



RES-SKILL

Επανεκπαίδευση του εργατικού δυναμικού
που απασχολείται στη παραγωγή ενέργειας
με άνθρακα με σκοπό την επαγγελματική
μετάβαση στον τομέα των Ανανεώσιμων
Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)

ΕΚΑΠΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ RES-SKILL
Φωτοβολταϊκές εφαρμογές /
διαμορφώσεις

Μάθημα 2.1 Ηλεκτρική συντήρηση και αντιμετώπιση προβλημάτων σε φωτοβολταϊκά
συστήματα

Μάθημα 2.2 Συντήρηση και επισκευές

Μάθημα 2.1 Ηλεκτρική συντήρηση και αντιμετώπιση προβλημάτων σε φωτοβολταϊκά συστήματα

www.renac.de

Η τεχνική και εμπορική διαχείριση του συστήματος εξασφαλίζει ένα μεγάλο κύκλο ζωής.

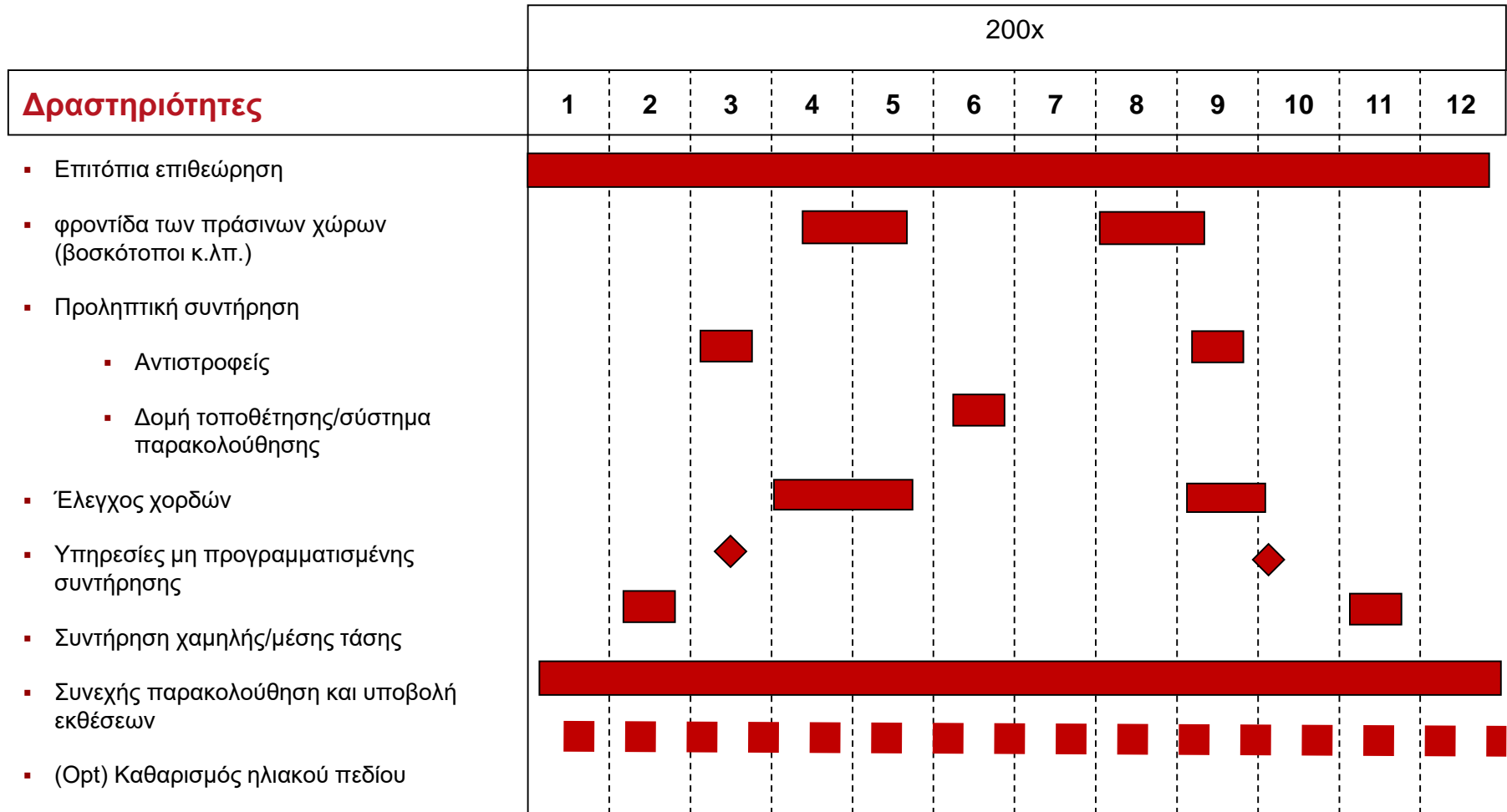
- Οργανωτικά θέματα & στρατηγικές συντήρησης



Κύρια τεχνικά θέματα Λειτουργίας & Συντήρησης

- Καθημερινή παρακολούθηση των εγκαταστάσεων
- Προληπτική και διορθωτική συντήρηση
- Συντήρηση, καθαρισμός και ασφάλεια του χώρου
- Αναφορά
- Διαχείριση εγγυήσεων και υπεργολάβων
- Διαχείριση ασφαλίσεων
- Μηχανική ανατροφοδότησης και βελτιστοποίηση εγκαταστάσεων

■ Θέματα Οργάνωσης & Στρατηγικές Συντήρησης

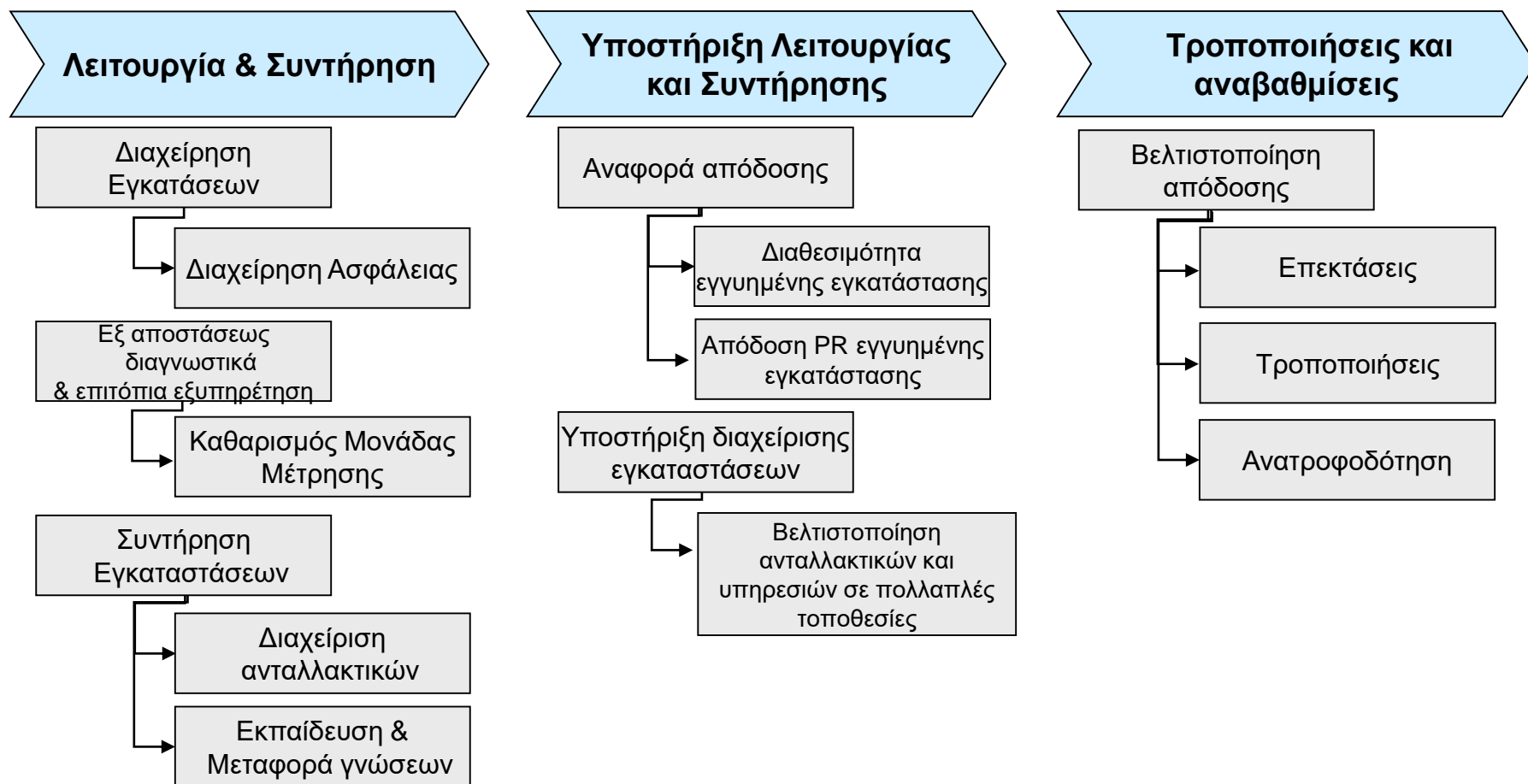


Πάροχοι υπηρεσιών και συμβάσεις



- Απαραίτητη για τη διασφάλιση της μεγάλης διάρκειας ζωής, της διαθεσιμότητας των εγκαταστάσεων και της σωστής απόδοσης.
- Εξαρτάται από το μέγεθος, την τοποθεσία και την προθυμία του επενδυτή να αναθέσει τη λειτουργία σε τρίτους ή να την εκτελέσει ο ίδιος (καθαρισμός, παρακολούθηση, διαχείριση ανταλλακτικών, ...).
- Το προβλέψιμο κόστος → μπορεί να συμπεριληφθεί στο επιχειρηματικό σχέδιο.
- Εγγύηση του λόγου απόδοσης

Πιθανές δραστηριότητες παροχής υπηρεσιών



	Παρακολούθηση PR & προληπτική συντήρηση	Πλήρης εξυπηρέτηση	Πλήρης Λειτουργία & Συντήρηση
Παρακολούθηση απόδοσης	✓	✓	✓
Εξ αποστάσεως διάγνωση	✓	✓	✓
Ανταπόκριση στην αποτυχία	✓	✓	✓
Αναφορά	✓	✓	✓
Προληπτική συντήρηση	✓	✓	✓
Ανταλλακτικά		✓	✓
Υπηρεσίες επισκευής		✓	✓
Εγγύηση PR		✓	✓
Διαχείριση εγκαταστάσεων			✓
Καθαρισμός Μονάδας Μέτρησης			✓
Διαχείριση ασφάλειας			✓

Λειτουργία και Συντήρηση

Εργατικό δυναμικό

- Προσωπικό εντός εγκαταστάσεων
 - Λειτουργία και συντήρηση (τεχνική)
 - Ασφάλεια
- Προσωπικό εκτός εγκαταστάσεων
 - Διαχείριση
 - Εμπειρογνώμονες
 - Διοίκηση
 - IT
 - Προγραμματισμένη συντήρηση

Ανταλλακτικά συντήρησης

- Αρχικά ανταλλακτικά για την κανονική λειτουργία της μονάδας
- Εφεδρικά ανταλλακτικά για κρίσιμα στοιχεία
- Ανταλλακτικά που απαιτούνται για την προγραμματισμένη συντήρηση

Διάφορα

- Διαχείριση υπεργολάβων
- Ορισμός διαδικασίας λειτουργίας και συντήρησης
- Ανάλυση απόδοσης και υποβολή εκθέσεων
- Μεταφορές, π.χ. περονοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα,
- Πρόσθετα εργαλεία, π.χ. μετρήσεις καμπύλης I-V

- **Πεδίο εφαρμογής προληπτικής συντήρησης**
 - π.χ. καθαρισμός μονάδας (σε περιβάλλοντα όπου απαιτείται)
- **Διορθωτική συντήρηση**
 - Χρόνοι απόκρισης
 - Διαχείριση ανταλλακτικών
- **Εγγύηση διαθεσιμότητας και επιδόσεων**
- **Διαχείριση εγγυήσεων**
- **Αναφορά**

- **Τεχνικά**

- Εποπτεία, παρακολούθηση εγκαταστάσεων: Παρακολούθηση δεδομένων, ενδείξεις μετρητών κ.λπ.
- Προληπτική συντήρηση, επιθεωρήσεις: Οπτικές επιθεωρήσεις, καθαρισμός, φροντίδα εδάφους κ.λπ.
- Διορθωτική συντήρηση, επισκευές: Εργασία, εξαρτήματα

- **Ασφάλειες, ασφάλεια χώρου**

- **Πληρωμές μισθώσεων**

- **Εμπορικό/Διοικητικό**

- Τιμολόγηση, λογιστική, φορολογική δήλωση
- Κόστος μέτρησης

OPEX - χαρακτηριστικές αξίες

Καθώς το κόστος των επενδύσεων μειώνεται, το OPEX έχει αυξανόμενο αντίκτυπο!

Είναι χρήσιμο να αναλύσουμε το OPEX στις ακόλουθες συγκεκριμένες τιμές:

- Απόλυτο κόστος (συνολικά \$/έτος)
- % της συνολικής επένδυσης (%)
- % των ετήσιων εσόδων (%)
- Ετήσιο ειδικό κόστος (\$/kWp/a)

Μάθημα 2.2 Συντήρηση και επισκευές

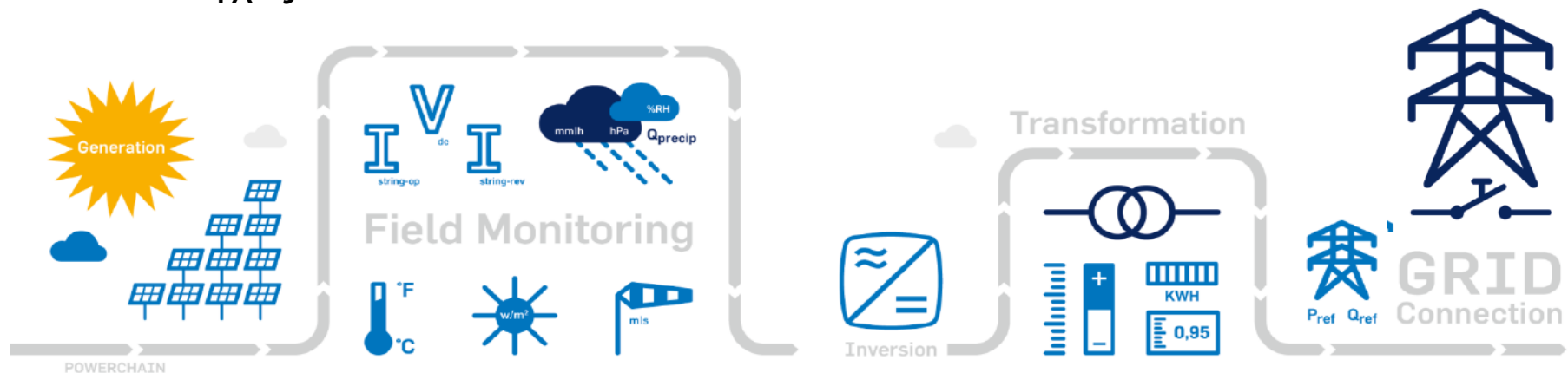
www.renac.de

- Η παρακολούθηση των επιδόσεων βοηθάει...
 - Στον έλεγχο της ενεργειακής απόδοσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης
 - Στον έλεγχο των συνθηκών λειτουργίας των μονάδων και των μετατροπών
 - Στον έλεγχο της ακτινοβολίας και άλλων μετεωρολογικών παραμέτρων
 - Στον έλεγχο του χώρου φωτοβολταϊκών με βιντεοκάμερα
 - Στην ανίχνευση βλαβών (π.χ. σπασμένες μονάδες, ελαττωματικά καλώδια, κλοπή)
- => **Μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης (σημαντική πτυχή της ποιότητας)**

- Για να εξασφαλιστεί υψηλή απόδοση της επένδυσης, είναι σημαντικό το φωτοβολταϊκό σύστημα να λειτουργεί χωρίς διακοπή. Η παρακολούθηση του συστήματος θα πρέπει να διασφαλίζει ότι είναι δυνατή η έγκαιρη ανίχνευση δυσλειτουργιών για την ελαχιστοποίηση των απωλειών παραγωγής ενέργειας.
- Σε περίπτωση δυσλειτουργίας του φωτοβολταϊκού συστήματος, η σύμβαση παρακολούθησης βασίζεται σε γρήγορο χρόνο αντίδρασης.
- Τα σημερινά συστήματα παρακολούθησης δεν προσφέρουν μόνο λειτουργίες παρακολούθησης και συναγερμού, αλλά επιτρέπουν επίσης στη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του συστήματος και των διαστημάτων συντήρησης.
- Η μακροχρόνια παρακολούθηση επιτρέπει επίσης τον έλεγχο των δεσμεύσεων εγγύησης.

Κατηγορίες παρακολούθησης

- Επί τόπου ανάγνωση των τιμών του μετατροπέα στην οθόνη
- Επιγραφμική παρακολούθηση των παραμέτρων του μετατροπέα (P, V, I)
- Παρακολούθηση περιβαλλοντικών δεδομένων (ακτινοβολία, θερμοκρασία, άνεμος)
- Ηλεκτρονική παρακολούθηση των αντιστροφών, των χορδών, των καιρικών συνθηκών, των μετρητών ενέργειας.
- Έλεγχος δικτύου



Monitoring

Source: skytron-energy

Απαιτήσεις συστήματος παρακολούθησης

- Καλωδίωση δεδομένων πεδίου
- Καταγραφέας δεδομένων
- Σύστημα μεταφοράς δεδομένων (DSL, GSM...)
- Διακομιστής βάσης δεδομένων
- Λογισμικό παρακολούθησης
- Αισθητήρες ηλιακής ακτινοβολίας
- Αισθητήρες θερμοκρασίας μονάδας
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Αισθητήρας ανέμου

- Ανάλυση καμπύλης IV για κάθε χορδή
- Όργανα HT: I-V 400
- TRITEC: TRI-KA, TRI-SEN

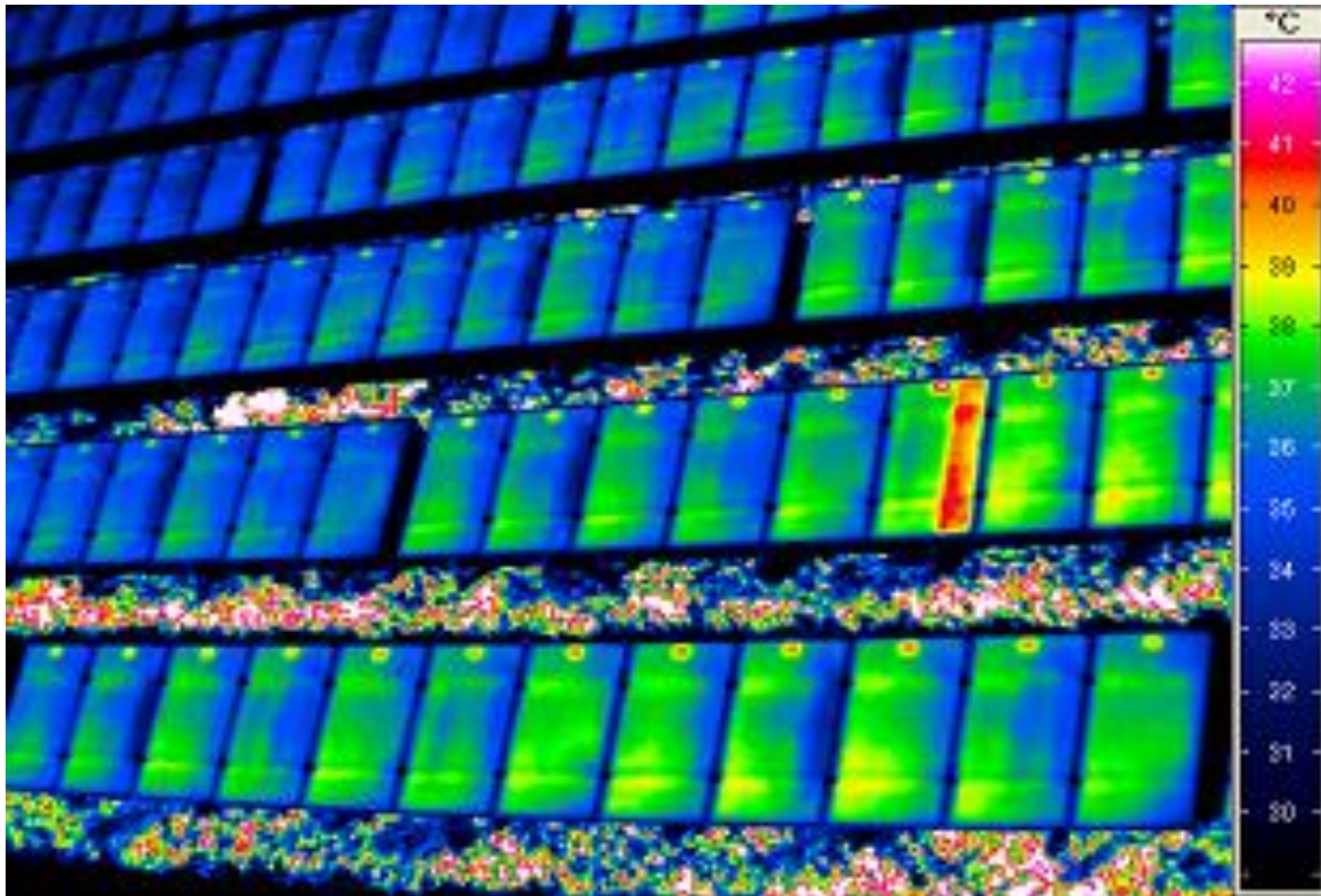


Monitoring

Source: www.trika.com



Source: RENAC, Training



Source: www.solarschmiede.de

Αισθητήρες ακτινοβολίας - πυρανόμετρα

- Το πυρανόμετρο απορροφά όλο το φως μεταξύ 310nm και 2800nm (CMP 3, Kipp & Zonen) και το μετατρέπει σε θερμότητα, η οποία μετριέται. Με αυτό τον τρόπο υπολογίζεται η παγκόσμια ακτινοβολία.
- Οπτικό πεδίο 180°
- Πρέπει να πληροί το πρότυπο ISO 9060
- Για τη μέτρηση της διάχυτης ακτινοβολίας είναι απαραίτητο ένα πρόσθετο εργαλείο δακτυλίου σκιών
- Τα πυρανόμετρα είναι αργά, αλλά πολύ ακριβή (περίπου +/- 0,8 %).



Source: www.kippzonen.com

- Δημιουργεί συγκεκριμένες τάσεις σε συγκεκριμένα επίπεδα ακτινοβολίας, ο καταγραφέας δεδομένων καταγράφει την τάση
- Πρέπει να είναι κατασκευασμένο από το ίδιο υλικό κυψελών με τη φωτοβολταϊκή συστοιχία (φασματική ευαισθησία) και βαθμονομημένο για αξιόπιστες μετρήσεις
- Τοποθετήστε κυψέλες αναφοράς στον ίδιο προσανατολισμό και κλίση με τις μονάδες

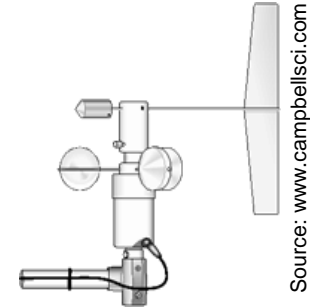


Source: www.iks-photovoltaik.de

Αισθητήρες θερμοκρασίας

- Οι αισθητήρες αντίστασης πλατίνας PT 1000/ PT 100 έχουν ειδική αντίσταση που εξαρτάται από τη θερμοκρασία:
 - PT1000, 1 kΩ στους 0°C
 - PT100, 100 Ω στους 0°C
- Μετριέται η αντίσταση και προσδιορίζεται η θερμοκρασία
- Χρησιμοποιείται τεχνική τεσσάρων καλωδίων για ακριβείς μετρήσεις
- Μέτρηση τόσο της θερμοκρασίας περιβάλλοντος όσο και της θερμοκρασίας της μονάδας

- Ανεμόμετρα 3-Cup
- Ανεμόμετρα σε στύλ ανεμόμυλου
- Υπερηχητικά ανεμόμετρα (ISO 16622)



Source: www.campbellsci.com



Source: www.campbellsci.com



Source: www.campbellsci.com

Συσκευές καταγραφής δεδομένων

- Σύνδεση μέσω RS 232, RS 485, CAN ή γραμμής τροφοδοσίας στον μετατροπέα
- Μετατροπέας αναλογικού-ψηφιακού σήματος για διαφορετικά σήματα εισόδου:
 - ακτινοβολία, θερμοκρασία, ταχύτητα ανέμου
- Αποθήκευση παραμέτρων (δεδομένων) με χρονικές σφραγίδες (καταγραφή)
- Χρόνος αποθήκευσης περίπου 1 έτους
- Μεταφορά σε διακομιστή αποθήκευσης δεδομένων μέσω LAN, GSM ή δορυφόρου (SPYCE Satellite Photovoltaic Yield Control & Evaluation)

- Εσωτερικός καταγραφέας δεδομένων:
 - Εσωτερικός αντιστροφέας
 - αποθηκεύει ηλεκτρικές παραμέτρους
- Εξωτερικός καταγραφέας δεδομένων:
 - αυτόνομη συσκευή
 - αποθηκεύει ηλεκτρική παράμετρο
 - και δεδομένα αισθητήρων

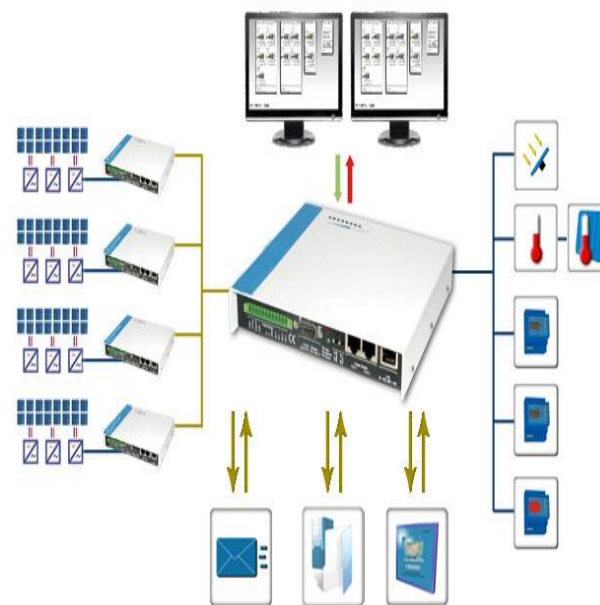


Source: www.fronius.de



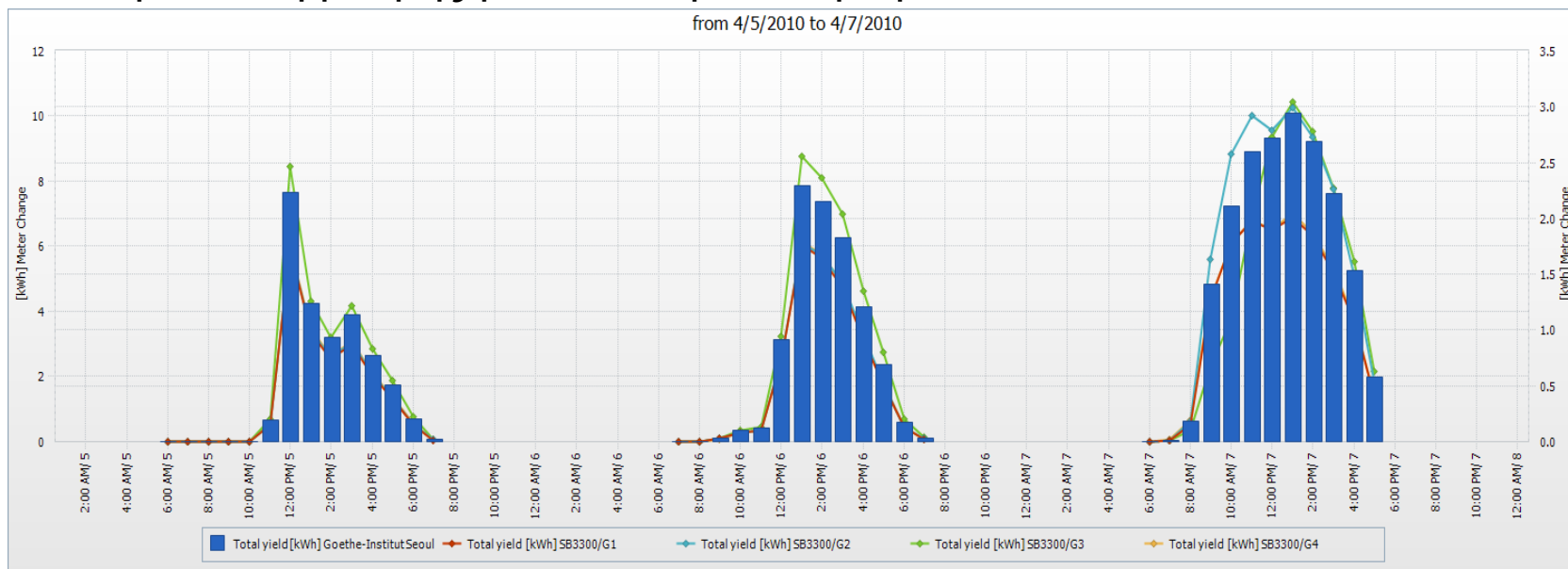
Source: www.sma.de

- Υπηρεσίες που βασίζονται στο διαδίκτυο
- Δεδομένα που διαβιβάζονται σε κεντρικό διακομιστή
- Προσφέρονται από κατασκευαστές αντιστροφών (π.χ. www.sunnyportal.com)
- ή ανεξάρτητοι οργανισμοί, π.χ. SPYSE (www.spryce.ch, μέτρηση ακτινοβολίας μέσω δορυφόρου)
- Αυτόνομο λογισμικό
- Εξυπηρετητής αποθήκευσης δεδομένων
- Web-client για οπτικοποίηση
- Παρακολούθηση φωτοβολταϊκών σταθμών μεγάλης κλίμακας



Source: www.papendorf-se.de

- Αναφορές και διαγράμματα σχετικά με την απόδοση του φωτοβολταϊκού συστήματος με περιλήψεις ημέρας, μήνα, έτους και χρόνου λειτουργίας
- Αποδόσεις αντιστροφεία
- Αυτόματη ειδοποίηση μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή SMS σε περίπτωση βλάβης μονάδων ή αντιστροφών



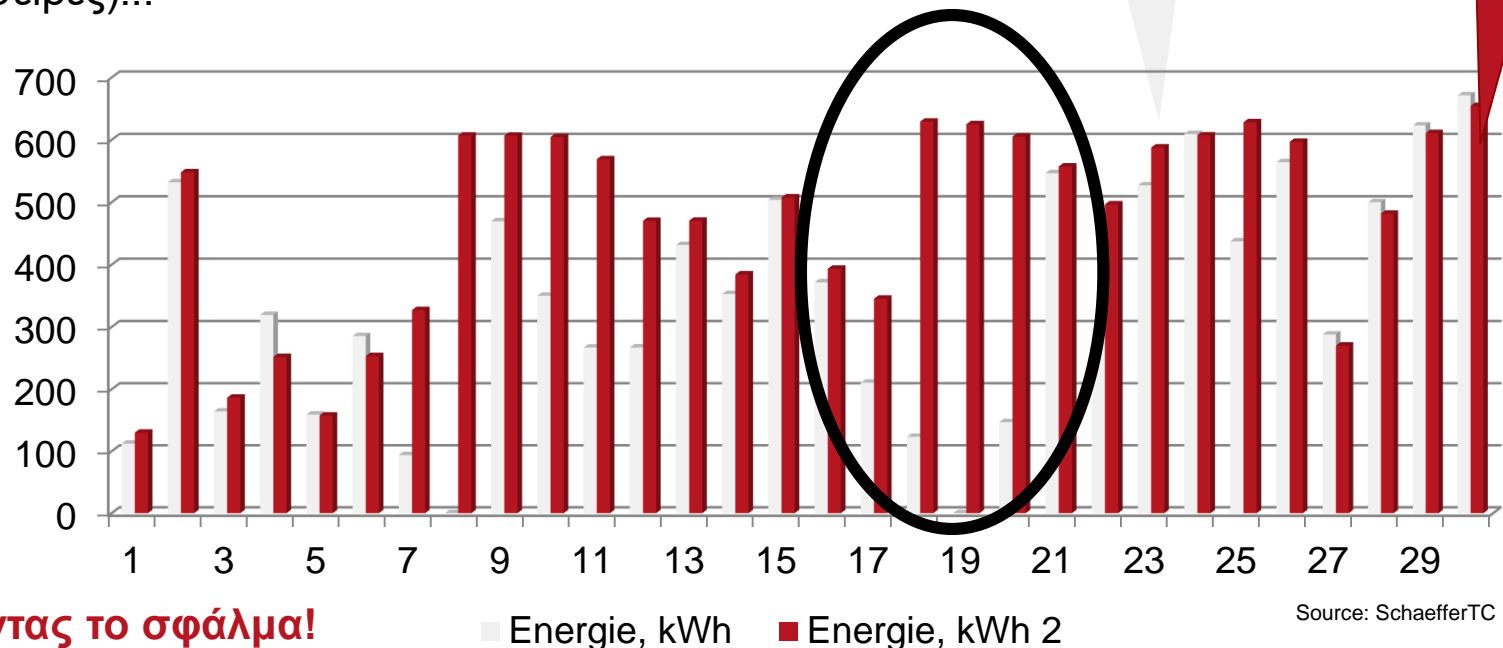
Source: www.sunnyportal.de

Ανίχνευση σφάλματος

- Δύο πιθανότητες:
 - α) Απενεργοποίηση του(των) αντιστροφέα(ων)
 - β) Παρακολούθηση σφαλμάτων
- Η παρακολούθηση πρέπει να συγκρίνει τουλάχιστον δύο ίσα μέρη της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης (τουλάχιστον δύο αντιστροφείς ή δύο σειρές)!!!

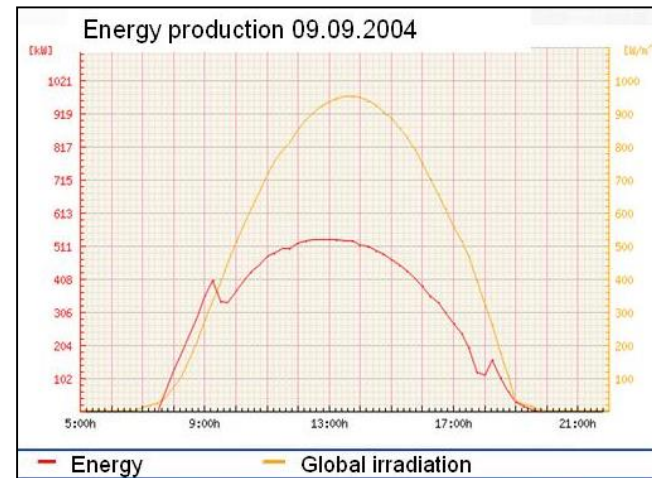
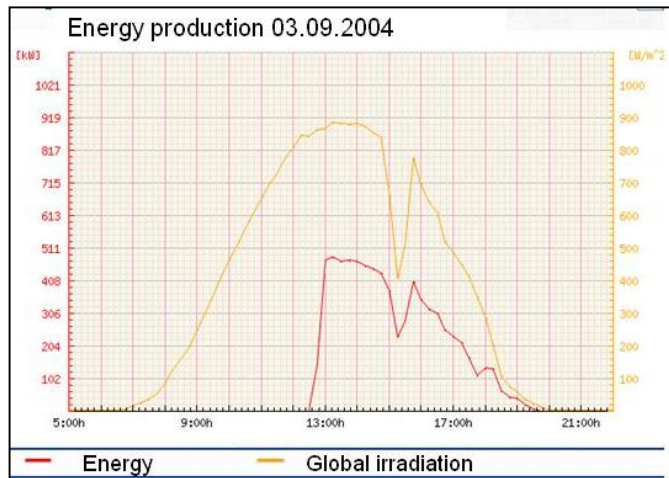
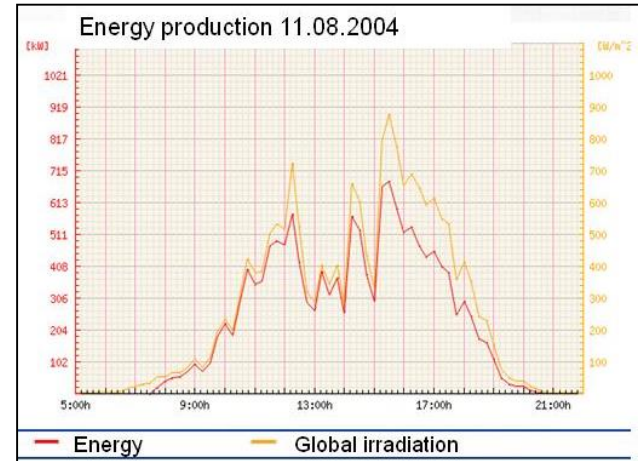
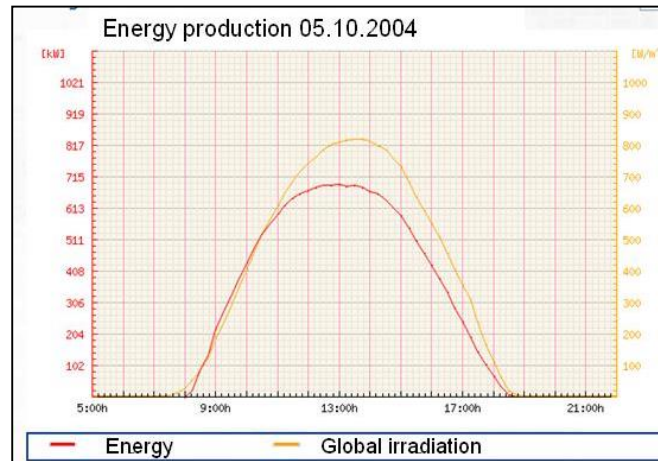
Γκρι: Σύστημα παρακολούθησης

Κόκκινο: Παραγωγή ενέργειας



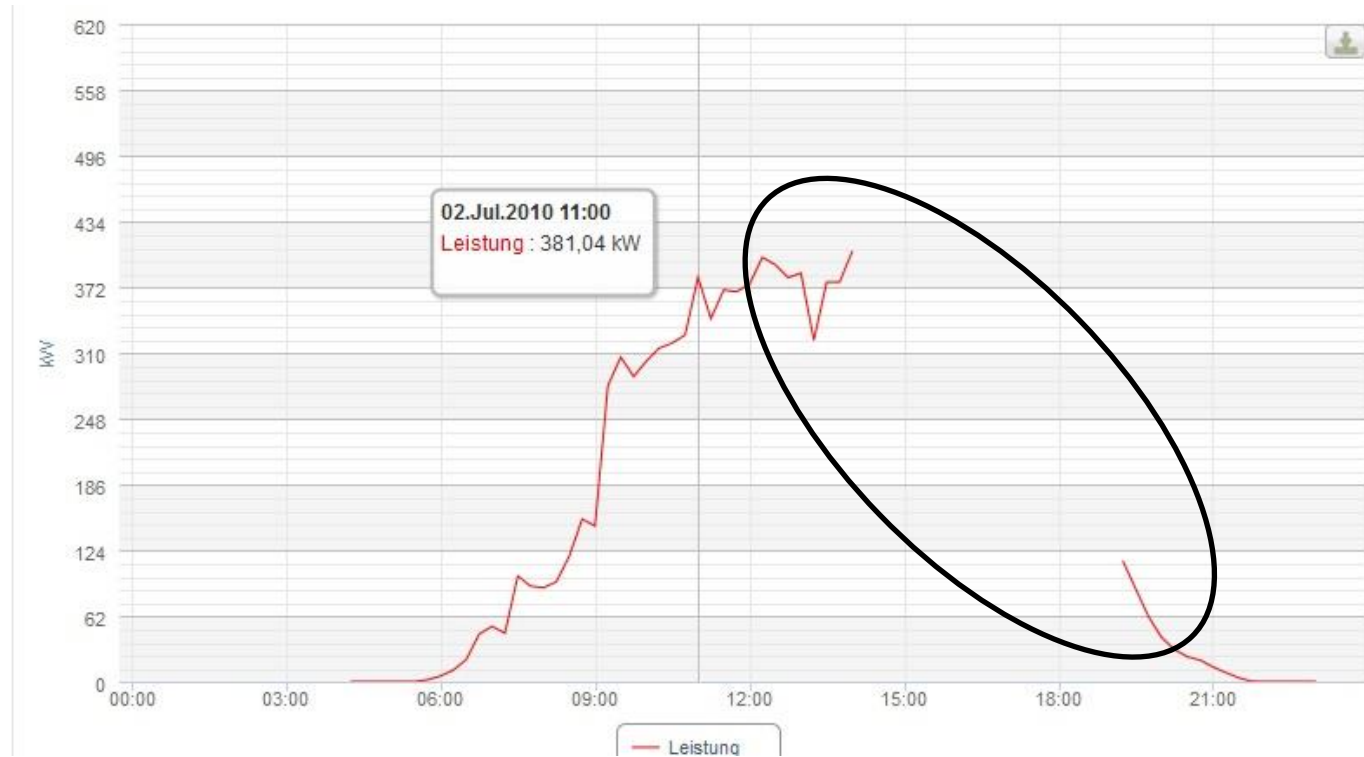
Source: SchaefferTC

Βρίσκοντας το σφάλμα!



Source: Siemens

- Σφάλμα
 - Αποσύνδεση από το δίκτυο;
 - Απενεργοποίηση του αντιστροφέα;
 - Καμία μετάδοση δεδομένων;
 - Ελαττωματική συσκευή;
 - Άλλο;
- Λύση
 - Μήνυμα σφάλματος;
 - Επιθεώρηση στο χώρο του φωτοβολταϊκού

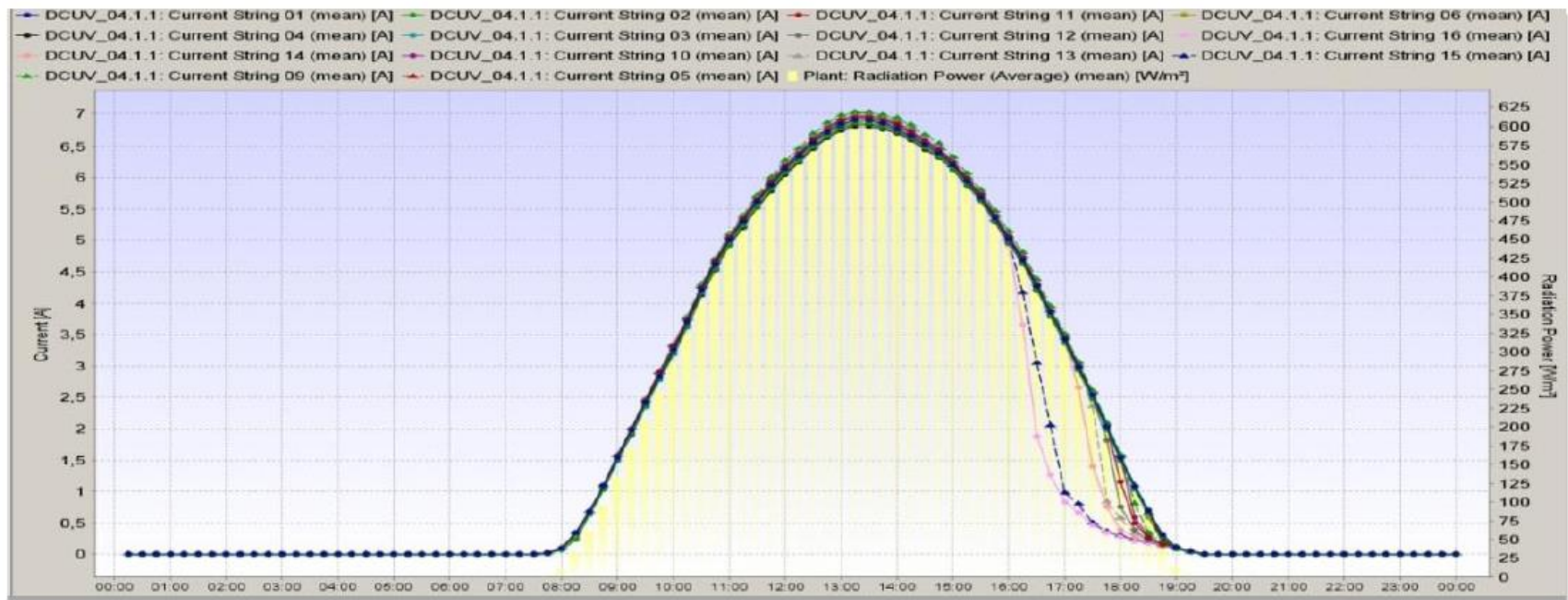


Source: Oekogeno

Αντιστροφείας εκτός λειτουργίας



Source: Skytron-energy



Source: Skytron-energy

- Άσκηση: Ας υπολογίσουμε το κόστος ενός μη εντοπισμένου σφάλματος μονάδας

Σύνοψη ανίχνευσης σφάλματος

- Σύγκριση των τιμών αναφοράς των τελευταίων 30 ημερών με τις τιμές που θα έπρεπε να παράγει το φωτοβολταϊκό σύστημα
- Οι αποκλίσεις συγκρίνονται με τα τυπικά πρότυπα σφάλματος που προκαλούνται από παράγοντες όπως η σκίαση, η υποβάθμιση, η ρύπανση, η χιονοκάλυψη ή η βλάβη των εξαρτημάτων του συστήματος
- Λαμβάνονται υπόψη το μέγεθος, η διάρκεια και η εξέλιξη τυχόν διαφορών, καθώς και η συσχέτιση με την ακτινοβολία, τη θερμοκρασία και την ώρα της ημέρας, προκειμένου να προσδιοριστεί ο τύπος της βλάβης.

Σύνοψη Παρακολούθησης

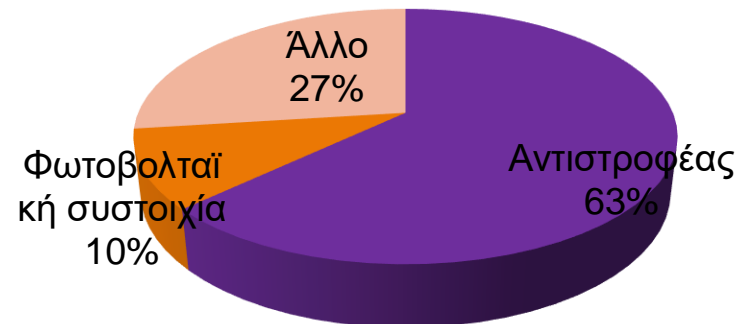
- Προσδιορισμός της ενεργειακής απόδοσης (kWh/kWp) με σύγκριση της ακτινοβολίας με την παραγωγή του συστήματος
- Ανάλυση πολλαπλών σειρών και εγκαταστάσεων
- Έλεγχος για μονάδες, σειρές, μετατροπείς χαμηλής απόδοσης
- Έλεγχος για σκίαση, ρύπανση, χιόνι
- Μεγιστοποίηση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων με καθαρισμό της επιφάνειας των μονάδων, αναδιάταξη/αντικατάσταση των μονάδων

Αντιμετώπιση προβλημάτων



- Τα πιο αξιόπιστα εξαρτήματα ήταν: μονάδες, καλωδίωση DC και κουτιά συνδυασμού.
- Οι περισσότερες βλάβες στη φωτοβολταϊκή συστοιχία προέρχονται από διόδους παράκαμψης ή διόδους χορδών
- Τοποθέτηση: Τα φορτία ανέμου δεν λήφθηκαν υπόψη και η λανθασμένη επιλογή υλικού οδήγησε σε διάβρωση: οι ορειχάλκινες βίδες δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε γαλβανισμένες κατασκευές!
- Οι περισσότερες βλάβες εμφανίζονται στον **αντιστροφέα**, λόγω λανθασμένης διαστασιολόγησης, μεγεθών καλωδίων και λανθασμένης αντιστοίχισης τάσης μεταξύ αντιστροφέα και φωτοβολταϊκής συστοιχίας

Κατανομή σφαλμάτων



Source: Based upon investigations done in the German 100 000 roof program by the Fraunhofer Institute ISE (1997)

Μετακίνηση του εδάφους (π.χ. λόγω έντονης βροχόπτωσης)



www.solarpraos-de / Quednow

Ζημιές που προκαλούνται από τον άνεμο - ανεπαρκής στερέωση



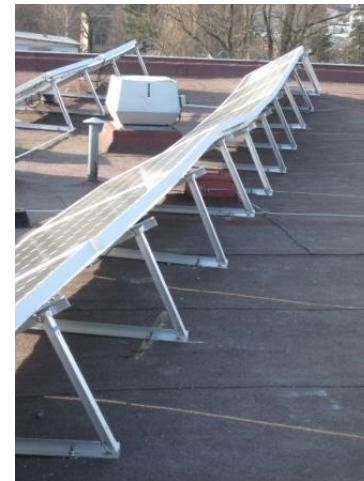
Source: Mannheimer AG



Eva Schubert, Solarpraxis AG



www.solarpraxis.de



www.solarpraxis.de / Schubert

Βρωμιά στις μονάδες λόγω ρύπανσης (τοποθεσία!)

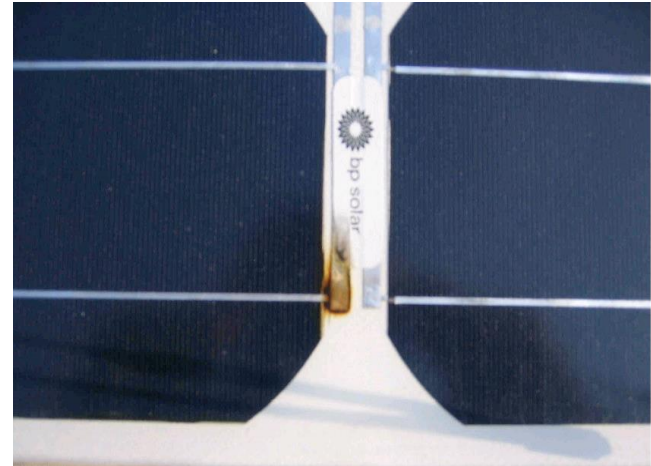


Source: Schaeffer TC for RENAC



Burnt junction box

Arcs due to bad solder connectors may cause damage to modules or even fire



Broken cell, similar behavior as a shaded cell



Βλάβες καλωδίωσης DC

- Όλα τα εξαρτήματα συνεχούς ρεύματος (όπως οι ασφάλειες και οι ασφαλειοθήκες) πρέπει να είναι κατάλληλα για τα φωτοβολταϊκά.
- Όλες οι συνδέσεις συνεχούς ρεύματος πρέπει να γίνονται με μεγάλη ακρίβεια.



Υποβάθμιση ηλιακών πάνελ

- Κανένας γενικός κανόνας δεν μπορεί να καθιερωθεί, ορισμένες μελέτες δείχνουν σημαντική υποβάθμιση, άλλες μελέτες δείχνουν πολύ σταθερή απόδοση με την πάροδο του χρόνου.
- Η υποβάθμιση μπορεί να προκληθεί από την υγρασία που εισέρχεται στις κυψέλες ή από χημικές αντιδράσεις στο υλικό ενθυλάκωσης (EVA Browning), καθώς και από ρωγμές ή θερμά σημεία στις κυψέλες.
- Ανεξάρτητες μελέτες εμπειρογνομόνων υποθέτουν συνήθως 0,25 - 0,5 % ετησίως για τις μονάδες c-Si και 0,5 % - 0,8 % ετησίως για τις μονάδες λεπτού υμενίου.
- Συντηρητική εκτίμηση με βάση την εγγύηση του προμηθευτή μονάδων: 0,7% ετησίως (80% μετά από 25 χρόνια)

Συνοπτική περιοδική επιθεώρηση

- Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις απαιτούν χαμηλή συντήρηση, ωστόσο οι περιοδικές επιθεωρήσεις μπορούν να αποφύγουν τις διακοπές λειτουργίας και, κατά συνέπεια, να βελτιώσουν την απόδοση του συστήματος.

Συντήρηση – λίστα ελέγχου

Μηνιαία	Απόδοση	Σύστημα παρακολούθησης: ανάλυση δεδομένων
	Φ/Β συστοιχία	Εξαλείψτε τις ακαθαρσίες: καθαρίστε τις μονάδες με νερό και σφουγγάρι - Χωρίς απορρυπαντικά! Ελέγξτε αν όλες οι μονάδες είναι καλά στερεωμένες
Κάθε 6 μήνες	Κιβώτια συνδυασμού	Υπάρχει υγρασία στο εσωτερικό; Υπάρχουν έντομα στο εσωτερικό; Ελέγξτε τις ασφάλειες, τους απαγωγείς υπερτάσεων, τα σημεία στερέωσης και τα καλώδια.
Κάθε 3-4 χρόνια	Μετρήσεις	Πρέπει να ελεγχθούν εκ νέου όλες οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τη θέση σε λειτουργία του συστήματος.

- Τα διαστήματα καθαρισμού πρέπει να καθορίζονται με μετρήσεις σύγκρισης:
- καθαρός αισθητήρας $> 3\%$ \Rightarrow απαραίτητος καθαρισμός

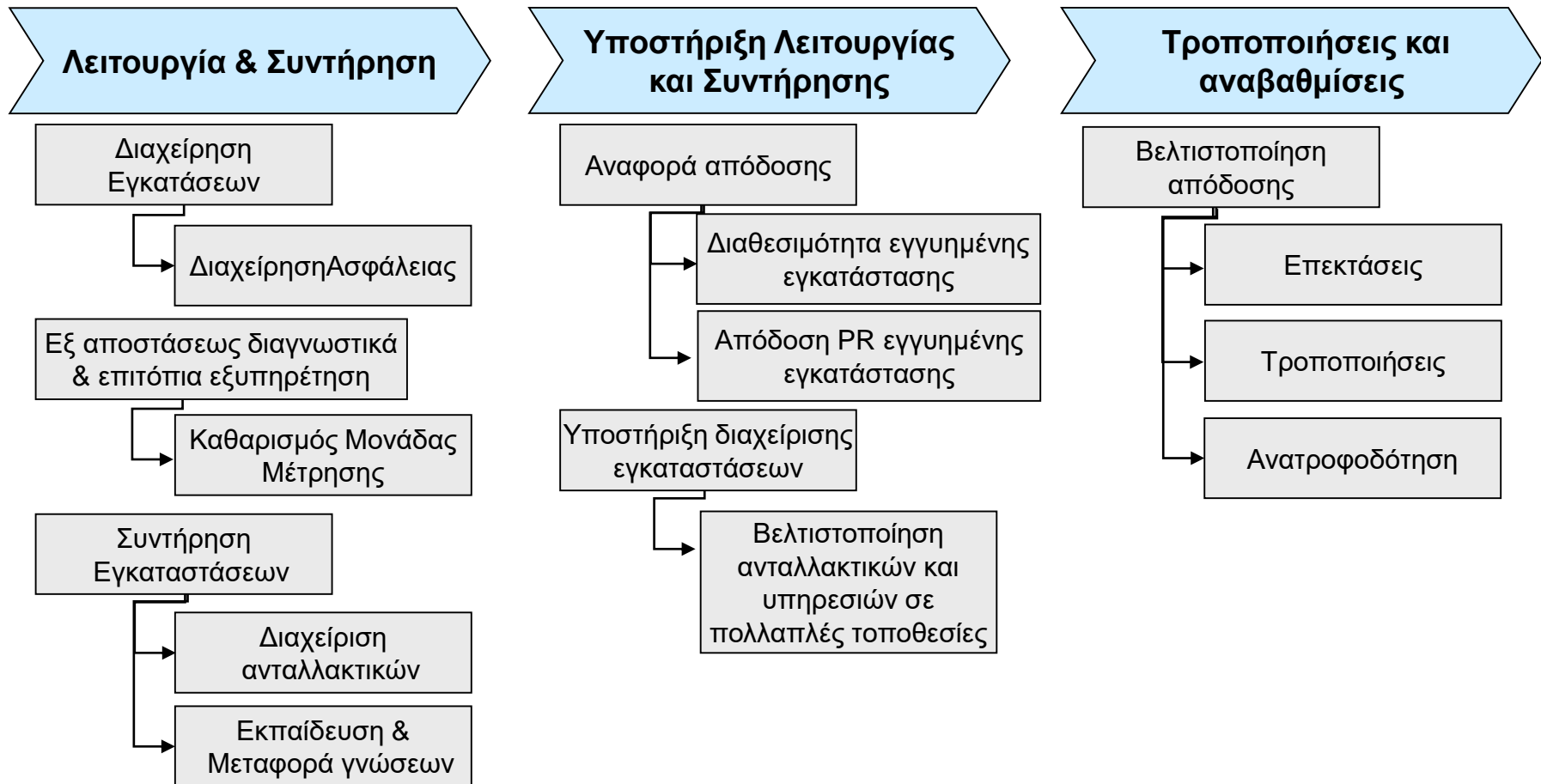


www.pvtest.ch



Source: Schletter GmbH

Τα συμβόλαια λειτουργίας και συντήρησης από εταιρείες που παρέχουν αυτές τις υπηρεσίες μπορεί να είναι πολύ χρήσιμα.



Thank you!

Dr. Emilienne Tingwey

Renewables Academy (RENAC)

www.renac.de
Schönhauser Allee 10-11
D-10119 Berlin

Tel: +49 30 52 689 58-71
Fax: +49 30 52 689 58-99
info@renac.de



www.renac.de