



ISMSES

Innovative and Smart Maintenance
in Solar Energy Systems



ANKARA - SINCAN
İLÇE MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ





ISMSES
Innovative and Smart Maintenance
In Solar Energy Systems
2020-1-TR01-KA202-093257

2021-2022

ISMSES

“Innovative and Smart Maintenance in Solar Energy Systems”

Greek Version

Project Partners

- ¹ Sincan District Directorate of National Education (Coordinator), Türkiye
² Ankara Chamber of Industry 1st Organized Industrial Zone, Türkiye
³ Hacettepe University, Türkiye,
⁴ İmpetra Informatics Software, Türkiye
⁵ National Technical University of Athens, Greece
⁶ North West Regional College, the United Kingdom
⁷ Oryx Data Incubator EURL, France
⁸ Private Ankara Chamber of Industry Vocational and Technical Anatolian High School, Türkiye
⁹ Yenikent Ahmet Çiçek Vocational and Technical Anatolian High School, Türkiye

Contributors

Rabia Demirbaş¹, Ayfer Yıldırım¹, Serkan Savaş¹, Hüseyin Düşbudak¹, Nilüfer Mısırlı¹, Kamil Sunal², Tuğba Erbektaş², İlker Ay³, Murat Kademli³, Ali Samet Arslan⁴, Sotirios Karellas⁵, Angelos Markopoulos⁵, Christina-St. Hatzilau⁵, Nikolaos Karkalos⁵, Ekaterini Nikolaou⁵, Philip Devlin⁶, Tommy Devine⁶, Mathieu Ozer⁷, Kazım Duraklar⁸, Oğuzhan Alaattin Çınar⁸, Mustafa Koç⁹, Ali Turan⁹, Uğur Uslu⁹, Abdullah Said Doğanay⁹, Orhan Gazi Özceyhan⁹, Muhammed Yasin Destan⁹

First Publish: 2022

Publish Place:
ATHENS, GREECE

© Copyright 2022, *Innovative and Smart Maintenance in Solar Energy Systems*, 2020-1-TR01-KA202-093257

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

The rights of this module belong to the Project Partner Institutions. All rights reserved. It is not possible to quote the module without showing the source; It cannot be adapted for radio and television without the written permission of the project coordinator institution; cannot be made into games, movies, electronic books, CDs or magnetic tapes; It cannot be reproduced, published or distributed by photocopying or any other method.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος του έργου ISMSES είναι η ανάπτυξη εκπαιδευτικού οδηγού συντήρησης και επισκευής συστημάτων ηλιακής ενέργειας για τα τμήματα ηλεκτρικών-ηλεκτρονικών και ενεργειακών συστημάτων των ιδρυμάτων επαγγελματικής και τεχνικής εκπαίδευσης καθώς και των ΑΕΙ με σκοπό την πρόβλεψη και αποτροπή βλαβών στα συστήματα ηλιακής ενέργειας (SES) με μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης.

Η σημαντικότερη ενδεχομένως πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος. Η ακτινοβολία του ήλιου είναι η κύρια πηγή ενέργειας που επηρεάζει τους φυσικούς σχηματισμούς στο σύστημα της γης και της ατμόσφαιρας. Η ροή της ύλης και της ενέργειας στον κόσμο είναι δυνατή χάρη στην ηλιακή ενέργεια. Με τις πιο σύγχρονες μεθόδους παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας καταναλώνονται οι ενεργειακές μας πηγές που δεν μπορούν να υποκατασταθούν, με αποτέλεσμα να γίνονται μη αναστρέψιμες ζημιές στη φύση και να δημιουργείται περιβαλλοντική ρύπανση. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, (ΑΠΕ) συμπεριλαμβανομένης της ηλιακής ενέργειας, εμπεριέχουν σημαντικές ευκαιρίες για την αντιμετώπιση των προαναφερθέντων. Η ηλιακή ενέργεια, με τις δυνατότητές της, έχει τη δυνατότητα να γίνει πιο διαδεδομένη από άλλες ΑΠΕ.

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA), το ηλιακό φως που προσπίπτει στη γη σε 90 λεπτά είναι αρκετό για να καλύψει τις ετήσιες ενεργειακές ανάγκες του κόσμου. Ο IEA προβλέπει ότι το 11% της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα παρέχεται από την ηλιακή ενέργεια το 2050 και ότι οι ΑΠΕ θα είναι οι ταχύτερα αναπτυσσόμενες πηγές ενέργειας με ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης 7,6% έως το 2030. Πολλές χώρες στον κόσμο αυξάνουν τις επενδύσεις τους στο SES και να εκπαιδεύσουν εξειδικευμένο προσωπικό για τη βιωσιμότητα αυτής της ενέργειας. Μαζί με το δυναμικό ανάπτυξης, αυξάνονται και οι ανάγκες συντήρησης και επισκευής αυτών των συστημάτων και η ανάγκη για τεχνικό προσωπικό. Αυξήθηκε επίσης η ανάγκη εκπαίδευσης τεχνικού προσωπικού για SES, η οποία έχει γίνει ευρέως διαδεδομένη με τις μεταβαλλόμενες και αναπτυσσόμενες τεχνολογίες. Ενώ η συντήρηση και οι επισκευές αυτών των συστημάτων είναι σημαντικές, η προγνωστική συντήρηση είναι ζωτικής σημασίας για αυτά τα συστήματα. Έτσι, με την πρόβλεψη πιθανών σφαλμάτων του συστήματος, το σύστημα μπορεί να παραμείνει υγιές για μεγάλο χρονικό διάστημα και μπορεί να αποτραπεί πριν εμφανιστούν. Η αδιάλειπτη λειτουργία του SES και η συνεχής παραγωγή ενέργειας είναι πολύ σημαντικά τόσο για τις επιχειρήσεις όσο και για τους χρήστες. Σήμερα, οι εφαρμογές πρόβλεψης συντήρησης έχουν γίνει δυνατές χάρη στην ανάπτυξη αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης και εφαρμογών μηχανικής μάθησης.

Η ταυτόχρονη μεταφορά τεχνολογικών καινοτομιών σε περιβάλλοντα εκπαίδευσης και κατάρτισης επηρεάζει άμεσα τα επίπεδα εκπαίδευσης και τα επίπεδα ανάπτυξης των χωρών. Από τη δεκαετία του 2000, υπήρξαν σημαντικές εξελίξεις στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης και άρχισε να φτιάχνει όνομα με πολλούς κλάδους. Στο πλαίσιο του έργου, προκειμένου να εκπαιδεύσουν καταρτισμένους εκπαιδευτές σχετικά με την προγνωστική συντήρηση βλάβης του SES, να ενσωματώσουν την πειθαρχία SES και τεχνητής νοημοσύνης, να παράγουν λύσεις για υπάρχουσες εφαρμογές και να επιτύχουν τον σκοπό του έργου.

Διεξαγωγή έρευνας σχετικά με τα συστήματα ηλιακής ενέργειας και εκπόνηση δημοσίευσης για πιθανές, αστοχίες, συντήρηση και επισκευές.

Οδηγός επισκευής και συντήρησης SES για χρήση στην επαγγελματική και τεχνική εκπαίδευση.

Προετοιμασία υποδομής λογισμικού για την εκτίμηση αστοχιών και προληπτική συντήρηση.

Το έργο μας σχετίζεται άμεσα με τους περιβαλλοντικούς και κλιματικούς στόχους και τις προτεραιότητες καινοτόμων πρακτικών στην ψηφιακή εποχή στον οδηγό του προγράμματος Erasmus+ 2020. Αν και τα SES συγκαταλέγονται στις ΑΠΕ σήμερα, είναι επίσης και φιλικά προς το περιβάλλον. Η δημιουργία διαδικασιών προγνωστικής συντήρησης με χρήση εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης στην επαγγελματική και τεχνική κατάρτιση του SES, που αποτελεί μια από τις σημαντικότερες πηγές ενέργειας του μέλλοντος, παρουσιάζεται ως καλό παράδειγμα καινοτόμων εφαρμογών στην ψηφιακή εποχή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	5
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	13
2.1 Ηλιακή Ενέργεια	13
2.2. Αιολική Ενέργεια	14
2.3 Γεωθερμική Ενέργεια	14
2.4 Υδραυλική Ενέργεια	15
2.5 Ενέργεια από Βιομάζα	15
2.6 Κυματική Ενέργεια	16
2.7 Ενέργεια Υδρογόνου	16
3. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	17
3.1 Ηλιακή σταθερά (ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας)	19
3.2 Μάζα Αέρα	20
3.3. Μέτρηση ηλιακής ακτινοβολίας	23
3.4 Μέτρηση ηλιακής ενέργειας	23
3.5 Το γεωμετρικό σχήμα της γης και οι γωνίες που σχηματίζουν οι ακτίνες του ήλιου στην επιφάνεια της Γης	27
3.6 Ποσότητα ακτινοβολίας κάθετη στην οριζόντια επιφάνεια εκτός Γης	33
4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	35
4.1 Ιστορική Εξέλιξη	35
4.2 Η ηλιακή ενέργεια και μελλοντικές προοπτικές	37
4.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ηλιακής ενέργειας	37
4.4 Τομείς χρήσης της ηλιακής ενέργειας	39
4.5 Η ηλιακή ενέργεια στην Τουρκία και στον κόσμο	42
4.6 πολιτική στήριξης της ηλιακής ενέργειας	50
4.7 Πολιτική για την ηλιακή ενέργεια στην Τουρκία	51
4.8 Τιμές παραμέτρων ηλιακής ενέργειας της Τουρκίας	51
5. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	57
5.1 Στοιχεία των Συστημάτων Ηλιακής Ενέργειας	59
5.1.1. Ηλιακή κυψέλη	59
5.1.2. Ηλιακό Πάνελ	60
5.1.3 Αντιστροφείας	61
5.1.4 Στοιχεία Σύνδεσης	62
5.1.5 Μπαταρία	63
5.1.6 Μονάδα Ελέγχου Φόρτισης	64
5.1.7 Στοιχεία Τοποθέτησης	65
5.2 Τύποι Σύνδεσης και υπολογισμός εγκατεστημένου ισχύος	66

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

6. ΤΥΠΟΙ ΚΥΤΤΑΡΩΝ	68
6.1 Φωτοβολταϊκή Μέθοδος	68
6.2 Κρυσταλλικά Πάνελ	68
6.2.1 Μονοκρυσταλλικό	68
6.2.2. Πολυκρυσταλλικό	69
6.3 Λεπτό Φιλμ	69
6.4 Εύκαμπτο Πάνελ	70
6.5 Διαφανές	70
6.6 Υβριδικό	70
7. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΝΟΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	72
7.1 Τοποθεσία	73
7.2 Προσανατολισμός και Γωνία Επιφάνειας	74
7.3 Σκίαση	75
7.4 Τύπος Πάνελ	75
7.5 Θερμοκρασία μεταξύ Φ/Β μονάδων	76
7.6 Καθαρισμός Ηλιακών Πάνελ	76
8. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	78
8.1 Κλιματικές επιδράσεις	78
8.1.1 Παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας του πάνελ (θερμοκρασία λειτουργίας)	78
8.1.2. Παράμετροι που επηρεάζουν την ποσότητα της ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια του πάνελ	79
8.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	80
8.3 Χαρακτηριστικά και ιδιότητες των ηλιακών πάνελ	81
8.3.1 Θερμοκρασία επιφάνειας πάνελ	82
8.3.2 Η ποσότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο πάνελ	83
8.3.3 Επιφάνεια και Τιμή V_{mp}	85
8.4 Απώλειες εγκατάστασης	86
9. ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ	87
9.1 Βλάβες στη Μόνωση	87
9.2 Βλάβες αντιστροφέα και συμπαγούς διακόπτη	89
9.2.1 Συστήματα On grid	89
9.2.2 Επιλογή αντιστροφέα	89
9.3 Βλάβες ηλιακού πάνελ και συνδέσμων	91
9.4 Βλάβες μέσης τάσης	93
9.5 Σφάλματα συντονισμού ρελέ	93

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

10. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ, ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	94
10.1 Προγραμματισμένη (προληπτική/περιοδική) συντήρηση και επισκευή	94
10.1.1 Καθαρισμός Πάνελ	95
10.1.2 Ακεραιότητα Σύνδεσης Μονάδων	102
10.1.3 Κιβώτιο συνδυασμού χορδών	102
10.1.4 Θερμές Κηλίδες	103
10.1.5 Συντήρηση μετατροπέα	104
10.1.6 Συντήρηση μετασχηματιστή	105
10.1.7 Δομική ακεραιότητα	106
10.1.8 Γενικός Έλεγχος Συμμόρφωσης Συστήματος	106
10.1.10 Έλεγχος Βλάστησης	106
10.2 Μη προγραμματισμένη επισκευή/συντήρηση (λόγω βλάβης)	106
10.2.1 Ανταλλακτικά	107
10.2.2 Παρακολούθηση, Αξιολόγηση και Βελτιστοποίηση Επιδόσεων	107
10.3 Διάγνωση και Επιδιόρθωση	108
10.3.1 Δοκιμές Γείωσης και Συνέχειας	109
10.3.2. Δοκιμές πολικότητας	110
10.3.3 Μετρήσεις Τάσης ανοικτού κυκλώματος (VOC) και ρεύματος βραχυκύκλωσης (ISC)	111
10.3.4 Δοκιμές Λειτουργίας	111
10.3.5 Δοκιμές Μόνωσης (Hipot) -Iec 62446	111
10.3.6 Μετρήσεις σε Πάνελ με drone και θερμική κάμερα χειρός για το φαινόμενο των θερμών κηλίδων, εμφανιζόμενο σε Φ/Β Μονάδες Iec 62446/Iec61215	111
10.3.7 Μετρήσεις καμπύλης I-V για Φ/Β μονάδες και συστοιχίες (Iec 60891)	115
10.3.8 Δοκιμή απεικόνισης ηλεκτροφωταύγειας (EL) ηλιακών πάνελ Iec 61215/Iec61646	116
10.3.9 Προσομοίωση Φ/Β Συστήματος με τη χρήση Πραγματικών Τιμών	117
10.3.10 Ετικέτες Ασφαλείας	117
10.4 Παράδειγμα διαδικασίας συντήρησης	118
10.4.1 Καθαρισμός Ηλιακών Πάνελ	120
10.4.2 Μέτρηση Ρεύματος (I) – Τάσης (V)	123
10.4.3 Μετρήσεις γείωσης	124
10.4.4 Μετρήσεις και Έλεγχοι για Αντιστροφείς	125
10.4.5 Έλεγχοι θερμών κηλίδων DC μέσω θερμικής κάμερας	129

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

10.4.6 Μετρήσεις του συστήματος αποτροπής κεραυνών	131
10.4.7 Μετρήσεις και έλεγχοι για την κατασκευή	131
10.4.8 Μετρήσεις και Έλεγχοι ηλεκτρικής εγκατάστασης χαμηλής τάσης (LV)	132
10.4.9 Μετρήσεις και έλεγχοι ηλεκτρικής εγκατάστασης μέσης τάσης (MV)	132
10.4.10 Συντήρηση μετασχηματιστών	133
10.4.11 Συντήρηση κυψελών ΥΤ	135
10.4.12 12 Έλεγχος Αντιστάθμισης	137
10.4.13 12 Έλεγχος Χρέωσης	138
10.4.14 Συντήρηση Συστήματος καμερών	139
10.4.15 Έλεγχος Πεδίου	139
11. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗ ΣΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ	143
12. ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	148
12.1 Τεχνητή Νοημοσύνη	148
12.2 Μηχανική Μάθηση	149
12.2.1 Περιορισμοί Μηχανικής Μάθησης	153
12.3 Βαθιά Μάθηση	154
12.4 Τομείς Χρήσης Τεχνητής Νοημοσύνης	157
12.5 Τεχνητή νοημοσύνη και χρήση στα συστήματα ηλιακής ενέργειας	161
12.6 Υποδομή λογισμικού τεχνητής νοημοσύνης για σύστημα ηλιακής ενέργειας	165
12.6.1 Kafka	165
12.6.2 Elasticsearch	168
12.6.3 Kibana	170
12.7 Πιθανές προκλήσεις της εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της ενέργειας	173
13. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΕΞΥΠΙΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	175
13.1 Ηλεκτρική Ενέργεια και αποδοτικότητα των πόρων	175
13.2 Δυσκολίες στην Παραγωγή και Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας	176
13.3 Έξυπνα Δίκτυα	177
13.4 Έξυπνοι Μετρητές και Τεχνολογία MBUS	182
13.5 Απομακρυσμένη Ασύρματη Έξυπνη Διαχείριση LORA	183
13.6 Διαδίκτυο των πραγμάτων – Τεχνολογία IOT	184
3.7 Εξοικονόμηση Ενέργειας και αποδοτικότητα	185
13.8 Βιομηχανία 4.0	186

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

14 Η ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΙΣ ΧΩΡΕΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ISMSES	188
14.1 Χάρτης Ηλιακού Δυναμικού στην Τουρκία	188
14.1.1 Εφαρμοσμένο Ηλιακό Δυναμικό Οροφής και Πρόσοψης στην Τουρκία	190
14.2 Συστήματα ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα	194
14.3 Πιθανή χρήση των συστημάτων ηλιακής ενέργειας στο Ηνωμένο Βασίλειο	196
14.4 Κατάσταση των συστημάτων ηλιακής ενέργειας στη Γαλλία	198
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	200

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα, η ενέργεια αποτελεί μια από τις βασικές ανάγκες. Εκτός από τα προϊόντα τεχνολογίας των οποίων η χρήση και η παραγωγή αυξάνονται συνεχώς, η ανάγκη για συνεχή ενέργεια είναι αναπόφευκτη για τις ηλεκτρικές και μηχανικές συσκευές που έχουν γίνει απαραίτητες στην καθημερινή ζωή. Φωτισμός, πληροφορική, επικοινωνία, μεταφορές, παραγωγή κ.ά. Η ενέργεια είναι απαραίτητη σε όλους τους τομείς. Η κάλυψη της διαρκώς αυξανόμενης ανάγκης έχει δημιουργήσει ένα πρόβλημα συνέχειας. Ως εκ τούτου, έχει καταστεί αναγκαία η εξεύρεση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αντί για ενεργειακές λύσεις που προέρχονται από περιορισμένους πόρους, όπως τα ορυκτά καύσιμα. Οι περιορισμοί και η αποδοτικότητα αυτών των πηγών αλλάζουν ανάλογα με τη συνεχή αξιολόγηση καταστάσεων, όπως μελέτες έρευνας, μελέτες κόστους κ.λπ. στις περιοχές όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Τα τελευταία χρόνια, όχι μόνο η ανάγκη για ενέργεια, αλλά και τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούνται από τη χρήση ενέργειας και οι λύσεις που προκύπτουν για τα προβλήματα αυτά έχουν απασχολήσει την παγκόσμια ατζέντα. Στην κατεύθυνση αυτή, οι επιπτώσεις του προβλήματος της υπερθέρμανσης του πλανήτη, το οποίο έχει καταστεί ένα από τα κύρια προβλήματα και επηρεάζει σημαντικά τη ζωή, γίνονται κάθε μέρα που περνάει όλο και πιο σοβαρές. Για το λόγο αυτό, έχει καταστεί ζήτημα έρευνας και ανάπτυξης η απόκτηση ενέργειας που είναι φιλική προς το περιβάλλον, ανανεώσιμη με φυσικές μεθόδους και με το χαμηλότερο δυνατό κόστος από πλευράς συνέχειας.

Το κύριο ζήτημα με την πυρηνική ενέργεια, η οποία χρησιμοποιείται αντί των ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες, είναι η αναπόφευκτη ανησυχία που προκαλείται από την καταστροφή του περιβάλλοντος σε περίπτωση διαρροής, τόσο στα απόβλητα όσο και στην παραγωγή πυρηνικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή. Για το λόγο αυτό, ενώ πολλές χώρες επιλέγουν να κλείσουν τους πυρηνικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, χρησιμοποιούν τεχνικές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από εναλλακτικές πηγές ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η ενέργεια από βιολογικά καύσιμα, η παλιρροϊκή ενέργεια του θαλασσινού νερού και η ενέργεια των κυμάτων, η γεωθερμική ενέργεια για την κάλυψη της αυξανόμενης ενεργειακής ζήτησης έχει προχωρήσει στην ανάπτυξη. Με τη χρήση αυτών των τύπων ενέργειας μειώνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που επιβαρύνουν το περιβάλλον. Ωστόσο, η χρήση τους απαιτεί διάφορες προϋποθέσεις και τεχνολογίες.

Επιπλέον, αν και οι πόροι αυτοί περιγράφονται ως καθαρή ενέργεια, βλάπτουν τη φύση με διαφορετικούς τρόπους. Για να συνοψίσουμε εν συντομία: Ενώ οι ανεμογεννήτριες αποτελούν κίνδυνο για τα πτηνά, οι ήχοι χαμηλής/υψηλής

συχνότητας που εκπέμπονται από τα κινούμενα μηχανικά μέρη δεν ενοχλούν τους ανθρώπους, αλλά ενοχλούν τα ζώα και τα αναγκάζουν να μεταναστεύσουν από το περιβάλλον τους. Οι λίμνες με φράγματα, οι οποίες δημιουργούνται με την ανάσχεση ποταμών και τη συσσώρευση νερού σε μεγάλες εκτάσεις, καταστρέφουν τη βλάστηση και αλλάζουν την ισορροπία του περιβάλλοντος προκαλώντας κλιματικές αλλαγές. Οι τουρμπίνες που εγκαθίστανται στη θάλασσα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν κίνδυνο για τα θαλάσσια πλάσματα καθώς και προκαλούν θαλάσσια ρύπανση. Ομοίως, οι εγκαταστάσεις που εγκαθίστανται σε γεωθερμικούς πόρους προκαλούν επίσης ρύπανση των υπόγειων υδάτων. Η κατάσταση δεν είναι πολύ διαφορετική στα συστήματα ηλιακής ενέργειας. Τέτοια συστήματα, τα οποία εγκαθίστανται σε μεγάλες γεωργικές εκτάσεις για την απόκτηση υψηλής ισχύος, προκαλούν μείωση των γεωργικών εκτάσεων και ενδέχεται να προκαλέσουν θερμικές αλλαγές στην επιφάνεια του εδάφους στο μέλλον, καθώς αντανακλούν σε μεγάλο βαθμό τις ακτίνες του ήλιου. Επιπλέον, κατά την κατασκευή των φωτοβολταϊκών (Φ/Β) συσκευών εκπέμπονται υψηλά επίπεδα αερίων του θερμοκηπίου.

Εν ολίγοις, όλα τα είδη αλλαγών που προκαλούνται από τον άνθρωπο στη φύση, οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή και τη μεταφορά ενέργειας επηρεάζουν τη φύση με κάποιο τρόπο. Αυτό που πρέπει να κάνουμε είναι να μειώσουμε την ενεργειακή κατανάλωση με το να είμαστε όσο το δυνατόν πιο οικονομικοί και να παράγουμε την ενέργεια που χρειαζόμαστε από διάφορες πηγές με τη μικρότερη δυνατή ζημιά στη φύση. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζοντας παράλληλα τη συνέχεια, θα προκαλούμε λιγότερη ζημιά στη φύση.

Όταν σκεφτόμαστε τα φωτοβολταϊκά συστήματα, αντί να εγκαθιστούμε τα συστήματα αυτά σε μεγάλα παραγωγικά πεδία, η εγκατάστασή τους σε στέγες, χώρους στάθμευσης και λίμνες άρδευσης, τις οποίες περιγράφουμε ως αδρανείς, θα καταστήσει τα συστήματα αυτά πιο φιλικά προς το περιβάλλον. Για να επιτευχθεί αυτό, αρκεί να εισαχθούν μια σειρά από ρυθμίσεις και μέτρα στον πολεοδομικό σχεδιασμό. Για παράδειγμα, θα πρέπει να εισαχθούν περιορισμοί/κανονισμοί, όπως η τοποθέτηση των κτιρίων έτσι ώστε να μην σκιάζουν το ένα το άλλο, η ανάπτυξη νέων σχεδίων στέγης για τη δημιουργία μεγάλων επιφανειών στις στέγες και οι επιφάνειες αυτές θα πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό. Ως αποτέλεσμα, ξεχωρίζει το Ηλιακό Ενεργειακό Σύστημα, χάρη στην εφαρμογή του σε στέγες κτιρίων και σε μη αποδοτικές κενές εκτάσεις, καθώς και στη συνεχώς αυξανόμενη αποτελεσματικότητά του, ενώ η πηγή του είναι ο Ήλιος, ο οποίος είναι απαραίτητος πόρος στη ζωή.

Το πιο σημαντικό ζήτημα στο οποίο εργάζονται σήμερα τα συστήματα ηλιακής ενέργειας είναι η αποδοτικότητα των συστημάτων. Το 1839, με την ανακάλυψη του φωτοβολταϊκού φαινομένου από τον Alexandre Edmond Becquerel, ανακαλύφθηκε ότι

το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να παραχθεί από το ηλιακό φως. Ο Russell Ohl κατόρθωσε να κατασκευάσει την πρώτη κυψέλη ηλιακού πάνελ με την τεχνολογία της εποχής το 1941 και το πρώτο εμπορικό ηλιακό πάνελ κατασκευάστηκε από τα Bell Laboratories το 1954. Ενώ η απόδοση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των πάνελ που παρήχθησαν τη δεκαετία του 2000 ήταν της τάξης του 12-15%, σήμερα η μέση τιμή απόδοσης είναι 20%. Επιπλέον, διαπιστώνεται ότι σε πειραματικές εφαρμογές ηλιακών πάνελ με χρήση υψηλής τεχνολογίας επιτυγχάνεται απόδοση 36%. Ωστόσο, η παραγωγικότητα μειώνεται επίσης με την πάροδο του χρόνου. Σε μέσο όρο 10 ετών, τα πάνελ έχουν απώλεια απόδοσης 2% και μέση διάρκεια ζωής 50 έτη.

Η αύξηση της απόδοσης και της διάρκειας ζωής των πάνελ θα είναι δυνατή με έξυπνες και καινοτόμες μεθόδους συντήρησης. Προς αυτή την κατεύθυνση, θα είναι χρήσιμη η χρήση τεχνητής νοημοσύνης για την αποκάλυψη νέων αλγορίθμων και την ανάλυση των συλλεγόμενων δεδομένων με σκοπό την αποτελεσματικότερη συντήρηση των πινάκων. Ο παρών οδηγός δημιουργήθηκε για να παρέχει πληροφορίες και καθοδήγηση προς αυτή την κατεύθυνση.

2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Όταν εστιάζουμε στον ορισμό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, βλέπουμε ότι έρχονται στο προσκήνιο οι εκφράσεις που ανανεώνονται συνεχώς, που προκύπτουν από φυσικές διαδικασίες της ζωής και που δεν βλάπτουν τη φυσική ζωή προς αυτή την κατεύθυνση. Όλες οι πηγές που παρέχουν αυτές τις ιδιότητες μπορούν να οριστούν ως ανανεώσιμες. Η εκτίμηση του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας με έδρα το Παρίσι για τις σημερινές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέχρι το 2021 έχει ως εξής:

"Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αυξήθηκαν ραγδαία τα τελευταία χρόνια χάρη στη στήριξη της πολιτικής και τη μείωση του υψηλού κόστους, ιδίως για τα ηλιακά φωτοβολταϊκά και την αιολική ενέργεια. Ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας παραμένει το πιο λαμπρό σημείο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τα τελευταία χρόνια, με την ισχυρή ανάπτυξη των ηλιακών φωτοβολταϊκών και της αιολικής ενέργειας επίσης, στηριζόμενη στην ήδη σημαντική συμβολή της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, η ηλεκτρική ενέργεια εξακολουθεί να αντιπροσωπεύει μόνο το ένα πέμπτο της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Ο ρόλος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στους τομείς των μεταφορών και της θέρμανσης παραμένει κρίσιμος για την ενεργειακή μετάβαση." [1]

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατατάσσονται σε 7 κύριες κατηγορίες, αξιολογώντας τη μέθοδο παραγωγής ή, με άλλα λόγια, την πηγή.

2.1 Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι ένας πόρος προσβάσιμος σχεδόν παντού στον κόσμο. Από την άλλη πλευρά, είναι πολύ δύσκολο να προσεγγίσουμε τις πηγές ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και να τις εξάγουμε και να τις επεξεργαστούμε. Επιπλέον, η χρήση αυτών των πόρων προκαλεί μεγάλη βλάβη στο περιβάλλον. Ωστόσο, η αξιοποίηση των ορυκτών καυσίμων έχει ως αποτέλεσμα υψηλό κόστος. Όμως οι άνθρωποι δεν χρειάζεται να καταβάλουν προσπάθειες για να αποκτήσουν πρόσβαση στην ηλιακή ενέργεια. [2]

Σχηματισμοί όπως ο άνεμος, τα θαλάσσια κύματα και τα ποτάμια προκαλούνται από την ηλιακή ενέργεια. Με άλλα λόγια, εκτός από το άμεσο όφελος από την ηλιακή ενέργεια, χρησιμοποιούνται και άλλες πηγές ενέργειας που δημιουργούνται από τον ήλιο στη φύση.

Η ηλιακή ενέργεια είναι πολύ ισχυρή ενέργεια που παράγεται από την αντίδραση σύντηξης που μετατρέπει το αέριο υδρογόνο στον πυρήνα του ήλιου σε ήλιο. Τεχνολογίες όπως οι ηλιακοί συλλέκτες, οι ηλιακοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας και τα ηλιακά κύτταρα (φωτοβολταϊκά κύτταρα) έχουν αναπτυχθεί για να επωφεληθούν

από αυτή την ενέργεια που φτάνει στον κόσμο μας μέσω των ακτίνων του ήλιου. Χάρη σε αυτές τις τεχνολογίες, η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ως θερμική ενέργεια ή έμμεσα με τη μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια. [3]

2.2 Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια οφείλεται στην ηλιακή ακτινοβολία που θερμαίνει τις επιφάνειες του εδάφους με διαφορετικούς ρυθμούς. Η διαφορετική θέρμανση των θαλασσών και του αέρα προκαλεί το σχηματισμό διαφοράς πίεσης και αυτή η διαφορά πίεσης προκαλεί την κίνηση του αέρα. Αυτή η κίνηση του αέρα από υψηλή πίεση σε χαμηλή πίεση είναι γνωστή ως άνεμος. Η ενέργεια του ανέμου χρησιμοποιείται για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας ή ηλεκτρικής ενέργειας[3].

Με την πρόοδο της τεχνολογίας, έχουν αναπτυχθεί μεγάλες ανεμογεννήτριες και έχει επιτευχθεί παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής ισχύος. Η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε ενέργεια κίνησης με την περιστροφή των πτερυγίων στους ψηλούς πύργους. Αυτή η ενέργεια κίνησης που παράγεται στα πτερύγια της ανεμογεννήτριας περιστρέφει τη γεννήτρια με την οποία είναι συνδεδεμένα τα πτερύγια. Έτσι παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.

Δεδομένου ότι οι ανεμογεννήτριες λειτουργούν με την αρχή της περιστροφής των πτερυγίων και του μηχανοστασίου τους σύμφωνα με την κατεύθυνση του ανέμου, μπορούν πάντα να συλλαμβάνουν καλύτερα τον άνεμο και να παράγουν μεγαλύτερη ισχύ. Δεδομένου ότι η περιστροφή των πτερυγίων σε πολύ ισχυρούς ανέμους μπορεί να προκαλέσει ζημιά στην ανεμογεννήτρια, η ανεμογεννήτρια μπορεί να φρενάρει όταν χρειάζεται. Προκειμένου οι αιολικοί σταθμοί να λειτουργούν αποτελεσματικά, διεξάγονται μελέτες σκοπιμότητας στη σχεδιαζόμενη περιοχή πριν από την εγκατάσταση, όπως πρέπει να γίνεται πριν από κάθε εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να εγκατασταθούν ως μονάδες υψηλής ισχύος που συνδέονται με τη γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ανεμογεννήτριες με χαμηλή ισχύ και απλούστερα συστήματα. Οι ανεμογεννήτριες χαμηλής ισχύος δεν χρειάζονται σύστημα ελέγχου. Τοποθετούνται προς την κατεύθυνση του ανέμου με τη βοήθεια της ουράς τους[2].

2.3 Γεωθερμική ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια είναι η φυσική θερμότητα της γης και ορίζεται ως η θερμική ενέργεια που περιέχεται σε θερμά ρευστά (υδρατμοί, αέρια) και θερμά ξηρά πετρώματα υπό πίεση που συσσωρεύονται βαθιά στον φλοιό της γης. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή για σκοπούς θέρμανσης. [3]

Δεδομένου ότι η Τουρκία είναι μια πλούσια χώρα όσον αφορά τους γεωθερμικούς πόρους λόγω των τεκτονικών και ηφαιστειακών χαρακτηριστικών της, ένα μεγάλο μέρος της γεωθερμικής ενέργειας χρησιμοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών και τον ιαματικό τουρισμό, καθώς και τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμική ενέργεια, αυξάνονται μέρα με τη μέρα. [2]

2.4 Υδροαυλική ενέργεια

Μια από τις ευρέως χρησιμοποιούμενες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια. Η πιο συνηθισμένη χρήση αυτής της ενέργειας είναι η κατασκευή φραγμάτων σε ποταμούς και η συσσώρευση νερού στον ταμιευτήρα, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στον στρόβιλο με τη χρήση της δυναμικής ενέργειας του συσσωρευμένου νερού. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ΥΗΣ). [3]

Το δυναμικό της υδροηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με τη χρήση της υδροηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από το καθεστώς βροχοπτώσεων. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί, των οποίων ο κύριος σκοπός είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας- όταν κατασκευάζονται με αποθήκευση (φράγματα συσσώρευσης), μπορούν επίσης να εκπληρώσουν τον σκοπό της πρόληψης πλημμυρών, της γεωργικής άρδευσης, της ανάπτυξης προϊόντων νερού, της τουριστικής ανάπτυξης και της διευκόλυνσης των μεταφορών. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια συνεχής και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, εκτός από τη συνέχιση του κύκλου του νερού, ο οποίος είναι απαραίτητος για την επιβίωση των έμβιων όντων. [2]

2.5 Ενέργεια από βιομάζα

Βιομάζα είναι η συνολική μάζα ζωντανών ή ζωντανών οργανισμών σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Η ενέργεια βιομάζας είναι ένας τύπος ενέργειας που λαμβάνεται με διάφορες μεθόδους από άχρηστα απόβλητα, όπως φυτικά, ζωικά και αστικά απόβλητα [2].

Η ενέργεια από βιομάζα είναι μια πηγή ενέργειας που λαμβάνεται από ουσίες φυτικής και ζωικής προέλευσης που περιέχουν υδατανθρακικές ενώσεις. Σήμερα, καύσιμα όπως η βιοαιθανόλη, το βιοντίζελ και το βιοαέριο λαμβάνονται με τη χρήση πηγών ενέργειας από βιομάζα. Η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ είναι ένα είδος καυσίμου που παράγεται με τη χρήση διαφόρων φυτικών ή ζωικών ελαίων. Το βιοαέριο, από την άλλη πλευρά, είναι κυρίως αέριο μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο σχηματίζεται ως αποτέλεσμα της ζύμωσης οργανικών υλικών (φυτικά και ζωικά απόβλητα, αστικά και βιομηχανικά απόβλητα) σε περιβάλλον χωρίς οξυγόνο[3].

2.6 Κυματική ενέργεια

Η ανανεώσιμη και καθαρή πηγή ενέργειας που παράγεται από την περιστροφή στροβίλων που τοποθετούνται σε κατάλληλα σημεία από τα θαλάσσια κύματα ονομάζεται κυματική ενέργεια.

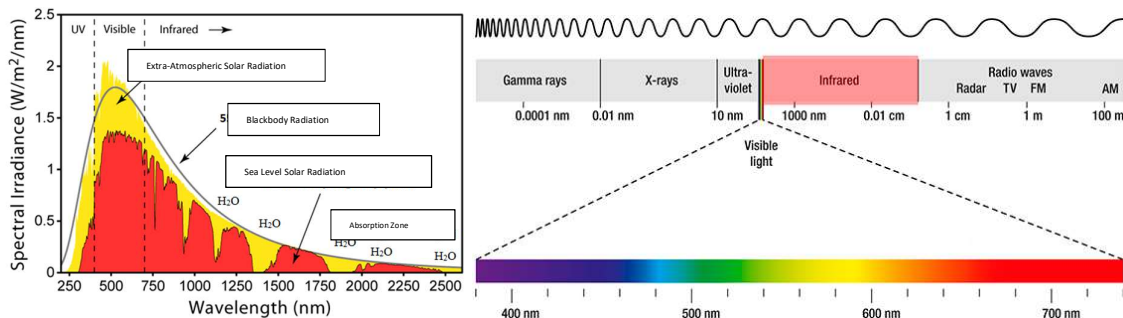
Στις ακτές όπου το πλάτος της παλίρροιας είναι μεγάλο, κατασκευάζεται ένα φράγμα στις εκβολές του ποταμού ή στην είσοδο της θάλασσας. Σε αυτό το φράγμα ανοίγεται μια σήραγγα και όταν τα νερά αυξάνονται, η ροή εισέρχεται μέσα από αυτή τη σήραγγα, ενώ όταν τα νερά μειώνονται, η ροή είναι αντίστροφη (προς τα έξω). Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από τις τουρμπίνες που τοποθετούνται στη σήραγγα, οι οποίες περιστρέφονται με την ταχύτητα ροής του νερού και περιστρέφουν τη γεννήτρια με την οποία είναι συνδεδεμένες. [2]

2.7 Ενέργεια υδρογόνου

Το υδρογόνο είναι ένα απλό, άχρωμο, άοσμο, άγευστο και άφθονο ελαφρύ αέριο που λειτουργεί με κυψέλες καυσίμου. Το υδρογόνο είναι μια πηγή ενέργειας που μπορεί να μεταφερθεί εύκολα και με ασφάλεια και έχει μικρές απώλειες κατά τη μεταφορά. Το υδρογόνο μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε θερμότητα, ηλεκτρισμό και μηχανική ενέργεια. Το υδρογόνο που ονομάζεται επίσης η ενεργειακή πηγή του μέλλοντος, μετατρέπεται εύκολα σε διάφορους τύπους ενέργειας, αν και είναι πιο ακριβό από άλλα καύσιμα. Η μέθοδος χρήσης του είναι η παραλαβή του υδρογόνου με διαχωρισμό του νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο με τη μέθοδο της ηλεκτρόλυσης και η αποθήκευσή του είναι δυνατή με τη μετατροπή του παραχθέντος υδρογόνου σε υγρό ή αέριο. Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο τρόπους: Ο πρώτος είναι το σύστημα κυψελών καυσίμου, όπου το υδρογόνο χρησιμοποιείται ως καύσιμο και η χημική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Σε αυτό το σύστημα, τα μόνα προϊόντα της καύσης του υδρογόνου είναι το νερό και οι υδρατμοί. Ο δεύτερος είναι η χρήση του υδρογόνου στην τεχνολογία κινητήρων άμεσης καύσης. Σε αυτό το πρόσφατα αναπτυγμένο σύστημα, το υδρογόνο παρέχεται στο σύστημα απευθείας ή με τη βοήθεια οποιασδήποτε πηγής που απελευθερώνει υδρογόνο. [2]

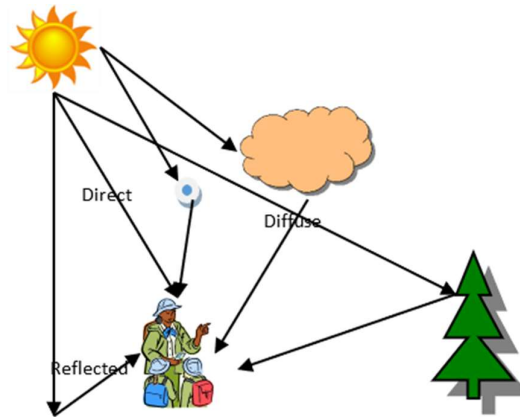
3. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο Ήλιος, η πηγή της ζωής στη Γη, έχει διάμετρο περίπου 1,4 εκατομμύρια χιλιόμετρα και απέχει περίπου 149,6 εκατομμύρια χιλιόμετρα από τη Γη. Παρέχει την ενέργεια του ήλιου μετατρέποντας 4 άτομα υδρογόνου σε 1 άτομο ηλίου, η μετατροπή αυτή ονομάζεται σύντηξη. Τα 4 άτομα H έχουν μάζα 4.032 ατομικών μονάδων, ενώ το 1 άτομο He έχει μάζα 4.003 ατομικών μονάδων. Όταν 4 άτομα H μετατρέπονται σε 1 άτομο He στον ήλιο, αυξάνεται η μάζα κατά 0,029 ατομικές μονάδες και αυτή η ποσότητα μάζας μετατρέπεται σε ενέργεια με την έκφραση της ενέργειας του Αϊνστάιν ($E = m \cdot c^2$). Στον ήλιο, 564 εκατομμύρια τόνοι ατόμων H μετατρέπονται σε 560 εκατομμύρια τόνους ατόμων He σε 1 δευτερόλεπτο. Ως αποτέλεσμα, απελευθερώνεται ενέργεια $3,86 \times 10^{26}$ J για 4 εκατομμύρια τόνους μάζας [4,5,6,7,8]. Δεδομένου ότι το συνολικό ενεργειακό απόθεμα του Ήλιου είναι $1,785 \times 10^{47}$ J, θα συνεχίσει να ακτινοβολεί για εκατομμύρια χρόνια. Η ηλιακή ενέργεια, η οποία θεωρείται εναλλακτική λύση σε σχέση με τις πρωτογενείς πηγές ενέργειας, όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας και η ατομική ενέργεια, είναι πολλά υποσχόμενη. Οι ακτίνες που προέρχονται από τον ήλιο δεν έχουν το ίδιο μήκος κύματος και ένταση. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, το μήκος κύματος των ακτίνων που εισέρχονται στη γήινη ατμόσφαιρα κυμαίνεται μεταξύ περίπου 200nm και 2500nm, ενώ η κατανομή της έντασης είναι παρόμοια με τη συνάρτηση κατανομής Rayleigh. Σύμφωνα με την κατανομή αυτή, η ακτινοβολία στην ορατή περιοχή έχει τη μεγαλύτερη ένταση, ενώ οι βλαβερές υπεριώδεις ακτίνες είναι λιγότερο έντονες και οι υπέρυθρες ακτίνες, οι οποίες παρέχουν θέρμανση, έχουν μικρότερη ένταση αλλά περισσότερα μήκη κύματος. Οι ακτίνες αυτές φτάνουν στη γη σε περίπου 8 λεπτά. Το 45% των ακτίνων βρίσκεται στην ορατή περιοχή, το 46% στην υπέρυθρη και το 9% στην υπεριώδη περιοχή [5,8].



Σχήμα 1. α) Κατανομή της έντασης των ακτίνων που εκπέμπονται από τον ήλιο ανάλογα με το μήκος κύματος. β) Ονομασία των ακτίνων που φθάνουν στην επιφάνεια της γης ανάλογα με το μήκος κύματος.

Όταν οι ηλιακές ακτίνες φτάνουν στη γη ως ευρύ κύμα, το φάσμα H₂O εισέρχεται στη γήινη ατμόσφαιρα, ανάλογα με τις αλληλεπιδράσεις στην ατμόσφαιρα. Αποτελείται από άμεση (Direct/Ray radiation), διάχυτη (Diffuse/Diffuse/Scattered/scattered) και ανακλώμενη (Radiant) ακτινοβολία (Σχήμα 2) [5,6,7,8,9].



Σχήμα 2. Άμεσες, διάχυτες και ανακλώμενες ακτίνες στην επιφάνεια της Γης.

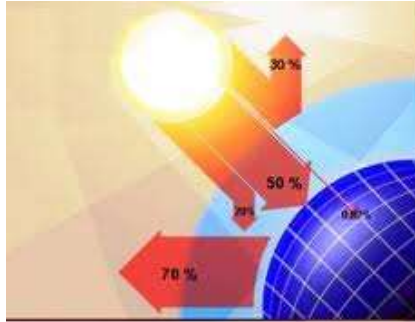
Άμεση ακτινοβολία: Ονομάζονται οι ακτίνες του ήλιου που εισέρχονται στην ατμόσφαιρα και φτάνουν στον άνθρωπο στη γη χωρίς να έρχονται σε άμεση επαφή με οτιδήποτε. Διάχυτη ακτινοβολία ονομάζεται το τμήμα των ηλιακών ακτίνων που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα και φτάνει στον άνθρωπο στην επιφάνεια της γης μέσω σκέδασης από τα σύννεφα και τα ιόντα της ατμόσφαιρας. Η ανακλώμενη ακτινοβολία είναι η ακτινοβολία που φτάνει στους ανθρώπους με την ανάκλαση της άμεσης ακτινοβολίας από την επιφάνεια της Γης.

Το άθροισμα όλων αυτών των ακτίνων ονομάζεται συνολική ακτινοβολία/ακτινοβολία ή παγκόσμια ακτινοβολία/ακτινοβολία. Αν δεν υπήρχαν ανακλώμενες και διάχυτες ακτίνες, θα υπήρχαν περιοχές πλήρους σκότους και φωτός στη Γη, και τα αντικείμενα στις σκοτεινές περιοχές δεν θα ήταν σίγουρα ορατά.

Δεν φτάνει όλη η ακτινοβολία του Ήλιου στην επιφάνεια της Γης- περίπου το 30 τοις εκατό των ακτίνων αυτών ανακλάται άμεσα από τη γήινη ατμόσφαιρα. Οι ακτινοβολίες που διέρχονται από την ατμόσφαιρα ανακλώνται ή απορροφώνται ανάλογα με την πυκνότητα των νεφών του αέρα.

Το 10% - 20% της ακτινοβολίας που φτάνει στη γη σε μια μέρα χωρίς σύννεφα είναι διάχυτη και ανακλώμενη ακτινοβολία. Σε συννεφιασμένο καιρό, το 70-80% των

ακτίνων ανακλάται από την ατμόσφαιρα, ενώ μόνο το 20-30% έρχεται στη γη. Σε εντελώς ανοιχτό αέρα, το 80% των ακτίνων φτάνει στη γη (Εικόνα 3).



Σχήμα 3. Ποσοστά μετάδοσης και ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα

Σε γενικές γραμμές, όταν εξετάζουμε μια μέση ημέρα, μπορούμε να πούμε ότι περίπου το 50% των ακτίνων του ήλιου περνάει μέσα από την ατμόσφαιρα και φτάνει στην επιφάνεια της γης. Με την ενέργεια αυτή αυξάνεται η θερμοκρασία της Γης και καθίσταται δυνατή η ζωή στη Γη (κινήσεις του ανέμου, διακυμάνσεις των ωκεανών, φωτοσύνθεση κ.λπ.) [8].

3.1 Ηλιακή σταθερά (ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας)

Η μονάδα της ενέργειας που έρχεται από τον ήλιο, μας δίνεται γενικά ως W/m^2 . Κατά συνέπεια, η ενέργεια που εκπέμπεται από $1 m^2$ του ήλιου σε 1 δευτερόλεπτο υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση Stefan Boltzman [5,6,7,8,9,10].

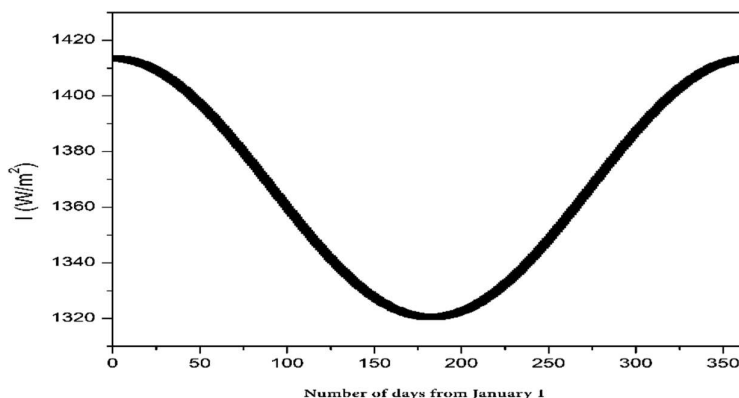
Υπολογίζεται ως εξής:

$$\frac{E}{A} = \sigma T^4 = 5,67 \times 10^{-8} \left(\frac{W}{m^2 K^4} \right) \cdot (5777)^4 (K^4) = 6,3 \times 10^7 \left(\frac{W}{m^2} \right) \quad (1)$$

Η ποσότητα ενέργειας κάθετα στην περιοχή $1m^2$ ακριβώς έξω από τη Γη (στην εξώσφαιρα) βρέθηκε να κυμαίνεται μεταξύ 1353 και 1394 W/m^2 σε υπολογισμούς που έγιναν από διάφορες ομάδες. Η πιο ευρέως αποδεκτή τιμή είναι 1367 W/m^2 . Ο αριθμός αυτός ονομάζεται ηλιακή σταθερά και δίνεται με το σύμβολο I_{sc} . Η τιμή αυτή βρέθηκε πειραματικά έξω από την ατμόσφαιρα. Παράλληλα, η τιμή αυτή μεταβάλλεται λόγω της μεταβολής της απόστασης μεταξύ της Γης και του Ήλιου ($1,47 \times 10^{11} - 1,52 \times 10^{11} m$). Η τιμή της σταθεράς I_{sc} για τις διάφορες ημέρες βρίσκεται με την έκφραση.

$$I_0 = I_{sc} \left[1 + 0,034 \cos\left(\frac{360 \cdot N}{365,25}\right) \right] \quad (2)$$

Εδώ N είναι ο αριθμός των ημερών από την 1η Ιανουαρίου (ο Φεβρουάριος πρέπει να υπολογιστεί ως 28 ημέρες!).



Σχήμα 4. Μεταβολή της ηλιακής σταθεράς σε ένα έτος.

Η τιμή I_0 φτάνει στη μέγιστη τιμή της τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο.

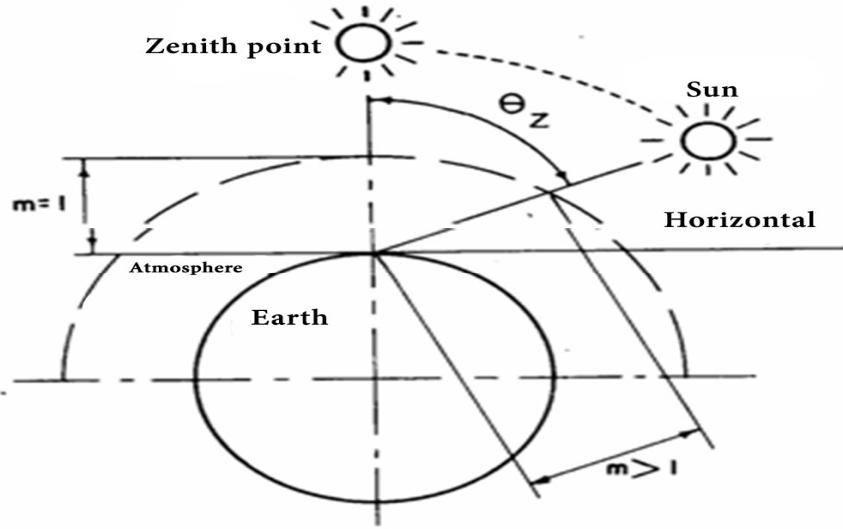
3.2 Μάζα αέρα

Η μάζα αέρα είναι ένα μέτρο της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης.

Η γνώση της μάζας του αέρα είναι σημαντική για τους υπολογισμούς και τις μετρήσεις των μηχανισμών που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια [5,6,8,11]. Η μάζα αέρα είναι ο λόγος της διαδρομής που ακολουθεί η ηλιακή ακτινοβολία καθώς διέρχεται μέσα από την ατμόσφαιρα προς τη διαδρομή που θα ακολουθούσε αν οι ακτίνες του ήλιου ήταν κάθετες στην επιφάνεια και συμβολίζονται με A.M. (air mass).

Σύμφωνα με αυτό, η μάζα αέρα μπορεί να ληφθεί από το τρίγωνο BAC στο σχήμα 5.

$$A. M. = \frac{CA}{BA} \quad (3)$$

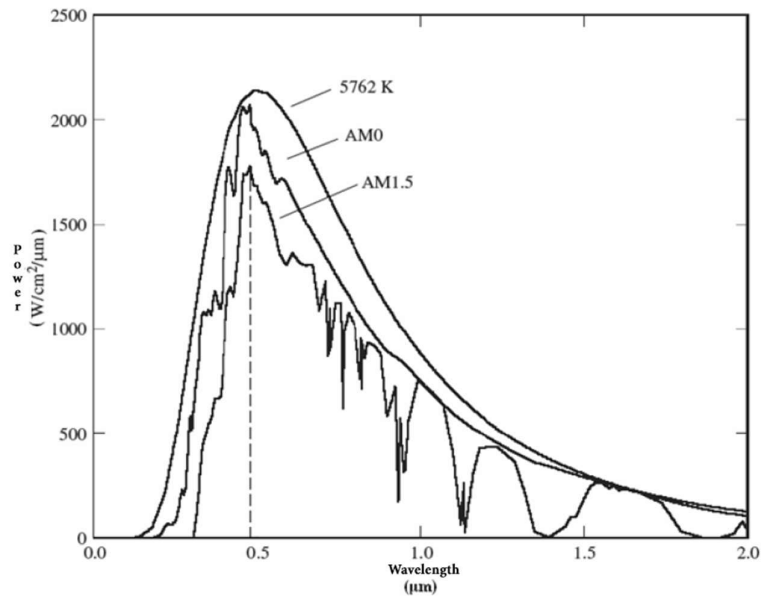


Σχήμα 5. Μεταβολή της μάζας του αέρα καθώς οι ακτίνες του ήλιου φτάνουν στην επιφάνεια της Γης υπό διαφορετικές γωνίες

Η γωνία που σχηματίζουν οι εισερχόμενες ηλιακές ακτίνες με την κανονική της γήινης επιφάνειας ονομάζεται γωνία ζενίθ. Δεδομένου ότι η ευθεία BA είναι παράλληλη προς την κανονική της επιφάνειας, η γωνία που σχηματίζει η ευθεία αυτή με την ευθεία AC θα είναι η γωνία ζενίθ. Στην περίπτωση αυτή, η μάζα του αέρα δίνεται ως προς τη γωνία ζενίθ.

$$A. M. = \frac{1}{\cos\theta_z} \quad (4)$$

Όπως κάθε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η ηλιακή ακτινοβολία αποτελείται από σωματίδια που ονομάζονται φωτόνια. Τα φωτόνια μεταφέρουν ορισμένα ποσά ενέργειας, ανάλογα με τα φασματικά χαρακτηριστικά της πηγής. Λόγω της μεγάλης απόστασης της Γης από τον Ήλιο, μόνο τα φωτόνια φτάνουν απευθείας στη Γη από το ηλιακό φάσμα της Γης. Πάνω από την ατμόσφαιρα, η ένταση της ακτινοβολίας ή η ηλιακή σταθερά κυμαίνεται μεταξύ 1,353 και 1,367 kW/m² και η φασματική κατανομή εδώ αναφέρεται ως Air Mass zero (A.M.0) (Σχήμα 6).



Σχήμα 6. Σύγκριση του φάσματος της επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας με τα φάσματα AM0 και AM1.5

Οι μετρήσεις μάζας αέρα λαμβάνονται συνήθως στο επίπεδο της θάλασσας. Στο διάστημα, η μάζα αέρα είναι μηδενική. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5, η μάζα αέρα του σημείου A είναι 1 όταν ο Ήλιος βρίσκεται στο σημείο B. Αν η μάζα αέρα σε ύψος Z από την επιφάνεια δίνεται ως,

$$A.M._z = A.M._0 \frac{P_z}{P_0} \quad (5)$$

Εδώ, A.M.0 είναι η μάζα αέρα στο επίπεδο της θάλασσας, Pz είναι η πίεση του αέρα στο σημείο z και P0 είναι η πίεση του αέρα στο επίπεδο της θάλασσας. Εάν $\theta z > 800$, A.M. = ∞ . Για να εξαλειφθεί αυτό το πρόβλημα, χρησιμοποιούνται οι τιμές που βρήκε ο Robinson το 1996 [6] (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Τιμές μάζας αέρα σε μεγάλες γωνίες

Αχι (derece)	Hava Kütle (A.M.)
80	5,63 kg
85	10,69 kg
86	12,87 kg
87	16,04 kg
88	20,84 kg
89	28,35 kg
90	29,94 kg

3.3 Μέτρηση ηλιακής ακτινοβολίας

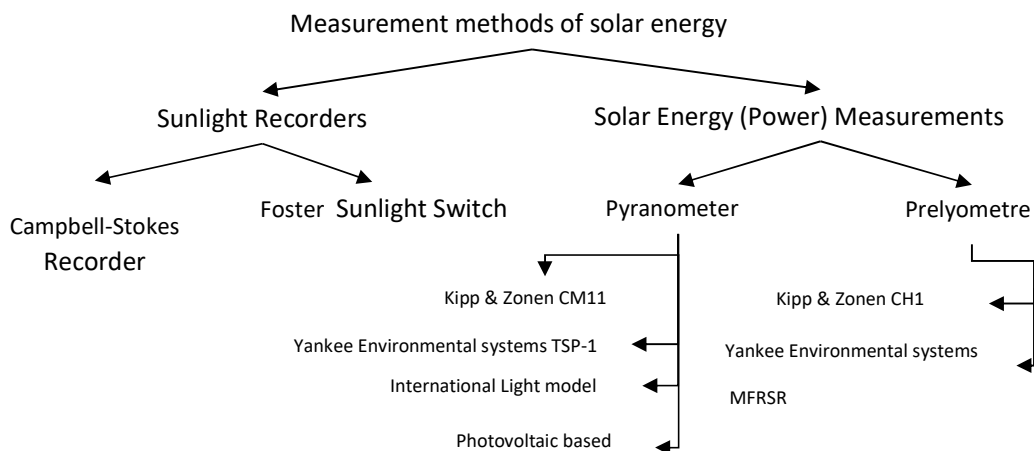
Η μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι σημαντική για την ελαχιστοποίηση του κόστους σχεδιασμού, υλοποίησης και επισκευής των συστημάτων [5,8,12]. 20% σφάλμα στις μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας. Προκαλεί μεταβολή από 4% έως 20% στα συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Ως εκ τούτου, οι μετρήσεις αυτές αποτελούν σημαντική παράμετρο και έχουν διαμορφωθεί 2 κλάδοι της επιστήμης που ασχολούνται με το θέμα αυτό. Αυτοί είναι οι εξής:

1) Ραδιομετρία: Είναι η επιστήμη που μετρά την ποσότητα της άμεσης, της ακτινοβολούμενης και της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας που πέφτει σε μια επιφάνεια με οποιαδήποτε γωνία κλίσης.

2) Φωτομετρία- Είναι ένας υποκλάδος της ραδιομετρίας που μετρά μόνο το φως στην ορατή ζώνη (400nm-700nm).

Η μονάδα της ηλιακής ακτινοβολίας στο σύστημα μονάδων SI είναι W/m^2 . Μπορεί επίσης να μετατραπεί σε άλλα συστήματα μονάδων, όπως δίνεται παρακάτω. $1 \text{ langley}/\text{ώρα} = 1 \text{ θερμίδα}/(\text{cm}^2 \cdot \text{ώρα}) = 11,63 \text{ W}/\text{m}^2$

Μπορούμε να συγκεντρώσουμε τα όργανα μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας σε δύο κατηγορίες (Σχήμα 7),



Σχήμα 7. Ταξινόμηση των μεθόδων μέτρησης της ηλιακής ενέργειας

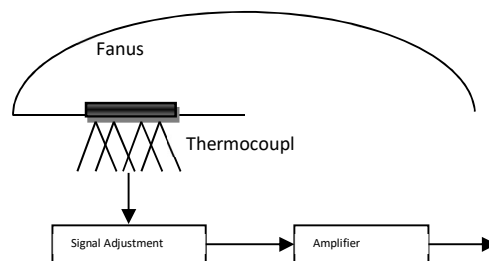
3.4 Μέτρηση ηλιακής ενέργειας

Τα συστήματα αυτά μετρούν την ισχύ του εισερχόμενου ηλιακού φωτός ανά μονάδα επιφάνειας. Κατά τη διαδικασία αυτή, λαμβάνονται ξεχωριστές μετρήσεις ανάλογα με το αν οι εισερχόμενες ακτίνες είναι άμεσες/ακτινοβολία δέσμης,

εναλλασσόμενη/ανακλώμενη ακτινοβολία, ακτινοβολία σκέδασης και ολική/σφαιρική ακτινοβολία. Υπάρχουν δύο διαφορετικά συστήματα. Αυτά είναι το πυρανόμετρο (pyranometer) και το ηλιομέτρο (pyrheliometer) [5].

Πυρανόμετρο(pyranometer):

Είναι όργανο που μετρά την ισχύ της συνολικής και της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας. Λειτουργεί με την αρχή της ανάγνωσης της θερμοκρασίας ενός μαύρου σώματος που τοποθετείται σε ένα βάζο καμπάνας και της συνολικής τάσης περισσότερων του ενός θερμοστοιχείων που τοποθετούνται κάτω από αυτό (Σχήμα 8).



Σχήμα 8. Σχηματική αναπαράσταση ενός πυρανόμετρου.

Το μαύρο σώμα θερμαίνεται από το προσπίπτον φως και δημιουργεί μια τάση περίπου $22\mu\text{V}$ (μικροβόλτ) / C (βαθμός καντιγκράτ) για μια μοναδιαία αύξηση της θερμοκρασίας σε ένα θερμοστοιχείο. Αυτή η τιμή τάσης μπορεί να αυξηθεί με την τοποθέτηση περισσότερων του ενός θερμοζεύγους στη βάση. Η μετρούμενη τάση είναι ανάλογη της συνολικής ποσότητας ακτινοβολίας. Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο μοντέλο πυρανόμετρου είναι το Kipp&Zonen CM 11 (Σχήμα 9). Διαθέτει 100 θερμοζεύγη και μετρά την ενέργεια των ακτίνων μεταξύ 305-2800 nm μήκους κύματος με ευαισθησία $4-6 \mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$. Έχει μέγιστο εύρος μέτρησης $0 - 4000 \text{ W}/\text{m}^2$. Το σημαντικότερο μειονέκτημα είναι ότι χρειάζεται τάση τροφοδοσίας.



Σχήμα 9. Πυρανόμετρο Kipp&Zonen CM 11.

Ένα μοντέλο πυρανόμετρου είναι και το μοντέλο TSP 1 της Yankee Environmental Systems. Είναι παρόμοιο με το μοντέλο Kipp & Zonen, αλλά αυτό το μοντέλο χρησιμοποιεί αντίσταση λεπτού φιλμ πλατίνας αντί για θερμοστοιχείο. Με αυτή την τροποποίηση, το σύστημα μετρά την ένταση των ακτίνων μεταξύ 300 και 3000 nm μήκους κύματος με ακρίβεια $3\text{mV}/(\text{W}/\text{m}^2)$. Αυτό το σύστημα χρειάζεται επίσης τάση τροφοδοσίας. Το μοντέλο YESDAS - 2 είναι επίσης ένα κορυφαίο μοντέλο του TSP1. Μοντέλο International Işık IL 1700- Ανιχνεύει το φως με αισθητήρες (φωτοδίοδο) και δημιουργεί ρεύμα στην ποσότητα του φωτός που ανιχνεύει. Το ρεύμα ανάγνωσης δίνεται σε όρους ενέργειας με φυσικούς υπολογισμούς. Τα όργανα αυτά μπορούν να διαβάσουν το ρεύμα με ακρίβεια 10-13 A. Δεδομένου ότι είναι ηλεκτρονικές συσκευές (Σχήμα 10), χρειάζονται τροφοδοσία ρεύματος.



Σχήμα 10. Πυρανόμετρο Yankee Environmental Systems TSP 1.

Το μοντέλο IL1400A είναι το φορητό μοντέλο του μοντέλου IL 1700 και λειτουργεί με μπαταρία. Το μοντέλο Yellotsolorimeter HD9021 είναι φωτοβολταϊκό πυρανόμετρο με μπαταρία. Σε αυτά τα πυρανόμετρα, το ρεύμα που παράγεται από το φως που πέφτει στην μπαταρία και το ρεύμα βραχυκυκλώματος της μπαταρίας είναι ευθέως ανάλογο της ηλιακής ακτινοβολίας.

$$\alpha = I_{\text{KD}}/I \quad (6)$$

Αυτές οι αναλογικές τιμές κλιμακώνονται ως προς την ηλιακή ακτινοβολία. Τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα αυτών των πυρανόμετρων είναι ότι είναι φθηνά, δεν είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία και δεν χρειάζονται εξωτερική τροφοδοσία.

Όλα αυτά τα μοντέλα μετρούν τη συνολική ακτινοβολία. Για τη μέτρηση της ακτινοβολίας σκέδασης, τα όργανα αυτά σκιάζονται (Εικόνα 11) και η άμεση ακτινοβολία εμποδίζεται. Ωστόσο, η θέση του στεγάστρου πρέπει να προσαρμόζεται συνεχώς με την κίνηση του ήλιου. Όταν η σκεδαζόμενη ακτινοβολία που μετράται με τη χρήση του στεγάστρου αφαιρείται από τη συνολική/σφαιρική ακτινοβολία που μετράται χωρίς τη χρήση του στεγάστρου, βρίσκουμε την άμεση προσπίπτουσα ακτινοβολία. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ηλιακής

ακτινοβολίας που πέφτει σε κεκλιμένα επίπεδα. Ωστόσο, η βαθμονόμηση αυτών των οργάνων ποικίλλει ανάλογα με τη γωνία της επιφάνειας, γι' αυτό οι κατασκευαστές ετοιμάζουν πίνακες βαθμονόμησης ανάλογα με τη γωνία της επιφάνειας.



Σχήμα 11. Μέτρηση της διάχυτης και άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας ανάκλασης

Πυρηλιόμετρο

Αυτές οι συσκευές είναι όργανα που μετρούν την άμεση/ακτινοβολία δέσμης. Διαθέτει το ίδιο σύστημα με το πυρανόμετρο, αλλά, όπως φαίνεται στο Σχήμα 12, το σύστημα τοποθετείται στο κάτω μέρος ενός μεγάλου σωλήνα, έτσι ώστε να δέχεται μόνο άμεσες ακτίνες. Ταυτόχρονα, δεδομένου ότι διαθέτει ηλεκτρονικό μηχανισμό που ακολουθεί τον ήλιο και χάρη στον μακρύ σωλήνα, εξαλείφει τις σκεδαζόμενες και ανακλώμενες ακτίνες. Οι σκεδαζόμενες και ανακλώμενες ακτίνες θα απορροφηθούν από την απορροφητική επιφάνεια του σωλήνα πριν φτάσουν στον αισθητήρα. Αυτά τα συστήματα πρέπει να ακολουθούν τον ήλιο, προκειμένου να παραμένουν συνεχώς παράλληλα με τις ακτίνες του ήλιου.



Σχήμα 12. Πυρηλιόμετρο

3.5 Το γεωμετρικό σχήμα της Γης και οι γωνίες που σχηματίζουν οι ακτίνες του ήλιου στην επιφάνεια της Γης

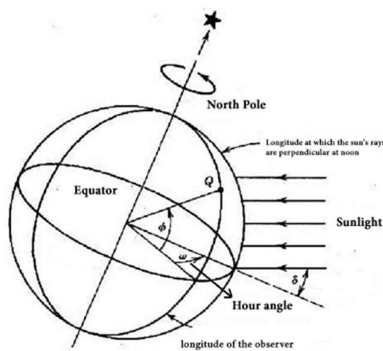
Η Γη ολοκληρώνει μία περιστροφή γύρω από τον Ήλιο σε 1 έτος (365 ημέρες 5 ώρες 48 λεπτά = 365,242 ημέρες) και έχει μέγιστη γωνία 23,45° με τον ελλειπτικό άξονα. Η γωνία αυτή αλλάζει για κάθε ημέρα από την 1η Ιανουαρίου. Οι ακτίνες του ήλιου που προσπίπτουν στην επιφάνεια της Γης περιγράφονται επομένως από μια σειρά γωνιών σε σχέση με διάφορα σημεία αναφοράς. Η γνώση αυτών των γωνιών είναι σημαντική για τον υπολογισμό της θέσης και της έντασης της ακτινοβολίας του ήλιου σύμφωνα με μια συντεταγμένη που προσδιορίζεται στη γη.

Γωνία απόκλισης (δ):

Είναι η γωνία που σχηματίζουν οι ακτίνες που προέρχονται από τον ήλιο με το επίπεδο του ισημερινού το μεσημέρι (Εικόνα 13). Η γωνία αυτή αλλάζει κατά τη διάρκεια του έτους και

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin\left[\frac{360}{365} (284 + N)\right] \quad (7)$$

δίνεται από την έκφραση



$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin\left[\frac{360}{365} (284 + N)\right] \quad (7)$$

Σχήμα 13. Γωνίες απόκλισης και ώρας που σχηματίζουν οι ακτίνες του ήλιου που φτάνουν στην επιφάνεια της Γης.

Όπου N είναι ο αριθμός των ημερών από την 1η Ιανουαρίου. Για παράδειγμα, για τις 17 Φεβρουαρίου, $N=31+17=48$ (ο Φεβρουάριος λαμβάνεται με 28 ημέρες).

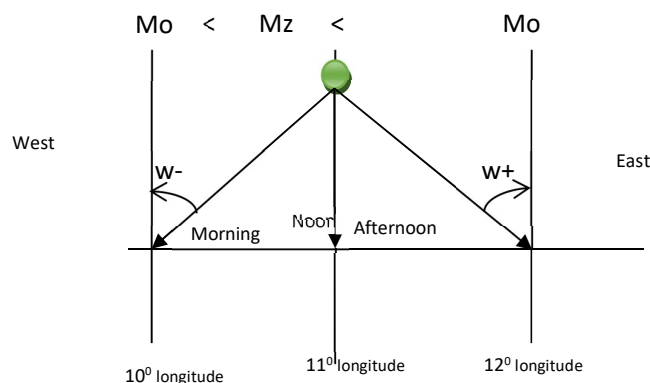
Γωνία ώρας (W):

Είναι η γωνία μεταξύ του γεωγραφικού μήκους των ακτίνων του ήλιου το μεσημέρι και του γεωγραφικού μήκους του εξεταζόμενου τόπου.

Είναι μια γωνία που λαμβάνεται το μεσημέρι (0), πριν από το μεσημέρι (-), το απόγευμα (+) (Σχήμα 14) και δίνεται από την έκφραση .

$$w = 15(t_{Gs} - 12) \quad (8)$$

Εδώ t_{Gs} είναι το ηλιακό ρολόι και η τιμή του είναι διαφορετική για διαφορετικές θέσεις (μεσημβρινούς) στη γη την ίδια στιγμή.



Σχήμα 14. Αναπαράσταση της ωριαίας γωνίας σε διάφορους μεσημβρινούς ανάλογα με τη θέση του ήλιου.

Το ηλιακό ρολόι διαφέρει από την τοπική ώρα. Σύμφωνα με το ηλιακό ρολόι, η ώρα 12 είναι η ώρα της μικρότερης σκιάς στην τρέχουσα θέση. Ωστόσο, δεδομένου ότι η τοπική ώρα υπολογίζεται σύμφωνα με ορισμένους μεσημβρινούς αναφοράς, είναι η ίδια παντού, ανεξάρτητα από το μήκος της σκιάς μέσα σε ορισμένες περιοχές (ζώνες ώρας).

Η πρώτη είναι η διόρθωση του χρόνου μεταξύ του μεσημβρινού όπου βρίσκεται ο παρατηρητής και του μεσημβρινού αναφοράς από τον οποίο υπολογίζεται η τοπική ώρα (κάθε μεσημβρινός απέχει μεταξύ τους 4 λεπτά). Η δεύτερη είναι η διόρθωση της χρονικής εξίσωσης. Πρόκειται για την επίδραση των χρονικών αποκλίσεων στην περιστροφή της γης στον μεσημβρινό όπου βρίσκεται ο παρατηρητής [2,9,10]. Σύμφωνα με αυτό, η σχέση μεταξύ του ηλιακού ρολογιού και της τοπικής ώρας δίνεται ως εξής

$$t_{Gs} = t_{Ys} + \frac{E}{60} \mp \frac{1}{15} (M_z - M_0) \quad (9)$$

Όπου tY_s είναι η τοπική ώρα (ώρες), E είναι η εξίσωση της διόρθωσης του χρόνου (λεπτά) που προκαλείται από την ακανόνιστη ταχύτητα της Γης καθώς κινείται γύρω από τον ήλιο και υπολογίζεται από την ακόλουθη έκφραση, M_z είναι ο μεσημβρινός (σε μοίρες) όπου αρχίζει η ζώνη ώρας, M_0 είναι ο μεσημβρινός (σε μοίρες) όπου βρίσκεται ο παρατηρητής. Το \pm στην εξίσωση λαμβάνεται ως (+) για την κατάσταση $M_0 > M_z$ και (-) για την κατάσταση $M_0 < M_z$.

$$E = 9,87 \sin(2B) - 7,53 \cos(B) - 1,5 \sin(B)$$

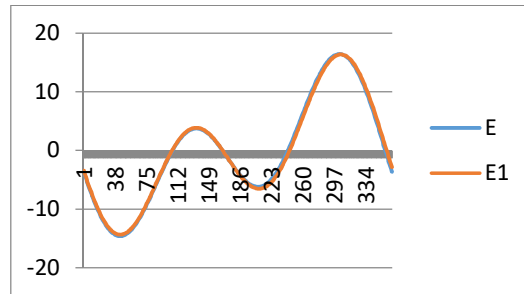
$$B = \frac{360(N-81)}{364} \quad (10)$$

δίνεται ως. N ; είναι ο αριθμός των ημερών. Για την τιμή E χρησιμοποιούνται διαφορετικές εκφράσεις [5,12,13] σε διάφορες πηγές. Μία από αυτές,

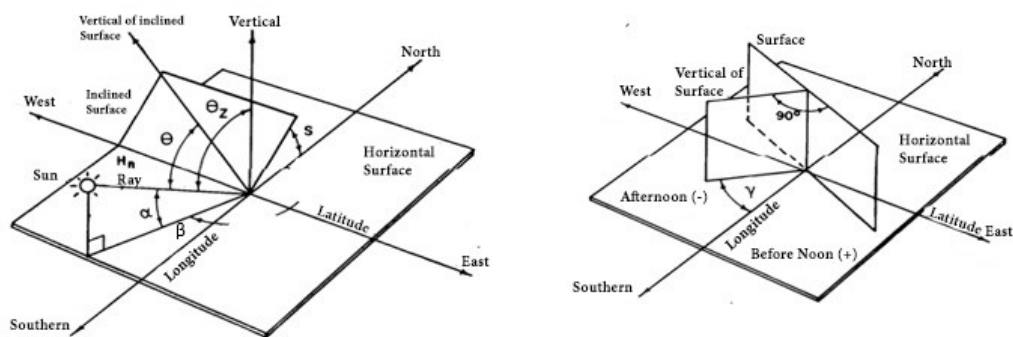
$$E = E1 = 0,258 \cos(x) - 7,416 \sin(x) - 3,648 \cos(2x) - 9,228 \sin(2x)$$

$$x = \frac{360(N-1)}{365,242} \quad (11)$$

δίνεται ως. Ωστόσο, εάν οι τιμές E υπολογιστούν από αυτές τις δύο εξισώσεις και το γράφημα σχεδιαστεί σύμφωνα με την τιμή ημέρας, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει καμία διαφορά (Σχήμα 15).



Σχήμα 15. Σύγκριση των τιμών διόρθωσης της χρονικής εξίσωσης (E) που υπολογίζονται από διαφορετικές πηγές..



Σχήμα 16. Γωνίες που σχηματίζονται από την ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνειά της.

Γωνία ύψους (α),

Είναι η γωνία μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας και της οριζόντιας επιφάνειας. Σύμφωνα με το σχήμα 16,

$$\alpha = 90^\circ - \theta_z$$

Συνεπώς, θα συμβεί $\sin(\alpha) = \cos(\theta_z)$.

Γωνία ηλιακού αζιμούθιου (β),

Είναι η γωνία η οποία δείχνει την απόκλιση των ακτίνων του ήλιου προς τη φορά των δεικτών του ρολογιού από τη διεύθυνση βορρά-νότου. Είναι (+) πριν από το μεσημέρι και (-) το απόγευμα. Η γωνία αυτή υπολογίζεται με τη χρήση σφαιρικών τριγώνων. Δίνεται ως εξής

$$\cos(\beta) = \frac{\sin(\alpha) \sin(\theta) - \sin(\delta)}{\cos(\alpha) \cos(\theta)} \quad (12)$$

Για να βρεθεί αυτή η γωνία κατά την ανατολή του ηλίου, η γωνία ανύψωσης $\alpha = 0^\circ$ και θα πρέπει να θυμόμαστε ότι $\theta_z = 90^\circ$.

Γωνία αζιμούθιου επιφάνειας (γ),

Είναι η γωνία που δείχνει την απόκλιση της κανονικής (κατακόρυφης) επιφάνειας κάθετα στην οριζόντια επιφάνεια ανάλογα με το μήκος της. Για επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό, $\gamma = 0^\circ$. Παίρνει τιμή (+) στην επιφάνεια που είναι προσανατολισμένη προς τα ανατολικά και αρνητική (-) στην επιφάνεια που είναι προσανατολισμένη προς τα δυτικά. Στα συστήματα που ακολουθούν τον ήλιο, η γωνία αυτή είναι ίδια με τη γωνία του ηλιακού αζιμούθιου.

Γωνία ζενίθ (θz): Είναι η γωνία μεταξύ των ακτίνων του ήλιου και της κατακόρυφης της οριζόντιας επιφάνειας. Σύμφωνα με το σχήμα 16, προκύπτει, $\theta_z = [90]^\circ - \alpha$.

Γωνία γεωγραφικού πλάτους (φ),

Η γωνία που σχηματίζει η ακτίνα που συνδέει ένα σημείο της Γης με το κέντρο της Γης με το επίπεδο του ισημερινού.

Γωνία επιφάνειας (S),

Είναι η γωνία μεταξύ της κεκλιμένης επιφάνειας και της οριζόντιας. Παίρνει θετική (+) τιμή για την επιφάνεια που βλέπει στον ισημερινό (σχήμα 16).

Γωνία πρόσπτωσης (θ),

Είναι η γωνία μεταξύ της κανονικής της κεκλιμένης επιφάνειας και της προσπίπτουσας ηλιακής ακτίνας (Σχήμα 16).

Γωνία πρόσπτωσης (θt) της κεκλιμένης επιφάνειας με νότιο προσανατολισμό:

Είναι η γωνία μεταξύ της κανονικής (κάθετης) της κεκλιμένης επιφάνειας που βλέπει νότια και της προσπίπτουσας ηλιακής ακτίνας.

Η γωνία πρόσπτωσης (θ) για μια κεκλιμένη επιφάνεια εξαρτάται από πολλές γωνίες, όπως φαίνεται στο Σχήμα 16.

Σχέση της γωνίας πρόσπτωσης με άλλες γωνίες. Δίνεται από την έκφραση.

$$\cos\theta = \sin\phi \cdot \sin\delta \cdot \cos S + \sin\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos\gamma \cdot \cos w \cdot \sin S + \cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos w \cdot \cos S - \cos\phi \cdot \sin\delta \cdot \cos\gamma \cdot \sin S + \cos\delta \cdot \sin\gamma \cdot \sin w \cdot \sin S \quad (13)$$

Αν η κεκλιμένη μας επιφάνεια είναι κάθετη στην οριζόντια επιφάνεια (επιφάνεια της Γης) (S=90), η εξίσωση 13 δίνεται πιο απλά ως εξής.

$$\cos\theta = \sin\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos\gamma \cdot \cos w - \cos\phi \cdot \sin\delta \cdot \cos\gamma + \cos\delta \cdot \sin\gamma \cdot \sin w \cdot \sin S \quad (14)$$

Εάν η πλάγιά μας επιφάνεια είναι και κάθετη στην οριζόντια επιφάνεια (την επιφάνεια της Γης) (S=90) και βλέπει κατευθείαν προς το Νότο (=0), η Εξίσωση 13 δίνεται πιο απλά ως εξής

$$\cos\theta = \cos\theta_t = \sin\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos w - \cos\phi \cdot \sin\delta \quad (15)$$

Εάν η κεκλιμένη μας επιφάνεια είναι παράλληλη προς την οριζόντια επιφάνεια (S=90), $\theta = \theta_z$ θα προκύψει

$$\cos\theta = \cos\theta_z = \sin\phi \cdot \sin\delta + \cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos w \quad (16)$$

Εάν η κεκλιμένη μας επιφάνεια σχηματίζει γωνία με την οριζόντια επιφάνεια μεταξύ $00 < S < 900$ και βλέπει κατευθείαν νότια ($=00$), η Εξίσωση 13 μπορεί να απλοποιηθεί ως εξής

$$\cos\theta = \cos\theta_t = \sin\delta \cdot \sin(\phi - S) + \cos\delta \cdot \cos w \cdot \cos(\phi - S) \quad (17)$$

Σημείωση: Όλες οι γωνίες οι οποίες βρέθηκαν, έχουν υπολογιστεί θεωρώντας ότι δεν υπάρχει ατμόσφαιρα. Διότι αν ληφθεί υπόψη η ατμόσφαιρα, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι τιμές διάθλασης των ακτίνων που έρχονται από το διάστημα καθώς εισέρχονται στην ατμόσφαιρα. Αυτό είναι μια αρκετά πολύπλοκη εργασία. Ως εκ τούτου, η ατμόσφαιρα αντιμετωπίζεται σαν να μην υπάρχει.

Η διάρκεια κατά την οποία ένας τόπος βλέπει τον Ήλιο σε μια ημέρα ονομάζεται χρόνος ηλιοφάνειας. Η μονάδα του χρόνου ηλιοφάνειας δίνεται σε μοίρες ($^{\circ}$) ή ώρες. Στους μετεωρολογικούς σταθμούς της χώρας μας, ο χρόνος ηλιοφάνειας μετράται με μια συσκευή ονομαζόμενη "ηλιογράφος". Οι μετρήσεις που γίνονται με αυτή τη συσκευή δεν είναι ακριβείς, καθώς η υγρασία του αέρα επηρεάζει τα αποτελέσματα. Σήμερα, στους περισσότερους μετεωρολογικούς σταθμούς, οι μετρήσεις του χρόνου ηλιοφάνειας γίνονται με συσκευές που ονομάζονται "ηλιομετρητές" και λειτουργούν με ηλιακές κυψέλες. Η ώρα ηλιοφάνειας μπορεί επίσης να βρεθεί με τον υπολογισμό της γωνίας ανατολής του ήλιου.

Κατά τον υπολογισμό της γωνίας ανατολής του ήλιου, πρέπει να θεωρήσουμε την επιφάνειά μας οριζόντια ($S=00$) και η γωνία ανύψωσης του ήλιου πρέπει να είναι $\alpha=00$. Δεδομένου ότι η κεκλιμένη επιφάνειά μας είναι οριζόντια, μπορούμε να θεωρήσουμε τη γωνία αζιμούθιου της επιφάνειας $\gamma=0$. Σε αυτή την περίπτωση, η γωνία ζενίθ είναι $\theta_z = \theta = -900$.

Αν αντικαταστήσουμε αυτές τις υποθέσεις στην εξίσωση 14 και δεδομένου ότι η γωνία ρολογιού για την ανατολή του ήλιου είναι αρνητική ($w = -w_{GD}$), η γωνία ρολογιού για την ανατολή του ήλιου είναι διαθέσιμη ως εξής.

$$w_{GD} = \left[-\cos \delta \right]^{-1} \left(-\tan \phi \cdot \tan \delta \right) \quad (2)$$

Η γωνία ηλιοβασιλέματος εμφανίζεται όταν η γωνία ζενίθ $\theta_z = \theta = 900$ υπό τις ίδιες συνθήκες.

Δεδομένου ότι η γωνία του ρολογιού για το ηλιοβασίλεμα είναι θετική, η γωνία της ώρας ηλιοβασιλέματος

$$w_{GB} = \cos^{-1}(-\tan\phi \cdot \tan\delta) \quad (19)$$

συμβαίνει. Η ημερήσια γωνία ηλιακής ακτινοβολίας της ανατολής και της δύσης του ήλιου είναι γνωστή

$$w_G = |w_{GD}| + |w_{GB}| = 2 \cdot \cos^{-1}(-\tan\phi \cdot \tan\delta) \quad (20)$$

βρίσκεται ως προς τη γωνία. Δεδομένου ότι 150 αντιστοιχεί σε 1 ώρα, η ημερήσια διάρκεια ηλιοφάνειας σε ώρες ηλιοφάνειας

$$t_{G\ddot{u}} = \frac{w_G}{15} = 2 \frac{\cos^{-1}(-\tan\phi \cdot \tan\delta)}{15} \quad (21)$$

βρίσκεται ως (ρολόι). Δεδομένου ότι το κέντρο αυτής της περιόδου είναι το μεσημέρι, η ώρα ανατολής του ήλιου είναι το ηλιακό ρολόι.

$$t_{GD} = 12 - \frac{t_{G\ddot{u}}}{2} \quad (22)$$

και ηλιακό ρολόι ηλιοβασιλέματος

$$t_{GB} = 12 + \frac{t_{G\ddot{u}}}{2} \quad (23)$$

3.6 Ποσότητα ακτινοβολίας κάθετη στην οριζόντια επιφάνεια εκτός Γης

Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια κάθετη επιφάνεια εκτός της Γης δίνεται από την Εξίσωση 2. Αν θυμηθούμε αυτή την έκφραση,, $I_0 = I_{sc} \left[1 + 0,034 \cos\left(\frac{360 \cdot N}{365,25}\right) \right]$

Αν αμελήσουμε τις απώλειες στην ατμόσφαιρα, οι ακτίνες που έρχονται κάθετα σε μια επιφάνεια στην επιφάνεια της γης μας όπως στο σχήμα 17

$$I = I_0 \cos\theta_z \quad (24)$$

Η τιμή αυτή είναι η ποσότητα του φωτός που προσπίπτει στην επιφάνεια σε ένα δευτερόλεπτο. Το ποσό της ακτινοβολίας κάθετα στην οριζόντια επιφάνεια κατά την ηλιακή ακτινοβολία (αν αμελήσουμε τις απώλειες στην ατμόσφαιρα) δίνεται από την έκφραση

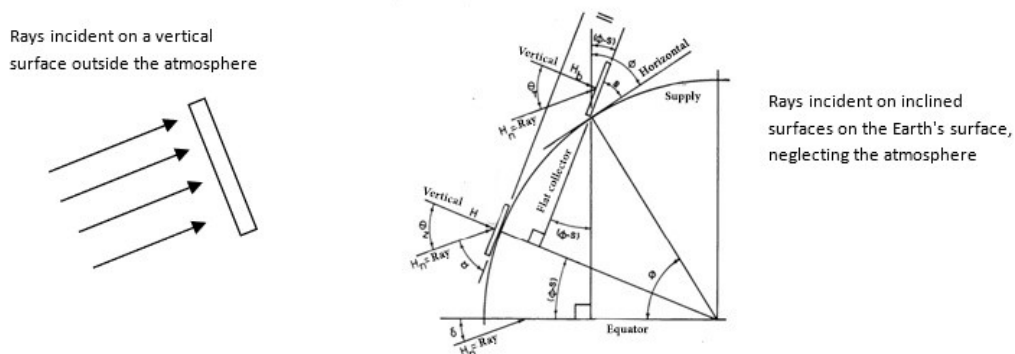
$$H_0 = \int I \cdot dt \quad (25)$$

Εδώ $t = 180w/15\pi$, εάν η μεταβλητή αλλάξει και ολοκληρωθεί από $w_{GD} = w_{GB}$ έως το w_{GD}

$$H_0 = 3600 \cdot I_{sc} \cdot \left[1 + 0,034 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot N}{365,25}\right) \right] \cdot \frac{24}{\pi} \cdot (\cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \sin w_{GB} + \frac{\pi \cdot w_{GB}}{180} \cdot \sin\phi \cdot \sin\delta) \quad (26)$$

Εδώ $I_{sc}=1367 \text{ W/m}^2$, N είναι ο αριθμός των ημερών και οι άλλες μεταβλητές είναι σε όρους γωνιών και η μονάδα του H_0 δίνεται ως J/m^2 . Το ποσό της ακτινοβολίας κάθετα στην οριζόντια επιφάνεια (αμελώντας τις ατμοσφαιρικές απώλειες) μεταξύ δύο ωρών ($w_1 < w_2$) είναι

$$H_0 = 3600 \cdot I_{sc} \cdot \left[1 + 0,034 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot N}{365,25}\right) \right] \cdot \frac{24}{\pi} \cdot \left[\cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \sin(w_2 - w_1) + \frac{(w_2 - w_1) \cdot \pi}{180} \cdot \sin\phi \cdot \sin\delta \right] \quad (27)$$



Σχήμα 17. Υπολογισμός των συνολικών ακτίνων που προσπίπτουν σε κεκλιμένες επιφάνειες στην επιφάνεια της Γης.

Μία από τις σημαντικότερες εισροές στις εφαρμογές ηλιακής ενέργειας είναι οι μέθοδοι μέτρησης της έντασης της ακτινοβολίας. Η ένταση της ακτινοβολίας μετράται συνήθως με ακτινογράφους σε μετεωρολογικούς σταθμούς. (Ακτινογράφος: Είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται σε μετεωρολογικούς σταθμούς για τη μέτρηση της έντασης της ακτινοβολίας σε οριζόντιες και νότιες επιφάνειες). Ωστόσο, στις μετρήσεις που πραγματοποιούνται με τη συσκευή αυτή διαπιστώνονται σφάλματα έως και 50%. Ως εκ τούτου, οι ηλιακοί μετρητές χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές ηλιακής ενέργειας.

Ο θεωρητικός υπολογισμός της έντασης της ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης είναι σημαντικός για την ανάλυση της απόδοσης που θα επιτευχθεί από τα συστήματα ηλιακής ενέργειας και για να έχουμε πληροφορίες σχετικά με το αν θα καλύψει το κόστος της επένδυσης. Ωστόσο, δεν έχει ακόμη προκύψει μια καθολική εξίσωση λόγω του γεγονότος ότι η προσπίπτουσα ακτίνα στην επιφάνεια της Γης εξαρτάται από μεγάλο αριθμό μετεωρολογικών και αστρονομικών παραμέτρων. Αντ' αυτού, για τις μελέτες σκοπιμότητας χρησιμοποιούνται στατιστικά αποτελέσματα δεδομένων που έχουν μετρηθεί για τουλάχιστον 10 έτη.

4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

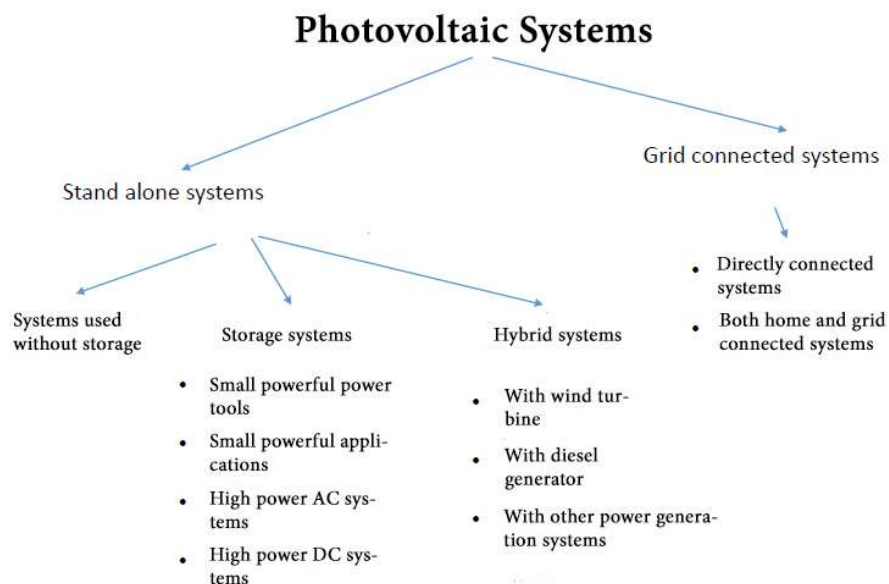
4.1 Ιστορική εξέλιξη

Το 1839, ο Alexander Edmond Becquerel, καθηγητής εφαρμοσμένης φυσικής στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας στο Παρίσι, εντόπισε το πρώτο φωτοβολταϊκό φαινόμενο κατά τη διάρκεια των επιστημονικών του μελετών σε στρώματα πλατίνας [19]. Αργότερα, υπό το πρίσμα των μελετών του Becquerel, ο Willoughby Smith διαπίστωσε το 1873 ότι το σελήνιο έχει φωτοαγώγιμη δομή. Το γεγονός αυτό έπαιξε καθοριστικό ρόλο το 1876, όταν ο William Grylls Adams και ο Richard Evans Day παρήγαγαν την πρώτη φωτοβολταϊκή διάταξη στερεάς κατάστασης από σελήνιο. Το 1883, ο Charles Fritts κατασκεύασε την πρώτη χρήσιμη ηλιακή κυψέλη με χρήση σεληνίου. Ωστόσο, η απόδοση αυτής της μπαταρίας είναι περίπου 1 τοις εκατό.

Η χρήση των ηλιακών κυψελών ως εμπορικό προϊόν ξεκίνησε το 1931 με τις μελέτες του Bergmann για τις ηλιακές κυψέλες σεληνίου [11,19]. Με την παραγωγή της ένωσης p-n τη δεκαετία του 1940, το ενδιαφέρον για τα ηλιακά κύτταρα αυξήθηκε ραγδαία. Ταυτόχρονα, παρήχθησαν τρανζίστορ και ολοκληρωμένα κυκλώματα σύνδεσης p-n και οι ηλεκτρονικές διατάξεις απέκτησαν νέα διάσταση. Η αρχή της χρήσης των ηλιακών κυψελών σε τεχνολογικές συσκευές επιτεύχθηκε τη δεκαετία του 1950 με την παραγωγή στρώσεων πυριτίου υψηλής ποιότητας. Η απόδοση των ηλιακών κυψελών πυριτίου που παράγονται από αυτά τα στρώματα αυξήθηκε και έφθασε σε ισχύ εξόδου επαρκή για την τροφοδοσία απλών τεχνολογικών συσκευών.

Το 1954, τρεις φίλοι ονόματι Daryl Chapin, Calvin Fuller και Gerald Pearson, που εργάζονταν στο εργαστήριο Bell στις ΗΠΑ, θέλησαν να εξασφαλίσουν την τροφοδοσία του τηλεφωνικού συστήματος στο εργαστήριο με ηλιακή ενέργεια, αλλά απέτυχαν στις πρώτες δοκιμές επειδή η απόδοση των ηλιακών κυψελών σεληνίου ήταν 0,5%. Ο Φούλερ, χημικός, ντοπάρισε το πυρίτιο με ελεγχόμενο τρόπο στις μελέτες του και διαπίστωσε ότι το νέο αυτό προϊόν ήταν καλύτερος αγωγός. Ταυτόχρονα, η απόδοση των ηλιακών κυψελών σύνδεσης p-n που κατασκευάστηκαν με ντοπαρισμένο πυρίτιο αυξήθηκε επίσης και με τις έρευνες που πραγματοποιήθηκαν με την πάροδο του χρόνου επιτεύχθηκε απόδοση 6% των ηλιακών κυψελών σύνδεσης p-n πυριτίου. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα επαναστατικό αποτέλεσμα στην ιστορία των ηλιακών κυψελών και το έργο αυτών των τριών φίλων που εργάζονταν στο εργαστήριο Bell αποτέλεσε σημείο καμπής στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία και βιομηχανία [11,20].

Η τεχνολογία των ηλιακών κυψελών, η οποία αναπτύσσεται και εξελίσσεται από τη δεκαετία του 1950, αποτελεί εναλλακτική λύση για τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούμε σήμερα. Στην τεχνολογία των ηλιακών κυψελών, η οποία έκανε ένα μεγάλο άλμα με τη χρήση της στη διαστημική έρευνα τη δεκαετία του 1960, οι μελέτες E&A έχουν αποκτήσει μεγάλη ταχύτητα αυτά τα χρόνια. Με την πετρελαϊκή κρίση του 1973, οι ηλιακές κυψέλες άρχισαν να αποκτούν έλξη ως εναλλακτική πηγή ενέργειας σε όλο τον κόσμο. Με τα βραχυπρόθεσμα οικονομικά κίνητρα κατά την περίοδο της κρίσης, οι ηλιακές κυψέλες κατέλαβαν τη θέση τους μεταξύ των συστημάτων παραγωγής ενέργειας. Οι ηλιακές κυψέλες χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά σε μικρές εφαρμογές, όπως αριθμομηχανές και ρολόγια χειρός. Στη δεκαετία του 1980, η έρευνα για την αύξηση της απόδοσης των ηλιακών κυψελών πυριτίου υποστηρίχθηκε με διάφορα κίνητρα και το 1985 επιτεύχθηκε απόδοση 20%. Αυτό το ποσοστό απόδοσης αποτέλεσε το σημείο καμπής για την ανάπτυξη των ηλιακών κυψελών. Κατά τα επόμενα 10 χρόνια, η αγορά κατασκευής ηλιακών κυψελών παρουσίασε μεγάλη και σταθερή ανάπτυξη της τάξης του 15% - 20%, με αύξηση 38% από το 1997 [11,21]. Σήμερα, οι φωτοβολταϊκές μονάδες που κατασκευάζονται με τη χρήση ηλιακών κυψελών εμφανίζονται βασικά με δύο τρόπους: συνδεδεμένες στο δίκτυο και εκτός δικτύου (Σχήμα 18). Αυτές οι εφαρμογές-Χρησιμοποιείται ευρέως στη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών μικρής ισχύος, σε σταθμούς μέτρησης και συστήματα προειδοποίησης σε μέρη όπου δεν μπορεί να παρασχεθεί ηλεκτρική ενέργεια και σε διαστημικές μελέτες.



Σχήμα 18. Περιοχές χρήσης φωτοβολταϊκών συστημάτων (επιμερισμός σε αυτόνομα συστήματα και διασυνδεδεμένα συστήματα)

4.2 Η ηλιακή ενέργεια και μελλοντικές προοπτικές

Η ηλιακή ενέργεια έχει ξεπεράσει τις προβλέψεις των ενεργειακών αναλυτών την τελευταία δεκαετία και βρίσκεται σε άνοδο με όλες τις τεχνολογικές εξελίξεις. Τη δεκαετία 2010 – 2019, εγκαταστάθηκαν παγκοσμίως 638 GW ηλιακών σταθμών παραγωγής ενέργειας, ξεπερνώντας την εγκατεστημένη ισχύ όλων των άλλων πηγών ενέργειας, συμπεριλαμβανομένου του άνθρακα, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου.

Η ταχεία μετάβαση στην ηλιακή ενέργεια οφείλεται στις εντυπωσιακές δημόσιες και ιδιωτικές επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ιδρύματα και ιδιώτες έχουν συνειδητοποιήσει ότι το μέλλον βρίσκεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι επενδύσεις που πραγματοποιήθηκαν έχουν μειώσει το κόστος των συστημάτων ηλιακής ενέργειας κατά περισσότερο από 80% από το 2010.

Παρά τη ραγδαία αυτή άνοδο, υπάρχουν πολλές πτυχές της ηλιακής ενέργειας που πρέπει ακόμη να αναπτυχθούν. Παρόλο που ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (ΔΟΕ) έχει αυξήσει σταθερά τις προβλέψεις του για την ηλιακή και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στις Παγκόσμιες Ενεργειακές Προοπτικές του, η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας φαίνεται να συμπληρώνει και όχι να αντικαθιστά τα ορυκτά καύσιμα. Σύμφωνα με τις τρέχουσες εθνικές και διεθνείς πολιτικές, ο ΙΕΑ προβλέπει μεγάλες αυξήσεις στην παραγωγή ηλιακών φωτοβολταϊκών. Ωστόσο, οι προβλέψεις της "δηλωμένης πολιτικής" δείχνουν επίσης συνεχή ανάπτυξη για τα ορυκτά καύσιμα (ιδίως το φυσικό αέριο)[22].

Η ηλιακή ενέργεια αναμένεται να καλύψει περίπου το ένα τέταρτο της παγκόσμιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας έως το 2050. Αναμένεται ότι το 11% του συνόλου των πηγών ενέργειας θα παράγεται από την ηλιακή ενέργεια και θα χρησιμοποιείται στα σπίτια και τους χώρους εργασίας, ενώ το 11% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στις πυκνοκατοικημένες πόλεις και περιοχές θα παράγεται από κεντρικούς ηλιακούς σταθμούς. [23]

4.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ηλιακής ενέργειας

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια ισχυρή πηγή ενέργειας που λαμβάνεται από τις ακτίνες του ήλιου. Οι ακτίνες του ήλιου μετατρέπονται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω ηλιακών πάνελ.

Ενώ η ενέργεια που λαμβάνεται από τον ήλιο για μια ώρα μπορεί να καλύψει τις παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες για ένα έτος, μόνο το 0,001% αυτής της ενέργειας που έρχεται στον κόσμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Υπάρχει και ένας άλλος λόγος για τον οποίο η ηλιακή ενέργεια έχει γίνει δημοφιλές θέμα όταν μιλάμε για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Από τις περιόδους που η επένδυση ήταν ακριβή ή όχι πολύ παραγωγική, η επένδυση έχει γίνει φθηνότερη και πιο παραγωγική.

Εκτός από τη μείωση του κόστους επένδυσης λόγω της αυξανόμενης ζήτησης, η τεχνολογία των πάνελ έχει βελτιωθεί σημαντικά χάρη σε διάφορες τεχνολογικές καινοτομίες και η ηλιακή ενέργεια έχει γίνει μια πολύ πιο αποδοτική και καθαρή πηγή ενέργειας χάρη στα συστήματα αποθήκευσης ηλιακής ενέργειας.

Ένα από τα πλεονεκτήματα της ηλιακής ενέργειας είναι ότι αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Το γεγονός ότι μπορεί να χρησιμοποιείται καθημερινά σε όλο τον κόσμο καθιστά τον ήλιο διαφορετικό από άλλες πηγές ενέργειας. Σύμφωνα με ορισμένους επιστήμονες, το ηλιακό φως μπορεί να αξιοποιηθεί για τουλάχιστον άλλα 5 δισεκατομμύρια χρόνια. Ωστόσο, δεδομένου ότι θα καλύπτετε μέρος των ενεργειακών σας αναγκών με την ενέργεια που παράγεται από τα ηλιακά πάνελ, θα αλλάξουν και τα ποσά των λογαριασμών ενέργειας. Εκτός από την ενέργεια που χρησιμοποιείται, η ενέργεια που παράγεται καθ' υπέρβαση της χρήσης πωλείται επίσης σε διάφορα ιδρύματα και ωφελεί τη ζωή μας ως εισόδημα.

Η ηλιακή ενέργεια, η οποία προσφέρει πολλούς τομείς χρήσης στην καθημερινή μας ζωή, χρησιμοποιείται επίσης για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή θερμότητας, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές χωρίς πρόσβαση στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, για τη λειτουργία συστημάτων επεξεργασίας νερού σε περιοχές με περιορισμένη πρόσβαση σε καθαρό νερό και για τη λειτουργία δορυφόρων στο διάστημα.

Τα συστήματα ηλιακής ενέργειας, τα οποία δεν απαιτούν μεγάλο κόστος συντήρησης, μειώνουν επίσης το κόστος συντήρησης διατηρώντας τα σχετικά καθαρά. Για το λόγο αυτό, ξεχωρίζει από άλλες πηγές ενέργειας. Οι κατασκευαστές ηλιακών πάνελ παρέχουν κατά μέσο όρο 20-25 χρόνια εγγύηση για τα προϊόντα τους. Επιπλέον, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη, η φθορά είναι μικρότερη. Δεδομένου ότι άλλα στοιχεία, όπως οι μετατροπείς και τα καλώδια που χρησιμοποιούνται στο σύστημα, δεν υπόκεινται σε συχνές αλλαγές, το κόστος μειώνεται σημαντικά όταν συγκρίνεται σε ετήσια βάση.

Το κόστος εγκατάστασης έρχεται πρώτο μεταξύ των μειονεκτημάτων της ηλιακής ενέργειας. Το άθροισμα όλων των εξόδων για ηλιακά πάνελ, αντιστροφέα, μπαταρία, καλώδια και εγκατάσταση, καθώς και οι δραστηριότητες ανάπτυξης που πρέπει να γίνουν για την αντιμετώπιση των τεχνολογικών εξελίξεων που θα σημειωθούν με την πάροδο των ετών μπορεί να προκαλέσουν υψηλό κόστος κατά τη φάση της εγκατάστασης. Ωστόσο, η εξάρτηση της ποσότητας παραγωγής ενέργειας από τις καιρικές συνθήκες αυξάνει τα μειονεκτήματα των συστημάτων ηλιακής ενέργειας.

Τα ηλιακά πάνελ πρέπει να λαμβάνουν υπόψη ότι μερικές συννεφιασμένες και βροχερές ημέρες μπορεί να έχουν αισθητή αρνητική επίδραση στο ενεργειακό σύστημα, καθώς τα ηλιακά πάνελ χρειάζονται ηλιακό φως για να συλλέγουν αποτελεσματικά την ηλιακή ενέργεια, καθώς και ότι δεν μπορούν να συλλέγουν ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Αν και η παραγωγή ενέργειας είναι εύκολη στα συστήματα ηλιακής ενέργειας, η αποτελεσματική αποθήκευση είναι αρκετά ακριβή. Η παραγόμενη ενέργεια πρέπει να χρησιμοποιείται αμέσως ή η ενέργεια που παράγεται κατά τη διάρκεια της ημέρας πρέπει να αποθηκεύεται σε μπαταρίες μεγάλης χωρητικότητας σε περιπτώσεις διακοπής ρεύματος και σε περιβάλλοντα όπου πρέπει να χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η ενσωμάτωση μπαταριών μεγάλης χωρητικότητας και υψηλής τεχνολογίας στα συστήματα ηλιακής ενέργειας μπορεί να προκαλέσει σημαντική αύξηση του κόστους εγκατάστασης και συντήρησης.

Η ποσότητα ενέργειας που επιθυμείτε να παραχθεί είναι ευθέως ανάλογη της ισχύος των πλαισίων και του αριθμού των πλαισίων. Η επίτευξη αυτής της αναλογίας είναι δυνατή με εγκαταστάσεις που πρέπει να γίνουν σε μεγάλες εκτάσεις. Εάν δεν υπάρχει σχέδιο για τη δημιουργία κλειστού χώρου στάθμευσης, δεν υπάρχει άλλη επιλογή από την εγκατάσταση σε πολύ μεγάλες εκτάσεις. Η ρύπανση του περιβάλλοντος μπορεί να προστεθεί στα μειονεκτήματα των συστημάτων ηλιακής ενέργειας. Μετά την παραγωγή των ηλιακών πάνελ, χρησιμοποιούνται ορισμένες τοξικές ουσίες και επικίνδυνες ουσίες που θα επηρεάσουν έμμεσα το περιβάλλον, ακόμη και αν δεν κινδυνεύει η ζωή των έμβιων όντων.

4.4 Τομείς χρήσης της ηλιακής ενέργειας

Τα συστήματα ηλιακής ενέργειας βρίσκονται σε πολλούς τομείς της ζωής μας με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και στο εγγύς μέλλον θα λάβουν χώρα σε όλους τους

τομείς της ζωής μας με τα πάνελ ηλιακής ενέργειας που μπορούν να καλυφθούν σχεδόν σε όλες τις επιφάνειες.

Ειδικά τα συστήματα ηλιακής ενέργειας που κατασκευάζονται στα οικόπεδα των επιχειρήσεων στις βιομηχανικές ζώνες και στις στέγες των εργοστασίων είναι πλέον πολύ συνηθισμένοι σταθμοί παραγωγής ενέργειας. Κατά τον ίδιο τρόπο, η παραγωγή ενέργειας με συστήματα ηλιακής ενέργειας που εγκαθίστανται σε μέρη όπου η ηλεκτρική ενέργεια δεν μπορεί να μεταφερθεί με γραμμές έχει γίνει αρκετά διαδεδομένη. Η ενέργεια των γεωργικών αρδευτικών συστημάτων παρέχεται από συστήματα ηλιακής ενέργειας σε πολλές περιοχές. Όταν γίνεται ανάλυση οφέλους-κόστους, τα συστήματα ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιούνται ευρέως για την παραγωγή ζεστού νερού σε σπίτια.

Σε περιοχές όπου η περίοδος ηλιοφάνειας είναι μεγάλη και το κλίμα ήπιο, τα συστήματα ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ηλιακών πάνελ και για τη θέρμανση των φρούτων και των λαχανικών που καλλιεργούνται σε θερμοκήπια. Προκειμένου να λειτουργούν πολλές πινακίδες και φώτα κυκλοφορίας τη νύχτα, οι μπαταρίες του συστήματος με ηλιακά πάνελ φορτίζονται κατά τη διάρκεια της ημέρας και χρησιμοποιούνται ως βοηθητικό στοιχείο για την ανακούφιση της κυκλοφορίας μετά το σκοτάδι και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου ατυχημάτων.

Η πρώτη μηχανή που τροφοδοτήθηκε με ηλιακή ενέργεια ήταν μια εκτυπωτική μηχανή που δοκιμάστηκε για σκοπούς επίδειξης σε μια έκθεση στη Γαλλία το 1878 [18]. Οι ακτίνες του ήλιου εστιάζονται σε έναν λέβητα νερού για την παραγωγή υδρατμών, οι υδρατμοί κινούν τον ατμοστρόβιλο και ο ατμοστρόβιλος κινεί την εκτυπωτική μηχανή. Αυτές οι θερμικές μηχανές, που ονομάζονται ηλιακές μηχανές, χρησιμοποιήθηκαν κυρίως στη γεωργία και στις διαδικασίες άντλησης νερού.

Η πρώτη μηχανή που τροφοδοτήθηκε με ηλιακή ενέργεια ήταν μια εκτυπωτική μηχανή που δοκιμάστηκε για σκοπούς επίδειξης σε μια έκθεση στη Γαλλία το 1878 [18]. Οι ακτίνες του ήλιου εστιάζονται σε έναν λέβητα νερού για την παραγωγή υδρατμών, οι υδρατμοί κινούν τον ατμοστρόβιλο και ο ατμοστρόβιλος κινεί την εκτυπωτική μηχανή. Αυτές οι θερμικές μηχανές, που ονομάζονται ηλιακές μηχανές, χρησιμοποιήθηκαν κυρίως στη γεωργία και στις διαδικασίες άντλησης νερού.

Σήμερα, ορισμένες από τις συσκευές που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές ηλιακής θερμότητας,

- Ηλιακοί συλλέκτες (επίπεδοι, παραβολικοί και κυλινδρικοί)

- Ηλιακές κουζίνες
- Ηλιακοί φούρνοι
- Ηλιακές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- Συστήματα απόσταξης νερού με τον ήλιο
- Ηλιακά συστήματα ξήρανσης
- Ηλιακά σπίτια και θερμοκήπια
- Ηλιακές πισίνες
- Τα συστήματα αποθήκευσης θερμότητας είναι.

Οι εφαρμογές ηλιακής θερμότητας γίνονται με τη βοήθεια αυτών των συστημάτων και συσκευών.

Οι κυριότερες εφαρμογές είναι: Η θερμική ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμότητας από το περιβάλλον:

- Θέρμανση νερού (για οικιακούς και βιομηχανικούς σκοπούς)
- Θέρμανση χώρων (θέρμανση κατοικιών, επαγγελματικών κέντρων και παρόμοιων κτιρίων)
- Ψύξη
- Θερμοχημικές διεργασίες
- Ξήρανση (όπως αγροτικά προϊόντα, ψάρια)
- Καθαρισμός (όπως η παραγωγή πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό)
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Μαγείρεμα τροφίμων
- Αντληση νερού
- Θέρμανση πισίνας
- Παραγωγή αερίου υδρογόνου
- Ηλιακά θερμοκήπια

Μία από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας είναι οι ηλιακές κυψέλες. Τα ηλιακά κύτταρα (φωτοβολταϊκά κύτταρα)

είναι ηλεκτρονικές συσκευές που μετατρέπουν το ηλιακό φως που προσπίπτει στην επιφάνειά τους απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Σε γενικές γραμμές, μπορεί να οριστεί ως η εμφάνιση διαφοράς δυναμικού μεταξύ δύο ηλεκτροδίων όταν προσπίπτει πάνω τους φως. Πρακτικά, οι ηλιακές κυψέλες αποτελούνται από μια ένωση p-n κατασκευασμένη από ημιαγώγιμα υλικά.

4.5 Η ηλιακή ενέργεια στην Τουρκία και στον κόσμο

Εξετάζοντας τα δεδομένα και τους στόχους του ΙΕΑ, αναμένεται μια απαιτητική διαδικασία για να μηδενιστούν οι εκπομπές CO₂ το 2050 και να καλυφθεί ένα μεγάλο μέρος της ζήτησης για ανανεώσιμη ενέργεια. Ωστόσο, μέχρι το 2030, πρέπει να αναπτυχθούν σε μεγάλη κλίμακα όλες οι διαθέσιμες τεχνολογίες καθαρής ενέργειας, όπως οι ΑΠΕ, τα ηλεκτρικά οχήματα και οι ενεργειακά αποδοτικές μετατροπές κτιρίων. Απαιτούνται συνεχή βήματα, όπως η διακοπή των πωλήσεων νέων επιβατικών αυτοκινήτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης έως το 2035 και η σταδιακή κατάργηση όλων των μη μειωμένων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής με άνθρακα και πετρέλαιο έως το 2040. Το 2050, ο παγκόσμιος ενεργειακός τομέας αναμένεται να βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις ΑΠΕ και η ηλιακή ενέργεια αναμένεται να είναι η μεγαλύτερη πηγή εφοδιασμού.

Η κυβέρνηση θα πρέπει να στηρίξει τις πολιτικές για την ανάπτυξη του τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι πολιτικές κινήτρων που εφαρμόζονται στις χώρες ενέχουν επενδυτικούς κινδύνους. Ανεπαρκή κίνητρα μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα για τους επενδυτές με κινητές πολιτικές και ασυνέχεια. Για το λόγο αυτό, οι επενδυτές μπορεί να είναι απρόθυμοι να επενδύσουν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στο πλαίσιο αυτό, τα έργα ανανεώσιμης ενέργειας μπορεί να σταματήσουν και να μπουκ στο ράφι. Για το λόγο αυτό, μπορεί να εμφανιστεί μια κλαδική ύφεση, όπως συνέβη στις Κάτω Χώρες. [24]

Σύμφωνα με τα στοιχεία που δημοσίευσε ο Σύνδεσμος Επενδυτών ΑΠΕ GÜYAD στο τέλος Μαρτίου 2021, διαπιστώνεται ότι η ποσοστιαία κατάταξη δεν έχει αλλάξει όταν συγκρίνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πρωτογενείς πηγές στα στοιχεία του 2020 και του 2021 στο τέλος Μαρτίου. Ωστόσο, όταν εξετάζουμε τα ποσοστά παραγωγής, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα ποσοστά της παραγωγής από υδροηλεκτρική ενέργεια και εισαγόμενο άνθρακα μειώθηκαν, ενώ τα ποσοστά της παραγωγής από λιγνίτη, φυσικό αέριο και ανανεώσιμες πηγές αυξήθηκαν.

Πίνακας 2. GÜYAD (Ένωση Ενεργειακών Επενδυτών) Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πρωτογενείς πηγές 2020 και 2021 Στοιχεία Μαρτίου 2021

Resources	2020 End of March Production (Gwh)	2021 End of March Production (Gwh)
Liquid Fuels	0,19%	0,10%
Stone Coal	0,77%	1,29%
Lignite	11,94%	12,54%
Imported Coal	21,48%	19,37%
Natural Gas	19,33%	29,03%
Hydro	29,06%	18,26%
Geothermal	3,22%	3,33%
Wind	8,95%	9,64%
Sun	2,67%	3,61%
Waste and rubbish	1,66%	2,07%
Other	0,73%	0,03%

Πίνακας 3. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ανάπτυξη εγκατεστημένης ισχύος από πρωτογενείς πηγές στην Τουρκία στο τέλος Μαρτίου

Table 3. Electricity Generation and Installed Capacity Development by Primary Sources in Turkey as of the end of March

Sources	End of March 2020 Productions (Gwh)	End of March 2021 Productions (Gwh)	Increase (%)	End of March 2020 Installed Capacity (Gwh)	End of March 2021 Installed Capacity (Gwh)	Increase (%)
Liquid Fuels	78	80	1,92%	314	314	0,00%
Stone Coal	591	1.030	74,20%	811	811	0,00%
Lignite	9.157	9.952	8,68%	10.101	10.120	0,19%
Imported Coal	16.477	15.370	-6,72%	8.967	8.987	0,22%
Asphaltite	631	590	-6,50%	405	405	0,00%
Natural Gas	14.829	23.031	55,31%	25.667	25.693	0,10%
Hydro	22.291	14.491	-34,99%	28.543	31.200	9,31%
Geothermal	2.471	2.645	7,04%	1.515	1.624	7,19%
Wind	6.863	7.649	11,45%	7.762	9.192	18,42%
Sun	2.046	2.864	39,98%	6.105	6.906	13,12%
Waste and rubbish	1.276	1.640	28,53%	1.181	1.516	28,37%
TOTAL	76.710	79.342	3,43%	91.371	96.768	5,91%

Από το τέλος Μαρτίου 2021, Εγκατεστημένη δυναμικότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πρωτογενείς πηγές όταν αναλύονται τα στοιχεία σχετικά με την εγκατεστημένη δυναμικότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πρωτογενείς πηγές, οι τρεις πρώτες είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια, το φυσικό αέριο και οι

ανανεώσιμες πηγές. Στο τέλος Μαρτίου 2021, η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν 79.341 GWh. Στο τέλος Μαρτίου 2021, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτρικής ενέργειας ήταν 96.768 MW.

Όταν τα δεδομένα της εγκατεστημένης ισχύος αναλύονται ως ποσοστό και συγκρίνονται με τα δεδομένα του 2020, διαπιστώνεται ότι η μεταβολή στα δεδομένα είναι πολύ μικρή. Επιπλέον, η πρώτη πεντάδα κατάταξης των εγκατεστημένων ικανοτήτων με βάση τον πόρο στο τέλος Μαρτίου 2021 έχει ως εξής: Υδροηλεκτρική ενέργεια (31,24), φυσικό αέριο (26,55), ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (γεωθερμία, αιολική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια, απόβλητα και απορρίμματα) (19,88), λιγνίτης (10,45) και εισαγόμενος άνθρακας (9,29). Στο τέλος Μαρτίου 2021, το μερίδιο της ηλιακής ενέργειας στη συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ήταν 3,61%. Στο τέλος Μαρτίου 2021, το μερίδιο της ηλιακής ενέργειας στη συνολική ηλεκτρική ενέργεια ήταν 7,14%.

Πίνακας 4. Παραγωγή ηλιακής ενέργειας και εγκατεστημένη ισχύς

2021	PRODUCTION (Gwh)	INSTALLED POWER (MW)
Sun	2,864,2	6.906
Total	79,341,3	96.768
%	3,61	7,14

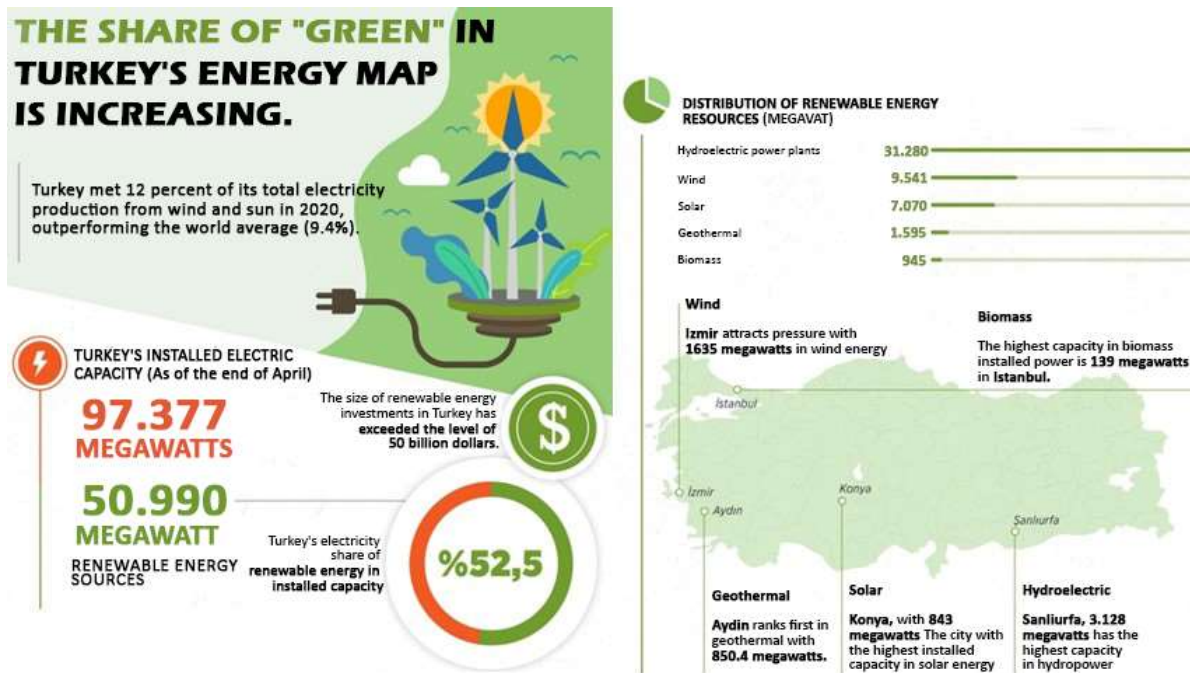
Εξετάζοντας το μερίδιο της ηλιακής ενέργειας στη συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το 2020 ανά μήνα, όταν το μερίδιο της ηλιακής ενέργειας στη συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια συγκρίνεται με τον Μάρτιο του 2020 και του 2021, διαπιστώνεται ότι αυξήθηκε από 3,6% σε 4,04%.

Πίνακας 5. Ηλιακή ενέργεια παραγόμενη στην Τουρκία [25]

SOLAR ENERGY PRODUCED IN OUR COUNTRY AND SHARE IN TOTAL PRODUCTION													
YEAR 2020	JANUARY	FEBRUARY	MARCH	APRIL	MAY	JUNE	JULY	AUGUST	SEPTEMBER	OCTOBER	NOVEMBER	DECEMBER	TOTAL PRODUCTION (GWh)
SUN	548,0	609,0	888,7	1070,8	1217,8	1230,6	1332,5	1313,0	1160,0	1010,0	774,1	565,0	11718,7
TOTAL	27077,1	24929,0	24703,4	20341,4	20892,4	23624,4	28776,9	28932,3	27643,1	25446,3	25702,9	27361,8	305431,4
%	2,02	2,44	3,60	5,26	5,83	5,21	4,63	4,54	4,20	3,97	3,01	2,03	3,84
Values for 2020 are temporary and include unlicensed productions.													
YEAR 2021	JANUARY	FEBRUARY	MARCH	APRIL	MAY	JUNE	JULY	AUGUST	SEPTEMBER	OCTOBER	NOVEMBER	DECEMBER	TOTAL PRODUCTION (GWh)
SUN	744,3	994,1	1125,8										2864,2
TOTAL	27018,5	24443,7	27879,1										79341,4
%	2,75	4,07	4,04										3,61
Values for 2021 are temporary and include unlicensed productions.													

Σύμφωνα με είδηση που δημοσίευσε το πρακτορείο Anadolu στις 21 Ιουνίου 2021, η εγκατεστημένη ισχύς ηλιακής ενέργεια ανέρχεται σε 7070 MW, εκ των οποίων τα 6450 MW είναι μη αδειοδοτημένα και τα 620 MW είναι αδειοδοτημένα. Η Κορυα, η οποία διαθέτει 843 MW αυτής της δυναμικότητας, κατατάσσεται πρώτη ως η πόλη με την

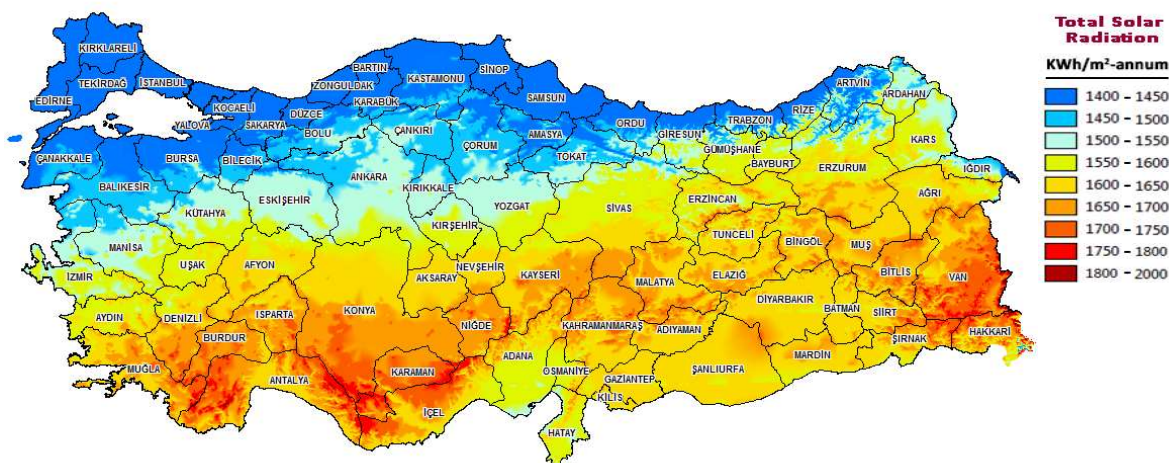
υψηλότερη εγκατεστημένη ισχύ στην ηλιακή ενέργεια. Στην ηλιακή ενέργεια, η οποία θεωρείται ως το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα κατανεμημένης ηλεκτρικής ενέργειας στην Τουρκία, η Άγκυρα διαθέτει 383,8 MW, η Şanlıurfa 370 MW, η Kayseri 333 MW, η İzmir 291 MW, το Afyonkarahisar 244,6 MW, το Kahramanmaraş 232 MW, η Manisa 217 MW, η Mersin 201 MW και το Denizli 194 MW εγκατεστημένης ισχύος[26].



Σχήμα 19. Εγκατεστημένη ισχύς ηλιακή ενέργειας της Τουρκίας [26]

Η Τουρκία βρίσκεται στα γεωγραφικά πλάτη 36° / 42° και βρίσκεται μεταξύ των γεωγραφικών πλατών -40° / 40°, σε προνομιά γεωγραφική θέση (Σχήμα 20).

Περίπου 170 εκατομμύρια MW ηλιακής ενέργειας προσεγγίζουν τη γη κάθε δευτερόλεπτο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση της Τουρκίας είναι 100 εκατομμύρια MW, η ηλιακή ενέργεια που έρχεται στον κόσμο σε ένα δευτερόλεπτο είναι 1,7 φορές η ενεργειακή παραγωγή της Τουρκίας. Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην Τουρκία σε ένα έτος είναι περίπου $3,517 \times 10^{15}$ MJ (1,527 kWh/m².year) [4,14,15].



Σχήμα 20. Ηλιακός Χάρτης Τουρκίας

Σύμφωνα με μελέτη που διεξήγαγε η Γενική Διεύθυνση Έρευνας και Ανάπτυξης Ηλεκτρικών Πόρων (ΕΙΕ), χρησιμοποιώντας τα δεδομένα διάρκειας ηλιοφάνειας και έντασης ακτινοβολίας που μετρήθηκαν την περίοδο 1966-1982 και είναι διαθέσιμα στη Γενική Διεύθυνση Κρατικών Μετεωρολογικών Υποθέσεων (DMI), η μέση ετήσια διάρκεια ηλιοφάνειας στην Τουρκία είναι 2640 ώρες (ημερήσιος μέσος όρος). 7,2 ώρες), η μέση συνολική ένταση ακτινοβολίας βρέθηκε να είναι 1311 kW/m²-έτος (μέση ημερήσια 3,6 kWh/m²) [16].

Σήμερα, ο φορέας που ρυθμίζει τις ενεργειακές δραστηριότητες είναι η Τ.Σ. δηλαδή η Γενική Διεύθυνση Ενεργειακών Υποθέσεων που υπάγεται στο Υπουργείο Ενέργειας και Φυσικών Πόρων. Σύμφωνα με τα νέα στοιχεία της Γ.Γ.Π.Σ. που καταρτίστηκαν από το Υπουργείο Ενέργειας και Φυσικών Πόρων μεταξύ 2018-2019, η ετήσια συνολική διάρκεια ηλιοφάνειας είναι 2.741 ώρες (μέσος όρος 7,5 ώρες ανά ημέρα) και η συνολική ετήσια λαμβανόμενη ηλιακή ενέργεια είναι 1.527 kWh/m²-έτος (ο ημερήσιος μέσος όρος είναι 4,18 kWh/ημέρα). m².ημέρα) [15].

Στις μετρήσεις της Γενικής Διεύθυνσης Ενεργειακών Υποθέσεων, οι μηνιαίες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας ανά περιοχή και η διάρκεια της ηλιοφάνειας δίνονται στον Πίνακα [8,16].

Πίνακας 6. Μηνιαίες τιμές ηλιακής ακτ/λίας στην Τουρκία και διάρκεια ηλιοφάνειας

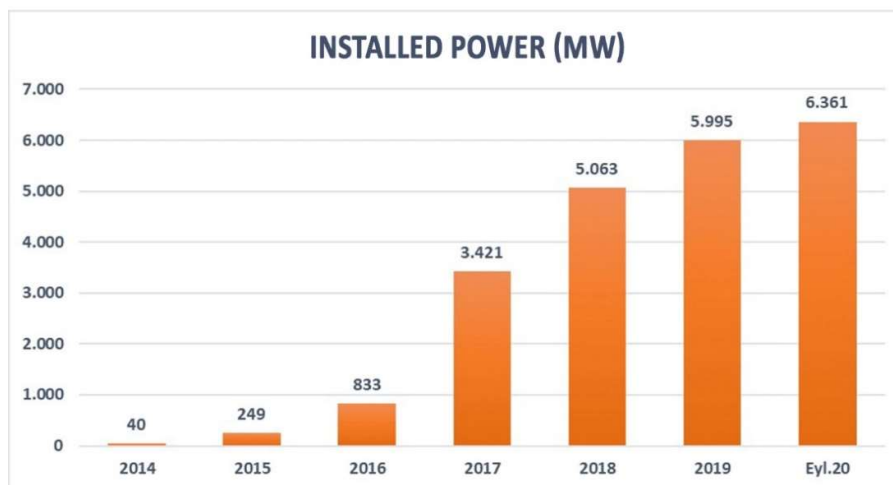
MONTHS	MONTHLY TOTAL SOLAR ENERGY		SUN TIME
	kcal/cm ² -month	kWh/m ² -month	hour/month
JANUARY	4.45	51.75	103.0
FEBRUARY	5.44	63.27	115.0
MARCH	8.31	96.65	165.0
APRIL	10.51	122.23	197.0
MAY	13.23	153.86	273.0
JUNE	14.51	168.75	325.0
JULY	15.08	175.38	365.0
AUGUST	13.62	158.40	343.0
SEPTEMBER	10.60	123.28	280.0
OCTOBER	7.73	89.90	214.0
NOVEMBER	5.23	60.82	157.0
DECEMBER	4.03	46.87	103.0
TOTAL	112.74	1311	2640
AVERAGE	308.0 cal/cm ² -day	3.6 kWh/m ² -day	7.2 hour/day

Πίνακας 7. Μηνιαίες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας ανά περιοχή και ώρες ηλιοφάνειας

REGION	TOTAL SOLAR ENERGY (kWh/m ² -year)	SUNBATHING DURATION (hour/year)
SOUTHEASTERNANATOLIAREGION	1460	2993
MEDITERRANEAN REGION	1390	2956
EASTERN ANATOLIA REGION	1365	2664
CENTRAL ANATOLIA REGION	1314	2628
AEGEAN REGION	1304	2738
MARMARA REGION	1168	2409
BLACK SEA REGION	1120	1971

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Γενικής Διεύθυνσης Ενεργειακών Υποθέσεων, κατά τους πρώτους εννέα μήνες του 2020, η εγκατεστημένη ισχύς ήταν 6361 MW ενώ η μεταβολή της ανά έτος παρουσιάζεται στο Σχήμα 21 [17].

Όπως φαίνεται στο σχήμα, η παραγωγή ηλιακής ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε ραγδαία από το 2014 και αυξήθηκε κατά 15800% σε 6 χρόνια με νέες επενδύσεις. Ο διαγωνισμός Karapınar Renewable Energy Resource Areas (YEKA) (YEKA GES1), ο οποίος διεξήχθη στις 20/03/2017, διεξήχθη σύμφωνα με τη μέθοδο της κατανομής έναντι της εγχώριας παραγωγής (UPL) και η συμφωνία δικαιώματος χρήσης YEKA υπεγράφη στις 15/09/2017 με την Kalyon Güneş Teknolojileri Üretim Anonim Şirketi, η οποία κέρδισε τη χαμηλότερη προσφορά (6,99 USD-cent/kWh) στο διαγωνισμό.



Σχήμα 21. Εγκατεστημένη ισχύς ηλιακής ενέργειας για τα έτη 2014-2020

Η εταιρεία ίδρυσε το πρώτο ολοκληρωμένο και μεγαλύτερο εργοστάσιο παραγωγής ηλιακών πάνελ στην Τουρκία και την περιοχή με δυναμικότητα 500 MWp/έτος στην οργανωμένη βιομηχανική ζώνη Başkent. Στο εργοστάσιο, η παραγωγή πλινθίου πυριτίου, πλακιδίων, ηλιακών κυττάρων και ηλιακών μονάδων πραγματοποιείται από κοινού. Το συνολικό ποσοστό εγχώριας συνεισφοράς των φωτοβολταϊκών ηλιακών μονάδων που παράγονται στο εργοστάσιο είναι 76,42% μέχρι σήμερα. Δραστηριότητες ξεκίνησαν επίσης στο κέντρο Έρευνας και Ανάπτυξης (E&A). Στο κέντρο E&A θα διεξάγονται δραστηριότητες E&A σε τεχνολογίες ηλιακής ενέργειας για τουλάχιστον 5 θέματα για 10 έτη.

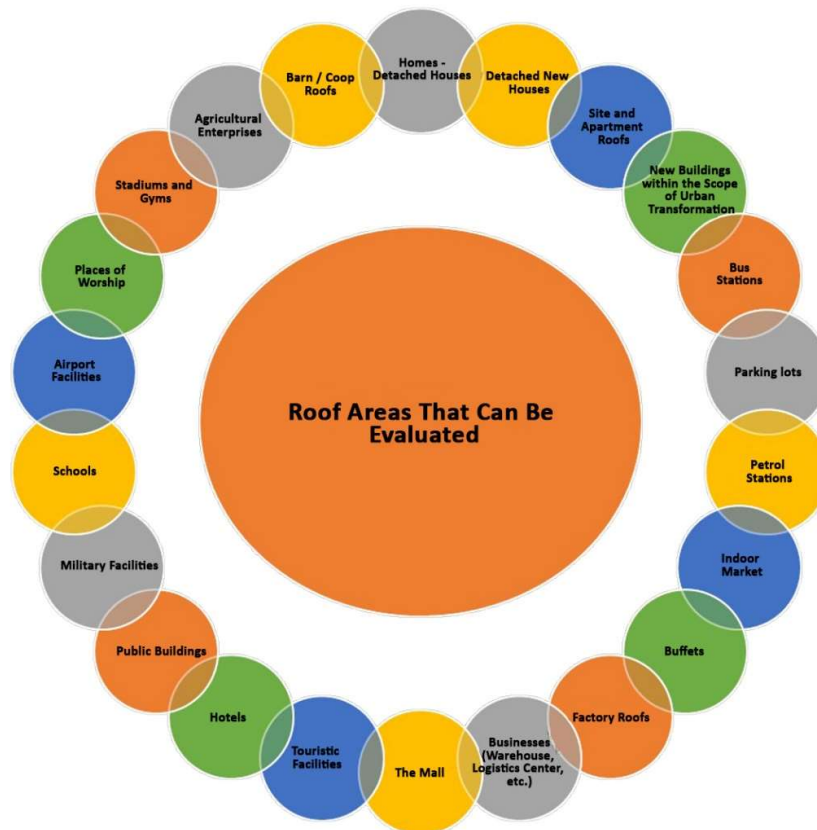
Στο πλαίσιο του κανονισμού ΥΕΚΑ, η πρώτη εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εγκαθίσταται στην Konya / Karapinar με βάση την ηλιακή ενέργεια. Στο Karapinar θα δημιουργηθεί μια συνολική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δυναμικότητας 1000 MWe / 1300 MWm. Η εγκατάσταση αυτή αναμένεται να παράγει τουλάχιστον 2 δισεκατομμύρια kWh ηλεκτρικής ενέργειας κάθε χρόνο.

Επιπλέον, στην προκήρυξη του διαγωνισμού που δημοσιεύθηκε στο τμήμα διαφόρων προκηρύξεων της Επίσημης Εφημερίδας της Κυβερνήσεως με ημερομηνία 03/07/2020 και αριθμό 31174, αποφασίστηκε η διεξαγωγή 74 ξεχωριστών διαγωνισμών ΥΕΚΑ, καθένας από τους οποίους θα είναι 10 MWe, 15 MWe και 20 MWe (ΥΕΚΑ SPP 3). Ο διαγωνισμός, ο οποίος προσδιορίζεται ως η τέταρτη εφαρμογή ΥΕΚΑ, θα βασίζεται στην ηλιακή ενέργεια και θα διεξαχθεί σύμφωνα με τη μέθοδο της Κατανομής Εγχώριων Αγαθών κατά Χρήση (ΥΜΚΤ). Προβλέπεται να δημιουργηθεί

δυναμικότητα σύνδεσης με συνολική ισχύ 1000 (χιλιάδων) MWe που καθορίζεται σε 36 επαρχίες με βάση τις πηγές ηλιακής ενέργειας.

Με το Προεδρικό Διάταγμα αριθ. 1044 με ημερομηνία 09/05/2019, δεδομένου ότι οι εγκαταστάσεις παραγωγής με βάση την ηλιακή ενέργεια, εκτός από τα δημόσια ιδρύματα και οργανισμούς, θα πραγματοποιούνται μόνο ως εφαρμογές σε στέγες και προσόψεις, διερευνήθηκε το ηλιακό δυναμικό μας με εφαρμογές σε στέγες και προσόψεις και προβλέπεται ότι συνολικά 2.000 - 4.000 MW συστημάτων ηλιακών μονάδων μπορούν να εγκατασταθούν σε στέγες μέσα στα επόμενα 10 χρόνια.

Σε έρευνα που διεξήγαγε η Γενική Διεύθυνση Ενεργειακών Υποθέσεων, οι περιοχές στέγης που μπορούν να αξιολογηθούν, ομαδοποιούνται όπως φαίνεται στο Σχήμα 22.



Σχήμα 22. Εκτάσεις στέγης που μπορούν να αξιοποιηθούν

Ωστόσο, οι εφαρμογές στις στέγες χρησιμοποιούνται όχι μόνο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και για θερμικές τεχνολογίες. Αυτές περιλαμβάνουν ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού και συστήματα ψύξης κτιρίων. Από το 2019, περίπου 537.000 κατοικίες και 289.000 βιομηχανικές εγκαταστάσεις επωφελήθηκαν από τέτοια συστήματα χρησιμοποιώντας 19.600.000 m² επίπεδων συλλεκτών.

Επιπλέον, η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με τη χρήση συστημάτων συγκεντρωτών έχει φτάσει τα 10MW.

4.6 Πολιτική στήριξης της Ηλιακής Ενέργειας

Μπορεί να ειπωθεί ότι σχεδόν όλες οι χώρες του κόσμου παράγουν περισσότερο ή λιγότερο, ηλεκτρισμό με ηλιακή ενέργεια. Ωστόσο, στις επίσημες στατιστικές, οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής εκτός δικτύου που δεν είναι συνδεδεμένοι με το διασυνδεδεμένο σύστημα των εθνών αποκλείονται γενικά από τις στατιστικές. Εξετάζοντας την κατανομή των συνδεδεμένων στο δίκτυο, με άλλα λόγια, των συστημάτων εντός δικτύου στον κόσμο, η Κίνα κατέχει ηγετική θέση με εγκατεστημένη ισχύ που υπερβαίνει τα 78 GW. Η Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας ακολουθείται από την Ιαπωνία, τη Γερμανία, τις ΗΠΑ, την Ιταλία, το Ηνωμένο Βασίλειο (Ηνωμένο Βασίλειο και άλλες χώρες που συνδέονται με το Ηνωμένο Βασίλειο) και την Ινδία.

Πίνακας 8. Τοπ 20 λίστα με την εγκατεστημένη δυναμικότητα των ηλιακών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο ανά χώρα [27]

	Country	Update	Installed Power (MW)
1	China	December 2020	254.355
2	United States of America	December 2020	75.572
3	Japan	December 2020	67.000
4	Germany	December 2020	53.783
5	India	December 2020	39.211
6	Italy	December 2020	21.600
7	Australia	December 2020	17.627
8	Vietnam	December 2020	16.504
9	South Korea	December 2020	14.575
10	Spain	December 2020	14.089
11	United Kingdom	December 2020	13.563
12	France	December 2020	11.733
13	Netherlands	December 2020	10.213
14	Brazil	December 2020	7.881
15	Türkiye	May 2021	7.170
16	South Africa	December 2020	5.990
17	Taiwan	December 2020	5.817
18	Belgium	December 2020	5.646
19	Mexico	December 2020	5.644
20	Ukraine	December 2020	5.360

4.7 Πολιτική για την Ηλιακή Ενέργεια στην Τουρκία

Σύμφωνα με τον Χάρτη Δυναμικού Ηλιακής Ενέργειας της Τουρκίας (GEPA) που εκπονήθηκε από το Υπουργείο Ενέργειας και Φυσικών Πόρων, η μέση ετήσια συνολική διάρκεια ηλιοφάνειας είναι 2741,07 ώρες και η μέση ετήσια συνολική τιμή ακτινοβολίας υπολογίζεται σε 1527,46 kWh/m². Οι γενικές προοπτικές και η μηνιαία μέση παγκόσμια κατανομή ακτινοβολίας στο GEPA δίνονται παρακάτω [17].

Θα μπορούσε να ειπωθεί, ότι τα τελευταία χρόνια έχουν σημειωθεί θετικές εξελίξεις στις ενεργειακές πολιτικές στην Τουρκία. Από το 2018, η Τουρκία έχει αρχίσει να διαφοροποιεί τις πηγές ενέργειας, ιδίως στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μειώνοντας έτσι το ποσοστό των πηγών που παρέχουν παραγωγή ενέργειας μέσω εισαγωγών, γεγονός που αποτελεί θετική εξέλιξη για την τουρκική οικονομία.

Επιπλέον, Τουρκία έχει κάνει κινήσεις τα τελευταία χρόνια όσον αφορά τους συλλέκτες θέρμανσης νερού και το μερίδιο που διατίθεται για δαπάνες E&A αυξάνεται χρόνο με το χρόνο οπότε αυτό αποτελεί θετική εξέλιξη [28].

4.8 Τιμές παραμέτρων ηλιακής ενέργειας της Τουρκίας

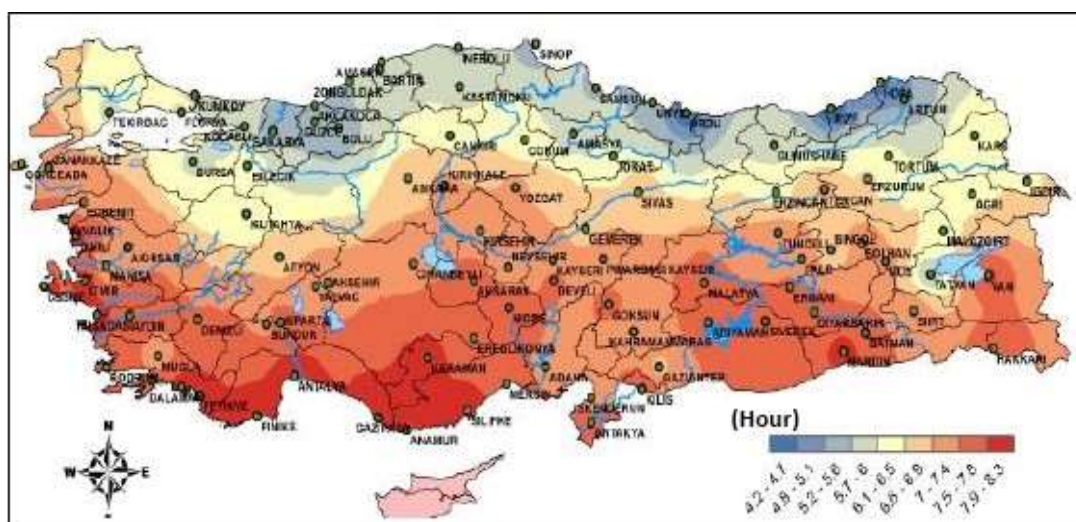
Οι κύριες πηγές ενέργειας της Τουρκίας είναι το πετρέλαιο, ο λιγνίτης, ο άνθρακας, το φυσικό αέριο, η γεωθερμία και η υδροηλεκτρική ενέργεια. Σύμφωνα με στοιχεία του 2008, η ίδια η παραγωγή της Τουρκίας μπορεί να καλύψει μόνο το 48% του συνόλου των ενεργειακών της αναγκών. Σύμφωνα με τις εκθέσεις που έχουν εκπονήσει πολλά ερευνητικά ιδρύματα, περίπου το 60% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών θα καλυφθεί από ανανεώσιμες πηγές το 2060. Η Παγκόσμια Τράπεζα εκτιμά τον εμπορικό όγκο του τομέα της ηλιακής ενέργειας σε 4 τρισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ τα επόμενα 30 χρόνια. Όταν αναλύεται η κατανομή της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 2012 και το 2030, διαπιστώνεται ότι το δυναμικό της ηλιακής ενέργειας δεν αξιοποιείται επαρκώς σήμερα. Η εκτιμώμενη παραγωγή ηλιακής ηλεκτρικής ενέργειας για το 2030 παρουσιάζεται ως 5% [29].

Πίνακας 9. Σύγκριση των εκτιμήσεων ετήσιας συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά εγκατεστημένη πηγή ενέργειας στην Τουρκία το 2012 και το 2030[29].

Source	2012		2030	
	TWh	%	TWh	%
Natural Gas	103	43	145	23
Local Coal	65	27	197	32
Hydroelectric	58	24	94	15
Wind and Geothermal	7	3	72	12
Solar	-	-	28	5
Nuclear	-	-	71	12
Others	6	2,5	12	
Total	239		619	

Η Τουρκία, βρίσκεται σε πλεονεκτική θέση όσον αφορά στο δυναμικό ηλιακής ενέργειας λόγω της γεωγραφικής της θέσης, αν και δεν το έχει ακόμη αξιοποιήσει πλήρως. Σύμφωνα με μελέτη που διεξήχθη από τη Γενική Διεύθυνση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας με τη χρήση των δεδομένων διάρκειας ηλιοφάνειας και έντασης ακτινοβολίας της Γενικής Διεύθυνσης Κρατικών Μετεωρολογικών Υποθέσεων, η μέση ετήσια συνολική διάρκεια ηλιοφάνειας της Τουρκίας είναι 2.640 ώρες (ημερήσιο σύνολο 7,2 ώρες) και η μέση συνολική ένταση ακτινοβολίας είναι 1.311 kWh/m²-έτος (ημερήσιο σύνολο 3,6 kWh/m²) [14].

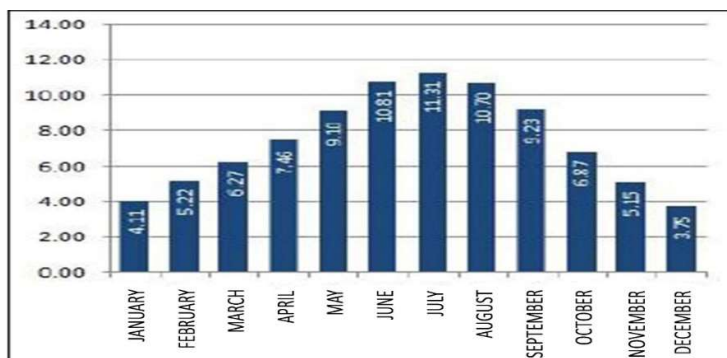
Η Τουρκία διαθέτει υψηλό δυναμικό ηλιακής ενέργειας 110 ημερών και, εάν γίνουν οι απαραίτητες επενδύσεις, μπορεί να παράγει κατά μέσο όρο 1.100 kWh ηλιακής ενέργειας ανά μονάδα m² ετησίως. Λαμβάνοντας υπόψη ότι περίπου 170 εκατομμύρια MW ενέργειας έρχονται στη γη από τον ήλιο κάθε δευτερόλεπτο, φαίνεται ότι η ηλιακή ενέργεια που έρχεται στη γη σε ένα δευτερόλεπτο είναι 1.700 φορές μεγαλύτερη από την παραγωγή ενέργειας της Τουρκίας.



Σχήμα 23. Ετήσιος μέσος ημερήσιος χρόνος ηλιοφάνειας στην Τουρκία (1985-2013)

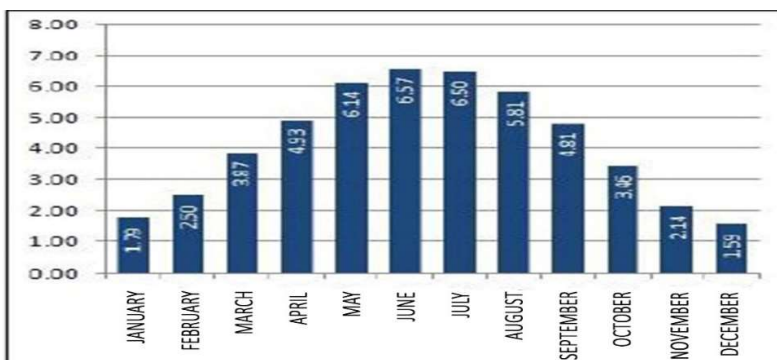
Ο Χάρτης Ηλιακού Ενεργειακού Δυναμικού της Τουρκίας (GEPA) εκπονήθηκε και τέθηκε σε χρήση από τη Γενική Διεύθυνση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας προκειμένου να αποκαλυφθεί το ηλιακό δυναμικό της Τουρκίας. Ο εν λόγω χάρτης χαρτογραφήθηκε με τη χρήση του μοντέλου ηλιακής ακτινοβολίας, ενός διεθνώς αναγνωρισμένου μοντέλου, και τεχνικών Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Για τον υπολογισμό των παραμέτρων που θα χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο και για τη βαθμονόμηση του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν 22 έτη τιμών μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας που μετρήθηκαν στους σταθμούς της Γενικής Διεύθυνσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και των Κρατικών Μετεωρολογικών Έργων μεταξύ 1985-2006 [14].

Σύμφωνα με τον Χάρτη Ηλιακού Ενεργειακού Δυναμικού (GEPA), το ετήσιο τεχνικό δυναμικό ηλιακής ενέργειας της Τουρκίας είναι περίπου 405 δισεκατομμύρια kWh ($DNI > 1800 \text{ kWh/m}^2$ -έτος) και το οικονομικό δυναμικό της είναι περίπου 131 δισεκατομμύρια kWh ($DNI > 2000 \text{ kWh/m}^2$ -έτος). Όταν αναλύονται οι τιμές των ωρών ηλιοφάνειας της Τουρκίας, διαπιστώνεται ότι η χαμηλότερη τιμή των μέσων ημερήσιων ωρών ηλιοφάνειας είναι 3,75 ώρες τον Δεκέμβριο και η υψηλότερη τιμή είναι 11,31 ώρες τον Ιούλιο[29].



Σχήμα 24 Ώρες ηλιοφάνειας στην Τουρκία (ώρες)

Όταν αναλύονται οι τιμές της παγκόσμιας ακτινοβολίας (kWh/m^2 ανά ημέρα) της Τουρκίας, διαπιστώνεται ότι το υψηλότερο ποσοστό των τιμών της παγκόσμιας ακτινοβολίας επιτυγχάνεται τον Ιούνιο με 6,57 και το χαμηλότερο τον Δεκέμβριο με 1,59 [29].



Σχήμα 25. Τιμές παγκόσμιας ακτινοβολίας στην Τουρκία (KWh/m^2 ανά ημέρα)

Όταν αναλύεται η κατανομή του δυναμικού ηλιακής ενέργειας της Τουρκίας και οι τιμές της διάρκειας ηλιοφάνειας ανά περιοχή, διαπιστώνεται ότι η περιοχή που λαμβάνει την περισσότερη ηλιακή ενέργεια είναι η περιοχή της Νοτιοανατολικής Ανατολίας με 1.460 KWh/m^2 -έτος, ακολουθούμενη από την περιοχή της Μεσογείου με 1.390 KWh/m^2 -έτος. Η περιοχή που δέχεται τη λιγότερη ηλιακή ενέργεια είναι η περιοχή της Μαύρης Θάλασσας με 1.120 KWh/m^2 -έτος.

Πίνακας 10. Κατανομή του ετήσιου συνολικού δυναμικού ηλιακής ενέργειας της Τουρκίας ανά περιοχή

Region	Total Solar Energy (kWh/m ² -year)	Sunbathing Duration (hour/year)
Southeastern Anatolia Region	1460	2993
Mediterranean Region	1390	2956
Eastern Anatolia Region	1365	2664
Central Anatolia Region	1314	2628
Aegean Region	1304	2738
Marmara Region	1168	2409
Black Sea Region	1120	1971

Ωστόσο, οι τιμές αυτές αποδείχθηκαν χαμηλότερες από το πραγματικό δυναμικό της Τουρκίας, το οποίο διαπιστώθηκε αργότερα μέσω μελετών. Από το 1992, η Γενική Διεύθυνση ΑΠΕ και η Κρατική Μετεωρολογική Υπηρεσία διεξάγουν μετρήσεις ηλιακής ενέργειας με σκοπό την ακριβέστερη μέτρηση των τιμών της ηλιακής ενέργειας. Ως αποτέλεσμα των συνεχιζόμενων μελετών μέτρησης, το δυναμικό ηλιακής ενέργειας της Τουρκίας αναμένεται να είναι 20-25% υψηλότερο από τις προηγούμενες τιμές [14].

Με αυτές τις τιμές έντασης ακτινοβολίας, οι ηλιακοί θερμοσίφωνες μπορούν να λειτουργούν με πλήρη δυναμικότητα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους στο τμήμα της Τουρκίας που βρίσκεται στη νοτιοανατολική Ανατολία και στις μεσογειακές περιοχές και καλύπτει το 17% της επιφάνειάς της. Σε ένα τμήμα της Τουρκίας που καλύπτει το 63% της επιφάνειάς της, το ποσοστό λειτουργίας των ηλιακών θερμοσιφώνων όλο το χρόνο είναι 90% και σε ένα τμήμα που καλύπτει το 94% της χώρας, το ποσοστό λειτουργίας είναι 80%. Σχεδόν παντού στην Τουρκία, οι ηλιακοί θερμοσίφωνες μπορούν να λειτουργούν σε πλήρη ισχύ έως και το 70% του έτους. Για το λόγο αυτό, οι συλλέκτες ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιούνται ευρέως σε όλες τις περιοχές, ιδίως στα νότια τμήματα της χώρας και στις ακτές του Αιγαίου, για την παραγωγή ζεστού νερού. Υπάρχουν ηλιακοί συλλέκτες σε 3-3,5 εκατομμύρια σπίτια στην Τουρκία, κυρίως στις περιοχές της Μεσογείου, του Αιγαίου και της Νοτιοανατολικής

Ανατολίας. Όλοι αυτοί οι συλλέκτες καλύπτουν μια έκταση 18 εκατομμυρίων m² και περίπου 1 εκατομμύριο m² προστίθεται σε αυτή την έκταση κάθε χρόνο. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Γενικής Διεύθυνσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, η ποσότητα ενέργειας που παρήχθη το 2007 ήταν πάνω από 420 χιλιάδες τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. Επιπλέον, η χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων σε ορισμένες βιομηχανικές εφαρμογές, εφαρμογές θέρμανσης χώρων (ηλιακή αρχιτεκτονική) και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται όλο και πιο διαδεδομένη [29].

Παρόλο που η Τουρκία είναι μία από τις λίγες χώρες στον κόσμο με υψηλό δυναμικό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ενέργεια, ο κυριότερος λόγος για την ανεπάρκεια των μελετών στην Τουρκία είναι ότι το κόστος απόκτησης ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ενέργεια είναι αρκετά υψηλό. Το υψηλό αυτό κόστος είναι ένας από τους σημαντικότερους λόγους που περιορίζουν την εμπορική αξιοποίηση αυτής της ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Η παραγωγή ηλιακής ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται σε επίπεδο πιλοτικών εφαρμογών με εγκατεστημένη ισχύ 1.000 kW. Εάν το κόστος kW, το οποίο σήμερα είναι 3.000 δολάρια, μειωθεί στα 1.500 δολάρια, οι εφαρμογές παραγωγής ηλιακής ηλεκτρικής ενέργειας θα γίνουν ευρέως διαδεδομένες στη χώρα. Σύμφωνα με διάφορες μελέτες, έχει υπολογιστεί ότι υπάρχει δυναμικό ηλιακής ενέργειας που ισοδυναμεί με περίπου 56.000 MW δυναμικότητας θερμικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Τουρκία και αν αξιοποιηθεί αυτό το δυναμικό, μπορούν να παραχθούν κατά μέσο όρο 380 δισεκατομμύρια kWh ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως [29].

Αν και η τρέχουσα χρήση της ηλιακής ενέργειας αφορά κυρίως την παροχή ζεστού νερού, οι εξελίξεις όσον αφορά τις πηγές ηλιακής ενέργειας θα πρέπει να παρακολουθούνται στενά τα επόμενα χρόνια και να εκπονηθούν μελέτες για την ταχεία αξιοποίηση των δυνατοτήτων, εφόσον η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να ανταγωνιστεί άλλες πηγές ενέργειας. Λόγω της μείωσης του κόστους και των κινήτρων που εφαρμόζουν οι ανεπτυγμένες χώρες, όπως η ΕΕ και οι ΗΠΑ, οι μελέτες για την απόκτηση ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ενέργεια αυξάνονται ραγδαία στον κόσμο. Η συμπερίληψη χρήσεων ΑΠΕ, όπως η ηλιακή ενέργεια, στις ενεργειακές πολιτικές της χώρας θα μειώσει τις εισαγωγές ενέργειας και θα μειώσει τη ρύπανση του περιβάλλοντος που προκαλούν τα ορυκτά καύσιμα[29].

5. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

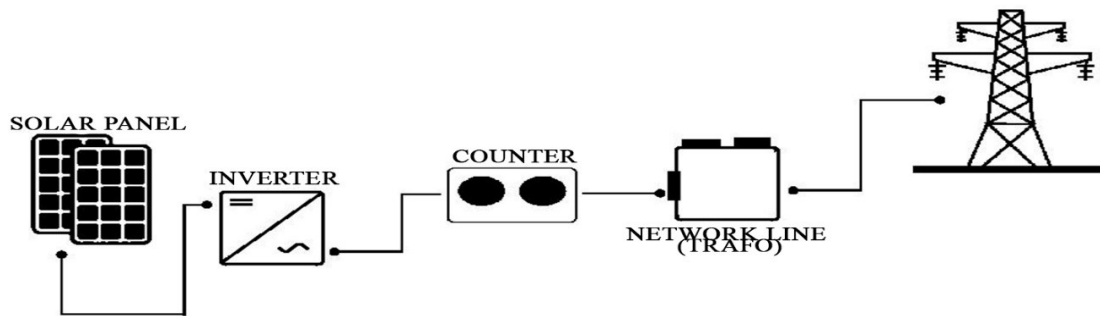
Η αρχή λειτουργίας των ηλιακών πάνελ που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ηλιακής ενέργειας βασίζεται στην αρχή της κίνησης των ηλεκτρονίων, δηλαδή στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, το οποίο εμφανίζεται στα υλικά στα οποία πέφτει φως. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, δηλαδή τα ηλιακά πάνελ, είναι εξοπλισμός αποτελούμενος από ημιαγωγικά υλικά που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια που πέφτει πάνω τους απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Ένα ηλιακό πάνελ αποτελείται περίπου από κυψέλες πυριτίου, γυάλινη μονάδα περιβλήματος, πλαίσιο προστασίας και στερέωσης, καλώδια συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται στο ηλιακό πάνελ.

Το πυρίτιο είναι ένα μη μέταλλο με αγωγίμες ιδιότητες που του επιτρέπουν να απορροφά το ηλιακό φως και να το μετατρέπει σε χρήσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Όταν το φως προσπίπτει σε μια κυψέλη πυριτίου, προκαλεί την κινητοποίηση των ηλεκτρονίων στις κυψέλες πυριτίου, ξεκινώντας τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτό είναι γνωστό ως "φωτοβολταϊκό (ΦΒ) φαινόμενο" και περιγράφει τη συνολική λειτουργία της τεχνολογίας των ηλιακών πάνελ.

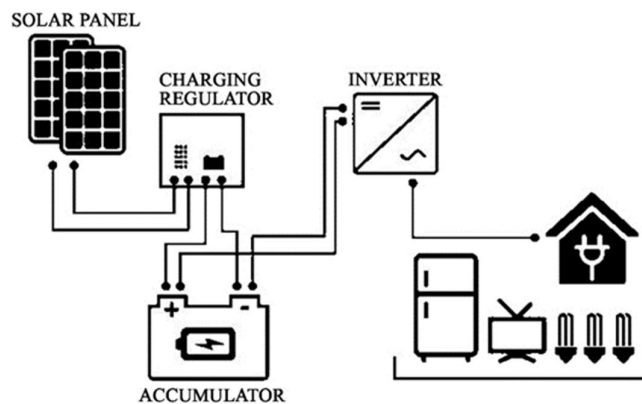
Χρησιμοποιώντας ηλιακές κυψέλες με βάση το πυρίτιο, μπορούμε να μετατρέψουμε το ηλιακό φως απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια. Με την ανατολή του ήλιου, οι ακτίνες χτυπούν τα ηλιακά πάνελ σας και τα ηλιακά πάνελ μετατρέπουν αυτές τις ακτίνες σε ηλεκτρόνια συνεχούς ρεύματος. Τα ηλεκτρόνια πηγάζουν από το ηλιακό πάνελ σε έναν μετατροπέα. Ο αντιστροφέας μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο ρεύμα. Το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι ο τύπος ρεύματος που επιτρέπει τη λειτουργία πολλών ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή.

Οι τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων χωρίζονται σε τρεις κύριες ομάδες. Αυτές είναι: συστήματα εντός δικτύου, συστήματα εκτός δικτύου, φωτοβολταϊκά υβριδικά συστήματα. Αυτά τα τρία συστήματα διαχωρίζονται μεταξύ τους με βάση τον εξοπλισμό που περιέχουν.



Σχήμα 26. Διασυνδεδεμένα συστήματα ΦΒ [30]

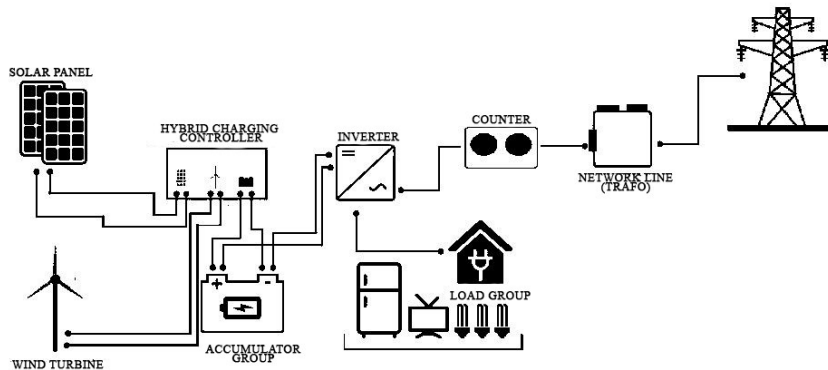
Φωτοβολταϊκά συστήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο (On-Grid): Ένα συνδεδεμένο στο δίκτυο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι ένα σύστημα που παράγει ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκές μονάδες και παρέχει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει στο δίκτυο, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο. Βασικά στοιχεία ενός συνδεδεμένου στο δίκτυο φωτοβολταϊκού συστήματος, φωτοβολταϊκές μονάδες, αντιστροφείς, κιβώτιο διακλάδωσης (DC/AC), μονάδα κλιματισμού ισχύος, πίνακας διανομής AC και μετασχηματιστής, διανομέας και σταθμός διανομής. Σε ένα σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο, η ηλιακή ενέργεια που παράγεται κατά τις ώρες της ημέρας παρέχεται στο δίκτυο χωρίς αποθήκευση ενέργειας



Σχήμα 27. Σύστημα Φ/Β, μη διασυνδεδεμένο [30]

Φωτοβολταϊκά συστήματα εκτός δικτύου: Τα συστήματα εκτός δικτύου είναι επίσης γνωστά ως αυτόνομα συστήματα. Τα συστήματα αυτά αποθηκεύουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις ηλιακές φωτοβολταϊκές μονάδες σε συσκευές αποθήκευσης, όπως οι μπαταρίες. Η ενέργεια που αποθηκεύεται στις μπαταρίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν υπάρχει ζήτηση για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ή τη νύχτα όταν δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία. Πιο συγκεκριμένα, τα συστήματα

αυτά χρησιμοποιούνται σε απομακρυσμένες τοποθεσίες όπου δεν υπάρχει παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, έλλειψη ενέργειας ή δεν υπάρχει πρόσβαση στο δίκτυο.



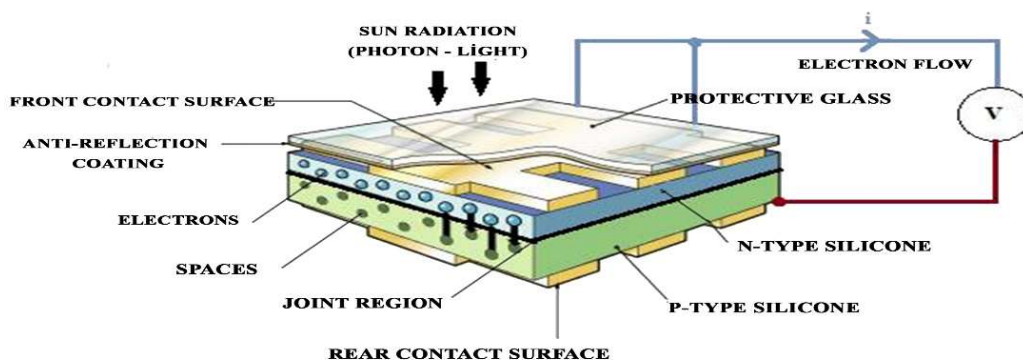
Σχήμα 28. Υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα [30]

Φωτοβολταϊκά υβριδικά συστήματα: Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά ηλιακά πάνελ και μικρές ανεμογεννήτριες ποικίλλει ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες. Ως εκ τούτου, δεν αποτελούν από μόνα τους πολύ πλούσια πηγή παραγωγής ενέργειας. Ο συνδυασμός συστημάτων (αιολικών και ηλιακών) είναι πιο αποτελεσματικός στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η λύση αυτή ονομάζεται υβριδικό σύστημα. Σύμφωνα με πολλούς ειδικούς σε θέματα ΑΠΕ, ένα μικρό υβριδικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα όταν ο άνεμος και τα φωτοβολταϊκά συνδυάζονται σε ένα σύστημα. [31].

5.1 Στοιχεία των Συστημάτων Ηλιακής Ενέργειας

5.1.1 Ηλιακή Κυψέλη

Ένα ηλιακό κύτταρο (ηλιακή κυψέλη) είναι μια φωτοβολταϊκή συσκευή που μετατρέπει το φως απευθείας σε ηλεκτρικό ρεύμα. Λειτουργώντας ως δίοδος ημιαγωγού, το ηλιακό κύτταρο μετατρέπει την ενέργεια που μεταφέρει το ηλιακό φως απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας την εσωτερική φωτοηλεκτρική αντίδραση. Τα ηλιακά κύτταρα λειτουργούν με βάση τη φωτοβολταϊκή αρχή, δηλαδή όταν πέφτει φως πάνω τους, δημιουργείται ηλεκτρική τάση στους ακροδέκτες τους[30].



Σχήμα 29. Δομή και μηχανισμός λειτουργίας φωτοβολταϊκών κυψελών [30]

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ηλιακών κυψελών είναι τα εξής,

- Κρυσταλλικό πυρίτιο,
- άμορφο πυρίτιο,
- αρσενικούχο γάλλιο,
- Τελλουρίδιο του καδμίου,
- δισελενιούχο ίνδιο του χαλκού,
- Κυψέλες οπτικού συγκεντρωτή.

Τα φωτόνια παράγονται όταν το ηλιακό φως προσπίπτει στην επιφάνεια του ημιαγωγού και τα ηλεκτρόνια στο εσωτερικό του ατόμου απελευθερώνονται. Τα φωτόνια περιέχουν διαφορετικές ποσότητες ενέργειας για κάθε μήκος κύματος στο φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Όταν τα φωτόνια προσπίπτουν στο ηλιακό κύτταρο, ορισμένα από αυτά ανακλώνται ακριβώς, ορισμένα απορροφώνται από το ηλιακό κύτταρο και ορισμένα περνούν μέσα από το ηλιακό κύτταρο. Τα φωτόνια που απορροφώνται από το ηλιακό κύτταρο παράγουν ηλεκτρική ενέργεια.

5.1.2 Ηλιακό Πάνελ

Ένα ηλιακό πάνελ είναι μια πηγή ενέργειας που αποτελείται από πολλές ηλιακές κυψέλες για την απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας [31].



Σχήμα 30. Ηλιακά πάνελ

Το ηλιακό πάνελ αποτελείται από ηλιακές κυψέλες για την απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση ενός ηλιακού πάνελ καθορίζεται από τον ρυθμό με τον οποίο το κύτταρο το οποίο χρησιμοποιείται μετατρέπει το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια [32].

5.1.3 Αντιστροφέας

Ο αντιστροφέας, γνωστός ως στοιχείο μετατροπής ηλεκτρικής ισχύος, ονομάζεται επίσης μετατροπέας. Οι αντιστροφείς είναι στοιχεία ηλεκτρονικής ισχύος που χρησιμοποιούνται για τη λήψη εναλλασσόμενης τάσης με σταθερό ή μεταβλητό πλάτος και συχνότητα μέσω της επεξεργασίας της τάσης που λαμβάνεται από οποιαδήποτε πηγή συνεχούς ρεύματος. Εν συντομία, ο αντιστροφέας είναι μια συσκευή που μας επιτρέπει να χρησιμοποιούμε τα 220 ή 380 βολτ της ενέργειας που παράγεται από τα ηλιακά πάνελ σε συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακή ενέργεια [33].



Σχήμα 31. Αντιστροφέας

5.1.3 Στοιχεία Σύνδεσης

Σύνδεσμος MC-4: Είναι ένα ειδικό στοιχείο που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση των καλωδίων των ηλιακών πάνελ μεταξύ τους και παρέχει στεγανότητα κλάσης IP67 στα σημεία σύνδεσης.

Σύνδεσμος διακλάδωσης MC-4: Είναι ένας ειδικός σύνδεσμος που χρησιμοποιείται για την παράλληλη σύνδεση ηλιακών πάνελ και χρησιμοποιείται για τη σύνδεση πολλαπλών πάνελ μεταξύ τους. Ο σύνδεσμος διακλάδωσης MC-4, ο οποίος παρέχει στεγανοποίηση κλάσης IP67 στα σημεία σύνδεσης, παράγεται ειδικά για εξωτερική χρήση και έχει υψηλή αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία.

Συνδετήρας διόδου MC-4: Ο σύνδεσμος διόδων MC-4, είναι ένα στοιχείο προστασίας που τοποθετείται στο καλώδιο για να εμποδίζει τα σκιασμένα πάνελ να επηρεάζουν τα υπόλοιπα σε ένα σύστημα ηλιακής ενέργειας που αποτελείται από ηλιακά πάνελ συνδεδεμένα παράλληλα, το οποίο επιτρέπει τη διέλευση ηλεκτρικής ενέργειας μόνο προς μία κατεύθυνση (από το πάνελ προς τα έξω), είναι κατάλληλο για εξωτερική χρήση και έχει υψηλή αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία, καθώς παρέχει στεγανότητα κλάσης IP67 στα σημεία σύνδεσης.

Καλώδιο: Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος ηλιακής ενέργειας, η διατομή του καλωδίου πρέπει να υπολογίζεται προσεκτικά ανάλογα με την ισχύ του συστήματος και την ποσότητα του καλωδίου που πρόκειται να εγκατασταθεί. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παράγοντες, καθώς η λανθασμένη επιλογή καλωδίων μπορεί να οδηγήσει σε απώλειες απόδοσης και τα καλώδια με ακατάλληλη ικανότητα μεταφοράς ρεύματος και τύπους μπορεί επίσης να αποτελέσουν κίνδυνο πυρκαγιάς.



Σχήμα 32. Στοιχεία Σύνδεσης

Ασφάλεια: Οι ασφάλειες που θα προστατεύουν το σύστημα μπορούν να συνδεθούν στην έξοδο του ρυθμιστή για να αποσυνδέσουν το σύστημα ηλιακής ενέργειας και το μπλοκ μπαταριών στο οποίο είναι συνδεδεμένα. Η ασφάλεια που θα εγκατασταθεί

πρέπει να επιλεγεί σύμφωνα με την ισχύ του συστήματος. Η ασφάλεια που επιλέγεται πάνω από τη μέγιστη τιμή ρεύματος μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο σύστημα, ενώ η ασφάλεια που επιλέγεται κάτω από αυτή την τιμή μπορεί να διακόπτει συνεχώς το κύκλωμα.

5.1.4 Μπαταρία

Η μπαταρία είναι ένα ενεργειακό εργαλείο που αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια και την καθιστά διαθέσιμη όταν χρειάζεται. Στα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακή ενέργεια, η ενέργεια που παράγεται από τα ηλιακά πάνελ αποθηκεύεται στην ομάδα μπαταριών με συσκευές ελέγχου φόρτισης. Η ενέργεια στις μπαταρίες μπορεί να μετατραπεί σε 220 βολτ με έναν αντιστροφέα. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, η μπαταρία gel έχει γίνει ένας από τους πλέον προτιμώμενους τύπους μπαταριών στα συστήματα ηλιακής ενέργειας, διαφοροποιούμενη από άλλους τύπους μπαταριών.

Μπαταρία Gel

Οι μπαταρίες gel, οι οποίες αντικαθιστούν τις μπαταρίες μολύβδου οξέος και ξεχωρίζουν σε σχέση με άλλες μπαταρίες από άποψη απόδοσης, ανήκουν στην κατηγορία των μπαταριών ξηρού τύπου. Η μπαταρία τζελ περιέχει ηλεκτρολύτες σε μορφή τζελ και όχι σε υγρή μορφή. Η σύσταση τζελ στο εσωτερικό της μπαταρίας επιτυγχάνεται με ομοιογενή ανάμιξη θειικού οξέος και πυριτίας με αιθάλη. Οι μπαταρίες gel είναι ανθεκτικές σε υψηλές θερμοκρασίες και κραδασμούς όσον αφορά τις ιδιότητές τους. Για το λόγο αυτό, προτιμώνται εντατικά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η θαλάσσια, η αιολική και η ηλιακή ενέργεια.

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό που διακρίνει τη μπαταρία gel από άλλους τύπους μπαταριών είναι ότι προσφέρει βαθιά εκφόρτιση. Όταν οι μπαταρίες gel επαναφορτίζονται μετά από πλήρη εκφόρτιση, το χαρακτηριστικό ότι η χημική δομή της δομής τους δεν καταστρέφεται ονομάζεται βαθιά εκφόρτιση. Με αυτόν τον τρόπο, οι μπαταρίες gel, οι οποίες ξεχωρίζουν με τη μακροζωία τους, δεν προκαλούν αναποτελεσματικότητα και αντοχή.

Χάρη στη συνοχή gel του ηλεκτρολύτη που περιέχεται σε αυτήν, το πρόβλημα της εξάτμισης εξαλείφεται χάρη στον ηλεκτρολύτη gel στις μπαταρίες gel, οι οποίες λειτουργούν με υψηλή απόδοση ακόμη και στη χαμηλότερη ή την υψηλότερη θερμοκρασία και δεν υπάρχει ανάγκη προσθήκης καθαρού νερού στη μπαταρία.

Οι μπαταρίες gel, οι οποίες προσφέρουν υψηλές τιμές σε αντίθεση με τη χαμηλή ικανότητα παραγωγής ενέργειας της πλημμυρισμένης μπαταρίας, παρέχουν επίπεδο ενέργειας 80 αμπέρ. Από την άποψη αυτή, έχει απόδοση περίπου 75 φορές υψηλότερη από άλλες μπαταρίες.

Οι μπαταρίες gel είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Οι μπαταρίες gel έχουν λιγότερα προβλήματα διαρροής που παρατηρούνται σε σχέση με τις υδατικές μπαταρίες ανάλογα με τη χρήση- Είναι πιο ανθεκτικές στους κραδασμούς, στην επαφή με το υγρό, στην τριβή και στα χτυπήματα. Οι μπαταρίες gel μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολλά χρόνια.

5.1.5 Μονάδα Ελέγχου Φόρτισης

Η ρύθμιση του ρεύματος από το ηλιακό πάνελ αποτρέπει την πλήρη φόρτιση ή την πλήρη αποφόρτιση της μπαταρίας. Ανάλογα με την τιμή ρεύματος που απαιτείται για τον καταναλωτή, είναι απαραίτητο να επιλέξετε τον τύπο που μπορεί να λειτουργήσει αρμονικά στο σύστημα. Επιπλέον, ο ρυθμιστής φόρτισης της μπαταρίας πρέπει να είναι συμβατός με την τάση της μπαταρίας. Η έξοδος συνεχούς ρεύματος μπορεί να ληφθεί από τον ρυθμιστή φόρτισης. Οι περισσότεροι ρυθμιστές διαθέτουν οθόνη που εμφανίζει αριθμητικές πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση φόρτισης. Πολλές εταιρείες κατασκευής ρυθμιστών έχουν καθορίσει τον ρυθμιστή που πρέπει να επιλεγεί ανάλογα με την ισχύ του πίνακα και τον έχουν προσθέσει στους καταλόγους τους σε πίνακες [34].



Σχήμα 33. Μονάδα Ελέγχου Φόρτισης

5.1.6 Στοιχεία Τοποθέτησης

Οι ηλιακοί σταθμοί μπορούν να εγκατασταθούν σε εδάφη με διαφορετικές στατικές ιδιότητες. Προκειμένου ο σταθμός ηλεκτροπαραγωγής να έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, θα πρέπει να γίνονται προσεκτικά στατικοί υπολογισμοί που σχετίζονται με το έδαφος που πρόκειται να εγκατασταθεί. Οι ηλιακοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας μπορούν να εγκατασταθούν με κατασκευές από αλουμίνιο και χάλυβα. Ωστόσο, δεν είναι κάθε σχεδιασμός ή κατασκευή κατάλληλη για κάθε μονάδα παραγωγής ενέργειας. Ειδικότερα, θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής που εγκαθίστανται στην οροφή ή σε μεγάλα μπαλκόνια που ονομάζονται βεράντες θα πρέπει να είναι γειωμένο και αν πρόκειται να γίνει γεώτρηση, η μόνωση θα πρέπει να γίνει πολύ καλά ή η κατασκευή θα πρέπει να εγκατασταθεί με τσιμεντόλιθους. Το υλικό της κατασκευής που θα γίνει από το έδαφος που θα φέρει το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα οδηγήσει στην πιθανότητα να είναι ατσάλι ή αλουμίνιο. Η εξωτερική επίστρωση της προετοιμασμένης κατασκευής ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες θα εξασφαλίσει τη μεγάλη διάρκεια ζωής της..

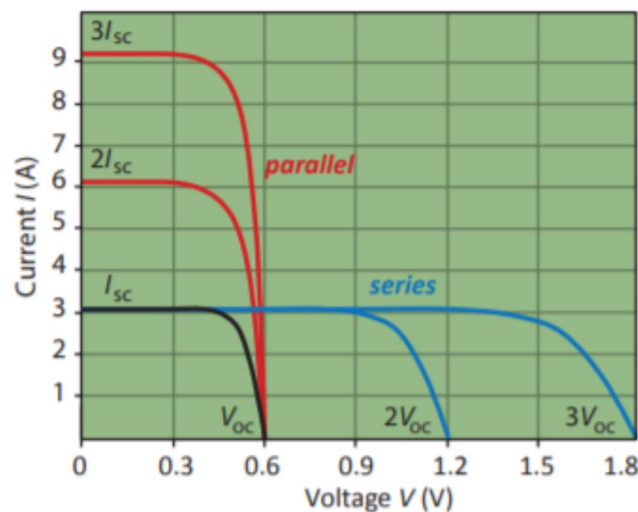


Σχήμα 34. Στοιχεία Τοποθέτησης

5.2 Τύποι Σύνδεσης και Υπολογισμός Εγκατεστημένης Ισχύος

Η σύνδεση πολλαπλών ηλιακών πάνελ σε σειρά, παράλληλα ή μεικτά είναι ένας αποτελεσματικός και εύκολος τρόπος όχι μόνο για τη δημιουργία ενός οικονομικώς αποδοτικού συστήματος ηλιακών πάνελ αλλά και για να μας βοηθήσει να προσθέσουμε περισσότερα ηλιακά πάνελ στο μέλλον για να καλύψουμε τις αυξανόμενες καθημερινές μας ανάγκες. Ο τύπος των ηλιακών συλλεκτών, η ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που πρέπει να παραχθεί, ο ρυθμιστής φόρτισης, η μπαταρία και ο μετατροπέας και άλλα στοιχεία του συστήματος είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τους τύπους σύνδεσης.

Όταν απαιτείται υψηλότερη τάση από κάθε πάνελ στο σταθμό ηλιακής ενέργειας, τα ηλιακά πάνελ συνδέονται σε σειρά και όταν απαιτείται υψηλότερο ρεύμα, τα πάνελ συνδέονται παράλληλα.



Σχήμα 35: Καμπύλες I-V ηλιακών κυψελών συνδεδεμένων σε σειρά και παράλληλα [37]

Και οι δύο τύποι σύνδεσης μπορούν να εφαρμοστούν εάν απαιτείται τόσο υψηλότερη τάση όσο και υψηλότερο ρεύμα, αυτό σημαίνει ότι ορισμένοι από τους ηλιακούς συλλέκτες σας θα πρέπει να συνδεθούν σε σειρά, ενώ άλλοι θα πρέπει να συνδεθούν παράλληλα.

Εγκατεστημένη ισχύς: Αναφέρεται στο άθροισμα της ονομαστικής (επισημασμένης) ισχύος των καταναλωτών ηλεκτρικής ενέργειας σε μια εγκατάσταση[35].

Η εγκατεστημένη ισχύς σε ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται πολλαπλασιάζοντας τον συνολικό αριθμό των πλαισίων στο σύστημα με

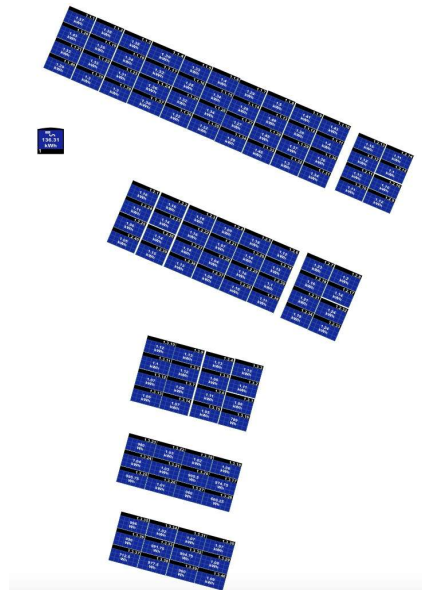
την ισχύ ενός πλαισίου. Η εγκατεστημένη ισχύς εκφρασμένη ως Wp μπορεί να υπολογιστεί με τον ακόλουθο απλό τύπο.

Εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος = Συνολικός αριθμός πλαισίων * Ισχύς 1 πλαισίου.

Για παράδειγμα στο ιδιωτικό Τεχνικό Κολλέγιο του Βιομηχανικού Επιμελητηρίου της Αγκυρας (Επαγγελματικό και Τεχνικό Λύκειο της Ανατολίας), υπάρχουν εγκατεστημένα 80 ηλιακά πάνελ των 275 W και 40 ηλιακά πάνελ των 310 W. Η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος είναι 34,4 kWp και η ισχύς του αντιστροφέα είναι 27,3 kWe. Ο υπολογισμός έχει ως εξής.

$$\begin{aligned}
 \text{Εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος} &= \text{Συνολικός αριθμός πλαισίων} \times \text{ισχύς 1} \\
 \text{πλαisiού} &= 80 \times 275 \\
 &= 22.000 \text{ W} = 22 \text{ kW} \\
 &= 40 \times 310 \\
 &= 12.400 \text{ W} = 12,4 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος} &= 22.000 + 12.400 \\
 &= 34.400 \text{ W} = 34,4 \text{ kWp}
 \end{aligned}$$



Εικόνα 31. Ιδιωτικό Τεχνικό Επιμελητήριο της Αγκυρας Τεχνικό Κολέγιο Επαγγελματικό και Τεχνικό Λύκειο Ανατολίας - Σχέδιο διάταξης

6. ΤΥΠΟΙ ΚΥΤΤΑΡΩΝ

6.1 Φωτοβολταϊκή μέθοδος

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (ή κυψέλες ή κύτταρα) συνδέονται ηλεκτρικά σε σειρά ή παράλληλα για να επιτευχθεί υψηλότερο επίπεδο ρεύματος, τάσης ή ισχύος. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες περιέχουν φωτοβολταϊκές κυψέλες που συνδέονται μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι αδιαπέραστες από περιβαλλοντικούς παράγοντες. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια περιέχουν δύο ή περισσότερες φωτοβολταϊκές μονάδες που συνδέονται με ηλεκτρικά καλώδια. Οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες, από την άλλη πλευρά, είναι εξοπλισμός παραγωγής ενέργειας που περιέχει ορισμένο αριθμό φωτοβολταϊκών μονάδων ή πλαισίων [39].

6.2 Κρυσταλλικά Πάνελ

Ανάλογα με την κρυσταλλική τους δομή, τα πάνελ ηλιακής ενέργειας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: μονοκρυσταλλικά και πολυκρυσταλλικά..

6.2.1 Μονοκρυσταλλικό

Το μονοκρυσταλλικό ηλιακό πάνελ, ένα από τα παλαιότερα και πιο γνωστά ηλιακά πάνελ, έχει μονοκρυσταλλική δομή. Όλα τα ηλιακά κύτταρα εμφανίζονται με ένα ενιαίο χρώμα. Οι μονοκρυσταλλικοί ηλιακοί συλλέκτες, που έχουν τον υψηλότερο βαθμό απόδοσης στην περιοχή του 19-20%, εξοικονομούν χώρο. Οι μονοκρυσταλλικοί ηλιακοί συλλέκτες προτιμώνται για την ύπαρξη δομών μακράς διάρκειας και μπορούν να εγγυηθούν κατά μέσο όρο 17-20 χρόνια. Παρά την υψηλή απόδοσή τους, το υψηλό κόστος τους, ωθεί τους μονοκρυσταλλικούς συλλέκτες σε δεύτερη μοίρα. Δεδομένου ότι είναι κατασκευασμένοι από ανθεκτικό υλικό, το αρχικό κόστος επένδυσης είναι υψηλό, αλλά αυτό μπορεί να καλυφθεί με την αποδοτικότητά του για πολλά χρόνια. Το μονοκρυσταλλικό ηλιακό πάνελ παρουσιάζεται στο Σχήμα 37.



Σχήμα 37. Μονοκρυσταλλικό ηλιακό πάνελ

6.2.2 Πολυκρυσταλλικό

Τα κύτταρα ηλιακών πάνελ από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο, αποτελούνται από ορθογώνιες κυψέλες και έχουν μια ιδιαίτερα αναγνωρίσιμη εξωτερική όψη η οποία ονομάζεται πολυκρυσταλλικό πυρίτιο. Τα χρώματα των πολυκρυσταλλικών ηλιακών συλλεκτών είναι μπλε. Σε αντίθεση με τους μονοκρυσταλλικούς ηλιακούς συλλέκτες, το κόστος παραγωγής τους είναι μικρότερο. Παρ' όλα αυτά, τα πολυκρυσταλλικά ηλιακά πάνελ, τα οποία είναι λιγότερο αποδοτικά σε σύγκριση με τα μονοκρυσταλλικά πάνελ, προτιμώνται λόγω του χαμηλού τους κόστους. Τα ποσοστά απόδοσης των πολυκρυσταλλικών ηλιακών πάνελ κυμαίνονται μεταξύ 18-19%. Το οπτικό σχήμα του πολυκρυσταλλικού πάνελ παρουσιάζεται στο Σχήμα 38.



Σχήμα 38. Πολυκρυσταλλικό ηλιακό πάνελ

Η ανοχή στη θερμότητα των πολυκρυσταλλικών ηλιακών πάνελ είναι χαμηλότερη από τα μονοκρυσταλλικά ηλιακά πάνελ. Η κατάσταση αυτή επηρεάζει αρνητικά την απόδοση των πολυκρυσταλλικών ηλιακών συλλεκτών. Παρόλα αυτά, προτιμώνται συχνά, λόγω του χαμηλότερου κόστους εγκατάστασής τους.

6.3 Λεπτό Φιλμ

Τα ηλιακά πάνελ λεπτής μεμβράνης χρησιμοποιούνται σπάνια σε μονάδες ηλιακής ενέργειας λόγω της χαμηλής τους απόδοσης. Αν και το ποσοστό προτίμησης είναι χαμηλό σε συγκεκριμένες περιοχές, το κόστος τους έχει μειωθεί ανάλογα με τους συντελεστές παραγωγής και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγαλύτερες περιοχές λόγω της δομής τους. Οι ηλιακοί συλλέκτες λεπτής μεμβράνης, οι οποίοι είναι πολύ προσιτοί, μπορούν να προτιμηθούν για τον εξωτερικό τοίχο των κτιρίων. Τα πάνελ αυτά, τα οποία έχουν πολύ πλεονεκτική δομή για τους παράγοντες μαζικής παραγωγής, μπορούν να φθαρούν περισσότερο και να παραμορφώνονται ταχύτερα από άλλα πάνελ.

6.4 Εύκαμπτο Πάνελ

Τα εύκαμπτα ηλιακά πάνελ είναι τύποι πάνελ που κατασκευάζονται από ελαφρύτερο και εύκαμπτο υλικό σε σύγκριση με άλλα υπάρχοντα ηλιακά πάνελ. Πρόκειται για ένα προϊόν που χρησιμοποιείται κυρίως σε τομείς που απαιτούν σημαντικό σχεδιασμό, όπως σκάφη, πλοία, ναυτικά, ηλεκτρικά ποδήλατα, και παρέχει σημαντικό πλεονέκτημα στις κεκλιμένες στέγες. Οι εύκαμπτοι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να παρέχουν ευκολία χρήσης χωρίς να καταστρέφουν τη μόνωση της στέγης σε κεκλιμένες επιφάνειες όπου η εγκατάσταση είναι δύσκολη.

Τα εύκαμπτα ηλιακά πάνελ αποκτούν εξέχουσα θέση όχι μόνο επειδή μεταφέρονται εύκολα, αφού είναι ελαφρύτερα από άλλα ηλιακά πάνελ, αλλά και επειδή έχουν ιδιαίτερο αποτέλεσμα στην επιφάνεια στην οποία εφαρμόζονται. Επιπλέον, μπορούν να εφοδιάζονται με διαφορετικές επιλογές ισχύος.

6.5 Διαφανές

Τα διαφανή ηλιακά πάνελ παράγονται για να εμποδίζουν τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας, σε κάποιο βαθμό, καλύπτοντας τις εξωτερικές επιφάνειες κτιρίων, όπως πλατείες και εμπορικά κέντρα, των οποίων οι εξωτερικές επιφάνειες αποτελούνται εξ ολοκλήρου από γυαλί. Με αυτόν τον σκοπό, οι εργαζόμενοι θα μπορούν να εργάζονται χωρίς να αποσπούν την προσοχή τους από το ηλιακό φως κατά τη διάρκεια των ωρών εργασίας και θα παρέχεται παραγωγή ενέργειας.

Παράλληλα, η δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας σε μπαταρίες, καθώς και η χρήση της όταν απαιτείται, καθιστούν τους διαφανείς ηλιακούς συλλέκτες ένα πολύ συμφέρων είδος επένδυσης. Παρόλα αυτά, η απόδοσή τους δεν είναι πολύ υψηλή.

Ωστόσο, η περίπτωση της κάλυψης όλων των κτιρίων, των οποίων η εξωτερική επιφάνεια είναι εξ ολοκλήρου από γυαλί, ή η παράταση των περιόδων χρήσης με την κάλυψη προϊόντων όπως κινητά τηλέφωνα, υπολογιστές tablet που καταναλώνουν ένα ορισμένο ποσό φόρτισης, κάνουν τα πάνελ αυτά να αποκτούν εξέχουσα θέση.

6.6 Υβριδικό

Τα ηλιακά κύτταρα μπορούν να μετατρέψουν το 15% της ενέργειας από τον ήλιο σε ηλεκτρική ενέργεια, ενώ το μεγαλύτερο μέρος της υπόλοιπης ενέργειας μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια, προκαλώντας τη θέρμανση του ηλιακού κυττάρου. Κάθε αύξηση

της θερμοκρασίας κατά 1°C στο ηλιακό κύτταρο, μειώνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά 0,45%.

Ενώ η ιδανική θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών κυψελών υπολογίζεται στους 25°C, η θερμοκρασία της ηλιακής κυψέλης που λειτουργεί σε μια περιοχή με θερμοκρασία περιβάλλοντος 25°C μπορεί να αυξηθεί έως και 45°C. Έχουν αναπτυχθεί υβριδικά συστήματα για την ψύξη της ηλιακής κυψέλης και την εκμετάλλευση αυτής της θερμότητας.

Με αυτόν τον τρόπο λαμβάνεται ηλεκτρική ενέργεια, ζεστό νερό και αέρας. Ενώ από τη μία πλευρά, η ψύξη των ηλιακών κυττάρων παρέχει αύξηση της απόδοσης, από την άλλη πλευρά, η θερμική ενέργεια γίνεται διαθέσιμη προς χρήση.

Στα υβριδικά συστήματα, τα πάνελ ψύχονται με κανάλια νερού ή αέρα που είναι ενσωματωμένα κάτω από το ηλιακό πάνελ και η κυκλοφορία του νερού στα πάνελ που είναι ενσωματωμένα με τα κανάλια νερού παρέχεται με τη βοήθεια αντλίας. Ταυτόχρονα, η ενέργεια του θερμαινόμενου αέρα μεταφέρεται στο νερό μέσω της μονάδας μεταφοράς ενέργειας, η οποία στη συνέχεια, χρησιμοποιείται απευθείας για θέρμανση εσωτερικών χώρων.

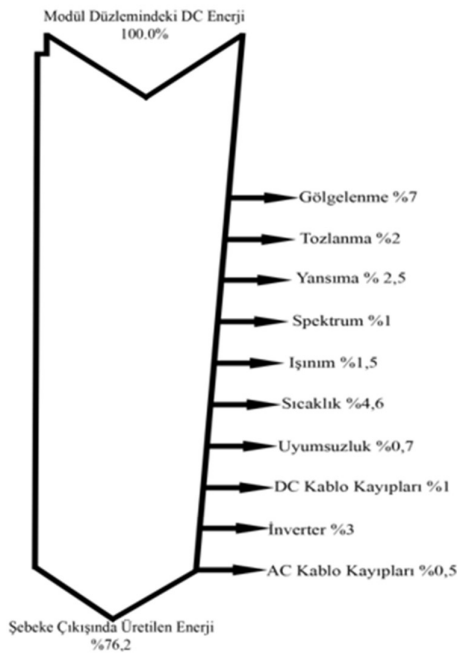
Ενώ η εξασφάλιση της αύξησης της αποδοτικότητας με την αποφυγή των πιθανών βλαβών που μπορεί να προκύψουν από την αυξανόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την υπερθέρμανση με τη μείωση της θερμότητας των πάνελ, καθώς και η λειτουργία του συστήματος με πιο σταθερό τρόπο με την απόκτηση τόσο ηλεκτρικής όσο και θερμικής ενέργειας μέσω ενός ενιαίου συστήματος κάνουν τα υβριδικά συστήματα να αποκτούν εξέχουσα θέση, το κόστος εγκατάστασης που είναι περίπου 25% υψηλότερο, κάνει τους επενδυτές να κάνουν ένα βήμα πίσω. Ωστόσο, όταν λαμβάνεται υπόψη η αποδοτικότητά του, θα καλύψει αναμφίβολα το κόστος εγκατάστασης σε σύντομο χρονικό διάστημα.

7. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΝΟΣ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η μέγιστη ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί στους ηλιακούς σταθμούς προσδιορίζεται κατά τη διάρκεια των μελετών σκοπιμότητας. Μετά την εγκατάσταση και τη θέση σε λειτουργία του σταθμού, εάν η τιμή της μέγιστης ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να παραχθεί είναι μικρότερη από εκείνη που υπολογίστηκε εκ των προτέρων, σημαίνει ότι υπάρχουν απώλειες στο σύστημα. Είναι πιο σημαντικό να προβλέψουμε αυτές τις απώλειες πριν συμβούν παρά να τις αποτρέψουμε. Καθώς, αν όλες οι δυνατές παρεμβάσεις γίνονται με συνειδητό τρόπο, μπορεί να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση του συστήματος στο συντομότερο δυνατό χρόνο. Διαφορετικά, δεν θα επιτευχθεί η επιθυμητή απόδοση ή το αναμενόμενο εισόδημα από αυτά τα συστήματα, των οποίων το κόστος εγκατάστασης είναι υψηλό. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί που χρησιμοποιούνται στους ηλιακούς σταθμούς παρέχουν ορισμένα δεδομένα. Το αποτέλεσμα των αναλύσεων των μετεωρολογικών δεδομένων, όπως η θερμοκρασία, η ακτινοβολία, η τιμή του ανέμου που λαμβάνονται από σταθμούς που έχουν αποκτήσει νόημα, καθοδηγεί τους χρήστες να δουν το επίπεδο και το ποσοστό απόδοσης του συστήματος κατά τη λειτουργία του. Σύμφωνα με τις αναλύσεις, οι παρεμβάσεις που γίνονται με συνειδητό τρόπο είναι πολύ σημαντικές για την ελαχιστοποίηση των απωλειών που μπορεί να συμβούν.

Εκτός από τους μετεωρολογικούς παράγοντες που αναφέρθηκαν, οι απώλειες που μπορεί να προκύψουν από το σχεδιασμό των ηλιακών σταθμών παραγωγής ενέργειας, όπως η σκίαση, η ποιότητα των υλικών, οι αναντιστοιχίες μεταξύ των εξαρτημάτων και οι απώλειες του αντιστροφέα μπορούν επίσης να επηρεάσουν την απόδοση του συστήματος.

Τα ποσοστά των ενεργειακών απωλειών των φωτοβολταϊκών μονάδων παρουσιάζονται στο Σχήμα 39.



Ενέργεια DC στο επίπεδο της μονάδας:
100%

Σκίαση 7%

Σκόνη και βρωμιά 2%

Αντανάκλαση 2,5%

Φάσμα 1,5%

Θερμοκρασία 4,6%

Αντιστοιχία 0,7%

Απώλειες καλωδίων DC 1%

Αντιστροφείας 3%

Απώλειες καλωδίων AC 0,5%

Η παραγόμενη ενέργεια στην έξοδο του δικτύου: 76,2%

Σχήμα 39. Ενεργειακές απώλειες φωτοβολταϊκών μονάδων

7.1 Τοποθεσία

Στους ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η ποσότητα του ηλιακού φωτός που πέφτει στην επιφάνεια των πλαισίων ανά ημέρα είναι ευθέως ανάλογη με την αξία της ηλεκτρικής ενέργειας που λαμβάνεται. Ένα από τα σημαντικότερα βήματα των μελετών σκοπιμότητας που πρέπει να πραγματοποιηθούν πριν από τη φάση της εγκατάστασης είναι να γίνει η διάταξη των πλαισίων και η τοποθέτηση του συστήματος με τον ακριβέστερο δυνατό τρόπο. Οι ηλιακοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που έχουν σχεδιαστεί ως σταθερές σειρές ή βάσεις, μπορεί να προκαλέσουν σκίαση των πλαισίων εμποδίζοντας την ακτινοβολία του ενός από το άλλο λόγω σφαλμάτων ύψους και τοποθέτησης.

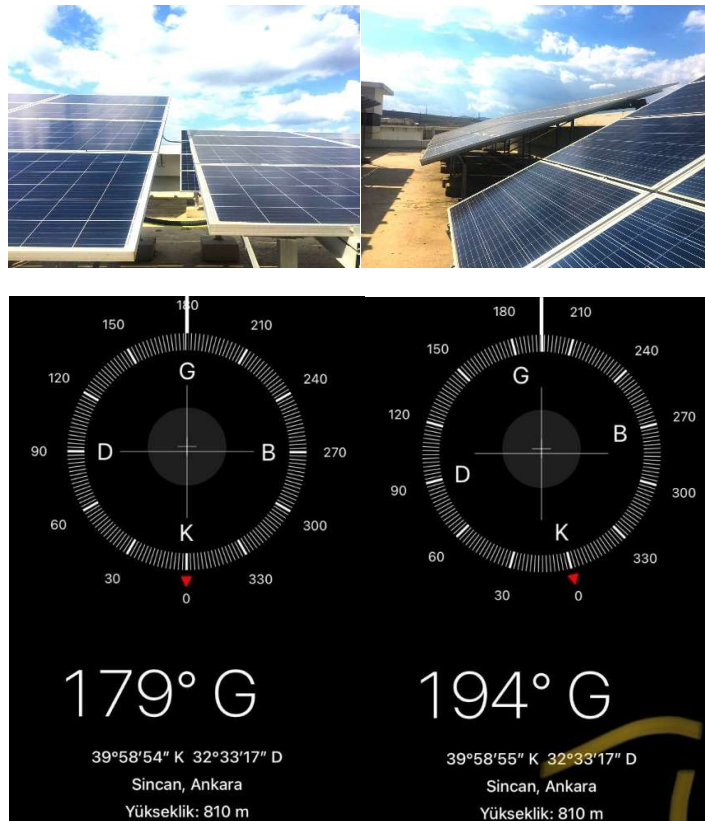
Εκτός από την πιθανότητα να σκιάζουν τα πάνελ το ένα το άλλο, ενδέχεται να προκύψουν και ορισμένες άλλες περιπτώσεις σκίασης ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της περιοχής όπου εγκαθίσταται ο ηλιακός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Παρ' όλα αυτά, η μη τοποθέτηση των πάνελ όσον αφορά την ανατολή και τη δύση του ήλιου κάθε μέρα θα οδηγήσει επίσης σε μεγάλες απώλειες. Η αποφυγή πολύ ψηλών και στενών διαστημάτων τοποθέτησης κατά την εγκατάσταση των πάνελ θα μειώσει αυτές τις απώλειες [40].

7.2 Προσανατολισμός και Γωνία Επιφάνειας

Όσο περισσότερο εκτίθενται οι επιφάνειες των πάνελ στους ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας στο ηλιακό φως, τόσο υψηλότερη θα είναι η απόδοση παραγωγής. Ένας άλλος τρόπος για να διατηρηθεί αυτή η ακτινοβολία στο μέγιστο επίπεδο, είναι ο ακριβής προσδιορισμός της κλίσης των γωνιών των σειρών κατά το σχεδιασμό της. Η απόδοση θα είναι υψηλή σε ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τοποθετημένους με ακριβή κλίση, ενώ θα είναι χαμηλότερη σε ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τοποθετημένους με ανακριβή.

Στους ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι απώλειες που προκύπτουν σε περίπτωση απόκλισης της ακτινοβολίας που προέρχεται από τον ουρανό μεταξύ του προσανατολισμού και των απωλειών της επιφανειακής γωνίας ονομάζονται απώλειες φάσματος, ενώ οι απώλειες ανάκλασης ορισμένων από τις ακτίνες που πέφτουν στην επιφάνεια του πάνελ χωρίς να μετατραπούν σε ενέργεια ονομάζονται απώλειες ανάκλασης. Είναι δυνατόν να συμπεράνουμε ότι η επιφανειακή γωνία είναι ανακριβής εάν η τιμή της ανάκλασης είναι πάνω από 4%. Οι τιμές μέτρησης της γωνίας των πάνελ παρουσιάζονται στο σχήμα 40.



Σχήμα 40. Τιμές μέτρησης γωνίας των πάνελ

7.3 Σκίαση

Οι απώλειες σκίασης αντιπροσωπεύουν τη διαφορά τάσης μεταξύ των σκιασμένων και μη σκιασμένων τμημάτων των πάνελ στους ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η κατάσταση αυτή, η οποία εμφανίζεται στην περιοχή όπου είναι εγκατεστημένος ο πίνακας διανομής ή σε περιπτώσεις όπου οι πίνακες είναι ανακριβώς τοποθετημένοι, μπορεί να εξηγηθεί με τη σκίαση του οριζοντα και τη σκίαση της σειράς των πινάκων..



Σχήμα 41. Παράδειγμα Σκίασης

Η σκίαση που προκαλείται από τα φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία είναι εγκατεστημένος ο σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (όπως τα βουνά και οι λόφοι) ονομάζεται "σκίαση οριζοντα", ενώ τα πάνελ που σκιάζουν το ένα το άλλο σε έναν σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ονομάζεται "σκίαση σειράς πάνελ". Παράδειγμα σκίασης παρουσιάζεται στο παραπάνω Σχήμα 41.

7.4 Τύπος Πάνελ

Ο τύπος πάνελ που επιλέγεται κατά τη φάση εγκατάστασης των ηλιακών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζει άμεσα την ανάλυση της απόδοσης. Ανακριβείς επιλογές μπορεί να οδηγήσουν τη μονάδα σε μεγάλες απώλειες. Παράγοντες όπως οι κλιματολογικές συνθήκες, τα χαρακτηριστικά εγγύησης των πάνελ και τα πιστοποιητικά προϊόντων θα πρέπει να αξιολογούνται πολύ καλά κατά τη φάση της σκοπιμότητας.

Η απόδοση των πολυκρυσταλλικών ηλιακών πάνελ, τα οποία συγκαταλέγονται μεταξύ των κρυσταλλικών πάνελ, κυμαίνεται μεταξύ 18-18,6%. Παρόλο που αυτά τα πάνελ βρίσκονται πιο εύκολα και το κόστος τους είναι χαμηλότερο από τα

μονοκρυσταλλικά πάνελ, η χαμηλή ανοχή τους στη θερμοκρασία και η απόδοσή τους σε σύγκριση με άλλα πάνελ μειώνει τη δημοτικότητά τους.

Τα μονοκρυσταλλικά ηλιακά πάνελ ξεχωρίζουν για την αποδοτικότητά τους, σε σύγκριση με τα πολυκρυσταλλικά πάνελ. Ενώ το γεγονός του υψηλού κόστους εγκατάστασης των μονοκρυσταλλικών ηλιακών συλλεκτών ωθεί τους εν λόγω συλλέκτες σε δεύτερη μοίρα, οι ανοχές τους στη θερμοκρασία και οι συντελεστές απόδοσης της τάξης του 19-20,6% τους καθιστούν προτιμότερους.

Όταν αναλύεται η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών ενέργειας, συναντάμε διάφορες παραμέτρους. Κατά τον σχεδιασμό, είναι πολύ σημαντικό να επιλέξουμε τον πίνακα αφού γίνει πλήρως η μελέτη σκοπιμότητας και καθοριστούν οι κλιματολογικές συνθήκες, η θέση του σταθμού παραγωγής ενέργειας, η διάταξη του πίνακα και τα φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής που πρόκειται να εγκατασταθεί. Κατά το σχεδιασμό, είναι πολύ σημαντικό να ολοκληρωθεί η μελέτη σκοπιμότητας, να προσδιοριστούν οι κλιματικές συνθήκες, η τοποθέτηση του σταθμού παραγωγής ενέργειας, η διάταξη των πάνελ και τα φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής που πρόκειται να εγκατασταθεί και, στη συνέχεια, να επιλεγεί το πάνελ.

7.5 Θερμοκρασία μεταξύ φωτοβολταϊκών μονάδων

Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία στα ηλιακά πάνελ, η ισχύς που λαμβάνεται από το πάνελ μειώνεται. Με άλλα λόγια, παρατηρείται μια αντίστροφη σχέση μεταξύ ισχύος και θερμοκρασίας. Οι τιμές της θερμοκρασίας των πάνελ, οι οποίες αυξάνονται ευθέως ανάλογα με το ημερήσιο ποσό ακτινοβολίας, μειώνουν την απόδοση. Για να αποφευχθεί αυτή η κατάσταση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να αναπτυχθούν διάφορες τεχνικές ψύξης. Με αυτόν τον τρόπο, η απόδοση που λαμβάνεται από τον ηλιακό σταθμό παραγωγής ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας θα αυξηθεί.

7.6 Καθαρισμός Ηλιακών Πάνελ

Η ρύπανση των επιφανειών των ηλιακών πάνελ λόγω διαφόρων φυσικών παραγόντων προκαλεί μείωση της απόδοσης, παρά την πιθανότητα υψηλής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η έκθεση των πάνελ σε σκόνη, λάσπη, περιπτώματα πουλιών ή το χιόνι που καλύπτει τις επιφάνειες των πάνελ κατά τη διάρκεια του χειμώνα, μπορεί να είναι τα παραδείγματα αυτών των φυσικών παραγόντων. Για να αυξηθεί η απόδοση, οι επιφάνειες των πάνελ θα πρέπει να ελέγχονται και να καθαρίζονται συχνά.

Οι εργασίες καθαρισμού μπορούν να γίνονται με ανθρώπινο δυναμικό ή με συστήματα αυτόματου καθαρισμού που μπορούν να αναπτυχθούν για το σκοπό αυτό. Η εικόνα των ηλιακών πάνελ παρουσιάζεται στο Σχήμα 42.



Εικόνα 42. Ηλιακά πάνελ

8. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Υπάρχουν τέσσερις λόγοι που επηρεάζουν την απόδοση σε ένα σύστημα SPP (Solar Power Plant). Αυτοί μπορεί να είναι οι κλιματικές επιδράσεις, οι περιβαλλοντικές επιδράσεις, τα χαρακτηριστικά και τα δομικά χαρακτηριστικά των ηλιακών πάνελ που θα χρησιμοποιηθούν στο σύστημα και οι απώλειες (απώλειες εγκατάστασης) των συσκευών που χρησιμοποιούνται για τη συναρμολόγηση του συστήματος. Αυτοί οι τέσσερις λόγοι είναι στην πραγματικότητα αλληλένδετοι. Η αγνόηση ενός από αυτούς μπορεί να προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στην παραγωγή ενέργειας του συστήματος. Ως εκ τούτου, στην περιοχή όπου θα εγκατασταθεί το SPP, οι παράμετροι αυτές θα πρέπει να εξεταστούν διεξοδικά εκ των προτέρων και να ληφθούν υπόψη όλες οι αλληλεπιδράσεις. Με αυτόν τον τρόπο, η ισχύς που θα παραχθεί από το σύστημα μπορεί να εκτιμηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια [41].

Η πλήρης γνώση των μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής όπου θα εγκατασταθεί ο SPP είναι πολύ αποτελεσματική για τον υπολογισμό της απόδοσης του πάνελ. Επομένως, η γνώση των μεταβολών αυτών των παραμέτρων κατά τη διάρκεια του έτους (εκτίμηση με βάση μετρήσεις τουλάχιστον 10 ετών) θα δώσει ακριβέστερα αποτελέσματα στις ημερήσιες και ετήσιες προβλέψεις παραγωγής ενέργειας του SPP. Οι παράμετροι που πρέπει να μετρούνται ή να είναι γνωστές μαζί με τους λόγους που τις αιτιολογούν παρατίθενται παρακάτω.

8.1 Κλιματικές επιδράσεις

8.1.1. Παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας του πάνελ (θερμοκρασία λειτουργίας)

Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία της επιφάνειας του πάνελ, η τάση ανοιχτού κυκλώματος και η τιμή V_{mpp} μειώνονται σημαντικά, γεγονός που στην πραγματικότητα προκαλεί απώλεια ισχύος. Οι κλιματικές παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας του πίνακα είναι οι εξής :

Θερμοκρασία: η αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος επηρεάζει άμεσα τη θερμοκρασία των πλαισίων, η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει την τάση ανοιχτού κυκλώματος και την τιμή V_{mpp} .

Ταχύτητα ανέμου: Η ταχύτητα του ανέμου δημιουργεί ψυκτική επίδραση στα πάνελ, η οποία αυξάνει την τάση ανοιχτού κυκλώματος των πάνελ και την τιμή V_{mpp} .

Υγρασία: Όταν η υγρασία εκτιμάται μαζί με την ταχύτητα του ανέμου, μας επιτρέπει να γνωρίζουμε με ακρίβεια τη μεταβολή της επιφανειακής θερμοκρασίας των πάνελ.

Ποσότητα ακτινοβολίας: Η ακτινοβολία που πέφτει στην επιφάνεια του πίνακα έχει περισσότερα από ένα αποτελέσματα. Παρ' όλα αυτά, λαμβάνοντας υπόψη την επίδρασή της στη θερμοκρασία της επιφάνειας, η σταθερή ποσότητα ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια θα αυξήσει τη θερμοκρασία της επιφάνειας του πίνακα μέχρι να επιτευχθεί θερμοκή ισορροπία. Καθώς αυξάνεται η ποσότητα της ακτινοβολίας, ο χρόνος για να φτάσει η θερμοκρασία της επιφάνειας των πάνελ σε ισορροπία αυξάνεται μαζί με την τιμή της θερμοκρασίας.



Σχήμα 43. Αισθητήρες μέτρησης

Η εκ των προτέρων γνώση αυτών των τεσσάρων παραμέτρων δίνει πληροφορίες σχετικά με τη θερμοκρασία λειτουργίας των πάνελ. Έτσι, η θερμοκρασία των πάνελ θα μετράται άμεσα και η αλλαγή στην αναμενόμενη απόδοση θα φαίνεται άμεσα. Η εικόνα των αισθητήρων μέτρησης παρουσιάζεται στο Σχήμα 43.

8.1.2 Παράμετροι που επηρεάζουν την ποσότητα της ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια του πάνελ

Η ακτινοβολία που πέφτει στην επιφάνεια του πάνελ, μεταβάλλει το ρεύμα βραχυκύκλωσης και την τιμή I_{mp} σε ευθεία αναλογία. Η αύξηση της ποσότητας της ακτινοβολίας δημιουργεί ένα θετικό αποτέλεσμα με την αύξηση της τιμής I_{mp} στην παραγωγή ενέργειας, καθώς και ένα αρνητικό αποτέλεσμα με την αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας του πάνελ. Ως εκ τούτου, τα πάνελ θα πρέπει να εκτιμώνται μαζί με τη θερμοκρασία της επιφάνειάς τους.

Χρόνος βροχόπτωσης: Ο συνεφιασμένος καιρός κατά τη διάρκεια της βροχόπτωσης θα μειώσει την ποσότητα της ακτινοβολίας. Αυτό θα μειώσει την ισχύ εξόδου μειώνοντας την τιμή I_{mp} .

Διάρκεια χιονόπτωσης, πυκνότητα χιονιού: Κατά τη διάρκεια χιονόπτωσης, ο καιρός είναι φωτεινότερος από έναν βροχερό. Παρ' όλα αυτά, το χιόνι συσσωρεύεται στα πάνελ και τα εμποδίζει να πάρουν φως. Λόγω της κεκλιμένης επιφάνειας, το χιόνι θα γλιστρήσει κυρίως προς τα κάτω. Αυτό θα σκιάσει ορισμένα από τα πάνελ και θα προκαλέσει μείωση της απόδοσης. Για την αποφυγή αυτών των παραγόντων, τα πάνελ πρέπει να καθαρίζονται, αν και αυτό συνεπάγεται επιπλέον κόστος. Για να υπολογιστεί αυτό το κόστος στις μελέτες σκοπιμότητας, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε την πυκνότητα του χιονιού και τη διάρκεια τήξης του.

Πυκνότητα σύννεφων: Ο συννεφιασμένος καιρός και η σκιά των σύννεφων που πέφτει εντελώς ή μερικώς στα πάνελ θα μειώσει την ποσότητα της ακτινοβολίας. Αυτό θα μειώσει την παραγωγή ενέργειας μειώνοντας την τιμή I_{mpp} .

Διάρκεια της ηλιακής ακτινοβολίας: Η ύπαρξη πληροφορήσης σχετικά με την ποσότητα του φωτός που προσπίπτει στα πάνελ σε ένα έτος/ημέρα είναι η πιο σημαντική παράμετρος για την εκτίμηση/τον υπολογισμό της ποσότητας ενέργειας που πρέπει να παραχθεί.

Η εκ των προτέρων γνώση αυτών των τεσσάρων παραμέτρων θα μας επιτρέψει να έχουμε πληροφορίες σχετικά με την ακτινοβολία που θα πέσει στα πάνελ. Έτσι, η άμεση μέτρηση της ακτινοβολίας που πέφτει στο πάνελ θα επιτρέψει να δούμε με σαφήνεια την αλλαγή στην αναμενόμενη απόδοση.

8.2 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Καθώς οι περιβαλλοντικές και κλιματικές επιδράσεις έχουν ομοιότητες, μπορούν να μεταβληθούν καθώς ο σχηματισμός τους είναι τεχνητός. Το πιο σημαντικό σημείο που πρέπει να σημειωθεί εδώ είναι η πρόβλεψη της σκίασης των κατασκευών του SPP κατά τη διάρκεια του έτους γύρω από την περιοχή όπου θα εγκατασταθεί η μονάδα. Εάν είναι δυνατόν, δεν θα πρέπει να υπάρχει κάποια δομή (φυσική ή τεχνητή) που να δημιουργεί σκιά γύρω από την περιοχή όπου θα εγκατασταθεί το SPP. Εάν υπάρχει, αυτή θα πρέπει να απομακρυνθεί εκ των προτέρων ή το σχέδιο εγκατάστασης θα πρέπει να γίνει αναλόγως ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις αυτής της σκιάς. Η εικόνα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων παρουσιάζεται στο Σχήμα 44.



Σχήμα 44. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Επιπλέον, οι πολεοδομικές αλλαγές/διαμορφώσεις που ενδέχεται να προκύψουν με την πάροδο των ετών στην περιοχή όπου εγκαθίσταται το SPP θα πρέπει να περιοριστούν από τα εξουσιοδοτημένα όργανα κατά τρόπο που να μην επισκιάζουν το SPP.

Επιπλέον, θα πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά οι υποδομές στην περιοχή όπου σχεδιάζεται να εγκατασταθεί ο ηλιακός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς οι δυνατότητες ή οι ελλείψεις υποδομών επηρεάζουν το κόστος της επένδυσης.

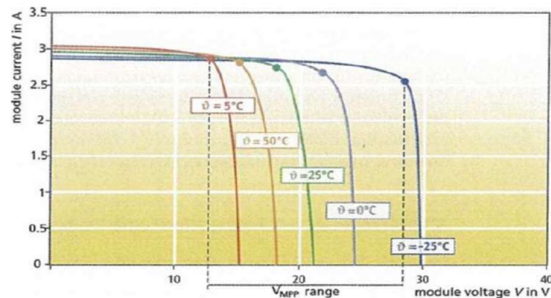
8.3 Χαρακτηριστικά και ιδιότητες των ηλιακών πάνελ

Πριν από την εγκατάσταση του SPP, οι παράμετροι που αναφέρονται παραπάνω θα πρέπει πρωτίστως να εξεταστούν στο πεδίο και η επιλογή των πάνελ θα πρέπει να καθοριστεί σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά και τις δομικές τους ιδιότητες. Οι παράμετροι της σύνδεσης p-n που επηρεάζουν την απόδοση, όπως η αντίσταση παράλληλης σειράς και οι χωρητικές ιδιότητες, οι οποίες σχηματίζονται κατά το στάδιο κατασκευής των κυττάρων, δεν εξετάζονται εδώ.

Καθώς η τάση εξόδου ρυθμίζεται σύμφωνα με τη χαμηλότερη τάση σε ένα πάνελ συνδεδεμένο σε σειρά, είναι σημαντικό να χρησιμοποιούνται πάνελ με τα ίδια χαρακτηριστικά σε ένα SPP. Η μέγιστη απόδοση δεν μπορεί να επιτευχθεί από ένα SPP με πάνελ διαφορετικής δομής ή ιδιοτήτων.

8.3.1 Θερμοκρασία επιφάνειας πάνελ

Λαμβάνοντας υπόψη την απόδοση των πάνελ υπό κανονικές συνθήκες, τα μονοκρυσταλλικά πάνελ παρουσιάζουν την υψηλότερη απόδοση. Ωστόσο, τα πολυκρυσταλλικά πλαίσια λειτούργησαν με υψηλότερη απόδοση σύμφωνα με τις παρατηρήσεις που έγιναν στα πειράματα που διεξήχθησαν σε διαφορετικά πάνελ στο Kocaeli, Tekirdağ, Karabük, ενώ η απόδοση των μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών πάνελ ήταν σχεδόν ίση στα πειράματα που διεξήχθησαν στο Erzincan [42,43,44,45]. Αυτό αποδεικνύει ότι η επιλογή των πάνελ μπορεί να διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Στην πραγματικότητα, η διαφοροποίηση αυτή προκύπτει από τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των πάνελ και όχι από τις περιοχές. Η διακύμανση της επιφανειακής θερμοκρασίας φαίνεται στο Σχήμα 45, θεωρώντας ότι η ένταση του φωτός είναι σταθερή. Σύμφωνα με αυτό, με την αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας, οι τιμές V_{mpp} και V_{oc} μειώνονται (περίπου ως exp), ενώ η τιμή I_{mpp} και η I_{sc} αυξάνονται ελαφρώς.



Σχήμα 45. Η μεταβολή της επιφανειακής θερμοκρασίας

Οι μεταβολές των τιμών των $I_{mpp}(T)$, $V_{mpp}(T)$, $I_{sc}(T)$ ve $V_{oc}(T)$ με τη θερμοκρασία δίνονται ως εξής,

$$\begin{aligned}
 I_{sc}(T) &= I_{sc} \times [1 + \alpha_{I_{sc}} \times (T_{cell} - 25)] \\
 I_{mpp}(T) &= I_{mpp} \times [1 + \alpha_{I_{mpp}} \times (T_{cell} - 25)] \\
 V_{oc}(T) &= V_{oc} \times [1 - \beta_{V_{oc}} \times (T_{cell} - 25)] \\
 V_{mpp}(T) &= V_{mpp} \times [1 - \beta_{V_{mpp}} \times (T_{cell} - 25)]
 \end{aligned} \tag{28}$$

Εδώ, $\alpha_{I_{sc}}$, $\alpha_{I_{mpp}}$, $\beta_{V_{oc}}$, $\beta_{V_{mpp}}$ είναι ο συντελεστής του ρεύματος βραχυκύκλωσης, του μέγιστου ρεύματος λειτουργίας, της τάσης ανοιχτού κυκλώματος και της μέγιστης θερμοκρασίας τάσης λειτουργίας, αντίστοιχα. Η θερμοκρασία του κυττάρου (T_{cell}), μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και τη μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας και δίνεται ως εξής:

$$T_{cell} = T_{ambient} + \left(\frac{T_{nom} - 20}{0,8} \right) \times G \tag{29}$$

T_{nom} είναι η θερμοκρασία της θερμότητας που απελευθερώνεται στο στοιχείο και προέρχεται από το τμήμα της ακτινοβολίας που δεν μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο στοιχείο/μονάδα Φ/Β. Το T_{nom} που δίνεται ως "ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας του κυττάρου", ορίζεται/μετράται για θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C, ηλιακή ένταση 0,8 kW/m² και ταχύτητα ανέμου 1m/s. G είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που δίνεται ως kW/m².

Όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής θερμοκρασίας β_{Vmp} του χρησιμοποιούμενου πάνελ, τόσο μικρότερη θα είναι η διακύμανση της τιμής V_{mp} . Επομένως, για SPP που πρόκειται να εγκατασταθούν σε περιοχές με μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας θα πρέπει να επιλέγονται πάνελ με μικρό συντελεστή θερμοκρασίας V_{mp} . Με αυτόν τον τρόπο, η απώλεια απόδοσης λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας θα διατηρηθεί σε ελάχιστο επίπεδο. Οι υπολογισμοί απόδοσης που έγιναν με διαφορετικά πάνελ σε διαφορετικές θερμοκρασίες [46] δίνονται στον πίνακα 11.

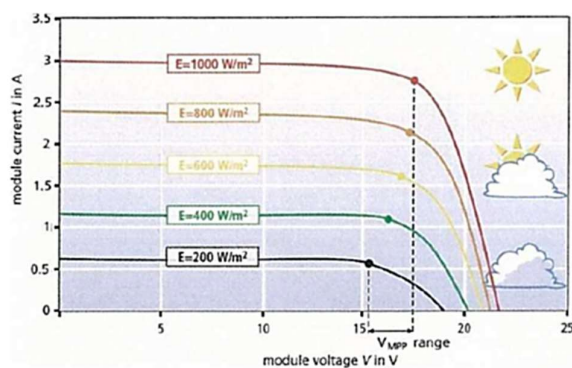
Πίνακας 11: Σύγκριση της απόδοσης των ηλιακών πάνελ σε διαφορετικές θερμοκρασίες

Temperature (Ambient C°)	Monocrystalline Yield (%)	Polycrystalline Yield (%)	Amorphous Yield (%)
25	15	14	10,36
30	13	12	9,6
35	12,8	11	9
37	11	10,2	8,3
40	9,9	9,2	7,9
45	7,65	7,5	7,46

Όπως φαίνεται στον πίνακα 11, η διαφορά που παρατηρήθηκε στην απόδοση σε χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος μειώθηκε ραγδαία με την αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Αυτό οφείλεται στη μεταβολή της τιμής V_{mp} με τη θερμοκρασία. Αυτό καταδεικνύει κατά συνέπεια ότι τα άμορφα ηλιακά κύτταρα λεπτών υμενίων έχουν χαμηλότερο συντελεστή θερμοκρασίας β_{Vmp} από τους μονοκρυστάλλους. Μια παρόμοια μελέτη διεξήχθη στο Πακιστάν [47].

8.3.2 Η ποσότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο πάνελ

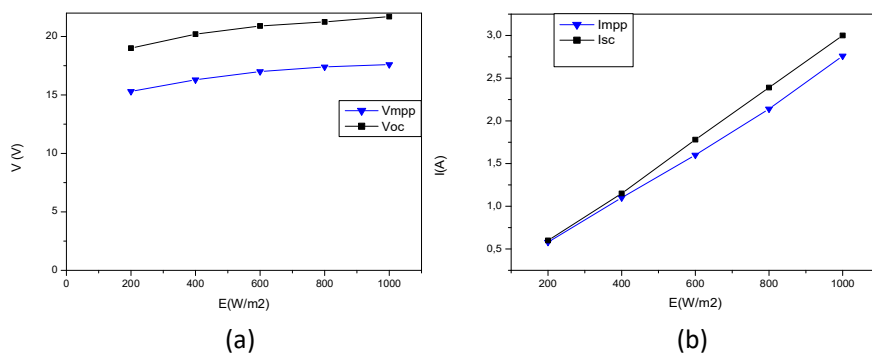
Το Σχήμα 46 είναι ένα γράφημα το οποίο δείχνει τη μεταβολή I-V ενός πάνελ καθώς μεταβάλλεται η ένταση του φωτός σε αυτό.



Σχήμα 46. Μεταβολή I-V του πάνελ

Η μεταβολή της έντασης του φωτός σε ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sc}), τάση ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc}) και μέγιστα σημεία λειτουργίας για ρεύμα και τάση (I_{mpp} και V_{mpp}) παρατηρείται στο Σχήμα 47. Δεικνύεται ο τρόπος με τον οποίο οι τιμές αυτές μεταβάλλονται με την ένταση του φωτός.

Σύμφωνα με αυτό, ενώ οι τιμές των V_{oc} και V_{mpp} αυξάνονται ως exp και κορεστούν καθώς αυξάνεται η ένταση του φωτός, οι τιμές των I_{sc} και I_{mpp} μεταβάλλονται γραμμικά με την ένταση του φωτός..



Σχήμα 47. Τιμές I_{sc} και I_{mpp}

Για να διατηρείται η ένταση του φωτός σε βέλτιστο επίπεδο, τα πάνελ πρέπει να τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι στραμμένα προς τον ήλιο για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και να δέχονται τις περισσότερες άμεσες ηλιακές ακτίνες. Η κατεύθυνση των πάνελ προς τον ήλιο με τη χρήση συστημάτων παρακολούθησης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ο ευκολότερος τρόπος για να γίνει αυτό. Παρ' όλα αυτά, τα συστήματα αυτά δεν προτιμώνται λόγω του υψηλού κόστους συντήρησης και επισκευής και της ανάγκης μεγαλύτερου χώρου, καθώς η εγκατάστασή τους στο πεδίο θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην σκιάζουν το ένα το άλλο προς όλες τις κατευθύνσεις. Αντ' αυτού, για την επίτευξη

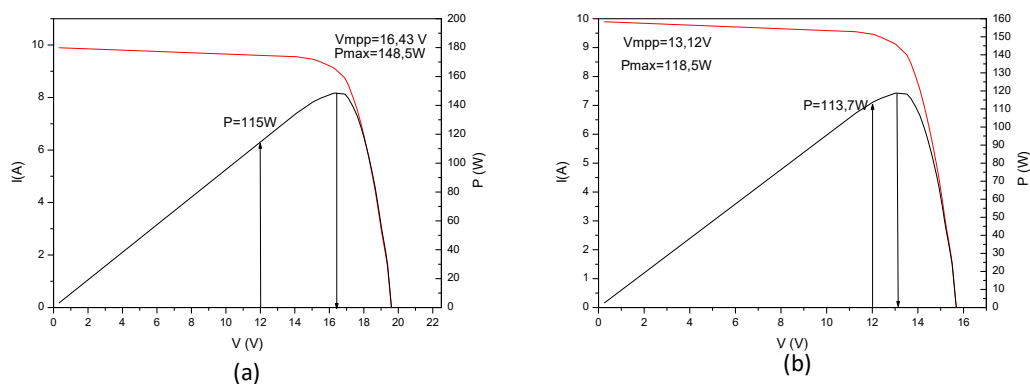
υψηλότερης απόδοσης σε μικρότερο χώρο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συστήματα ηλιακής παρακολούθησης ενός άξονα. Παρόλα αυτά, καθώς τα συστήματα αυτά βρίσκονται πάντα σε συνεχή κίνηση, παρουσιάζονται αρκετές δυσλειτουργίες και οι διαδικασίες συντήρησης-επισκευής τους είναι μακροχρόνιες και δαπανηρές.

Ένας τρόπος για να αποφευχθούν τέτοιες βλάβες και διαδικασίες συντήρησης-επισκευής είναι να σχεδιαστεί η κατασκευή με τρόπο που να επιτρέπει εύκολα την τοποθέτησή της σε τρεις διαφορετικές γωνίες ώστε να προσπίπτουν οι ακτίνες του ήλιου κάθετα κατά τις εποχές του καλοκαιριού, του χειμώνα και της άνοιξης. (Ρύθμιση της κλίσης του πάνελ χειρωνακτικά κάθε τέσσερις μήνες).

8.3.3 Επιφάνεια και τιμή V_{mp}

Λαμβάνοντας υπόψη την παραγωγή ισχύος ανά μονάδα επιφάνειας για τους διάφορους τύπους πάνελ, η υψηλότερη ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας παρατηρείται στα μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά, πάνελ λεπτού υμενίου από χαλκό ινδίου, πάνελ λεπτού υμενίου από άμορφο πυρίτιο και πάνελ λεπτού υμενίου από κάδμιο, αντίστοιχα [43]. Θα πρέπει να επιλέγονται πάνελ που παρέχουν την υψηλότερη απόδοση στις χαμηλότερες επιφάνειες, ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη απόδοση σε περιορισμένες επιφάνειες. Παρ' όλα αυτά, δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση εάν η τιμή V_{mp} είναι διαφορετική από τον αντιστροφέα που χρησιμοποιείται ή από την επιθυμητή τάση εξόδου. Αυτό θα αυξήσει το κόστος.

Δίνονται ως παράδειγμα τα διαγράμματα I-V και P-V μιας σειριακής μονάδας που αποτελείται από 33 κύτταρα με την ίδια επιφάνεια και τάσεις ανοικτού κυκλώματος 0,59V (Σχήμα 48 (α)) και 0,48V (Σχήμα 48 (β)), αντίστοιχα..



Σχήμα 48. Οι γραφικές παραστάσεις της σειριακής μονάδας I-V και P-V

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 48, για έξοδο 12 V DC, αν και η μέγιστη παραγωγή ισχύος είναι χαμηλότερη από ό,τι στο Σχήμα 48 (α), η χρήση της μονάδας στο Σχήμα 48 (β) θα αυξήσει την απόδοση. Επομένως, σε συνδυασμό με την επιφάνεια που καλύπτει το πάνελ, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε η τιμή V_{mp} της μονάδας να είναι η επιθυμητή τάση εξόδου ή το πολλαπλάσιο αυτής.

8.4 Απώλειες εγκατάστασης

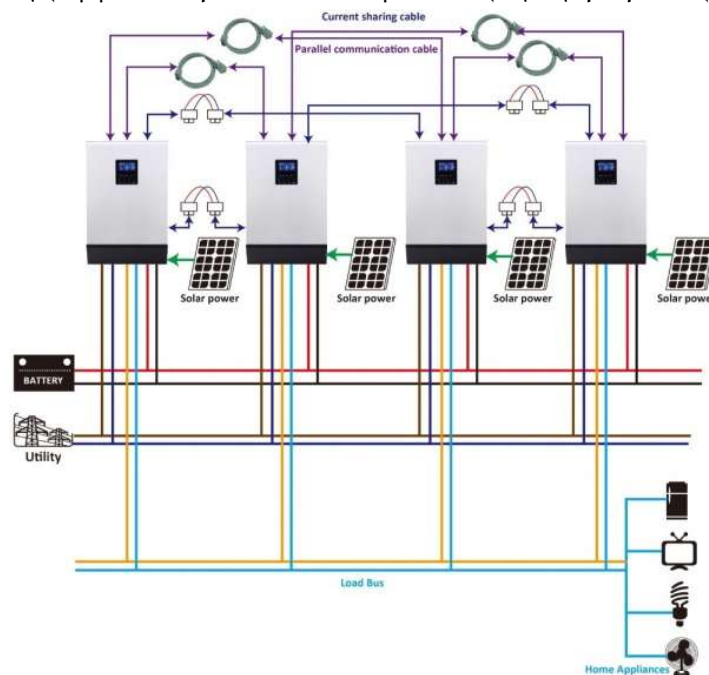
Οι απώλειες προκύπτουν από το καλώδιο, τον αντιστροφέα, την μπαταρία, τις συνδέσεις καλωδίων, τις συνδέσεις γείωσης και τους μετασχηματιστές που χρησιμοποιούνται σε ένα SPP [48]. Για την ελαχιστοποίησή τους, απαιτείται να γίνει κατάλληλη επιλογή υλικών και λεπτομερείς υπολογισμοί. Ένας σωστός υπολογισμός θα επιτρέψει στις προβλέψεις παραγωγής ενέργειας να είναι πιο ακριβείς.

9. ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ

Τα τεχνικά σφάλματα που παρουσιάζονται στους ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας μπορούν να κατανεμηθούν σε 5 διαφορετικούς τύπους. Αυτοί είναι: Σφάλματα μόνωσης στη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, σφάλματα αντιστροφέα και συμπαγών διακοπών, σφάλματα ηλιακών συλλεκτών και ηλιακών συνδέσμων, σφάλματα μέσης τάσης και σφάλματα συντονισμού ρελέ.

9.1 Βλάβες στη Μόνωση

Διάφοροι αγωγοί χρησιμοποιούνται τόσο για τη μεταφορά της συνεχούς τάσης που παράγεται στα πλαίσια των ηλιακών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε έναν αντιστροφέα όσο και για τη σύνδεση της εναλλασσόμενης τάσης που παράγεται στον αντιστροφέα με το δίκτυο. Τα μονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται για να αποτρέψουν την επαφή των αγωγών μεταξύ τους και τα βραχυκυκλώματα, καθώς και για την προστασία των καλωδίων από εξωτερικούς παράγοντες. Οι ιδιότητες μόνωσης ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του υλικού που χρησιμοποιείται. Η μόνωση στα καλώδια είναι ζωτικής σημασίας για την ασφάλεια της ζωής και την προστασία του συστήματος. Στο Σχήμα 49 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα κυκλωματικού διαγράμματος ηλιακού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 49. Παράδειγμα κυκλωματικού διαγράμματος ηλιακού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Το πιο συνηθισμένο σφάλμα στους σταθμούς ηλιακής ενέργειας είναι τα σφάλματα μόνωσης, τα οποία γενικά προκαλούνται από μια λανθασμένη και χαλαρή σύνδεση που γίνεται κατά τη διαδικασία εγκατάστασης, την εγκατάσταση καλωδίων χωρίς ανοχή, τις ζημιές που προκαλούνται στα καλώδια από τις γωνίες των δίσκων καλωδίων και τα τρωκτικά, και τέλος την παραμόρφωση του μονωτικού στρώματος για την έκθεση των καλωδίων σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες. Τα σφάλματα μόνωσης προκαλούν βραχυκυκλώματα και βλάβες στον εξοπλισμό ή απενεργοποίηση στους αντιστροφείς ή τους ηλιακούς συλλέκτες στους οποίους γίνεται η σύνδεση. Μετά την επίλυση του σφάλματος, θα πρέπει να γίνει δοκιμή μόνωσης σύμφωνα με το πρότυπο IEC 62446-2016. Η μόνωση του καλωδίου πρέπει να είναι τουλάχιστον μεγαλύτερη από 2 mega ohm και οι τιμές της πρέπει να είναι συνεπείς μεταξύ τους. Για τη διατήρηση των κατεστραμμένων καλωδίων, μπορεί να γίνει επισκευή για τα καλώδια που βρίσκονται πάνω από το έδαφος, αλλά είναι απαραίτητο να εκτείνεται ξανά το καλώδιο για τα καλώδια που βρίσκονται κάτω από το έδαφος. Τα τρωκτικά μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στα καλώδια συνεχούς ρεύματος ροκανίζοντας τα, καθώς χτίζουν τις φωλιές τους κοντά στα υπόγεια κανάλια των θερμών καλωδίων και κρύβονται εκεί το χειμώνα. Όσον αφορά τη συντήρηση και την επισκευή, ο χώρος του ηλιακού σταθμού πρέπει να ψεκάζεται για να μην εισέρχονται τρωκτικά στο εργοστάσιο. Η απεικόνιση σχετικά με τα σφάλματα μόνωσης παρουσιάζεται στο Σχήμα 50.



Σχήμα 50. Σφάλματα μόνωσης

9.2 Βλάβες αντιστροφέα και συμπαγούς διακόπτη

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συστήματα ηλιακής ενέργειας, είναι απαραίτητα βοηθητικά στοιχεία όπως και σε όλα τα άλλα συστήματα. Τα συστήματα αυτά, τα οποία επιτρέπουν τη χρήση της ενέργειας συνεχούς ρεύματος ως εναλλασσόμενου ρεύματος, κατέχουν σημαντική θέση στη ζωή μας.

Μετατροπέας: Μετατρέπει την ενέργεια συνεχούς ρεύματος που παράγεται από τον ηλιακό συλλέκτη σε εναλλασσόμενο ρεύμα. Είναι ο σημαντικότερος εξοπλισμός παραγωγής των εγκατεστημένων συστημάτων. Διαφοροποιείται ως On-Grid και Off-Grid.

- **Μετατροπέας On-Grid:** Αυτοί οι μετατροπείς, που ονομάζονται επίσης on-grid, μετατρέπουν την ενέργεια συνεχούς ρεύματος που λαμβάνεται από τα πάνελ σε ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος. Οι αντιστροφείς On-Grid θα πρέπει να χρησιμοποιούνται εάν τα συστήματα που θα εγκατασταθούν θα είναι grid-tie και έχουν σκοπό την πραγματοποίηση πωλήσεων.
- **Μετατροπέας εκτός δικτύου:** Στα συστήματα αυτά, η ενέργεια που παράγεται μέσω του πάνελ διεργασίας μεταφέρεται απευθείας στις μπαταρίες για αποθήκευση. Οι μετατροπείς εκτός δικτύου χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά της ενέργειας στο σύστημα μετατρέποντας την ενέργεια συνεχούς ρεύματος που λαμβάνεται από τις μπαταρίες σε ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος..

9.2.1 Συστήματα On-Grid

Τα συστήματα αυτά λειτουργούν απευθείας μέσω σύνδεσης με το δίκτυο χωρίς την ανάγκη μπαταρίας. Ως αμφίδρομο σύστημα, επιτρέπει την επιστροφή της πλεονάζουσας ενέργειας στο δίκτυο και την άντλησή της σε περίπτωση που χρειαστεί. Καθώς οι πανάκριβες μπαταρίες δεν θα είναι πλέον απαραίτητες, τα συστήματα αυτά μπορούν να μειώσουν τόσο το κόστος όσο και τον αριθμό των εργασιών συντήρησης.

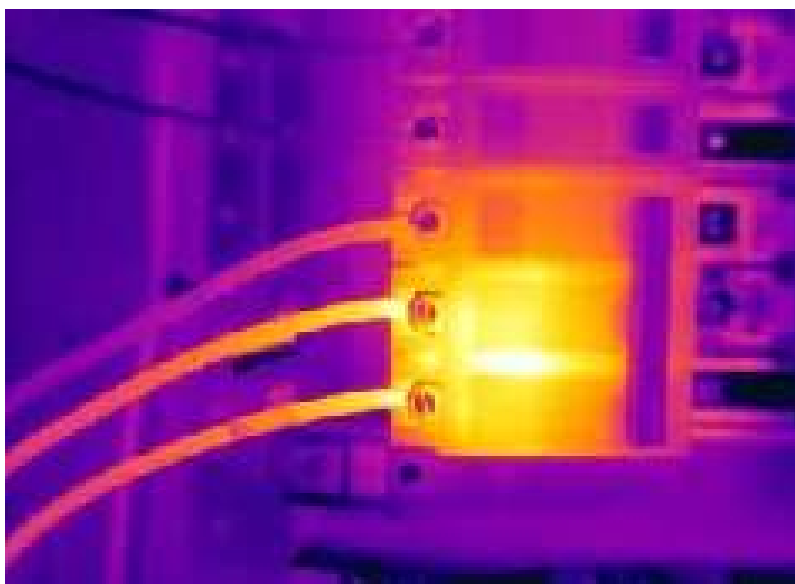
9.2.2 Επιλογή αντιστροφέα

Η επιλογή του αντιστροφέα (ή «μετατροπέα» θα πρέπει να γίνεται ανάλογα με τον αριθμό των πάνελ που χρησιμοποιούνται στο πεδίο και τον αριθμό των σειρών που θα δημιουργήσουν αυτά τα πάνελ. Η υπολογισιμότητα του αντιστροφέα με άλλα υλικά είναι κρίσιμη για την παραγωγή ενέργειας. Σε περίπτωση που ο αντιστροφέας

είναι χαμηλής ποιότητας και δεν έχει την κατάλληλη τάση μπορεί να προκύψουν τεχνικές βλάβες και δυσλειτουργίες. Ο αριθμός των μετατροπών θα παρουσιάσει διαφορές ανάλογα με το μέγεθος του έργου και την επιλεγμένη μάρκα [49].

Είναι σημαντικό η συντήρηση και η επισκευή των μετατροπών να γίνεται σύμφωνα με τα εγχειρίδια συντήρησης που καθορίζονται από τους κατασκευαστές του εξοπλισμού. Ενδέχεται να υπάρχουν διαφορές στις συνδέσεις τοποθέτησης ή στα συστήματα εξαερισμού μεταξύ των εμπορικών σημάτων. Η σύνδεση των μετατροπών συμβολοσειράς που γίνεται λανθασμένα ή με ακατάλληλη τιμή ροπής μπορεί να προκαλέσει με την πάροδο του χρόνου κάψιμο του μπλοκ ακροδεκτών. Ειδικά ο καθαρισμός των φίλτρων αέρα και η συντήρηση των ανεμιστήρων στους κεντρικούς μετατροπείς πρέπει να επαναλαμβάνονται κάθε χρόνο. Ο εξαερισμός, ο καθαρισμός και η συντήρηση του κίосκι στέγασης αντιστροφή σε κεντρικούς μετατροπείς είναι σημαντικοί παράγοντες.

Τα προβλήματα υπερθέρμανσης των διακοπών που χρησιμοποιούνται στους ηλιακούς σταθμούς μπορούν να εξαλειφθούν μόνο με τη σωστή συντήρηση των συνδέσεων. Η διενέργεια θερμικών δοκιμών και οπτικών ελέγχων όλων των συνδέσεων στο χώρο του ηλιακού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τουλάχιστον μία φορά ετησίως, θα αποτρέψει πιθανό κίνδυνο πυρκαγιάς και απώλειες παραγωγής [50]. Η εικόνα ενός συμπαγούς θερμικού διακόπτη παρουσιάζεται στο Σχήμα 51.

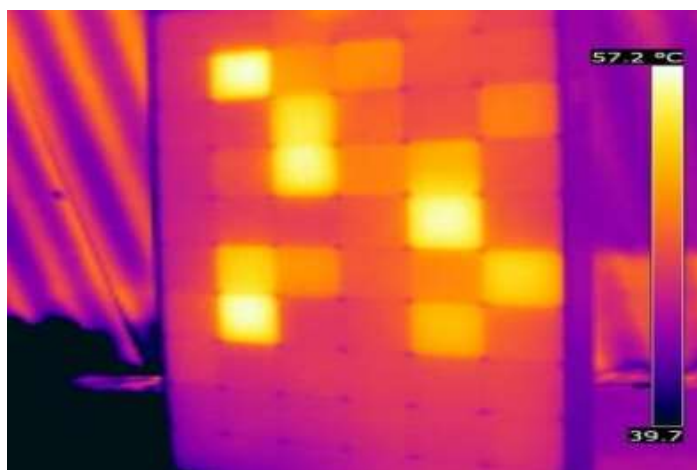


Σχήμα 51. Εικόνα ενός συμπαγούς διακόπτη

9.3 Βλάβες ηλιακού πάνελ και συνδέσεων

Οι περισσότερες από τις συνήθεις βλάβες που παρατηρούνται στα ηλιακά πάνελ αποτελούνται από σπασμένες συνδέσεις, διαβρώσεις, σπασμένα γυαλιά, σπασμένα κύτταρα, ελαττώματα επικάλυψης κ.λπ. Με τον όρο "Hotspot" νοείται κάθε θερμό σημείο που εμφανίζεται στα πάνελ, συμπεριλαμβανομένων ρωγμών, γρατζουνιών, περιττωμάτων πουλιών και σπασμένων κυψελών, καθώς και κατασκευαστικών ελαττωμάτων. Αυτή η θερμότητα προκαλεί μείωση των παραγωγικών δυνατοτήτων και επηρεάζει αρνητικά τις πλευρικές κυψέλες εμποδίζοντάς τες να παράγουν ενέργεια. Είναι δυνατή η ανίχνευση αυτών των ελαττωμάτων με τη βοήθεια φορητών θερμικών κάμερών. Ωστόσο, αυτές οι χειροκίνητες ανιχνεύσεις μπορεί να απαιτούν πολύ χρόνο ή μπορεί να μην είναι δυνατή η μέτρηση πεδίων με ακατάλληλες δομές γης, περιοχών με εφαρμογές σε στέγες ή εξαιρετικά μεγάλων χώρων παραγωγής. Τις περισσότερες φορές, σε αυτές τις περιπτώσεις, τα θερμικά σφάλματα στους πίνακες μπορούν να ανιχνευθούν με τη βοήθεια αεροσκαφών εξοπλισμένων με κάμερες υψηλής ανάλυσης σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Τα συστήματα ανίχνευσης δυσλειτουργιών με τη χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών με θερμικές κάμερες HD και δυνατότητα πτήσης πολλαπλών αξόνων ονομάζονται "Πολυκόπτερο με σύστημα κάμερας". Το φάσμα και η ποσότητα της θερμικής ακτινοβολίας με βάση τη θερμοκρασία της επιφάνειας του αντικειμένου επιτρέπει στην κάμερα να εμφανίζει τη θερμοκρασία στην επιφάνεια του πάνελ. Η εφαρμογή θερμικής απεικόνισης και οι τιμές θερμοκρασίας των ηλιακών πάνελ παρουσιάζονται στο Σχήμα 51.

Τα βραχυκυκλώματα στα κύτταρα και τα βραχυκυκλώματα διόδων είναι οι τύποι βλαβών που συναντώνται στα ηλιακά πάνελ. Το βραχυκύκλωμα στις κυψέλες εμφανίζεται συνήθως κατά τη φάση της παραγωγής ή λόγω της ποιότητας των πλαισίων μετά τη συναρμολόγησή τους στο πεδίο. Ως αποτέλεσμα αυτού, ο ηλιακός συλλέκτης, αντί να παράγει ενέργεια, καταναλώνει την ενέργεια αυτή μετατρέποντάς την σε θερμότητα. Αυτό το είδος βλάβης μειώνει επίσης τη συνολική παραγωγή ενέργειας. Οι δομές των ηλιακών πάνελ είναι απλά πανομοιότυπες με μια διακλάδωση PN και ονομάζονται "δίοδοι". Σφάλματα βραχυκυκλώματος διόδων μπορούν επίσης να εμφανιστούν στους ηλιακούς συλλέκτες [51]. Η εικόνα μιας θερμικής κάμερας ηλιακών πάνελ και η τιμή της θερμοκρασίας της παρουσιάζεται στην Σχήμα 52.



Σχήμα 52. Απεικόνιση θερμικής κάμερας ενός ηλιακού πάνελ και της θερμοκρασίας του

Μια άλλη δυσλειτουργία που παρατηρείται στα ηλιακά πάνελ είναι τα σφάλματα των καλωδίων στο εσωτερικό των κουτιών διακλάδωσης. Η απόδοση των πάνελ πέφτει κάτω από την ονομαστική απόδοση εξαιτίας αυτών των λόγων, ιδίως το καλοκαίρι. Η περίπτωση ασυμβατότητας που παρατηρείται στους συνδέσμους ως "αναντιστοιχία" μπορεί να προκαλέσει την αστοχία των συνδέσμων. Αυτοί οι σύνδεσμοι καίγονται λόγω προβλημάτων ασυμβατότητας και αποτελούν κίνδυνο πυρκαγιάς για τον χώρο του ηλιακού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η εικόνα ενός συνδέσμου που καίγεται λόγω ασυμβατότητας παρουσιάζεται στο Σχήμα 53.



Σχήμα 53. Σύνδεσμος που κάηκε λόγω ασυμβατότητας

9.4 Βλάβες μέσης τάσης

Οι βλάβες που συμβαίνουν στα συστήματα μέσης τάσης που εγκαθιδρύουν τη σύνδεση των ηλιακών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ένα δίκτυο, προκαλούν σημαντικό ποσό απωλειών παραγωγής. Ο χρόνος που απαιτείται για την επισκευή/προμήθεια των μετασχηματιστών και των διακοπών μπορεί να επεκταθεί σε 1 μήνα και το μέγεθος του κινδύνου που ενέχει είναι σημαντικό. Η περιοδική συντήρηση θα πρέπει να πραγματοποιείται από εξειδικευμένο προσωπικό για την αποφυγή δυσλειτουργιών στους μετασχηματιστές και τους διακόπτες. Η δοκιμή της προστασίας των μετασχηματιστών κατά τη συντήρηση έχει μεγάλη σημασία. Οι μετασχηματιστές χωρίς προστασία μπορούν εύκολα να προκαλέσουν σφάλματα φάσης λόγω των παλμών που προέρχονται από το δίκτυο. Εάν εμφανιστούν εγκαύματα φάσης, ο μετασχηματιστής θα πρέπει να επισκευαστεί στην εργοστασιακή μονάδα. Συνιστάται η διενέργεια αναλύσεων λαδιού-αερίου και η μέτρηση του λόγου στροφής και των αντιστάσεων τυλίγματος σε λαδωμένους μετασχηματιστές. Η μέτρηση των αντιστάσεων μετάβασης επαφής είναι επίσης σημαντική για τον εντοπισμό πιθανών σχηματισμών τόξου.

9.5 Σφάλματα συντονισμού ρελέ

Οι ηλεκτρονόμοι είναι ο εξοπλισμός που προστατεύει το σύστημα από μη φυσιολογικές καταστάσεις στα ενεργειακά συστήματα. Η επιδείνωση της ποιότητας της ενέργειας που παρέχεται από το δίκτυο ή της ποιότητας της ενέργειας εντός του συστήματος πάνω από ορισμένες ανοχές μπορεί να προκαλέσει βλάβες στα συστήματα. Για να αποφευχθεί αυτό, θα πρέπει να γίνεται συντονισμός των ηλεκτρονόμων στο πεδίο. Διαφορετικά, οι παλμοί που δίνονται/λαμβάνονται από το δίκτυο μπορεί να προκαλέσουν απροσδόκητες δυσλειτουργίες και εκρήξεις. Το κατά πόσον οι ιεραρχικές προστασίες των διακοπών λειτουργούν σύμφωνα με το συντονισμό των ρελέ και κατά πόσον οι ρυθμίσεις των ρελέ έχουν γίνει σωστά, μπορεί να γίνει κατανοητό με τον έλεγχο των παλμών που προέρχονται από το δίκτυο.

10. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ, ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Γενικά, η συντήρηση και η επισκευή ταξινομούνται σε δύο ομάδες. Αυτές είναι η προγραμματισμένη και η μη προγραμματισμένη συντήρηση και επισκευή.

Προγραμματισμένη (προληπτική/περιοδική) συντήρηση και επισκευή: Ο στόχος είναι ο προσχεδιασμός και η πρόληψη βλαβών σε μια εγκατάσταση, καθώς και η διασφάλιση της λειτουργίας της σε βέλτιστο επίπεδο.

Μη προγραμματισμένη (δυσλειτουργική) συντήρηση: Εκτελείται ως απάντηση σε δυσλειτουργίες.

10.1 Προγραμματισμένη (προληπτική/περιοδική) συντήρηση και επισκευή

Η προγραμματισμένη συντήρηση ελαχιστοποιεί τις απαιτήσεις συντήρησης και επισκευής που προκαλούνται από δυσλειτουργίες. Ο προγραμματισμός της προληπτικής συντήρησης πραγματοποιείται σύμφωνα με διάφορες συνθήκες. Οι συνθήκες αυτές περιλαμβάνουν σημεία όπως η επιλεγμένη τεχνολογία, οι περιβαλλοντικές συνθήκες του συστήματος, οι συνθήκες εγγύησης και οι εποχιακές διακυμάνσεις. Η προγραμματισμένη συντήρηση πραγματοποιείται συνήθως σε προγραμματισμένα χρονικά διαστήματα σύμφωνα με τις συστάσεις του κατασκευαστή και τις απαιτήσεις της εγγύησης του εξοπλισμού. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τις συνήθεις υιοθετούμενες από τους κατασκευαστές, ημερομηνίες περιοδικής συντήρησης.

Πίνακας.12 Πίνακας περιοδικής συντήρησης [52]

NO	PERIODIC MAINTENANCE DESCRIPTION	MAINTENANCE PERIOD	1. MAINTENANCE		
			DATE	APPROVAL	EXPLANATION
1	LV Curve Measurement	Once in a year	1-30 April		
2	DC Hotspot Controls with Thermal Camera	Once in a year	1-30 April		
3	Solar Panel Cleaning	Twice a year	1-14 April		
4	Measurement and Controls for Inverters	Once in a year	1-30 March		
5	Grounding Measurements	Once in a year	1-30 Sept.		
6	Lightning Protection System Measurements	Once in a year	1-30 Sept.		
7	Measurements and Controls for Construction	Once in a year	1-30 Sept.		
8	LV Electrical Installation Measurement and Controls	Once in a year	1-30 March		

Και πάλι, τα ρυθμιστικά συμβάντα συντήρησης που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της προγραμματισμένης/προληπτικής συντήρησης σε έναν φωτοβολταϊκό σταθμό και η σωστή θέση, καθώς και ο σχεδιασμός του είδους της συντήρησης που πρέπει να εφαρμοστεί σύμφωνα με αυτόν τον οδικό χάρτη, περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 13. Πίνακας προγραμματισμού συντήρησης [53].

	Corrective Techniques					
	Artificial Intelligence	Water Cleaning	Dry-Cleaning	Snow Cleaning	Technical Maintenance of Equipment	Shadowing Reduction
Events						
Snow accumulation				+		
Dust Particulate Deposition		+	+			
Shadowing	+					
Equipment Failure					+	
Corrective Tasks						
Change					+	
Fix					+	
Remove		+	+		+	
Repair					+	+
Code						+

10.1.1 Καθαρισμός πάνελ

Η υγιεινή των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση του συστήματος. Καθώς η σκόνη και άλλα συσσωρευμένα

σωματίδια εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στα κύτταρα-στόχους, παρατηρείται πτώση της τάσης καθώς και ορισμένα άλλα προβλήματα όταν τα πάνελ είναι βρώμικα. Η κατάσταση αυτή προκαλεί απώλεια ενέργειας σε ποσοστό 7% στις λιγότερο σκονισμένες περιοχές, ενώ μπορεί να φτάσει και το 50% σε περιοχές όπως η Μέση Ανατολή, όπου παρατηρείται κίνηση άμμου της ερήμου. Ο καθαρισμός των πάνελ θεωρείται εύκολος (Σχήμα 54).



Σχήμα 54. Καθαρισμός πάνελ

Ο χρόνος μεταξύ των δραστηριοτήτων καθαρισμού θα διαφέρει σημαντικά από περιοχή σε περιοχή ανάλογα με το επίπεδο μόλυνσης της μονάδας. Ωστόσο, η γενική πρακτική συνίσταται στην ανάγκη καθαρισμού των πλαισίων δύο φορές το χρόνο για την αποτελεσματικότητά τους. Το πεδίο και ο τύπος του δαπέδου που το περιβάλλει, καθώς και τα τοπικά πρότυπα βροχοπτώσης είναι οι παράγοντες που καθορίζουν τη συχνότητα του καθαρισμού των μονάδων. Η καταγραφή της ισχύος των καθαρών και των μη-καθαρών πάνελ με βάση μια περίοδο μέτρησης 16 μηνών φαίνεται στον πίνακα 14. Η ισχύς που παράγεται με τα καθαρά πάνελ στη σχετική περιοχή είναι κατά 8,7% υψηλότερη.

Πίνακας 14. Διαφορά μεταξύ της ισχύος που παράγεται από μια μονάδα ηλιακής ενέργειας με καθαρά και βρώμικα πάνελ [54].

NO	MONTH-YEAR	CLEAN PANELS	DIRTY PANELS	PERCENTAGE DIFFERENCE
1	Nov.13	11.365	10.717	5.7
2	Dec.13	10.809	10194	5.69
3	Jan.14	11.344	10685	5.81
4	Feb.14	12.382	11865	4.18
5	Mar.14	11.735	11343	3.34
6	Apr.14	12.196	11569	5.15
7	May.14	11.862	11412	3.79
8	Jun.14	11.048	11035	0.12
9	Jul.14	0.9201	0.9355	-1.67
10	Aug.14	0.7544	0.7619	0.99
11	Sep.14	0.6810	0.7106	-4.35
12	Oct.14	12093	0.6631	45.17
13	Nov.14	0.9560	0.6026	36.97
14	Dec.14	10479	0.9785	6.62
15	Jan.15	10487	0.9821	6.35
16	Feb.15	12037	11.512	4.36
17	TOTAL	10612	0.9687	8.72

Ο χειρωνακτικός καθαρισμός είναι μια από τις πιο αποτελεσματικές τεχνικές καθαρισμού για ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μικρής κλίμακας [55]. Η ανάγκη ενός εργάτη για ένα μαλακό σφουγγάρι και νερό για τον καθαρισμό των πάνελ θεωρείται η πιο πρωτόγονη τεχνική [55]. Η χρήση πίδακα νερού και βούρτσας με απορρυπαντικά μπορεί να θεωρηθεί ως ένας τρόπος καλύτερης τεχνικής καθαρισμού για σκληρή βρωμιά (Σχήμα 55) [56].



Σχήμα 55. Χειροκίνητος καθαρισμός πάνελ

Η τεχνική ενεργού καθαρισμού, ξεκινώντας από τις μηχανικές μεθόδους, αντιστοιχεί σε όλες τις τεχνικές καθαρισμού που απαιτούν σταθερή ισχύ για την εκτέλεση της εργασίας. Είναι εξοπλισμένη με σφουγγάρισμα, βούρτσισμα και ψεκασμό αέρα.

Ένα σύστημα που αποτελείται από έναν κεντρικό επεξεργαστή, ένα κιβώτιο ταχυτήτων και έναν βηματικό κινητήρα περιστρέφεται με τρόπο ώστε να φωτίζει την ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της μονάδας ηλιακού πάνελ. Η κατά 180 μοίρες περιστρεφόμενη βούρτσα περιστρέφεται λόγω της δύναμης της βαρύτητας και καθαρίζει την επιφάνεια του ηλιακού πάνελ. Η άλλη διαδικασία καθαρισμού της βούρτσας εκτελείται σε 360 μοίρες σε διαφορετικές χρονικές στιγμές [57]. Από την άλλη πλευρά, οι τεχνικές καθαρισμού των ηλεκτροστατικών ασπίδων βασίζονται στη θεωρία των κυμάτων. Σύμφωνα με αυτήν, τα στοιχεία που είναι φορτωμένα με σκόνη αέρα μεταφέρονται εγκάρσια με την κίνηση που προκαλείται από την ηλεκτρική περιοχή [58]. Το σύστημα ηλεκτροστατικής απομάκρυνσης της σκόνης αποτελείται από δύο παράλληλα ηλεκτρόδια και κάθε ηλεκτρόδιο προκαλεί αμοιβαία ένα αρνητικό ηλεκτρόδιο σε φορτισμένα στοιχεία. Είναι κατασκευασμένο από πολύ συγκεκριμένα χημικά στοιχεία που μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα συγκεκριμένο μέρος που υπάρχει στην επιφάνεια ενός ηλιακού πίνακα αρνητικού φορτίου. Η σκόνη εναποτίθεται στο θετικό ηλεκτρόδιο μετά την εξαγωγή. Ως αποτέλεσμα, πραγματοποιείται ένας καθαρισμός χωρίς επαφή και η απόδοση κάθε μονάδας ηλιακού πάνελ αυξάνεται κατά 90% [59]. Στην τελευταία υποενοότητα του ενεργού καθαρισμού, το ρομποτικό σύστημα καθαρισμού που αποτελείται από έναν ηλεκτροκινητήρα και μια βούρτσα έχει δείξει μεγάλη αποτελεσματικότητα στη μείωση της ποσότητας του νερού που καταναλώνεται (Σχήμα 56) [60].



Σχήμα 56. Καθαρισμός πίνακα με ρομποτικό μηχανισμό

Η εργασία καθαρισμού των πάνελ είναι φθηνή και απλή- επομένως, δεν απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και τεχνογνωσία. Οι υψηλές αποδόσεις ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να ανακτήσουν την ποσότητα νερού που καταναλώνεται και το κόστος εργασίας της διαδικασίας καθαρισμού. Παρ' όλα αυτά, στις περιοχές που απαιτείται καθαρισμός των πάνελ περισσότερο από δύο φορές το χρόνο, η επιλογή διαφορετικών τεχνικών αυτοματισμού και στεγνού καθαρισμού μπορεί να επιτρέψει τη μείωση του κόστους. Στην τεχνική του υδάτινου καθαρισμού, η διαδικασία πρέπει να εκτελείται με νερό που περιέχει πολύ μικρό αριθμό διαλυμένων στερεών. Η προσθήκη σαπουνιού ή άλλων μέσων καθαρισμού μπορεί να προκαλέσει υπολείμματα στην επάνω επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών και, που θα οδηγήσουν σε δυσλειτουργίες και υποβάθμιση. Ορισμένα χημικά απορρυπαντικά αφήνουν σημάδια στο γυάλινο συγκρότημα, προκαλώντας απόκλιση του φωτός και άλλες δυσλειτουργίες. Ο καθαρισμός των πάνελ με μεταφερόμενο νερό ή νερό δικτύου μπορεί να προκαλέσει εναποθέσεις αλάτων. Συνεπώς, η χρήση απιονισμένου καθαρού νερού μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλη.

Από την άλλη πλευρά, ο στεγνός καθαρισμός θεωρείται τεχνολογία υψηλότερου επιπέδου που αντικαθιστά τον καθαρισμό με νερό. Παρ' όλα αυτά, ο στεγνός καθαρισμός μειονεκτεί, καθώς, θα απαιτήσει άλλο υλικό (ρομπότ, ηλεκτρονικά) και τεχνικό προσωπικό που απαιτείται συνεχώς για τον έλεγχο της απόδοσης του μηχανήματος, τη συντήρηση και την παρακολούθηση.

Δεν είναι μόνο η σκόνη και τα περιττώματα πουλιών που επηρεάζουν την απόδοση ισχύος ενός ηλιακού σταθμού παραγωγής ενέργειας. Η συσσώρευση χιονιού στα ηλιακά πάνελ που είναι εγκατεστημένα σε ψυχρές περιοχές μειώνει σημαντικά τη συνολική απόδοση ισχύος [61].

Λόγω των μεγάλων δομικών διαφορών μεταξύ σκόνης και χιονιού, οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της σκόνης/σκόνης δεν λειτουργούν για την απομάκρυνση του χιονιού από τις επιφάνειες των ηλιακών πάνελ [62].

Οι οκτώ τεχνικές που περιγράφονται παρακάτω καταδεικνύουν τις μεθόδους για τη μείωση των απωλειών παραγωγής ενέργειας με την αύξηση της γωνίας κλίσης και την ταχύτερη μετατόπιση του συσσωρευμένου χιονιού στα ηλιακά πάνελ.

Μέθοδοι μείωσης της συσσώρευσης χιονιού

- Αύξηση της γωνίας κλίσης τη νύχτα
- Οπίσθια προβολή
- Κάλυψη επιφάνειας
- Θέρμανση
- Ηλεκτροστατική επιφάνεια
- Θερμικός συλλέκτης
- Εκτροπέας Venturi
- Μηχανικός καθαρισμός [63].

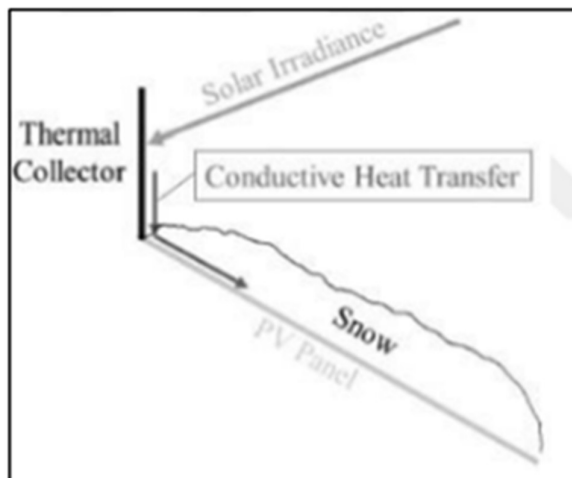
Η δραστηριότητα αυτή γίνεται τη νύχτα (όταν η ηλιακή ακτινοβολία και οι έξοδοι των ηλιακών πάνελ είναι απενεργοποιημένες)- εδώ, το πάνελ θα επιστρέψει γρήγορα στη θέση που παράγει ενέργεια την επόμενη ημέρα.

Καθώς το χιόνι απομακρύνεται πάντα από το πίσω μέρος του ηλιακού πάνελ, οι πίσω επιφάνειες θα δυσκολεύονται να απορροφήσουν το σκεδαζόμενο φως. Αυτό θα αντανακλάται από το πίσω μέρος των πάνελ και θα συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας σε αυτά και, συνεπώς, θα επιταχύνει τη διαδικασία τήξης του χιονιού. Αυτό θα λιώσει το χιόνι μπροστά από τα πάνελ [64].

Η λειτουργία των επιφανειακών επικαλύψεων είναι να απορροφούν τις ακτίνες του ήλιου για να διασπάσουν την κάλυψη του χιονιού, να μειώσουν την πρόσφυση και να αυξήσουν την τριβή. Εναλλακτικά, οι διαδικασίες θέρμανσης είναι οι απλές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση του χιονιού από τα ηλιακά πάνελ. Αυτές χωρίζονται σε δύο μέρη:

- Θέρμανση με εφαρμογή τάσης: Αξιοποιώντας τις ιδιότητες αντίστασης των ηλιακών πάνελ, μια πηγή τάσης εφαρμόζεται για την παραγωγή θερμότητας μετά την πτώση του χιονιού στο έδαφος [65].
- Εξωτερική πηγή θέρμανσης: Αυτό γίνεται με την προσθήκη εξωτερικών θερμαντήρων αντίστασης στις μπροστινές ή πίσω επιφάνειες του πάνελ [66]. Αυτή η στρατηγική παρέχει ταχύτερη και πιο εστιασμένη απομάκρυνση του χιονιού μειώνοντας τις απώλειες θερμότητας που προέρχονται από το ψυχρό περιβάλλον.

Η διαδικασία του θερμικού συλλέκτη είναι μια τεχνική που βοηθά την ηλιακή ακτινοβολία να θερμάνει τον συλλέκτη και έτσι να μεταφέρει τη θερμότητα μέσω αγωγίμων διαδρομών στον πίνακα και στο χιόνι. Η θερμότητα μεταφέρεται από ένα κατακόρυφο μεταλλικό πάνελ (Σχήμα 57) [67].



Σχήμα 57. Θερμικός συλλέκτης

Ο εκτροπέας Venturi, ένας απλός, αλλά χωρίς κινούμενα μέρη, χρησιμοποιεί τον άνεμο μονής κατεύθυνσης για να ωθήσει τον αέρα προς τα κάτω στο μπροστινό μέρος του ηλιακού πάνελ και έτσι αποτρέπει τη συσσώρευση χιονιού [68].

Η χημική επεξεργασία (ψεκασμός άλμης και αλατιού) είναι αποτελεσματική στην απόψυξη, αλλά αυτό μπορεί να υποβαθμίσει κατά κάποιο τρόπο τη μονάδα του ηλιακού πάνελ. [69].

Όλες οι τεχνικές που παρουσιάζονται εδώ απαιτούν την τοποθέτηση πρόσθετου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού στους φορείς των πάνελ, εκτός από την επιφανειακή επίστρωση. Από την άλλη πλευρά, οι τεχνικές με ηλεκτροστατική δύναμη και εκκινητές θέρμανσης μπορούν να μειώσουν τη συνολική ισχύ του

συστήματος, λαμβάνοντας μέρος της παραγόμενης ενέργειας για τη λειτουργία του εξοπλισμού.

Κατά τον καθαρισμό του πάνελ θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

- Περιβαλλοντικοί και ανθρωπίνι παράγοντες (υπολείμματα του φθινοπώρου και ρύπανση από τοπικές γεωργικές και βιομηχανικές δραστηριότητες).
- Καιρικές συνθήκες: Δεν απαιτείται καθαρισμός κατά τη διάρκεια των εποχών βροχής.
- Η σκόνη μεταφέρεται από τις ερήμους με τον άνεμο και γίνεται ορατή μετά τη βροχή.
- Σκόνη που προκαλείται από την κυκλοφοριακή συμφόρηση.
- Η προσβασιμότητα στη θέση της εγκατάστασης σύμφωνα με τις μετεωρολογικές προβλέψεις.
- Η διαθεσιμότητα νερού και υλικών καθαρισμού.

10.1.2 Ακεραιότητα σύνδεσης μονάδων

Το σύστημα πρέπει να ελέγχεται μία φορά το χρόνο για τις συνδέσεις των μονάδων και για θέματα όπως ο οπτικός έλεγχος, ο θερμοκός έλεγχος και η χαλαρότητα των συνδέσεων. Το επίπεδο υγρασίας και θερμοκρασίας της γεωγραφίας μπορεί να προκαλέσει διάβρωση και σκουριά. Είναι σημαντικό να ελέγχετε την ακεραιότητα της σύνδεσης της μονάδας. Η παρακολούθηση του ρεύματος σε κάθε συμβολοσειρά και η στιγμιαία σύγκρισή του με άλλες συμβολοσειρές είναι απαραίτητη για τον εντοπισμό σφαλμάτων σε κάθε συμβολοσειρά μονάδων. Εάν δεν χρησιμοποιείται παρακολούθηση σε επίπεδο συστοιχίας, ο ανάδοχος συντήρησης θα πρέπει να ελέγχει περιοδικά τις συνδέσεις μεταξύ των μονάδων σε κάθε συστοιχία, τουλάχιστον ετησίως.

10.1.3 Κιβώτιο συνδυασμού χορδών

Τα κιβώτια συνδυασμού χορδών μπορεί επίσης να επηρεαστούν δυσμενώς από παράγοντες όπως το νερό, η βρομιά και η σκόνη, ανάλογα με τις γεωγραφικές συνθήκες, και να θέσουν σε κίνδυνο την ακεραιότητα του συστήματος, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει μείωση της απόδοσης. Επιπλέον, οι συνδέσεις του μπορεί να χαλαρώσουν λόγω των ετήσιων μεταβολών της θερμοκρασίας. Οι χαλαρές συνδέσεις ενδέχεται να επηρεάσουν τη συνολική απόδοση του ηλιακού συστήματος. Τυχόν συσσώρευση νερού, ακαθαρσιών ή σκόνης μπορεί να προκαλέσει διάβρωση ή βραχυκύκλωμα στο εσωτερικό του κουτιού σύνδεσης. Στις περιπτώσεις που δεν

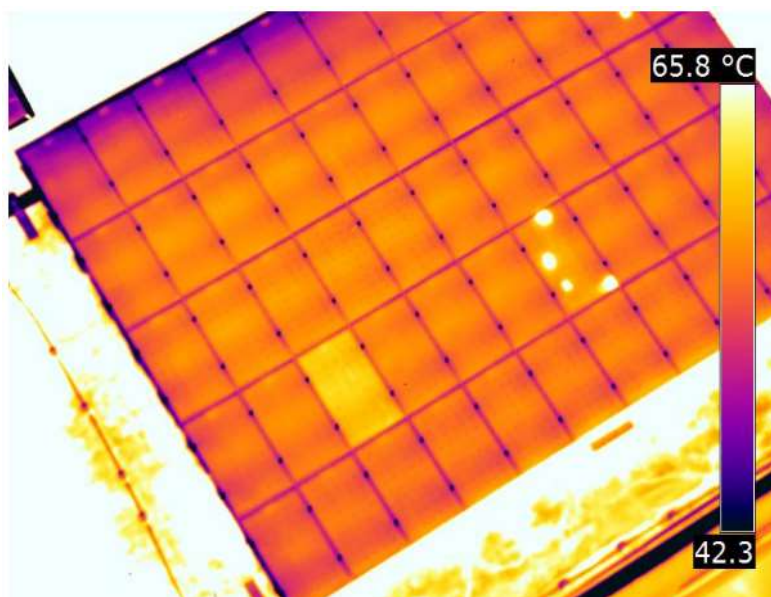
χρησιμοποιείται παρακολούθηση σε επίπεδο συστοιχίας, ο ανάδοχος συντήρησης υποχρεούται να διενεργεί περιοδικούς ελέγχους της ακεραιότητας των ασφαλειών στα κουτιά σύνδεσης, στα κουτιά συνδυασμού και σε ορισμένες περιπτώσεις αυτών στο κουτί σύνδεσης των μονάδων, τουλάχιστον ετησίως. (Σχήμα 58).



Σχήμα 58. Κιβώτιο συνδυασμού χορδών

10.1.4 Θερμές Κηλίδες

Ενώ η παρακολούθηση της απόδοσης των συστημάτων που διώκονται σε επίπεδο συστοιχίας, απαιτείται περιοδικός έλεγχος με θερμικές κάμερες για συστήματα με κεντρικούς μετατροπείς που δεν παρακολουθούνται με αυτόν τον τρόπο. Η μέθοδος αυτή βοηθά στον εντοπισμό αυτών των κοινών προβλημάτων, ιδίως σε περιοχές με ηπειρωτικό κλίμα, όπου η μεγάλη διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας προκαλεί αδύναμες και χαλαρές συνδέσεις στα κουτιά διακλάδωσης και στις συνδέσεις των αντιστροφών. Η θερμογραφία μπορεί επίσης να εντοπίσει θερμά σημεία στο εσωτερικό των εξαρτημάτων του αντιστροφέα και σε μονάδες που δεν αποδίδουν όπως αναμένεται. Ένας ειδικός πρέπει να χρησιμοποιεί τη θερμογραφία τουλάχιστον μία φορά το χρόνο για να εντοπίζει προβλήματα εκ των προτέρων. Επιπλέον, ο αριθμός των παραδειγμάτων που αφορούν τον έλεγχο των θερμών σημείων από μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα που φέρουν θερμικές κάμερες ή αισθητήρες υπερύθρων αυξάνεται καθημερινά (Σχήμα 59).



Σχήμα 59. Εικόνα θερμικής κάμερας ενός πάνελ

10.1.5 Συντήρηση μετατροπέα

Σε γενικές γραμμές, οι βλάβες του αντιστροφέα είναι η πιο συχνή αιτία διακοπών του συστήματος σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης και την ελαχιστοποίηση των προγραμματίσιμων δαπανών συντήρησης και επισκευής, συνιστάται να γίνεται περιοδικά συντήρηση και έλεγχος του αντιστροφέα. Τα σφάλματα υπερθέρμανσης, ρεύματος διαρροής, μόνωσης, επικοινωνίας, υπέρτασης, υπερέντασης, δικτύου, συχνότητας, ανεμιστήρα και χαμηλής τάσης που ενδέχεται να εμφανιστούν στους μετατροπέες απαιτείται να εξαλείφονται από εξειδικευμένες και έμπειρες ομάδες.

- Η τακτική προληπτική συντήρηση ενός αντιστροφέα πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον:
- Οπτικό έλεγχο
- Καθαρισμό/αντικατάσταση των φίλτρων του ανεμιστήρα ψύξης
- Απομάκρυνση της σκόνης από τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα
- Σύσφιξη κάθε χαλαρής σύνδεσης
- Οποιαδήποτε πρόσθετη ανάλυση και διάγνωση συνιστάται από τον κατασκευαστή

10.1.6 Συντήρηση μετασχηματιστή

Η συντήρηση ενός μετασχηματιστή αρχίζει με την αποσύνδεση της ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο, αφού ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα επαγγελματικής ασφάλειας. Ταυτόχρονα, πρέπει να πραγματοποιηθεί η διαδικασία γείωσης του δικτύου, καθώς και του σημείου αστέρα των φάσεων. Η είσοδος στο εσωτερικό του θαλάμου του μετασχηματιστή χωρίς να ληφθούν υπόψη αυτά τα μέτρα μπορεί να οδηγήσει σε μοιραία αποτελέσματα. Η εκτέλεση της συντήρησης και των απαραίτητων ελέγχων τουλάχιστον μία φορά το χρόνο έχει μεγάλη σημασία για την απόδοση, την ασφάλεια και τη σταθερότητα του συστήματος, του μετασχηματιστή, του δικτύου και της εγκατάστασης. Καθώς αυξάνεται η ισχύς των μετασχηματιστών, αυξάνονται και τα μεγέθη τους. Σχετικά με το μέγεθος των μετασχηματιστών γίνονται υπολογισμοί που αφορούν παράγοντες όπως η απαραίτητη ποσότητα λαδιού, ο αριθμός των περιτυλίξεων και το απαιτούμενο μέγεθος πάχους περιτύλιξης.

Οι έλεγχοι που πρέπει να γίνουν κατά τη διαδικασία συντήρησης του μετασχηματιστή είναι οι ακόλουθοι:

- Οι δακτύλιοι, οι κεφαλές καλωδίων και οι επιφάνειες του μετασχηματιστή ελέγχονται με θερμική κάμερα.
- Ελέγχονται οι διαρροές που ενδέχεται να παρουσιαστούν στον μετασχηματιστή και η στάθμη του λαδιού στο εσωτερικό του. Η ποιότητα και η στάθμη του λαδιού είναι τα σημαντικότερα κριτήρια που επηρεάζουν το προσδόκιμο ζωής των μετασχηματιστών.
- Ελέγχονται οι διαρροές λαδιού στις τσιμούχες των δακτυλίων.
- Οι βίδες του μετασχηματιστή σφίγγονται μία προς μία.
- Σφίγγονται τα μπουλόνια κεφαλής-διακοπών καλωδίων υψηλής τάσης.
- Σφίγγονται τα μπουλόνια της κεφαλής του δακτυλίου του καλωδίου χαμηλής τάσης. (Οι δακτύλιοι μπορεί μερικές φορές να έχουν ρωγμές).
- Ελέγχονται οι κόρνες τόξου. Σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, ενδέχεται να εμφανιστεί ηλεκτρικό τόξο.
- Μετράται η γείωση του σημείου εκκίνησης.
- Ο μετασχηματιστής υπό την προϋπόθεση ότι οι κεφαλές καλωδίων έχουν στεγνώσει καλά μπορεί να σκουπιστεί με διαλυτικό.

Πραγματοποιείται μέτρηση της ποιότητας του λαδιού και προστίθεται λάδι εάν είναι απαραίτητο [70].

10.1.7 Δομική ακεραιότητα

Οι βάσεις των μονάδων, οι αγωγοί καλωδίων και άλλες συνδέσεις που εγκαθίστανται για τον ηλιακό σταθμό απαιτείται να ελέγχονται περιοδικά όσον αφορά τη μηχανική ακεραιότητα και την ένδειξη διάβρωσης.

10.1.8 Γενικός Έλεγχος Συμμόρφωσης Συστήματος

Τα συστήματα επικοινωνίας που συνδέονται από το εξωτερικό μέρος και παρέχουν επικοινωνία εντός της εγκατάστασης, απαιτείται να ελέγχονται ως προς την ισχύ του σήματος και τη σύνδεσή τους. Όλα τα υπόλοιπα συστήματα σε μια μονάδα ηλιακής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων κλειστού κυκλώματος καμερών και άλλων συστημάτων ασφαλείας, καθώς και των βοηθητικών παροχών ενέργειας και των συστημάτων φωτισμού, πρέπει να ελέγχονται και να συντηρούνται τακτικά.

10.1.9 Έλεγχος Βλάστησης

Τα ζιζάνια και οι θάμνοι που ενδέχεται να εμφανιστούν στο έδαφος όπου εγκαθίσταται η εγκατάσταση μπορεί να παρατείνουν τη διαδικασία επέμβασης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Υπό αυτές τις συνθήκες, μια πιθανή πυρκαγιά μπορεί να εντείνει τις φλόγες. Τα ανθοφόρα φυτά ενδέχεται να συσσωρεύονται στους πίνακες λόγω γύρης και να επηρεάζουν αρνητικά την απόδοση του συστήματος. Τα δέντρα ενέχουν κίνδυνο σκίασης και τα φύλλα τους ενδέχεται να επισκιάζουν τα πάνελ. Για την αντιμετώπιση όλων των κινδύνων που μπορεί να προκύψουν με αυτόν τον τρόπο, το φυτό θα πρέπει να υπόκειται σε έλεγχο γης μία φορά το χρόνο.

10.2 Μη προγραμματισμένη επισκευή/ συντήρηση (λόγω βλάβης)

Η απρογραμματίστη συντήρηση πραγματοποιείται ως απάντηση σε δυσλειτουργίες. Στην περίπτωση της μη προγραμματισμένης συντήρησης, οι βασικές παράμετροι είναι η διάγνωση, η ταχύτητα απόκρισης και ο χρόνος επισκευής. Υπό αυτές τις συνθήκες, η συντομότερη δυνατή απόκριση είναι η προτιμώμενη για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και την ελαχιστοποίηση των απωλειών που ενδέχεται να συμβούν. Ο χρόνος απόκρισης απαιτείται να σχεδιάζεται σαφώς πριν από τη διαδικασία συντήρησης-επισκευής και πρέπει να πραγματοποιείται όσον αφορά τη θέση της εγκατάστασης, λαμβάνοντας υπόψη αν η εγκατάσταση είναι επανδρωμένη ή όχι. Για μια καλά σχεδιασμένη και κατασκευασμένη μονάδα, οι βλάβες των αντιστροφών μπορούν να θεωρηθούν το πιο απρογραμματίστο πρόβλημα συντήρησης που αντιμετωπίζεται. Η επιδιόρθωση της βλάβης εξ αποστάσεως μπορεί να είναι δυνατή ανάλογα με τη φύση της. Αυτή η επιλογή μπορεί να προτιμηθεί, εφόσον είναι εφικτή.

Άλλες συνήθεις απαιτήσεις μη προγραμματισμένης συντήρησης περιλαμβάνουν τα εξής::

- Σφίξιμο χαλαρών συνδέσεων καλωδίων
- Αντικατάσταση καμένων ασφαλειών
- Επισκευή ζημιών από κεραυνό
- Επισκευή εξοπλισμού που έχει υποστεί ζημιές κατά τον καθαρισμό της μονάδας ή από εισβολείς.
- Αντιμετώπιση σφαλμάτων SCADA
- Διόρθωση σφαλμάτων δομής τοποθέτησης

10.2.1 Ανταλλακτικά

Σε περίπτωση βλάβης του εξοπλισμού, για τη διευκόλυνση της ταχείας απόκρισης, απαιτείται να υπάρχει απόθεμα ανταλλακτικών σε ελάχιστο αριθμό. Καθώς το κόστος όσον αφορά τα ανταλλακτικά είναι υψηλό, οι αγορές τους πρέπει να δικαιολογούνται, καθώς όχι μόνο μειώνουν τον χρόνο διακοπής λειτουργίας της μονάδας, αλλά και αποτρέπουν την απώλεια εσόδων. Η βέλτιστη στρατηγική για τα ανταλλακτικά εξαρτάται από το μέγεθος της εγκατάστασης, την τοπική διαθεσιμότητα των εν λόγω ανταλλακτικών και τη δυνατότητα κοινής χρήσης κρίσιμου εξοπλισμού μεταξύ πολλών εγκαταστάσεων υπό συλλογική ιδιοκτησία.

Γενικά, είναι απαραίτητη η επαρκής προμήθεια των ακόλουθων βασικών τμημάτων:

- Συναρμολόγηση δομικών στοιχείων
- Κουτιά διακλάδωσης/συνδυασμού
- Ασφάλειες
- Εξαρθήματα καλωδίωσης DC και AC
- Εξοπλισμός επικοινωνίας
- Μονάδες (σε περίπτωση βλάβης της μονάδας)
- Ανταλλακτικοί μετατροπείς (εάν χρησιμοποιούνται μετατροπείς string) ή εξαρτήματα σύμφωνα με τις συστάσεις του κατασκευαστή σε περίπτωση χρήσης κεντρικών μετατροπέων.

10.2.2 Παρακολούθηση, Αξιολόγηση και Βελτιστοποίηση επιδόσεων

Για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος είναι απαραίτητη η διασφάλιση της αποδοτικής λειτουργίας των στοιχείων της εγκατάστασης καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής της. Είναι σημαντικό να παρακολουθούνται συνεχώς τα συστήματα ηλιακής

ενέργειας για τη μεγιστοποίηση της διαθεσιμότητας και της αποδοτικότητάς τους. Ένα σύστημα SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) μπορεί να παρακολουθεί την απόδοση του ηλιακού συστήματος σε πραγματικό χρόνο και να τη συγκρίνει συνεχώς με τη θεωρητική απόδοση για να αξιολογεί αν το σύστημα λειτουργεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον ανάδοχο συντήρησης για τον προσδιορισμό της γενικής κατάστασης του συστήματος και για τον προγραμματισμό επειγουσών επισκευών ή δραστηριοτήτων συντήρησης, όπως ο καθαρισμός..

10.3 Διάγνωση και Επιδιόρθωση

Η περιοδική συντήρηση, διατηρώντας παράλληλα την απόδοση του συστήματος στο υψηλότερο επίπεδο, αποτρέπει την εμφάνιση δαπανηρών βλαβών και παρατείνει τη διάρκεια ζωής του ηλιακού σταθμού παραγωγής ενέργειας. Η εφαρμογή δοκιμών σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα και τους κανόνες για τη συντήρηση και την επισκευή είναι απαραίτητη για την ασφαλή και αποδοτική λειτουργία των συστημάτων. Για τους ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εφαρμόζονται οι ακόλουθες συντηρήσεις.

Έλεγχος, δοκιμές και μετρήσεις.

- Συντήρηση φωτοβολταϊκών πλαισίων
- Συντήρηση αντιστροφών
- Συντήρηση συστήματος μεταφοράς
- Συντήρηση πινάκων DC και καλωδίωσης
- Συντήρηση πινάκων και καλωδίωσης AC
- Συντήρηση μετασχηματιστών και κυψελών μέσης τάσης
- Έλεγχος συρμάτων περιφράξεων
- Αφαίρεση ζιζανίων και παρασίτων
- Έλεγχος καναλιών και φρεατίων αποχέτευσης
- Συντήρηση συστημάτων ασφαλείας-φωτισμού
- Συντήρηση καμπίνας ελέγχου
- Συντήρηση συστημάτων επικοινωνίας και τηλεπαρακολούθησης
- Συντήρηση συστήματος αντικεραυνικής προστασίας
- Δημιουργία και καταγραφή εγγράφων του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής
- Πλύση πινάκων και γενικός καθαρισμός

Κατά τη διαδικασία συντήρησης και επισκευής πραγματοποιούνται υποχρεωτικές και προαιρετικές μετρήσεις. Οι δοκιμές αυτές είναι οι ακόλουθες:

10.3.1 Δοκιμές Γείωσης και Συνέχειας

Στην Τουρκία για παράδειγμα, οι εφαρμογές και οι εργασίες γείωσης απαιτείται να εκτελούνται σύμφωνα με τις διατάξεις των "Κανονισμών για τη γείωση σε εγκαταστάσεις ηλεκτρικής ενέργειας". Οι ορισμοί που σχετίζονται με τη γείωση δίνονται στον σχετικό κανονισμό.

Γη: Είναι η έκφραση της γης ως ύλης και ένας τόπος όπου το ηλεκτρικό δυναμικό είναι μηδέν σε κάθε σημείο. Παράδειγμα: χουμικό έδαφος, αργιλώδες έδαφος, αμμώδες έδαφος, λάσπη, βραχώδες έδαφος.

Αγωγός γείωσης: Είναι ένας αγωγός τοποθετημένος εκτός του εδάφους ή μονωμένος εντός του εδάφους που συνδέει μια συσκευή ή ένα τμήμα της εγκατάστασης που πρέπει να γειωθεί με έναν γειωτή.

Σωλήνας γείωσης (αγωγός σύνδεσης γείωσης): Είναι μια μπάρα γείωσης (αγωγός) στην οποία συνδέονται περισσότεροι από ένας αγωγοί γείωσης.

Γείωση: Η σύνδεση ενός ηλεκτρικά αγώγιμου μέρους με τη γη μέσω μιας εγκατάστασης γείωσης.

Γείωση: Είναι όλα τα εργαλεία, οι εντολές και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη γείωση.

Γραμμή εξισορρόπησης δυναμικού (ισοδυναμική σύνδεση): Είναι οι αγωγοί σύνδεσης που χρησιμοποιούνται για την παροχή εξισορρόπησης δυναμικού.

Όπως σε όλες τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, η καταλληλότητα της γείωσης στους σταθμούς παραγωγής ηλιακής ενέργειας είναι σημαντική για την ανθρώπινη υγεία, την ασφάλεια της εγκατάστασης και τους κινδύνους πυρκαγιάς. Όλος ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στα σημεία παραγωγής, διανομής και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να είναι συνδεδεμένος με το έδαφος και μεταξύ τους ώστε να βρίσκονται σε ίσο δυναμικό.

Το καλύτερο μέτρο ασφαλείας έναντι του ηλεκτρικού ρεύματος είναι η γείωση. Ο συλλέκτης όπου συγκεντρώνεται το σύστημα γείωσης σε μεγάλα κτίρια και εγκαταστάσεις ονομάζεται συλλέκτης ισοδυναμίας. Η συλλογή των αγωγών που προέρχονται από τη βάση και αυτών που προέρχονται από τις συσκευές μεταλλικού σώματος γίνεται με τη ράβδο ισοδυναμίας.



Σχήμα 60. Ισοδυναμική γραμμή διακλάδωσης

Σε χώρους όπου η προστατευτική γείωση ή/και η ισοδυναμική σύνδεση είναι συνδεδεμένες στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος, θα πρέπει να διεξάγονται δοκιμές ηλεκτρικής συνέχειας σε όλους αυτούς τους αγωγούς και να ελέγχεται επίσης η ορθότητα της σύνδεσης του κύριου ακροδέκτη γείωσης.

Σε ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η προστασία από ρεύματα διαρροής και η γείωση από κεραυνούς είναι πολύ σημαντικές. Μια διακοπή της γείωσης και της ισοδυναμικής σύνδεσης μπορεί να προκαλέσει σοβαρή βλάβη στο σύστημα. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να πραγματοποιούνται μετρήσεις της γείωσης του ισοδυναμικού διακένου, της κατασκευής και των ηλιακών συλλεκτών με τη χρήση της συσκευής megger. Η καταγραφή αυτών των μετρήσεων θα βοηθήσει στον εντοπισμό προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν στο μέλλον..

Ως αποτέλεσμα αυτής της δοκιμής και του ελέγχου:

- Μέσω του φαινομένου του σοκ, θα αποτραπούν οι βλάβες που προκαλούν τα ρεύματα διαρροής στην ανθρώπινη υγεία και τον εξοπλισμό.
- Θα γίνονται περιοδικοί έλεγχοι του εξοπλισμού αντικεραυνικής προστασίας.
- Θα εντοπίζονται προβλήματα που σχετίζονται με τη μόνωση.

10.3.2 Δοκιμές πολικότητας

Πριν από την εκτέλεση δοκιμών του πίνακα, την απενεργοποίηση του συστήματος ή τη σύνδεση συσκευών προστασίας από υπερένταση της χορδής, είναι σημαντικό να εκτελείτε έναν έλεγχο πολικότητας για την ασφάλεια και την προστασία του συνδεδεμένου εξοπλισμού από βλάβες. Εάν διαπιστωθεί αντίστροφη πολικότητα σε μια συστοιχία, οι δίοδοι παράκαμψης και οι μονάδες πρέπει να ελεγχθούν για τυχόν ζημιές που προκύπτουν από αυτό το σφάλμα.

10.3.3 Μετρήσεις Τάσης ανοικτού κυκλώματος (VOC) και ρεύματος βραχυκύκλωσης (ISC)

Ο σκοπός της μέτρησης της τάσης ανοικτού κυκλώματος (VOC) είναι να ελεγχθεί εάν οι σειρές μονάδων είναι σωστά συνδεδεμένες και εάν ο αναμενόμενος αριθμός μονάδων στη σειρά είναι συνδεδεμένος σε σειρά μεταξύ τους. Τα πάνελ έχουν διαφορετική τάση ανοικτού κυκλώματος υπό διαφορετική ποσότητα φωτός. Η παράλειψη μιας διασύνδεσης ή η κατά λάθος σύνδεση του λανθασμένου αριθμού μονάδων σε μια συστοιχία είναι από τα συνήθη σφάλματα που μπορούν να γίνουν, ιδίως σε μεγάλα συστήματα, και η τάση ανοικτού κυκλώματος μπορεί να ανιχνεύσει γρήγορα αυτά τα σφάλματα.

Τα πάνελ έχουν διαφορετικά ρεύματα βραχυκυκλώματος για κάθε ποσότητα φωτός. Ο σκοπός της μέτρησης του ρεύματος βραχυκύκλωσης (ISC) είναι να διασφαλιστούν τα σωστά χαρακτηριστικά λειτουργίας του συστήματος και να επαληθευτεί ότι δεν υπάρχει σημαντικό σφάλμα στην καλωδίωση της φωτοβολταϊκής αλυσίδας. Διατίθενται δύο μέθοδοι δοκιμής (δοκιμή βραχυκυκλώματος και δοκιμή λειτουργίας), και οι δύο παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη σωστή λειτουργία των φωτοβολταϊκών συστοιχιών. Προτιμάται η δοκιμή βραχυκυκλώματος, καθώς οι επιδράσεις από τους μετατροπείς μπορούν να αποκλειστούν όποτε αυτό είναι δυνατόν.

10.3.4 Δοκιμές Λειτουργίας

Οι συσκευές διανομής και οι λοιπές συσκευές ελέγχου πρέπει να δοκιμάζονται για να διασφαλίζεται ότι είναι σωστά εγκατεστημένες και συνδεδεμένες και ότι λειτουργούν.

10.3.5 Δοκιμές Μόνωσης (Hipot) -Iec 62446

Τα σφάλματα μόνωσης είναι συνηθισμένα στους ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Τα σφάλματα αυτά εμφανίζονται κυρίως σε περιπτώσεις λανθασμένων και χαλαρών συνδέσεων ή μέσω ζημιών που προκαλούνται από τρωκτικά. Επίσης, το σφιχτό τράβηγμα των καλωδίων και η καταστροφή των καλωδίων με τις αιχμηρές άκρες των δίσκων καλωδίων είναι μεταξύ των αιτιών αυτών των σφαλμάτων. Στις μετρήσεις δοκιμής, οι τιμές μόνωσης των καλωδίων πρέπει να είναι συνεπείς μεταξύ τους. Επίσης, σε αυτό το στάδιο προσδιορίζονται οι ζημιές που προκύπτουν κατά την εγκατάσταση της καλωδίωσης του συστήματος.



Σχήμα 61. Φθορές καλωδίων και καλωδίωσης

Στις μετρήσεις της αντίστασης μόνωσης των ηλιακών συλλεκτών και του εδάφους, είναι απαραίτητο να μετρηθεί η αντίσταση μόνωσης μεταξύ του πίνακα και του εδάφους, υποβάλλοντας τα ηλιακά πάνελ σε τάση 1.000V. Αυτή η δοκιμή είναι σημαντική για να αποφευχθεί η διαρροή στα πάνελ και να μην βλάψει τους ανθρώπους, καθώς και για να μην επιτραπεί η απενεργοποίηση των μετατροπέων. [71]. Ως αποτέλεσμα αυτής της δοκιμής και του ελέγχου έχουμε:

- Προληπτική συντήρηση των καλωδίων σε τακτά χρονικά διαστήματα,
- Ανίχνευση σφάλματος μόνωσης μεταξύ των φωτοβολταϊκών πλαισίων και της γης,
- Ανίχνευση σφάλματος φάσης-γης που μπορεί να συμβεί στην πλευρά ρεύματος AC-DC των φωτοβολταϊκών πλαισίων,
- Ανίχνευση προβλημάτων που επηρεάζουν την αντίσταση μόνωσης, με αποτέλεσμα την απενεργοποίηση των μετατροπέων,
- Ανίχνευση σφαλμάτων που σχετίζονται με την παραγωγή όλου του ηλεκτρικού εξοπλισμού.

10.3.6 Μετρήσεις σε Πάνελ με drone και θερμική κάμερα χειρός για το φαινόμενο των θερμών κηλίδων, εμφανιζόμενο σε Φ/Β Μονάδες Iec 62446/Iec61215

Η κατανομή της θερμοκρασίας στα ηλιακά πλαίσια πρέπει να είναι ισορροπημένη. Οι διαφορές θερμοκρασίας που ενδέχεται να εμφανιστούν στα πλαίσια θα μειώσουν την απόδοση της ηλιακής εγκατάστασης και θα προκαλέσουν επίσης απώλειες ισχύος.

Για να αποφευχθούν οι απώλειες παραγωγής ενέργειας, πρέπει να εντοπιστούν τα θερμά σημεία.

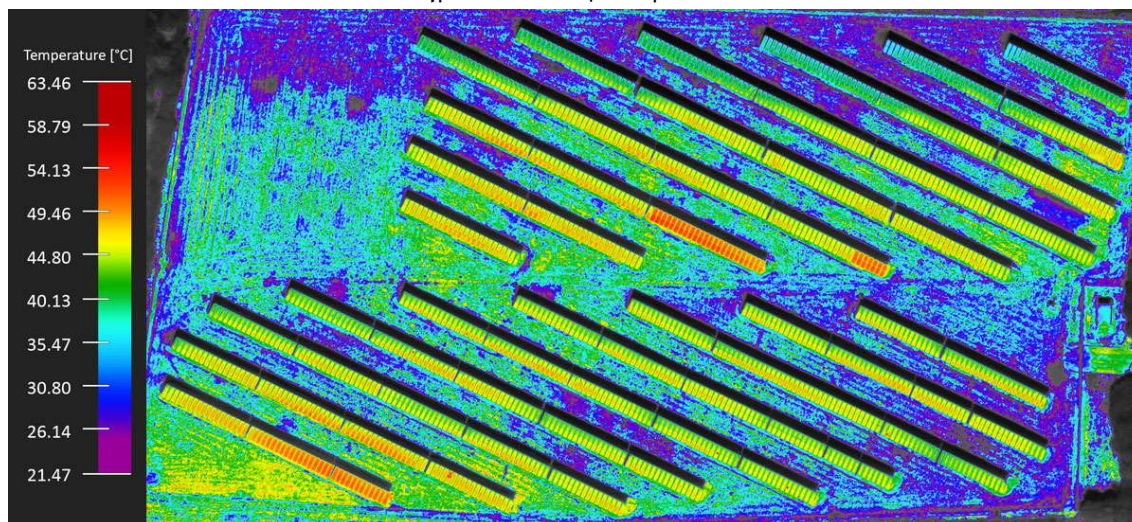
Τα θερμά σημεία σε πάνελ εναλλασσόμενου και συνεχούς ρεύματος, συνδέσεις μετατροπέων, καλώδια, ασυμβατότητες σε σημεία σύνδεσης συνδέσμων και φωτοβολταϊκές μονάδες μπορούν να εντοπιστούν γρήγορα και αξιόπιστα με θερμικές κάμερες. Με αυτόν τον τρόπο, η απόδοση της παραγωγής ενέργειας θα είναι στο υψηλότερο επίπεδο.

Τα ηλιακά πάνελ ενδέχεται να υποστούν βλάβη λόγω κατασκευαστικού ελαττώματος, σφάλματος συναρμολόγησης ή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας λειτουργίας. Αυτή η βλάβη ή τα σφάλματα προκαλούν διάτρηση σημείου. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται "φαινόμενο θερμού σημείου". Τα θερμά σημεία μπορεί επίσης να εμφανιστούν μετά την ενεργοποίηση των ηλιακών πάνελ. Τα θερμά σημεία προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας των κυττάρων. Εάν το ρεύμα που παράγεται από κάποιο από τα κύτταρα είναι μικρότερο από το ρεύμα που παράγεται από τα άλλα, όταν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδέονται σε σειρά μεταξύ τους, το πάνελ μεταβαίνει στην κατάσταση φορτίου και δημιουργεί αντίστροφη τάση. Σε αυτή την περίπτωση, οι κυψέλες μετατρέπουν την ενέργεια σε θερμότητα αντί να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Οι θερμικές διαφορές θερμοκρασίας στις κυψέλες με θερμικά σημεία μπορεί να φτάσουν σε πολύ υψηλούς βαθμούς. Ως αποτέλεσμα των υψηλών θερμοκρασιών, οι κυψέλες ενδέχεται να υποβαθμιστούν πλήρως. Η κατάσταση αυτή μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την απόδοση λειτουργίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων και ακόμη, να προκαλέσει την καύση των μονάδων.

Η εξέταση των φωτοβολταϊκών στοιχείων που είναι τοποθετημένα χωριστά παρουσιάζει δυσκολίες. Τα πάνελ βρίσκονται συνήθως στις στέγες των κτιρίων ή η περιοχή εγκατάστασης είναι πολύ μεγάλη. Οι οπτικοί ή χειροκίνητοι θερμικοί έλεγχοι απαιτούν χρόνο. Οι έλεγχοι αυτοί μπορούν να γίνουν σε συντομότερο χρόνο με τη βοήθεια μη επανδρωμένων αεροσκαφών και θερμικών καμερών. Τα θερμά σημεία των πάνελ αντανακλώνονται στη θερμική εικόνα με διαφορετικά χρώματα ανάλογα με το περιβάλλον. Οι εικόνες αυτές ανιχνεύονται από θερμικές κάμερες που είναι στερεωμένες στην κορυφή των μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Τα προβλήματα κυρίως στα πάνελ, τους μετασχηματιστές, τους μετατροπέες και άλλα σημεία σύνδεσης εντοπίζονται μέσω θερμικής κάμερας χειρός.



Σχήμα 62. Έλεγχοι με drone



Σχήμα 63. Έλεγχος με drone και θερμική κάμερα

Ως αποτέλεσμα αυτής της δοκιμής και του ελέγχου

- ✓ Απροσδόκητες αυξήσεις της θερμοκρασίας των υλικών του πάνελ, όπως η δίοδος παράκαμψης, το κουτί διακλάδωσης,
- ✓ Καταστάσεις που προκαλούν φαινόμενο θερμού σημείου
- ✓ Παρατηρήθηκαν γρατζουνιές, ρωγμές, φθορές, υγρασία και σπασμένα κύτταρα στα ηλιακά πάνελ,

- ✓ Κύτταρα με κατασκευαστικά ελαττώματα,
- ✓ Ζημιές που προκλήθηκαν από σκιάσεις, περιπτώματα πουλιών και περιβαλλοντικούς παράγοντες,
- ✓ Σημεία που ενδέχεται να ενέχουν κίνδυνο πυρκαγιάς,
- ✓ Συσκευές που μεταφέρονται με μη ισορροπημένο τρόπο
- ✓ Προβλήματα που προκαλούνται από σφάλματα τοποθέτησης και πάνελ που δεν έχουν τεθεί ποτέ σε χρήση,
- ✓ Μπορούν να εντοπιστούν συνθήκες θερμοκρασιακών διαφορών στα καλώδια, στους συλλέκτες, στα σημεία σύνδεσης, στους μετατροπείς και στις μονάδες ισχύος.

10.3.7 Μετρήσεις καμπύλης I-V για Φ/Β μονάδες και συστοιχίες (Iec 60891).

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ I-V ΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΟΙΧΙΕΣ (IEC 60891) Κάθε πάνελ έχει τη δική του καμπύλη ρεύματος-τάσης (I-V). Επομένως, αυτό σημαίνει ότι κάθε συμβολοσειρά στον ηλιακό σταθμό θα έχει επίσης τη δική της μοναδική καμπύλη (I-V). Με αυτόν τον τρόπο, οι πληροφορίες σχετικά με την πραγματική ισχύ και τις τιμές παραγωγής του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής θα είναι προφανείς σε όλους. Χάρη στις μετρήσεις (I-V), μπορούν να εντοπιστούν προβλήματα όπως LID (Light Induced Degradation), PID (Potential Induced Degradation), μικρορωγμές, υποβάθμιση, καθώς και ορισμένα άλλα μη ορατά ελαττώματα στις φωτοβολταϊκές μονάδες και τις συστοιχίες μονάδων. Οι μετρήσεις αυτές μπορούν να γίνουν σε ολόκληρο τον ηλιακό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή επιλέγοντας έναν ορισμένο αριθμό πλαισίων ή για τμήματα με χαμηλή απόδοση [72].

Ως αποτέλεσμα της δοκιμής και του ελέγχου των μετρήσεων του διαγράμματος I-V για φωτοβολταϊκές μονάδες και συστοιχίες μονάδων,

- Είναι δυνατή η ενημέρωση σχετικά με την πραγματική ισχύ των πλαισίων. Μπορεί να ελεγχθεί η συνοχή τους με τα δεδομένα της εγκατάστασης,
- Εάν υπάρχει απώλεια λόγω της LID,
- Αν υπάρχει απώλεια λόγω PID,
- Εάν υπάρχουν κοψίματα (προερχόμενα από ποντίκια ή τρωκτικά), επαφή με τη γη και διαρροή στα καλώδια DC.
- VOC, ISC, V_{mpp} , I_{mpp} , P_{max} Αποτελέσματα μέτρησης,
- Μέτρηση επιδόσεων συστοιχίας,
- Ποσοστό πληρότητας μονάδας/συστοιχίας,

- Εντοπισμός ελαττωμάτων μονάδας/συστοιχίας ή προβλημάτων σκίασης,
- Προβλήματα που σχετίζονται με τη μόλυνση στη μονάδα,
- Προβλήματα που προκαλούνται από διόδους παράκαμψης,
- Εντοπισμός πιθανών ελαττωματικών συνδέσεων και σφαλμάτων μόνωσης στη σειρά πλαισίων [73-74].

LID (υποβάθμιση που προκαλείται από το φως): Σημαίνει την απώλεια απόδοσης των φωτοβολταϊκών μονάδων κατά τις πρώτες ώρες μετά την έκθεσή τους στον ήλιο.

PID (Πιθανή προκαλούμενη υποβάθμιση): Καθώς ένα ηλιακό πάνελ λειτουργεί, τα ιόντα νατρίου αντιδρούν με το δυναμικό που σχηματίζεται στο αγωγίμο στρώμα και στην επιφάνεια του γυαλιού και συσσωρεύεται θετικό φορτίο στην επιφάνεια του πάνελ. Αυτή η αλληλεπίδραση ονομάζεται PID και η απώλεια που δημιουργεί ονομάζεται απώλεια PID.

10.3.8 Δοκιμή απεικόνισης ηλεκτροφωταύγειας (EL) ηλιακών πάνελ Iec 61215/Iec61646

Η απεικόνιση ηλεκτροφωταύγειας είναι μέθοδος που παρέχει πληροφορίες σχετικά με την κρυσταλλική δομή των κυττάρων που συνθέτουν τη μονάδα αναλύοντας το φως στο ανώτερο υπέρυθρο μήκος κύματος που εκπέμπεται από τις φωτοβολταϊκές μονάδες ως αποτέλεσμα της ανατροφοδότησης τάσης.

Εάν οι φωτοβολταϊκές μονάδες δεν μεταφέρονται και δεν συναρμολογούνται σωστά μετά την κατασκευή τους, εμφανίζονται δομικά ελαττώματα στα κύτταρά τους. Δεδομένου ότι η ανίχνευση αυτών των ελαττωμάτων στο εργαστηριακό περιβάλλον είναι κουραστική και δαπανηρή, θα ήταν ορθότερο να ανιχνεύονται στην περιοχή του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ως αποτέλεσμα της δοκιμής ηλεκτροφωταύγειας και του ελέγχου, περιπτώσεις που συνέβησαν κατά τη διαδικασία κατασκευής κυψελών και μονάδων, όπως, σπασμένα κύτταρα, τεχνολογικά σφάλματα, μικρο- και μακρο-ρωγμές, ελαττώματα συγκόλλησης, αστοχίες ωμικών επαφών, μπορούν να εντοπιστούν τα σφάλματα και οι μη λειτουργικές περιοχές που εμφανίζονται κατά τη φάση της συναρμολόγησης.



Σχήμα 64. Δοκιμή και έλεγχος ηλεκτροφωταύγειας

10.3.9 Προσομοίωση Φ/Β Συστήματος με τη χρήση Πραγματικών Τιμών

Με βάση τα καταγεγραμμένα δεδομένα ακτινοβολίας και θερμοκρασίας των πλαισίων του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, πραγματοποιείται προσομοίωση στο λογισμικό με τη χρήση των αρχείων PAN του πλαισίου που παρέχονται από τον κατασκευαστή και προσδιορίζεται η ποσότητα της ενέργειας που πρέπει να παραχθεί και συγκρίνεται με την παραγόμενη ενέργεια.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτά, αξιολογείται αν υπάρχει κάποια παραγνωρισμένη κατάσταση, όπως απώλειες μετασχηματιστών, αντιστροφών κ.λπ. και διαμορφώνεται ένα γενικό προφίλ προσδοκίας παραγωγής. Ως αποτέλεσμα αυτής της δοκιμής, μπορεί να ελεγχθεί αν έχει εμφανιστεί ή όχι ένα πρόβλημα σε όλο το σύστημα. Μέσω αυτού του υπολογισμού, μετράται η απόδοση του ηλιακού σταθμού παραγωγής ενέργειας και προσδιορίζεται η τιμή της απόδοσής του.

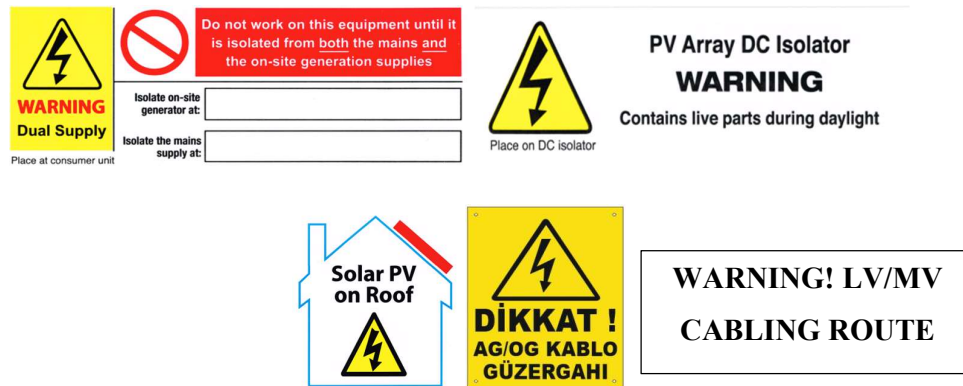
Ως αποτέλεσμα αυτής της δοκιμής προσομοίωσης και του ελέγχου, λαμβάνονται πληροφορίες όπως:

- Η ποσότητα ισχύος που απαιτείται να παράγει η μονάδα σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουν ληφθεί,
- Η αξιολόγηση της απόδοσης του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

10.3.10 Ετικέτες Ασφαλείας

Στους ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να γίνονται προειδοποιητικές επισημάνσεις σχετικά με την ορθή λειτουργία του συστήματος, την ασφάλεια των επεμβάσεων, την αναγνώριση του συστήματος και την ασφάλεια ζωής.

Όλες οι πινακίδες και οι ετικέτες πρέπει να είναι ανεξίτηλες, σαφείς, εύκολα ορατές, μη αφαιρούμενες, σταθερές και ευανάγνωστες καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του φωτοβολταϊκού συστήματος.



Σχήμα 65. Παράδειγμα ετικετών ασφαλείας

10.4 Παράδειγμα διαδικασίας συντήρησης

Το προσπίπτον στα ηλιακά πάνελ, φως, μετατρέπεται σε ενέργεια μέσω αυτών των πάνελ και αποθηκεύεται σε μεγάλες ηλιακές κυψέλες ή μπαταρίες. Τα συστήματα που εκτελούν αυτή τη δραστηριότητα ονομάζονται ηλιακοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας (Solar Power Plant. - SPP).

Για την ανίχνευση ελαττωματικών/ελαττωματικών πινάκων σε SPP, χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι. Καθώς αυτές οι μέθοδοι απαιτούν τεχνικό προσωπικό, εξοπλισμό και υπερβολικό χρόνο, οι χειριστές και το προσωπικό των SPP αναζητούν εναλλακτικές λύσεις για να αντικαταστήσουν αυτές τις κουραστικές δραστηριότητες. Δεδομένου ότι οι τομείς χρήσης των UAV έχουν επεκταθεί, έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται ενεργά στους SPP. Η διαδικασία μέτρησης που εκτελείται με τεχνικό προσωπικό και εξοπλισμό και διαρκεί 2-4 ή περισσότερες ημέρες, μπορεί πλέον να πραγματοποιηθεί με μία μόνο πτήση, χάρη στο σύστημά μας [76].

Αν και οι ηλιακοί σταθμοί δεν απαιτούν συχνή συντήρηση, η απόδοση και η διάρκεια ζωής τους αυξάνονται όταν γίνεται περιοδική συντήρηση και καθαρισμός τους.

Πίνακας 15. Πίνακας Διαδικασιών Συντήρησης [75].

NO	PERIODIC MAINTENANCES	MAINTENANCE PERIOD	MONTH
1	Solar Panel Cleaning	Twice a year	April
2	Current-Voltage Measurement	Once a year	April
3	Grounding Measurements	Once a year	September
4	Measurement and Controls of Inverters	Once a year	March
5	DC Hotspot Controls with Thermal Camera	Once a year	April
6	Lightning Protection System Measurements	Once a year	September
7	Measurements and Controls for Construction	Once a year	September
8	LV Electrical Installation Measurements and Controls	Once a year	March
9	Transformer Maintenances	Once a year	March
10	MV Electrical Installation Controls-HV Operation Responsibility	At the end of each month	
11	Compensation Control	At the end of each month	
12	Billing Control	At the end of each month	
13	HV Cell Maintenances	Once in two years	
14	Camera System Maintenance	Once a year	May
15	Field Control	Once a year	

Τα ηλιακά πάνελ είναι ανθεκτικά στις φυσικές καταστροφές, όπως η βροχή, το χιόνι και το χαλάζι, λόγω των κατασκευαστικών τους ιδιοτήτων. Τα δελτία δεδομένων των πάνελ που αγοράζονται αναφέρουν σαφώς την αντοχή των πάνελ σε καταστροφές όπως ο άνεμος και το χιόνι. Είναι απαραίτητο να επιλέγονται οι ηλιακοί συλλέκτες σύμφωνα με τις ιδιότητες της περιοχής όπου θα χρησιμοποιηθούν [77].

Γενικοί στόχοι των δραστηριοτήτων λειτουργίας και συντήρησης του SPP:

- ❖ Εντοπισμός των προβλημάτων που προκαλούν υποβάθμιση του ηλιακού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας,
- ❖ Εξάλειψη των προβλημάτων που εντοπίστηκαν,
- ❖ Λεπτομερής αναφορά και σαφήνεια [78].

10.4.1 Καθαρισμός Ηλιακών Πάνελ

Ένα πάνελ με ακαθαρσίες, είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που προκαλούν υποβάθμιση στους ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Μπορεί να προκαλέσει μείωση της απόδοσης της παραγωγής σας κατά 10-15% [79].

❖ Πώς να καθαρίσετε ένα ηλιακό πάνελ;

Ο καθαρισμός των πάνελ παραγωγής ηλιακής ενέργειας είναι σημαντικός για τη διατήρηση της απόδοσής τους. Για τον καθαρισμό των πάνελ χρησιμοποιούνται καθαρό νερό και ορισμένα αλκοολούχα καθαριστικά. Τα καθαριστικά με βάση το οινόπνευμα προτιμώνται για την αποφυγή σχηματισμού παγετού στα ηλιακά πάνελ, ειδικά το χειμώνα λόγω του κρύου καιρού. Τα καθαριστικά αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται συχνά όσον αφορά την πρόληψη του παγετού, παρόλο που εμποδίζουν τις ακτίνες του ήλιου αφήνοντας λεκέδες νερού στα πάνελ. Ανεξάρτητα από τις εποχιακές συνθήκες, ο καθαρισμός των πάνελ με καθαρό νερό στέκεται ως η πιο συνηθισμένη μέθοδος καθαρισμού.

Για τον καθαρισμό των πινάκων πρέπει να χρησιμοποιείται απιονισμένο καθαρό νερό. Το νερό αυτού του τύπου, από την άλλη πλευρά, είναι εντελώς απαλλαγμένο από διαλυμένα αντικείμενα. Σε αντίθεση με τα καθαριστικά που περιέχουν αλκοόλη, το απιονισμένο καθαρό νερό δεν αφήνει λεκέδες στα πάνελ. Έτσι, δεν υπάρχει κανένα εμπόδιο για να φτάσουν οι ακτίνες του ήλιου στο πάνελ και να απορροφηθούν μετά τον καθαρισμό. Επιπλέον, ο καθαρισμός με αυτόν τον τρόπο συμβάλλει στην ασφάλεια. Δεδομένου ότι το απιονισμένο καθαρό νερό δεν είναι αγώγιμο, οι κίνδυνοι υψηλής τάσης και οι κίνδυνοι διάβρωσης εξαλείφονται κατά τον καθαρισμό του πάνελ.

Ο καθαρισμός των ηλιακών πάνελ απαιτείται να γίνεται το βράδυ ή νωρίς το πρωί, όταν τα πάνελ δεν είναι ζεστά. Διαφορετικά, ο καθαρισμός της επιφάνειας μπορεί να μην είναι δυνατός, καθώς τα πάνελ θα είναι ζεστά. Συνιστάται ο καθαρισμός των ηλιακών συλλεκτών κάθε αλλαγή εποχής για τη διατήρηση της απόδοσης.

❖ Σημεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη διάρκεια του καθαρισμού.

- Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται μέσω των ηλιακών πάνελ. Ως εκ τούτου, ο καθαρισμός των ηλιακών πάνελ ενέχει πάντα τον κίνδυνο να βρεθούν σε υψηλή τάση. Για να μην πιαστείτε από το ρεύμα, απαιτείται οπωσδήποτε ο καθαρισμός των πάνελ με μη αγώγιμο απιονισμένο απεσταγμένο νερό. Με αυτόν τον τρόπο, θα διασφαλιστεί η επαγγελματική ασφάλεια.
- Τα ηλιακά πάνελ σε οικιακούς χώρους και βιομηχανικές εγκαταστάσεις μπορούν να τοποθετηθούν ψηλά. Για να εξαλειφθεί ο κίνδυνος πτώσης από ψηλά, είναι απαραίτητο να υπάρχει στήριξη από σωλήνες προέκτασης.

- Απαγορεύεται αυστηρά το περπάτημα και το πάτημα πάνω στο πάνελ κατά τη διάρκεια του καθαρισμού. Μπορεί να προκύψουν μικρές ρωγμές στο πάνελ λόγω του βάρους του ανθρώπινου σώματος. Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα σοβαρών προβλημάτων, ιδίως ηλεκτροπληξίας, λόγω διαρροής βρόχινου νερού σε ρωγμές ή υγρών που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό.
- Δεν συνιστάται η χρήση απορρυπαντικών και προϊόντων που περιέχουν χημικές ουσίες για τον καθαρισμό των πάνελ από τη σκόνη και τις ακαθαρσίες.
- Ο καθαρισμός των πάνελ απαιτείται να γίνεται στην αρχή κάθε νέας σεζόν. Για τον καθαρισμό των πάνελ πρέπει να χρησιμοποιούνται ειδικές ηλιακές βούρτσες.
- Είναι σημαντικό τα ηλιακά πάνελ να συντηρούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- Πρέπει να διασφαλίζεται ότι τόσο η θερμοκρασία του νερού όσο και του πάνελ είναι η ίδια κατά τη διάρκεια του καθαρισμού. Η ρίψη κρύου νερού στο ζεστό πάνελ μπορεί να προκαλέσει θερμικό σοκ και έτσι τα πάνελ μπορεί να καταστούν άχρηστα [80].

❖ Ποιες είναι οι επιπτώσεις του καθαρισμού στην απόδοση;

Η απόδοση που επιτυγχάνεται από την ηλιακή ενέργεια ποικίλλει ανάλογα με διάφορους παράγοντες. Ο τύπος του υλικού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η ποιότητα της κατασκευής κατά την εγκατάσταση του πάνελ, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, η βρωμιά στο πάνελ και ο σχεδιασμός είναι μεταξύ των παραγόντων που επηρεάζουν την απόδοση. Δίνοντας προσοχή σε αυτούς τους παράγοντες, είναι δυνατόν να επιτευχθεί το υψηλότερο δυνατό επίπεδο απόδοσης. Η επιθυμητή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να ληφθεί από τα πάνελ που συντηρούνται και καθαρίζονται σωστά.

Η σκόνη και οι ακαθαρσίες που προκύπτουν από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, προσκολλώνται στα πάνελ και εμποδίζουν τις ακτίνες του ήλιου να διεισδύσουν στην επιφάνεια. Τα πάνελ πρέπει να καθαρίζονται αφού τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, δεν μπορούν να παράγουν ηλιακή ενέργεια χωρίς να δέχονται πλήρως τις ακτίνες του ήλιου. Η απόδοση μειώνεται κατά 30% σε περίπτωση που τα πάνελ δεν καθαρίζονται. Συνιστάται να απαιτείται ο κατάλληλος καθαρισμός των πάνελ με χαμηλότερο κόστος με απιονισμένο νερό [81].

❖ Αιτίες ρύπανσης των πάνελ ηλιακής ενέργειας

- Οι λεκέδες από ασβέστη προκύπτουν από τον ακατάλληλο καθαρισμό με νερό μεταφοράς.
- Ρητίνη και οργανικές εκκρίσεις που πέφτουν από τα δέντρα.
- Μαύρη αιθάλη και κοινή που προκύπτουν από βιομηχανική ατμοσφαιρική ρύπανση.
- Μαύρη αιθάλη και άρθρωση που προκύπτουν από τον εξαερισμό θέρμανσης και ψύξης.
- Σκόνη και καυσαέρια που προέρχονται από οδούς και σιδηροδρόμους.
- Περιπτώματα πουλιών και παρασίτων.
- Ίχνη αλατιού και αμμωνίας σε μονάδες παραγωγής ενέργειας που εγκαθίστανται κοντά σε κτηνοτροφικές μονάδες και τη θάλασσα.
- Οι ρωγμές, οι μικρορωγμές και η διάβρωση προκαλούνται από λανθασμένη χημική επεξεργασία ως αποτέλεσμα λανθασμένων εφαρμογών που γίνονται από ακατάλληλο εξοπλισμό και προσωπικό [82].

❖ Η σημασία του απιονισμένου καθαρού νερού στον καθαρισμό των πάνελ

Το απομεταλλωμένο νερό, γνωστό και ως ιονισμένο νερό, είναι νερό υψηλής ποιότητας, το οποίο λαμβάνεται με την εξάλειψη των ιόντων κατιόντων και ανιόντων που βρίσκονται σε αυτό. Η παραγωγή του πρέπει να γίνεται με εξοπλισμό που απαιτεί τεχνογνωσία στη μονάδα αφαλάτωσης ή απιονισμού.

- Δεν υπάρχουν υπολείμματα στις επιφάνειες. Ως εκ τούτου, θα απορροφήσει καλά το φως του ήλιου,
- Δεδομένου ότι η αγωγιμότητά του είναι χαμηλή, η πιθανότητα να πιαστεί πολύ υψηλή τάση κατά τη διάρκεια του καθαρισμού είναι μικρότερη,
- Δεδομένου ότι δεν τροφοδοτεί τα φυτά και το γρασίδι όπως το νερό, δεν επιτρέπει την ανάπτυξη οργανισμών που μπορεί να σκιάσουν τα πάνελ,
- Δεν απαιτείται στέγνωμα,
- Όχι μόνο διατηρεί τα πάνελ καθαρά για μεγάλο χρονικό διάστημα, αλλά και εμποδίζει την προσκόλληση ουσιών όπως η σκόνη και η γύρη.
- Παραμένει σαν καινούργιο για πολλά χρόνια και δεν διαβρώνεται. Ως εκ τούτου, είναι μακράς διάρκειας ζωής.
- Τα πάνελ που καθαρίζονται συνεχώς και τακτικά λειτουργούν 30% πιο αποδοτικά από άλλα πάνελ,

Ως εκ τούτου, η χρήση ιονισμένου καθαρού νερού προτιμάται παγκοσμίως για τον καθαρισμό των ηλιακών σταθμών παραγωγής ενέργειας [83].

❖ **Πλεονεκτήματα για τον καθαρισμό των ηλιακών σταθμών παραγωγής ενέργειας:**

- Η χρήση απιονισμένου καθαρού νερού στον καθαρισμό των ηλιακών σταθμών παραγωγής ενέργειας αποτρέπει τη διάβρωσή τους και έτσι παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα καινούργιοι σαν την πρώτη τους μέρα.
- Ο καθαρισμός των πάνελ με απιονισμένο καθαρό νερό θα είναι 20% πιο αποτελεσματικός από άλλες μεθόδους καθαρισμού.
- Ο καθαρισμός των πάνελ με απιονισμένο καθαρό νερό, αποτρέπει την προσκόλληση σκόνης, γύρης και εξωτερικών παραγόντων πάνω στα πάνελ και έτσι, παραμένουν καθαρά για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.
- Ο καθαρισμός ενός ηλιακού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με απιονισμένο καθαρό νερό θα αποτρέψει τη διάβρωση των πάνελ του. Με αυτόν τον τρόπο, δεν θα βρεθούν υπολείμματα σε κανένα από τα πάνελ και έτσι οι ακτίνες του ήλιου θα απορροφώνται πιο αποτελεσματικά.
- Δεν απαιτείται στέγνωμα όταν ένας ηλιακός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καθαρίζεται με απιονισμένο καθαρό νερό.
- Το απιονισμένο καθαρό νερό πρέπει να είναι απαλλαγμένο από όλα τα μέταλλα και να έχει τιμή πολύ κοντά στο μηδέν.
- Η μέθοδος καθαρισμού των ηλιακών σταθμών παραγωγής ενέργειας με απιονισμένο καθαρό νερό είναι κοινή σε ολόκληρο τον κόσμο.

10.4.2 Μέτρηση Ρεύματος (I) – Τάσης (V)

Μέτρηση καμπύλης IV - IEC 60891: Μετά την πραγματοποίηση των μετρήσεων της καμπύλης IV όλων των συστοιχιών ηλιακών πάνελ στο πεδίο, καθίσταται δυνατή η ανίχνευση προβλημάτων όπως LID, PID, μικρορωγμές, υποβάθμιση κ.λπ. Οι μετρήσεις αυτές, εκτός από το να χρησιμεύουν ως ημερολόγιο μετρήσεων, επιτρέπουν να φανεί ο ρυθμός υποβάθμισης των πάνελ σε μελλοντικούς ελέγχους. Η απάντηση στο ερώτημα σχετικά με τυχόν έλλειμμα παραγωγής που παρουσιάστηκε στον ηλιακό σταθμό μπορεί να ληφθεί με τη βοήθεια αυτής της δοκιμής.

Τα σφάλματα σχετικά με τη μέτρηση ρεύματος (I) - τάσης (V) είναι τα ακόλουθα:

- Είναι δυνατόν να ενημερωθείτε για την πραγματική ισχύ των πάνελ. Μπορεί να ελεγχθεί η συνέπειά τους με τα δεδομένα της εγκατάστασης,
- Εάν υπάρχει απώλεια λόγω LID,
- Εάν υπάρχει απώλεια λόγω PID,
- Εάν υπάρχουν αποκοπές (προερχόμενες από ποντίκια ή τρωκτικά), επαφή με τη γη και διαρροή στα καλώδια συνεχούς ρεύματος,
- Εάν υπάρχει σφάλμα στις διόδους παράκαμψης των ηλιακών πάνελ,
- Η κατάσταση των επιπτώσεων των απωλειών σκίασης στον ρυθμό απόδοσης.
- Μπορούν να εντοπιστούν πιθανές ελαττωματικές συνδέσεις και σφάλματα μόνωσης στη σειρά των πάνελ [84].

10.4.3 Μετρήσεις γείωσης

Ένα από τα πιο σημαντικά σημεία στους ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας είναι η γείωση. Οι τιμές της γείωσης πρέπει να μετρώνται και να καταγράφονται ετησίως. Εάν προκύψει ρεύμα διαρροής λόγω αποσύνδεσης στο ισοδυναμικό κύκλωμα όταν κεραυνός πλήξει τη μονάδα, θα προκληθούν σοβαρές ζημιές. Απαιτείται η τακτική εκτέλεση των μετρήσεων με τη συσκευή Megger κάθε χρόνο καθώς και η καταγραφή τους [85].

Γειώσεις:

- Η γείωση των πινάκων πρέπει να συνδεθεί με τον πίνακα διανομής του κτιρίου για να παρέχει ισοδυναμική σύνδεση. Οι τιμές γείωσης πρέπει να είναι στην τιμή που αναφέρεται στο σχέδιο. Απαιτείται η διενέργεια αυτής της μέτρησης.
- Όλα τα πρόσθετα σημεία απαιτείται να γειωθούν με τη χρήση καλωδίου με διατομή που αναφέρεται στο έργο. Χρησιμοποιούνται ακροδέκτες καλωδίων και η σύσφιξη πρέπει να γίνεται κατά τη διαδικασία της γείωσης. Η χρήση έξυπνης βίδας δεν επιτρέπεται και το καλώδιο γείωσης δεν πρέπει ποτέ να συνδέεται με την κατασκευή.
- Τα καλώδια απαιτείται να συνδέονται με την κατασκευή χρησιμοποιώντας χάλκινο υλικό. Για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση, οι κάμψεις των καλωδίων δεν πρέπει να είναι 90 μοίρες ή λιγότερο. Είναι σημαντικό να κάμπτονται υπό μεγαλύτερη γωνία ώστε να σχηματίζουν οβάλ στροφή [86].

Δεδομένου ότι οι περιοχές εφαρμογής των φωτοβολταϊκών συστημάτων σχεδιάζονται πάντα για να καλύπτουν ολόκληρη την επιφάνεια, απαιτείται η ενσωμάτωσή τους στο υπάρχον σύστημα γείωσης TT. Παρ' όλα αυτά, σύμφωνα με το DIN VDE 0100-712,

είναι υποχρεωτική η ύπαρξη μιας αυτόματης διάταξης που ανοίγει το κύκλωμα σε εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται με καλώδιο/αγωγό.

Τα ηλιακά πάνελ πρέπει να γειώνονται με συμπαγείς χάλκινους και εύκαμπτους χάλκινους αγωγούς, όσον αφορά τη θέση εγκατάστασής τους.

Κατά τη διαδικασία γείωσης των ηλιακών πάνελ ενδέχεται να προκληθεί διάβρωση στα σημεία σύνδεσης λόγω της χρήσης διαφορετικών υλικών.

Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα, είναι απαραίτητη η χρήση ακροδέκτη σύνδεσης, μπουλονιού, παξιμαδιού καπάκι και ανοξειδωτων ροδελών.

Σε αυτές τις περιοχές θα πρέπει να εγκατασταθεί ένα σύστημα γείωσης σχεδιασμένο σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 80 2000, προκειμένου να αποφευχθούν οι βηματικές τάσεις και οι τάσεις αφής που ενδέχεται να εμφανιστούν λόγω ρευμάτων σφάλματος βραχυκύκλωσης [87].

Η γείωση έχει μεγάλη σημασία σε όλες τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, ιδίως στις ηλιακές μονάδες παραγωγής ενέργειας. Έχει σημασία τόσο για την προστασία από το ρεύμα διαρροής όσο και για τη γενική προστασία, ιδίως σε περίπτωση που ένας κεραυνός χτυπήσει τη μονάδα. Μια αποσύνδεση στη γείωση και την ισοδυναμική σύνδεση μπορεί να προκαλέσει σοβαρή ζημιά στο σύστημα. Στο πλαίσιο αυτό, θα πρέπει να καταγράφονται τόσο η μέτρηση της γείωσης του ισοδυναμικού διακένου με τη συσκευή Megger όσο και οι μετρήσεις της γείωσης της κατασκευής και των ηλιακών πάνελ και να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα σε περίπτωση εμφάνισης προβλήματος [88].

10.4.4 Μετρήσεις και Έλεγχοι για Αντιστροφείς

Ένας αντιστροφέας, γνωστός ως στοιχείο μετατροπής ηλεκτρικής ισχύος, ονομάζεται επίσης μετασχηματιστής ισχύος ή μετατροπέας. Οι αντιστροφείς είναι ηλεκτρονικά κυκλώματα ισχύος που χρησιμοποιούνται για τη λήψη εναλλασσόμενης τάσης με σταθερό ή μεταβλητό πλάτος και συχνότητα μέσω της επεξεργασίας της τάσης που λαμβάνεται από οποιαδήποτε πηγή συνεχούς ρεύματος. Με άλλα λόγια, οι αντιστροφείς είναι συσκευές που μας επιτρέπουν να χρησιμοποιήσουμε την ενέργεια των 220 ή 380 βολτ που παράγουν τα ηλιακά πάνελ σε μονάδες παραγωγής ηλιακής ενέργειας. Τα ηλιακά πάνελ παράγουν ενέργεια συνεχούς ρεύματος. Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί η παραγόμενη ενέργεια σε σπίτια και χώρους εργασίας, η ενέργεια αυτή απαιτείται να μετατραπεί σε ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος. Οι

αντιστροφείς κάνουν ακριβώς αυτό. Μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο καθώς και ρυθμίζουν την τάση και επιτρέπουν τη χρήση της ενέργειας που παράγεται από τα ηλιακά πάνελ.

Οι αντιστροφείς δεν χρησιμοποιούνται μόνο για την αποτροπή των διακοπών, των διακυμάνσεων, των ανισορροπιών, των αρμονικών κ.λπ. που εμφανίζονται στο σύστημα, αλλά και για την αποδοτική και αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος.

Μια συσκευή αντιστροφή, η οποία καθαρίζει τις διακυμάνσεις και τις αιχμές τάσης που προέρχονται από το δίκτυο περνώντας τις από το κύκλωμα φίλτρου, μειώνει τον αριθμό των βλαβών στον κινητήρα και τα μηχανικά μέρη που προκαλούνται από αυτά τα φαινόμενα, ελαχιστοποιεί το κόστος επισκευής και συντήρησης αυτών και παρατείνει τη διάρκεια ζωής τους. Επιπλέον, οι μετατροπείς επιτρέπουν την εξοικονόμηση πόρων με τη μείωση της άεργου ενέργειας. Πέραν αυτών, οι αντιστροφείς χρησιμοποιούνται για την άντληση ενέργειας με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά από συστήματα αποθήκευσης, όπως οι μπαταρίες. Ως αποτέλεσμα της αύξησης της ανάγκης και της ζήτησης για τα συστήματα αυτά, ιδίως χάρη στις μελέτες που σχετίζονται με τα οφέλη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, παράγονται σταθεροί μετατροπείς με υψηλότερους ποιοτικούς τύπους και περισσότερο χαρακτηριστικά, ώστε η ενέργεια που λαμβάνεται από συστήματα αιολικής και ηλιακής ενέργειας να είναι κατάλληλη για χρήση.

Οι κατασκευαστές προσφέρουν στην αγορά συσκευές με μικροεπεξεργαστή ή έλεγχο χαμηλής τάσης, εξόδους συναγερομού και προειδοποίησης, προστασία από υπερφόρτωση και στατική ρύθμιση. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει ρεύμα εκκίνησης, οι συσκευές που δεν βλέπουν το δίκτυο, λειτουργούν σε ελάχιστο και μέγιστο εύρος.

Οι αντιστροφείς χωρίζονται σε δύο ομάδες όσον αφορά τους σκοπούς χρήσης τους. Αυτές είναι:

- Αντιστροφείς εκτός δικτύου (ηλιακά συστήματα με μπαταρία)
- Αντιστροφείς στο δίκτυο

Αντιστροφείς εκτός δικτύου (Αντιστροφείς που χρησιμοποιούνται όπου δεν υπάρχει κύκλωμα δικτύου): Αυτοί οι αντιστροφείς χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα με συσσωρευτή-μπαταρία. Αυτές οι εφαρμογές παρατηρούνται κυρίως σε μέρη όπου είναι πολύ δαπανηρό να φέρετε μια γραμμή δικτύου, όπως: αγροικίες, ορεινά σπίτια και σταθμοί βάσης GSM.

Μετατροπείς εντός δικτύου (μετατροπείς που χρησιμοποιούνται όπου υπάρχει κύκλωμα δικτύου): Οι αντιστροφείς εντός δικτύου χρησιμοποιούνται σε ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που είναι συνδεδεμένοι με ένα δίκτυο [89].

Οι μικροεπεξεργαστές γίνονται μια δημοφιλής επιλογή για οικιακές και εμπορικές εγκαταστάσεις. Όπως και οι βελτιστοποιητές ισχύος, οι μικρομετατροπείς είναι ηλεκτρονικά στοιχεία σε επίπεδο μονάδας, επομένως εγκαθίστανται σε κάθε πίνακα. Παρ' όλα αυτά, σε αντίθεση με τους μη μετατροπείς βελτιστοποιητές ισχύος, οι μικρο-ενισχυτές μετατρέπουν την ισχύ συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο ρεύμα απευθείας στον πίνακα, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για μετατροπέα. Πέραν αυτού, εάν ένα πάνελ σκιάζεται από ένα ή περισσότερα πάνελ ή σε περίπτωση που λειτουργεί σε χαμηλότερο επίπεδο λόγω μετατροπής επιπέδου, η απόδοση των υπόλοιπων πάνελ δεν κινδυνεύει. Εκτός αυτού, οι μικρομετατροπείς παρακολουθούν την απόδοση κάθε πάνελ, ενώ οι μετατροπείς συμβολοσειράς δείχνουν την απόδοση κάθε συμβολοσειράς. Αυτό, και τα δύο καθιστούν τους μικροσυσχετιστές καλύτερους για εγκαταστάσεις με προβλήματα σκίασης και με πάνελ εγκατεστημένα σε πολλαπλά επίπεδα που βλέπουν προς διάφορες κατευθύνσεις. Τα συστήματα μικρομετατροπέων μπορεί να είναι πιο αποδοτικά, αλλά συνήθως κοστίζουν περισσότερο από τους μετατροπείς συμβολοσειράς [90].

Υπάρχουν πολλοί λόγοι για τις βλάβες και τις απώλειες απόδοσης των ηλιακών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (SPP). Ορισμένες αποτυχίες αντιστροφών και πάνελ μπορεί να οφείλονται στην κατασκευή. Η καταστροφή των υλικών λόγω λαθών κατασκευής όχι μόνο κατά τη φάση της μεταφοράς τους στο χώρο του Ηλιοθερμικού Σταθμού αλλά και κατά τη φάση της εγκατάστασής του, έχει ως αποτέλεσμα δυσλειτουργίες και απώλειες απόδοσης κατά την έναρξη λειτουργίας του σταθμού. Τα σφάλματα σχεδιασμού πριν από την εγκατάσταση, προκαλούν επίσης βλάβες και απώλειες απόδοσης του SPP. Ορισμένες διαταραχές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του ηλιακού σταθμού παραγωγής ενέργειας προκαλούν επίσης αστοχίες και απώλειες απόδοσης του SPP. Δεδομένου ότι ορισμένες από αυτές τις βλάβες θεωρούνται σφάλμα χρήστη και αμέλεια, δυστυχώς, ειδικά στις βλάβες των ηλιακών αντιστροφών, μερικές φορές δεν μπορούν να εφαρμοστούν οι όροι εγγύησης.

Μερικά από τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν είναι τα ακόλουθα:

- Η υπερβολική ποσότητα σκόνης στους ανεμιστήρες ηλιακών αντιστροφών,
- Η αποθήκευση υλικών που εμποδίζουν την κυκλοφορία του αέρα στην περιοχή όπου εγκαθίστανται οι ηλιακοί αντιστροφείς,
- Σε περίπτωση που ο εξοπλισμός που προστατεύει το πεδίο SPP από κεραυνούς χάσει τη λειτουργία προστασίας του,
- Η υπερβολική ποσότητα ρύπανσης στα ηλιακά πάνελ,
- Η εμφάνιση εγκαυμάτων στα ηλιακά πάνελ, τα λεγόμενα hot spots, λόγω περιπτώσεων πουλιών, σαλιγκαριών, φύλλων και παρόμοιων ουσιών που προσκολλώνται στα πάνελ.

- Τα πουλιά φωλιάζουν κάτω από τα πάνελ, σε σημεία όπου είναι εγκατεστημένοι ηλιακοί μετατροπείς, καθώς τα σημεία αυτά είναι θερμότερα από το περιβάλλον το χειμώνα.
- Η ανάπτυξη της βλάστησης σε περιοχές με SPP,
- Η υπερβολική βλάστηση και η βλάστηση σε περιοχές όπου είναι εγκατεστημένοι πίνακες διανομής και ηλιακοί μετατροπείς,
- Η κατασκευή κατασκευών, όπως καμινάδες, καλύβες και βεράντες, με τρόπο που να προκαλούν σκίαση στα ηλιακά πάνελ μετά την εγκατάστασή τους σε στέγη και χωράφι.
- Συνεχής λήθη υλικών που προκαλούν μερική σκίαση στα πάνελ, όπως λάστιχο, βούρτσα κ.λπ.
- Εκτείνοντας τα καλώδια των κεραιών, των καμερών και παρόμοιων συσκευών στην περιοχή όπου βρίσκονται τα πάνελ στην οροφή,
- Ζώα όπως πουλιά, ποντίκια, φίδια που φωλιάζουν στους πίνακες SPP,
- Μη επαγγελματίες που επεμβαίνουν σε πίνακες SPP αντί για εμπειρογνώμονες.

Αυτές οι καταστάσεις προκαλούν βλάβες στους μετατροπείς, τα πάνελ και τους πίνακες και, συνεπώς, καθίστανται εκτός εγγύησης. Για να αποφευχθεί μια δυσλειτουργία που οφείλεται σε αυτούς τους λόγους, απαιτείται σε μεγάλο βαθμό να λαμβάνονται οι απαραίτητες προφυλάξεις κατά τη διάρκεια των συνήθων ελέγχων.

Το κύριο καθήκον ενός αντιστροφέα είναι η μετατροπή της συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη. Κατά τη διάρκεια αυτής της μετατροπής, ο αντιστροφέας απαιτείται να χρησιμοποιεί ένα συμμετρικό ημιτονοειδές κύμα, ίσου πλάτους και η συχνότητα δεν πρέπει να παραμορφώνεται. Επιπλέον, η τάση εξόδου είναι επιθυμητό να λαμβάνεται μέσω μιας χαμηλής αρμονικής. Η τάση εξόδου μπορεί να είναι είτε μεταβλητή είτε σταθερή. Παρ' όλα αυτά, η τάση εξόδου που είναι μεταβλητή ή σταθερή μπορεί να προκαλέσει την εμφάνιση διαφορετικών αρμονικών. Για να εξαλειφθεί αυτό, επιλέγονται είτε σταθερές είτε ρυθμιζόμενες τιμές συχνότητας. Μια μεταβλητή τάση εισόδου συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιείται για να ληφθεί μια μεταβλητή τάση εξόδου. Για να γίνει αυτό, απαιτείται να διατηρείται σταθερό το κέρδος του αντιστροφέα. Ως εναλλακτικός τρόπος, σε περίπτωση που η τάση εισόδου DC είναι σταθερή και ρυθμιζόμενη, μπορεί να ληφθεί μεταβλητή τάση εξόδου με αλλαγή του κέρδους του αντιστροφέα. Σήμερα χρησιμοποιούνται συχνά μοντέλα αντιστροφέων, συστήματα που εκτελούν μεταγωγή στη θεμελιώδη συχνότητα ως στρατηγική μεταγωγής ή τεχνικές PWM (διαμόρφωση εύρους παλμών) [91].

Συντήρηση / Επισκευή Αντιστροφέων

- Συντήρηση και έλεγχοι
- Προβλήματα λιπαρής βρωμιάς

- Προβλήματα σκόνης ινών-γινών
- Προβλήματα διάβρωσης
- Προβλήματα βιομηχανικής σκόνης
- Προβλήματα καλωδίων και εγκατάστασης

Οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος διαθέτουν ένα ευρύ φάσμα βλαβών και μια ποικιλία μηνυμάτων συναγερμού και σφαλμάτων. Οι σχετικές λειτουργίες προστασίας ενεργοποιούνται μετά την ανίχνευση της βλάβης. Στη συνέχεια, τα εν λόγω σφάλματα εμφανίζονται στα ψηφιακά πληκτρολόγια των μονάδων οδήγησης. Αν και μπορεί να διαφέρουν, τα πιο συνηθισμένα έξι σφάλματα μπορούν να διαβαστούν μέσω ψηφιακού πληκτρολογίου ή συστήματος επικοινωνίας.

Οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος αποτελούνται από διάφορα ηλεκτρονικά υλικά όπως ολοκληρωμένο κύκλωμα, αντίσταση, πυκνωτή, τρανζίστορ, ανεμιστήρα ψύξης, ρελέ κ.λπ.

Αυτά τα εξαρτήματα δεν μπορούν να χρησιμοποιούνται συνεχώς ή για πάντα. Τα εξαρτήματα αυτά έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής και, ακόμη και υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, κάποια στιγμή θα υποστούν βλάβη ή θα ολοκληρώσουν τη ζωή τους. Η παροχή προληπτικής συντήρησης θα είναι δυνατή με τη λειτουργία των κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος στις καταλληλότερες συνθήκες.

Είναι απαραίτητο να ελέγχετε τακτικά τη μονάδα οδήγησης κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος όσον αφορά τυχόν ανωμαλίες που μπορεί να παρουσιαστούν κατά τη λειτουργία της. Η επαναφορά μέσω του πληκτρολογίου ή του ακροδέκτη εισόδου πρέπει να γίνεται μετά από 5 δευτερόλεπτα, όταν η βλάβη εκκαθαριστεί. Μετά την απενεργοποίηση της τροφοδοσίας, οι πυκνωτές πρέπει να εκφορτιστούν πλήρως: 5 λεπτά για τους κινητήρες κάτω των 22 kW και 10 λεπτά για τους κινητήρες άνω των 30 kW. Απαιτείται να ελέγχεται αν η διαδικασία εκφόρτισης έχει ολοκληρωθεί πλήρως. Για να γίνει αυτό, μπορούν να μετρηθούν οι ράβδοι "+" και "-". Σύμφωνα με αυτή τη μέτρηση, η τάση απαιτείται να είναι μικρότερη από 25 VDC [92].

10.4.5 Έλεγχοι θερμών κηλίδων DC μέσω θερμικής κάμερας

Μετρήσεις θερμών κηλίδων με drone και θερμική κάμερα χειρός και βάσει του προτύπου IEC 62446 / IEC 61215:

Τα hot spots ενδέχεται να εμφανιστούν μετά την ενεργοποίηση των ηλιακών πάνελ. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση τόσο ενός drone όσο και θερμικής κάμερας χειρός [93].

Τα ηλιακά πάνελ μπορεί να υποστούν ζημιά από κατασκευαστικό σφάλμα, σφάλμα συναρμολόγησης ή κατά τη λειτουργία. Αυτές οι ζημιές ή βλάβες ονομάζονται hotspots και μπορεί να προκαλέσουν βλάβες έως και διάτρηση. Επιπλέον, η πραγματοποίηση θερμικών μετρήσεων σε ηλεκτρικά εξαρτήματα μπορεί να προσφέρει έγκαιρη ανίχνευση πολλών σοβαρών βλαβών. Για το λόγο αυτό, ο έλεγχος αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο με drone όσο και με θερμική χειρός.

- Με θερμικές κάμερες υψηλής ανάλυσης, κάθε πάνελ ελέγχεται ένα προς ένα χωρίς να λαμβάνονται συλλογικές λήψεις, τα προβληματικά πάνελ φωτογραφίζονται και τα ελαττώματα ταξινομούνται.
- Για τον εντοπισμό του προβλήματος σε πίνακες με προβλήματα- τα κουτιά διακλάδωσης, τα καλώδια και οι συνδέσεις ελέγχονται και φωτογραφίζονται με θερμικές κάμερες.

Ως αποτέλεσμα των θερμικών μετρήσεων που πραγματοποιούνται στους πίνακες, είναι δυνατόν να ληφθούν πληροφορίες για τα ακόλουθα θέματα:

- Εάν υπάρχουν κατεστραμμένα κύτταρα στα ηλιακά πάνελ,
- Εάν υπάρχει απροσδόκητη αύξηση της θερμοκρασίας σε υλικά του πάνελ, όπως η δίοδος παράκαμψης ή το κουτί διακλάδωσης,
- Εάν οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που προκαλούν σκίαση προκαλούν ζημιά στα ηλιακά πάνελ,
- Εάν υπάρχουν συστοιχίες που δεν έχουν ενεργοποιηθεί,
- Εάν υπάρχει προβληματική αύξηση της θερμοκρασίας στον αντιστροφέα και στην ηλεκτρική υποδομή,

Πληροφορίες σχετικά με αυτά τα σημεία μπορούν να ληφθούν [94].

Αποτυχία διόδου παράκαμψης ηλιακού πίνακα: Η βλάβη της διόδου παράκαμψης είναι ένα από τα σημαντικά σφάλματα στον ηλιακό πίνακα. Αυτή η δυσλειτουργία προκαλεί τη μη πλήρη λειτουργία ενός συγκεκριμένου τμήματος ή ολόκληρου του ηλιακού πάνελ ή ολόκληρης της συμβολοσειράς. Για την ανίχνευσή της, χρησιμοποιείται θερμική κάμερα για τον εντοπισμό των προβληματικών διόδων παράκαμψης.

Επιπτώσεις σφαλμάτων διόδων παράκαμψης ηλιακών πάνελ:

Η βλάβη της διόδου παράκαμψης προκαλεί απώλειες υψηλής απόδοσης. Αυτό επηρεάζει την περίοδο απόσβεσης των ηλιακών σταθμών παραγωγής ενέργειας.

- Σε περίπτωση που η βλάβη της διόδου παράκαμψης δεν εντοπιστεί, μπορεί να υπάρξει κίνδυνος απώλειας παραγωγής και πυρκαγιάς.
- Η ελαττωματική δίοδος παράκαμψης μπορεί να θεωρηθεί δευτερεύον πρόβλημα. Ωστόσο, προκαλεί σοβαρές πυρκαγιές.

Εκτός από τις καιρικές συνθήκες, οι δυσλειτουργίες που εμφανίζονται στα πάνελ συγκαταλέγονται επίσης στις συνθήκες που επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής των

ηλιακών πάνελ. Συνθήκες όπως τα θερμά σημεία, τα σφάλματα διόδων και η σκίαση επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής των ηλιακών πάνελ. Για την αποφυγή αυτών των καταστάσεων, η απαιτούμενη συντήρηση των πάνελ θα πρέπει να γίνεται τόσο ετησίως όσο και μηνιαίως.

10.4.6 Μετρήσεις του συστήματος αποτροπής κεραυνών

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα που παράγουν ανανεώσιμη ενέργεια ενέχουν τον κίνδυνο κεραυνών λόγω της θέσης και της περιοχής εγκατάστασης. Η προστασία των κτιρίων και των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι σημαντική για την αύξηση του χρόνου λειτουργίας των εγκαταστάσεων και για την ασφάλεια των επενδύσεων. Ο καθορισμός του μήκους των αλεξικέραυνων και η τοποθέτησή τους σύμφωνα με τη γωνία προστασίας παρέχουν την προστασία των περιοχών αυτών από τους κεραυνούς. Οι εν λόγω αλεξικέραυνα απαιτείται να συνδέονται με αγωγό και με τη γραμμή γείωσης.

Η βλάβη των φωτοβολταϊκών συστημάτων και των μετατροπέων συχνότητας προκαλείται συνήθως από υψηλές τάσεις που προκύπτουν από κεραυνικά πλήγματα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο χρήστης του φωτοβολταϊκού συστήματος έρχεται αντιμέτωπος με υψηλό κόστος επισκευής καθώς και με τη ζημία που προκαλείται από τη διακοπή του συστήματος. Για την αποφυγή αυτών των ζημιών, απαιτείται σε μεγάλο βαθμό η χρήση αντικεραυνικής προστασίας και προστασίας από υψηλές τάσεις που έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα μεταξύ τους [95].

10.4.7 Μετρήσεις και έλεγχοι για την κατασκευή

Οι κατασκευές πρέπει να ελέγχονται μία φορά το χρόνο. Στην κατασκευή μπορεί να παρουσιαστούν φθορές για λόγους όπως ο άνεμος και το χιόνι. Οι κατασκευές είναι κατασκευασμένες από γαλβανισμένο υλικό. Με την πάροδο του χρόνου ενδέχεται να εμφανιστούν ρήξεις στα σημεία σύνδεσης των μετάλλων. Εκτός από τη χρήση προφίλ με τυποποιημένες δομές, όπως κουτί, σωλήνας, L κ.λπ. σε κατασκευές από εν θερμώ γαλβανισμένο χάλυβα τύπου κατασκευών, οι τύποι C και U μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα προϊόντα από χάλυβα ψυχρής μορφοποίησης. Υπάρχουν ζητήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη στους κατασκευαστικούς υπολογισμούς των προϊόντων χάλυβα ψυχρής μορφοποίησης, τα οποία είναι το πλέον προτιμώμενο προϊόν στις μονάδες παραγωγής ηλιακής ενέργειας, καθώς παρέχουν ευκολία διαστασιολόγησης για διάφορες στατικές καταστάσεις και συναρμολογούνται εύκολα χωρίς συγκόλληση [96].

10.4.8 Μετρήσεις και Έλεγχοι ηλεκτρικής εγκατάστασης χαμηλής τάσης (ΧΤ)

Τα δίκτυα χαμηλής τάσης έχουν τάσεις μεταξύ 1 Volt και 1000 Volt (1kV). Τα δίκτυα αυτά αποτελούνται από γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας από τους μετασχηματιστές διανομής στους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας (συνδρομητές). Καθώς οι χαμηλές τάσεις μονώνονται και προστατεύονται εύκολα, εγκαθίστανται κοντά στους συνδρομητές. Δεδομένου ότι η πτώση τάσης και η απώλεια ισχύος είναι υψηλές στις μεταφορές χαμηλής τάσης, οι χαμηλές τάσεις χρησιμοποιούνται στα δίκτυα διανομής και όχι μεταφοράς. Για τους συνδρομητές στην Τουρκία, η τιμή της χαμηλής τάσης κυμαίνεται μεταξύ 220 V και 380 V. Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις στα σπίτια μας είναι χαμηλής τάσης. Όλες οι ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούνται στα σπίτια λειτουργούν με χαμηλή τάση [97].

Σε μετρήσεις χαμηλής τάσης:

- Οι πραγματικές τιμές των πάνελ μπορούν να συγκριθούν με τις τιμές του εργοστασίου.
- Μπορεί να γίνει μια παρατήρηση σχετικά με το αν υπάρχει απώλεια απόδοσης λόγω μικρορωγμών στα ηλιακά πάνελ ή όχι.
- Μπορούν να εντοπιστούν προβλήματα μόνωσης στα καλώδια συνεχούς ρεύματος, ροκανίσματα από έντομα και διαρροές συνεχούς ρεύματος.
- Μπορεί να διαπιστωθεί η παρουσία τυχόν βλάβης σε δίοδο παράκαμψης σε ηλιακά πάνελ,
- Μπορούν να εκτιμηθούν οι ζημιές που μπορεί να προκύψουν λόγω σκίασης,
- Μπορεί να διαπιστωθεί εάν οι βλάβες στις συνδέσεις των συστοιχιών πάνελ οφείλονται σε ελαττωματικές και αναποτελεσματικές συνδέσεις [98].

10.4.9 Μετρήσεις και έλεγχοι ηλεκτρικής εγκατάστασης μέσης τάσης (ΜΤ)

Τα δίκτυα μέσης τάσης είναι ο τύπος των δικτύων, των οποίων η πραγματική ένταση κυμαίνεται μεταξύ 1000 V έως 36 kV (συμπεριλαμβανομένων των 36 kV). Τα δίκτυα αυτά χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία διασύνδεσης δικτύων υψηλής και πολύ υψηλής τάσης με δίκτυα χαμηλής τάσης. Η απευθείας παροχή ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης στους συνδρομητές δεν είναι κατάλληλη από άποψη μόνωσης και ασφάλειας. Για το λόγο αυτό, οι υψηλές τάσεις μειώνονται σε κατάλληλες τιμές και συνδέονται σε δίκτυα μέσης τάσης.

Τα δίκτυα μέσης τάσης χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας σε μικρές πόλεις και βιομηχανικές περιοχές. Οι μεσαίες τάσεις συνδέονται στους μετασχηματιστές διανομής στην είσοδο των πόλεων και διανέμονται στους συνδρομητές. Στα δίκτυα μέσης τάσης στην Τουρκία χρησιμοποιούνται τάσεις 10, 15

και 33 kV. Στα ETL που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα μέσης τάσης, η τάση γραμμής καθορίζεται ανάλογα με το μήκος της γραμμής. Σύμφωνα με αυτό, είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται τάσεις 3 έως 10 kV για γραμμές έως 10 km, 10-20 kV για γραμμές μεταξύ 20 και 30 km και 20-35 kV για γραμμές μεταξύ 30 και 70 km, ενώ υψηλές τάσεις χρησιμοποιούνται για γραμμές που υπερβαίνουν τα 70 km [99].

10.4.10 Συντήρηση μετασχηματιστών

Οι κυψέλες περιπτέρων είναι το δεύτερο σημαντικό σημείο στα SPPs. Η κυψέλη περιπτέρου αποτελείται από κυψέλες μέτρησης, κυψέλες διακόπτη, κυψέλες μετρητή, πάνελ διανομής εναλλασσόμενου ρεύματος και μετασχηματιστή.

Τα κύτταρα πρέπει να συντηρούνται τακτικά.

- Έλεγχοι συνδέσεων καλωδίων XLPE, δοκιμές θερμοκρασίας με θερμική συσκευή και δοκιμές ροπής στρέψης.
- Δοκιμές λειτουργίας ρελέ, δοκιμές πίεσης θερμοκρασίας και ρελέ Buchholz.
- Δοκιμές ενεργοποίησης και ρυθμίσεις της κυψέλης του διακόπτη.
- Δοκιμές ροπής του πίνακα διανομής εναλλασσόμενου ρεύματος.
- Θερμικές δοκιμές των συνδέσεων καλωδίων.
- Είναι απαραίτητο να εκτελούνται δοκιμές όπως ο έλεγχος του λαδιού του μετασχηματιστή και οι έλεγχοι των ρελέ προστασίας του μετασχηματιστή [100]

Έλεγχοι που πρέπει να πραγματοποιούνται κατά τη συντήρηση του μετασχηματιστή:

- Οι κεφαλές καλωδίων, οι δακτύλιοι και οι επιφάνειες του μετασχηματιστή ελέγχονται με θερμική κάμερα.
- Ελέγχεται η στάθμη του λαδιού του μετασχηματιστή και η εμφάνιση τυχόν διαρροής λαδιού,
- Ελέγχεται η διαρροή λαδιού που μπορεί να εμφανιστεί στα παρεμβύσματα των δακτυλίων,
- Οι βίδες που βρίσκονται στον μετασχηματιστή ελέγχονται μία προς μία.
- Μετράται η γείωση του Starpoint.
- Οι κεφαλές των καλωδίων του μετασχηματιστή σκουπίζονται με διαλυτικό και στεγνώνουν καλά.
- Πραγματοποιείται αντικατάσταση του σιλικονούχου τζελ.
- Γίνεται μέτρηση της ποιότητας του λαδιού.
- Σφίγγονται οι κεφαλές καλωδίων υψηλής και χαμηλής τάσης και οι κοχλίες των δακτυλίων.
- Ελέγχονται τα κέρατα τόξου. Σε περίπτωση διακοπής ρεύματος μπορεί να εμφανιστεί ηλεκτρικό τόξο.

- Εάν υπάρχει δωμάτιο μετασχηματιστών, ελέγχονται οι ανεμιστήρες ψύξης σε αυτό.
- Πραγματοποιούνται μετρήσεις τυλίγματος.

Έλεγχος μετασχηματιστή

Ο έλεγχος των δεικτών του μετασχηματιστή: Ο έλεγχος της στάθμης του λαδιού και της πίεσης γίνεται με δείκτη θερμοκρασίας περιέλιξης, δείκτη θερμοκρασίας λαδιού, έλεγχο της στάθμης λαδιού και έλεγχο της πίεσης.

Ο έλεγχος των παρεμβυσμάτων και των βιδών του μετασχηματιστή: Ελέγχονται το κάλυμμα της δεξαμενής, οι δακτύλιοι και τα παρεμβύσματα της δεξαμενής. Τα φθαρμένα ή ραγισμένα παρεμβύσματα που δεν μπορούν να λειτουργήσουν πρέπει να αντικατασταθούν με νέα. Ο κοχλίας στον μετασχηματιστή του οποίου η φλάντζα έχει αλλαχθεί θα πρέπει να ελεγχθεί κατά την επόμενη περιοδική συντήρηση.

Ο έλεγχος του μεταλλικού σώματος του μετασχηματιστή: Έλεγχος για διαρροές, φθορά και διάβρωση. Καθαρίζονται οι σκουριασμένες περιοχές και πραγματοποιείται συντήρηση με την εφαρμογή ασταριού και βαφής.

Ο έλεγχος του συστήματος ψύξης του μετασχηματιστή: Ελέγχονται οι ανεμιστήρες ψύξης. Είναι απαραίτητο να ελέγχεται αν οι ανεμιστήρες λειτουργούν σωστά ή όχι. Βεβαιωθείτε ότι οι ελαττωματικοί ανεμιστήρες έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τους αφαιρεθέντες. Αυτό είναι σημαντικό για τη σταθερότητα του συστήματος.

Ο έλεγχος του λαδιού του μετασχηματιστή: Χρησιμοποιούνται ορυκτέλαια για την προστασία του μετασχηματιστή από την υγρασία. Το λάδι που χρησιμοποιείται στον μετασχηματιστή αρχίζει να αλλοιώνεται για διάφορους λόγους με την πάροδο του χρόνου. Κατά τη διάρκεια της συντήρησης, πρέπει να λαμβάνονται δείγματα 1,5 λίτρου λαδιού μετασχηματιστή και να υποβάλλονται σε δοκιμές λαδιού. Είναι σημαντικό να αλλάζετε το λάδι που έχει χάσει τις ιδιότητές του. Για να διατηρηθεί μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του λαδιού σε μετασχηματιστές με δοχεία διαστολής, ο ξηραντήρας αέρα θα πρέπει να ελέγχεται κατά την περιοδική συντήρηση. Είναι σημαντικό να αντικατασταθεί ο ξηραντήρας αέρα εάν έχει γίνει ροζ, ενώ υπό κανονικές συνθήκες θα έπρεπε να είναι μπλε.

Ο έλεγχος των δακτυλίων του μετασχηματιστή: Οι δακτύλιοι στην έξοδο μέσης και χαμηλής τάσης ελέγχονται. Οι σπασμένοι και ραγισμένοι πρέπει να αντικαθίστανται. Οι βρώμικοι δακτύλιοι πρέπει να καθαρίζονται από τη σκόνη και τη βρωμιά σκουπίζοντάς τους με ένα υγρό πανί, ενώ η απόσταση μεταξύ των κεράτων τόξου στο τμήμα μέσης τάσης πρέπει να ελέγχεται ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τάση.

Ο έλεγχος των συνδέσεων των μετασχηματιστών: Απαιτείται ο έλεγχος των συνδέσεων γείωσης στους αγωγούς που συνδέονται με τους δακτυλίους. Χαλαρές ή οξειδωμένες συνδέσεις που δεν κάνουν σωστή επαφή πρέπει να ρυθμίζονται. Ενώ ο μετασχηματιστής βρίσκεται υπό φορτίο, κατά τη διάρκεια των ελέγχων που πρέπει να πραγματοποιηθούν με θερμική κάμερα, η ανίχνευση σφαλμάτων μπορεί να γίνει με τον έλεγχο των θερμοκρασιών των σημείων σύνδεσης.

Έλεγχοι και μετρήσεις μετασχηματιστών

Εξετάζεται στο πλαίσιο των συνθηκών που καθορίζονται από τους κατασκευαστές και σύμφωνα με ορισμένους κανονισμούς.

- Κανονισμός για τους όρους υγείας και ασφάλειας κατά τη χρήση εξοπλισμού εργασίας
- Κανονισμός για τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις υψηλού ρεύματος
- Κανονισμός γείωσης ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

Οι έλεγχοι και οι μετρήσεις των μετασχηματιστών πρέπει να πραγματοποιούνται τουλάχιστον μία φορά το χρόνο. Αυτοί οι έλεγχοι και οι μετρήσεις πραγματοποιούνται από την Ομάδα Ηλεκτρικού Ελέγχου Υψηλής Τάσης και τους Μηχανικούς.

Οι μετρήσεις των μετασχηματιστών πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια των περιοδικών ελέγχων. Ο βασικότερος στόχος είναι η πρόληψη τυχόν ζημιών και θανάτων που μπορεί να προκύψουν λόγω έλλειψης ελέγχου και επιθεώρησης.

Μετρήσεις μετασχηματιστών:

- Δοκιμή αναλογίας στροφής μετασχηματιστή
- Δοκιμή αντίστασης DC περιέλιξης μετασχηματιστή
- Δοκιμή μόνωσης DC του μετασχηματιστή
- Δοκιμή γείωσης μετασχηματιστή
- Μετρήσεις με θερμική κάμερα
- Δοκιμές διακοπών
- Δοκιμή καλωδίων [101]

10.4.11 Συντήρηση κυψελών ΥΤ

Η ευθύνη λειτουργίας υψηλής τάσης ονομάζεται επίσης "ευθύνη μετασχηματιστή". Η αρχή και οι μέθοδοι αυτής της υπηρεσίας εφαρμόζονται στο πλαίσιο ενός

συγκεκριμένου κανονισμού. Η ευθύνη της διαχείρισης των μετασχηματιστών έχει καθιερωθεί για την αποφυγή απώλειας ζωής και περιουσίας και για να προχωρήσει με ορισμένη σειρά. Για να είναι κάποιος υπεύθυνος λειτουργίας υψηλής τάσης, είναι απαραίτητο να διαθέτει πιστοποιητικό ICE (Independent Consulting Engineer). Υπάρχουν ορισμένοι κανονισμοί για τη μείωση των ζημιών στα σημεία υψηλής τάσης. Οι ηλεκτρολόγοι μηχανικοί που θέλουν να είναι υπεύθυνοι για τη λειτουργία υψηλής τάσης απαιτείται να λάβουν εκπαίδευση σε αυτόν τον τομέα.

Η συνεχής δοκιμή και συντήρηση των κυψελών εξαλείφει την πιθανότητα εμφάνισης προβλημάτων και διασφαλίζει την πρόληψη της εμφάνισής τους, παρέχοντας μια λειτουργία του συστήματος χωρίς προβλήματα. Ο κίνδυνος βλάβης μηδενίζεται εάν ληφθεί η απαραίτητη προσοχή όσον αφορά τις κεφαλές των καλωδίων, κατά την εγκατάσταση. Παρόμοιες εκτιμήσεις απαιτείται να εφαρμόζονται και στους διακόπτες γείωσης. Κατά την εκτέλεση των δοκιμών και της συντήρησης των κυψελών, οι ομάδες εμπειρογνομώνων τις εξετάζουν και τις επιθεωρούν πρώτα, διακόπτουν την ηλεκτρική ενέργεια και εφαρμόζουν τη γείωση σύμφωνα με τις οδηγίες των κυψελών. Στο πλαίσιο των μέτρων ασφαλείας, εντοπίζονται τα προβλήματα που προκαλούν δυσλειτουργία. Κατά τη διάρκεια αυτών των συντηρήσεων, όλα τα καλώδια ελέγχονται και το σύστημα γείωσης επιθεωρείται σχολαστικά. Ελέγχεται αν τα δοκιμασμένα καλώδια μπορούν να εκτελέσουν επαρκώς τη μετατροπή ενέργειας ή όχι.

Η συντήρηση των μεταβάσεων και των αντιστάσεων που εξασφαλίζουν τη μετάδοση των επαφών στην κατεύθυνση της μετάβασης είναι απαραίτητη για τη σωστή λειτουργία των συστημάτων διαχωρισμού στο κύτταρο. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών και της συντήρησης της κυψέλης, οι επαφές και οι επιφάνειες της κυψέλης πρέπει να ελέγχονται και να καθαρίζονται, εάν είναι απαραίτητο. Στη συνέχεια, ο έλεγχος του τμήματος του σώματος και ο έλεγχος της γείωσης είναι ένα βήμα που χρειάζεται προσοχή. Οι κύριες συνδέσεις πρέπει να ελεγχθούν και απαιτείται συντήρηση και καθαρισμός των μονωτήρων που πρέπει να αναθεωρηθούν. Η διασφάλιση της μετάδοσης των σημάτων από το κύριο κέντρο είναι απαραίτητη και η ικανότητά τους να μετασχηματίζουν ενέργεια πρέπει να υπολογιστεί. Είναι απαραίτητο να ελέγξετε αν το ασφαλιστικό σύστημα λειτουργεί σωστά ή όχι. Είναι απαραίτητο να ελεγχθεί η ανθεκτικότητα των καλωδίων και των μεταλλικών μερών του πάνελ στο κύτταρο. Αυτά τα μεταλλικά μέρη απαιτείται να ελεγχθούν για τα σάπια μέρη που μπορεί να περιέχουν. Τα κύτταρα πρέπει να υπερφορτωθούν με υπερβολική ενέργεια για να ελεγχθούν. Κατά τον έλεγχο της πιθανότητας ηλεκτρικής διαρροής, είναι επίσης απαραίτητο να ελεγχθούν οι κοχλίες. Είναι σημαντικό να λαμβάνονται προληπτικά μέτρα για την αποφυγή πιθανών

ηλεκτρικών διαρροών και να εφαρμόζεται αυτή η συντήρηση και οι έλεγχοι σε τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να είστε σίγουροι για τα σημεία σύνδεσης των καλωδίων. Κατά τη διαδικασία δοκιμής και συντήρησης της κυψέλης, η οποία θα εξασφαλίσει τη μακροζωία της κυψέλης, ο καθαρισμός της επιφάνειας και του εσωτερικού πρέπει να γίνεται με διαλυτικό. [102]

10.4.12 Έλεγχος Αντιστάθμισης

Η βεβαιότητα ότι οι μετατροπείς έχουν εγκατασταθεί σωστά σε έναν σταθμό ηλιακής ενέργειας, δεν σημαίνει ότι εξαλείφεται η ανάγκη για αντιστάθμιση. Όπως αναφέραμε παραπάνω, ακόμη και αν δεν υπάρχει ποινή λόγω της υψηλής ενεργού ισχύος που παράγεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι ΣΗΘΥΑ που στρέφονται στην κατανάλωση κατά τις νυχτερινές ώρες αντιμετωπίζουν ποινή, επειδή η ενεργός κατανάλωση είναι πολύ χαμηλή, αλλά η άεργος κατανάλωση είναι μεγαλύτερη από αυτή την ενεργό κατανάλωση. Ο ηλεκτρονόμος ηλιακής αντιστάθμισης, ο οποίος μπορεί να συλλάβει με ακρίβεια το σημείο κατά το οποίο η παραγωγή μεταβαίνει στην κατανάλωση (από την ημέρα στη νύχτα) στον SPP, ξεκινά την αντιστάθμιση με τη χρήση των βαθμίδων που είναι συνδεδεμένες σε αυτόν και δεν επιτρέπει την επιβολή ποινής στο σύστημα, μειώνοντας την άεργο ισχύ που απορροφάται από το δίκτυο. Η χωρητική ποινή συναντάται γενικά στους SPP. Ο λόγος είναι οι μετατροπείς και τα υπόγεια καλώδια που χρησιμοποιούνται στο σύστημα. Οι αντιστροφείς είναι χωρητικοί τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα. Παρ' όλα αυτά, η χωρητικότητα που παράγεται κατά τη διάρκεια της ημέρας γενικά αγνοείται, καθώς παραμένει χαμηλότερη από την ενεργό. Ο χωρητικός ρυθμός που εμφανίζεται τη νύχτα είναι πολύ μεγάλος για να αγνοηθεί. Ως εκ τούτου, πρέπει να συνδεθούν δευτερεύοντες αντιδραστήρες στον ηλεκτρονόμο αντιστάθμισης άεργου ισχύος ως βήμα όταν γίνεται αντιστάθμιση σε αυτά τα συστήματα. Ο ηλιακός ηλεκτρονόμος, ο οποίος παράγεται για να λάβει μια αναφορά ρεύματος από τη μέση τάση, επιτρέπει τη σύνδεση λιγότερων αντιδραστήρων παράκαμψης στο σύστημα αντιστάθμισης, λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες άεργου ισχύος του μετασχηματιστή και καθιστώντας το σύστημα αντιστάθμισης πιο οικονομικό. Σε αυτά τα συστήματα, η αντιστάθμιση με οδηγούς παράπλευρων αντιδραστήρων δεν είναι πολύ ακριβής μέθοδος. Ο κύριος λόγος γι' αυτό είναι ότι οι αντιδραστήρες συνδέονται στις οδηγούμενες συσκευές ως μονοφασικές.

Παρόλα αυτά, όπως είναι γνωστό, τα τυλίγματα MV των μετασχηματιστών είναι τριγωνικά, δηλαδή δεν υπάρχει ουδέτερος. Ως εκ τούτου, ένα μονοφασικό φορτίο που οδηγείται στην πλευρά LV θα επηρεάσει τα δύο τυλίγματα μαζί στην πλευρά MV, και

ως αποτέλεσμα, το ζεύγος ρελέ και οδηγού που θέλει να επαναφέρει το αντιδραστήριο θα εισέρχεται συνεχώς σε βρόχο. Ως αποτέλεσμα, οι αντιδραστήρες θα οδηγούνται σε σχεδόν πλήρες φορτίο και η ενεργός κατανάλωσή τους θα κοστίζει σχεδόν όσο και η ποινή. Αντί αυτών, ο ευαίσθητος έλεγχος των αντιδραστήρων και των πυκνωτών μέσω του ρελέ, ακόμη και αν είναι μονοφασικοί, θα μειώσει την ανισορροπία στα τυλίγματα MV του μετασχηματιστή λόγω αντιστάθμισης και το σύστημα θα γίνει πιο αποδοτικό.

Τα φορτία που πρέπει να αντισταθμιστούν σε αυτούς τους σταθμούς είναι οι απώλειες αέργου ισχύος του μετασχηματιστή, των υπόγειων καλωδίων, των μετατροπέων και των φορτίων που βρίσκονται στα φυλάκια εντός του σταθμού [103].

10.4.13 Έλεγχος Χρέωσης

Η απόσβεση των ηλιακών σταθμών είναι περίπου 6-7 χρόνια. Για πολλά κοινά σπίτια, ακόμη και η ισχύς των 2-3 KW μπορεί να είναι επαρκής. Το κόστος κάθε KW ισχύος είναι περίπου 1.300-1.500 δολάρια, συμπεριλαμβανομένων των γραφειοκρατικών διαδικασιών [104].

Η επένδυση στην ηλιακή ενέργεια θα πρέπει να θεωρείται μακροπρόθεσμη επένδυση. Ο μετατροπέας μετατροπέα που χρησιμοποιείται, έχει τυπική εγγύηση για 5 χρόνια. Με μια μικρή διαφορά, μπορεί να εφαρμοστεί παράταση της εγγύησης έως και 10 έτη ή και περισσότερο είναι δυνατή. Από την άλλη πλευρά, οι εγγυήσεις των ηλιακών πάνελ έχουν κατά μέσο όρο 10-15 χρόνια και εγγυώνται 80% απόδοση στο τέλος των 25 ετών. Με άλλα λόγια, ένα πάνελ με 100 Wp προβλέπεται να αποδίδει 80 Wp μετά από 25 χρόνια [105].

Τα συστήματα ηλιακής ενέργειας γενικά δεν απαιτούν συντήρηση. Πρέπει να διατηρούνται σχετικά καθαρά. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να καθαρίζονται αρκετές φορές το χρόνο. Οι πιο αξιόπιστοι κατασκευαστές ηλιακών πάνελ εγγυώνται τα προϊόντα τους για 20-25 χρόνια. Επιπλέον, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη, η διάβρωση και η τριβή δεν παρατηρούνται πολύ συχνά. Ο αντιστροφέας που χρησιμοποιείται στα έργα ηλιακής ενέργειας είναι γενικά το μοναδικό κομμάτι που πρέπει να αντικατασταθεί μετά από 5-10 χρόνια χρήσης. Επειδή εργάζεται συνεχώς για τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα. Εκτός από τον αντιστροφέα, τα καλώδια χρειάζονται επίσης συντήρηση για να διασφαλιστεί ότι το σύστημα ηλιακής ενέργειας λειτουργεί με τη μέγιστη δυνατή απόδοση. Επομένως, αφού καλυφθεί το αρχικό κόστος του ηλιακού συστήματος, δεν χρειάζεται να δαπανήσετε πολλά για συντήρηση και επισκευή [106].

10.4.14 Συντήρηση Συστήματος Καμερών

Τα συστήματα καμερών μπορούν να ενεργοποιηθούν εάν τα συστήματα συναγερμού δεν προσφέρουν μεγάλο όφελος. Η περιοχή σαρώνεται πάντοτε από καταγραφές καμερών υψηλής ανάλυσης. Επιπλέον, χάρη στην προηγμένη τεχνολογία, οι καταγραφές των καμερών μπορούν να προβληθούν και σε κινητά τηλέφωνα. Αντί να ελέγχονται συνεχώς τα ηλιακά πάνελ, με αυτόν τον τρόπο, τα πάντα μπορούν να ελέγχονται εξ αποστάσεως από οποιοδήποτε μέρος. Το σύστημα ασφαλείας στον SPP, το οποίο είναι ενεργό 7-24, επιτρέπει την προστασία του εργοστασίου. Σε περίπτωση δυσμενών συνθηκών, αποστέλλεται προειδοποιητική ειδοποίηση στο τηλέφωνο του υπεύθυνου. Με τις συνεχείς καταγραφές της κάμερας, είναι δυνατή η παρακολούθηση των καταγραφών της επιθυμητής ημέρας, ώρας και λεπτού.

Σε κατασκευές όπως τα συστήματα ηλιακής ενέργειας, οι κάμερες έχουν μεγάλη σπουδαιότητα. Δεδομένου ότι πρόκειται για μια μεγάλη επένδυση, ο έλεγχος και η προστασία της αποκτούν ακόμη μεγαλύτερη σημασία. Επιπλέον, είναι σχεδόν αδύνατο να μένετε συνεχώς στο εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας.

Και πάλι, τα συστήματα καμερών είναι ο καλύτερος τρόπος για να επιτευχθεί αποτελεσματικότητα. Για τον έλεγχο μπορεί να απαιτείται ένα μέλος του προσωπικού. Παρ' όλα αυτά, οι διαδικασίες αυτές είναι ευκολότερες με κάμερες [107].

10.4.15 Έλεγχος Πεδίου

Ο όρος SCADA σχηματίζεται από τη συγκέντρωση των πρώτων γραμμάτων των λέξεων "Supervisory Control and Data Acquisition" (Εποπτικός έλεγχος και συλλογή δεδομένων). Τα συστήματα SCADA, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία, είναι ολοκληρωμένα και ολοκληρωμένα συστήματα ελέγχου και παρακολούθησης βάσει δεδομένων που παρέχουν τον αυτόματο έλεγχο, την παρακολούθηση και την αναφορά των αποτελεσμάτων όλων των μονάδων, από τον έλεγχο όλου του εξοπλισμού μιας εγκατάστασης ή επιχείρησης έως τον προγραμματισμό της παραγωγής, από τις μονάδες περιβαλλοντικού ελέγχου έως τις βοηθητικές επιχειρήσεις.

Η έδρα των συστημάτων SCADA για την ηλιακή ενέργεια βρίσκεται στο σώμα των DISCOMs. Η εταιρεία διανομής μπορεί να παρακολουθεί και να ελέγχει από την έδρα της όλες τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που είναι συνδεδεμένες με το σύστημα διανομής στην περιοχή της. Η σύνδεση μεταξύ της έδρας και του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται μέσω του διαδικτύου που παρέχεται από τα "GSM / GPRS modems" που βρίσκονται στους πίνακες SCADA που είναι

τοποθετημένοι στον πίνακα διανομής. Τα δεδομένα που λαμβάνονται και αποστέλλονται μέσω αυτής της σύνδεσης στο διαδίκτυο μεταξύ της έδρας και του πίνακα βρίσκονται υπό την προστασία του πρωτοκόλλου IEC 60870-5-104, το οποίο είναι ένα αδειοδοτημένο ιδιωτικό πρωτόκολλο επικοινωνίας [108].

Τα συστήματα παρακολούθησης της ηλιακής ενέργειας, όχι μόνο παρέχουν πολλά εργαλεία που σας βοηθούν να κατανοήσετε το σύστημα ηλιακής ενέργειας που εγκαταστήσατε, αλλά σας βοηθούν επίσης να δείτε τα δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας και παραγωγής. Το λογισμικό παρακολούθησης ηλιακών συστημάτων μπορεί συχνά να βοηθήσει στον εντοπισμό προβλημάτων και ελαττωμάτων με τα πάνελ και να προτείνει τον ιδανικό τύπο επισκευής για την εγκατάστασή σας. Επίσης, τα ιστορικά δεδομένα μπορούν να παρακολουθούνται στο σύστημα παρακολούθησης. Τα ηλιακά πάνελ έχουν ελάχιστη εγγύηση απόδοσης 20-25 ετών. Παρ' όλα αυτά, τα συστήματα παρακολούθησης ηλιακής ενέργειας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για να διαπιστώνεται εάν η απόδοσή τους πέφτει κάτω από την εγγυημένη τιμή ή όχι. Για παράδειγμα, τα συστήματα παρακολούθησης παρέχουν δεδομένα σχετικά με τις παρελθούσες επιδόσεις βάσει των καιρικών συνθηκών, επομένως, μπορεί να προβλεφθεί ο τρόπος με τον οποίο ο καιρός επηρέασε την ηλιακή παραγωγή στο παρελθόν και τι αναμένεται στο μέλλον.

Η απόδοση του ηλιακού αντιστροφέα είναι ευθέως ανάλογη με την ισχύ εξόδου. Εάν η απόδοση των αντιστροφέων μειωθεί, αναμένεται απώλεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του συστήματος παρακολούθησης ηλιακών συστημάτων είναι η ανίχνευση βλαβών του συστήματος ή πιθανών βλαβών των ηλιακών πάνελ σε παρόμοιες περιπτώσεις. Από την άλλη πλευρά, το λογισμικό παρακολούθησης ηλιακής ενέργειας αποθηκεύει τα δεδομένα ηλιακής ενέργειας στη μνήμη και δημιουργεί αρχείο. Ένα άτομο ή ένα ίδρυμα που θέλει να ελέγξει την κατάσταση του συστήματος ηλιακής ενέργειας μπορεί να δει και να συγκρίνει όλες τις πληροφορίες. Έτσι, θα ξεκινήσει η διαδικασία επιδιόρθωσης του εντοπισμού του προβλήματος στην εγκατάσταση ηλιακής ενέργειας.

Ένα άλλο πλεονέκτημα των συστημάτων παρακολούθησης της ηλιακής ενέργειας είναι ο εύκολος έλεγχος της ποσότητας της ηλιακής ενέργειας που παράγει το σύστημα. Τα περισσότερα λογισμικά παρακολούθησης επιτρέπουν τον έλεγχο του τρόπου με τον οποίο κάθε αντιστροφέας και πάνελ παρουσιάζει απόδοση. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να προσδιοριστεί αν κάποιο από αυτά χρειάζεται συντήρηση ή αν είναι δυνατόν να αυξηθεί η ποσότητα της ηλιακής τους απόδοσης. Το σύστημα παρακολούθησης της ηλιακής ενέργειας ενημερώνει επίσης γρήγορα τα δεδομένα, επιτρέποντάς σας ταυτόχρονα να γνωρίζετε πάντα πώς λειτουργεί το σύστημά σας [109].

Λόγω τόσο του μεγέθους του πεδίου όσο και του μεγάλου αριθμού του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού, είναι πολύ δύσκολο να ελεγχθεί το πεδίο σε SPP. Ως επί το πλείστον, τα προβλήματα που εμφανίζονται στο πεδίο μπορούν να γίνουν αντιληπτά και να επιλυθούν όταν φτάσουν σε πολύ δραματικά επίπεδα. Η κατάσταση αυτή προκαλεί στον ιδιοκτήτη του σταθμού παραγωγής ηλεκτρισμού απώλεια παραγωγής/χρημάτων.

Ορισμένοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τιμωρούνται από την EMRA (Ρυθμιστική Αρχή Ενεργειακών Αγορών), καθώς η παραγωγή τους υπερβαίνει κατά διαστήματα το επιτρεπόμενο ανώτατο όριο.

Για όλους αυτούς τους λόγους, σήμερα, η παρακολούθηση/έλεγχος των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από την αίθουσα διαχείρισης του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής τοπικά ή από την απομακρυσμένη κεντρική μονάδα διαχείρισης αποτρέπει όλα αυτά τα προβλήματα και αυξάνει το χρηματικό/χρονικό κέρδος του επενδυτή.

Δεδομένου ότι οι SPP διαθέτουν πολύ εξοπλισμό στο πεδίο, θα είναι μεγάλο πλεονέκτημα η παρακολούθηση και ο έλεγχος των ακόλουθων δεδομένων μέσω του συστήματος SCADA εκτός από τα δεδομένα που λαμβάνονται από το σύστημα παρακολούθησης δεδομένων της EDC (Electricity Distribution Corporation) όσον αφορά την παρακολούθηση-ελέγχου τους.

- Παρακολούθηση των θερμοκρασιών του πίνακα
- Περαιτέρω μέτρηση ακτινοβολίας μέσω πυρανόμετρου
- Μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου
- Λήψη πληροφοριών ρεύματος, τάσης, ισχύος και χωρητικότητας από τις σειρές πλαισίων και μέτρηση της συνολικής ισχύος DC που εισέρχεται στον αντιστροφέα
- Παρακολούθηση των πληροφοριών κατάστασης των διακοπών ασφαλειών-υπολειπόμενου ρεύματος στους πίνακες συλλογής πεδίου
- Παρακολούθηση των παραμέτρων λειτουργίας του αντιστροφέα και έλεγχος της παραγωγής με τη μέτρησή τους.
- Εάν υπάρχουν δευτερεύοντα κέντρα μετασχηματιστών, παρακολούθηση και έλεγχος των πληροφοριών κατάστασης λειτουργίας του διακόπτη χαμηλής τάσης, του αναλυτή, του ηλεκτρονόμου προστασίας, του μετασχηματιστή, της κυψέλης MV, του ηλεκτρονόμου και των μετρούμενων παραμέτρων.

Όταν το σύστημα SCADA εγκαθίσταται τοπικά στο κέντρο διαχείρισης του SPP ή στο κεντρικό κέντρο διαχείρισης, σύμφωνα με την επιθυμία του επενδυτή, το σύστημα επιτρέπει επίσης στα αρμόδια πρόσωπα/άνθρωπους να παρακολουθούν το σύστημα μέσω ενός προγράμματος περιήγησης στο διαδίκτυο με υπολογιστή ή κινητό τηλέφωνο [110].

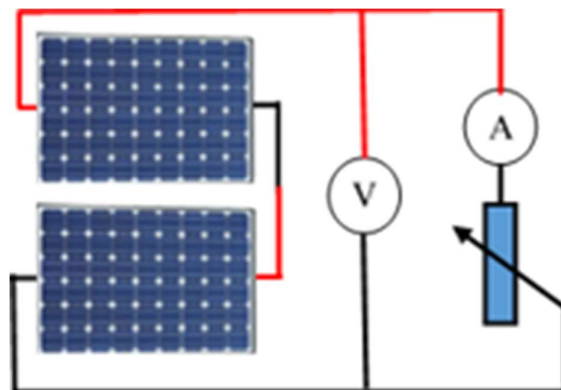
Ο καθαρισμός του γρασιδιού σε ένα εργοστάσιο ηλιακής ενέργειας είναι εξίσου σημαντικός με τον καθαρισμό των πάνελ. Το γρασίδι που αναπτύσσεται σε αυτά τα πάνελ μπορεί να ρίξει σκιά, η οποία, στη συνέχεια, θα προκαλέσει θερμά σημεία σε αυτά. Κάθε χρόνο, η περιοχή θα πρέπει να καθαρίζεται τακτικά από το γρασίδι [111].

Είναι απαραίτητο να καλυφθεί ολόκληρη η περιοχή με συρμάτινους φράχτες, και εάν η γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας διέρχεται πάνω από το εργοστάσιο, οι εν λόγω συρμάτινοι φράχτες πρέπει να γειωθούν κατάλληλα. Όλες οι γειώσεις πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του πιστοποιημένου ηλεκτρολογικού έργου. Όλα τα καλώδια που δεν είναι θαμμένα στο έδαφος πρέπει να προστατεύονται μηχανικά με γαλβανισμένους σωλήνες ή μεταλλικούς αγωγούς καλωδίων.

Τα υπόγεια καλώδια στο πεδίο πρέπει να είναι χαλύβδινα θωρακισμένα και τα καλώδια αυτά πρέπει να τραβιούνται σε βάθος 1m μέσω σωλήνων PVC. Οι φέρουσες βάσεις, οι οποίες αποτελούν μέρος της μεταλλικής κατασκευής, πρέπει να φέρονται σε ισοδυναμική σύνδεση κάτω από το έδαφος και απαιτείται να συνδέονται από πάνω. Η σήμανση στο πεδίο πρέπει να ελέγχεται [112].

11. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ

Η ανάγνωση των τιμών I_{sc} και V_{oc} σε έναν ηλιακό σταθμό δεν είναι κατάλληλη μέθοδος, καθώς θα εμποδίσει τη λειτουργία του συστήματος. Ωστόσο, όταν το σύστημα λειτουργεί στη μέγιστη ισχύ, η μέτρηση της τάσης και του ρεύματος εξόδου (οι τιμές αυτές είναι ίσες με τις τιμές V_{mp} και I_{mp}) με το βολτόμετρο και το αμπερόμετρο συνδεδεμένα στο σύστημα, όπως φαίνεται στο σχήμα 66, δεν δημιουργεί κανένα εμπόδιο στη λειτουργία του συστήματος.



Σχήμα 66. Διάγραμμα Σύνδεσης βολτομέτρου και αμπερομέτρου

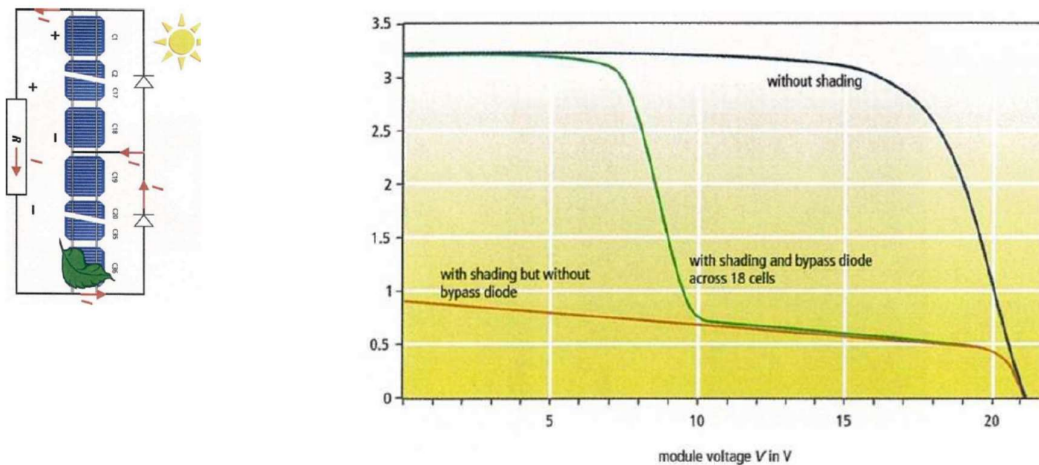
Αυτό επιτρέπει τη συνεχή μέτρηση της τιμής I_{mp} καθώς και τον προσδιορισμό της έντασης του φωτός (E (I_{mp})) που πέφτει στα πάνελ, χρησιμοποιώντας πειραματικά παραγόμενα δεδομένα που έχουν μετατραπεί σε οπτικές αναπαραστάσεις. Η διαφορά μεταξύ αυτού του αριθμού και της έντασης φωτός (E) που μετράται από εξωτερικό ηλιακό μετρητή εγκατεστημένο στην ίδια θέση με τα πάνελ υποδεικνύει ότι τα πάνελ είναι ακάθαρτα. Κατά συνέπεια, είναι σωστό να συμπεράνουμε ότι τα πάνελ πρέπει να καθαριστούν μόλις η διαφορά στην εκτιμώμενη ένταση φωτός (E) φτάσει σε σημείο που θα επηρεάσει αρνητικά την απόδοση. (Είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι η βελτίωση της παραγωγής ενέργειας μετά τον καθαρισμό των πάνελ καλύπτει το κόστος καθαρισμού κατά τον προσδιορισμό της τιμής E που απαιτείται για τον καθαρισμό των πάνελ).

Η ερμηνεία της μεταβολής του V_{mp} μόνο από τη μεταβολή της έντασης του φωτός δεν είναι επαρκής. Υπάρχουν δύο κρίσιμοι παράγοντες, εκτός από την ένταση του φωτός, που επηρεάζουν την τιμή V_{mp} . Αυτοί είναι η θερμοκρασία του πάνελ καθώς και τυχόν σκίαση που μπορεί να εμφανιστεί.

Οι επιφανειακές θερμοκρασίες των πάνελ θα μεταβάλλονται ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια των πάνελ, καθώς αυτά εκτίθενται στον ήλιο κατά τη διάρκεια

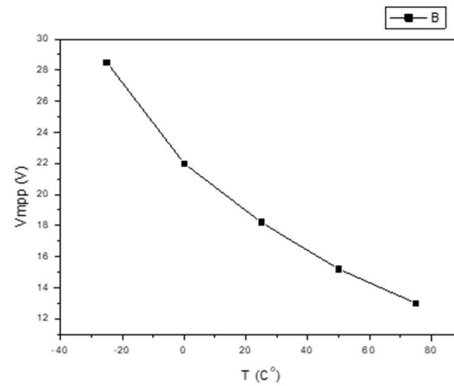
της ημέρας. Οι τιμές V_{mp} και V_{oc} θα μειωθούν (σχεδόν εκτ.) με την αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας, ενώ οι τιμές I_{mp} και I_{SC} θα αυξηθούν ελαφρώς, εάν αυτή η μεταβολή της επιφανειακής θερμοκρασίας θεωρηθεί σταθερή. Εκτός από τη μείωση της τάσης, αυτή η αύξηση του ρεύματος θα είναι ασήμαντη στην πλειονότητα των πλαισίων.

Όταν σχηματίζεται σκιά σε ένα πάνελ ή σε ένα στοιχείο εντός ενός πάνελ, η παραγωγή ρεύματος στο πάνελ ή στο στοιχείο διακόπτεται και η κατανάλωση ενέργειας αρχίζει από μόνη της, παρόλο που η θερμοκρασία της επιφάνειας του πάνελ και η ποσότητα του φωτός που πέφτει στο πάνελ είναι σταθερές. Ως αποτέλεσμα, η έξοδος του πίνακα αντιμετωπίζει σημαντική απώλεια ισχύος. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 200, εάν ένας πίνακας που αποτελείται από 36 κυψέλες συνδεδεμένες σε σειρά δεν διαθέτει δίοδο παράκαμψης, οι τιμές ρεύματος του πίνακα (I_{sc} και I_{mp}) θα μειωθούν προς το μηδέν όταν μια κυψέλη σκιάζεται και ο πίνακας θα σταματήσει να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Όταν ένα ή περισσότερα από τα 18 κύτταρα σε μια ομάδα συνδεδεμένων κυττάρων με δύο διόδους παράκαμψης σκιάζονται, τα 18 κύτταρα θα παρουσιάσουν πτώση τάσης 0,6 V και θα καταστούν δυσλειτουργικά. Η τάση εξόδου του πίνακα (V_{mp}) θα είναι κατά 0,6 V χαμηλότερη από ό,τι ήταν στην πρότερη κατάσταση.



Σχήμα 67. Πίνακας αποτελούμενος από 36 συνδεδεμένα σε σειρά κύτταρα και διάγραμμα μεταβολής I/V με και χωρίς δίοδο Bypass κατά τη σκίαση του πάνελ

Εκτός από τη μέτρηση της I_{mp} και της έντασης του φωτός, είναι επίσης απαραίτητο να μετρώνται ταυτόχρονα η V_{mp} , η θερμοκρασία περιβάλλοντος και η θερμοκρασία της επιφάνειας των πλαισίων λόγω του φαινομένου σκίασης και των δύο ή τριών διόδων παράκαμψης που περιλαμβάνονται σε κάθε πλαίσιο.



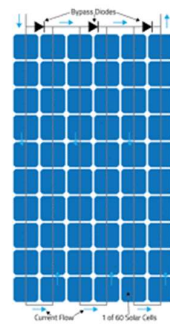
Σχήμα 68. Μεταβολή τιμής V_{mp} με την θερμοκρασία, υπό σταθερή ένταση φωτός

Σύμφωνα με τη μετρούμενη ένταση φωτός, τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και τη θερμοκρασία επιφάνειας, όπως παρατηρείται στο σχήμα 68, θα πρέπει να υπολογιστεί η προηγούμενη πειραματική τιμή V_{mp} (T,E) και να συγκριθεί με την τιμή V_{mp} που μετράται από την έξοδο του συστήματος και να ελεγχθεί η τιμή V_{mp} . Εάν δεν υπάρχει σφάλμα στο σύστημα, η τιμή αυτή θα πρέπει να είναι μηδέν. Ωστόσο, η διαφορά θα είναι κοντά στο μηδέν λόγω της μεταβολής της έντασης του φωτός.

Ωστόσο, ανάλογα με τον αριθμό των διόδων παράκαμψης που είναι εγκατεστημένες στον πίνακα και τον αριθμό των πινάκων που είναι συνδεδεμένοι σε σειρά στο σύστημα, θα υπάρχει μια ορισμένη διαφορά στην V_{mp} εάν υπάρχει σκίαση ή ελάττωμα στον πίνακα στο σύστημα. Αυτή η διαφορική τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του αριθμού των ελαττωματικών πλαισίων ή του μεγέθους της σκίασης.

Ωστόσο, ανάλογα με τον αριθμό των διόδων παράκαμψης που είναι εγκατεστημένες στον πίνακα και τον αριθμό των πινάκων που είναι συνδεδεμένα σε σειρά στο σύστημα, θα υπάρχει μια ορισμένη διαφορά στην V_{mp} εάν υπάρχει σκίαση ή ελάττωμα του πίνακα στο σύστημα. Αυτή η διαφορική τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του αριθμού των ελαττωματικών πλαισίων ή του μεγέθους της σκίασης.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 69, εάν τουλάχιστον μία από τις κυψέλες που είναι συνδεδεμένες σε σειρά με μία δίοδο παράκαμψης είναι σκιασμένη ή σπασμένη, η δίοδος παράκαμψης που είναι συνδεδεμένη με τις κυψέλες θα ενεργοποιηθεί και η τάση εξόδου του πάνελ θα πέσει κατά περίπου 1/3.



$$V_{oc} = 36 \text{ V}$$

$$I_{sc} = 9 \text{ A}$$

$$V_{mpp} = 33 \text{ V}$$

$$I_{mpp} = 8,4 \text{ A}$$

Σχήμα 69. Πάνελ 60 κυψελών

Για παράδειγμα, όπως φαίνεται στο προηγούμενο σχήμα, υποτίθεται ότι σχηματίζεται μια συστοιχία συνδεδεμένη σε σειρά με τη χρήση n πλαισίων με αριθμό κυψελών n_h και αριθμό διόδων παράκαμψης n_{bp} σε ένα πλαίσιο που αποτελείται από 60 κυψέλες.

Αριθμός κελιών που συνδέονται σε μια δίοδο παράκαμψης- $n_h - n_{bp}$ $n_h - n_{bp} = n_h / n_{bp} = 60/3 = 20$ τεμάχια

$$1. \text{ Τιμή κυψέλης } V_{mpp} = V_h(mpp) = V_{mpp} / n_h = 33 / 60 = 0,55 \text{ V}$$

Όταν ενεργοποιείται μια δίοδος παράκαμψης, η κυψέλη δεν θα είναι σε θέση να παράγει όσο το $n_h - n_{bp}$.

Ως παράδειγμα, που απεικονίζεται στο σχήμα 62, υποθέτουμε ότι έχουν χρησιμοποιηθεί n πλαίσια με αριθμό κυψελών n_h και αριθμό διόδων παράκαμψης n_{bp} σε ένα πλαίσιο με 60 κυψέλες για την κατασκευή μιας συστοιχίας συνδεδεμένης σε σειρά.

Η συχνότητα των συνδεδεμένων κυττάρων μιας διόδου παράκαμψης- $n_h - n_{bp}$ 20 τεμάχια είναι ίση με $n_h - n_{bp} = n_h / n_{bp} = 60/3$.

$$\text{Η τιμή του κυττάρου } V_{mpp} \text{ είναι ίση με } V_h(mpp) = V_{mpp} / n_h = 33 / 60 = 0,55 \text{ V.}$$

Η ικανότητα της κυψέλης να παράγει $n_h - n_{bp}$ θα μειωθεί όταν ενεργοποιηθεί μια δίοδος παράκαμψης.

$$V_d = n_h - n_{bp} \times V_h(mpp) = 20 \times 0,55 = 11 \text{ V}$$

Πτώση τάσης όταν ενεργοποιείται δίοδος παράκαμψης

$$V_{g.d} = V_d + 0,6 = 11 + 0,6 = 11,06 \text{ V}$$

Αντίστοιχα, εάν υπάρχουν n πάνελ στη συστοιχία, η τάση εξόδου της συστοιχίας θα είναι

$$V_{\zeta} = n \times V_{mpp} = 10 \times 33 = 330 \text{ V.}$$

Εάν ενεργοποιηθούν y δίοδοι παράκαμψης, η τάση εξόδου θα είναι

$$V_{\zeta} = V_{\zeta} - y \times V_{gd}.$$

Όπως καταδεικνύεται από τις προδιαγραφές, εάν η πτώση τάσης στο V_{mpp} είναι μεγαλύτερη από το $V_{g,d}$, αυτό υποδεικνύει ότι ο πίνακας ή η σκίαση έχει αποτύχει.

Ως αποτέλεσμα, οι παράμετροι που πρέπει να μετρηθούν:

- I_{mpp} (A),
- V_{mpp} (V),
- T (θερμοκρασία επιφάνειας (C)),
- E (ποσότητα ακτινοβολίας που πέφτει στα πάνελ (W/m^2)).

Παράμετροι που δεν χρειάζεται να γνωρίζουμε:

- Μεταβολή του I_{mpp} με την ένταση της ακτινοβολίας
- Μεταβολή του V_{mpp} με το T σε διαφορετικές εντάσεις ακτινοβολίας

Παράμετροι προς υπολογισμό:

- Πυκνότητα ρύπανσης στα πάνελ (σχετικά)
- Ημερήσια ποσότητα ακτινοβολίας στα πάνελ
- Η ημερήσια απόδοση των πάνελ και η ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας

12. ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΙΑΚΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

12.1. Τεχνητή Νοημοσύνη

Τεχνητή νοημοσύνη είναι η γενική ονομασία της τεχνολογίας για την ανάπτυξη μηχανών που μπορούν να επιδεικνύουν συμπεριφορές και κινήσεις παρόμοιες με αυτές του ανθρώπου, οι οποίες δημιουργούνται εξ ολοκλήρου με τεχνητά εργαλεία, χωρίς τη χρήση οποιουδήποτε ζωντανού οργανισμού. Πρόκειται για ένα σύνολο τεχνικών που επιτρέπουν στους υπολογιστές να μιμούνται την ανθρώπινη συμπεριφορά. Αν και η έννοια αυτή χρησιμοποιείται από τη δεκαετία του 1950, συνεχίζει να χρησιμοποιείται καθημερινά για την ανάπτυξη νεότερων και πιο σύνθετων τεχνολογιών. Η έννοια της τεχνητής νοημοσύνης είναι μια από τις πιο συναρπαστικές έννοιες για το μέλλον. Ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, οι μελέτες τεχνητής νοημοσύνης, οι οποίες έχουν συμβάλει στη διεύρυνση των ορίων της φαντασίας, επιδεικνύουν καθημερινά καινοτομίες.

Πολλές διαφορετικές τεχνικές χρησιμοποιούνται ήδη για την κατανόηση και τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, παράγονται νέες τεχνικές και διεξάγονται μελέτες με την πάροδο του χρόνου. Το κλειδί για την εκπαίδευση των μηχανών εξαρτάται από τους εξής παράγοντες [113] :

- Σημασία: Εντοπισμός και αναγνώριση αντικειμένων ή εννοιών με νόημα μέσα σε μεγάλα δεδομένα. Για παράδειγμα, ένα φανάρι οχήματος ή η διάκριση όγκου/φυσιολογικού ιστού.
- Λόγος: Κατανόηση του ευρύτερου πλαισίου και κατάρτιση ενός σχεδίου για την επίτευξη ενός στόχου. Για παράδειγμα, εάν ο στόχος είναι η αποτροπή μιας σύγκρουσης- Το όχημα πρέπει να υπολογίσει την πιθανότητα σύγκρουσης με βάση τη συμπεριφορά του οχήματος, την εγγύτητα, την ταχύτητα και τις οδικές συνθήκες.
- Δράση: Πρόταση ή άμεση έναρξη της καλύτερης πορείας δράσης. Με βάση την ανάλυση του οχήματος και της κυκλοφορίας, για παράδειγμα, μπορεί να φρενάρει, να επιταχύνει ή να προετοιμάσει μηχανισμούς ασφαλείας.
- Προσαρμογή: Τέλος, σε κάθε στάδιο, οι αλγόριθμοι θα πρέπει να μπορούν να προσαρμόζονται και να βελτιώνονται με βάση την εμπειρία. Για παράδειγμα, αναγνώριση περισσότερων τυφλών σημείων, ενσωμάτωση νέων μεταβλητών στο πλαίσιο και προσαρμογή των ενεργειών με βάση προηγούμενα γεγονότα κ.λπ.

Οι τομείς της τεχνητής νοημοσύνης αυξάνονται μέρα με τη μέρα και το σύμπαν της τεχνητής νοημοσύνης διευρύνεται. Επιτυχημένες εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης αναπτύσσονται σε πολλούς τομείς, όπως η εκπαίδευση, η υγεία, η γεωργία και οι χρηματοοικονομικές εφαρμογές. Ειδικά τα τελευταία 20 χρόνια, οι κορυφαίοι οργανισμοί του τομέα της πληροφορικής στον κόσμο, όπως η Microsoft, η Google, η

Apple και το Facebook, εφαρμόζουν εφαρμογές που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη. Οι μελέτες αυτές δείχνουν επίσης ότι οι τεχνικές που θα καθοδηγήσουν την πορεία του κόσμου είναι οι τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης.

12.2. Μηχανική Μάθηση

Η μηχανική μάθηση είναι η γενική ονομασία των αλγορίθμων υπολογιστών που μοντελοποιούν ένα δεδομένο πρόβλημα σύμφωνα με τα δεδομένα που λαμβάνονται από το περιβάλλον του προβλήματος. Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις και αλγόριθμοι που προτείνονται για την επίλυση προβλημάτων όπως η εκτίμηση, η πρόβλεψη και η ταξινόμηση.

Για να μπορέσει ο υπολογιστής να επιλύσει οποιοδήποτε πρόβλημα, είναι απαραίτητο να γνωρίζει τον αλγόριθμό του. Ένας αλγόριθμος είναι ένα σύνολο εντολών που πρέπει να εκτελεστούν για να μετατρέψουν την είσοδο σε έξοδο. Για παράδειγμα, για την εξαγωγή spam, στην απλούστερη μορφή του, ένα αρχείο κειμένου είναι η είσοδος, ενώ η έξοδος είναι ένα σύμβολο ναι ή όχι που υποδεικνύει αν αυτό το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο είναι ζητούμενο ή όχι. Ο στόχος είναι να προσδιοριστεί η έξοδος με βάση την είσοδο. Δεν υπάρχει ένας και μοναδικός αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για τη διαδικασία αυτή, ενώ ταυτόχρονα η έννοια του επιθυμητού και του ανεπιθύμητου μπορεί να διαφέρει από άτομο σε άτομο. Εάν μπορούσε να εξεταστεί ο όγκος των διαθέσιμων πληροφοριών (δεκάδες χιλιάδες ή εκατοντάδες χιλιάδες) ηλεκτρονικών μηνυμάτων, θα μπορούσε να εξαχθεί το συμπέρασμα ποιο ηλεκτρονικό μήνυμα θα ήταν επιθυμητό και ποιο όχι; Τι είδους αλγόριθμος χρειάζεται για να λυθεί αυτό το πρόβλημα με υπολογιστή;

Χάρη στις εξελίξεις στις τεχνολογίες της πληροφορικής, σε κάθε τομέα προκύπτει μεγάλος όγκος δεδομένων και τα δεδομένα αυτά πρέπει να αποθηκεύονται. Για παράδειγμα, στον τραπεζικό τομέα, εκατομμύρια πληροφορίες πελατών και συναλλαγές πιστωτικών καρτών αυτών των πελατών μπορούν να καταγραφούν σε άμεσα συστήματα. Μπαϊτ πληροφοριών αποθηκεύονται σε συστήματα από ηλεκτρονικές συσκευές σε κάθε στιγμή της ανθρώπινης ζωής. Τα gigabytes των πληροφοριών που συλλέγονται στα συστήματα θα έχουν αξία μόνο όταν αναλυθούν και μετατραπούν σε πληροφορίες που θα βοηθήσουν στην πραγματοποίηση προβλέψεων. Τα δεδομένα που ανήκουν σε έναν χρήστη πιστωτικής κάρτας δεν είναι τυχαία. Αν και η συμπεριφορά του χρήστη της πιστωτικής κάρτας δεν μπορεί να οριστεί επακριβώς, μπορεί να παρατηρηθεί ένα μοτίβο και αυτό εμπίπτει στον τομέα της μηχανικής μάθησης. Έτσι, εξετάζοντας τα συλλεχθέντα ψηφιακά δεδομένα, μπορούν να γίνουν προβλέψεις για το μέλλον. Βοηθά στην εξεύρεση λύσεων σε πολλούς τομείς, όπως η μηχανική μάθηση, η όραση υπολογιστών, η αναγνώριση ομιλίας, η αναγνώριση προσώπου και η ρομποτική [114].

Με τη χρήση μεθόδων μηχανικής μάθησης, είναι δυνατό να βάλουμε τους υπολογιστές να κάνουν τις εργασίες και τις λειτουργίες, τους υπολογισμούς και τις μελέτες που οι άνθρωποι σκοπεύουν να εκτελέσουν. Η μηχανική μάθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λειτουργίες όπως η πρόβλεψη, η απόδοση, η ανάλυση καλαθιού και η ταξινόμηση.

Εκτίμηση: Οι τιμές που παράγονται από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται όταν η έξοδος του συστήματος είναι ποσοτική σε μοντέλα που μαθαίνουν από δεδομένα.

Πρόβλεψη: Η διαδικασία πρόβλεψης και υπολογισμού της μελλοντικής κατάστασης με βάση δεδομένα του παρελθόντος και του παρόντος.

Σύλλογος: Η ικανότητα των προγραμμάτων να βρίσκουν μοτίβα μεταξύ των δεδομένων που τους παρουσιάζονται ως είσοδος. Όταν οι άνθρωποι βλέπουν κάποιον γνωστό τους, τον θυμούνται αμέσως, αλλά δεν μπορούν να εξηγήσουν πώς το έκαναν ή να γράψουν τον αλγόριθμό τους. Η εικόνα του προσώπου δεν αποτελείται από τυχαίες κουκκίδες. Έχει μια συγκεκριμένη δομή. Για παράδειγμα, οι θέσεις των ματιών, του στόματος και της μύτης είναι σαφείς. Τα προγράμματα, από την άλλη πλευρά, μπορούν να αναγνωρίσουν το συγκεκριμένο μοτίβο που χαρακτηρίζει το συγκεκριμένο άτομο, εξετάζοντας τις εικόνες προσώπου ενός ατόμου. Στη συνέχεια, μπορεί να συμπεράνει πόσο παρόμοια είναι μια δεδομένη εικόνα με αυτό το μοτίβο. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται αναγνώριση προτύπων.

Ανάλυση καλαθιού: Κατά την εύρεση του κανόνα συσχέτισης, η πιθανότητα $P(Y|X)$ για το προϊόν Y υπολογίζεται υπό την προϋπόθεση του συνόλου X από τις προηγούμενες αγορές του πελάτη.

Ταξινόμηση: Σε περιπτώσεις όπου οι έξοδοι των δεδομένων εισόδου είναι ποιοτικές, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της κλάσης στην οποία ανήκει κάθε δείγμα δεδομένων. Ο σκοπός εδώ είναι να διαιρεθεί ολόκληρος ο χώρος του προβλήματος σε έναν ορισμένο αριθμό κλάσεων. Στις εργασίες ταξινόμησης, το πρόγραμμα μηχανικής μάθησης πρέπει να συμπεράνει τις παρατηρούμενες τιμές και να καθορίσει σε ποια κατηγορία ανήκουν οι νέες παρατηρήσεις.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι μηχανικής μάθησης, όπως η μάθηση με επίβλεψη, η μάθηση χωρίς επίβλεψη, η μάθηση με ημиеπίβλεψη και η ενισχυτική μάθηση. Πολλοί αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο αυτών των τύπων όταν αναζητούνται λύσεις σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου.

Στην επιβλεπόμενη μάθηση, παρέχεται ένα πρόγραμμα υπολογιστή με επισημειωμένα δεδομένα. Για παράδειγμα, όταν ορίζεται το έργο του διαχωρισμού εικόνων διαφορετικών ζώων χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο ταξινόμησης

εικόνων, κάθε ζώο θα έχει μια ετικέτα. Αυτό θεωρείται ένα σύνολο δεδομένων "εκπαίδευσης" και οι ετικέτες παραμένουν στη θέση τους έως ότου το πρόγραμμα ταξινομήσει επιτυχώς τις εικόνες σε αποδεκτό ποσοστό. Στο τέλος της διαδικασίας, επιλέγεται η συνάρτηση που περιγράφει καλύτερα τα δεδομένα εισόδου και κάνει την καλύτερη εκτίμηση του "y" (εξόδος) για το δεδομένο "X" (είσοδος). Οι αλγόριθμοι επιβλεπόμενης μάθησης προσπαθούν να μοντελοποιήσουν τις σχέσεις και τις εξαρτήσεις μεταξύ της εξόδου πρόβλεψης στόχου και των χαρακτηριστικών εισόδου με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να προβλέψουν τιμές εξόδου για νέα δεδομένα με βάση τις σχέσεις που έχουν μάθει από προηγούμενα σύνολα δεδομένων. Μεταξύ των αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται για την επιβλεπόμενη μάθηση, υπάρχουν κύριοι αλγόριθμοι όπως ο πλησιέστερος γείτονας, ο *naïve bayes*, τα δέντρα απόφασης, η γραμμική παλινδρόμηση, οι μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης και τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα [115].

Στη μάθηση χωρίς επίβλεψη, δεν υπάρχουν επισημειωμένα δεδομένα, αλλά το πρόγραμμα χωρίζει τα δεδομένα σε ομάδες με βάση τα χαρακτηριστικά. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε λειτουργίες ομαδοποίησης, για παράδειγμα, στην ομαδοποίηση των ζώων, παρόμοια ζώα ομαδοποιούνται με βάση χαρακτηριστικά όπως το μήκος των ποδιών, το μήκος του σώματος, τα μάτια κ.λπ.

Η μάθηση χωρίς επίβλεψη χρησιμοποιείται επίσης στις διαδικασίες συσχέτισης, οι κανόνες δημιουργούνται με βάση τις ομοιότητες που έχει ανακαλύψει το πρόγραμμα. Προσδιορίζεται ένα κοινό μοτίβο μεταξύ των εικόνων και οι εικόνες διατάσσονται αναλόγως. Πρόκειται για μια οικογένεια αλγορίθμων μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιούνται κυρίως στην ανίχνευση προτύπων και στην περιγραφική μοντελοποίηση. Οι κυριότεροι αλγόριθμοι μάθησης χωρίς επίβλεψη μπορούν να καταμετρηθούν ως οι αλγόριθμοι ομαδοποίησης *k-means* και οι αλγόριθμοι κανόνων συσχέτισης [115].

Η μάθηση με ημι-επίβλεψη είναι ένας τύπος μάθησης που ασχολείται με τη μελέτη του τρόπου με τον οποίο τα φυσικά συστήματα, όπως ο άνθρωπος, μαθαίνουν παρουσία δεδομένων με και χωρίς ετικέτες. Στην μάθηση με ημι-επίβλεψη, μόνο μερικές εικόνες είναι επισημειωμένες. Το πρόγραμμα του υπολογιστή χρησιμοποιεί στη συνέχεια έναν αλγόριθμο για να κάνει την καλύτερη δυνατή εικασία σχετικά με τις μη επισημειωμένες εικόνες και στη συνέχεια τα δεδομένα επιστρέφονται στο πρόγραμμα ως δεδομένα εκπαίδευσης. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα νέο σύνολο εικόνων με λίγες μόνο ετικέτες. Πρόκειται για μια επαναληπτική διαδικασία έως ότου το πρόγραμμα μπορέσει να διακρίνει τα ζώα μέσα στα δεδομένα (όπως η ταξινόμηση των ζώων) μεταξύ τους με αποδεκτό ποσοστό. Η μάθηση με ημιεπίβλεψη εμπίπτει μεταξύ των δύο προηγούμενων. Η επισημάνση είναι πολύ δαπανηρή, καθώς σε πολλές περιπτώσεις απαιτεί ειδικούς. Έτσι, οι αλγόριθμοι με ημιεπίβλεψη είναι οι καλύτεροι υποψήφιοι για την κατασκευή μοντέλων, παρόλο που οι περισσότερες

παρατηρήσεις δεν έχουν ετικέτες, μερικές από αυτές υπάρχουν. Αυτές οι μέθοδοι εκμεταλλεύονται την ιδέα ότι, παρόλο που η συμμετοχή στην ομάδα των μη επισημασμένων δεδομένων είναι άγνωστη, τα δεδομένα αυτά φέρουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τις παραμέτρους της ομάδας. Πολλοί ερευνητές της μηχανικής μάθησης έχουν διαπιστώσει ότι τα μη επισημασμένα δεδομένα σε συνδυασμό με μια μικρή ποσότητα επισημασμένων δεδομένων μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ακρίβεια της μάθησης [115]. Διάφοροι αλγόριθμοι, όπως η αυτοεκπαίδευση, τα γεννητικά μοντέλα μίξης, οι μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης με ημι-επίβλεψη και οι αλγόριθμοι που βασίζονται σε γράφους αποτελούν παραδείγματα αλγορίθμων μάθησης με ημι-επίβλεψη.

Στην ενισχυτική μάθηση, αναζητείται απάντηση στο ερώτημα πώς ένας αυτόνομος πράκτορας που αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του και δρα στο περιβάλλον του μπορεί να μάθει να κάνει τις καταλληλότερες κινήσεις για την επίτευξη του σκοπού του. Χρησιμοποιείται ευρέως σε συστήματα όπως η ρομποτική, ο προγραμματισμός παιχνιδιών, η διάγνωση και η διάγνωση ασθενειών και ο αυτοματισμός. Στο περιβάλλον ενισχυτικής μάθησης, ως απάντηση σε μια ενέργεια του πράκτορα, ο εκπαιδευτής ή το λογισμικό ενισχύει τον πράκτορα με μια ανταμοιβή ή τιμωρία για να υποδείξει την κατάσταση ζήτησης της νέας κατάστασης. Έτσι, σε αυτό το σύστημα, προσπαθεί να επιλέξει την καλύτερη ενέργεια που μπορεί να γίνει για την επίτευξη του στόχου.

Υπάρχουν δύο κύριες μέθοδοι για την επίλυση προβλημάτων με ενισχυτική μάθηση: η πρώτη είναι η αναζήτηση του χώρου εκπαίδευσης για την εύρεση εκείνης που βελτιώνει το περιβάλλον και η δεύτερη είναι η χρήση στατιστικών μεθόδων και μεθόδων δυναμικού προγραμματισμού για την πρόβλεψη της χρήσιμης δράσης. Ο σκοπός της ενισχυτικής μάθησης είναι η εύρεση της βέλτιστης πολιτικής. Η βέλτιστη πολιτική διασφαλίζει ότι ο πράκτορας επιλύει το πρόβλημα βέλτιστα και επιτυγχάνει το αποτέλεσμα. Έτσι, ο πράκτορας επιτυγχάνει το στόχο του, που είναι η υψηλότερη τιμή ανταμοιβής. Στην ενισχυτική μάθηση, οι στόχοι και οι ανταμοιβές που καθορίζονται από τον εκπαιδευτή ή το λογισμικό έχουν μεγάλη σημασία για την επίτευξη του σκοπού του παράγοντα. Σε ένα σύστημα ενισχυτικής μάθησης υπάρχουν τέσσερα στοιχεία, εκ των οποίων το ένα είναι προαιρετικό, εκτός από τον πράκτορα και το περιβάλλον.

- Πολιτική
- Ανταμοιβή (σήμα ανταμοιβής)
- Αξία/Κατάσταση Αξία (συνάρτηση αξίας)
- Περιβαλλοντικό μοντέλο (μοντέλο)

Πολιτική: καθορίζει τη δράση που μπορεί να αναλάβει ο πράκτορας στην κατάσταση στην οποία βρίσκεται.

Βραβείο: η βαθμολογία που λαμβάνει ο πράκτορας από το περιβάλλον ως απάντηση σε μια ενέργεια που εκτελείται.

Αξία κατάστασης: το άθροισμα των ανταμοιβών που μπορεί να αναμένει ο πράκτορας από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται και από άλλες καταστάσεις που την ακολουθούν.

Μοντέλο: ένα προαιρετικό στοιχείο που περιλαμβάνεται στο σύστημα.

Σε προβλήματα ενισχυτικής μάθησης χρησιμοποιούνται διάφοροι αλγόριθμοι, όπως η εκμάθηση χρονικών διαφορών και η εκμάθηση Q.

12.2.1. Περιορισμοί Μηχανικής Μάθησης

Παράλληλα με τις ευκαιρίες και τα οφέλη που παρέχουν τα συστήματα μηχανικής μάθησης, υπάρχουν επίσης περιορισμοί και προκλήσεις. Ο προσδιορισμός του κατάλληλου αλγορίθμου για το πρόβλημα μάθησης είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα για τη μηχανική μάθηση. Οι ερευνητές πρέπει να είναι σε θέση να προσδιορίσουν τον αλγόριθμο για το πρόβλημα και να δοκιμάσουν πολλούς διαφορετικούς αλγορίθμους για το σκοπό αυτό. Μαζί με τον αλγόριθμο, πρέπει να καθοριστούν και οι παράμετροι του μοντέλου. Ορισμένοι αλγόριθμοι μπορεί να αποδίδουν καλά για την επεξεργασία κειμένου, ενώ άλλοι αλγόριθμοι μπορεί να αποδίδουν καλύτερα για την επεξεργασία εικόνας.

Ο θόρυβος στα διαθέσιμα δεδομένα είναι ένας άλλος περιορισμός της μηχανικής μάθησης. Η ταυτόχρονη παρουσία δομημένων και/ή μη δομημένων δεδομένων ανάμεσα σε σωρούς δεδομένων, ειδικά με την έννοια των μεγάλων δεδομένων, είναι ένα άλλο πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί στη μηχανική μάθηση. Θόρυβος στα δεδομένα- Διαφορές στα χαρακτηριστικά μιας εικόνας, όπως το μέγεθος, το χρώμα, η ανάλυση, ορθογραφικά λάθη, σημεία στίξης, ειδικά σύμβολα και συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται σε δεδομένα κειμένου μπορούν να αντιμετωπιστούν με διάφορους τρόπους.

Η εξαγωγή χαρακτηριστικών είναι ένα από τα πιο σημαντικά βήματα του συστήματος μηχανικής μάθησης, καθώς η σωστή λειτουργία του συστήματος εξαρτάται από την επιλογή των σωστών χαρακτηριστικών και τον αριθμό των χαρακτηριστικών. Η διαδικασία εξαγωγής χαρακτηριστικών εξαρτάται από το πρόβλημα για το οποίο εκτελείται η λειτουργία και είναι συγκεκριμένη. Για να

είμαστε πιο ακριβείς, τα χαρακτηριστικά που προσδιορίζονται σε ένα πρόβλημα υγείας θα είναι διαφορετικά από τα χαρακτηριστικά που θα χρησιμοποιηθούν για ένα αυτόνομο όχημα. Μια κοινή εξαγωγή χαρακτηριστικών που παράγεται για διαφορετικές λύσεις προβλημάτων σε διαφορετικούς κλάδους θα είναι επωφελής για πολύ μεγάλες λύσεις προβλημάτων στο μέλλον.

Η υπερβολική προσαρμογή είναι ένας άλλος περιορισμός της μηχανικής μάθησης. Ενώ το μοντέλο που δημιουργείται μπορεί να αποδίδει καλά κατά την εκπαίδευση, μπορεί να υπο-αποδίδει σε δεδομένα δοκιμής ή να αποδίδει λιγότερο από το αναμενόμενο. Σε αυτή την περίπτωση, θεωρείται ότι τα δεδομένα εκπαίδευσης απομνημονεύονται από το μοντέλο, με άλλα λόγια, το μοντέλο «υπερμαθαίνει». Για να αποφευχθεί αυτό, η πολυπλοκότητα του μοντέλου αυξάνεται κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης και δοκιμάζονται διάφορες μέθοδοι.

Στις μεθόδους μηχανικής μάθησης με επίβλεψη, η ανίχνευση και η διάγνωση πραγματοποιούνται με την εκπαίδευση του μοντέλου σε δεδομένα με ετικέτες. Για την κατασκευή αυτού του μοντέλου, πρέπει να είναι διαθέσιμος ένας σημαντικός όγκος μεγάλων δεδομένων. Για μια τέτοια εργασία επισήμανσης δεδομένων απαιτούνται ειδικοί και εντατική εργασία. Είναι επίσης δυνατόν να προκληθούν σφάλματα που προκαλούνται από τον άνθρωπο. Στην επίλυση ειδικών προβλημάτων, μπορεί επίσης να υπάρχει έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού. Όλα αυτά σε συνδυασμό, αποκαλύπτουν τον περιορισμό της επισήμανσης δεδομένων..

12.3. Βαθιά Μάθηση

Τα τελευταία χρόνια, οι τεχνικές που αναπτύσσονται στην έρευνα της βαθιάς μάθησης επηρεάζουν ένα ευρύ φάσμα μελετών επεξεργασίας πληροφοριών, τόσο σε παραδοσιακές όσο και σε νέες μορφές, εντός διευρυνμένων πεδίων εφαρμογής, συμπεριλαμβανομένων των πιο αποτελεσματικών και σημαντικών πτυχών της μηχανικής μάθησης και της τεχνητής νοημοσύνης. Παρόλο που η βαθιά μάθηση αποτελεί υποπεδίο της μηχανικής μάθησης, είναι μια ολοένα και πιο διαδεδομένη περιοχή εφαρμογής των βαθιών νευρωνικών δικτύων. Σε αυτόν τον τομέα, επιδιώκεται η κάλυψη ενός μεγαλύτερου συνόλου δεδομένων λύσεων που βασίζονται σε δεδομένα μάθησης, αντί για προσαρμοσμένους αλγορίθμους για κάθε μελέτη. Η βαθιά μάθηση είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την επίλυση προβλημάτων τεχνητής νοημοσύνης στη μηχανική μάθηση.

Υπάρχουν διάφοροι ορισμοί της βαθιάς μάθησης:

Ορισμός 1: Μια κατηγορία τεχνικών μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιεί πολλά επίπεδα μη γραμμικών υπολογισμών για την επιβλεπόμενη ή μη επιβλεπόμενη εξαγωγή και μετατροπή χαρακτηριστικών, την ανάλυση μοντέλων και την ταξινόμηση.

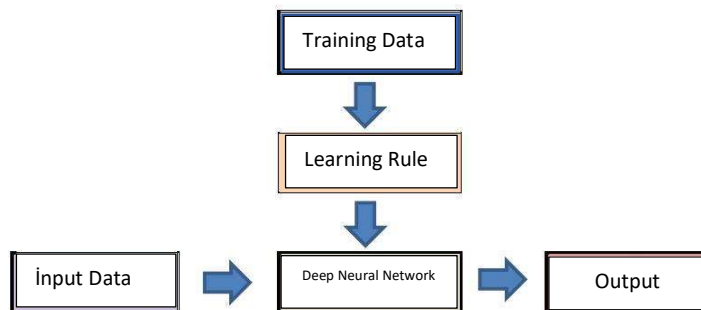
Ορισμός 2: Ένα υποπεδίο της μηχανικής μάθησης που βασίζεται σε αλγορίθμους που μαθαίνουν πολλαπλά επίπεδα αναπαράστασης για τη μοντελοποίηση πολύπλοκων σχέσεων μεταξύ δεδομένων. Έτσι, τα χαρακτηριστικά και οι έννοιες υψηλού επιπέδου ορίζονται ως χαρακτηριστικά χαμηλού επιπέδου και μια τέτοια ιεραρχία χαρακτηριστικών ονομάζεται βαθιά αρχιτεκτονική. Τα περισσότερα από αυτά τα μοντέλα βασίζονται στην εκμάθηση αναπαραστάσεων χωρίς επίβλεψη.

Ορισμός 3: Ένας υποτομέας της μηχανικής μάθησης που βασίζεται στην εκμάθηση πολλών επιπέδων αναπαράστασης που αντιστοιχούν σε μια ιεραρχία χαρακτηριστικών ή παραγόντων ή εννοιών, στην οποία οι έννοιες υψηλότερου επιπέδου ορίζονται από τις έννοιες χαμηλότερου επιπέδου. Οι ίδιες έννοιες χαμηλού επιπέδου μπορούν να βοηθήσουν στον ορισμό πολλών εννοιών υψηλού επιπέδου. Η βαθιά μάθηση αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης οικογένειας μεθόδων μηχανικής μάθησης που βασίζονται στη μάθηση αναπαραστάσεων. Μια παρατήρηση (π.χ. μια εικόνα) μπορεί να αναπαρασταθεί με πολλούς τρόπους (π.χ. ένα διάγραμμα εικονοστοιχείων), αλλά ορισμένες αναπαραστάσεις καθιστούν εύκολη την εκμάθηση ενδιαφερουσών εργασιών (π.χ. είναι αυτή μια εικόνα ενός ανθρώπινου προσώπου;) Από παραδείγματα και έρευνες στον τομέα, η βαθιά μάθηση προσπαθεί να καθορίσει τι μπορεί να αναπαρασταθεί και πώς να μάθει.

Ορισμός 4: Η βαθιά μάθηση είναι ένα σύνολο αλγορίθμων που προσπαθούν να μάθουν σε πολλαπλά επίπεδα που αντιστοιχούν σε διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης στη μηχανική μάθηση. Συνήθως χρησιμοποιούνται τεχνητά νευρωνικά δίκτυα. Σε αυτά τα μαθησιακά στατιστικά μοντέλα, τα επίπεδα αντιστοιχούν σε διαφορετικά επίπεδα εννοιών, όπου οι έννοιες υψηλότερου επιπέδου ορίζονται από έννοιες χαμηλότερου επιπέδου και οι ίδιες έννοιες χαμηλού επιπέδου μπορούν να βοηθήσουν στον ορισμό εννοιών υψηλότερου επιπέδου.

Ορισμός 5: Η βαθιά μάθηση είναι ένας νέος ερευνητικός τομέας της μηχανικής μάθησης που εισήχθη για να φέρει τη μηχανική μάθηση πιο κοντά σε έναν από τους αρχικούς της στόχους (τεχνητή νοημοσύνη). Η βαθιά μάθηση αφορά την εκμάθηση πολλαπλών επιπέδων αναπαράστασης και αφαίρεσης που βοηθούν στην κατανόηση δεδομένων όπως εικόνες, ήχοι και κείμενα.

Εν κατακλείδι, η βαθιά μάθηση είναι μια τεχνική μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιεί ένα βαθύ νευρωνικό δίκτυο. Τα βαθιά νευρωνικά δίκτυα είναι πολυστρωματικά νευρωνικά δίκτυα που περιέχουν δύο ή περισσότερα κρυφά στρώματα.



Σχήμα 70. Δομή βαθιάς μάθησης

Στη βαθιά μάθηση, υπάρχει μια δομή που βασίζεται στη μάθηση περισσότερων από ένα επιπέδων χαρακτηριστικών ή αναπαράστασης δεδομένων. Οι ιδιότητες του ανώτερου επιπέδου προκύπτουν από τις ιδιότητες του κατώτερου επιπέδου, δημιουργώντας μια ιεραρχική αναπαράσταση. Η αναπαράσταση για μια εικόνα μπορεί να είναι ένα διάνυσμα τιμών έντασης ανά εικονοστοιχείο ή χαρακτηριστικά όπως σύνολα ακμών και προσαρμοσμένα σχήματα. Ορισμένα από αυτά τα χαρακτηριστικά αναπαριστούν καλύτερα τα δεδομένα. Στις μεθόδους βαθιάς μάθησης, χρησιμοποιούνται αποδοτικοί αλγόριθμοι για την εξαγωγή ιεραρχικών χαρακτηριστικών που αναπαριστούν καλύτερα τα δεδομένα αντί για χειροκίνητα εξαγόμενα χαρακτηριστικά.

Υπάρχουν δύο κοινά σημεία-κλειδιά μεταξύ των διαφόρων ορισμών υψηλού επιπέδου της βαθιάς μάθησης:

- Μοντέλα που αποτελούνται από πολλαπλά επίπεδα ή μη γραμμικά στάδια υπολογισμού,
- Μέθοδοι για επιβλεπόμενη ή μη επιβλεπόμενη μάθηση της αναπαράστασης χαρακτηριστικών σε διαδοχικά υψηλότερα, πιο αφηρημένα στρώματα.

Για την εκτέλεση αλγορίθμων βαθιάς μάθησης και την επίλυση προβλημάτων, απαιτούνται μηχανές με υψηλή χωρητικότητα (ιδίως GPU) και μεγάλες ποσότητες δεδομένων. Σε αντίθεση με τους τυπικούς αλγορίθμους μηχανικής μάθησης που αναλύουν τα προβλήματα σε μέρη και τα επιλύουν μεμονωμένα, η βαθιά μάθηση επιλύει το πρόβλημα από την αρχή έως το τέλος. Το πιο σημαντικό είναι ότι όσο περισσότερα δεδομένα τροφοδοτούνται σε έναν αλγόριθμο βαθιάς μάθησης, τόσο καλύτερα θα ολοκληρώνεται η εργασία. Ο παράγοντας χρόνος είναι επίσης σημαντικός. Μελέτες που δεν είναι χρονικά περιορισμένες μπορούν να παράγουν καλύτερα αποτελέσματα όταν τροφοδοτούνται με μεγάλα δεδομένα.

Τρεις βασικοί λόγοι για τη δημοτικότητα της βαθιάς μάθησης σήμερα είναι οι σημαντικά αυξημένες δυνατότητες επεξεργαστών (π.χ. επεξεργαστές γραφικών (GPU), η μαζική αύξηση των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση και οι πρόσφατες πρόοδοι στην έρευνα της μηχανικής μάθησης και της επεξεργασίας σήματος/πληροφορίας. Αυτές οι εξελίξεις έχουν επιτρέψει στις μεθόδους βαθιάς μάθησης να εκμεταλλεύονται αποτελεσματικά πολύπλοκες, συνδυαστικές μη γραμμικές συναρτήσεις, να μαθαίνουν κατανεμημένες και ιεραρχικές αναπαραστάσεις χαρακτηριστικών και να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά τόσο επισημειωμένα όσο και μη επισημειωμένα δεδομένα.

Τα βαθιά νευρωνικά δίκτυα έχουν δύο ή περισσότερα στρώματα κρυφών νευρωνικών δικτύων. Στα βαθιά νευρωνικά δίκτυα, δημιουργούνται πιο ολοκληρωμένες σχέσεις μέσα στα δεδομένα από το απλό στο σύνθετο. Κάθε στρώμα προσπαθεί να δημιουργήσει μια σχέση μεταξύ του εαυτού του και του προηγούμενου στρώματος. Έτσι, γίνεται μια πιο λεπτομερής εξέταση των εισόδων και λαμβάνεται μια πιο ακριβής απόφαση.

Κατά τη δημιουργία μιας δομής βαθύ νευρωνικού δικτύου μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές συναρτήσεις ενεργοποίησης. Οι συναρτήσεις αυτές μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο, τη δομή και το μέγεθος των δεδομένων και το άτομο που δημιούργησε το μοντέλο. Η συνάρτηση ενεργοποίησης καθορίζει την έξοδο που θα παράγει αυτό το κύτταρο ως απάντηση στην είσοδο του κυττάρου. Συνήθως, επιλέγεται μια μη γραμμική συνάρτηση. Οι κυριότερες συναρτήσεις ενεργοποίησης είναι οι Sigmoid, TanH και ReLU.

Κατά τη δημιουργία αρχιτεκτονικών βαθιάς μάθησης, ο αλγόριθμος που θα χρησιμοποιηθεί έχει μεγάλη σημασία. Αυτοί οι αλγόριθμοι μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο, το μέγεθος, τον όγκο και τη δομή των δεδομένων και τις παραμέτρους που πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Τα συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (CNN), τα επαναλαμβανόμενα νευρωνικά δίκτυα (RNN), οι μηχανές περιορισμένου Boltzmann (RBM) και τα βαθιά δίκτυα πεποίθησης (Deep belief Nets -DBN) είναι τα κυριότερα.

12.4. Τομείς Χρήσης Τεχνητής Νοημοσύνης

Χάρη στην τεχνητή νοημοσύνη και τις μελέτες στα επιμέρους πεδία της, στο μέλλον θα συμπεριληφθούν στην ανθρώπινη ζωή τόσες καινοτομίες όσες και σήμερα. Χάρη στα υψηλής απόδοσης αποτελέσματα που προκύπτουν από μελέτες βασισμένες στην τεχνητή νοημοσύνη, σχεδόν κάθε κλάδος πραγματοποιεί σήμερα παράλληλες μελέτες με την τεχνητή νοημοσύνη, χρησιμοποιεί τους αλγόριθμους, τις μεθόδους και

τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται εδώ και παράγει λύσεις. Ενέργεια, ιατρική, εκπαίδευση, ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, ψυχαγωγία, κοινωνική ζωή, γεωργία, μεταφορές, τουρισμός, εξυπηρέτηση πελατών, έξυπνες πόλεις, ηλεκτρονικό εμπόριο, εκδηλώσεις, τράπεζες και χρηματοοικονομικά κ.λπ. Σε πολλούς τομείς παράγονται επιτυχημένες λύσεις [118-119].

Στον ιατρικό τομέα, οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης επιτρέπουν στους γιατρούς και τα νοσοκομεία να αναλύουν καλύτερα τα δεδομένα και να προσαρμόζουν τις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης με βάση τα γονίδια, το περιβάλλον και τον τρόπο ζωής κάθε ασθενούς. Χάρη στην τεχνητή νοημοσύνη, θα υπάρξει επανάσταση στην εξατομικευμένη ιατρική και πρωτοποριακές καινοτομίες στον τομέα της υγείας.

Χάρη στη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στις εκπαιδευτικές τεχνολογίες, θα είναι δυνατή η ανάλυση των τομέων που λείπουν από τους μαθητές και ο σχεδιασμός του προγράμματος που θα δημιουργηθεί σύμφωνα με το άτομο. Με το εξατομικευμένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα, προβλέπεται ότι οι μαθητές θα είναι πιο παραγωγικοί και θα παρέχουν προστιθέμενη αξία στο περιβάλλον τους ως άτομα που θα αγαπούν τη δουλειά τους στο μέλλον. Η τεχνητή νοημοσύνη, η οποία εξατομικεύει το εκπαιδευτικό λογισμικό σύμφωνα με τις ανάγκες των μαθητών, μπορεί να κατανοήσει καλύτερα τις ελλείψεις των μαθητών και να δημιουργήσει ένα εξατομικευμένο πλεονέκτημα υποστήριξης για την ανάπτυξη. Η ευφυής συλλογή δεδομένων, υποστηριζόμενη από ευφυή συστήματα υπολογιστών, είναι μια διαδικασία που εφαρμόζεται ενεργά από πολλά σχολεία σήμερα. Σήμερα, τα σχολεία χρησιμοποιούν την τεχνολογία της τεχνητής νοημοσύνης για να παρακολουθούν τη διαδικασία ανάπτυξης των μαθητών και να αυξάνουν τις επιδόσεις των μαθητών με αυτή την ανάλυση [116].

Ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία στον κόσμο του κυβερνοχώρου είναι να είστε σε θέση να αντισταθείτε στις απειλές του κυβερνοχώρου, λαμβάνοντας προφυλάξεις κατά των κακόβουλων ανθρώπων και του κακόβουλου λογισμικού. Τα άτομα και τα ιδρύματα παλεύουν με αυτά τα στοιχεία. Διάφορες μελέτες έχουν επίσης διεξαχθεί με επιτυχία στον τομέα της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο, οι οποίες δήλωσαν ότι οι δυνατότητες αυτοεκμάθησης και αυτοματοποίησης που παρέχει η τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να προστατεύσουν τα δεδομένα με πιο συστηματικό και προσιτό τρόπο και να κρατήσουν τους ανθρώπους ασφαλέστερους από την τρομοκρατία ή την κλοπή ταυτότητας μικρότερης κλίμακας.

Η ψυχαγωγία είναι ένας από τους τομείς όπου οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιούνται εκτενώς. Ιδιαίτερα πρόσφατα, η βιομηχανία παιχνιδιών έχει σημειώσει μεγάλη πρόοδο χάρη στις εξελίξεις στις τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης [117]. Ομοίως, εξελίξεις σημειώνονται στη βιομηχανία ταινιών, στον κινηματογράφο

και στη μουσική βιομηχανία χάρη στα συστήματα πρόβλεψης και υποβολής προτάσεων.

Οι τεχνικές νοημοσύνης χρησιμοποιούνται επίσης στην κοινωνική ζωή, για παράδειγμα, οι βοηθοί βοηθούν τα άτομα που χρειάζονται τη βοήθεια κάποιου λόγω της ηλικίας τους να παραμείνουν ανεξάρτητα και να ζήσουν περισσότερο στα σπίτια τους. Στο μέλλον, τα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης θα διατηρούν διαθέσιμα θρεπτικά τρόφιμα, θα προσεγγίζουν με ασφάλεια αντικείμενα σε ψηλά ράφια και θα παρακολουθούν τις κινήσεις των ανθρώπων γύρω από τα σπίτια τους.

Οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της γεωργίας χρησιμοποιούνται όλο και πιο ευρέως, ιδίως τα τελευταία χρόνια. Στη γεωργία πραγματοποιείται ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης, από έξυπνα συστήματα ψεκασμού έως αποτελεσματική ανάλυση της παραγωγής, από τη γεωργία με αυτόνομα οχήματα έως τεχνολογίες γεωργίας με τη βοήθεια μη επανδρωμένων αεροσκαφών.

Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να έχει τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στις μεταφορές στο εγγύς μέλλον στα αυτοκίνητα. Χάρη στις έξυπνες τεχνολογίες, οι τεχνολογίες ασφαλούς οδήγησης θα παρέχονται με αυτόνομα οχήματα που θα επεξεργάζονται δεδομένα από πολλούς αισθητήρες και κεντρικά συστήματα υπολογιστών. Ορισμένες εταιρείες έχουν σημειώσει μεγάλη πρόοδο στο θέμα αυτό. Τα αεροδρόμια είναι από τα μέρη που χρησιμοποιούν πιο εντατικά τις τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης στις μεταφορές.

Η τεχνητή νοημοσύνη και οι εικονικοί βοηθοί τουρισμού, που έχουν αναπτυχθεί ειδικά για τον τουρισμό και τις ζώνες πολιτιστικής προστασίας, ανταποκρίνονται στις προσδοκίες των τουριστών αυξάνοντας την ικανοποίηση των επισκεπτών από την αρχή έως το τέλος των επισκέψεων, της ψυχαγωγίας, των ταξιδιών, των εκδηλώσεων και παρόμοιων δράσεων διακοπών. Έτσι, οι άνθρωποι μπορούν να λαμβάνουν επίκαιρες πληροφορίες για σημεία επίσκεψης, όπως αντικείμενα, εστιατόρια, υπηρεσίες και εκδηλώσεις που ανήκουν στη σχετική τουριστική περιοχή, ή να παρακολουθούν σχετικά διαφημιστικά βίντεο και να φτάνουν σε κάθε σημείο που θέλουν να επισκεφθούν εντός του πεδίου των τουριστικών περιοχών με καθοδήγηση πλοήγησης.

Χάρη στην τεχνητή νοημοσύνη και την εμπειρία της εξυπηρέτησης πελατών, οι χρήστες μπορούν να λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τα διαθέσιμα προϊόντα, την ηλεκτρονική τεχνική βοήθεια και ακόμη και να κλείνουν ραντεβού με την τεχνική εξυπηρέτηση. Οι έξυπνοι βοηθοί πελατών τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να

ενεργοποιηθούν με φωνή ή κείμενο, μιμούμενοι την ανθρώπινη νοημοσύνη και τη φυσική ομιλία. Όταν επικοινωνούν με άτομα με το σύστημα φωνητικών εντολών, ερμηνεύουν τις ανθρώπινες φωνές και παρέχουν την κατάλληλη συμβουλευτική υπηρεσία στις ερωτήσεις.

Με την τεχνητή νοημοσύνη και τις τεχνολογίες έξυπνων πόλεων, οι δημοτικές υπηρεσίες παρέχονται πιο αποτελεσματικά με μικρότερο κόστος και είναι δυνατή η παροχή αποτελεσματικότερων υπηρεσιών στους πολίτες. Ενώ οι έξυπνες πόλεις προσθέτουν αξία στην ανθρώπινη ζωή, βελτιώνουν επίσης την ποιότητα ζωής. Οι εφαρμογές έξυπνων πόλεων έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται σε πολλούς δήμους. Επικεντρώνονται κυρίως στους τομείς του περιβάλλοντος, των μεταφορών, της διακυβέρνησης, της ασφάλειας, της υγείας και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών.

Κάθε μέρα γίνονται περισσότερες βελτιώσεις στο θέμα αυτό. Η τεχνητή νοημοσύνη συγκεντρώνει πληροφορίες όπως οι αγοραστικές συνήθειες και τα ενδιαφέροντα των πελατών, καθιστώντας δυνατή την παροχή εξατομικευμένων συστάσεων στους καταναλωτές. Η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται επίσης εκτενώς στον τομέα του ηλεκτρονικού εμπορίου για σκοπούς όπως η προσφορά διαφορετικών εκπτώσεων σε διαφορετικούς πελάτες ή η προβολή διαφορετικών προϊόντων σε διαφορετικούς πελάτες.

Οι βοηθοί εκδηλώσεων επιτρέπουν στους χρήστες να λαμβάνουν ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με την εκδήλωση, τις ταινίες και άλλα, ή να παρακολουθούν διαφημιστικά βίντεο σχετικά με το θέμα, επιτρέποντάς τους να εξετάζουν τις καιρικές και κυκλοφοριακές συνθήκες, να ελέγχουν τις προσφορές σε καφετέριες και καταστήματα και να ενημερώνονται για τις τρέχουσες εκστρατείες χάρη στις τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης.

Οι τραπεζικές και χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες είναι από τους κορυφαίους τομείς στους οποίους οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιούνται ευρύτερα. Η εμπειρία της τεχνητής νοημοσύνης και των τραπεζικών και χρηματοπιστωτικών υπηρεσιών αυξάνει την αποδοτικότητα της εργασίας των χρηστών, βοηθώντας τους επενδυτές σε πολλά θέματα, από τις συναλλαγές λογαριασμών έως τις συστάσεις μετοχών. Για την αποτελεσματικότερη χρήση του χρόνου που διατίθεται για την παρακολούθηση μετοχών, τις διαδικασίες συναλλαγών, την παρακολούθηση κεφαλαίων και παρόμοιες διαδικασίες, η τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης επιβλέπει αυτή τη διαδικασία για τους επενδυτές, λαμβάνοντας πληροφορίες σχετικά με τα στοιχεία του λογαριασμού του χρήστη, τις πιστωτικές πληροφορίες, τις ενημερώσεις, τις αναφορές επενδύσεων και άλλα. Σήμερα, σχεδόν κάθε τράπεζα παρέχει υπηρεσίες στους πελάτες της χρησιμοποιώντας έξυπνους βοηθούς [118-119].

Οι μελέτες τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιούνται επίσης συχνά στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η τεχνητή νοημοσύνη σε αυτόν τον τομέα σε ηλιακές, αιολικές, γεωθερμικές, υδροηλεκτρικές, ωκεάνιες, βιολογικές, υδρογονανθρακικές και υβριδικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό, τη βελτιστοποίηση, την πρόβλεψη, τη διαχείριση, την ανάπτυξη και τη διαμόρφωση πολιτικής [120]. Τα συστήματα ηλιακής ενέργειας έχουν σημαντικό μερίδιο σε αυτόν τον τομέα. Για το λόγο αυτό, η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στα συστήματα ηλιακής ενέργειας έχει ανοίξει ως ξεχωριστό θέμα.

12.5. Τεχνητή νοημοσύνη και χρήση στα συστήματα ηλιακής ενέργειας

Σήμερα, λόγω του μεγάλου αριθμού δεδομένων που πρέπει να διαχειριστούν οι ενεργειακές εταιρείες, υπάρχουν σοβαρά προβλήματα σε πολλά ζητήματα, όπως το κόστος της ενέργειας, η παραγωγή και η διανομή. Το κυριότερο από αυτά τα προβλήματα είναι η ασυνέπεια στο ανθρακικό αποτύπωμα και την ενεργειακή απόδοση. Χάρη στις τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης, είναι δυνατή η αποθήκευση, η επεξεργασία και η διαχείριση αυτών των δεδομένων με λιγότερο χρόνο και κόστος [121]. Τα οφέλη που μπορούν να προκύψουν από τη χρήση αυτών των τεχνολογιών μπορούν να εξηγηθούν ως εξής.

Ανάλυση πρόβλεψης: Υπάρχει αυξανόμενη ανάγκη για ενέργεια στον κόσμο για τη συνέχιση της λειτουργίας των σύγχρονων βιομηχανιών λόγω της παγκόσμιας αύξησης του πληθυσμού. Θεωρείται ότι η αναλυτική και προβλεπτική ικανότητα της τεχνητής νοημοσύνης θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην κάλυψη αυτής της ανάγκης. Οι εταιρείες ενέργειας αντιμετωπίζουν προβλήματα που απαιτούν πολύπλοκα συστήματα δεδομένων για τη μείωση του κόστους, τη διατήρηση της ενέργειας, την προετοιμασία για τις μεταβαλλόμενες συνθήκες και την καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών. Η επίλυση αυτών των προβλημάτων μπορεί να επιτευχθεί μόνο με πρόβλεψη και ανάλυση υψηλής ακρίβειας, και οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης διαθέτουν σήμερα αυτή τη δυνατότητα. Με τη βοήθεια της μηχανικής μάθησης της τεχνητής νοημοσύνης, μπορεί να λύσει όλα αυτά τα προβλήματα μεγιστοποιώντας τη χρήση των δεδομένων πρόβλεψης στην ενεργειακή βιομηχανία. Οι εταιρείες ενέργειας πρέπει να προβλέπουν με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια τις μεταβολές της ζήτησης, τις υπερφορτώσεις του συστήματος και τις πιθανές βλάβες. Το κόστος του σφάλματος για οποιαδήποτε απόκλιση από αυτές τις εκτιμήσεις είναι αρκετά υψηλό για τον τομέα της ενέργειας. Για τον λόγο αυτό, οι

προβλέψεις στις οποίες θα καταλήξει η τεχνητή νοημοσύνη ως αποτέλεσμα των δεδομένων που επεξεργάζεται θα είναι σε θέση να παράγουν λύσεις για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων [121].

Διαχείριση πόρων: Το επόμενο βήμα στις προβλέψεις που επιτυγχάνει η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι η διαχείριση των πόρων. Μέσω της ανάλυσης αυτών των προβλέψεων, οι εταιρείες ενέργειας θα μπορούν να κατανέμουν καλύτερα τους πόρους τους, να προετοιμάζονται εκ των προτέρων για τις ενεργειακές απαιτήσεις, να προβλέπουν προβλήματα και να εξοικονομούν πόρους. Για τους τελικούς καταναλωτές, θα είναι δυνατόν να επιτευχθούν αποτελέσματα με τη μορφή εξοικονόμησης ενέργειας, χαμηλότερων λογαριασμών και εξατομικευμένων υπηρεσιών με τεχνητή νοημοσύνη [121].

Αποθήκευση ενέργειας: Η αποτελεσματική αποθήκευση ενέργειας είναι ένα πολύ δύσκολο και σύνθετο ζήτημα. Καθώς αυξάνεται η ποσότητα της ενέργειας που πρέπει να αποθηκευτεί, απαιτείται πρόσθετη χωρητικότητα και νέα συστήματα διαχείρισης. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βελτιστοποιήσει την αποθήκευση ενέργειας της βιομηχανίας. Επιπλέον, η αποθήκευση καθαρών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι αρκετά προβληματική. Ο συνδυασμός των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με την αποθήκευση με τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να απλοποιήσει τη διαχείριση της αποθήκευσης και να ελαχιστοποιήσει τις απώλειες ισχύος [121].

Υπηρεσίες πρόληψης: Η ενέργεια είναι ένας ισχυρός πόρος που μπορεί να γίνει πολύ επικίνδυνος αν χρησιμοποιηθεί κατά λάθος. Χάρη στα συστήματα που υποστηρίζονται από τεχνητή νοημοσύνη, οι υπερφορτώσεις του συστήματος μπορούν να προβλεφθούν και οι χειριστές μπορούν να ενημερωθούν για πιθανές βλάβες των μετασχηματιστών [121].

Σήμερα, σε διάφορες μελέτες έχουν διεξαχθεί έρευνες για την προσαρμογή των τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης στα συστήματα ηλιακής ενέργειας. Ορισμένες από αυτές τις μελέτες μπορούν να συνοψιστούν ως εξής.

Η διπλωματική εργασία που εκπονήθηκε από τον İzmirlı Ayan το 2018, αποσκοπεί στην εκτίμηση της ισχύος που θα παράγει το Φ/Β σύστημα, λαμβάνοντας υπόψη τους μεταβαλλόμενους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, η ακτινοβολία, η θερμοκρασία του πάνελ, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η ταχύτητα του ανέμου, το ψύχος του ανέμου και τα δεδομένα υγρασίας μετρήθηκαν και καταγράφηκαν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Με βάση αυτά τα δεδομένα, η ισχύς που θα παραχθεί από το φωτοβολταϊκό πάνελ εκτιμήθηκε με τον αλγόριθμο τεχνητού νευρωνικού δικτύου, μια από τις μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης. Δημιουργήθηκαν και δοκιμάστηκαν οκτώ διαφορετικοί αλγόριθμοι εκπαίδευσης

νευρωνικών δικτύων και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα της επιτυχίας τους. Το χαμηλότερο μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (MAPE) ήταν 6,6% και το ποσοστό επιτυχίας (R2) ήταν 98,9%. Επιπλέον, η απόδοση του τεχνητού νευρωνικού δικτύου συγκρίθηκε με την ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης, μία από τις στατιστικές τεχνικές, στην εκτίμηση της ισχύος του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα μπορούν να προβλέψουν με ακρίβεια την ισχύ που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Στη μελέτη εξετάστηκε η επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων στην ισχύ στο φωτοβολταϊκό σύστημα και επίσης προβλέφθηκε με επιτυχία η ισχύς που θα παρήγαγε το φωτοβολταϊκό πάνελ ανάλογα με την αλλαγή των περιβαλλοντικών παραγόντων [122].

Ομοίως, σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Geçmez και Gençer (2020), τα δεδομένα παραγωγής 24 μηνών ενός ηλιακού σταθμού που εγκαταστάθηκε στην Şahinkaya, στην επαρχία Elazığ, στην περιοχή της Ανατολικής Ανατολίας, μεταξύ Ιανουαρίου 2018 και Δεκεμβρίου 2019, υπολογίστηκαν σε Μετεωρολογικές δεδομένα (Ημερήσια Μέση Σχετική Υγρασία (%), Ημερήσια Εκτιμώμενη με βάση τη Μέση Θερμοκρασία (°C), Ημερήσια Συνολική Παγκόσμια Ηλιακή Ακτινοβολία (kWh /m²)). Οι πληροφορίες παραγωγής του SES λαμβάνονται από το ίδιο το Σύστημα Ηλιακής Ενέργειας. Τα μετεωρολογικά δεδομένα ελήφθησαν από το MEVBIS. Το μοντέλο ANN που εφαρμόστηκε στη μελέτη πραγματοποιήθηκε με λογισμικό MATLAB (R2018 Version). Στη μελέτη, παρατηρήθηκε ότι οι τιμές παλινδρόμησης για όλα τα δεδομένα πλησίαζαν τη μονάδα 1. Οι τιμές εξόδου του μοντέλου ANN ήταν πολύ κοντά στα πραγματικά δεδομένα. Η απόδοση του προτεινόμενου μοντέλου, δηλαδή η τιμή του μέσου τετραγώνου σφάλματος (MSE), βρέθηκε να είναι 0,00908 [123].

Στη μελέτη που διεξήγαγαν οι Kayabaşı, Yıldız και Balci (2018), στόχος ήταν να εξεταστεί η απόδοση της ισχύος εξόδου του ηλιακού συλλέκτη ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες. Με τον εγκατεστημένο σταθμό μέτρησης του αέρα λήφθηκαν δεδομένα όπως η υγρασία και η θερμοκρασία, το επίπεδο του ήλιου και του φωτός και η ένταση του ανέμου. Κατά τη λήψη αυτών των τιμών, μετρήθηκαν οι τιμές ρεύματος και τάσης του ηλιακού συλλέκτη και όλα τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη μέθοδο τεχνητής νοημοσύνης Artificial Neural Networks (ANN). Στο μοντέλο ANN, η ταχύτητα του ανέμου, η υγρασία, η θερμοκρασία και η φωτεινή ένταση λαμβάνονται ως είσοδοι και η ισχύς του ηλιακού πίνακα λαμβάνεται ως έξοδος. Οι επιδράσεις αυτών των περιβαλλοντικών παραγόντων μετρήθηκαν και αξιολογήθηκαν με τη χρήση του ANN, μιας από τις τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης. Το συνολικό ποσοστό σφάλματος μεταξύ της πραγματικής ισχύος εξόδου του συστήματος και της ισχύος εξόδου δοκιμής προσδιορίστηκε σε 1,57%. Ως αποτέλεσμα αυτών των αναλύσεων, αξιολογήθηκαν οι επιδράσεις των καιρικών συνθηκών στην απόδοση και

εγκαταστάθηκαν και λειτούργησαν αποδοτικότερα συστήματα ηλιακής ενέργειας [124].

Στην εργασία των Güzel, Okatan και Kirbaş (2021), για την πρόβλεψη της παραγωγής ενέργειας, οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας επιχειρήθηκε να εκτιμηθούν μία ημέρα νωρίτερα, χρησιμοποιώντας προηγούμενα μετεωρολογικά δεδομένα. Για τον σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε ανάλυση χρονοσειρών με Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ΤΝΔ), η οποία είναι μια από τις ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνικές μηχανικής μάθησης σήμερα. Για την ανάλυση χρονοσειρών χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι NAR και NARX. Ως σύνολο δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα που καλύπτουν τα έτη 2016 - 2020 και ανήκουν στην επαρχία Ισπάρτα, τα οποία ελήφθησαν από τη Γενική Διεύθυνση Μετεωρολογίας. Η απόδοση συγκρίθηκε μεταξύ διαφορετικών τιμών χρονικής καθυστέρησης και τα αποτελέσματα που προέκυψαν με διαφορετικούς συνδυασμούς αναλύθηκαν επιλέγοντας χαρακτηριστικά μεταξύ των μετεωρολογικών δεδομένων. Θεωρείται ότι οι αξιολογήσεις θα συμβάλουν στην εγκατάσταση και τη λειτουργία των ηλιακών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας [125].

Στην εργασία των Turgut et al. (2019), ένα σύστημα σχεδιασμένο για την εκτίμηση της θερμοκρασίας του αέρα. Στη μελέτη, οι αναλογικές πληροφορίες, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ένταση του ανέμου και η κατεύθυνση του ανέμου που συνδέονται με τον μικροελεγκτή, λαμβάνονται από τους αισθητήρες και καταγράφονται στη βάση δεδομένων. Με τη μονάδα υλοποιήθηκε η καταγραφή των δεδομένων μέσω Ethernet, η οποία μπορεί να μεταφέρει τα δεδομένα μέτρησης που είναι συνδεδεμένα στον μικροελεγκτή σε πραγματικό χρόνο στη βάση δεδομένων γρήγορα και χωρίς απώλειες. Τα μοντέλα τεχνητών νευρωνικών δικτύων (ANN), τα οποία αποτελούν υπότιτλο της τεχνητής νοημοσύνης, δημιούργησαν τη βάση δεδομένων, K- Nearest. Neighbours (K-NN) και Random. Επεξεργάστηκε με τους αλγόριθμους Forest (RF) και δημιουργήθηκαν μοντέλα δικτύου. Έτσι, το ποσοστό πρόβλεψης της θερμοκρασίας του αέρα, η οποία είναι η παράμετρος εξόδου του συστήματος, πραγματοποιήθηκε σε ποσοστό 87% με βάση τις παραμέτρους εισόδου του συστήματος υγρασία, κατεύθυνση και ένταση του ανέμου [126].

Παρομοίως, σε διάφορες μελέτες, η εκτίμηση της ισχύος εξόδου των φωτοβολταϊκών πλαισίων με χρήση ANN και σύγκριση με ευρετικούς αλγόριθμους [127], νέα μοντέλα πρόβλεψης σε πραγματικό χρόνο για την ισχύ εξόδου και την ενεργειακή απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων [128], η επίδραση της ακτινοβολίας στην εκτίμηση της ισχύος που λαμβάνεται από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα [129] και την πρόβλεψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας [130].

Υφιστάμενες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην πρόβλεψη της παραγομένης ενέργειας ενώ στο αντικείμενο του έργου ISMSES δηλαδή την καινοτόμο και έξυπνη συντήρηση στα Συστήματα Ηλιακής Ενέργειας υπάρχει ακόμη σημαντικό περιθώριο ανάπτυξης. Η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στη διάγνωση σφάλματος και συντήρηση φωτοβολταϊκών κερδίζει έδαφος τα τελευταία χρόνια, όπως φαίνεται και σε δημοσιεύσεις όπως [131], [132], [133], [134] and [135].

12.6. Υποδομή λογισμικού τεχνητής νοημοσύνης για σύστημα ηλιακής ενέργειας

Οι αισθητήρες που τοποθετήθηκαν στα πάνελ χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων που θα χρησιμοποιούνταν σε αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης. Για την ανάλυση αυτών των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία λογισμικού ανοικτού κώδικα Kafka, Elasticsearch και Kibana. Τα εν λόγω εργαλεία περιγράφονται στην παρούσα ενότητα..

12.6.1. Kafka

- Το Apache Kafka είναι ένα σύστημα κατανεμημένης ροής ανοικτού κώδικα που χρησιμοποιείται για επεξεργασία ροής, σωληνώσεις δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και ενσωμάτωση δεδομένων σε κλίμακα. Το Kafka δημιουργήθηκε για πρώτη φορά το 2011 για τη διαχείριση ροών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο στο LinkedIn και εξελίχθηκε γρήγορα από την ουρά μηνυμάτων σε μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα ροής συμβάντων ικανή να επεξεργάζεται περισσότερα από 1 εκατομμύριο μηνύματα ανά δευτερόλεπτο ή τρισεκατομμύρια μηνύματα ανά ημέρα.
- Η Kafka έχει διάφορα πλεονεκτήματα. Σήμερα η Kafka χρησιμοποιείται από πάνω από το 80% των εταιρειών Fortune 100 σε σχεδόν κάθε κλάδο, για αμέτρητες χρήσεις σε μικρές και μεγάλες περιπτώσεις. Είναι de facto προγραμματιστές και αρχιτέκτονες τεχνολογίας που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της τελευταίας γενιάς επεκτάσιμων εφαρμογών ροής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Ενώ αυτά μπορούν να επιτευχθούν με διάφορες τεχνολογίες που διατίθενται στην αγορά, παραθέτουμε τους κύριους λόγους για τους οποίους η Kafka είναι τόσο δημοφιλής.
- Η Kafka έχει διάφορα πλεονεκτήματα. Σήμερα η Kafka χρησιμοποιείται από πάνω από το 80% των εταιρειών Fortune 100 σε σχεδόν κάθε κλάδο, για αμέτρητες χρήσεις σε μικρές και μεγάλες περιπτώσεις. Είναι de facto

προγραμματιστές και αρχιτέκτονες τεχνολογίας που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της τελευταίας γενιάς επεκτάσιμων εφαρμογών ροής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Ενώ αυτά μπορούν να επιτευχθούν με διάφορες τεχνολογίες που διατίθενται στην αγορά, παραθέτουμε τους κύριους λόγους για τους οποίους η Kafka είναι τόσο δημοφιλής.

- **Υψηλή απόδοση:** Η Kafka, η οποία μπορεί να χειριστεί δεδομένα υψηλής ταχύτητας και μεγάλου όγκου, μπορεί να επεξεργαστεί εκατομμύρια μηνύματα ανά δευτερόλεπτο.
- **Υψηλή επεκτασιμότητα:** Οι συστάδες Kafka μπορούν να κλιμακωθούν σε χίλιους πράκτορες, τρισεκατομμύρια μηνύματα την ημέρα, petabytes δεδομένων και εκατοντάδες χιλιάδες κατατμήσεις. Η αποθήκευση και η επεξεργασία μπορούν να επεκταθούν και να καταρρεύσουν με ευελιξία.
- **Χαμηλή καθυστέρηση:** Μπορεί να μεταδίδει μηνύματα μεγάλου όγκου χρησιμοποιώντας ένα σύμπλεγμα μηχανών με χρόνους καθυστέρησης μόλις 2ms.
- **Επίμονη αποθήκευση:** Μπορεί να αποθηκεύει με ασφάλεια ροές δεδομένων σε ένα κατανεμημένο, ανθεκτικό, αξιόπιστο, ανεκτικό σε σφάλματα σύμπλεγμα.
- **Υψηλή διαθεσιμότητα:** Μπορείτε να επεκτείνετε αποτελεσματικά συστάδες σε ζώνες διαθεσιμότητας ή να συνδέσετε συστάδες σε γεωγραφικές περιοχές, καθιστώντας την Kafka εξαιρετικά διαθέσιμη και ανεκτική σε σφάλματα χωρίς τον κίνδυνο απώλειας δεδομένων.
- **Ο Apache Kafka αποτελείται από ένα επίπεδο αποθήκευσης και ένα επίπεδο υπολογισμού που συνδυάζει αποδοτική ανάκτηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, αγωγούς ροής δεδομένων και αποθήκευση σε κατανεμημένα συστήματα.** Συνοπτικά, αυτό παρέχει απλοποιημένη ροή δεδομένων μεταξύ του Kafka και εξωτερικών συστημάτων, ώστε να μπορεί εύκολα να διαχειρίζεται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να κλιμακώνεται σε οποιαδήποτε υποδομή.
- **Επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο σε κλίμακα:** Μια πλατφόρμα ροής δεδομένων δεν θα ήταν πλήρης χωρίς τη δυνατότητα επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων κατά τη δημιουργία τους. Το Kafka Streams API είναι μια ισχυρή, ελαφριά βιβλιοθήκη που επιτρέπει την on-the-fly επεξεργασία, τη συγκέντρωση, τη δημιουργία παραμέτρων παραθυροποίησης, τη συγχώνευση δεδομένων σε μια ροή και πολλά άλλα. Είναι σημαντικό ότι το Kafka είναι

χτισμένο πάνω σε αυτό ως Java applet και διατηρεί τη ροή εργασίας σας ανέπαφη χωρίς να χρειάζεται να συντηρείτε επιπλέον clusters.

- Σταθερή, μόνιμη αποθήκευση: Ο Apache Kafka, μια αφαίρεση ενός κατανεμημένου αρχείου καταγραφής δεσμεύσεων που συναντάται συνήθως σε κατανεμημένες βάσεις δεδομένων, παρέχει ανθεκτική αποθήκευση. Η Kafka μπορεί να λειτουργήσει ως "πηγή αλήθειας" διανέμοντας δεδομένα σε πολλαπλούς κόμβους για μια εξαιρετικά διαθέσιμη ανάπτυξη σε ένα μόνο κέντρο δεδομένων ή σε πολλαπλές ζώνες διαθεσιμότητας.
- Δημοσίευση + Εγγραφή: Υπάρχει ένα αμετάβλητο αρχείο καταγραφής δεσμεύσεων στο κέντρο, από το οποίο μπορεί να γίνει εγγραφή και τα δεδομένα μπορούν να δημοσιευτούν σε οποιοδήποτε αριθμό συστημάτων ή εφαρμογών πραγματικού χρόνου. Σε αντίθεση με τις ουρές μηνυμάτων, η Kafka είναι μια εξαιρετικά κλιμακούμενη, ανθεκτική σε σφάλματα κατανεμημένη πλατφόρμα που επιτρέπει την ανάπτυξή της για εφαρμογές όπως η διαχείριση της αντιστοίχισης επιβατών και οδηγών στην Uber, η παροχή αναλύσεων σε πραγματικό χρόνο και προγνωστικής συντήρησης για το έξυπνο σπίτι της British Gas και η εκτέλεση πολλαπλών πραγματικών συναλλαγών. Οι επιδόσεις αυτές καθιστούν δυνατή την κλιμάκωση από μια μεμονωμένη εφαρμογή σε επιχειρησιακή χρήση.
- Υπάρχουν σήμερα πολλές περιπτώσεις χρήσης του Kafka που χρησιμοποιούνται ευρέως για τη δημιουργία σωληνώσεων δεδομένων ροής σε πραγματικό χρόνο και εφαρμογών ροής σε πραγματικό χρόνο. Παρέχει πολλά οφέλη για κάθε εφαρμογή που βασίζεται σε δεδομένα ή εργάζεται με δεδομένα.
- Αγωγοί δεδομένων: Στο πλαίσιο του Apache Kafka, ένας αγωγός ροής δεδομένων σημαίνει τη λήψη δεδομένων από τις πηγές στον Kafka, όπως δημιουργήθηκαν, και στη συνέχεια τη ροή αυτών των δεδομένων από τον Kafka σε έναν ή περισσότερους προορισμούς.
- Επεξεργασία ροής: Περιλαμβάνει λειτουργίες όπως φίλτρα, ενώσεις, χάρτες, αθροίσεις και άλλους μετασχηματισμούς που χρησιμοποιούν οι οργανισμοί για την υποστήριξη πολλών περιπτώσεων χρήσης. Το Kafka Streams είναι μια βιβλιοθήκη επεξεργασίας ροής για τον Apache Kafka που επιτρέπει στους οργανισμούς να επεξεργάζονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.
- Ανάλυση ρεύματος: Όταν συνδυάζεται με τεχνολογίες ανοικτού κώδικα όπως το Druid, μπορεί να δημιουργήσει έναν ισχυρό Διαχειριστή Ανάλυσης Ροής (SAM). Το Druid χρησιμοποιεί δεδομένα ροής από το Kafka για να επιτρέψει

αναλυτικά ερωτήματα. Τα συμβάντα φορτώνονται πρώτα στην Kafka, όπου αποθηκεύονται σε προσωρινή μνήμη στους πράκτορες της Kafka πριν καταναλωθούν από τους εργαζόμενους πραγματικού χρόνου του Druid.

- Εξαγωγή, μετασχηματισμός, φόρτωση (ETL): Το ETL πραγματικού χρόνου με Kafka συνδυάζει διάφορα στοιχεία και χαρακτηριστικά, όπως οι σύνδεσμοι πηγής και αποθετηρίου Kafka Connect, για την κατανάλωση και παραγωγή δεδομένων από/προς οποιαδήποτε άλλη βάση δεδομένων, εφαρμογή ή API.
- - Μικρουπηρεσίες με γνώμονα το συμβάν: Η Apache Kafka είναι ένα δημοφιλές εργαλείο για μικρουπηρεσίες, επειδή λύνει τα περισσότερα ζητήματα εννοχρήστρωσης μικρουπηρεσιών, ενώ επιτρέπει χαρακτηριστικά όπως η επεκτασιμότητα, η αποδοτικότητα και η ταχύτητα που επιδιώκουν οι μικρουπηρεσίες. Διευκολύνει επίσης την επικοινωνία μεταξύ των υπηρεσιών, διατηρώντας παράλληλα εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση και ανοχή σε σφάλματα.

12.6.2. Elasticsearch

Το Elasticsearch είναι μια κατανεμημένη, δωρεάν και ανοικτή μηχανή αναζήτησης και ανάλυσης για όλους τους τύπους δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των κειμενικών, αριθμητικών, γεωγραφικών, δομημένων και μη δομημένων. Βασίζεται στο Lucene και κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 2010 από την Elasticsearch NV (γνωστή ως Elastic). Γνωστή για τα απλά REST APIs, τον κατανεμημένο χαρακτήρα, την ταχύτητα και την επεκτασιμότητά της, η Elasticsearch είναι ένα σύνολο δωρεάν και ανοικτών εργαλείων για την ανάκτηση, τον εμπλουτισμό, την αποθήκευση, την ανάλυση και την οπτικοποίηση δεδομένων. Αποτελεί το κεντρικό συστατικό της στοίβας. Το Elastic αναφέρεται συνήθως ως ELK Stack (από το Elasticsearch, Logstash και Kibana). Η στοίβα περιλαμβάνει πλέον μια πλούσια συλλογή ελαφρών πρακτόρων μεταφοράς, γνωστών ως Beats, για την αποστολή δεδομένων στο Elasticsearch.

Η ταχύτητα και η επεκτασιμότητα του Elasticsearch, καθώς και η ικανότητά του να ευρετηριάζει πολλούς τύπους περιεχομένου, σημαίνουν ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες χρήσεις:

- Αναζήτηση εφαρμογών
- Αναζήτηση ιστοτόπων
- Εταιρική αναζήτηση
- Καταγραφή και ανάλυση αρχείων καταγραφής

- Μετρήσεις υποδομής και παρακολούθηση εμπορευματοκιβωτίων
- Παρακολούθηση επιδόσεων εφαρμογών
- Ανάλυση και οπτικοποίηση γεωχωρικών δεδομένων
- Ανάλυση ασφάλειας
- Επιχειρηματική ανάλυση

Τα ακατέργαστα δεδομένα μπορούν να εισαχθούν στο Elasticsearch από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων των αρχείων καταγραφής, των μετρικών του συστήματος και των διαδικτυακών εφαρμογών. Η ανάκτηση δεδομένων είναι η διαδικασία με την οποία αυτά τα ακατέργαστα δεδομένα αναλύονται, κανονικοποιούνται και εμπλουτίζονται πριν από την ευρετηρίαση στο Elasticsearch. Μετά την ευρετηρίαση στο Elasticsearch, οι χρήστες μπορούν να εκτελούν σύνθετα ερωτήματα στα δεδομένα τους και να χρησιμοποιούν συσσωρεύσεις για να λαμβάνουν σύνθετες περιλήψεις των δεδομένων τους. Από την Kibana, οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν ισχυρές οπτικοποιήσεις των δεδομένων τους, να μοιραστούν πίνακες ελέγχου και να διαχειριστούν το Elastic Stack.

Ένας κατάλογος του Elasticsearch είναι μια συλλογή αλληλένδετων εγγράφων. Το Elasticsearch αποθηκεύει δεδομένα ως έγγραφα JSON. Κάθε έγγραφο συσχετίζει ένα σύνολο κλειδιών (ονόματα πεδίων ή ιδιοτήτων) με τις αντίστοιχες τιμές τους (συμβολοσειρές, αριθμούς, Booleans, ημερομηνίες, πίνακες τιμών, γεωγραφικές θέσεις ή άλλους τύπους δεδομένων). Το Elasticsearch χρησιμοποιεί μια δομή δεδομένων που ονομάζεται ανεστραμμένο ευρετήριο, η οποία έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει πολύ γρήγορες αναζητήσεις πλήρους κειμένου. Ένα ανεστραμμένο ευρετήριο απαριθμεί κάθε μοναδική λέξη που εμφανίζεται σε οποιοδήποτε έγγραφο και προσδιορίζει όλα τα έγγραφα στα οποία εμφανίζεται κάθε λέξη. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ευρετηρίασης, το Elasticsearch αποθηκεύει έγγραφα και δημιουργεί ένα ανεστραμμένο ευρετήριο για να καταστήσει τα δεδομένα των εγγράφων αναζητήσιμα σε σχεδόν πραγματικό χρόνο. Η ευρετηρίαση ξεκινά με το API ευρετηρίου, όπου μπορείτε να προσθέσετε ή να ενημερώσετε ένα έγγραφο JSON σε ένα συγκεκριμένο ευρετήριο.

Το Elasticsearch είναι γρήγορο στην αναζήτηση πλήρους κειμένου, καθώς βασίζεται στο Lucene. Το Elasticsearch είναι επίσης μια πλατφόρμα αναζήτησης σχεδόν σε πραγματικό χρόνο, πράγμα που σημαίνει ότι η καθυστέρηση από την ευρετηρίαση ενός εγγράφου μέχρι να καταστεί αναζητήσιμο είναι πολύ μικρή - συνήθως ένα δευτερόλεπτο. Ως αποτέλεσμα, το Elasticsearch είναι κατάλληλο για περιπτώσεις

χρήσης που είναι ευαίσθητες στο χρόνο, όπως η ανάλυση ασφάλειας και η παρακολούθηση υποδομών.

Το Elasticsearch είναι κατανεμημένο από τη φύση του. Τα έγγραφα που είναι αποθηκευμένα στο Elasticsearch κατανέμονται μεταξύ διαφορετικών δοχείων γνωστών ως shards, τα οποία αντιγράφονται για να παρέχουν εφεδρικά αντίγραφα των δεδομένων σε περίπτωση βλάβης υλικού. Η κατανεμημένη φύση του Elasticsearch του επιτρέπει να κλιμακώνεται σε εκατοντάδες (ή και χιλιάδες) διακομιστές και να επεξεργάζεται petabytes δεδομένων.

Το Elasticsearch διαθέτει μεγάλη ποικιλία χαρακτηριστικών. Εκτός από την ταχύτητα, την επεκτασιμότητα και την ευελιξία του, το Elasticsearch διαθέτει μια σειρά από ισχυρά ενσωματωμένα χαρακτηριστικά που καθιστούν την αποθήκευση και την αναζήτηση δεδομένων πιο αποδοτική, όπως οι συσσωρεύσεις δεδομένων και η διαχείριση του κύκλου ζωής των καταλόγων.

Το Elastic Stack απλοποιεί την ανάκτηση δεδομένων, την οπτικοποίηση και την υποβολή εκθέσεων. Η ενσωμάτωση με τα Beats και Logstash καθιστά εύκολη την επεξεργασία δεδομένων πριν από την ευρετηρίασή τους στο Elasticsearch. Το Kibana παρέχει οπτικοποίηση των δεδομένων του Elasticsearch σε πραγματικό χρόνο, καθώς και διεπαφές χρήστη για παρακολούθηση της απόδοσης εφαρμογών (APM), αρχεία καταγραφής και γρήγορη πρόσβαση σε δεδομένα μετρήσεων υποδομής.

12.6.3. Kibana

Η Kibana παρέχει δυνατότητες αναζήτησης και οπτικοποίησης δεδομένων για δεδομένα που ευρετηριάζονται στο Elasticsearch. Πρόκειται για μια δωρεάν και ανοικτή front-end εφαρμογή στο Stack. Τυπικά ως το γραφικό εργαλείο για το Elastic Stack, το Kibana λειτουργεί επίσης ως οι διεπαφές χρήστη για την παρακολούθηση, τη διαχείριση και την ασφάλεια ενός Elastic Stack. Αποτελεί τον κόμβο για τις ενσωματωμένες λύσεις που αναπτύσσονται στο Stack. Το Kibana αναπτύχθηκε το 2013 στο πλαίσιο της κοινότητας Elasticsearch και προσφέρει μια πύλη για χρήστες και εταιρείες. Έχει γίνει το παράθυρο της ίδιας της στοίβας. Το Elasticsearch της Kibana και η στενή ενσωμάτωση με το Stack την καθιστούν ιδανική για την υποστήριξη των ακόλουθων στοιχείων:

1. Αναζήτηση, προβολή και οπτικοποίηση δεδομένων που ευρετηριάζονται στο Elasticsearch και ανάλυση δεδομένων με τη δημιουργία ραβδογραμμάτων, κυκλικών διαγραμμάτων, πινάκων, ιστογραμμάτων

και χαρτών. Η προβολή ταμπλό συνδυάζει αυτά τα οπτικά στοιχεία για μεταγενέστερη κοινή χρήση μέσω του προγράμματος περιήγησης, ώστε να παρέχει αναλυτικές προβολές μεγάλου όγκου δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για την υποστήριξη περιπτώσεων χρήσης όπως :

- a. Καταγραφή και ανάλυση αρχείων καταγραφής
- b. Μετρικές υποδομής και παρακολούθηση εμπορευματοκιβωτίων
- c. Παρακολούθηση επιδόσεων εφαρμογών (APM)
- d. Ανάλυση και οπτικοποίηση γεωχωρικών δεδομένων
- e. Ανάλυση ασφάλειας
- f. επιχειρηματική ανάλυση
 2. Ελαστική μέσω διεπαφής ιστού Παρακολούθηση, διαχείριση και διασφάλιση της περίπτωσης Stack.
 3. Ελαστική για εφαρμογές παρατηρησιμότητας, ασφάλειας και επιχειρηματικής αναζήτησης Κεντρική πρόσβαση σε ενσωματωμένες λύσεις που αναπτύσσονται στο Stack.

Το Kibana παρέχει οπτική ανάλυση δεδομένων από ένα ευρετήριο Elasticsearch ή πολλαπλά ευρετήρια. Τα ευρετήρια δημιουργούνται όταν το Logstash (ένας δέκτης μεγάλης κλίμακας) ή το Beats (μια συλλογή αποστολέων δεδομένων ενός σκοπού) λαμβάνει μη δομημένα δεδομένα από αρχεία καταγραφής και άλλες πηγές και τα μετατρέπει σε δομημένη μορφή για τις λειτουργίες αποθήκευσης και αναζήτησης του Elasticsearch. Η διεπαφή του Kibana επιτρέπει στους χρήστες να υποβάλλουν ερωτήματα σε δεδομένα σε δείκτες του Elasticsearch και στη συνέχεια να απεικονίζουν τα αποτελέσματα μέσω τυπικών επιλογών διαγραμμάτων ή ενσωματωμένων εφαρμογών όπως το Lens, το Canvas και οι Χάρτες. Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν μεταξύ διαφορετικών τύπων διαγραμμάτων, να αλλάξουν τα αθροίσματα των αριθμών και να φιλτράρουν με βάση συγκεκριμένα τμήματα δεδομένων.

Το ταμπλό Kibana είναι μια συλλογή από διαγράμματα, γραφήματα, μετρήσεις, αναζητήσεις και χάρτες που συγκεντρώνονται σε ένα ενιαίο παράθυρο. Τα ταμπλό παρέχουν με μια ματιά πληροφορίες για τα δεδομένα από πολλαπλές προοπτικές και επιτρέπουν στους χρήστες να προχωρήσουν σε αναλύσεις.

Για να δημιουργήσουν ένα ταμπλό στην Kibana, οι χρήστες πρέπει να έχουν δεδομένα ευρετηριασμένα στο Elasticsearch και να έχουν ήδη δημιουργήσει μια αναζήτηση, οπτικοποίηση ή χάρτη. Μέσα από το Kibana, κάντε κλικ στο Dashboard στον πλευρικό

πίνακα πλοήγησης. Κατά το άνοιγμα της διεπαφής ταμπλό, σας παρουσιάζεται μια επισκόπηση των διαθέσιμων ταμπλό. Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμα ταμπλό, μπορούν να προστεθούν σύνολα δεδομένων δείγματος που περιέχουν ήδη δημιουργημένα ταμπλό.

Για να δημιουργήσουν ένα ταμπλό, οι χρήστες μπορούν να ακολουθήσουν τα εξής βήματα:

1. Dashboard στην πλευρική πλοήγηση.
2. Δημιουργήστε ένα νέο ταμπλό.
3. Προσθέστε.
4. Προσθήκη πίνακα για να προσθέσετε οπτικοποιήσεις και αποθηκευμένες αναζητήσεις στο ταμπλό. Οι λίστες μπορούν να φιλτραριστούν εάν υπάρχουν πολλές οπτικοποιήσεις.

Εάν υπάρχει ένα εικονίδιο μόνο για ανάγνωση στον τίτλο, υποδεικνύει ότι ο χρήστης δεν έχει επαρκή δικαιώματα για τη δημιουργία, την επεξεργασία ή την αποθήκευση του πρόχειρου. Οι διαχειριστές της Kibana μπορούν να αλλάξουν αυτές τις ρυθμίσεις δικαιωμάτων σε ατομική ή ομαδική βάση.

Το Kibana Lens είναι ένα ενσωματωμένο εργαλείο που έχει σχεδιαστεί για να παρέχει ταχύτερη πρόσβαση σε πληροφορίες δεδομένων τόσο για έμπειρους όσο και για άπειρους χρήστες. Το Lens διαθέτει μια διεπαφή drag-and-drop για την απλοποίηση της διαδικασίας εξερεύνησης των δεδομένων του Elasticsearch και της δημιουργίας εικόνων. Ο φακός βοηθά στη δημιουργία γραφημάτων με έξυπνες προτάσεις που παρέχουν εναλλακτικούς τρόπους απεικόνισης δεδομένων με βάση τις βέλτιστες πρακτικές ανάλυσης δεδομένων και τα κοινά πρότυπα χρήσης.

Με το Kibana Lens, ο χρήστης μπορεί:

- Κατάλογος Elasticsearch με ελάχιστη αλληλεπίδραση του προγράμματος
- Να σύρει και να αποθέσει πεδία δεδομένων για να δημιουργήσει πολλαπλές απεικονίσεις δεδομένων
- Πολλαπλά ευρετήρια Elasticsearch ταυτόχρονα για σύγκριση στην ίδια οπτικοποίηση,
- Προσαρμόσει τις απεικονίσεις δεδομένων αλλάζοντας τους τύπους γραφημάτων και αλλάζοντας τις αθροίσεις σε πραγματικό χρόνο.
- Διαδραστικές απεικονίσεις δεδομένων χωρίς κώδικα ή προηγούμενη εμπειρία χρήσης του Kibana.

Το Canvas είναι μια εφαρμογή απεικόνισης και παρουσίασης δεδομένων στο πλαίσιο της Kibana. Με το Canvas, τα ζωντανά δεδομένα μπορούν να εισαχθούν απευθείας από το Elasticsearch και να συνδυαστούν με χρώματα, εικόνες, κείμενο και άλλες προσαρμοσμένες επιλογές για τη δημιουργία δυναμικών, πολυσέλιδων εικόνων.

Canvas, ο χρήστης μπορεί:

- Να δημιουργήσει και να προσαρμόσει ένα χώρο εργασίας με φόντο, πλαίσια, χρώματα, γραμματοσειρές και άλλα.
- Να προσαρμόζει πίνακες τέχνης με προσαρμοσμένες απεικονίσεις, όπως εικόνες και κείμενο
- Να προσαρμόσει αντλώντας δεδομένα απευθείας από το Elasticsearch,
- Να προβάλλει δεδομένα με διαγράμματα, γραφήματα, ανιχνευτές προόδου και πολλά άλλα
- Να εστιάζει στα δεδομένα που είναι επιθυμητό να εμφανιστούν με φίλτρα

Η Kibana είναι η επίσημη διεπαφή του Elasticsearch. Οι χρήστες του Elasticsearch μπορούν να ανακαλύψουν πληροφορίες σχετικά με τα δεδομένα και θα βρουν το Kibana ως την πιο αποτελεσματική διεπαφή για την ενεργή διαχείριση της υγείας της στοίβας τους.

Η Kibana καλύπτει πολλές περιπτώσεις χρήσης. Το APM αξιοποιεί τα ενσωματωμένα χαρακτηριστικά του Kibana για περιπτώσεις χρήσης όπως η ανάλυση ασφάλειας, η επιχειρηματική ανάλυση, η παρακολούθηση του χρόνου λειτουργίας, η γεωχωρική ανάλυση και άλλα.

Η Kibana έχει μια ισχυρή κοινότητα υποστήριξης. Ως δωρεάν και ανοικτή διεπαφή, η Kibana έχει γνωρίσει ισχυρή υιοθέτηση και συνεισφορά της κοινότητας. Τα επίπεδα εμπειρίας των χρηστών της Kibana ποικίλλουν σημαντικά - η τεκμηρίωση, οι οδηγίες και η υποστήριξη της κοινότητας αντικατοπτρίζουν αυτό το ευρύ φάσμα τεχνογνωσίας. Η Elastic προσφέρει επίσης εκπαίδευση και ατομική υποστήριξη για να βοηθήσει τους χρήστες να ξεκινήσουν.

12.7. Πιθανές προκλήσεις της εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της ενέργειας

Ορισμένοι παράγοντες περιορίζουν τις εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της ενέργειας. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να εξηγηθούν ως εξής [121]:

Έλλειψη θεωρητικών γνώσεων: Ένας από τους λόγους για την αργή υιοθέτηση της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της ενέργειας είναι η έλλειψη γνώσεων των υπευθύνων λήψης αποφάσεων σχετικά με την τεχνητή νοημοσύνη. Πολλές εταιρείες δεν έχουν το τεχνικό υπόβαθρο για να κατανοήσουν πώς να αξιοποιήσουν τις εφαρμογές ΤΝ. Ορισμένοι ενδιαφερόμενοι προτιμούν να επιμείνουν σε δοκιμασμένες μεθόδους παρά να ρισκάρουν να δοκιμάσουν κάτι νέο.

Έλλειψη πρακτικής εμπειρογνωμοσύνης: Η τεχνητή νοημοσύνη είναι ακόμη μια νέα τεχνολογία και λίγοι επαγγελματίες ειδικεύονται σε αυτήν. Αν και υπάρχουν πολλοί ειδικοί με βαθιά θεωρητική γνώση, είναι εξαιρετικά δύσκολο να βρεθούν ειδικοί που μπορούν να αναπτύξουν νέο λογισμικό τεχνητής νοημοσύνης με πρακτική εμπειρία. Επειδή το κόστος του λάθους είναι υψηλό στον κλάδο της ενέργειας, πολλές εταιρείες διστάζουν να δοκιμάσουν νέες προσεγγίσεις.

Ξεπερασμένες υποδομές: Η δομή αυτή αποτελεί το μεγαλύτερο εμπόδιο για τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της ενέργειας. Οι εταιρείες που παρέχουν ενεργειακές υπηρεσίες στο κοινό είναι βυθισμένες στις μάζες δεδομένων που συλλέγουν και δεν έχουν ιδέα πώς να τις διαχειριστούν. Ο τομέας της ενέργειας υφίσταται μεγάλες απώλειες λόγω των τρωτών σημείων ασφαλείας των ξεπερασμένων συστημάτων.

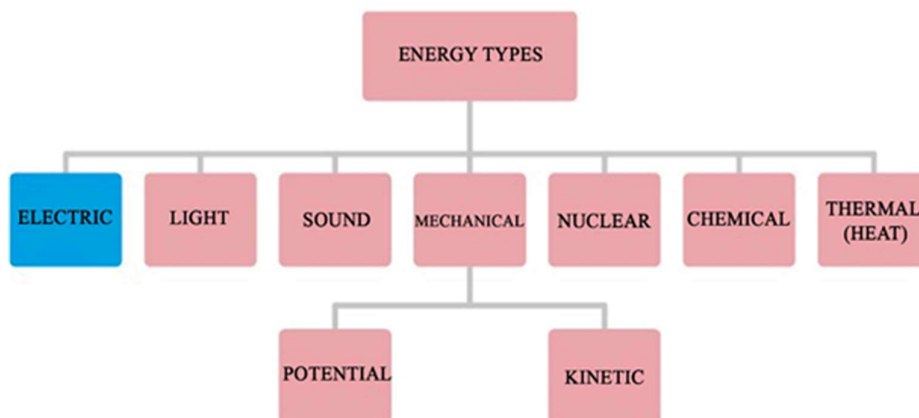
Οικονομική πίεση: Η εφαρμογή της τεχνολογίας ΤΝ μπορεί να είναι το πιο έξυπνο πράγμα που πρέπει να κάνετε. Αλλά δεν είναι το φθηνότερο. Η εξεύρεση ενός έμπειρου παρόχου υπηρεσιών λογισμικού, η ανάπτυξη και προσαρμογή του λογισμικού και η διαχείριση και παρακολούθηση απαιτούν πολύ χρόνο και πόρους. Οι επιχειρήσεις στον τομέα της ενέργειας πρέπει να είναι διατεθειμένες να διαθέσουν έναν εντυπωσιακό προϋπολογισμό και να αποδεχθούν τους κινδύνους της αντικατάστασης των παλαιών συστημάτων τους προτού αποκομίσουν τα οφέλη από την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης, της μηχανικής μάθησης και της βαθιάς μάθησης στις στρατηγικές τους.

13. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΕΞΥΠΙΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

13.1 Ηλεκτρική Ενέργεια και Αποδοτικότητα Πόρων

Στη Φυσική, η ενέργεια αναφέρεται ως ικανότητα για παραγωγή έργου. Πολυάριθμες μορφές ενέργειας απεικονίζονται στο παρακάτω διάγραμμα.

Η κινητικότητα των ηλεκτρονίων είναι η πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 71. Τύποι ενέργειας [139]

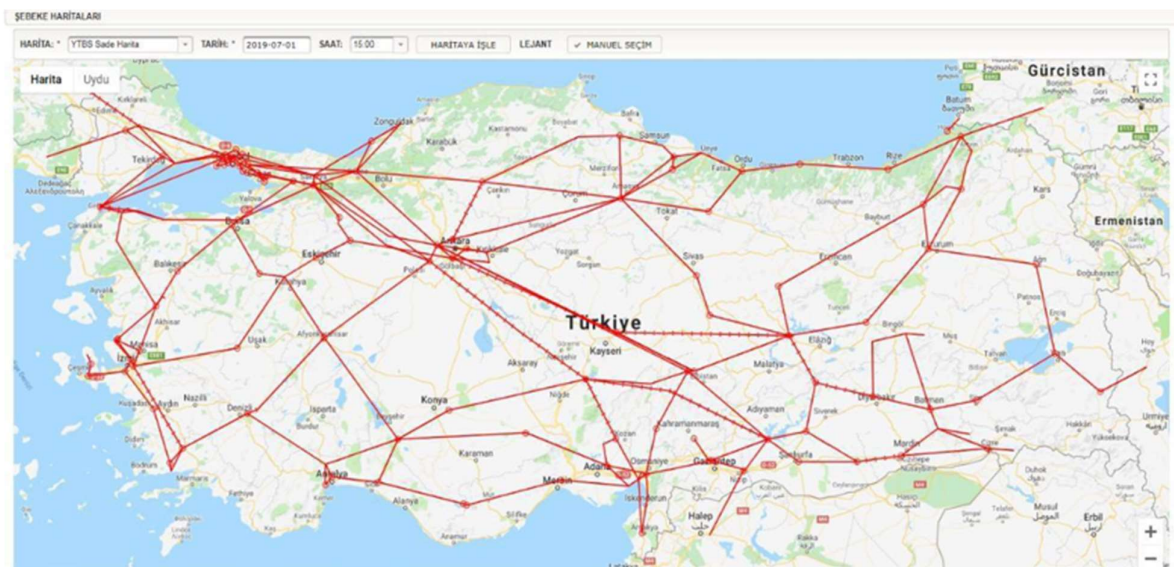
Οι ΑΠΕ και οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ΑΠΕ είναι οικολογικά ευνοϊκές πηγές ενέργειας. Η χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι οποίες συμβάλλουν σε περιβαλλοντικές φθορές όπως η υπερθέρμανση του πλανήτη, σταδιακά καταργείται υπέρ των ΑΠΕ. Δεδομένου ότι η ανάπτυξη των κινητήρων ορυκτών καυσίμων έχει επιβραδυνθεί, η αυτοκινητοβιομηχανία επικεντρώνει όλες τις προσπάθειες E&A στην ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων και καυσίμων υδρογόνου.



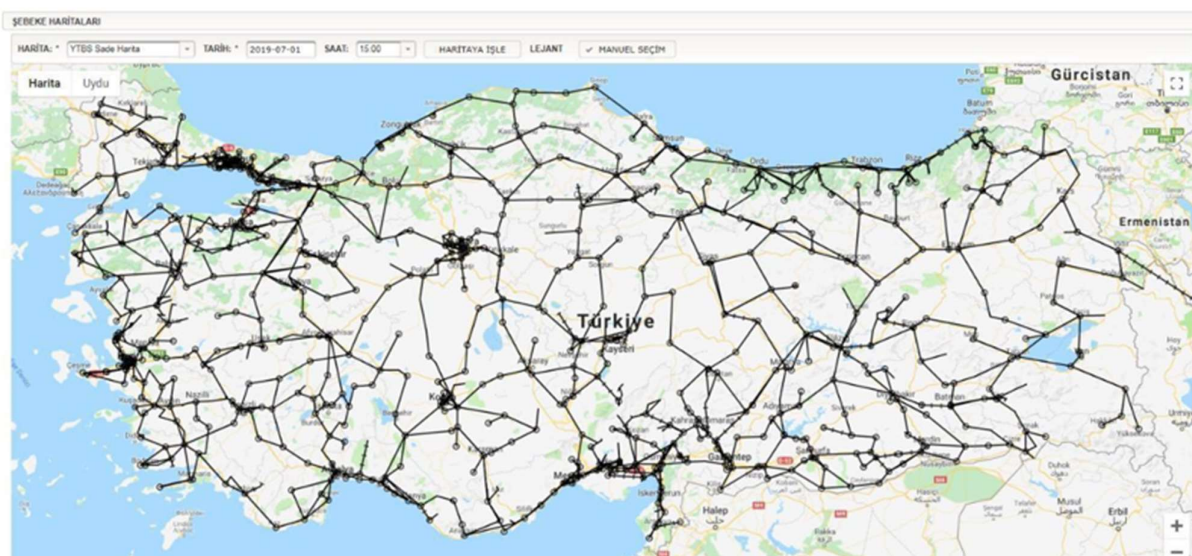
Σχήμα 72. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [140]

13.2 Δυσκολίες στην Παραγωγή και Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Τα δίκτυα και οι υποδομές των αρχών του 1900 για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν επαρκούν πλέον. Υπάρχουν φορές που η ενέργεια που προέρχεται από μια περιοχή είναι ανεπαρκής για την περιοχή αυτή, ανάλογα με τον τρόπο που χρησιμοποιείται η περιοχή αυτή κατά τη διάρκεια της ημέρας. Μια άλλη περιοχή μπορεί να έχει μικρότερη ανάγκη για ενέργεια κατά την ίδια περίοδο. Η ζήτηση και η προσφορά θα είναι ισοδύναμες εάν η αχρησιμοποίητη ενέργεια μεταφερθεί στην περιοχή που τη χρειάζεται.



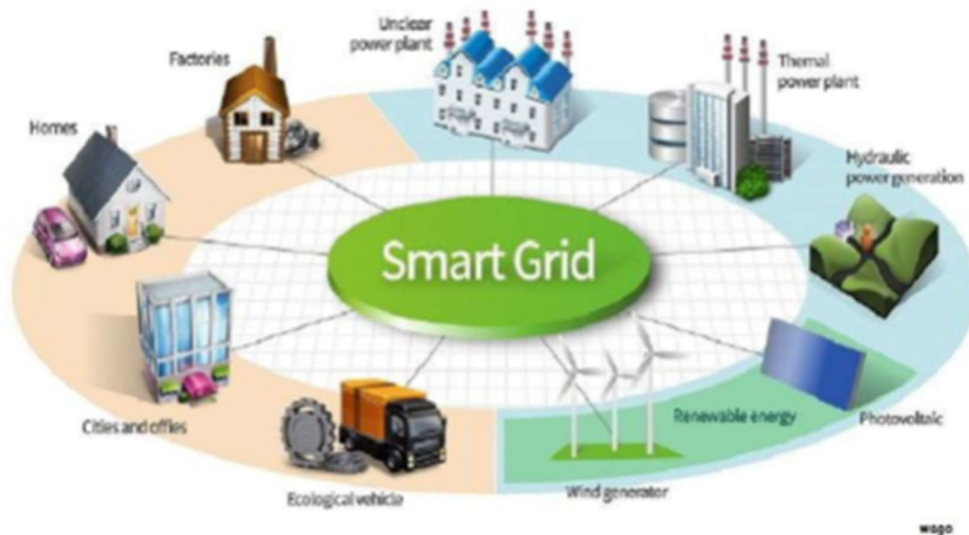
Σχήμα 73. Δίκτυο γραμμών μεταφοράς 400 KV στην Τουρκία



Σχήμα 74. Δίκτυο γραμμών μεταφοράς 154KV στην Τουρκία

Ένα δίκτυο που είναι συνδεδεμένο είναι απαραίτητο ως αποτέλεσμα αυτής της περίπτωσης. Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδέονται με μια γραμμή πολύ υψηλής τάσης. Η παραγωγή και η κατανάλωση πρέπει να βρίσκονται σε συνεχή ισορροπία. Δεδομένου ότι το εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) δεν μπορεί να αποθηκευτεί, πρέπει να μεταφέρεται απευθείας στον καταναλωτή. Ως αποτέλεσμα της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού και της αυξανόμενης ζήτησης των ανθρώπων για ηλεκτρικές συσκευές μέρα με τη μέρα, οι υφιστάμενες γραμμές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι επίσης ανεπαρκείς. Η μεγαλύτερη απώλεια στην παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι οι γραμμές μεταφοράς, οι απώλειες των μετασχηματιστών και η αναποτελεσματική χρήση των συσκευών. Η χρήση μη ισορροπημένου φορτίου στην κατανάλωση είναι επίσης ένας από τους αρνητικούς παράγοντες του συστήματος.

13.3 Έξυπνα Δίκτυα



Σχήμα 75. Έξυπνα δίκτυα

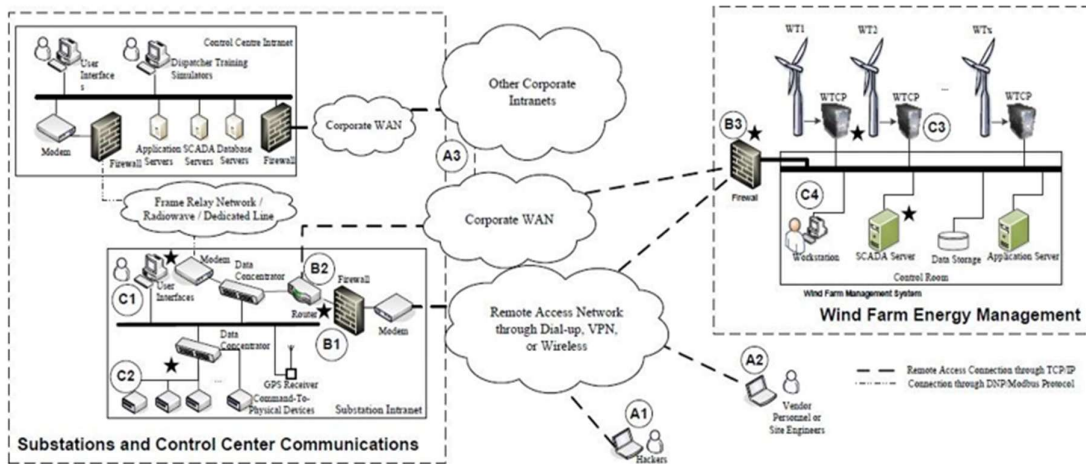
Λόγω των ζητημάτων και των προκλήσεων που σχετίζονται με την παραγωγή και τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, είναι σαφές ότι η τρέχουσα υποδομή ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί εκσυγχρονισμό για να γίνει μια πιο έξυπνη δομή. Με την προσαρμογή των τεχνολογιών επικοινωνίας και επεξεργασίας πληροφοριών που χρησιμοποιούνται γι' αυτό στο σημερινό σύστημα, η αποδοτικότητα μπορεί να ενισχυθεί περαιτέρω. Αυτή η δομή ονομάζεται έξυπνα δίκτυα. Η ενεργειακή απόδοση και οι διακοπές εκτιμάται ότι έχουν μειωθεί με την εφαρμογή των έξυπνων δικτύων.

Εφόσον υπάρχει εφεδρικό σύστημα, θα μπορούσε αυτό να ενεργοποιηθεί σε περίπτωση διακοπής ή δυσλειτουργίας.



Σχήμα 76. Σύστημα ελεγχόμενο από SCADA [112]

Η διασφάλιση της συμβατότητας του σταθμού παραγωγής με το σύστημα είναι μία από τις βασικές λειτουργίες των έξυπνων δικτύων. Στο Σχήμα 76 απεικονίζεται ο υδροηλεκτρικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας Karkamış. Ο σταθμός ηλεκτροπαραγωγής λειτουργεί με τη χρήση λογισμικού SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition - Κεντρικός έλεγχος εποπτείας και απόκτηση δεδομένων). Όλα τα καλώδια μεταφοράς και οι μηχανισμοί μετάδοσης του πίνακα μπορούν να ελεγχθούν από το λογισμικό SCA. Έτσι, τόσο η εκ των υστέρων αναφορά όσο και η ζωντανή παρακολούθηση της διαδικασίας ελέγχου αποτελούν επιλογές. Οι πόροι για τις επόμενες επενδύσεις και τον προγραμματισμό θα μπορούσαν να βασιστούν κυρίως στις πληροφορίες της έκθεσης που έχουν ληφθεί. Ο σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα προσαρμοστεί γρήγορα στο έξυπνο δίκτυο, επειδή η υποδομή του έχει προετοιμαστεί κατάλληλα. [113]



Εικόνα 77. Υποδομή SCADA και συνδεσιμότητα δικτύου μεταξύ δικτύου επιπέδου υποσταθμού, κέντρων ελέγχου και συστήματος διαχείρισης αιολικού πάρκου

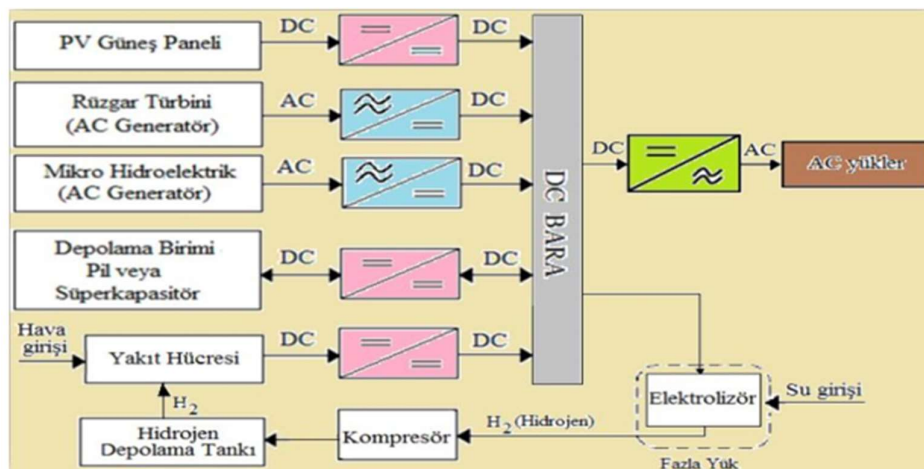
Για την πρόσβαση σε έξυπνους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, η λειτουργία και ο έλεγχος δεδομένων είναι απαραίτητα. Απαιτείται το σύστημα μεταφοράς, το οποίο χρησιμοποιείται σε συστήματα με διασυνδέσεις. Οι παρεμβάσεις για τα επιχειρηματικά προβλήματα και οι προφυλάξεις σε αυτόν τον τομέα είναι ζωτικής σημασίας για την καλή λειτουργία των συστημάτων. Η επικοινωνία δεδομένων στο τρέχον ηλεκτρικό δίκτυο καθίσταται δυνατή με μια τεχνική που ονομάζεται επικοινωνία γραμμής ισχύος (EHT). Τα σήματα από το Scada μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για φωνητική επικοινωνία. Η πρόσβαση στη μετάδοση δεδομένων μέσω υπολογιστή διευκόλυνε την εφαρμογή άμεσων και κατάλληλων λύσεων.

Στις 31 Μαρτίου 2015, η Τουρκία αντιμετώπισε σοβαρή διακοπή ρεύματος. Η διακοπή αυτή προκλήθηκε από τη συντήρηση των καλωδίων τάσης που διατρέχουν τη χώρα από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Το σύστημα σύνδεσης έσπασε με αυτόν τον τρόπο, γεγονός που προκάλεσε τη διάσπαση της παραγωγής στα δύο και την αδυναμία κάλυψης της ζήτησης. Πολυάριθμα αρνητικά γεγονότα και διαταραχές έλαβαν χώρα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας ως συνέπεια των διακοπών στη δυτική επαρχία της Τουρκίας. [114]

Το δίκτυο διασυνδεδεμένων συστημάτων της Τουρκίας περιλαμβάνει δεσμούς με τους γείτονές της. Ενέργεια μπορεί επίσης να ληφθεί από γειτονικά κράτη όταν υπάρχει έλλειψη στην Τουρκία. Το σύνολο των ενεργειακών αναγκών της χώρας καλύπτεται από πολύ μεγάλες μονάδες παραγωγής ενέργειας, οι οποίες ενδέχεται να έχουν αρνητικές επιπτώσεις κατά τη διάρκεια δυσλειτουργιών, φυσικών καταστροφών ή προγραμματισμένων συντηρήσεων και επισκευών. Οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας γίνονται όλο και πιο απαραίτητες. Μπορεί να υπάρχει μια λύση με τη μορφή των

μικροδικτύων. Τα μικροδίκτυα χρησιμοποιούν κυρίως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Για τη σύνδεση των μικροδικτύων με τα υπάρχοντα δίκτυα απαιτείται συγχρονισμός τάσης και συχνότητας. Εάν δεν γίνει αυτό, θα βλάψει το δίκτυο ή θα προκαλέσει βλάβη στον εαυτό του. Οι μονάδες ελέγχου στο μικροδίκτυο είναι υπεύθυνες για την παροχή συγχρονισμού.

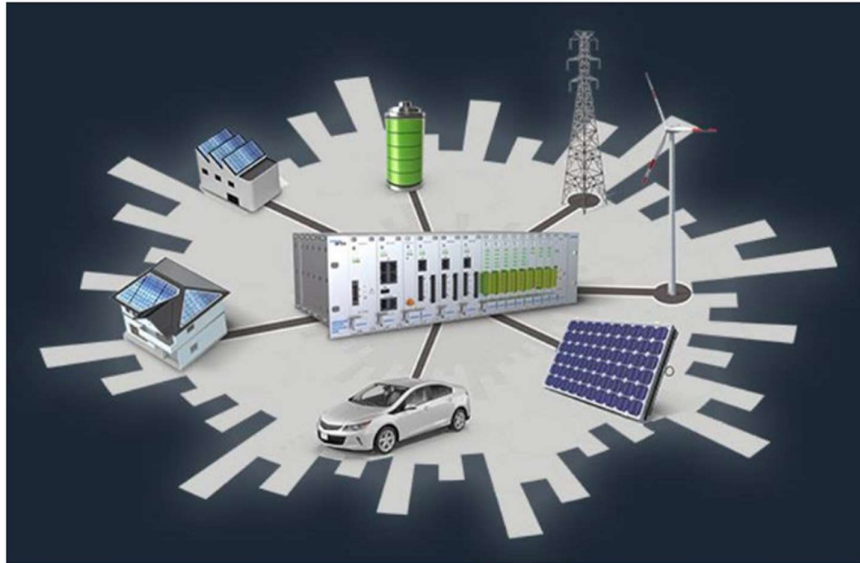
Ο έξυπνος ενεργειακός αυτοματισμός με βάση το μικροδίκτυο ενσωματώνει το διαδίκτυο των πραγμάτων, ένα δικτυωμένο σύστημα ελέγχου, αισθητήρες και ηλεκτρονικά για τη διασύνδεση των πηγών ενέργειας, του μικροδικτύου και της αποθήκευσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο με βάση το νέφος. Στη συνέχεια, το λογισμικό χρησιμοποιεί τις πληροφορίες για να παρακολουθεί τις πηγές ενέργειας, αναλύοντας συνεχώς τις ενεργειακές απαιτήσεις και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες (καιρικές συνθήκες) για να καθορίσει το ιδανικό ενεργειακό μείγμα για την επίτευξη των στόχων του φορέα εκμετάλλευσης του μικροδικτύου. Για παράδειγμα, το λογισμικό μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να ολοκληρώσει αμέσως την επιλογή του, να απενεργοποιήσει την ενέργεια που λαμβάνει από τον ήλιο και να ενεργοποιήσει την πηγή από τις μπαταρίες, όταν το σύστημα που βοηθά στην παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών λάβει μετεωρολογικές προβλέψεις για επικείμενες βροχοπτώσεις. [115]



Εικόνα 78. Στοιχεία των μικροδικτύων

Τα μικροδίκτυα ορίζονται ως ενεργειακά δίκτυα μικρής κλίμακας που μπορούν να λειτουργούν χωριστά ή σε συνεργασία με το δίκτυο και έχουν τις δικές τους πηγές ενέργειας, παραγωγή και φορτία με ορισμένους περιορισμούς. Τα μικροδίκτυα παρέχουν ενεργειακή τροφοδοσία σε περιοχές εκτός δικτύου μέσω επιτόπιας παραγωγής και παρέχουν οφέλη όπως η μείωση των απωλειών μεταφοράς, η βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών με τον άμεσο εντοπισμό σφαλμάτων, η αποδοτική χρήση των πόρων μέσω του διαχειριστικού ελέγχου, η ανάθεση

περισσότερων εγχώριων πόρων και η ύπαρξη ενός πιο ανθεκτικού και δυναμικού δικτύου.

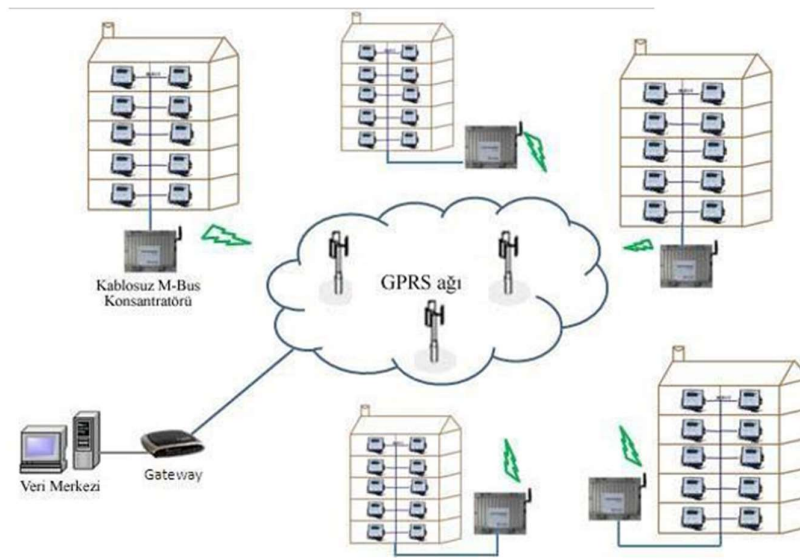


Σχήμα 79. Μικροδίκτυα

Τα στοιχεία του συστήματος που σχετίζονται με τα μικροδίκτυα είναι τα εξής:

- Συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας
- Συστήματα μέτρησης και ελέγχου
- Συστήματα σύνδεσης με το δίκτυο
- Συστήματα μετατροπών ισχύος
- Συστήματα διαχείρισης μπαταριών
- Ευφυή συστήματα φωτισμού
- Συστήματα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων
- Έξυπνα συστήματα για το σπίτι/κτίριο
- SCADA/EMS/DMS
- Συστήματα διαχείρισης ενέργειας
- Συστήματα ασφάλειας επικοινωνιών και πληροφοριών
- Γεννήτριες [116]

13.4 Έξυπνοι Μετρητές και Τεχνολογία MBUS



Εικόνα 80. Σύστημα ανάγνωσης μετρητών MBUS

Οι μετρητές που μετρούν την κατανάλωση ενέργειας θα πρέπει να διαβάζονται εξ αποστάσεως για τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας των ενεργειακών συστημάτων. Με αυτή την τεχνική οι μετρητές δεν διαβάζονται μόνο, αλλά και διαχειρίζονται εξ αποστάσεως.

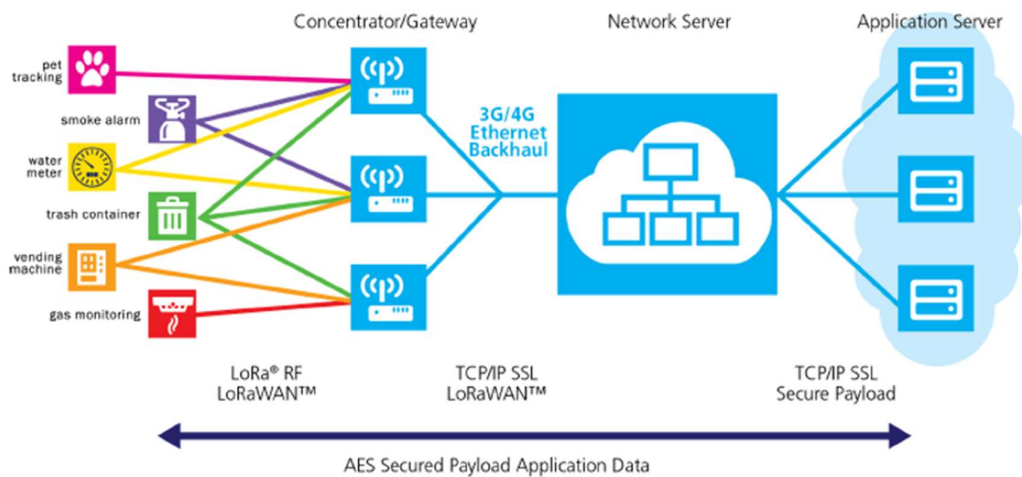
Εκτός από τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς που παρέχουν ενέργεια, πραγματοποιούνται επίσης αρδευτικές εργασίες σε γεωργικές εκτάσεις. Οι τεχνικές αποφάσεις σχετικά με την άρδευση, όπως το τι πρέπει να καλλιεργήσουν οι αγρότες και πόσο νερό να χρησιμοποιήσουν, πρέπει να λαμβάνονται και να οργανώνονται από επαγγελματικές ομάδες. Για τη χρέωση του συστήματος θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μετρητές MBUS με αναγνώστες προπληρωμένων καρτών. Ο αγρότης μπορεί να εκτελεί τη λειτουργία της άρδευσης στον μετρητή χρησιμοποιώντας εφαρμογές κινητού τηλεφώνου. Αποτρέπεται από το να υπερβεί τα όρια που του έχουν τεθεί από το σύστημα αυτό. Ως αποτέλεσμα, οι αγρότες αντιμετωπίζονται με σεβασμό και οι ενεργειακοί πόροι χρησιμοποιούνται σωστά. Το αυτοματοποιημένο σύστημα εξοικονομεί επίσης τις ανάγκες ανάγνωσης των μετρητών και του προϋπολογισμού.

Σε κατοικημένες περιοχές με συστήματα κεντρικής θέρμανσης, οι μετρητές MBUS χρησιμοποιούνται επίσης στις διαδικασίες τιμολόγησης. Κάθε διαμέρισμα καλείται να ανταποκρίνεται περισσότερο στο σύστημα όσο περισσότερη χρήση αποκτά.

Επιχειρηματικά πλεονεκτήματα των συστημάτων αυτόματης ανάγνωσης μετρητών (OSO):

- Αυξημένη ακρίβεια τιμολόγησης,
- Μειωμένος κύκλος είσπραξης εσόδων,
- Καλύτερη διαχείριση του φορτίου,
- Αυξημένη ακρίβεια χρέωσης,
- Ενεργοποίηση/απενεργοποίηση απομακρυσμένου μετρητή,
- Αύξηση της εμπιστοσύνης των πελατών,
- Αύξηση της εμπιστοσύνης των πελατών,

Ορίζεται ως η δημιουργία νέων ροών εσόδων μέσω πρόσθετων υπηρεσιών, όπως η σύνδεση στο διαδίκτυο, η οικιακή ασφάλεια και ο αυτοματισμός [117 - 118].



Εικόνα 81. Σύστημα διαχείρισης ασύρματου δικτύου LoRa

13.5 Απομακρυσμένη Ασύρματη Έξυπνη Διαχείριση LORA

Οι συσκευές στην έξυπνη διαχείριση ενέργειας πρέπει να λειτουργούν εξ αποστάσεως. Με τη βοήθεια καλωδίων, η επικοινωνία με τις συσκευές δεν είναι πάντα πιθανή. Όταν η μεταφορά είναι δύσκολη ή η υποδομή είναι ακατάλληλη για καλώδια, χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά ασύρματης επικοινωνίας. Το ασύρματο δίκτυο επικοινωνίας LoRa είναι μία από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την Πρόσβαση στο μηχάνημα με πρόσβαση στα δεδομένα της συσκευής, ιδίως στην περίπτωση που η απόσταση είναι σημαντική.

LoRa-WAN: Χρησιμοποιεί μη αδειοδοτημένες ζώνες ραδιοσυχνοτήτων όπως 433 MHz, 868 MHz (Ευρώπη), 915 MHz (Αυστραλία και Βόρεια Αμερική), 865 MHz - 867 MHz (Ινδία) και 923 MHz (Ασία). [119]

Η επικοινωνία μπορεί να πραγματοποιηθεί σε τεράστιες αποστάσεις, δεδομένου ότι χρησιμοποιεί εξαιρετικά στενή ζώνη, μικρά πακέτα δεδομένων. Ενδεικτικά, η απόσταση αυτή, η οποία επηρεάζεται από γεωγραφικούς παράγοντες, μπορεί να φτάσει τα 10-15 χιλιόμετρα. Στο έθνος μας, τα κρατικά υδραυλικά έργα συντηρούν την υποδομή των αρδευτικών συστημάτων που χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα (DSI). Λειτουργεί καλά για τη διαχείριση και την εξ αποστάσεως παρακολούθηση των μετρητών.

13.6 Διαδίκτυο των πραγμάτων – Τεχνολογία IOT

Ο αριθμός των συσκευών που μπορούν να συνδεθούν στον ιστό αυξάνεται συνεχώς ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης του διαδικτύου και της τεχνολογίας. Εξακολουθούν να υπάρχουν διαφωνίες σχετικά με την ακριβή έννοια του Διαδικτύου των Πραγμάτων, καθώς και άλλοι ορισμοί που έχουν παρουσιαστεί. Ωστόσο, το Διαδίκτυο των πραγμάτων μπορεί να θεωρηθεί ως οτιδήποτε μπορεί να συνδεθεί στο Διαδίκτυο στην πιο βασική του μορφή [120].

Ο Kevin Ashton επινόησε τον όρο "Internet of Things" το 1999 για να ορίσει την αλυσίδα εφοδιασμού με τη χρήση RFID (Radio-Frequency Identification) [121].

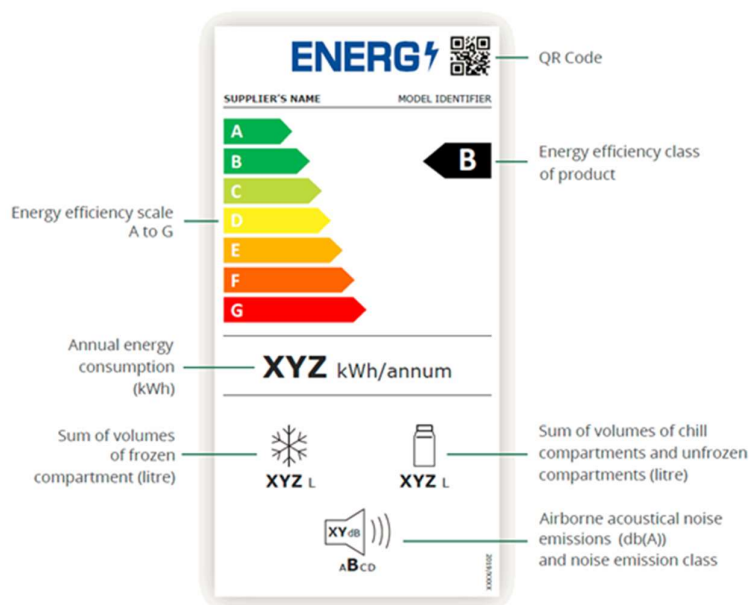


Εικόνα 82. Διαδίκτυο των πραγμάτων

Πολλά συστήματα και gadgets σε σπίτια και γραφεία μπορούν να διαχειριστούν μέσω συγκεκριμένων υποδομών του διαδικτύου με τη χρήση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IOT). Μια διαδικτυακή εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άμεση ενεργοποίηση και απενεργοποίηση ενός gadget που είναι συνδεδεμένο σε μια έξυπνη πρίζα στο σπίτι. Αυτή η προσέγγιση διαχείρισης έχει πλέον εφαρμοστεί από πολλά μοντέλα λευκών συσκευών. Αυτό παρέχει εξαιρετικό βαθμό άνεσης και εξοικονόμησης ενέργειας.

13.7 Εξοικονόμηση Ενέργειας και Αποδοτικότητα

Η αποτελεσματικότητα, είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγή ενέργειας, αλλά και για τη χρήση ενέργειας. Είναι γνωστό ότι όταν αυξάνεται το κόστος παραγωγής ενέργειας, αυξάνονται και οι απαιτήσεις για τον εξοπλισμό που καταναλώνει ενέργεια. Ενώ ένα προϊόν που κατασκευάζεται με νέα τεχνολογία κοστίζει περισσότερο στην αγορά από ένα προϊόν που κατασκευάζεται με παλιά τεχνολογία, ένα προϊόν με χαμηλή μακροχρόνια χρήση ενέργειας μπορεί να αποσβέσει τον εαυτό του μέσω χαμηλότερου μακροπρόθεσμου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτό το σενάριο, το οικοσύστημα θα υποστεί λιγότερη ζημιά, ενώ παράλληλα θα αποκομίσει κέρδος.

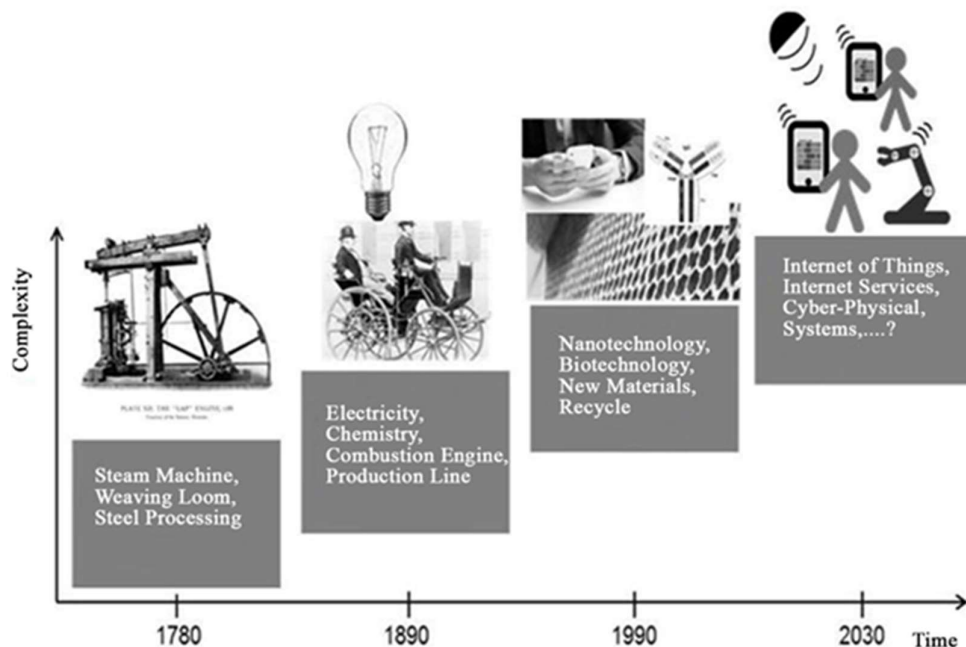


Σχήμα 83. Επισήμανση απόδοσης

13.8 Βιομηχανία 4.0

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Κίνας όπου η κινεζική κυβέρνηση, η οποία βασίζεται κυρίως στον άνθρακα για τις ανάγκες της σε ηλεκτρική ενέργεια, δεν είναι πλέον σε θέση να καλύψει τις ανάγκες της. Περιορισμένη στην ικανότητά της να καλύπτει επαρκώς τις ενεργειακές της ανάγκες, η Κίνα πρέπει να προσπαθήσει να λειτουργήσει ως παγκόσμιος κόμβος παραγωγής. Η ισορροπία προσφοράς-ζήτησης ανατρέπεται, καθώς μπορεί να ικανοποιήσει τη ζήτηση. Επί του παρόντος, η Βιομηχανία 4.0 χρησιμοποιείται από κράτη που επιθυμούν να κατασκευάσουν λύσεις για να ξεπεράσουν τους περιορισμούς.

Η ιδέα πίσω από τη Βιομηχανία 4.0, που συνήθως αναφέρεται ως τέταρτη βιομηχανική επανάσταση (Industry 4.0), είναι η δημιουργία ευφών εργοστασίων που χρησιμοποιούν εικονικές και φυσικές τεχνολογίες. Τα αυτορυθμιζόμενα, αυτοελεγχόμενα και αυτοθεραπεύόμενα περιβάλλοντα παραγωγής καθίστανται δυνατά από τη Βιομηχανία 4.0 και διαχειρίζονται από δυναμικά ελεγχόμενα ευφυή συστήματα. Η Βιομηχανία 4.0, επομένως, επιτρέπει προηγουμένως αθέατα επίπεδα λειτουργικής αποδοτικότητας και επιταχύνει την ταχύτητα αύξησης της παραγωγικότητας. [122]



Σχήμα 84. Χρονολόγιο των βιομηχανικών επαναστάσεων

Η Βιομηχανία 4.0 αναμένεται να έχει αντίκτυπο σε ορισμένους τομείς, όπως για παράδειγμα τους παρακάτω:

- Καθώς βελτιώνεται ο έλεγχος των μηχανών, η ανθρώπινη εργασία θα υποχωρήσει.
- Το σημερινό εργατικό δυναμικό θα μειωθεί.
- Οι επιπτώσεις της αλλαγής θέσης ή της σταθερής μείωσης του ανθρώπινου παράγοντα θα γίνουν αντιληπτές στην κοινωνικοοικονομική ζωή.
- Οι επιχειρήσεις που θα αναβαθμίσουν την παραγωγή τους σύμφωνα με τη νέα διαδικασία θα βρίσκονται σε ισχυρότερη θέση από τον ανταγωνισμό και θα έχουν τη δυνατότητα να ξεχωρίσουν στον κλάδο.
- Ορισμένες επιχειρήσεις που επηρεάζουν το διεθνές εμπόριο δεν επιδεικνύουν ακόμη αποφασιστικότητα να εισέλθουν στη Βιομηχανία 4.0.
- Η ανάπτυξη των δεξιοτήτων και των γνώσεων του προσωπικού μπορεί να απαιτήσει κάποιο χρονικό διάστημα για τη γρήγορη και ακριβή μετάβαση στις επαναστατικές τεχνολογίες της τελευταίας βιομηχανικής επανάστασης.

14. Η ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΙΣ ΧΩΡΕΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ISMSES

14.1 Χάρτης Ηλιακού Δυναμικού στην Τουρκία

Η ηλιακή ενέργεια στην Τουρκία, είναι ικανή να εξαπλωθεί ταχύτερα από άλλες ΑΠΕ λόγω της υψηλής χωρητικότητας, της πρακτικότητας, της ανανεώσιμης δυνατότητας και της φιλικότητας προς το περιβάλλον. Παρ' όλα αυτά, πρέπει να αντιμετωπιστούν ορισμένες προκλήσεις στο πλαίσιο αυτό. Ορισμένες από τις τεχνικές και οικονομικές προκλήσεις περιλαμβάνουν το υψηλό κόστος εφαρμογής της ηλιακής ενέργειας σε σύγκριση με άλλες πηγές ενέργειας, καθώς και τη σχετικά χαμηλή απόδοση και τον συντελεστή δυναμικότητας. Η παραγωγή ηλιακής ενέργειας θα γίνει σύντομα πολύ πιο ελκυστική μόλις επιλυθούν αυτά τα ζητήματα. Η Τουρκία έχει ευνοϊκή γεωγραφική θέση για την ηλιακή ενέργεια, ωστόσο, σήμερα υπολείπεται της μεγιστοποίησης του δυναμικού της [123]. Η μέση ετήσια συνολική διάρκεια ηλιοφάνειας είναι 2741,07 ώρες και η μέση ετήσια τιμή της συνολικής ακτινοβολίας υπολογίζεται σε 1527,46 kWh/m², σύμφωνα με τον Χάρτη του Δυναμικού Ηλιακής Ενέργειας (GEPA) που δημιουργήθηκε από το Υπουργείο Ενέργειας της χώρας.

Οι μελέτες για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας πήραν μεγάλη έκταση, ιδίως μετά τη δεκαετία του 1970. Τα συστήματα ηλιακής ενέργειας επέδειξαν μείωση της τεχνολογικής προόδου και του κόστους και καθιερώθηκαν ως καθαρή πηγή ενέργειας. Η σημασία της ηλιακής ενέργειας αυξάνεται από το γεγονός ότι είναι μια καθαρή πηγή ενέργειας και λειτουργεί με χαμηλό κόστος μόλις καθιερωθεί.

Το "Μοντέλο ηλιακής ακτινοβολίας ESRI" που χρησιμοποιείται στο σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών και οι ακόλουθοι θεμελιώδεις παράγοντες χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του ηλιακού μοντέλου της Τουρκίας.

Ένα οριζόντιο κατασκευασμένο Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρου (DEM) 500m x 500m παράχθηκε από έναν τοπογραφικό χάρτη της Τουρκίας κλίμακας 1/100.000 για τους υπολογισμούς της κλίσης-σκόνισης.

Τιμές γεωγραφικού πλάτους στην Τουρκία μεταξύ 36 και 42 μοιρών

Γωνίες ζενίθ και αζιμούθιο σε 32 κατευθύνσεις- Δείκτης μεγέθους ουρανού,

Μέθοδοι υπολογισμού του ανοικτού και κλειστού ουρανού

Οι 22ετείς ωριαίες τιμές ηλιακών μετρήσεων για τα έτη 1985-2006 μετρήθηκαν στους σταθμούς ΕΙΕ και ΔΜΙ για τον υπολογισμό των παραμέτρων που θα χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο και για τη βαθμονόμηση του μοντέλου.

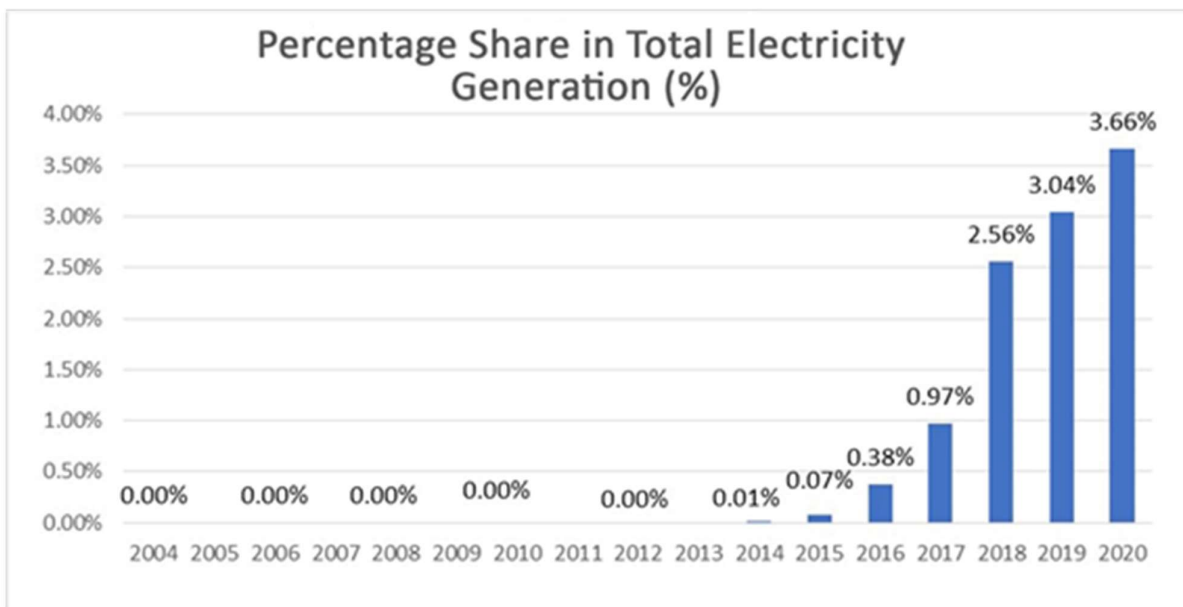
Διάφραγμα ουρανού και συντελεστής διαπερατότητας φωτός ουρανού (Transmittivity) (ποσοστό διάχυσης)

Τιμές της ανάκλασης των ηλιακών ακτίνων της Γης (επιφανειακό albedo)

Τα ακόλουθα δεδομένα προέκυψαν ως χάρτης πλέγματος 500m x 500m ως συνέπεια της χρήσης του μοντέλου και περιλαμβάνουν μηνιαίους μέσους όρους που προκύπτουν από ημερήσιες τιμές επί 12 μήνες.

- Συνολική ηλιακή ακτινοβολία (kwh/m2-ημέρα)
- Άμεση ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m2/ημέρα)
- Ηλιακή ακτινοβολία, διάχυτη (kwh/m2/ημέρα)

Η υφιστάμενη κατάσταση όσον αφορά την ηλιακή ενέργεια στην Τουρκία και στον κόσμο έχει αναπτυχθεί στο κεφάλαιο 4.5 όπου φαίνεται και ο Ηλιακός Χάρτης (Σχήμα 20). Πέραν του διαγράμματος μεταβολής της εγκατεστημένης ισχύος ανά έτος (Σχήμα 21), παρακάτω παρατίθεται στο Σχήμα 85 το ποσοστό της στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο τέλος Δεκεμβρίου 2020. Η εγκατεστημένη ισχύς της Τουρκίας με βάση την ηλιακή ενέργεια είναι 6.667 MW και το μερίδιό της στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 3,6%.



Σχήμα 85. Ποσοστιαίο μερίδιο της ηλιακής ενέργειας στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Τουρκία

14.1.1 Εφαρμοσμένο Ηλιακό Δυναμικό Οροφής και Πρόσοψης στην Τουρκία

Η μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς των εγκαταστάσεων παραγωγής που βασίζονται σε ΑΠΕ που μπορούν να λειτουργούν χωρίς άδεια αυξήθηκε από 1 MW σε 5 MW τον Μάιο του 2019 με προεδρική απόφαση. Εντός των ορίων της απόφασης, εγκρίνεται η ιδέα ότι η παραγωγή και η κατανάλωση μετρώνται στον ίδιο τόπο και ότι η εγκατεστημένη ισχύς περιορίζεται στην ισχύ της σύμβασης σύνδεσης της εγκατάστασης κατανάλωσης. Το λιανικό εφάπαξ ενεργειακού κόστους της δικής της ομάδας συνδρομητών, όπως ανακοινώθηκε από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενεργειακών Αγορών EMRA, θα εφαρμόζεται για την πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στις εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως οι ηλιακές πηγές ενέργειας με εφαρμογή σε στέγες και προσόψεις, που διαμορφώνονται με την απόφαση, για δέκα έτη από την ημερομηνία λειτουργίας της εγκατάστασης. [153]

Το Τουρκικό Ινστιτούτο Στατιστικής (TUIK) αναφέρει ότι υπάρχουν 9,1 εκατομμύρια κτίρια στην Τουρκία, με τις κατοικίες να αποτελούν περίπου το 87% του συνόλου αυτού. Το κατασκευαστικό απόθεμα της Τουρκίας ενισχύεται από περισσότερες από 100.000 οικοδομικές αναπτύξεις ετησίως. Στα επόμενα δέκα χρόνια, στις στέγες και τις προσόψεις αυτών των κατασκευών μπορούν να ανεγερθούν συστήματα ηλιακών μονάδων σωρευτικής ισχύος 2.000-4.000 MW. Οι επιφάνειες στέγης στην Τουρκία που μπορούν να αξιοποιηθούν φαίνονται στο Σχήμα 22 στο κεφάλαιο 4.5.

Οι ενεργειακές ανάγκες της βιομηχανίας, των κατοικιών ή των ατόμων απευθείας από τον ήλιο δεν γίνεται να καλυφθούν άμεσα. Επομένως η ηλιακή ενέργεια πρέπει να μετατραπεί με διάφορες μεθόδους. Έχουν αναπτυχθεί αμέτρητες τεχνολογίες για την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Αν και οι τεχνολογίες ηλιακής ενέργειας αποκλίνουν σημαντικά όσον αφορά τη μέθοδο, το υλικό και το τεχνολογικό επίπεδο, ορισμένες από αυτές χρησιμοποιούν ευθέως την ηλιακή ενέργεια με τη μορφή φωτεινής ή θερμικής ενέργειας, ενώ άλλες χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η άμεση ή έμμεση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η παραγωγή ζεστού νερού, η θέρμανση και η ψύξη χώρων, η θερμική ενέργεια διεργασιών για βιομηχανικές επιχειρήσεις και η θέρμανση θερμοκηπίων είναι μόνο πολλές μικρές εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας. Παρακάτω παρατίθενται πληροφορίες σχετικά με τις υποβολές στέγης που έγιναν στο Υπουργείο Ενέργειας από την 1η Ιανουαρίου 2021.

Πίνακας 16. Αριθμός εφαρμογών SPP σε στέγες [154]

ROOF APPLIED SES APPLICATIONS			
SUBSCRIBER TYPE	PERIOD	INSTALLED POWER (MW)	QTY
INDUSTRY	10/05/2019 ÖNCESİ	670,52	2429
	10/05/2019 SONRASI	2868,90	4355
	TOPLAM	3539,42	6784
DOMICILE	10/05/2019 ÖNCESİ	10,07	1090
	10/05/2019 SONRASI	14,00	1410
	TOPLAM	24,07	2500
THE OVERALL TOTAL		3563,49	9284

Με τη δημοσίευση του νόμου αριθ. 6094 για την τροποποίηση του νόμου σχετικά με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για σκοπούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που ανατέθηκε 27809 στην Επίσημη Εφημερίδα της Δημοκρατίας στις 8 Ιανουαρίου 2011, τα κίνητρα ελέγχθηκαν αυστηρά για να δοθούν κίνητρα στους ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους με βάση τον τύπο της πηγής και το ποσοστό της τοποθεσίας. Οι προδιαγραφές του μηχανισμού στήριξης ΑΠΕ καθορίστηκαν σε αυτό το πλαίσιο με συγκεκριμένο κανονισμό. Ο "Κανονισμός για την Πιστοποίηση και την Υποστήριξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας" τέθηκε σε ισχύ με τη δημοσίευσή του στην Επίσημη Εφημερίδα της Δημοκρατίας με αριθμό 28782 και ημερομηνία 10 Ιανουαρίου 2013. Οι αρχές που διέπουν την κατανομή των Πιστοποιητικών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στους κατόχους των απαιτήσεων αδειοδότησης της παραγωγής καθώς και η δημιουργία και λειτουργία του Μηχανισμού Στήριξης του ΥΕΚ (ΥΕΚDEM) διέπονται από τον κανονισμό σε μια προσπάθεια προώθησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Ο πίνακας 17 απεικονίζει τους αδειοδοτημένους συμμετέχοντες στο ΥΕΚDEM ανά έτος, και τόσο η εγκατεστημένη ενέργεια όσο και ο αριθμός των συμμετεχόντων εξακολουθούν να επεκτείνονται. Στο πεδίο εφαρμογής του ΥΕΚDEM το 2020, υπάρχουν 821 αδειοδοτημένοι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με συνδυασμένη εγκατεστημένη ισχύ 21.146,1 MW.

Κατά τη διαίρεση της εγκατεστημένης ισχύος της ΥΕΚDEM ανά τύπο πόρου, οι υδραυλικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο μέρος (12.434,7 MW), ενώ οι αιολικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας έρχονται δεύτεροι (6.440 MW).

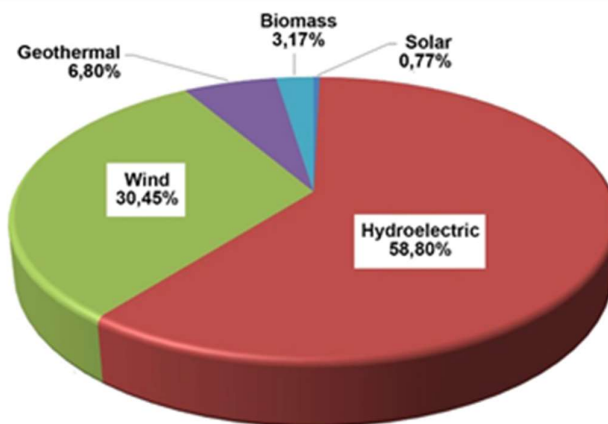
Πίνακας 17. Αριθμός αδειοδοτημένων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ΥΕΚΔΕΜ ανά έτος (αριθμός).

Type	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Sun	-	-	-	-	-	-	2	3	9	17
Hydraulic	4	44	14	40	126	388	418	447	463	463
Wind	9	22	3	21	60	106	141	151	160	165
Biomass	3	8	15	23	34	42	57	70	100	126
Geothermal	4	4	6	9	14	20	29	37	45	50
The overall total	20	78	38	93	234	556	647	708	777	821

Επιπλέον, από σήμερα έως το τέλος του 2020, 6.420,80 MW της εγκατεστημένης ισχύος των 6.823,47 MW, με εξαίρεση το φυσικό αέριο, αποτελούν αντικείμενο εμπορίας στο πλαίσιο της μη αδειοδοτημένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΥΕΚΔΕΜ.

Ενώ η εγκατεστημένη ισχύς στο πλαίσιο του ΥΕΚΔΕΜ, συμπεριλαμβανομένων των μη αδειοδοτημένων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ήταν το 22,92% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος στην Τουρκία το 2019, μειώθηκε στο 22,07% το 2020.

Στο παρακάτω Σχήμα 86, παρουσιάζεται η κατανομή της εγκατεστημένης ισχύος του ΥΕΚΔΕΜ το 2020 ανά είδος ΑΠΕ.



Σχήμα 86. Κατανομή της εγκατεστημένης δυναμικότητας του 2020 του ΥΕΚΔΕΜ με βάση τους πόρους (%)

Ο πίνακας 18 απεικονίζει την εξέλιξη της παραγωγής των συμμετεχόντων στο ΥΕΚΔΕΜ διαχρονικά. Η παραγωγή του ΥΕΚΔΕΜ το 2020 μειώθηκε κατά σχεδόν 4,16% όταν λήφθηκαν υπόψη οι μη αδειοδοτημένοι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής και έφθασε στις 73,48TWh.

Πίνακας 18. Εξέλιξη της παραγωγής των συμμετεχόντων στο ΥΕΚΔΕΜ διαχρονικά.

Type	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Sun	-	-	-	-	24.269	39.140	159.961	375.476
Non-licensed	884	29.316	223.537	1.134.023	2.997.551	8.078.418	9.830.849	11.229.723
Hydraulic	528.427	1.072.832	5.651.215	16.212.717	17.213.394	27.369.727	36.961.886	29.671.021
Wind	223.243	2.378.819	8.275.992	14.163.402	16.765.418	19.002.863	19.900.973	20.658.797

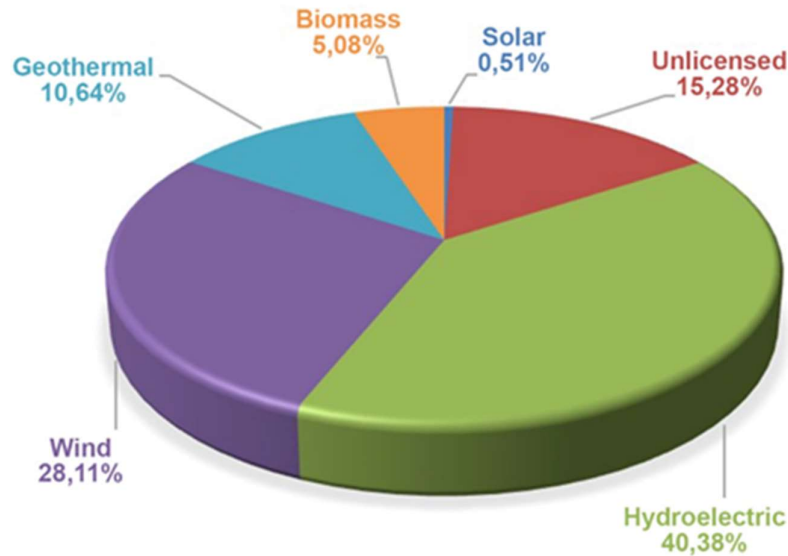
Geothermal	857.527	1.436.579	2.710.856	3.706.764	4.503.345	5.968.202	6.997.209	7.816.509
Biomass	750.715	957.223	1.082.913	10.613.594	8.992.792	2.047.082	2.817.209	3.730.699
The overall total	2.360.795	5.874.769	17.944.514	45.830.502	50.496.769	62.505.431	76.668.087	73.482.227

Το Σχήμα 87 απεικονίζει την κατανομή της παραγωγής ανά τύπο πόρου εντός της περιοχής επιρροής του ΥΕΚΔΕΜ το 2020. Αντίστοιχα, η αιολική και η υδραυλική ενέργεια παρήγαγαν τη μεγαλύτερη παραγωγή.

Ενώ το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής που λειτουργούν στο πλαίσιο του ΥΕΚΔΕΜ στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας ήταν 25,21% το 2019, ήταν 24,07% το 2020.

Όταν εξετάζουμε τη μηνιαία εξέλιξη της παραγωγής του ΥΕΚΔΕΜ το 2020, μπορούμε να δούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της ποσότητας των βροχοπτώσεων κατά τους ανοιξιάτικους μήνες και της αύξησης της υδραυλικής παραγωγής, η οποία με τη σειρά

της οδηγεί σε υψηλότερη παραγωγή ΥΕΚΔΕΜ. Από τη μία πλευρά, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, η παραγωγή από άλλες πηγές ήταν πιο σταθερή [155].



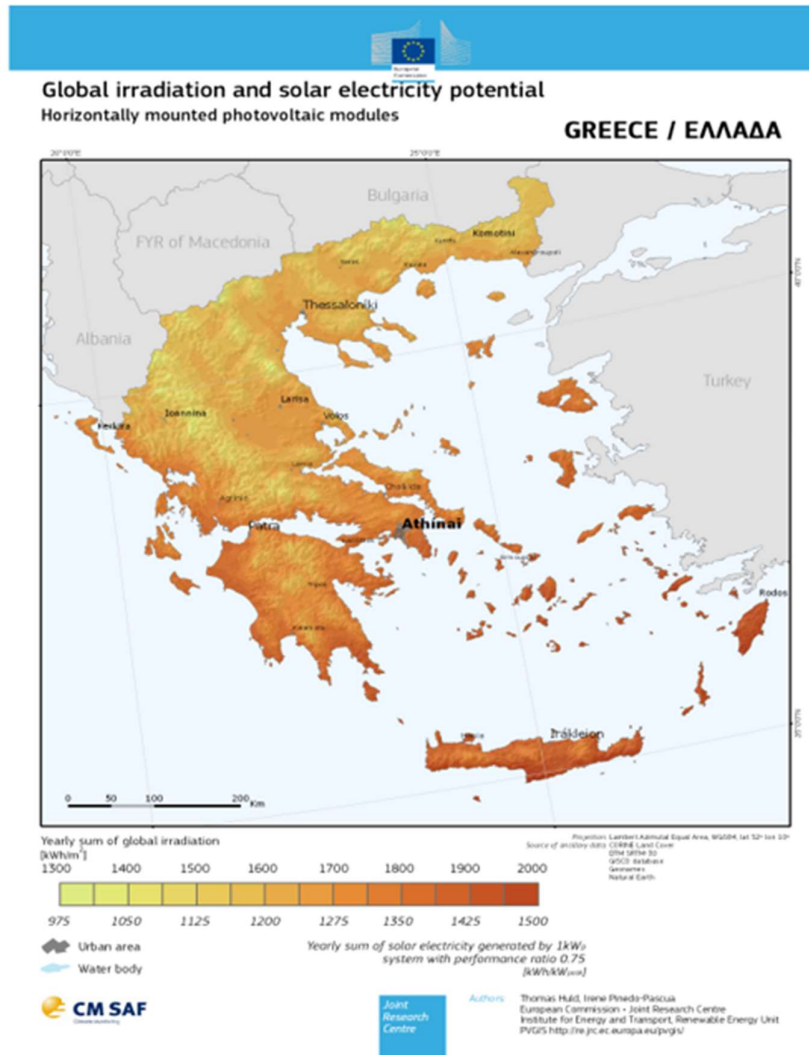
Σχήμα 87. Κατανομή της παραγωγής ΥΕΚΔΕΜ το 2020 ανά πόρους (%)

14.2 Συστήματα ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα

Η εγκατάσταση ηλιακών θερμικών συλλεκτών ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1980, ενώ κατά τη δεκαετία 2010 - 2020 η ανάπτυξη της νέας εγκατεστημένης θερμικής δυναμικότητας SES ακολούθησε ελαφρώς αυξητική τάση. Το 2020, η Ελλάδα κατέχει την 5η θέση παγκοσμίως και τη 2η θέση στην Ευρώπη, με εγκατεστημένη ισχύ σε λειτουργία περίπου 3493 MWth, που αντιστοιχεί σε 4.989.550 m² επιφάνειας συλλεκτών [156].

Από το 2019 παρατηρείται σημαντική αύξηση των επενδύσεων σε φωτοβολταϊκά όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά SES, λόγω του μετασχηματισμού της ελληνικής αγοράς ενέργειας που οδηγεί σε υψηλότερα μερίδια ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έως το 2030 και λόγω της ρυθμιστικής στήριξης μέσω π.χ. λιγότερο αυστηρών διαδικασιών περιβαλλοντικής αδειοδότησης. Ως αποτέλεσμα, το 2021 υπήρχε εγκατεστημένη ισχύς πάνω από 4000 MWp φωτοβολταϊκών, με μέση ενεργειακή απόδοση περίπου 1500 kWh/kW και περίπου 1300 kWh/kW για τα φωτοβολταϊκά σε στέγες. Το ίδιο έτος, οι εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συνδέθηκαν με περίπου 8850 θέσεις εργασίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συνέβαλαν κατά 9,6% στη

συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας ελαφρώς περισσότερο σε σύγκριση με τη συμβολή τους το έτος 2020 [157].



Σχήμα 88. Ηλιακή Ακτινοβολία και Δυναμικό ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα

Το 2019, οι θέσεις εργασίας που συνδέονται άμεσα με τα φωτοβολταϊκά συστήματα εκτιμήθηκαν σε λίγο πάνω από 4000, ενώ οι έμμεσες και επαγόμενες θέσεις εργασίας εκτιμήθηκαν σε σχεδόν 5000 [156]. Συγκεκριμένα, όσον αφορά τους εγκαταστάτες SES, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την εγκατάσταση αλλά και την επανασυναρμολόγηση, συντήρηση και επισκευή των πλαισίων στα δίκτυα, υπάρχουν τουλάχιστον 234 εγκαταστάτες φωτοβολταϊκών ενεργειακών συστημάτων (φωτοβολταϊκά συστήματα σε στέγες και αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα) στην Ελλάδα. Αυτοί, είναι ως επί το πλείστον εγκαταστάτες μικρότερων πάνελ που ασχολούνται με εγκαταστάσεις συστημάτων μικρότερων του 1 MW (223), ενώ 54 από

αυτούς τους 223 ασχολούνται και με εγκαταστάσεις μεγαλύτερων συστημάτων. Επιπλέον, περίπου 11 εταιρείες ασχολούνται μόνο με εγκαταστάσεις μεγαλύτερων ηλιακών συστημάτων.

14.3 Πιθανή χρήση των συστημάτων ηλιακής ενέργειας στο Ηνωμένο Βασίλειο

Ο Απρίλιος 2020 και ο Μάιος 2020 ορίζονται ως οι ημερομηνίες κατά τις οποίες ο ήλιος έχει αποδειχθεί πολύτιμη πηγή ενέργειας στο Ηνωμένο Βασίλειο. Τον Απρίλιο του 2020 η ηλιακή ενέργεια παρήγαγε ένα νέο ιστορικό υψηλό 9,68 GW, ενώ τον Μάιο του 2020 η ηλιακή ενέργεια παρείχε το 11% του συνόλου της ηλεκτρικής ενέργειας στο Ηνωμένο Βασίλειο [157]. Το Ηνωμένο Βασίλειο γεωγραφικά δεν θεωρείται μία από τις πιο ηλιόλουστες χώρες της Ευρώπης. Διαθέτει επίσης πολλές φυσικές πηγές ενέργειας, όπως η αιολική, η υδροηλεκτρική και η γεωθερμική ενέργεια, αλλά η ηλιακή ενέργεια συνεχίζει να αυξάνεται, διαδραματίζοντας σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο Ηνωμένο Βασίλειο.

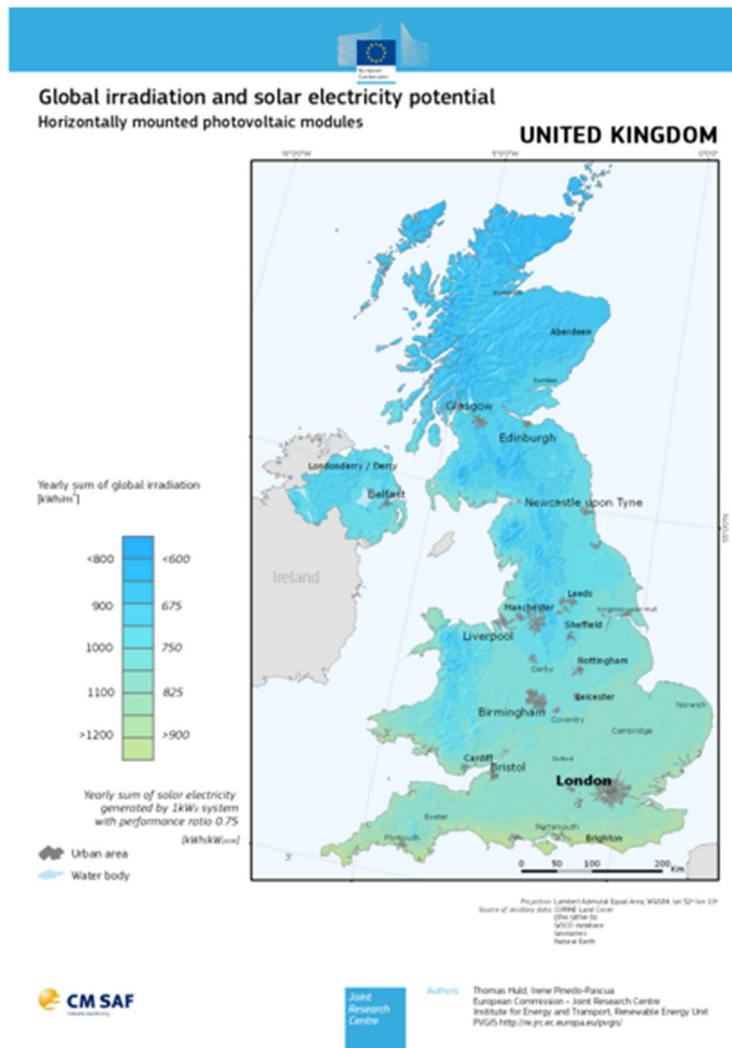
Η χρήση ηλιακής ενέργειας στο Ηνωμένο Βασίλειο χωρίζεται σε 3 αγορές:

- (>5000 K/W σύστημα),
- Εμπορική στέγη (12,5 KW - 250 kW),
- Οικιακή στέγη (3 kW - 12,5 kW).

Τα ηλιακά πάρκα μεγάλης κλίμακας σημείωσαν αύξηση 75% τα τελευταία 3 χρόνια, φθάνοντας τα 345 ηλιακά πάρκα με συνολική ισχύ >5000KW. Ένα καλό παράδειγμα ηλιακής ενέργειας μεγάλης κλίμακας είναι το ηλιακό πάρκο Chapel Lane, έκτασης 310 στρεμμάτων, το οποίο κοστίζει 55 εκατομμύρια ευρώ. Έχει παραγωγή ενέργειας 51,3 MW και παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε 60.000 νοικοκυριά. Αυτό αποδεικνύει τις δυνατότητες των ηλιακών πάρκων για την ηλεκτροδότηση πόλεων και μικρών πόλεων. Η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου ανέφερε πρόσφατα ότι υπάρχουν 269 τρέχουσες αιτήσεις για νέες αναπτύξεις μεγάλης κλίμακας [158]. Αυτό δείχνει ότι τα υφιστάμενα ηλιακά πάρκα είναι οικονομικά σταθερά.

Οι εμπορικές εγκαταστάσεις ηλιακής ενέργειας σε στέγες (12 KW - 250KW) εκτείνονται σε 250.000 εκτάρια. Η αναλογία αυτή είναι αρκετά μικρή σε σύγκριση με τις άλλες δύο αγορές. Τα επιχειρήματα δείχνουν ότι οι εμπορικές επιχειρήσεις ενδιαφέρονται να αναλάβουν μια δέσμευση 20 - 25 ετών και ότι η αρχική πληρωμή θα μπορούσε να δαπανηθεί καλύτερα σε άλλους επιχειρηματικούς πόρους.

Στο Ηνωμένο Βασίλειο, η οικιακή ηλιακή ενέργεια παράγει πάνω από 14.000 MW, παρέχοντας ηλεκτρική ενέργεια σε περισσότερα από 1 εκατομμύριο νοικοκυριά. Αυτό ισοδυναμεί με σχεδόν το 12% [159] της οικιακής χρήσης στο Ηνωμένο Βασίλειο. Κατατάσσεται στην τρίτη θέση μεταξύ όλων των ευρωπαϊκών χωρών. Στην πραγματικότητα, ο τομέας αυτός έχει καλές δυνατότητες ανάπτυξης. Προηγουμένως, το σύστημα πιστοποιητικών ευθύνης για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας των κυβερνήσεων του Ηνωμένου Βασιλείου βοήθησε στην προώθηση της ηλιακής αγοράς, αλλά η οικιακή ηλιακή ενέργεια είδε ένα πισωγύρισμα όταν αποσύρθηκε το 2018. Αυτό έχει εντοπιστεί από την κυβέρνηση και πρόσφατα αναπτύχθηκε ένα σχέδιο με την έξυπνη εγγύηση εξαγωγών [160]. Αυτό συνοδεύτηκε από μείωση του κόστους των ηλιακών πάνελ και νέοι αγοραστές κατέκλυσαν την αγορά, φέρνοντας το τοπικό ποσοστό ηλιακής ενέργειας στο 17%.

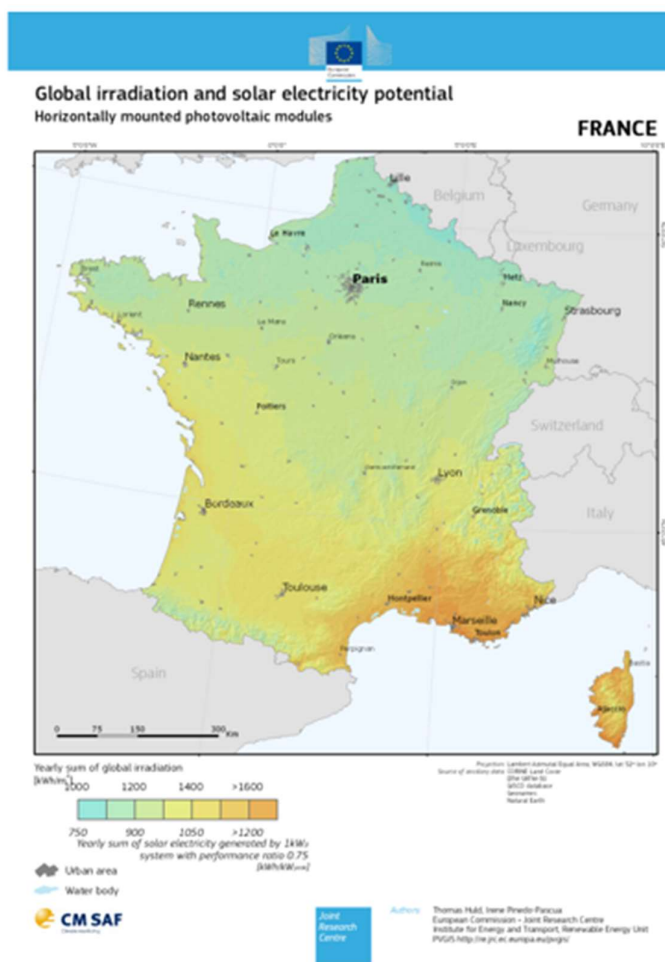


Σχήμα 89. Ηλιακό δυναμικό στο Ηνωμένο Βασίλειο

Η πρόβλεψη για την ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας στο Ηνωμένο Βασίλειο είναι αρκετά μεγάλη, με το κόστος των πάνελ να προβλέπεται ότι θα μειωθεί στο μέλλον και με νέες τεχνολογίες όπως τα ηλιακά κεραμίδια και τα παράθυρα.

14.4 Κατάσταση των συστημάτων ηλιακής ενέργειας στη Γαλλία

Η Γαλλία έφθασε πρόσφατα σε μια νέα κορύφωση με πάνω από 10,7 GW ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από την ηλιακή ενέργεια.



Σχήμα 90. Δυναμικό ηλιακής ενέργειας στη Γαλλία

Η αναλογία αυτή είναι ισοδύναμη με την ποσότητα που μπορούν να παράγουν κατά μέσο όρο 10 πυρηνικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής. Αναφέρεται ότι το 26% της ηλεκτρικής ενέργειας της Γαλλίας προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια. Η Γαλλία έχει αυξήσει σημαντικά την ηλιακή της ικανότητα, ιδίως κατά το τελευταίο έτος. Μέχρι το τέλος του τρίτου τριμήνου του 2021, ο διαχειριστής του γαλλικού δικτύου

ηλεκτρικής ενέργειας Enedis είχε συνδέσει στο δίκτυο περισσότερους από 40.000 ηλιακούς συλλέκτες, περισσότερους από ό,τι σε όλο το 2020.

Έχει αυξήσει τον αριθμό των συνδεδεμένων ηλιακών πάνελ στη Γαλλία σε πάνω από 500.000, παρέχοντας συνολική δυναμική παραγωγή 11GW. Η ποσότητα αυτή είναι επαρκής για την ηλεκτροδότηση 2,9 εκατομμυρίων νοικοκυριών. Οι εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν επίγειους ή πλωτούς ηλιακούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

BİBLİYOĞRAΦΙΑ

1. UEA, <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/renewables> (Aralık 2021)
2. Durak, A., Aktaş, A., Günerođlu, A., Kuşçu, N. S. B., Kuşçu, Y. (2021). Meslek Elektrik – Elektroniđi. Ankara: Meb
3. Koç, E., Kaya, K. (2015). Enerji Kaynakları – Yenilenebilir Enerji Durumu, Mühendis Ve Makina 56(668), 36-47
4. Güneş Diye Bir Yıldız, 1991, G.Gamow -1
5. Güneş Enerjisi Uygulamaları Prof. Dr. Dođan İbrahim, Bileşim Yayınevi, İstanbul 2006 -2
6. Güneş Enerjisi Ve Uygulamaları, Doç. Dr. H. Hüseyin Öztürk, Çukurova Üni. Ziraat Fak. Tarım Makineleri Böl., Birsen Yayınevi, İstanbul 2008 -3
7. Enerji, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Millî Eğitim Basımevi, İstanbul, 2002 -4
8. Yenilenebilir Enerji Kaynakları, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No:2927 Açık Öğretim Fakültesi Yayını No:1884 -6
9. Güneş Enerjisi Slaytları, Prof. Dr. Olcay Kıncay -7
10. Güneş Enerjisi Su Isıtma Sistemleri, Doç. Dr. Mustafa Tırıs, Dr. Çiđdem Tırıs, Tübitak, Mam Enerji Sistemleri Ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Gebze-Kocaeli, 1997 -8
11. Gökşan Gül, “Güneş Gözelerinin Üretilmesinde Son Gelişmelerin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Temiz Ve Tükenmez Enerjiler Anabilim Dalı, Ankara, 2008.
12. John A. Duffie, William A. Backman, Solar Engineering Of Termal Processes, 1980 By John Wiley & Sons Publishing Company Usa -9
13. Sol Wieder, An Introduction To Solar Energy For Scientists And Engineers, 1992, Krienger Publishing Company, Malabar, Florida -11
14. [Http://Www.Yegm.Gov.Tr/Yenilenebilir](http://Www.Yegm.Gov.Tr/Yenilenebilir) (Temmuz 2018).
15. [Https://Www.Enerji.Gov.Tr/Tr-Tr/Sayfalar/Gunes](https://Www.Enerji.Gov.Tr/Tr-Tr/Sayfalar/Gunes) 25.6.2019
16. [Http://Www.Yegm.Gov.Tr/Mycalculator/Default.aspx](http://Www.Yegm.Gov.Tr/Mycalculator/Default.aspx) (Temmuz 2018).
17. [Https://Enerji.Gov.Tr/Eigm-Yenilenebilir-Enerji-Kaynaklar-Gunes](https://Enerji.Gov.Tr/Eigm-Yenilenebilir-Enerji-Kaynaklar-Gunes) (18.02.2021)
18. Demir, İ., Enerji, 1. Baskı, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, 2001.
19. [Http://Www.Alternaturk.Org/Gunes_Pili_Tarih.Php](http://Www.Alternaturk.Org/Gunes_Pili_Tarih.Php)
20. Chapin, D.M., Fuller, C.S. And Pearson, G.L., 1954, A New Silicon P-N Junction Photocell For Converting Solar Radiation İnto Electrical Power, Journal Of Applied Physics, Vol. 25, Pp. 676-677.
21. Green, M.A., 1987, High Efficiency Silicon Solar Cells, Trans Tech Publications, Aedermannsdorf, Switzerland
22. www.Dunyaenerji.Org.Tr/Gunes-Enerjisinin-Gelecegi/ (9 Nisan 2018)
23. www.Elektrikde.Com/Gunes-Enerjisi-Nedir-Avantajlari-Ve-Dezavantajlari-Nelerdir/ (14 Mart 2019)
24. Kocakuşak, R. (2018) Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin, Türkiye’deki Önemi Ve Ges Kurulum Aşamaları, Ankara: Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi
25. www.Enerjiportali.Com/Turkiye-Elektrik-Enerjisi-Uretim-İstatistikleri-Mart-2021/ (2 Nisan 2021)
26. www.Aa.Com.Tr/Tr/Ekonomi/Turkiyenin-Enerji-Haritasinda-Yesilin-Payi-Artiyor/2280401 (21 Haziran 2021)
27. [Https://Www.Enerjiatlası.Com/Ulkelere-Gore-Gunes-Enerjisi.Html](https://Www.Enerjiatlası.Com/Ulkelere-Gore-Gunes-Enerjisi.Html) (Mayıs, 2021)

28. Çetin, S., Turan, E., Bayrakdar, E. (2019) Türkiye'nin Güneş Enerjisi Politikaları, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 54(2) 2019 949-968
29. H. S. Saner, "Türkiye'de Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi Ve Çevresel Etkileri: Karapınar Ve Karaman Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri Örneklerinin Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Siyaset Bilimi Ve Kamu Yönetimi (Kent Ve Çevre Bilimleri) Ana Bilim Dalı, 2015
30. Güneş Enerjisi Santrallerinin İncelenmesi Ve Verimlilik Analizi, Melike Doğan
31. Fotovoltaik Güneş Enerji Santrallerinin Tasarımı, Bakımı, Onarımı Ve İşletilmesi, Cebrail Güneş
32. www.solar-academy.com/menu_detay.asp?id=1862 (Ocak, 2012)
33. [Tr.Wikipedia.Org/Wiki/G%C3%BCne%C5%9F_Panelli](http://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCne%C5%9F_Panelli) (19 Ocak 2022)
34. [Tureco.Com.Tr/Blog/Gunes-Panelleri-Nedir](http://tureco.com.tr/blog/gunes-panelleri-nedir) (11 Nisan 2021)
35. [https://www.powerenerji.com/invertor-inverter-nedir-solar-panel-gunes-enerjisi-elektrik-uretimi.html#:~:Text=%C4%B0nverter%2c%20g%C3%BCne%C5%9F%20enerjisi%20elektrik%20%3%Bcretimi,Alternatif%20ak%C4%B1m\)%20a%20d%C3%B6n%C3%BCc%C5%9F%3%Bcr%C3%Bclmesi%20gerekmektedir.](https://www.powerenerji.com/invertor-inverter-nedir-solar-panel-gunes-enerjisi-elektrik-uretimi.html#:~:Text=%C4%B0nverter%2c%20g%C3%BCne%C5%9F%20enerjisi%20elektrik%20%3%Bcretimi,Alternatif%20ak%C4%B1m)%20a%20d%C3%B6n%C3%BCc%C5%9F%3%Bcr%C3%Bclmesi%20gerekmektedir.) (24 Eylül 2020)
36. [Acikders.Ankara.Edu.Tr/Pluginfile.Php/61982/Mod_Resource/Content/0/11.Hafta.Pdf](http://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/61982/Mod_Resource/Content/0/11.Hafta.Pdf) (Ocak 2022)
37. [www.Mevzuat.Gov.Tr/File/Generatepdf?Mevzuatno=9721&Mevzuattur=Kurumvekurulusyonetmeligi&Mevzuattertip=5](http://www.mevzuat.gov.tr/file/generatepdf?mevzuatno=9721&mevzuattur=Kurumvekurulusyonetmeligi&mevzuattertip=5) (12 Ocak 2020)
38. Baş, H.C., (2016), Fotovoltaik Sistemlerin Performans Değerlendirmesi, Karabük: Yayınlanmamış Bitime Tezi.
39. Gibilisco, S., The Illustrated Dictionary Of Electronics. Mcgraw-Hill Companies, New York, Isbn 0-07-137259-9. 547, 2001
40. Boztepe, M., Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Verimliliği Etkileyen Parametreler, İzmir: Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Mühendisliği Bölümü.
41. Muhammed Hüseyin Karabul "Türkiye'de Fotovoltaik Ve Rüzgar Enerjisi Uygulamalarının Ülke Verileri Ve Mevcut Teknolojiler Kapsamında İstatistiksel Olarak Analizi" T.C. Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi Fizik Anabilim Dalı, Gebze, 2019
42. Başoğlu M., Kazdaloğlu A., Bilgin M., Erfidan T., Çakır B., (2014), "Farklı Güneş Paneli Teknolojilerinin Kocaeli İli İçin Performans Değerlendirmesi", Elektrik Elektronik Bilgisayar Ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, Bursa.
43. Arslan İ.,(2018), "Tekirdağ Koşullarında Polikristal Ve Monokristal Tip Pv Güneş Panellerinin Verimlilik Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi.
44. İmamoğlu Ü., (2015), "Güneş Paneli Çeşitlerinden Polikristal, Monokristal Ve Thin Film Panellerinin Karabük Şartlarında Verimlilik Karşılaştırması", Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi.
45. Öztürk A., (2012), "Monokristal Ve Polikristal Güneş Pili Modüllerinin Mevsimsel Performanslarının İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Tunceli Üniversitesi.
46. Eldin Hossam A., Gabra C., Ahmed H.H. Ali., (2014), "A Comparative Analysis Between The Performances Of Monocrystalline, Polycrystalline And Amorphous Thin Film In Different Temperatures At Different Locations In Egypt", Alexandria University, Alexandria, Egypt.
47. Raza M., Amin R., Malik A., Kası M., Muhammad F., (2017), "Analysis Of The Impact Of Environmental Factors On Efficiency Of Different Types Of Solar Cells", Balochistan University Of Information Technology Engineering And Management Sciences, Sibi, Pakistan.
48. Anıl Akar, "Bir Güneş Enerji Santralının Kurulumu Ve Performansının Analizi", Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elektrik - Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Mayıs-2016

49. Bozkaya, U. Güneş Enerji Santrallerinin Kurulum Ve Üretim Maliyetleri 15 Haziran 2022 <https://sehatek.com.tr/blog/gunes-enerji-santrali-maliyetleri>
50. Cakmak, O. (1.10.2017) Güneş Enerji Santrallerinde Karşılaşılan Arızalar, Bakım Ve Onarım Önerileri 15.06.2022 <https://www.hangesenerji.com/gesde-karsilasilan-arizalar-ve-bakim-onerileri>
51. Dağlı A., Karaköse E., Durmuş A. (2019) Solar Panellerde Arıza Analizi 3rd International Symposium On Innovative Approaches In Scientific Studies, Ankara www.set-science.com/manage/uploads/isas2019-ens_0042/setsci_isas2019-ens_0042_0088.pdf
52. Emo Enerji Verimliliği Komisyonu. Inverter Seçimi 18 Haziran 2022 https://www.emo.org.tr/ekler/1a039a2adc22875_ek.pdf
53. K. Osmani, A. Haddad, T. Lemanond, B. Castainer Ve M. Ramadan, A Review On Maintenance strategies for Pv Systems Science Of The Total Environment, No. 746, 2020.
54. N. W. Alnaser, M. J. Al Othman, A. A. Dakhel, I. Batarseh, J. K. Lee, S. Najmaii, A. Alothman, H. Al Shawaikh Ve W. E. Alnaser, Comparison between performance Of Manmade and naturally cleaned Pv Panels In A Middle Of A Desert. Renewable and sustainable energy reviews, No. 82, Pp. 1048-1055, 2018.
55. A. Mohamed Ve A. Hasan, Effect Of Dust accumulation On Performance Of Photovoltaic Solar Modules In Shara environment. Journal Of Basic and applied scientific research, Pp. 11030-11036, 2012.
56. A. El-Nashar, Effect Of Dust accumulation On The performance Of Evacuated tube collectors, Solar Energy, No. 53, Pp. 105-115, 1994.
57. R. Tejwani Ve C. Solanki, 360° Sun Tracking with automated cleaning system for Solar Pv Modules, %1 içinde 35th Ieee Photovoltaic specialists conference, 2010.
58. S. Masuda, K. Fujibayashi, K. Ishida Ve H. Inaba, Confinement And Transportation Of Charged Aerosol Clouds Via Electric Curtain, Electrical Engineering, Pp. 43-52, 1972.
59. M. K. Mazumder, R. Sharm, A. S. Biris, J. Zhang, C. Calle Ve M. Zahn, Self Cleaning transparent dust shields for protecting solar panels and other devices, Part scientific Technologies, No. 25, Pp. 5-20, 2007.
60. M. Mazumder, M. Horenstein, J. W. Stark, P. Girouard, R. Summer Ve O. Sad, Characterization Of Electrodynamics screen performance for dust removal from Solar Panels Solar Hydrogen generators, Ieee Transactions industrial applications, No. 49, Pp. 1793-1800, 2013.
61. F. Ju Ve X. Fu, Research On Impact Of Dust On Solar Photovoltaic (Pv) Performance, International conference On Electrical and control engineering (Icece), Yichang, China, 2011.
62. [B. Marion, R. Schaefer, H. Caine Ve G. Sanchez, Measured and modeled photovoltaic system energy losses from snow for Colorado and Wisconsin Locations, Solar Energy, No. 97, Pp. 112-121, 2013.
63. R. Andrews, A. Pollard Ve J. M. Pearce, «The effects Of Snowfall On Solar Photovoltaic performance, Solar Energy, No. 92, Pp. 84-97, 2013.
64. M. Ross, Snow and ice accumulation On Photovoltaic arrays, Golden Colorado United States: Energy diversification research laboratory, Canmet, Natural resources Canada, Canada, 1995.
65. P. Chaudhary Ve M. Rizwan, Voltage regulation mitigation techniques In Distribution system with high Pv Penetration: A Review, Renew. Sust. Energ. Rev. No. 82, Pp. 3279-3287, 2018.
66. N. Takehra, N. Manabe Ve C. Kaisha, Photovoltaic power generating system, 2000, Pp. 210-258.
67. P. Garvison Ve D. Warfield, Photovoltaic module mounting unit and system, 2005.
68. R. Pawluk, Y. Chen Ve Y. She, Photovoltaic electricity generation loss due to snow- A literature review On Influence factors, Estimation and mitigation, Renew., Sust. Energ. Rev, No. 107, Pp. 171-182, 2019.

69. [R. Pawluk, Y. Chen Ve Y. She, Photovoltaicelectricitygenerationlossduetosnow- A Literaturereview On Influncefactors, Estimationandmitigation, Renew., Sust. Energ. Rev, No. 107, Pp. 171-182, 2019.
70. P. Borrebeak, B. Jelle Ve Z. Zhang, Aavoidingsnowiceaccretion On Buildingintegratedphotovoltaics- Channleges, Strategies, Andopportunities, Solar Energymaterialand Solar Cells,, No. 206, Pp. 7-8, 2020.
71. Trafo Bakımı Ve Testleri 23.01.2022 <https://Www.Topraklamaolcumu.Net/Trafo-Bakimi>
72. Güneş Enerjisi Santrallerinin Iec 62446 Ve Iec 60891 Kapsamında Denetlenmesi 18.06.2022 <https://Www.Solardoktor.Com.Tr/Hizmetlerimiz/Gunes-Enerjisi-Santrallerinin-İec-62446-Ve-İec-60891-Kapsamında-Denetlenmesi/>
73. Akım Gerilim IV Testleri 18.06.2022 <https://Www.Solardoktor.Com.Tr/Hizmetlerimiz/Akim-Gerilim-İv-Testleri/>
74. Denetim Test Ve Ölçüm Hizmeti 18.06.2022 <https://Www.Proerk.Com/Ges-Denetim-Hizmetleri.Html>
75. I Ve V Curve Ölçümü 18.06.2022 <https://Www.Solarbakim.Com/Services/İ-V-Curve-Olcumu/>
76. Ergin A.,E., Emo Enerji Verimliliği Komisyonu 18.06.2022 https://Www.Emo.Org.Tr/Ekler/1a039a2adc22875_Ek.Pdf
77. Havadan Arıza Tespiti 18.06.2022 Www.Teblegirisim.Com/Girisimdetay/Ges%20havadan%20ar%C4%B1za%20tespit%20/42
78. Güneş Panellerinin Ömür Ne Kadardır? 20.06.2022 <https://Www.Solarenerjin.Com/Gunes-Panellerin-Omru-Ne-Kadardir/>
79. Ges İşletme Ve Bakım Neden Gereklidir? 15.02.2021 <https://Fixente.Com/Ges-İsletme-Bakimi-Neden-Gereklidir/>
80. Ges Bakım Onarım 20.06.2022 Www.Solarenerjin.Com/Gunes-Enerji-Santrali-Ges-Bakim-Onarim-Detayli-Aciklama/
81. Güneş Paneli Temizliği Nasıl Yapılır? 20.06.2022 Www.İncitas.Com.Tr/Bilgi-Merkezi/Blog/Gunes-Paneli-Temizligi-Nasil-Yapilir
82. Güneş Paneli Temizliği Nasıl Yapılır? 20.06.2022 Www.İncitas.Com.Tr/Bilgi-Merkezi/Blog/Gunes-Paneli-Temizligi-Nasil-Yapilir
83. Güneş Paneli Temizliği Nedir? Nasıl Yapılır? 21.06.2022 Www.Myenerjisolar.Com/Gunes-Enerjisi-Panel-Temizligi/
84. Güneş Paneli Temizliği Nedir? Nasıl Yapılır? 21.06.2022 Www.Myenerjisolar.Com/Gunes-Enerjisi-Panel-Temizligi/
85. Sıkça Sorulan Sorular 21.06.2022 www.solardoktor.com.tr/Sss/
86. Ges Bakım Onarım 21.06.2022 Www.Solarenerjin.Com/Gunes-Enerji-Santrali-Ges-Bakim-Onarim-Detayli-Aciklama/
87. Ktomb Üyeleri. Ges Kurum Rehberi. 21.06.2022 Www.Ktomb.Org/Download-Forms/Ktomb-Ges-Kurulum-Rehberi-1.Pdf
88. Avşaroğlu M. K., Güneş Panellerinde Topraklama Ve Yıldırımdan Korunma Sistemleri 21.06.2022 Www.Emo.Org.Tr/Ekler/0caa3a57b0b9aeb_Ek.Pdf
89. Iec Standartlarına Göre Güneş Enerjisi Santralleri Denetimi Ve Ölçüm Hizmetleri 21.06.2022 Www.Solarian.Com.Tr/Gunes-Enerjisi-Santralleri-Ges-Denetimi-Ve-Olcum-Hizmetleri/
90. İntertör (İnverter) Nedir? Solar Panel Güneş Enerjisi Elektrik Üretimi 21.06.2022 Www.Powerenerji.Com/İnvertor-İnverter-Nedir-Solar-Panel-Gunes-Enerjisi-Elektrik-Uretimi.Html
91. İnverter Tipleri. 21.06.2022 Www.Fisjenerator.Com/Blog/117/İnvertor-Tipleri.Html

92. Ay, S., (1996), "Alçak Gerilim Tesislerindeki Gerilim Harmonikleri Ve Filtre Tasarımı", Kaynak Elektrik Dergisi, Sayı: 95.
93. Aydın M., İnverter Arıza – Çözüm Ve Öneri Kılavuzu |Sürücü Hata Giderme 21.06.2022 Www.Derstagram.Com/İnvertor-Ariza-Cozum-Ve-Oneri-Kilavuzu/
94. İec Standartlarına Göre Güneş Enerjisi Santralleri Denetimi Ve Ölçüm Hizmetleri 21.06.2022 Www.Solarian.Com.Tr/Gunes-Enerjisi-Santralleri-Ges-Denetimi-Ve-Olcum-Hizmetleri/
95. Güneş Enerjisi Santralleri Denetimi Ve Ölçüm Hizmetleri 21.06.2022 [Www. Csgenerji.Com/Solar-Testler/](http://Www.Csgenerji.Com/Solar-Testler/)
96. Avşaroğlu M. K., Güneş Panellerinde Topraklama Ve Yıldırımdan Korunma Sistemleri 21.06.2022 Www.Emo.Org.Tr/Ekler/0caa3a57b0b9aeb_Ek.Pdf
97. Ges Çelik Konstrüksiyon Üretimi 21.06.2022 Www.Emci.Com.Tr/Urun/Detay/38/Ges-Celik-Konstruksiyon-Uretimi
98. Üstündağ E. B., Ges'lerde Ag'den Bağlantı Nedir, Og'den Bağlantı Nedir? 21.06.2022 Www.Entegro.Com.Tr/Geslerde-Ag-Den-Baglanti-Nedir-Og-Den-Baglanti-Nedir/
99. Ges Bakım Onarım 21.06.2022 Www.Solarenerjin.Com/Gunes-Enerji-Santrali-Ges-Bakim-Onarim-Detayli-Aciklama/
100. Üstündağ E. B., Ges'lerde Ag'den Bağlantı Nedir, Og'den Bağlantı Nedir? 21.06.2022 Www.Entegro.Com.Tr/Geslerde-Ag-Den-Baglanti-Nedir-Og-Den-Baglanti-Nedir/
101. Ges Bakım Onarım 21.06.2022 Www.Solarenerjin.Com/Gunes-Enerji-Santrali-Ges-Bakim-Onarim-Detayli-Aciklama/
102. Trafo Periyodik Bakımı Ve Kontrolü 21.06.2022 Www.Dogansoy.Com/Trafo-Periyodik-Bakimi-Ve-Kontrolu/
103. Yüksek Gerilim İşletme Sorumluluğu 21.06.2022 Www.Trafobakimi.Com.Tr/Hizmetlerimiz-Detay/Yuksekerilim-Isletme-Sorumlulugu-3022
104. Elhan C. M., Mart 2019 Güneş Santralleri Ve Çatısında Ges Bulunduran Tesislerde Kompanzasyon 21.06.2022 Www.Emo.Org.Tr/Ekler/0b864201f934179_Ek.Pdf?Dergi=1181
105. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretmek Ve Faturanızdan Kurtulmak Ekim, 2019 21.06.2022 Www.Komhedos.Com/Gunes-Enerjisinden-Elektrik-Uretmek-Ve-Faturanizdan-Kurtulmak/
106. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretmek Ve Faturanızdan Kurtulmak Ekim, 2019 21.06.2022 Www.Komhedos.Com/Gunes-Enerjisinden-Elektrik-Uretmek-Ve-Faturanizdan-Kurtulmak/
107. Artıları Ve Eksileri İle Güneş Enerjisi Eylül, 2019 21.06.2022 Www.Afaenerji.Com/Blog/2019/09/13/Artilari-Ve-Eksileri-İle-Gunes-Enerjisi/
108. Ges Güvenlik Kamera Sistemi 21.06.2022 Www.Antalya-Kamera.Com/Ges-Guvenlik-Kamera-Sistemi/
109. Ges'lerde Scada Nedir Ne İşe Yarar Neden Gereklidir? 21.06.2022 Www.Fixente.Com/Geslerde-Scada-Nedir-Ne-İse-Yarar-Neden-Gereklidir/
110. Solar Monitoring Sistemi Mayıs, 2021 21.06.2022 Www.Fixente.Com/Solar-Monitoring/
111. Ges Scada-Üretim Limitleme-Solar Dizi İzleme 21.06.2022 Www.Sge.Com.Tr/Hizmetlerimiz-Ges-Scada-Uretim-Limitleme-Solar-Dizi-İzleme-143.Html
112. Ges Bakım Onarım 21.06.2022 Www.Solarenerjin.Com/Gunes-Enerji-Santrali-Ges-Bakim-Onarim-Detayli-Aciklama/
113. N. Singh, "How to get started as a developer in AI," Intel Software Developer Zone, 28 Dec. 2017. [Online]. Available: <https://software.intel.com/en-us/articles/how-to-get-started-as-a-developer-in-ai>. [Accessed: Jan. 01, 2021].
114. Doç. Dr. Oktay YILDIZ, Makine Öğrenmesi Ders Notları, Gazi Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi.

- 115.Savaş S., (2019), "Karotis Arter Intima Media Kalınlığının Derin Öğrenme ile Sınıflandırılması", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- 116.Savaş, S. (2021). Artificial Intelligence And Innovative Applications In Education: The Case Of Turkey. *Journal of Information Systems and Management Research*, 3(1), 14-26.
- 117.Savaş, S., Güler, O., Kaya, K., Çoban, G. & Güzel, M. S. (2022). Eğitimde Dijital Oyunlar ve Oyun ile Öğrenme. *International Journal of Active Learning*, 6(2), 117-140.
118. <https://www.yapayzekatr.com/2020/01/06/yapay-zeka-ve-kullanim-alanlari/>
119. <https://medium.com/analytics-vidhya/the-future-of-jobs-in-artificial-intelligence-era-93e34c33c25f>
- 120.Özgen, F. "Yenilenebilir Enerjide Yapay Zeka Uygulamaları", Haliç Üniversitesi Ders Notu.
121. <https://www.ent.es.tr/gelecegin-enerji-sektorunde-yapay-zekanin-rolu/>
- 122.Ayan, İ., & Mehtap, S. (2018). Fotovoltaik sistemin yapay zeka algoritması ile güç tahmini (Master's thesis, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- 123.Geçmez, A., & Gençer, Ç. Güneş Enerji Santrali Üretim Verilerinin Meteorolojik Verilere Bağlı olarak Yapay Zeka Yöntemleri ile Tahmini. Edt. Doç. Dr. Aydın Ruşen Doç. Dr. Sadık Alper Yıldızel. *International Studies on Natural and Engineering Sciences*, 39. 2020.
- 124.Kayabaşı, A., Yıldız, B., & Balcı, S. Güneş Paneli Uygulamalarında Hava Şartlarının Verimliliğe Etkilerinin Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi. VI. KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu-KOPBKS 26-28 Ekim 2018. Konya.
- 125.Güzel, B., Okatan, E., & Kırbaş, İ. Yapay zekâ yaklaşımlarıyla gün öncesi güneş ışınımı tahmini. 3rd International Young Researchers Student Congress, 09-11 December 2021 Burdur/TURKEY. 364-373.
- 126.Turgut, A., Temir, A., Aksoy, B., & Özsoy, K. (2019). Yapay Zekâ Yöntemleri İle Hava Sıcaklığı Tahmini İçin Sistem Tasarımı Ve Uygulaması. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 3(3), 244-253.
- 127.Dandıl, E. Ve Gürgen, E., 2019. Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Fotovoltaik Panel Güç Çıktılarının Tahmini ve Sezgisel Algoritmalar ile Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*.16,146-158.
- 128.Su, Y., Chan, L., Shu, L. ve Tsui, K., 2012. Real-time prediction models for output power and efficiency of grid-connected solar photovoltaic Systems. *Applied Energy*. 93, 319-326.
- 129.Lorenz, E., Hurka, J., Heinemann, D. ve Beyer, H., 2009. Irradiance Forecasting for the Power Prediction of Grid-Connected Photovoltaic Systems. *IEEE Journal of Selected Topics In Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2(1), 2-10.
- 130.Hamzaçebi, C. ve Kutay, F., 2004. Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini. *Gazi Üniversitesi. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 19, 227-233.
- 131.Kurukuru, V.S.B.; Haque, A.; Khan, M.A.; Sahoo, S.; Malik, A.; Blaabjerg, F. A Review on Artificial Intelligence Applications for Grid-Connected Solar Photovoltaic Systems. *Energies* 2021, 14, 4690. <https://doi.org/10.3390/en14154690>
- 132.Sundaram, K.M., Padmanaban, S., Holm-Nielsen, J.B., & Pandiyan, P. (Eds.). (2022). *Photovoltaic Systems: Artificial Intelligence–Based Fault Diagnosis and Predictive Maintenance* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003202288>, Book Chapter 4: Challenges and Opportunities for Predictive Maintenance of Solar Plants Suresh K. P., et al.,
133. Abubakar, A.; Almeida, C.F.M.; Gemignani, M. Review of Artificial Intelligence-Based Failure, Detection and Diagnosis Methods for Solar PV Systems. *Machines* 2021, 9, 328. <https://doi.org/10.3390/machines9120328>
134. Ramón Fernando Colmenares-Quintero, Eyberth R. Rojas-Martinez, Fernando Macho-Hernantes, Kim E. Stansfield & Juan Carlos Colmenares-Quintero |, [Ahmed Haj Darwish (Reviewing editor)

- (2021) Methodology for automatic fault detection in photovoltaic arrays from artificial neural networks, Cogent Engineering, 8:1, DOI: 10.1080/23311916.2021.1981520
135. Photovoltaic Systems: Artificial Intelligence-based Fault Diagnosis and Predictive Maintenance, K.Mohana Sundaram, KPR Institute of Engineering and Technology, P. Pandiyan, KPR Institute of Engineering and Technology, CRC Press, Inc., 2022, ISBN: 9781032064260, DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003202288> "
136. Apache Kafka, (2022), <https://kafka.apache.org/>
137. Elasticsearch B.V., (2022), <https://www.elastic.co/>
138. Elasticsearch B.V., (2022), <https://www.elastic.co/kibana/>
139. Ktomb Üyeleri. Ges Kurum Rehberi. 21.06.2022 [Www.Ktomb.Org/Download-Forms/Ktomb-Ges-Kurulum-Rehberi-1.Pdf](http://www.ktomb.org/Download-Forms/Ktomb-Ges-Kurulum-Rehberi-1.Pdf)
140. Elektrik Elektronik Esasları Ders Kitabı Meb
141. Scada, Protection And Synchronization System 21.06.2022 [Www.Mam.Tubitak.Gov.Tr/En/Teknoloji-Transfer-Ofisi/Scada-Protection-And-Synchronization-System](http://www.mam.tubitak.gov.tr/en/teknoloji-transfer-ofisi/scada-protection-and-synchronization-system)
142. Scada 21.06.2022 <https://tr.wikipedia.org/wiki/Scada>
143. 2015 Türkiye Geneli Elektrik Kesintisi 21.06.2022 [Tr.Wikipedia.Org/Wiki/2015_T%C3%Bcrkiye_Geneli_Elektrik_Kesintisi](http://tr.wikipedia.org/wiki/2015_T%C3%Bcrkiye_Geneli_Elektrik_Kesintisi)
144. Akkamış M. F., Mikro Şebekelerde Hiyerarşik Kontrol
145. Mikro Şebeke Sistemleri 21.06.2022 [Www.Aselsan.Com.Tr/Tr/Cozumlerimiz/Enerji-Sistemleri/Enerji-Yonetimi-Ve-Akilli-Sebeke-Sistemleri/Mikro-Sebeke-Sistemleri](http://www.aselsan.com.tr/tr/cozumlerimiz/enerji-sistemleri/enerji-yonetimi-ve-akilli-sebeke-sistemleri/mikro-sebeke-sistemleri)
146. Erkal, B., "Dağıtım Sistemlerinde Otomatik Sayaç Okuma Sistemleri Ve Uygulamaları", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 1-4 (2009).
147. Erkal, B., Automatic Meter Reading (Amr) İn Distribution Systems, Yüksek Lisans Tezi, Odtü Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 8-21 (2001).
148. Frequency Plans. 21.06.2022 [Www.Thethingsnetwork.Org/Docs/Lorawan/Frequency-Plans/](http://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/frequency-plans/).
149. Internet Of Things. 21.06.2022 [Http://Www.Wikizero.Net/Index.Php?Q=Ahr0chm6ly9lbi53awtpcgvkaweub3jnl3dpa2kvs50zxjuZxrfb2zfdghpbmdzı2npdgvf90z0ymg](http://www.wikizero.net/index.php?Q=Ahr0chm6ly9lbi53awtpcgvkaweub3jnl3dpa2kvs50zxjuZxrfb2zfdghpbmdzı2npdgvf90z0ymg). (Mayıs 2018)
150. Weyrich, M., Ebert, C., Reference Architectures For The Internet Of Things, Ieee Software, Vol. 33, No. 1, Pp. 112-116, 2016
151. Thames Ve Schaefer, 2016, 13
152. Kılıç, F. Ç. 2015. "Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu Ve Üretim Teknolojileri" Mühendis Ve Makina, Cilt 56, Sayı 671, S. 28-40.
153. Enerji Görünümü Ekonomik Araştırmalar Escarus (Tskb Sürdürülebilirlik Danışmanlığı A.Ş.) Kalkınma Finansmanı Kurumları Kredi Analiz Mühendislik Ve Teknik Danışmanlık Proje Finansmanı. Kasım 2020
154. Güneş Enerji Potansiyelimiz. 21.06.2022 <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes#:~:Text=%C3%9clkemiz%2c%20co%C4%9fracı%20konumu%20nedeniyle%20y%C3%Bcksek,Kwh%2fm2%20olarak%20hesaplanm%C4%B1%C5%9ft%C4%B1r>.
155. Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı Ankara, 2021
156. Solar Thermal Markets In Europe – Trends And Market Statistics 2021 Solar Heat Europe – ESTIF, 2021
157. Hellenic Association of Photovoltaic Companies – HELEPCO [helapco.gr]
158. Grundy, A, Solar Power Portal, 2020

159. https://www.solarpowerportal.co.uk/news/solar_smashes_peak_generation_records_as_it_soars_to_9.68gw

160. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/911817/electricity-generation-cost-report-2020.pdf

161. <https://www.statista.com/statistics/555697/solar-electricity-load-factor-uk/>



"The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein."