκου οι ασφαλιστικές εταιρείες ζητούν να υπάρχει ειδική περίφραξη και κάμερες ή ακόμη και 24ωρη παρακολούθηση από εταιρεία φύλαξης.

Σε περίπτωση που δεν γίνεται περιοδική συντήρηση και έλεγχος δεν ισχύει η κάλυψη από την ασφαλιστική εταιρεία και ορισμένες φορές δεν ισχύει ούτε η εγγύηση καλής λειτουργίας ,που δίνεται από τους κατασκευαστές. Για να βεβαιωθεί η πιο πάνω προϋπόθεση, σε περίπτωση βλάβης ή ατυχήματος, η ασφαλιστική εταιρεία ελέγχει εάν έχει πραγματοποιηθεί η τακτική συντήρηση. Σε περίπτωση που διαπιστώσει η ασφαλιστική εταιρεία ότι δεν έχει πραγματοποιηθεί, έχει το δικαίωμα να μην αποζημιώσει ή να αποζημιώσει μερικώς.

Το μέγεθος κάθε εταιρείας καθορίζει το μέγεθος του κινδύνου που μπορεί να αναλάβει. Για μεγαλύτερη εξασφάλιση κάθε εταιρεία διαλέγει αντασφαλιστές προκειμένου αυτοί να αναλαμβάνουν μέρος του κινδύνου. Αντασφαλιστής είναι μια έταιρη ασφαλιστική εταιρεία η οποία αναλαμβάνει μέρος του κινδύνου του πρωτασφαλιστή. Η ποιότητα και η διαθεσιμότητα των αντασφαλιστών καθορίζονται από τα εξής:

- 1) τον γενικό ισολογισμό της εταιρείας,
- 2) την φήμη της
- 3) την ποιότητα του χαρτοφυλακίου της, το οποίο επηρεάζεται από την ρευστοποιησιμότητα του, την ασφάλεια του, την εκτίμηση κινδύνου που κάνουν οι αντασφαλιστές για αυτό

4) τον πολιτικό κίνδυνο.

Ανάλογα με την μη διαθεσιμότητα αντασφαλιστών και τα μικρά ίδια κεφάλαια κάποιες μικρές εταιρείες μπορεί να μην είναι δυνατό να καλύψουν από μόνες τους κάποιο κίνδυνο. Σε αυτές τις περιπτώσεις η λύση που επιλέγεται είναι η παράλληλη ασφάλιση. Δηλαδή δύο ή περισσότερες εταιρείες συμφωνούν στην ασφάλιση ενός έργου. Η μια μπαίνει επικεφαλής, το οποίο σημαίνει ότι αυτή υπαγορεύει τους όρους της ασφάλισης και οι υπόλοιπες συνυπογράφουν τη συμφωνία η οποία υπαγορεύει τους όρους της ασφάλισης και τον τρόπο καταβολής της αποζημίωσης σε περίπτωση που χρειαστεί.

Για τη σωστή διαδικασία του underwriting (μέθοδο εκτίμησης κινδύνου και αποτίμησης ικανού ασφαλιστρού) ο ασφαλιστής χρειάζεται να έχει κάποια στοιχεία προκειμένου να μην υποεκτιμήσει αλλά ούτε και να υπερεκτιμήσει έναν συγκεκριμένο κίνδυνο. Συγκεκριμένα, χρειάζεται να έχει πολλές χρονοσειρές δεδομένων για να διαπιστώσει για διαφορετικό τόπο και τεχνολογία διαφορετικούς κινδύνους και ένταση τους. Μόνο με αυτό τον τρόπο μπορεί να γίνει αποτελεσματική αξιολόγηση κινδύνου για μια συγκεκριμένη περιοχή και συγκεκριμένη τεχνολογία. Αυτή τη στιγμή στην ελληνική ασφαλιστική αγορά υπάρχει μικρή εμπειρία, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλο περιθώριο για περεταίρω έρευνα με βάση τα ελληνικά κλιματολογικά στοιχεία και τις ιδιαίτερες συνθήκες, που στο μέλλον μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση των ασφαλιστρών.

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Αρχικά έγινε βιβλιογραφική αναζήτηση επιστημονικών άρθρων σχετικά με τα φωτοβολταϊκά συστήματα . Με βάση τα αποτελέσματα της αναζήτησης έγινε καταγραφή των διαφορετικών τύπων φωτοβολταϊκών καθώς και των ειδών-τεχνολογιών κατασκευής φωτοβολταϊκών εξετάζοντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα , που παρουσιάζει ο κάθε τύπος. Εν συνεχεία καταγράφηκαν οι διάφορες βλάβες που παρουσιάζουν καθώς και οι μέθοδοι αντιμετώπισής τους.

Το επόμενο βήμα ήταν η δημιουργία ερωτηματολογίων προκειμένου να διερευνηθούν οι θέσεις των διαφόρων ενδιαφερομένων αναφορικά με την αξιοπιστία των φωτοβολταϊκών, με τον τρόπο αντιμετώπισης των βλαβών που εμφανίζουν με στόχο την αξιολόγησή τους, την στατιστική ανάλυσή τους και την δημοσίευση αποτελεσμάτων.

Για την κατασκευή του ερωτηματολογίου αρχικά εξέτασα διαφορετικές μεθοδολογίες για τη δημιουργία του. Η συνήθης πρακτική όσον αφορά τα ερωτηματολόγια είναι να δημιουργηθεί το ερωτηματολόγιο, στη συνέχεια να γίνεται μια προκαταρκτική έρευνα για την εύρεση των επικρατέστερων απαντήσεων προκειμένου αυτές να ενσωματωθούν στο κυρίως ερωτηματολόγιο ως πιθανές επιλογές. Για να έχει επιτυχία αυτή η μέθοδος απαιτείται ένα σημαντικό δείγμα για το δεύτερο στάδιο της μελέτης μας (συνήθως περισσότερα από 50 ερωτηματολόγια στη δεύτερη φάση). Για τις ανάγκες της παρούσας πτυχιακής εργασίας δεν ήταν δυνατό να βρεθούν τα περίπου 70 ερωτηματολόγια που θα χρειαζόντουσαν προκειμένου να διενεργηθεί αυτή η διαδικασία. Συνεπώς, εξαιτίας του γεγονότος ότι δεν ήταν δυνατό να βρεθεί τόσο μεγάλο δείγμα για την κυρίως έρευνα (50 ερωτηματολόγια ή περισσότερα), αναγκάστηκα καταρχάς να περιοριστώ στο μικρό δείγμα ανθρώπων που μπορούσα να επικοινωνήσω μαζί τους για να απαντήσουν στο ερωτηματολόγιο και επίσης να αποκλείσω τις ερωτήσεις κλειστού τύπου (δεν ήταν γνωστές οι επικρατέστερες απαντήσεις για να συμπεριληφθούν αφού δεν είχα προκαταρκτική μελέτη). Σε περιπτώσεις μικρού δείγματος και αρχικής μελέτης ακολουθείται η συνηθισμένη δημοσκοπική πρακτική που σημαίνει ότι χρησιμοποιούνται ερωτήσεις ανοικτού τύπου δηλαδή ερωτήσεις που δεν απαντώνται μονολεκτικά. Η μέθοδος που ακολούθησα εξαιτίας των πιο πάνω δυσχερειών ήταν η εξής. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν ερωτήσεις κατάταξης των ερωτώμενων σε κατηγορίες προκειμένου να γίνει στατιστική ανάλυση του προφίλ των ερωτώμενων, ως προς τα έτη ενασχόλησης τους

με τα φωτοβολταϊκά και άρα ως προς την εμπειρία τους. Εν συνεχεία δημιούργησα απλά ερωτηματολόγια με ερωτήσεις ανοιχτού τύπου ώστε να υπάρχει η δυνατότητα ευελιξίας στις απαντήσεις που θα δοθούν με στόχο την εύρεση των επικρατέστερων απαντήσεων. Η στρατηγική που ακολούθησα ήταν αυστηρά των προσωπικών συνεντεύξεων με σκοπό να έχω τις πληρέστερες δυνατές απαντήσεις όπως και την δυνατότητα διευκρινιστικών ερωτήσεων. Με βάση τα αποτελέσματα αυτών των ερωτηματολογίων έφτιαξα τα διαγράμματα πίτας που παρουσιάζω στο σχετικό κεφάλαιο.

Στην έρευνα συμμετείχαν άτομα από τον ευρύτερο κοινωνικό μου κύκλο όσο και από εταιρείες που ασχολούνται με την εμπορία, τοποθέτηση, ασφάλιση και κατασκευή φωτοβολταϊκών, που αναζητήθηκαν μέσω e-mail που στάλθηκαν σε αυτές, από τις οποίες ένα ελάχιστο ποσοστό ανταποκρίθηκε τελικά να απαντήσει και να πραγματοποιηθεί η συνέντευξη. Αυτό τελικά αποδείχτηκε και το πιο κοπιαστικό στάδιο της εργασίας, δηλαδή η προσπάθεια για εύρεση ανθρώπων που ήταν πρόθυμοι να απαντήσουν τα ερωτηματολόγια και να δώσουν την συνέντευξη.

Τελικός στόχος της όλης διαδικασίας είναι η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων τόσο από τη βιβλιογραφική μελέτη όσο και από την ανάλυση των ερωτηματολογίων σχετικά με την στατιστική εμφάνιση κινδύνων, την δυνατότητα αποφυγής τους και την επιδίωξη των ασφαλιστών κατά τη διαδικασία αξιολόγησης κινδύνου να δώσουν σωστές κατευθύνσεις στον υποψήφιο πελάτη για να μειώσουν τον κίνδυνο που αναλαμβάνουν κατά την ασφάλιση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος ή ενός πάρκου.

5. ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΙΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο της εργασίας, διενεργήθηκε η έρευνα μέσω γραπτών ερωτηματολογίων προκειμένου να γίνει γνωστή η άποψη διαφορετικών ομάδων εμπλεκόμενων με την χρήση-διαχείριση και ασφάλιση των φωτοβολταϊκών.

Η παρουσίαση αυτού του κεφαλαίου θα γίνει σε μορφή απεικόνισης δημοσκόπησης και θα παρουσιαστούν α) το ερώτημα που τέθηκε β) η απεικόνιση των απαντήσεων σε γράφημα γ) παρατηρήσεις όπου κρίνεται απαραίτητο.

Η πρώτη ομάδα απαντήσεων ανήκει στην κατηγορία των ασφαλιστών.

Η δεύτερη ομάδα απαντήσεων ανήκει στην κατηγορία των κατασκευαστών

Η Τρίτη ομάδα απαντήσεων ανήκει στην κατηγορία των συναρμολογητών

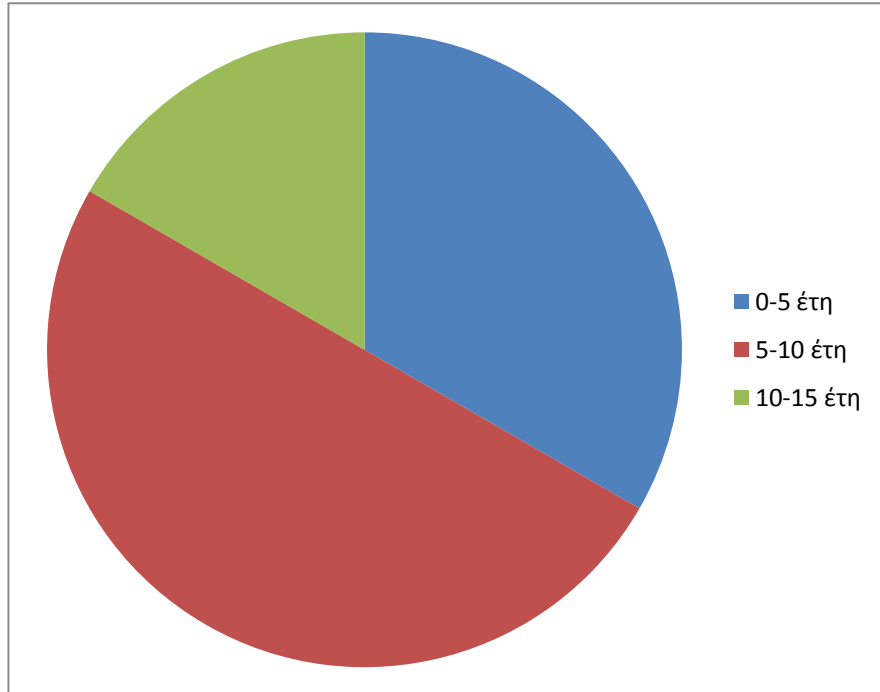
Η τέταρτη ομάδα απαντήσεων ανήκει στην κατηγορία των κατόχων φωτοβολταϊκών.

Η Πέμπτη ομάδα απαντήσεων ανήκει στην κατηγορία των πωλητών φωτοβολταϊκών.

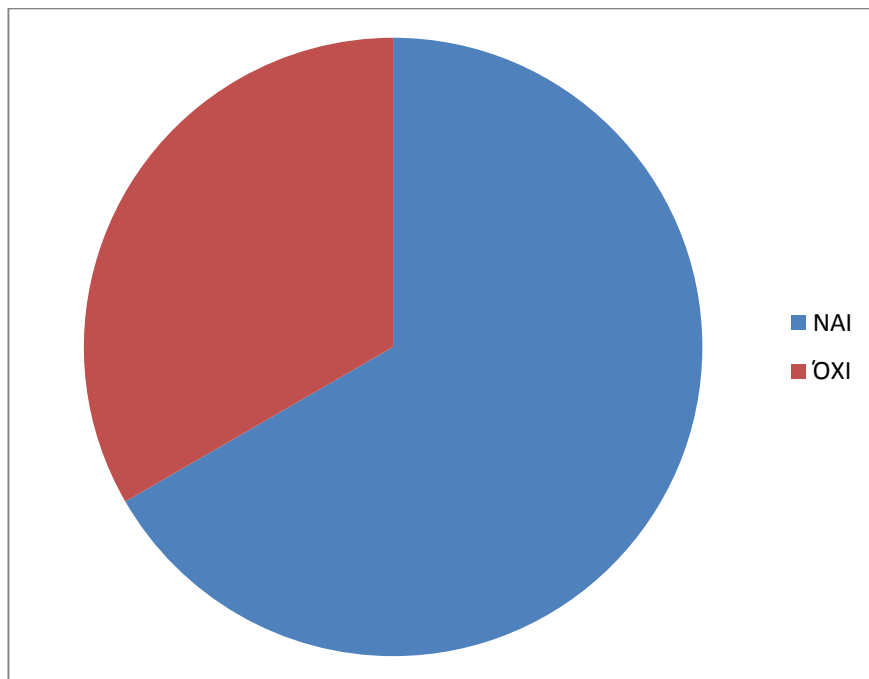
5.1. ΑΣΦΑΛΙΣΤΕΣ

Το δείγμα της μελέτης είναι 6 ασφαλιστικοί σύμβουλοι και πράκτορες.

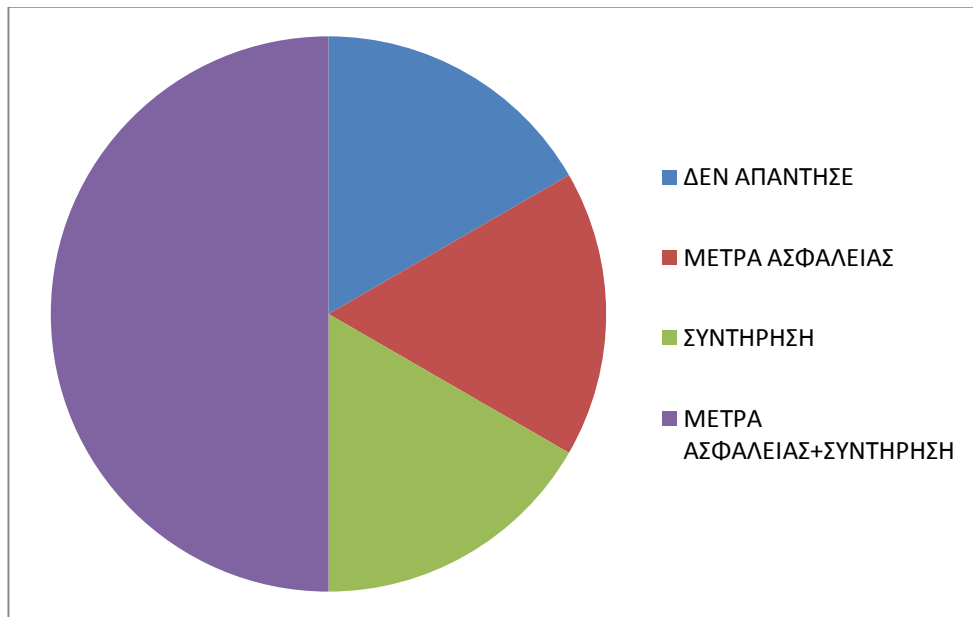
Πόσα έτη ασχολείστε με την ασφάλιση φωτοβολταϊκών συστημάτων;



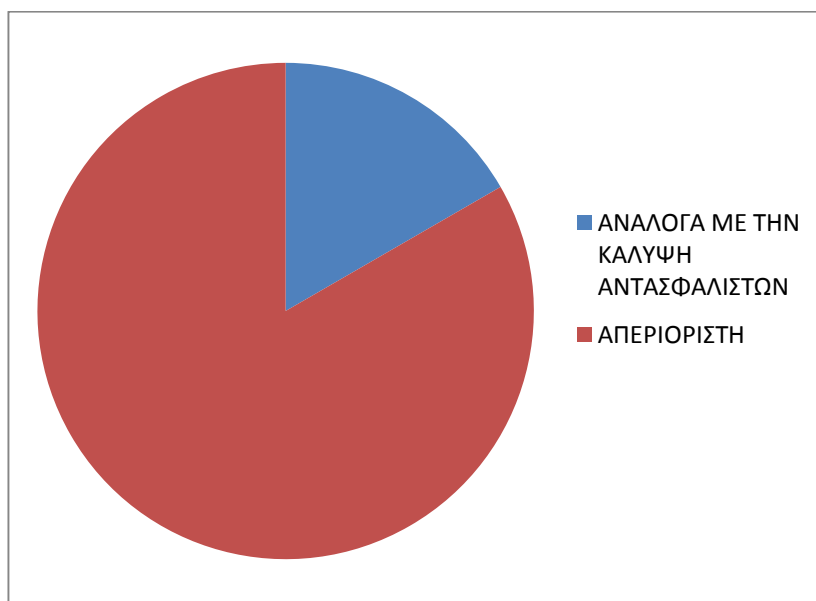
Εκτός από τα φωτοβολταϊκά πυριτίου ασφαλίζετε και τα φωτοβολταϊκά λεπτής επίστρωσης;



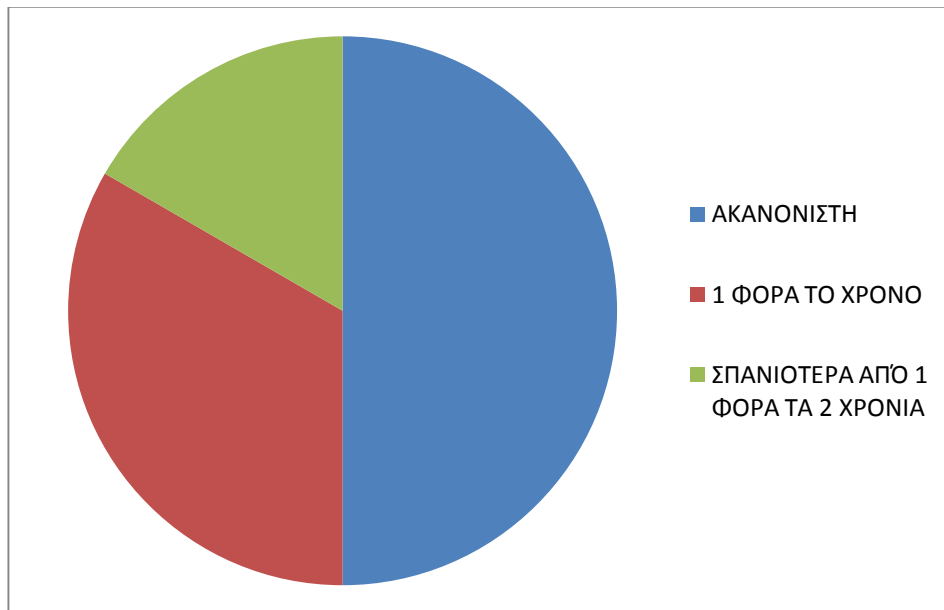
Ποια είναι τα χαρακτηριστικά που προσέχετε σε ένα φωτοβολταϊκό πάρκο που σας προτείνει ο ιδιοκτήτης να ασφαλίσετε;



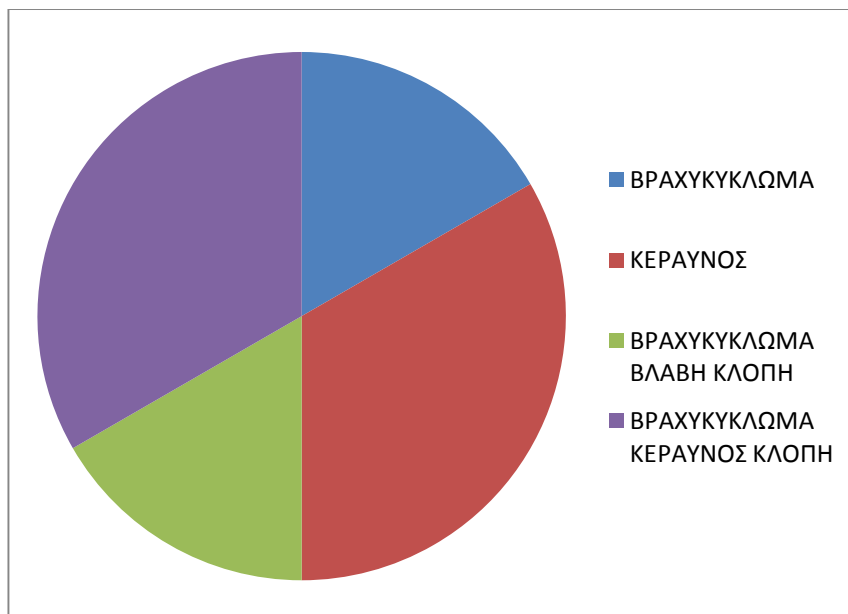
Μέχρι τι αξία φωτοβολταϊκού πάρκου δέχεστε να ασφαλίσετε;



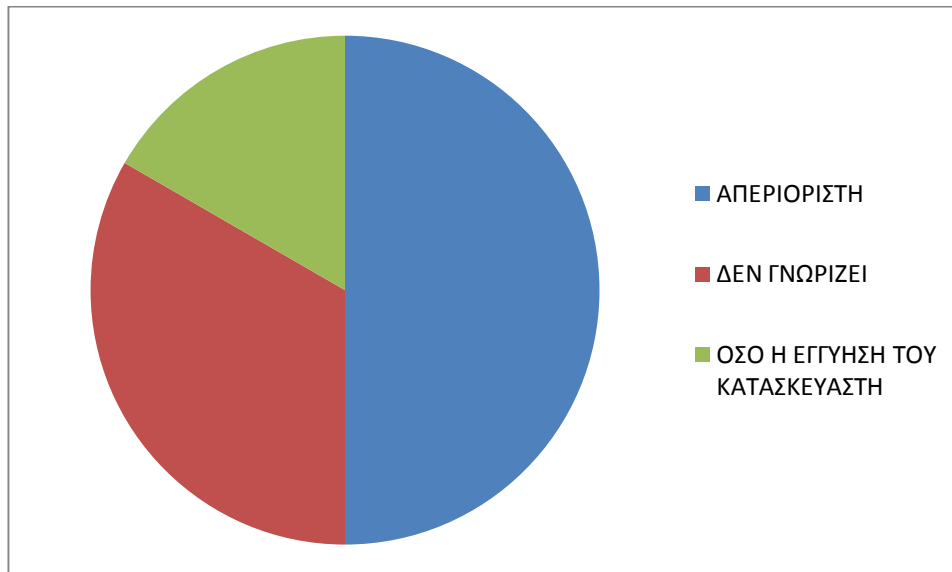
Πόσο συχνά τυχαίνουν καταστάσεις που ενεργοποιείτε το ασφαλιστήριο συμβόλαιο των φωτοβολταϊκών;



Ποιες είναι οι κυριότερες αιτίες (κίνδυνοι) για τις οποίες ενεργοποιείτε το ασφαλιστήριο συμβόλαιο;



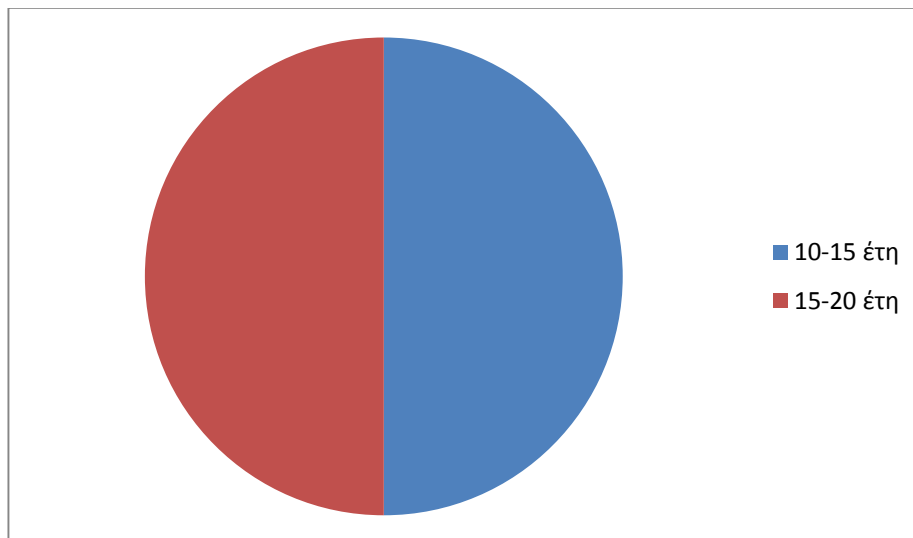
Ποια είναι η μέγιστη διάρκεια ασφάλισης που παρέχει η εταιρία για τα φωτοβολταϊκά;



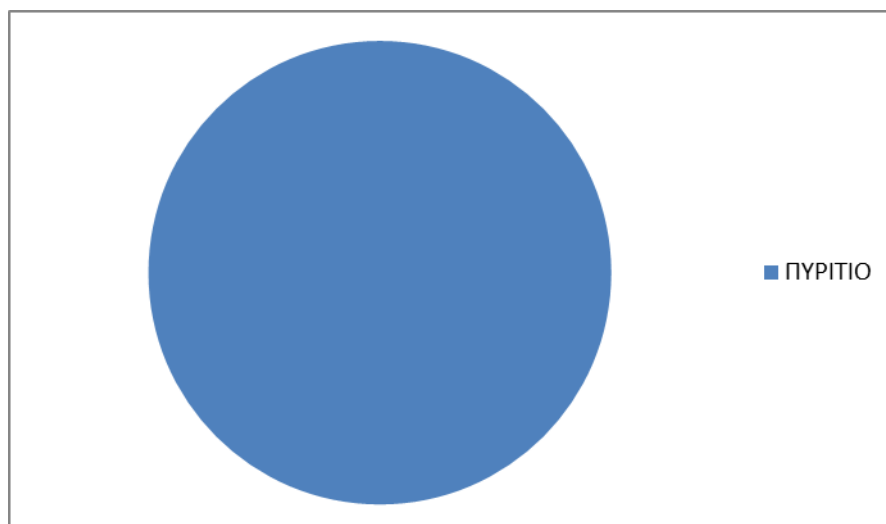
5.2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΕΣ-ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΙ

Για τις ανάγκες της εργασίας μίλησα με 2 αντιπροσώπους κατασκευαστικών εταιρειών με έδρα τη Γερμανία. Οι αντιπρόσωποι δυστυχώς δεν διαθέτουν την τεχνική γνώση που έχει ο τεχνικός- επιστήμονας ο οποίος ασχολείται με την μετατροπή των πρώτων υλών σε επεξεργασμένα υλικά ικανά να κατασκευάσουν το πάνελ.

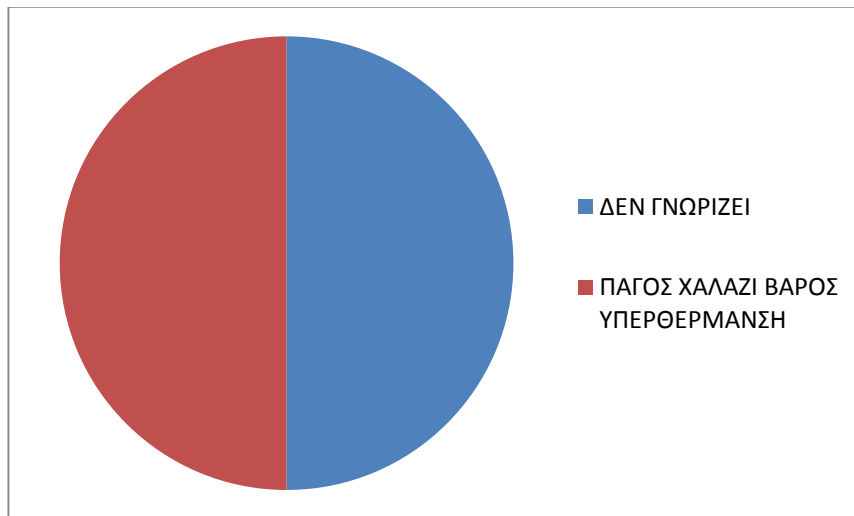
Πόσα έτη ασχολείστε με την κατασκευή φωτοβολταϊκών συστημάτων;



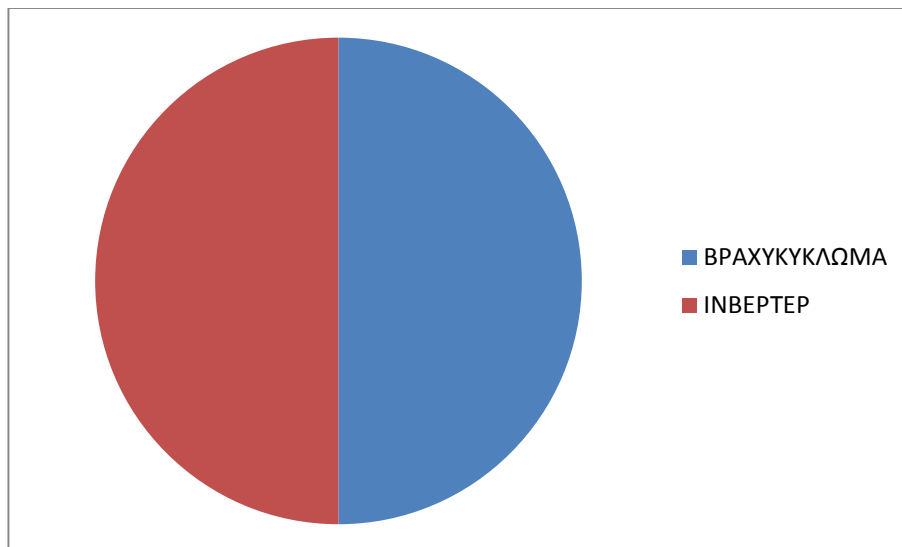
Ποια είδη φωτοβολταϊκών συστημάτων κατασκευάζετε; Μόνο φωτοβολταϊκά πυριτίου ή και άλλες τεχνολογίες φωτοβολταϊκών;



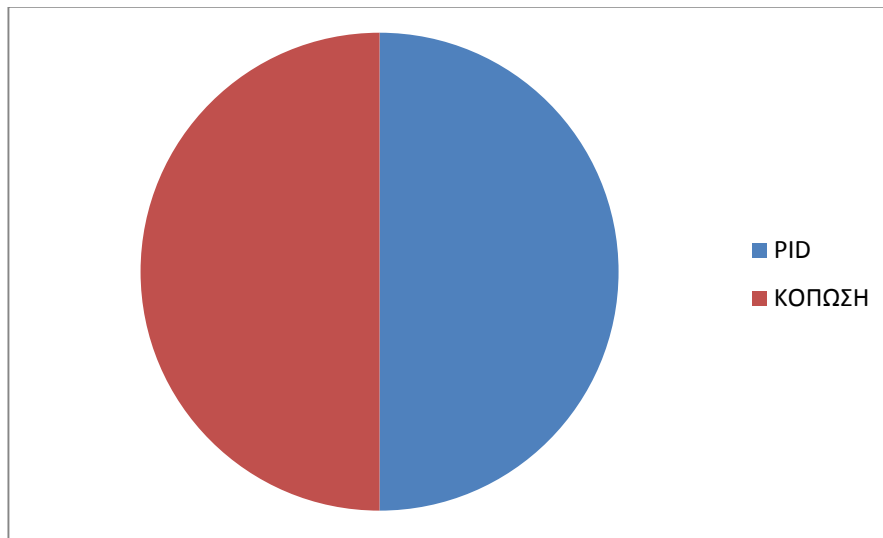
Ποια τεστ χρησιμοποιεί η εταιρεία για να βεβαιωθεί για την καλή ποιότητα της κατασκευής;



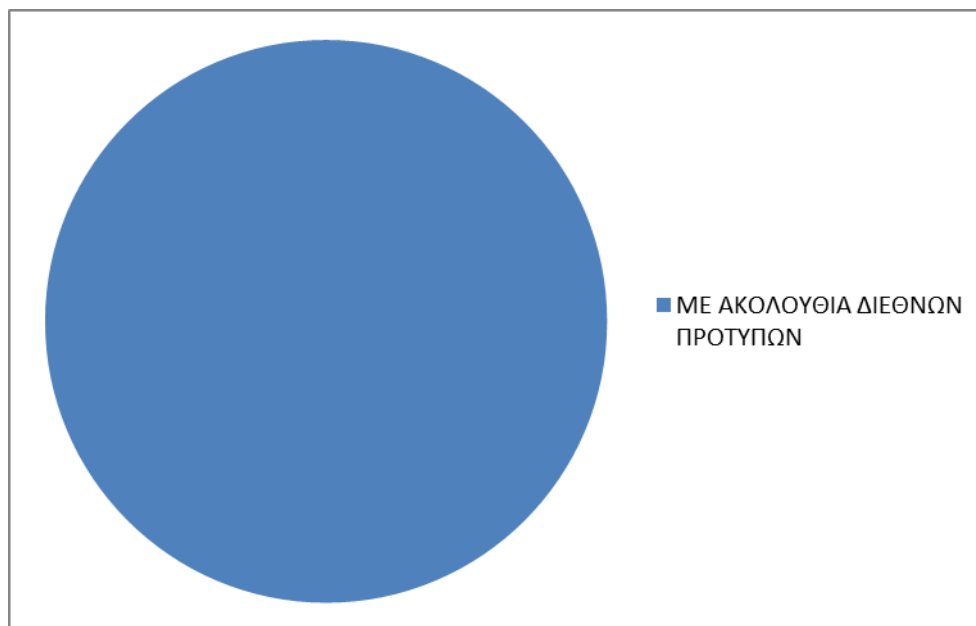
Ποια είναι τα συνηθέστερα προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσουν οι κάτοχοι φωτοβολταϊκών βραχυπρόθεσμα;



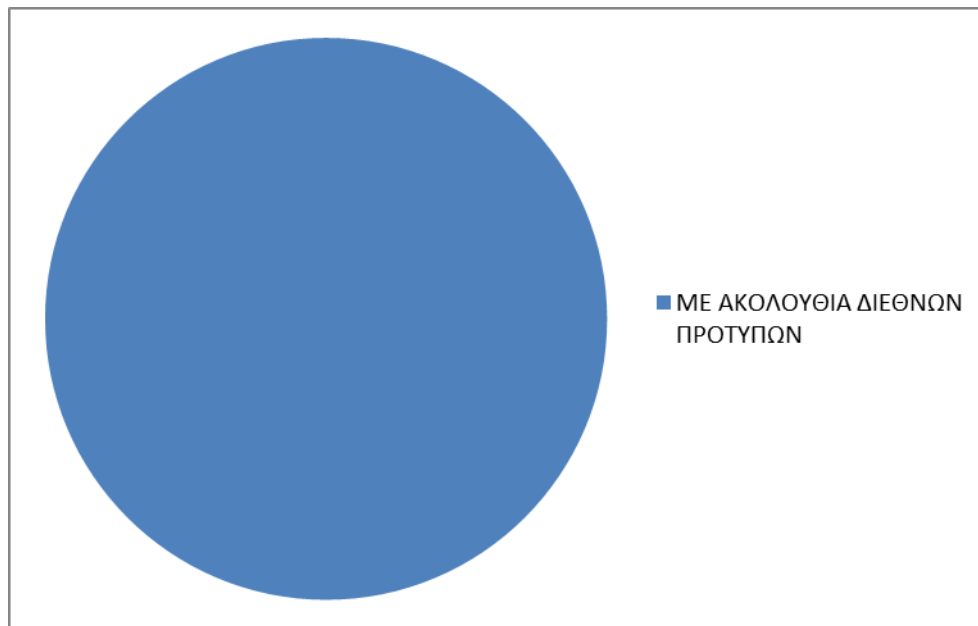
Ποια είναι τα συνηθέστερα προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσουν οι κάτοχοι φωτοβολταϊκών μακροπρόθεσμα;



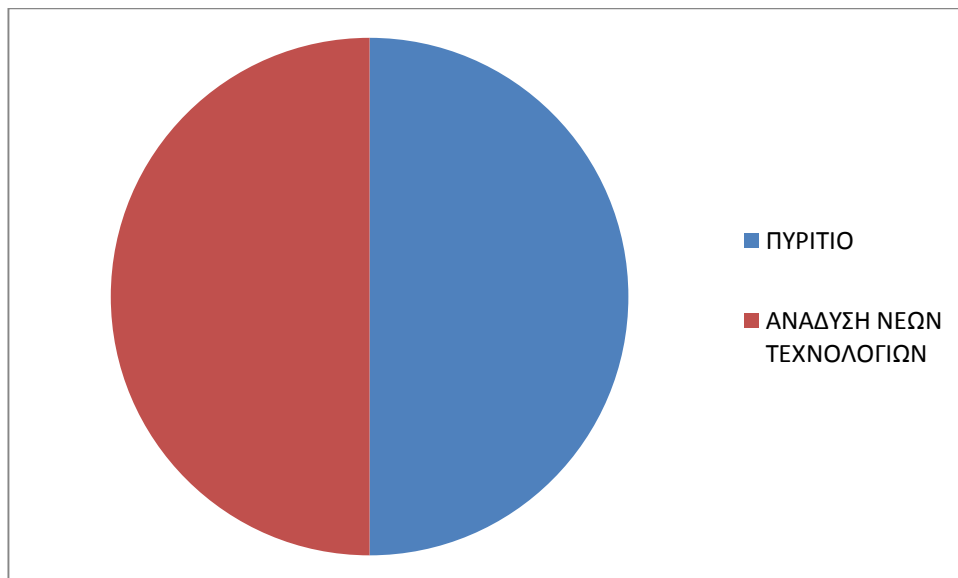
Ποιες μεθόδους προτείνετε για την αντιμετώπιση αυτών των συνηθισμένων προβλημάτων;



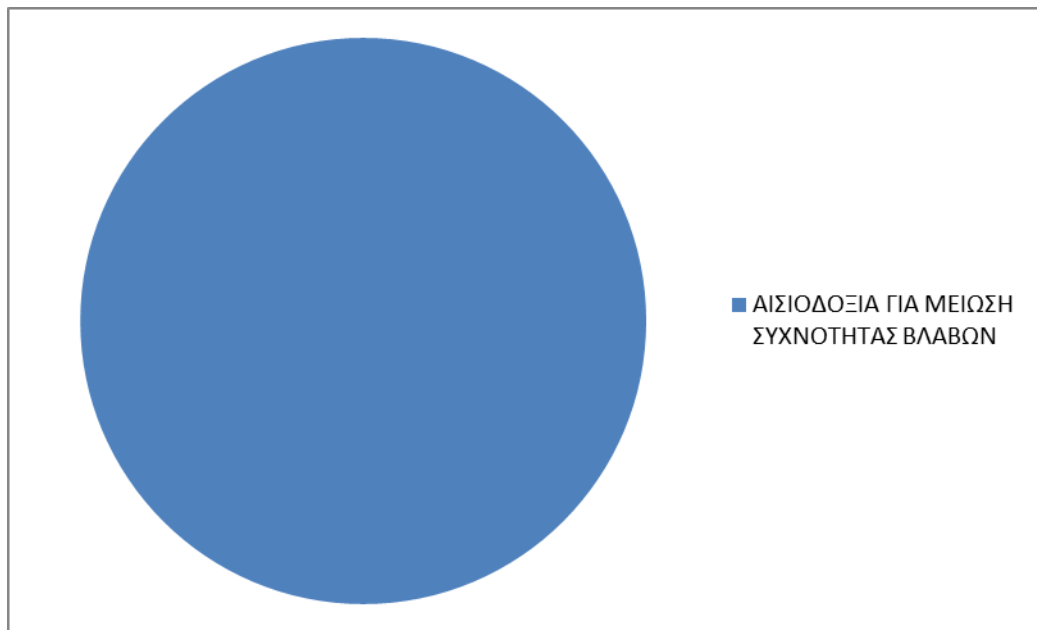
Με ποιες τεχνικές μπορεί να διασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή καλή λειτουργία του φωτοβολταϊκού;



Μελλοντικά όπως εξελίσσεται η αγορά ποιες τάσεις βλέπετε να επικρατούν στον τομέα της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων;



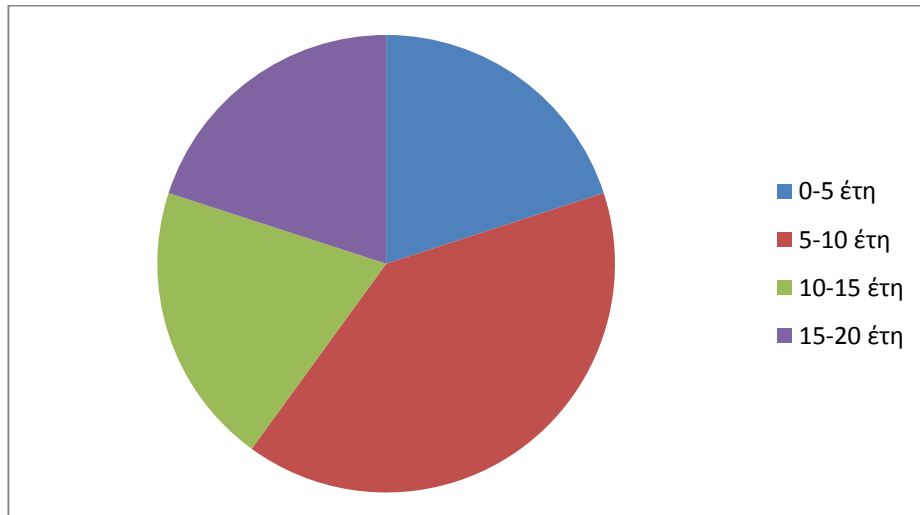
Και τι τάση βλέπετε σχετικά με την μείωση των προβλημάτων και των συχνών βλαβών τους;



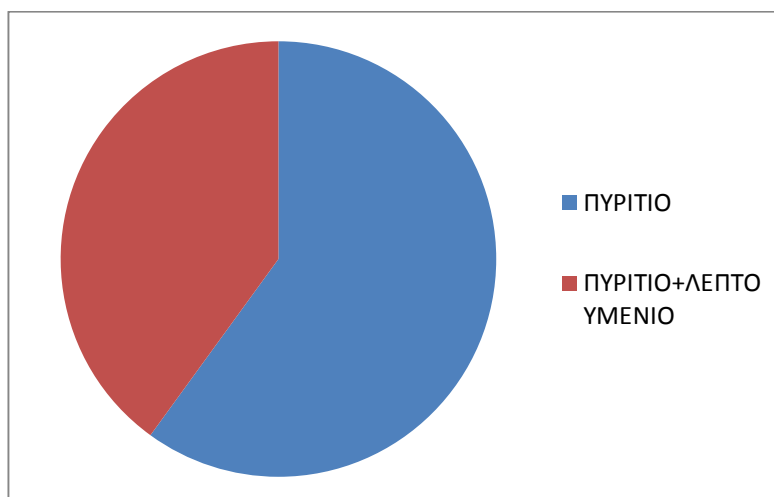
5.3. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΤΕΣ

Το δείγμα είναι 5 τεχνικοί οι οποίοι κάνουν τις μελέτες και τις εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών τόσο σε ύπαιθρο όσο και σε στέγες.

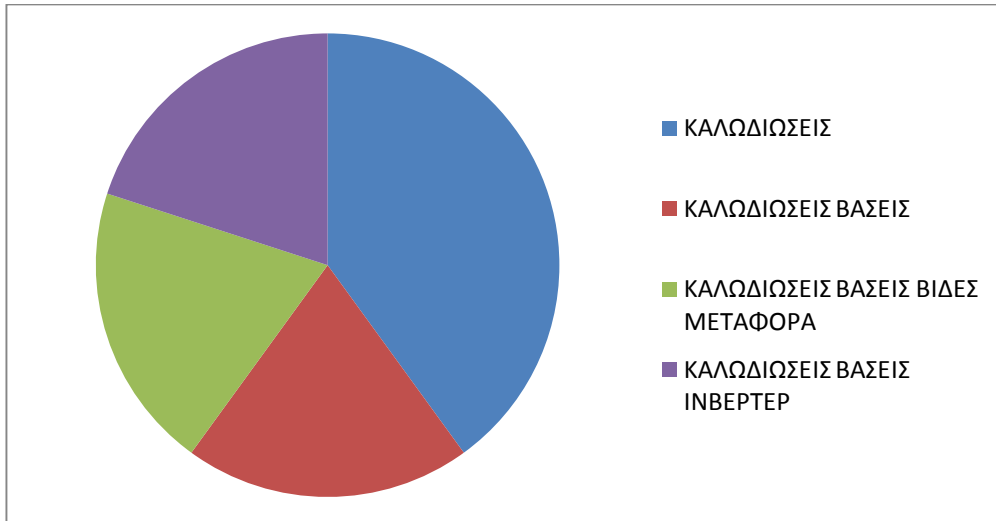
Πόσα έτη ασχολείστε με τη συναρμολόγηση φωτοβολταϊκών συστημάτων;



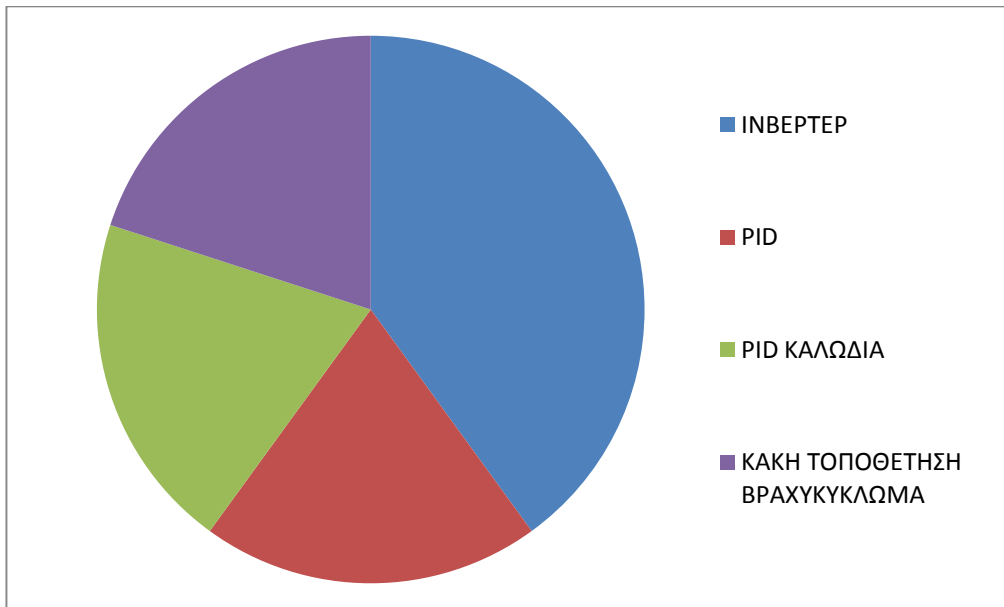
Με τι είδους κατασκευές φωτοβολταϊκών συστημάτων ασχολείστε;



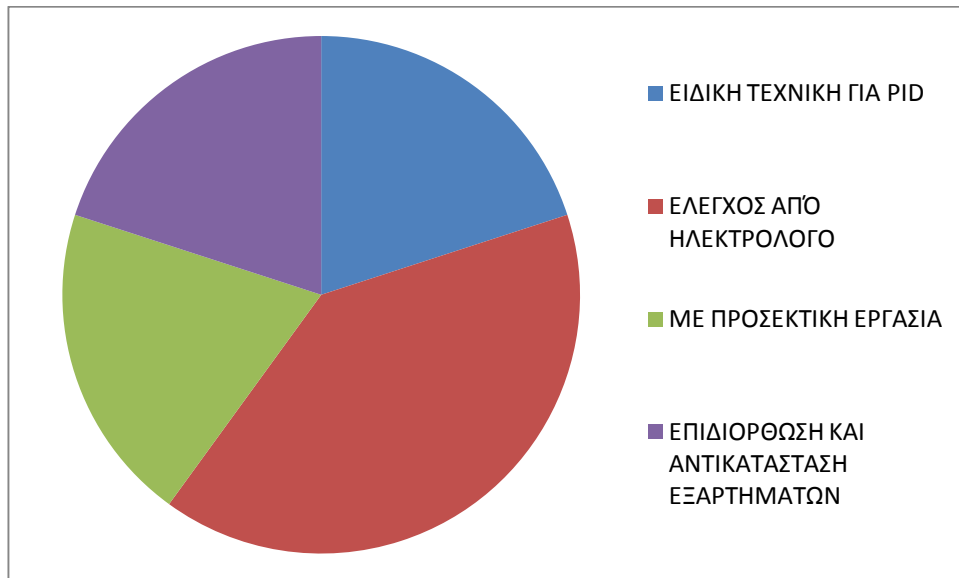
Ποια είναι τα κυριότερα σημεία που προσέχετε κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης-συναρμολόγησης;



Ποια είναι τα πιο συνηθισμένα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν μετά από μικρό χρονικό διάστημα στην εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού;



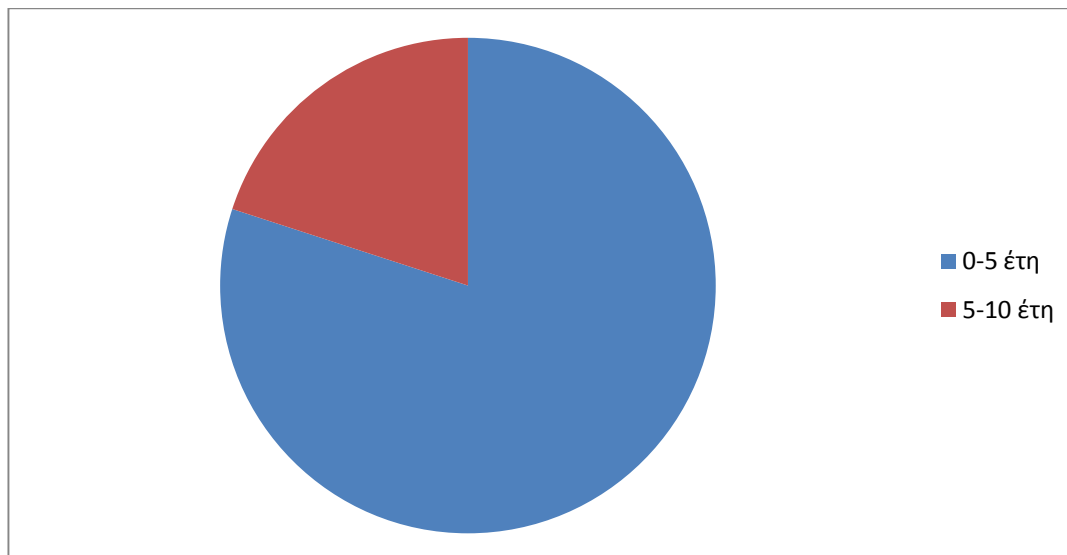
Πως αντιμετωπίζετε αυτά τα προβλήματα όταν προκύπτουν;



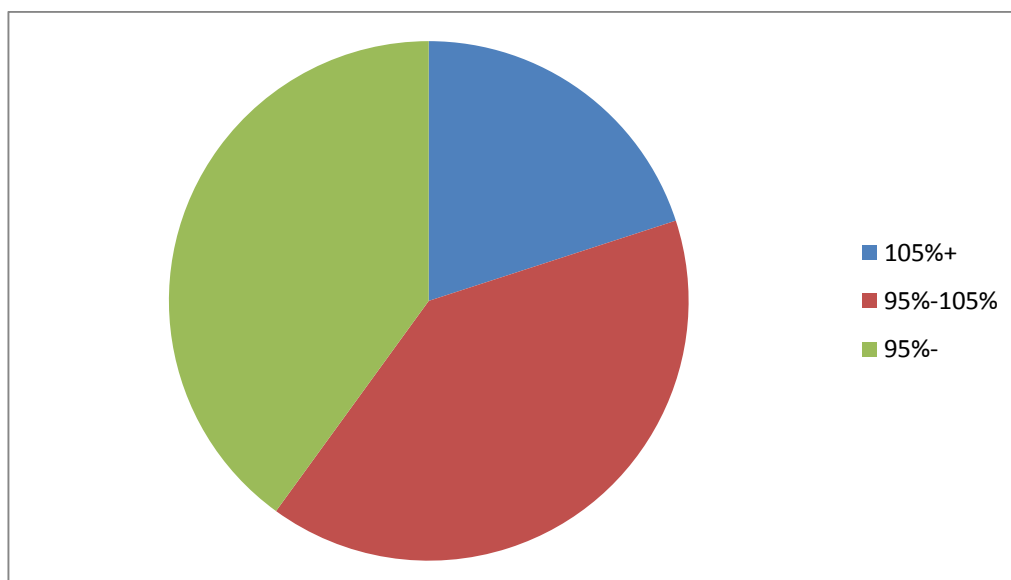
5.4. ΚΑΤΟΧΟΙ

Το δείγμα στο συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο είναι 5 ιδιοκτήτες φωτοβολταϊκών.

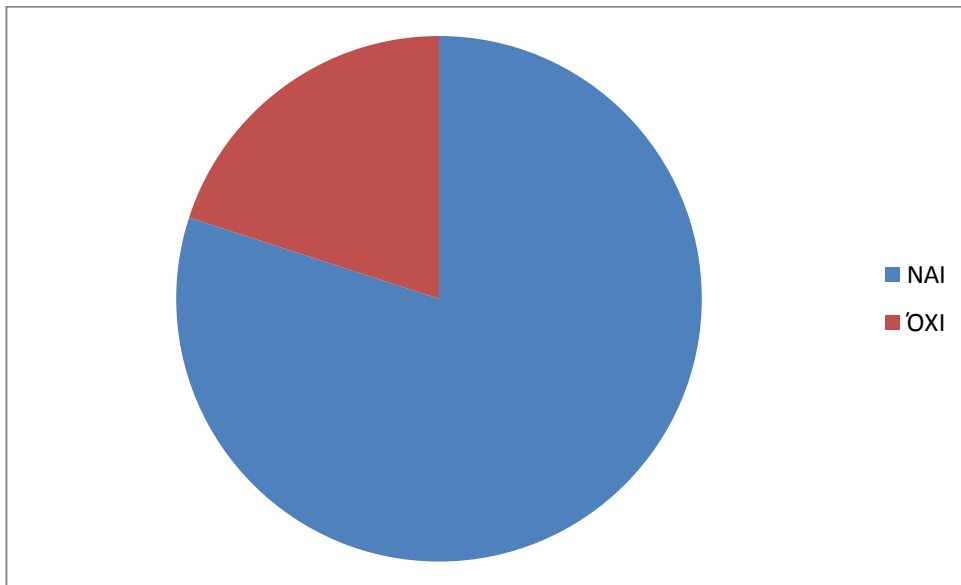
Πόσα έτη έχετε τα φωτοβολταϊκά σας;



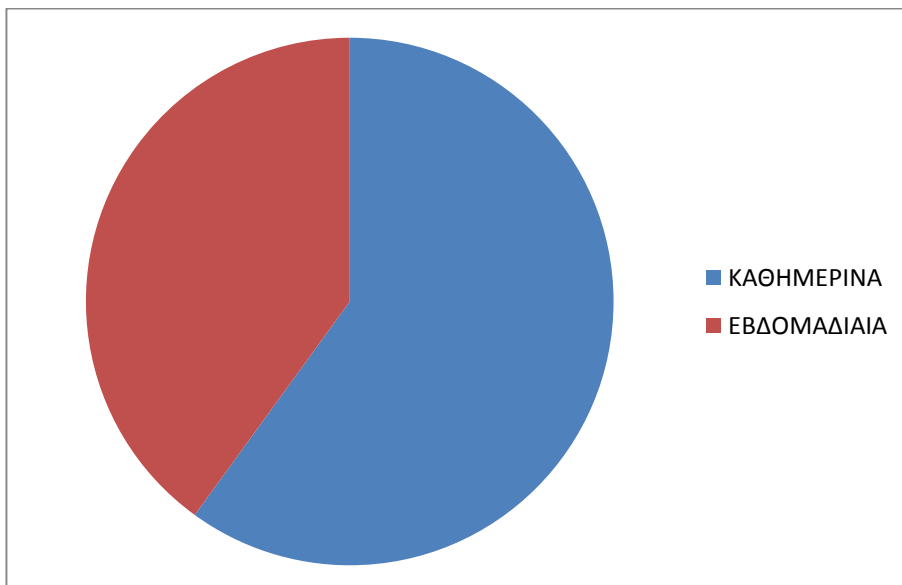
Τι απόδοση έχουν κατά μέσο όρο τα φωτοβολταϊκά σας το χρόνο σε σχέση με αυτό που προϋπολογίζατε ότι θα έχουν;



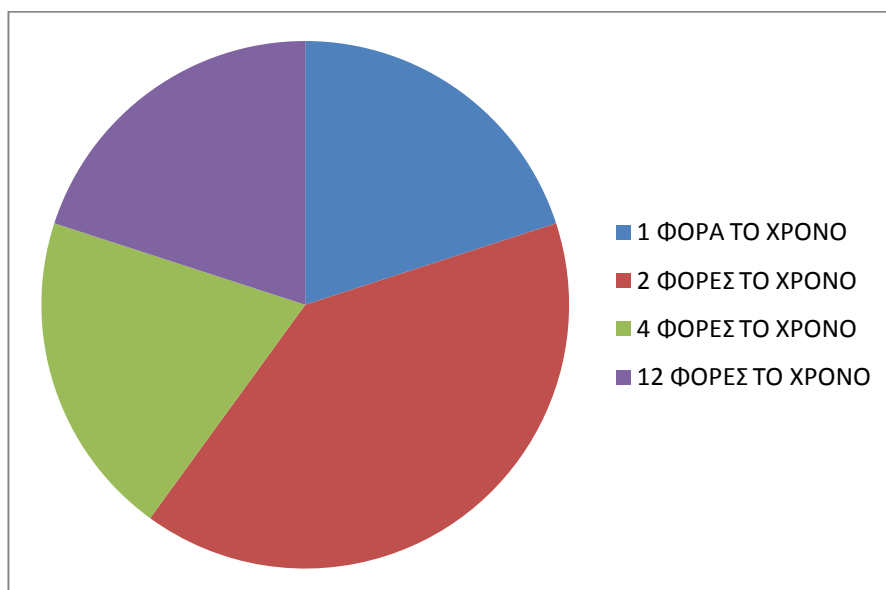
Έχετε ασφαλίσει τα φωτοβολταϊκά σας;



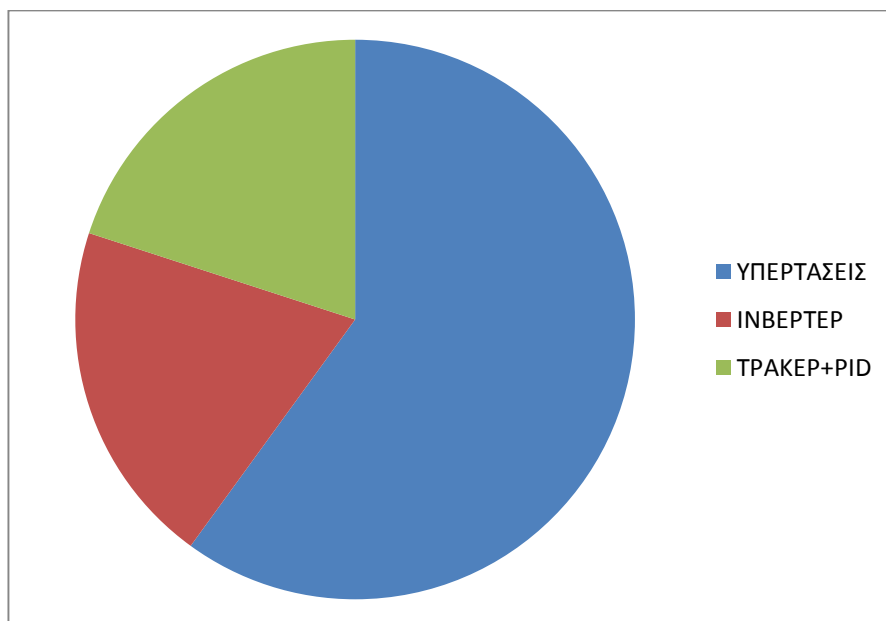
Πόσο συχνά ελέγχετε την καλή λειτουργία των φωτοβολταϊκών σας;



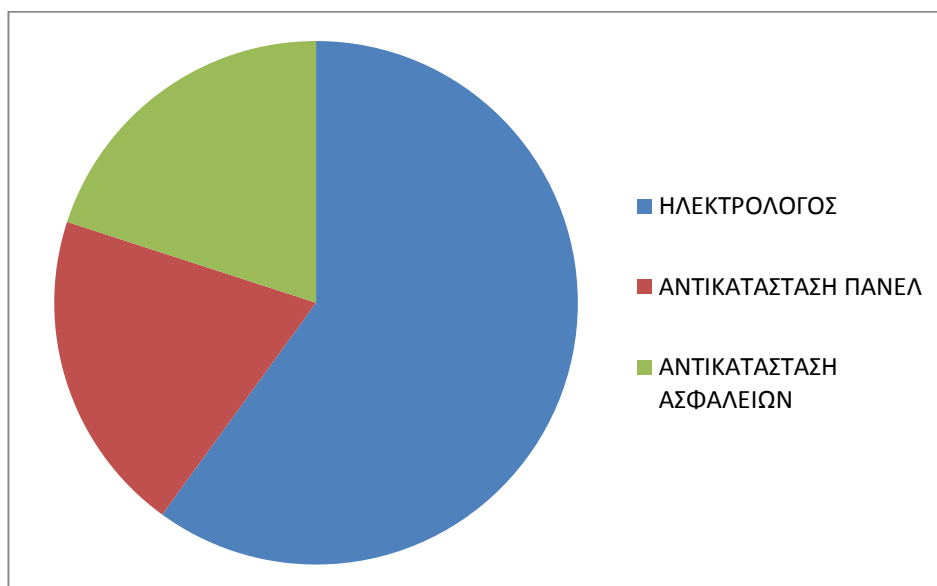
Πόσο συχνά συντηρείτε τα φωτοβολταϊκά σας;



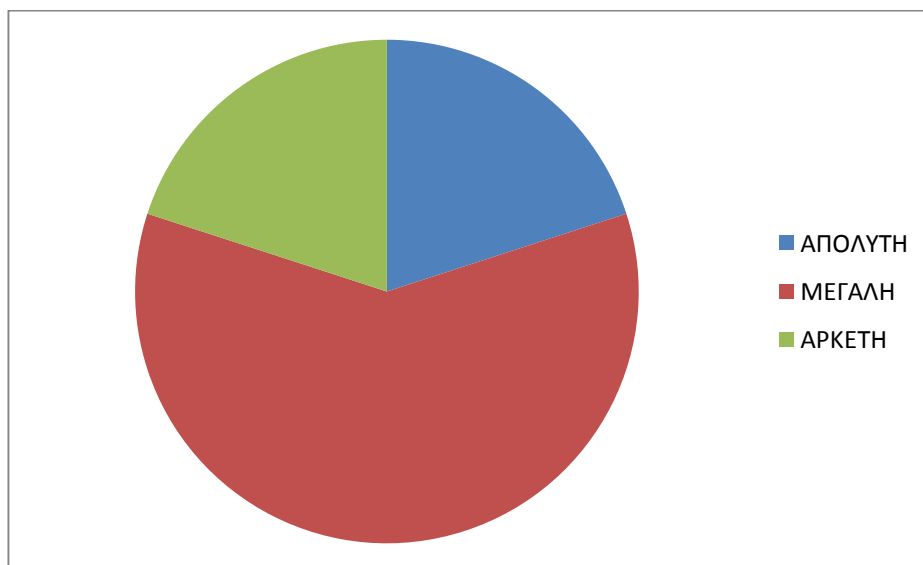
Τι προβλήματα αντιμετωπίζουν πιο συχνά τα φωτοβολταϊκά σας;



Με ποιο τρόπο αντιμετωπίζετε αυτά τα προβλήματα;



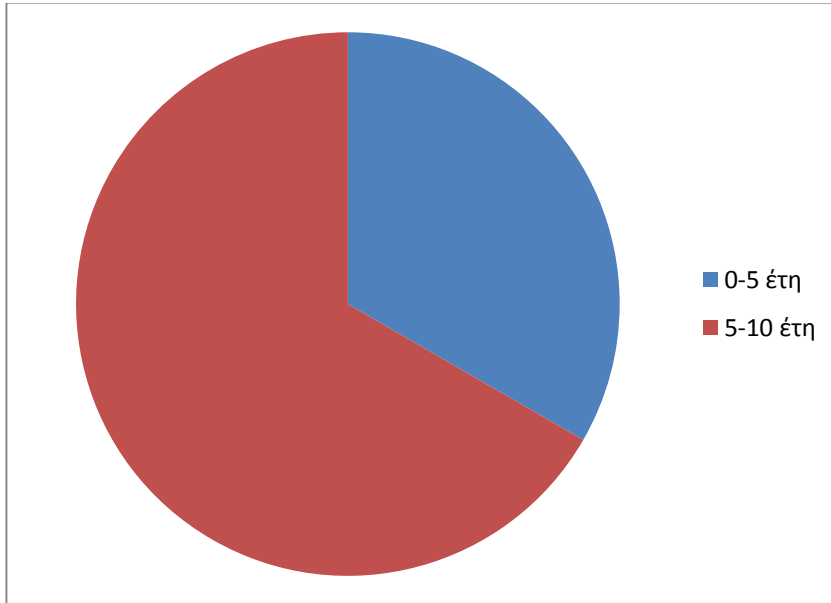
Πόσο ικανοποιημένοι είστε από την λειτουργία των φωτοβολταϊκών σας;



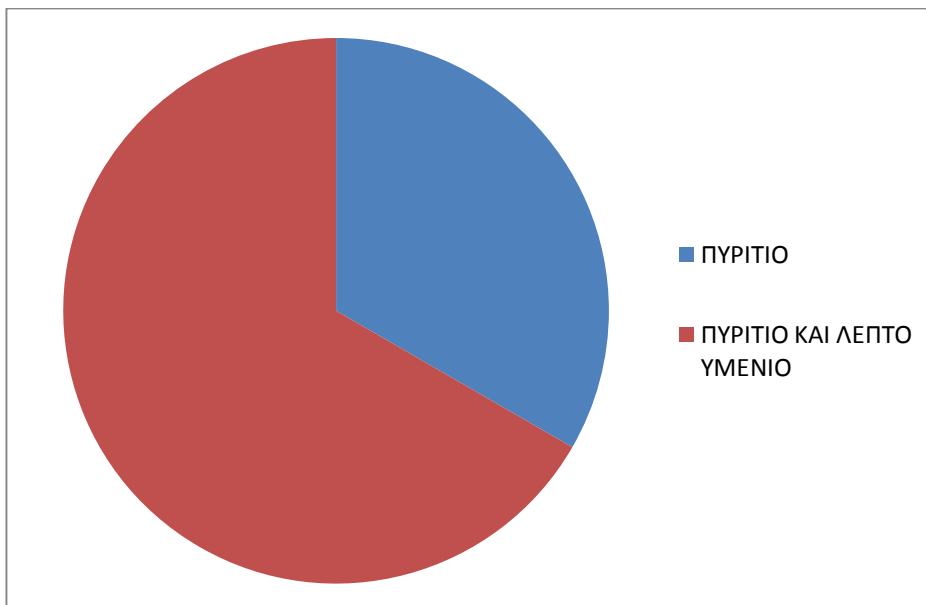
5.5. ΠΩΛΗΤΕΣ

Το δείγμα σε αυτό το ερωτηματολόγιο είναι 3 έμποροι που ασχολούνται με την πώληση φωτοβολταϊκών πάνελ

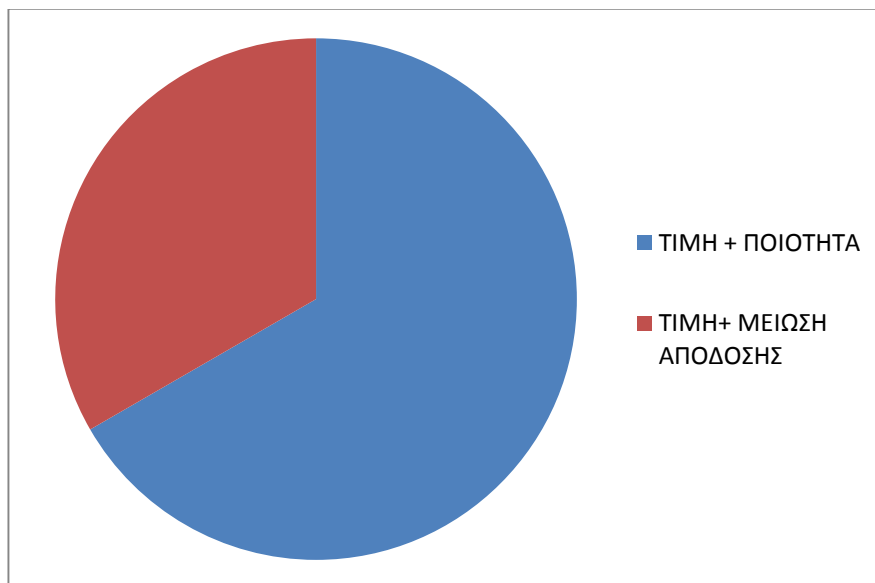
Πόσα χρόνια ασχολείστε με την πώληση φωτοβολταϊκών;



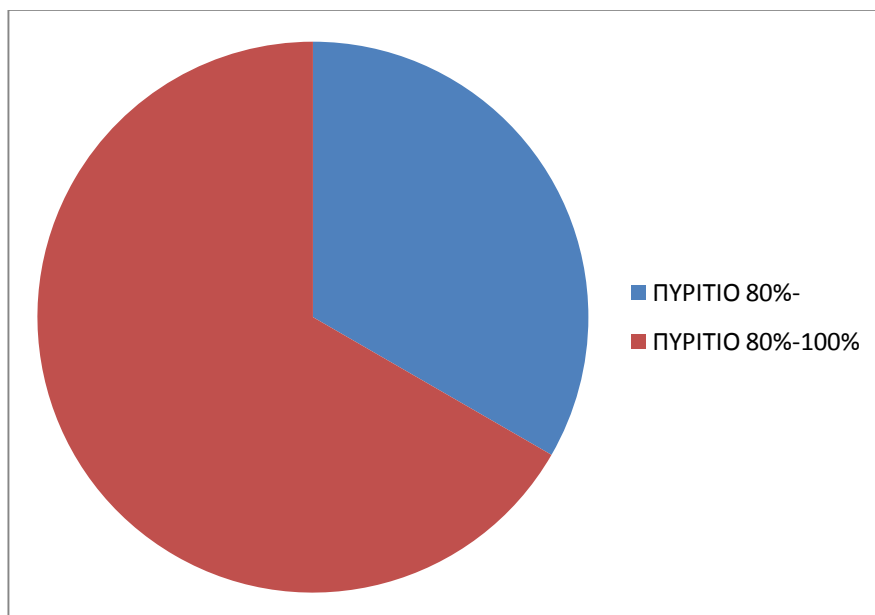
Ποια είδη φωτοβολταϊκών έχετε πουλήσει (πυρίτιο ή και λεπτό υμένιο);



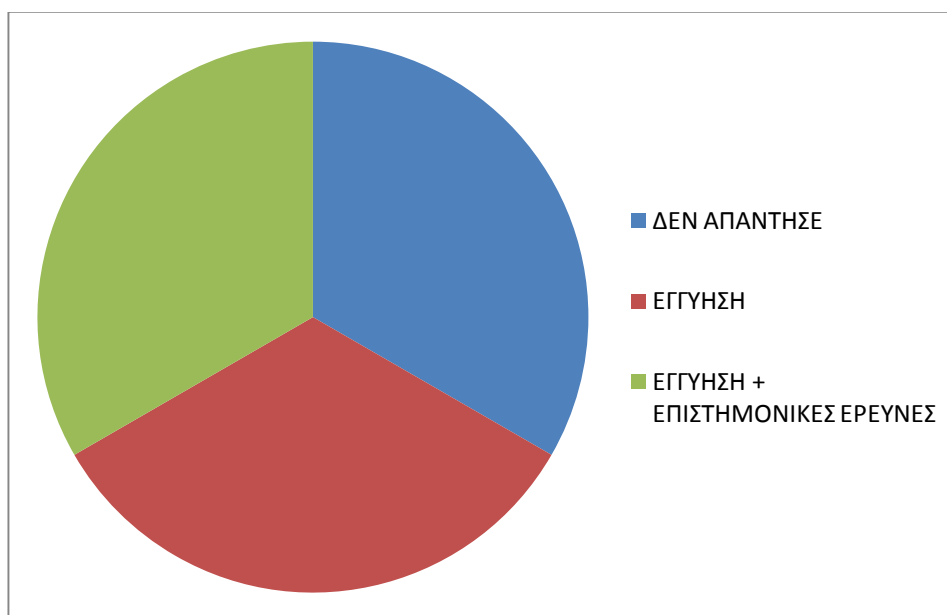
Ποιοι είναι οι ενδιασμοί (προβληματισμοί) των πελατών που αντιμετωπίζετε κατά τη διαδικασία πώλησης;



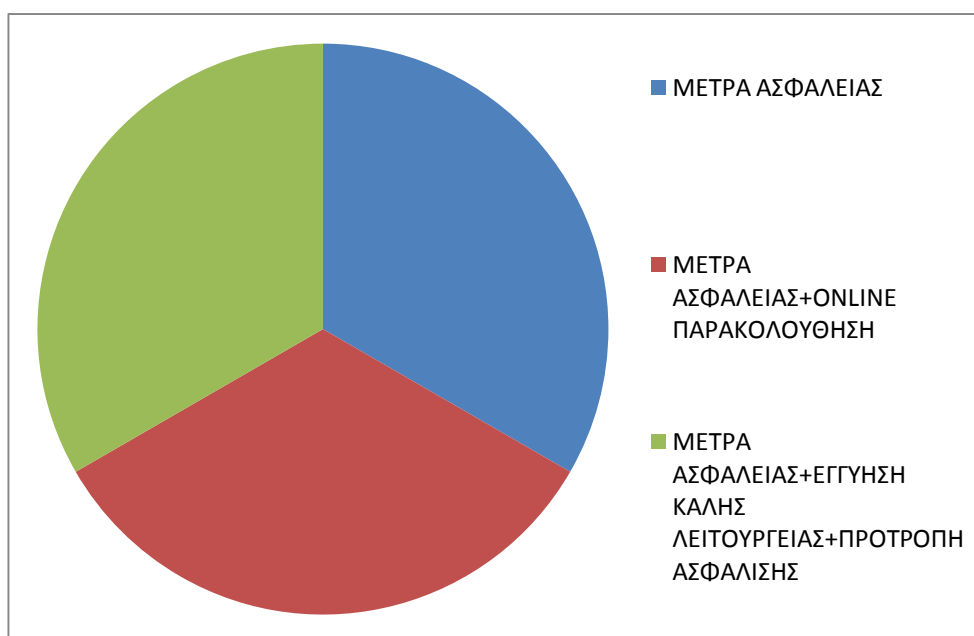
Ποιο είδος φωτοβολταϊκών προτιμούν οι πελάτες;



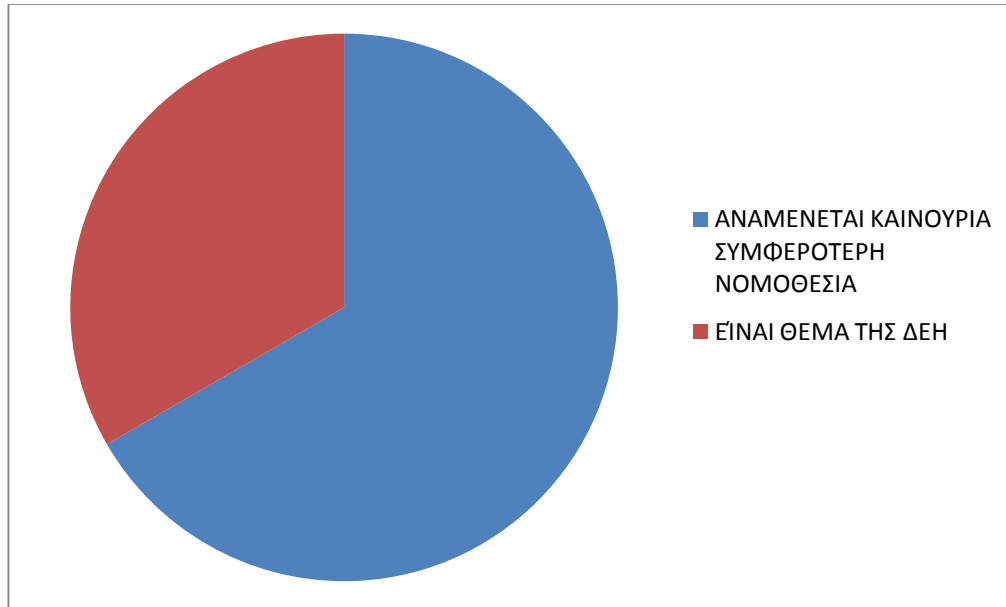
Πως αντιμετωπίζετε τις ανησυχίες των πελατών σας σχετικά με τη διάρκεια ζωής των φωτοβολταϊκών τους;



Πως αντιμετωπίζετε τις ανησυχίες των πελατών σας σχετικά με την ασφάλεια (προστασία τόσο από βλάβες όσο και από επιβλαβή τυχαία γεγονότα που δεν έχουν σχέση με τα μηχανικά τους μέρη) των φωτοβολταϊκών τους;



Πως αντιμετωπίζετε τις ανησυχίες των πελατών σας σχετικά με την τιμή του ρεύματος που έχει σχέση με την οικονομική απόδοση του εγχειρήματος τους;



6. ΕΜΠΕΙΡΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Από τα αποτελέσματα των συνεντεύξεων διαπιστώθηκε ότι τόσο οι κάτοχοι όσο και οι ασφαλιστές δεν διαθέτουν σε βάθος γνώση των προβλημάτων που μπορεί να αντιμετωπίσουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Οι μεν ασφαλιστές για τη διαχείριση των εν λόγω ασφαλιστικών ζητημάτων αναθέτουν σε ειδικούς (εμπειρογνώμονες) την εκτίμηση των ζημιών εφόσον αυτές συμβούν ή την διενέργεια μελέτης για την ασφαλισιμότητα ενός έργου (δηλαδή ζητάνε να πληροφορηθούν από ανεξάρτητους ειδικούς αν συντρέχουν οι προϋποθέσεις για την ασφάλιση ενός έργου). Οι δε ιδιοκτήτες προτιμούν να απευθυνθούν σε ηλεκτρολόγο με την εμφάνιση προβλημάτων, τα οποία θα μπορούσαν με σωστή συντήρηση να αποφευχθούν.
- Ολόκληρος ο κλάδος επικεντρώθηκε στα φωτοβολταϊκά πυριτίου. Αυτό δεν ήταν έκπληξη καθώς το σύνολο των συμμετεχόντων στην έρευνα τόνισε την σημασία των φωτοβολταϊκών πυριτίου, την εμπορική τους διεύθυνση ενώ οι μηχανικοί είχαν κατά κύριο λόγο υπόψη τους τα φωτοβολταϊκά πυριτίου όταν έκαναν αναφορές βλαβών.
- Τα χρόνια εμπειρίας που αποτυπώνονται στα ερωτηματολόγια έχουν απόλυτη συσχέτιση με την πραγματικότητα στην ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Η συντριπτική πλειοψηφία των ερωτούμενων έχει ασχοληθεί με τον κλάδο τα τελευταία 10 έτη.
- Όλοι οι εμπλεκόμενοι (κάτοχοι, ασφαλιστές και τεχνικοί) δίνουν μεγάλη σημασία στην εγκατάσταση μέτρων ασφάλειας τόσο για την αποτροπή κακόβουλων ενεργειών όσο και τον περιορισμό τυχαίων γεγονότων όπως η πτώση κεραυνών.
- Τέλος αναφορικά με τις ζημιές, οι πιο συνηθισμένες βλάβες είναι η πτώση ασφαλειών εξαιτίας υπερτάσεων και η φθορά του μετατροπέα (ινβέρτερ).



ΣΧΗΜΑ : Απεικόνιση της αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα. Το γράφημα έχει αντιγραφεί από την επίσημη σελίδα του Συνδέσμου Ελληνικών Φωτοβολταϊκών (Σ.Ε.Φ.)

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αφορμή για την εργασία στάθηκε η έλλειψη βιβλιογραφίας με θέμα την ασφάλιση των φωτοβολταϊκών και η ανάγκη έρευνας του επιπέδου κατανόησης της ελληνικής κοινής γνώμης ως προς τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Παρότι υπάρχει τεράστια βιβλιογραφία ως προς τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών και τις βλάβες που αυτά αντιμετωπίζουν, δυστυχώς δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με την οπτική των ασφαλιστικών εταιρειών όσον αφορά στην συγκεκριμένη ασφάλιση. Τα λιγοστά διαθέσιμα στοιχεία που είναι προσβάσιμα στο ευρύ κοινό συγκεντρώθηκαν με βιβλιογραφική αναζήτηση κατ αρχάς και περαιτέρω χρειάστηκε να γίνουν προσωπικές συνεντεύξεις με στελέχη ασφαλιστικών εταιρειών λόγω της άρνησης και της αδυναμίας τους να μου παρέχουν τα αρχεία των ασφαλιστικών εταιρειών.

Με τα παραπάνω δεδομένα τέθηκε ο στόχος της παρούσας εργασίας, δηλαδή με ποια στάση αντιμετωπίζουν οι ασφαλιστές το νέο αγαθό που ονομάζεται ασφάλιση φωτοβολταϊκού πάνελ και πάρκου και τα οποία καλούνται να ασφαλίσουν.

Για την αντιμετώπιση του παραπάνω θέματος κρίθηκε απαραίτητη η γνώση και καταγραφή:

- των εμπορικών τύπων φωτοβολταϊκών συστημάτων,
- των βλαβών που αυτά παρουσιάζουν
- των μεθόδων και τρόπων επιδιόρθωσης
- των τεχνικών αποφυγής των βλαβών τους.
- Τέλος υπήρχε ο στόχος της καταγραφής της στάσης και της αντίληψης των κατόχων, των συναρμολογητών, των πωλητών και των κατασκευαστών απέναντι στα φωτοβολταϊκά.

Κατά τη διάρκεια της εργασίας έγινε σημαντική έρευνα για να καταγραφεί το σύνολο των βλαβών που επηρεάζουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα πυριτίου αλλά και λεπτού υμενίου (τα οποία αποτελούν περισσότερο από το 99,9% της ισχύος των παγκοσμίως εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών). Έγινε προσπάθεια, στο βαθμό του εφικτού, να καταγραφεί η εμπειρία των ελληνικών ασφαλιστικών εταιρειών στο συγκεκριμένο ζήτημα προκειμένου να συναχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για περαιτέρω διερεύνηση. Το τελευταίο ερευνητικό ερώτημα για τη στάση των ενδιαφερόμενων ελληνικών κοινωνικών

ομάδων απέναντι στα φωτοβολταϊκά απαντήθηκε μέσω της διενέργειας προσωπικών συνεντεύξεων και την παράθεση των αποτελεσμάτων.

Με βάση τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της εργασίας είναι δυνατό να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- 1) Με την εφαρμογή των βέλτιστων πρακτικών τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να λειτουργήσουν για πολύ καιρό, περισσότερο από όσο είναι η εγγύηση του κατασκευαστή (τυπικά 25 έτη). Τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά στην Ελλάδα είναι πολύ νεότερα αυτού του χρονικού ορίου, οπότε θα χρειαστεί να περάσει πολύς καιρός για να γίνει μια μελέτη στα ίδια πάνελ κατά τη λήξη της εγγύησης του κατασκευαστή.
- 2) Η θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού είναι πολύ σημαντική για την καλή λειτουργία του, και θα πρέπει να ληφθεί αυτό υπόψη από τους κατασκευαστές στο μέλλον. Είναι σημαντικό να τοποθετούνται συστήματα καθαρισμού-ψύξης στα μοντέλα τους για καλύτερη απόδοση και μείωση της καταπόνησης που θα έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερο χρόνο λειτουργίας σε ιδιαίτερα θερμά κλίματα, όπως είναι οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στον ελληνικό χώρο κατά τη θερινή περίοδο.
- 3) Η Ελληνική αγορά αυτό το χρονικό διάστημα διάγει περίοδο κρίσης με αποτέλεσμα τα φωτοβολταϊκά συστήματα να μην εγκαθίστανται με τους ρυθμούς που αυτό γινόταν την περίοδο 2010-2013. Στην πραγματικότητα το 2015 η αγορά είχε το 1% του μεγέθους που είχε το 2013. Παρόλα αυτά υπάρχει αισιοδοξία ότι με το πέρας της οικονομικής κρίσης η τάση αυτή θα αντιστραφεί και η αγορά θα επανέλθει.

Ολοκληρώνοντας, αυτή η εργασία είναι μια ποιοτική απαρίθμηση κινδύνων που απειλούν τα φωτοβολταϊκά. Γίνεται μια πρώτη ποσοτική καταμέτρηση της εμφάνισης αυτών των κινδύνων σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία αλλά και σύμφωνα και με τις μαρτυρίες των συνεντευξιαζόμενων. Δεν έχουν συμπεριληφθεί όμως κάποια case studies που θα έδιναν και οικονομική αποτύπωση ζημιών σε πραγματικά περιστατικά. Συνεπώς σε αυτή την εργασία δεν έχει γίνει οικονομική ανάλυση ζημιών που

παρουσιάζονται στα φωτοβολταϊκά σε πραγματικές ελληνικές συνθήκες. Αντιθέτως, δόθηκε έμφαση στις πιθανές και απίθανες βλάβες που αυτά μπορεί να υποστούν, όχι στον υπολογισμό καθαρής οικονομικής ζημιάς που μπορεί να επιβαρύνει έναν ιδιοκτήτη ή έναν ασφαλιστή κατά τη διάρκεια μιας μακροχρόνιας περιόδου.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1) ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

Solar energy: <http://solarenergy.com/info-history>

Solar Power History: <http://www.fuelfromthesun.com/history.htm>

The history of solar Power: <http://energyinformative.org/the-history-of-solar-energy-timeline/>

Φωτοβολταικά στοιχεία-αποδόσεις φωτοβολταικών στοιχείων:

http://www.selasenergy.gr/fv_systems.php

Είδη φωτοβολταικών στοιχείων και αποδόσεις τους:

<https://sites.google.com/site/photovoltaicssystems93/eide-photoboltaiekon-systematon>

Solar energy: https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy

University of California - San Diego. (2011, January 13). Engineers give solar power a boost. *ScienceDaily*. Retrieved November 13, 2016 from

www.sciencedaily.com/releases/2011/01/110111141351.htm

Fraunhofer-Gesellschaft. (2013, November 13). Solar cells utilize thermal radiation. *ScienceDaily*. Retrieved November 13, 2016 from

www.sciencedaily.com/releases/2013/11/131113080133.htm

Queen's University. (2012, July 10). New possibilities for solar power. *ScienceDaily*.

Retrieved November 13, 2016 from

www.sciencedaily.com/releases/2012/07/120710133052.htm

Solar Industries Energy Association of USA: <http://www.seia.org/policy/solar-technology/photovoltaic-solar-electric>

Ιδιότητες φωτοβολταϊκών και σχετικές ειδήσεις:

<http://www.mechanicalsolutions.gr/gr/enimeroseis-eidiseis/o-giatros-twn-fwtovoltaikwn-175>

Βασικές αρχές συντήρησης φωτοβολταϊκών: <http://www.oleng.eu/after-photovoltaics-installation/>

Potential PV problems: <http://www.homepower.com/articles/solar-electricity/design-installation/potential-pv-problems>

Overcoming Overheating by Chuck Marken : <http://www.homepower.com/articles/solar-water-heating/domestic-hot-water/overcoming-overheating>

Bypina Veerraju Chaudary, MHB Stowell, Baskara Pandian, Yang Xiaowu, Jacky Duan, Predicting the Failure Rate of Crystalline Solar Photovoltaic Modules 2011 www.interpv.net, http://www.interpv.net/tech/tech_view.asp?idx=597&part_code=020110051

2) APOPA

DeGraaff, D., R. Lacerda, Z. Campeau, Degradation Mechanisms in Si Module Technologies Observed in the Field; Their Analysis and Statistics, Presentation at PV Module Reliability Workshop 2011 (NREL, Denver, Golden, USA, 2011), http://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/pvmrw2011_01_plen_degraaff.pdf

DeGraaff D., Caldwell S., Lacerda R., Bunea G., Terao A. and Rose D. 2010, Sunpower PV Co, Qualification, Manufacturing, and Reliability Testing Methodologies for Deploying High-Reliability Solar Modules

Frank E. Institut für Solartechnik SPF, University for Applied Sciences Rapperswil/ Switzerland F. Mauthner AEE INTEC, Gleisdorf/Austria S. Fischer ITW, Stuttgart University/Germany Overheating prevention and stagnation handling in solar process heat applications Technical Report A.1.2 IEA Solar Heating and cooling Program.

Hacke, P., Smith, R., Terwilliger, K., Glick, S., Jordan, D., Johnston, S., Kempe, M., Kurt, S. 2012. Testing and Analysis for Lifetime Prediction of Crystalline Silicon PV Modules Undergoing Degradation by System Voltage Stress. Presented at the 2012 IEEE Photovoltaic Specialists Conference Austin, Texas June 3–8, 2012.

Hawkins BK, Muirhead IJ. Long term evaluation of new technology photovoltaic modules. Proceedings of the 9th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, Miyazaki, Japan,1996.

Köntges M, Emmerthal, S. Kurtz, C. Packard, Jahn, K. A. Berger K. Kato, T. Friesen, , , H. Liu, M. Van Iseghem, 2014, Performance and Reliability of Photovoltaic Systems, Review of Failures of Photovoltaic Modules External final report IEA-PVPS, March 2014, ISBN 978-3-906042-16-9

Lemoine T., Aug 2011, Assessing the real quality of PV modules, Photovoltaics International

Machida K, Yamazaki T, Hirasawa T. Secular degradation of crystalline photovoltaic modules. Solar Energy Materials and Solar Cells1997; 47: 149–153.

Moharrama, K.A., Abd-Elhadyb, M.S, Kandila, H.A., El-Sherifa, H. 2013. Enhancing the performance of photovoltaic panels by water cooling. Engineering Journal Volume 4, Issue 4, Pages 869–877,

Muirhead IJ, Hawkins BK. An assessment of photovoltaic power in the Telstra network. Solar '95—Proceedings of the Annual Conference of the Australian and New Zealand Solar Energy Society, Hobart, Australia, 1995; 493–500.

Preiss A., Krauter S., Schoppa M., I. Luck, Aug 2011, PV Module Testing—how to ensure quality after PV Module Certification, Photovoltaics International

Shah, P. Torres, R. Tscharnner, N. Wyrsh,H. Keppner Photovoltaic Technology: The Case for Thin-Film Solar Cells Published in Science 285, no 5428, 692-698, 1999

Solutions B. Speer, M. Mendelsohn, and K. Cory , Insuring Solar Photovoltaics: Challenges and Possible Technical Report NREL/TP-6A2-46932 Revised February 2010

St. Wendlandt, Hot Spot Risk Assessment of PV Modules, Investors day, PI Berlin, 28th September 2011, Berlin, Germany

Vazquez M., Rey-Stolle I., Madrid, 2008, Photovoltaic Module Reliability Model Based on Field Degradation Studies, Prog. Photovolt: Res. Appl.(2008) Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/rip.825

Οδηγίες για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις . ΥΠΕΚΑ 2009.

Σύνδεσμος εταιριών φωτοβολταϊκών, Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2015, Update 1-3-2016