



**Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**

**Πολυτεχνική Σχολή**

**πρώην Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και**

**Βιομηχανικού Σχεδιασμού**

**(Εισαγωγική Κατεύθυνση Βιομηχανικού Σχεδιασμού)**

Πτυχιακή Εργασία με τίτλο :

**Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας με τοποθέτηση  
Φωτοβολταϊκού συστήματος επί βιοτεχνικής στέγης από  
αυτοπαραγωγό με ενεργειακό συμψηφισμό**

**Του: Ελευθεράκου Αριστοτέλη – Νικόλαου**

Αριθμός Μητρώου : BS 05023

Επιβλέπων Καθηγητής:

*Χρήστος Ορόβας*

Κοζάνη 2023

Δήλωση περί μη λογοκλοπής

Δηλώνω ότι είμαι ο συγγραφέας της παρούσας εργασίας με τίτλο :

**Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας με τοποθέτηση Φωτοβολταϊκού συστήματος επί βιοτεχνικής στέγης από αυτοπαραγωγό με ενεργειακό συμψηφισμό**

που συντάχθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής μου εργασίας και παραδόθηκε το μήνα Μάρτιο του 2023 .

Η αναφερόμενη εργασία δεν αποτελεί αντιγραφή ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται στη βιβλιογραφία και στο κείμενο ενώ κάθε εξωτερική βοήθεια, αν υπήρξε, αναγνωρίζεται ρητά

ΕΠΩΝΥΜΟ ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ :

ΕΛΕΥΘΕΡΑΚΟΣ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ - ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΑΜ : BS 05023

Υπογραφή:

Ημερομηνία: 14/03/2023 Δήλωση περί μη λογοκλοπής

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	6
ΤΕΧΝΙΚΑ ΦΥΛΛΑΔΙΑ.....	7
ΠΙΝΑΚΕΣ.....	7
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	8
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	8
ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο- ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 Παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα.....	10
1.2 Ηλιακή Ενέργεια.....	14
1.3 Ηλιακή Γεωμετρία.....	14
1.4 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο.....	19
1.5 Εκμετάλλευση ηλιακής ακτινοβολίας στα βιομηχανικά κτήρια.....	21
1.6 Φωτοβολταϊκά με σταθερή τιμή αποζημίωσης της ενέργειας ( feed in tariff).....	23
1.7 Ενεργειακός συμψηφισμός ( NET- METERING).....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ.....	29
2.1 Υπάρχων δεδομένα επιφανειών κτηρίου.....	29
2.2 Σχεδίαση και Διαστασιολόγηση Φ/Β σταθμού βάσει των υπάρχων δεδομένων – προσομοίωση παραγωγής.....	31
2.3 Πρόβλεψη μελλοντικής επέκτασης της βιομηχανικής μονάδας.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° - ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	36
3.1 Φωτοβολταϊκά Πλαίσια.....	36
3.2. Φ/Β Αντιστροφέας (INVERTER).....	45
3.3. Μετρητικές διατάξεις.....	48
3.4. Βάσεις στήριξης φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	50
3.5. Γείωση του συστήματος.....	52
3.6. Καλωδιώσεις D.C. ....	53
3.7. Καλωδιώσεις A.C. ....	53
3.8. Απεικόνιση και παρακολούθηση δεδομένων παραγωγής.....	53
3.9 Πίνακες προστασίας.....	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο - ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ.....	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο - ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΩΦΕΛΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ.....	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο - ΣΤΑΔΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ.....	65
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	66
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (Όλων των Κεφαλαίων).....	68

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Κατανάλωση ενέργειας ανά άτομο (ΠΗΓΗ <a href="https://ourworldindata.org/">https://ourworldindata.org/</a> )
Εικόνα 2. Ενεργειακό Μίγμα ( πηγή ΔΑΠΕΕΠ ) Ανακτήθηκε στις 10/12/2022 από <a href="https://www.dapeep.gr/viosimi-anaptixi/energeiako-meigma/">https://www.dapeep.gr/viosimi-anaptixi/energeiako-meigma/</a>
Εικόνα 3. Ενεργειακό μείγμα παραγωγής των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην εγχώρια αγορά 2010-2021 ( πηγή HELAPCO) Ανακτήθηκε στις 12/12/2022 από <a href="https://helapco.gr/wp-content/uploads/Greek_PV_Market_Snapshot_HELAPCO_23Nov2022-1.pdf">https://helapco.gr/wp-content/uploads/Greek_PV_Market_Snapshot_HELAPCO_23Nov2022-1.pdf</a>
Εικόνα 4. Αναμενόμενη εγκατεστημένη ισχύς EU27 + NO, CH, και UK (Πηγή: Energy Brainpool, 2022; EU Reference Scenario, 2021; entso-e, 2022)An Introduction to Solar Panels and Solar Energy ( Posted by Anne ) , November 2017 , from : <a href="https://bcachemistry.wordpress.com/2013/11/17/an-introduction-to-solar-panels-and-solar-energy/">https://bcachemistry.wordpress.com/2013/11/17/an-introduction-to-solar-panels-and-solar-energy/</a>
Εικόνα 5. Σωρευτική εγκατεστημένη ισχύς GW ( ανά τεχνολογία) ( ΠΗΓΗ: IEA Renewables 2022) .Ανακτήθηκε στις 19/12/2022 από <a href="https://iea.blob.core.windows.net/assets/64c27e00-c6cb-48f1-a8f0-082054e3ece6/Renewables2022.pdf">https://iea.blob.core.windows.net/assets/64c27e00-c6cb-48f1-a8f0-082054e3ece6/Renewables2022.pdf</a>
Εικόνα 6 : Το ύψος α και το αζιμούθιο του ήλιου Γs .( ΠΗΓΗ Ε.Μ.Π. ) .Ανακτήθηκε στις 20/12/2022 από <a href="https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/5348/michosd-nefrosk_bioclimatic.pdf?sequence=3">https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/5348/michosd-nefrosk_bioclimatic.pdf?sequence=3</a>
Εικόνα 7 : Απεικόνιση της μεθόδου προβολής για την παράσταση της κίνησης του Ήλιου ( Κατσέλης, Χ., 2016). Ανακτήθηκε στις 19/12/2022 από <a href="https://core.ac.uk/download/pdf/81560126.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/81560126.pdf</a>
Εικόνα 8 : Η κλίση του συλλέκτη β, το αζιμούθιο του συλλέκτη γ, και η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών στο συλλέκτη θ (Αποστολόπουλος Α., 2019) Ανακτήθηκε στις 19/12/2022 από <a href="http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/7455/%CE%A3%CE%A7%CE%95%CE%94%CE%99%CE%91%CE%A3%CE%9C%CE%9F%CE%A3%20%CE%91%CE%A5%CE%A4%CE%9F%CE%9D%CE%9F%CE%9C%CE%9F%CE%A5%20%CE%A6%CE%92%20%CE%A3%CE%A5%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%9F%CE%A3%20%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%A6%CE%9F%CE%94%CE%9F%CE%A3%CE%99%CE%91%20%CE%9F%CE%99%CE%9A%CE%99%CE%91%CE%A3%20%CE%9C%CE%95%20%CE%9C%CE%95%CE%93%CE%99%CE%A3%CE%A4%CE%97%20%CE%96%CE%97%CE%A4%CE%97%CE%A3%CE%97%20%CE%99%CE%A3%CE%A7%CE%A5%CE%9F%CE%A3%204KW..pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/7455/%CE%A3%CE%A7%CE%95%CE%94%CE%99%CE%91%CE%A3%CE%9C%CE%9F%CE%A3%20%CE%91%CE%A5%CE%A4%CE%9F%CE%9D%CE%9F%CE%9C%CE%9F%CE%A5%20%CE%A6%CE%92%20%CE%A3%CE%A5%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%9F%CE%A3%20%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%A6%CE%9F%CE%94%CE%9F%CE%A3%CE%99%CE%91%20%CE%9F%CE%99%CE%9A%CE%99%CE%91%CE%A3%20%CE%9C%CE%95%20%CE%9C%CE%95%CE%93%CE%99%CE%A3%CE%A4%CE%97%20%CE%96%CE%97%CE%A4%CE%97%CE%A3%CE%97%20%CE%99%CE%A3%CE%A7%CE%A5%CE%9F%CE%A3%204KW..pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>
Εικόνα 9. Φωτοβολταϊκό φαινόμενο ( ΠΗΓΗ wordpress) Ανακτήθηκε στις 18/12/2022 από <a href="https://bcachemistry.wordpress.com/tag/renewable-energy/">https://bcachemistry.wordpress.com/tag/renewable-energy/</a>
Εικόνα 10. Ισοδύναμο μοντέλο φωτοβολταϊκού κελιού. Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων (Πόρισμα Ομάδας Εργασίας του ΤΕΕ/TKM όπως εγκρίθηκε με την απόφαση Α159/Σ9/11.04.2011 της Διοικούσας Επιτροπής), Απρίλιος 2011 , ανακτήθηκε στις 11/11/2022 από <a href="http://tkm.tee.gr/wp-content/uploads/2018/02/fwtovoltaika_ergwn.pdf">http://tkm.tee.gr/wp-content/uploads/2018/02/fwtovoltaika_ergwn.pdf</a>
Εικόνα 11. Ενεργειακός Συμψηφισμός (NET – METERING) Net metering αυτοπαραγωγή ρεύματος με φωτοβολταϊκά . Σηδηροκαστρήτης Ζώης , Ανακτήθηκε στις 07/11/2022 από <a href="https://www.oleng.eu/net-metering/">https://www.oleng.eu/net-metering/</a>
Εικόνα 12. Αποτύπωση στέγης βιομηχανίας
Εικόνα 13. Αποτύπωση κτηρίου, όπως σχεδιάστηκε στο λογισμικό Sketch Up
Εικόνα 14. Εκτιμώμενη προσπίπτουσα ακτινοβολία και παραγωγή ενέργειας Φ/Β σταθμού βάσει PVGIS . <a href="https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html">https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html</a>
Εικόνα 15 . Φωτοβολταϊκά πλαίσια σε πρόσοψη κτηρίου ( ΠΗΓΗ Α.ΤΣΟΠΡΙΑΔΗΣ – Γ.ΕΛΕΥΘΕΡΑΚΟΣ Ο.Ε.)
Εικόνα 16 . Αντίσταση απομόνωσης (Riso) ( πηγή SMA HELLAS) Αντίσταση μόνωσης φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων που δεν είναι απομονωμένες γαλβανικά. Ανακτήθηκε στις 01/12/2022 από <a href="https://files.sma.de/downloads/Riso-UGR104521.pdf">https://files.sma.de/downloads/Riso-UGR104521.pdf</a>
Εικόνα 17. Τεχνικό φυλλάδιο φωτοβολταϊκού πλαισίου LUXOR LX-380W M120 / 166+ HC, BW Ανακτήθηκε στις 12/11/2022 από <a href="https://www.luxor.solar/files/luxor/download/datasheets/30mm/LX_EL_HC_BW_M120_365-">https://www.luxor.solar/files/luxor/download/datasheets/30mm/LX_EL_HC_BW_M120_365-</a>

385W_166_EN.pdf
Εικόνα 18.Τεχνικό φυλλάδιο μετατροπέα SMA TRIPOWER 2500TL-30 Ανακτήθηκε στις 10/11/2022 από <a href="https://files.sma.de/downloads/STP15-25TL-30-DS-en-41.pdf">https://files.sma.de/downloads/STP15-25TL-30-DS-en-41.pdf</a>
Εικόνα19. Μετρητής , μόντεμ και χελώνη τοποθέτησης
Εικόνα 20. Λεπτομέρειες στήριξης των βάσεων στις τεγίδες του κτηρίου (πηγή ALUMIL SOLAR).Ανακτήθηκε στις 13/11/2022 από: <a href="https://www.alumilsolar.com/solar-mounting-systems/roof-mounts/industrial-roof/helios-2400-as415l-p/#">https://www.alumilsolar.com/solar-mounting-systems/roof-mounts/industrial-roof/helios-2400-as415l-p/#</a>
Εικόνα 21. Τοποθέτηση πλαισίων επί βάσεων βιομηχανικής στέγης ( ΠΗΓΗ Α.ΤΣΟΠΡΙΑΔΗΣ Γ. ΕΛΕΥΘΕΡΑΚΟΣ Ο.Ε.
Εικόνα 22. Περιβάλλον απεικόνισης δεδομένων παραγωγής SUNNY PORTAL(ΠΗΓΗ SMA)
Εικόνα 23 . Επιτηρητής τάσης και συχνότητας ZIEHL UFR1001E
Εικόνα 24. Συσχέτιση ισχύος εξόδου / ονομαστικής ισχύος συναρτήσει της σχεδιασμένης τάσης αναφοράς .Λεπτομέρεια τεχνικού φυλλαδίου. Ανακτήθηκε στις 10/11/2022 από <a href="https://files.sma.de/downloads/STP15-25TL-30-DS-en-41.pdf">https://files.sma.de/downloads/STP15-25TL-30-DS-en-41.pdf</a>
Εικόνα 25. Σχεδιασμός στοιχειοσειρών στο λογισμικό SUNNY DESIGN
Εικόνα 26. Χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων επί στέγης του κτηρίου ( χωρίς πρόβλεψη μελλοντικής επέκτασης )
Εικόνα 27. Χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων επί στέγης του κτηρίου ( με την μελλοντική επέκταση )
Εικόνα 28. Αρχική χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων επί στέγης του κτηρίου με πρόβλεψη μελλοντικής επέκτασης

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Τοπολογία συνδέσεων μετρητικών διατάξεων σε αυτοπαραγωγό ενεργειακού συμψηφισμού. Τεχνικό Εγχειρίδιο για την εγκατάσταση της μετρητικής διάταξης παραγωγής στις εσωτερικές εγκαταστάσεις αυτοπαραγωγών με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering)

Ανακτήθηκε στις 12/11/2022 από

[https://deddie.gr/Documents2/net%20metering/T%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CE%B5%CE%B3%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%AF%CE%B4%CE%B9%CE%BF%20%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%CF%84%CE%B7%CE%BD%20%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82%20%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CF%84%CE%B1%CE%BE%CE%B7%CF%82%20%CF%83%CF%84%CE%B9%CF%82%20%CE%B5%CF%83%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CF%8E%CE%BD%20%CE%BC%CE%B5%20%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%20%CF%83%CF%85%CE%BC%CF%88%CE%B7%CF%86%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C\(%20%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B8.4%CE%BF%CF%82%202016\).pdf](https://deddie.gr/Documents2/net%20metering/T%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CE%B5%CE%B3%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%AF%CE%B4%CE%B9%CE%BF%20%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%CF%84%CE%B7%CE%BD%20%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82%20%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CF%84%CE%B1%CE%BE%CE%B7%CF%82%20%CF%83%CF%84%CE%B9%CF%82%20%CE%B5%CF%83%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CF%8E%CE%BD%20%CE%BC%CE%B5%20%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%20%CF%83%CF%85%CE%BC%CF%88%CE%B7%CF%86%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C(%20%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B8.4%CE%BF%CF%82%202016).pdf)

Σχήμα 2: Μονογραμμικό Διάγραμμα Μετρητικής Διάταξης τριφασικού μετρητή ΦΒ ισχύος 55 kWp έως 100 kWp. Τεχνικό Εγχειρίδιο για την εγκατάσταση της μετρητικής διάταξης παραγωγής στις εσωτερικές εγκαταστάσεις αυτοπαραγωγών με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering)

Ανακτήθηκε στις 12/11/2022 από

[https://deddie.gr/Documents2/net%20metering/T%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CE%B5%CE%B3%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%AF%CE%B4%CE%B9%CE%BF%20%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%CF%84%CE%B7%CE%BD%20%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82%20%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CF%84%CE%B1%CE%BE%CE%B7%CF%82%20%CF%83%CF%84%CE%B9%CF%82%20%CE%B5%CF%83%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CF%8E%CE%BD%20%CE%BC%CE%B5%20%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%20%CF%83%CF%85%CE%BC%CF%88%CE%B7%CF%86%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C\(%20%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B8.4%CE%BF%CF%82%202016\).pdf](https://deddie.gr/Documents2/net%20metering/T%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CE%B5%CE%B3%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%AF%CE%B4%CE%B9%CE%BF%20%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%CF%84%CE%B7%CE%BD%20%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82%20%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CF%84%CE%B1%CE%BE%CE%B7%CF%82%20%CF%83%CF%84%CE%B9%CF%82%20%CE%B5%CF%83%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CF%8E%CE%BD%20%CE%BC%CE%B5%20%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%20%CF%83%CF%85%CE%BC%CF%88%CE%B7%CF%86%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C(%20%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B8.4%CE%BF%CF%82%202016).pdf)

CF%82%20%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CF%8E%CE%BD%20%CE%BC%CE%B5%20%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%20%CF%83%CF%85%CE%BC%CF%88%CE%B7%CF%86%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C(%20%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B8.4%CE%BF%CF%82%202016).pdf

## ΤΕΧΝΙΚΑ ΦΥΛΛΑΔΙΑ

ALUMIL SOLAR .Τεχνικό φυλλάδιο. AS415-L.Ανακτήθηκε στις 13/12/2022 από <https://www.alumilsolar.com/solar-mounting-systems/roof-mounts/industrial-roof/helios-2400-as415l-p/>

HELAPCO. Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών. Ανακτήθηκε στις 12/12/2022 από [https://helapco.gr/wp-content/uploads/Greek\\_PV\\_Market\\_Snapshot\\_HELAPCO\\_23Nov2022-1.pdf](https://helapco.gr/wp-content/uploads/Greek_PV_Market_Snapshot_HELAPCO_23Nov2022-1.pdf)

## ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1. Θεσμικές ρυθμίσεις αγοράς φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα ( πηγή HELAPCO) Ανακτήθηκε στις 08/12/2022 από [https://helapco.gr/wp-content/uploads/Stelios\\_Psomas\\_RS\\_Forum\\_Oct2022.pdf](https://helapco.gr/wp-content/uploads/Stelios_Psomas_RS_Forum_Oct2022.pdf)

Πίνακας 2 : Προφίλ καταναλώσεων της εγκατάστασης

Πίνακας 3. Τιμοκατάλογος Γ22 επαγγελματικό της ΔΕΗ ( Νοέμβριος 2022) Ανακτήθηκε στις 10/11/2022 από <https://www.dei.gr/el/gia-tin-epixeirisi/revma/epaggelmaties-epixeiriseis/g22/>

Πίνακας 4. Χρηματοοικονομική ροή απόδοσης της επένδυσης

Πίνακας 5. Τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό στεγών στην Ελλάδα ( πηγή HELAPCO)

Σύνδεσμός εταιριών φωτοβολταϊκών ( HELAPCO) Ανακτήθηκε στις 08/12/2022 από [https://helapco.gr/wp-content/uploads/Stelios\\_Psomas\\_RS\\_Forum\\_Oct2022.pdf](https://helapco.gr/wp-content/uploads/Stelios_Psomas_RS_Forum_Oct2022.pdf)

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή εκπονείται στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών του τμήματος μηχανολόγων μηχανικών και βιομηχανικού σχεδιασμού (εισαγωγική κατεύθυνση βιομηχανικού σχεδιασμού) του πανεπιστημίου δυτικής Μακεδονίας. Το θέμα της εργασίας είναι η μελέτη- σχεδίαση διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος επί βιομηχανικής στέγης από αυτοπαραγωγό με ενεργειακό συμψηφισμό. Ο στόχος της είναι η τεχνικοοικονομική προσέγγιση υπό πρίσμα μιας μελέτης περίπτωσης με ταυτόχρονη τρισδιάστατη απεικόνιση ενός φωτοβολταϊκού σταθμού, που θα τοποθετηθεί σε στέγη βιομηχανικού κτηρίου συγκεντρώνοντας τις βέλτιστες πρακτικές υλοποίησης . Εδώ θα ήθελα , να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου για την καθοδήγηση μου , κατά την διάρκεια των σπουδών και τον επιβλέπων καθηγητή μου, τον κύριο Ορόβα Χρήστο, για την υποστήριξη κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Υπό το πρίσμα των συνεχώς αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών, με τα ορυκτά καύσιμα να είναι η βάση ως πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας (Griffin et al., 2017), ρυπαίνοντας το περιβάλλον, η πλεονεκτική γεωγραφική θέση της Ελλάδας αποτελεί ένα δυνατό εφελτήριο για την στροφή προς στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ελαχιστοποιώντας παράλληλα οικονομικούς πόρους αλλά και τις γεωπολιτικές και ενεργειακές πιέσεις εκ των έξω πολιτικών παραγόντων, περιορίζοντας έτσι τις ενεργειακές ανάγκες εισαγωγής των καυσίμων αυτών, τα οποία αποτελούν μοχλό πολιτικής πίεσης μέσω επιδείνωσης της ενεργειακής κρίσης. Η στροφή προς την ενεργειακή ανεξαρτησία και αυτονομία με την συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί μονόδρομο για την πολιτική , ενεργειακή και οικονομική ευημερία της Ελλάδας, αλλά και της Ευρώπης συνολικά, η οποία εντείνει την επιτάχυνση των διαδικασιών αδειοδότησης των φωτοβολταϊκών σταθμών ( Council of E.U., 2022). Η Ελλάδα ως μέλος της ΕΕ, παρόλο που διαθέτει τους πόρους, τη βάση γνώσεων και την αποφασιστικότητα να μετατρέψει την ενεργειακή κρίση σε ευκαιρία (Osička & Černoch, 2022), η ταχεία και απότομη κατάργηση της ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα εγείρει ανησυχίες για την μεταβατική περίοδο , ειδικά για το τελικό κόστος της ενέργειας στα ελληνικά νοικοκυριά (Karagianni & Pempetzoglou, 2021). Ένα από τα ισχυρά εργαλεία εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας , ανεξαρτήτως της κοστολογικής πολιτικής σε ατομικό και εθνικό επίπεδο, είναι το πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού ( net – metering ). Το πρόγραμμα αυτό δίνει την



δυνατότητα στον καταναλωτή να αντισταθμίσει την ζήτηση με την παραγωγή, όλης ή μέρους της ενέργειας που χρειάζεται να καταναλώσει, δίνοντας με τον τρόπο αυτό τη δυνατότητα να αποθηκεύσει εικονικά στο ηλεκτρικό δίκτυο την πράσινη ενέργεια που παράγει το φωτοβολταϊκό του σύστημα. Ο όρος “net” υποδεικνύει την διαφορά μεταξύ και παραγόμενης και καταναλισκόμενης ενέργειας σε μία δεδομένη χρονική περίοδο. Η παρούσα εργασία διερευνά την εφαρμογή του ενεργειακού συμψηφισμού στην Ελλάδα εστιάζοντας στην ανάλυση του συμψηφισμού για την βελτιστοποίηση της παραγωγής αφενός ,και την μεγιστοποίηση της απόδοσης της επένδυσης αφετέρου, σε υφιστάμενη βιοτεχνική μονάδα, υπό το πρίσμα των βέλτιστων πρακτικών σχεδιασμού και υλοποίησης .

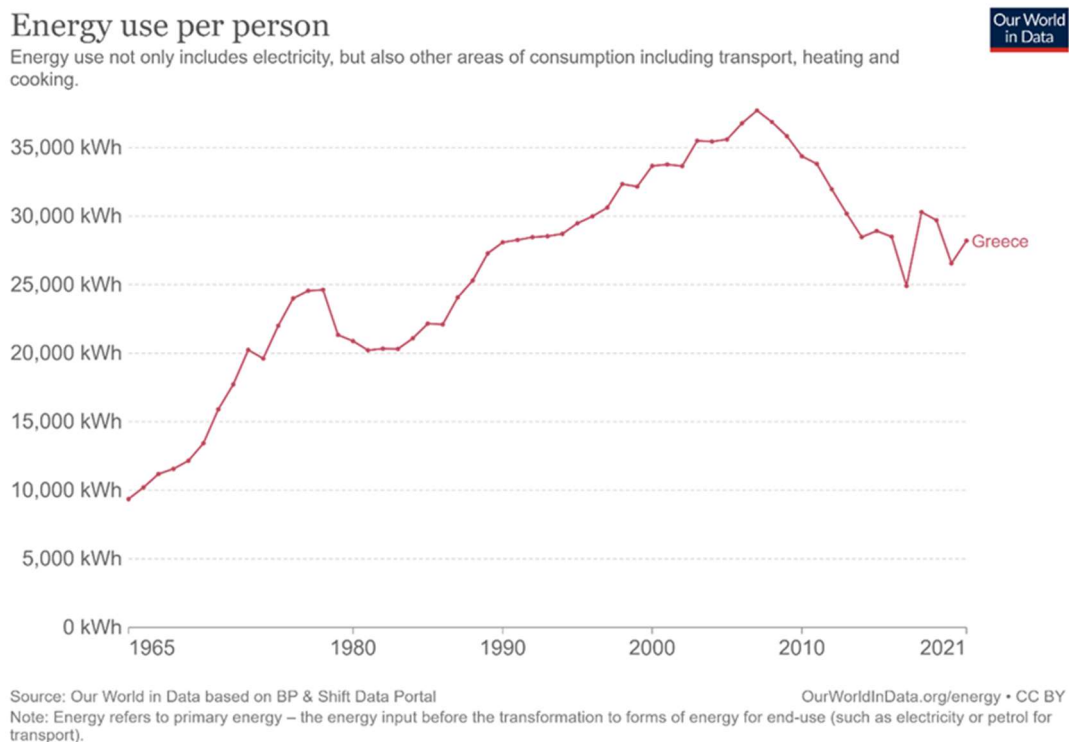
## ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία κατά την εισαγωγή αναλύει την παραγωγή και την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, αποτυπώνοντας το υφιστάμενο ενεργειακό μείγμα με την επισήμανση της παρούσας συμμετοχής των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο μείγμα αυτό, αλλά και της μελλοντικής πρόβλεψης για πανευρωπαϊκά δεδομένα. Στην συνέχεια γίνεται μια αναφορά για την ηλιακή ενέργεια, τα γεωγραφικά της χαρακτηριστικά , καθώς και τα φωτοβολταϊκά , με ιδιαίτερη εστίαση στην χρήση της ηλιακής ενέργειας στα βιομηχανικά κτήρια . Η χρήση των φωτοβολταϊκών αποτυπώνεται σε δύο προγράμματα , της πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και του ενεργειακού συμψηφισμού, με τις νομικές ρυθμίσεις που διέπουν τις διαδικασίες εφαρμογής των προγραμμάτων αυτών. Στην συνέχεια αποτυπώνονται τα δεδομένα του κτηρίου ως προς τις διαστάσεις και προσανατολισμό για την διαστασιολόγηση για τον αρχικό σχεδιασμό του συστήματος εγκατάστασης φωτοβολταϊκών που καθορίζουν την εκτιμώμενη παραγωγή , κάνοντας αναφορά και για μελλοντικές επεκτάσεις του συστήματος .Η επιλογή του ηλεκτρομηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού ως επόμενο βήμα ,καθορίζουν τον τελικό σχεδιασμό και την διαστασιολόγηση του συστήματος , που θα αποφέρει τα κέρδη και τα οφέλη για τον επενδυτή, αλλά και την κοινωνία συνολικά. Για την περάτωση της υλοποίησης γίνεται αναφορά των βημάτων- σταδίων της διαδικασίας , με τα συμπεράσματα και τις προτάσεις να κλείνουν την παρούσα εργασία.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο- ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα

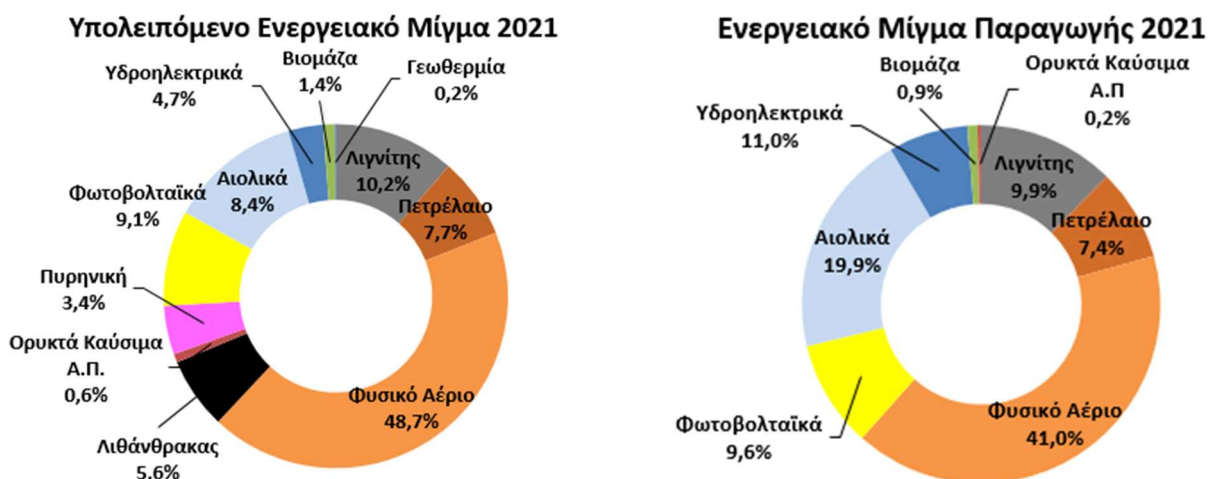
Οι έρευνες αναδεικνύουν πως παρά την ενεργειακή φτώχεια που μαστίζει τα 4 στα 10 νοικοκυριά στην Ελλάδα (Lyra et al., 2022), η Ελλάδα κατατάσσεται στις χώρες με ιδιαίτερα αυξημένη κατανάλωση ενέργειας ανά άτομο, αποτυπώνοντας έτσι την ενεργειακή και συνεπώς κοινωνική ανισότητα. Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα και σύμφωνα με την τελευταία μέτρηση για το 2021, η τιμή της κατά κεφαλή κατανάλωσης ενέργειας ανέρχεται σε 28.208 kWh /ανά άτομο, ένα νούμερο ιδιαίτερα ανησυχητικό ως προς το περιβαλλοντολογικό αποτύπωμα το οποίο επιφέρει, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη που εντείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου αυξάνοντας παράλληλα τις εκπομπές των αερίων, όπως του διοξειδίου του άνθρακα, των οξειδίου και υποοξειδίου του αζώτου αλλά και του μεθανίου (Chalvatzis and Hooper, 2009, Georgakellos and Gitrakos, 2009).



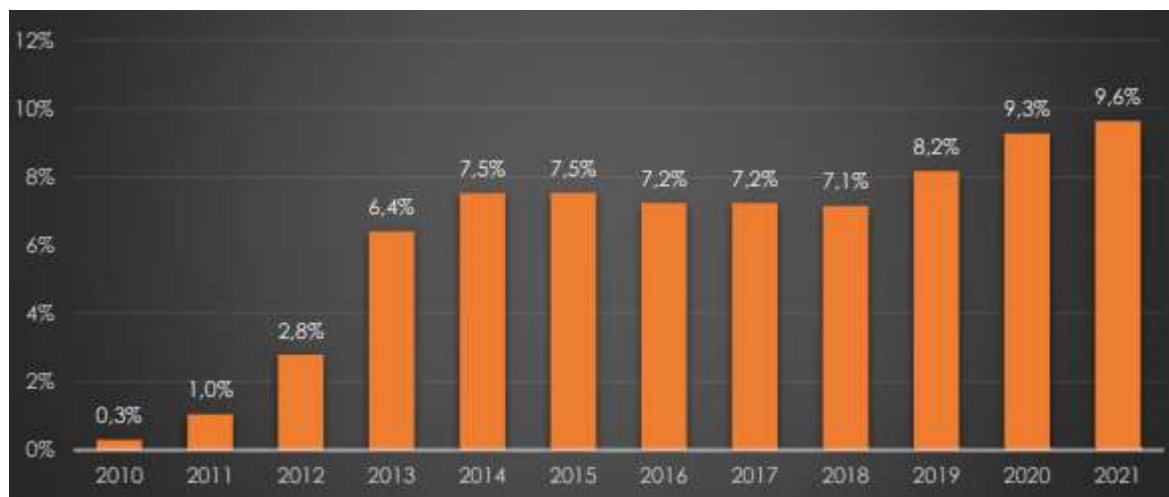
Εικόνα 1. Κατανάλωση ενέργειας ανά άτομο  
(ΠΗΓΗ <https://ourworldindata.org/>)

Η επίδραση από την αυξημένη χρήση ορυκτών καυσίμων στον ενεργειακό τομέα απαιτεί επείγουσα «μεταστροφή» σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας που μπορούν να εξασφαλίσουν βιωσιμότητα και απόδοση με ενεργειακή ασφάλεια. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν συγκεντρώσει όλα αυτά τα χαρακτηριστικά, και έχουν αποδειχθεί

αξιόπιστες για την παροχή ενέργειας (Kavadias et al. 2019). Ενδεικτικά η συμμετοχή των ΑΠΕ για κάλυψη των παραπάνω αναγκών στην Ελλάδα κατά το 2021 ήταν της τάξεως του 30% του φορτίου για 3684 ώρες και πάνω από το 50% για 841 ώρες, όμως , παρά την ραγδαία αύξηση της παραγωγής της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές τα τελευταία χρόνια , που αγγίζει το 40 % της ζήτησης , η ιδιαίτερα επιτακτική ανάγκη περαιτέρω μείωσης της χρήσης των ορυκτών καυσίμων, που μέχρι πρότινος αποτελούσαν την ενεργειακή βάση ανάπτυξης στην Ελλάδα, αποτελεί μονόδρομο (Oyebanji & Kirikkaleli, 2022).



Εικόνα 2. Ενεργειακό Μίγμα ( πηγή ΔΑΠΕΕΠ )

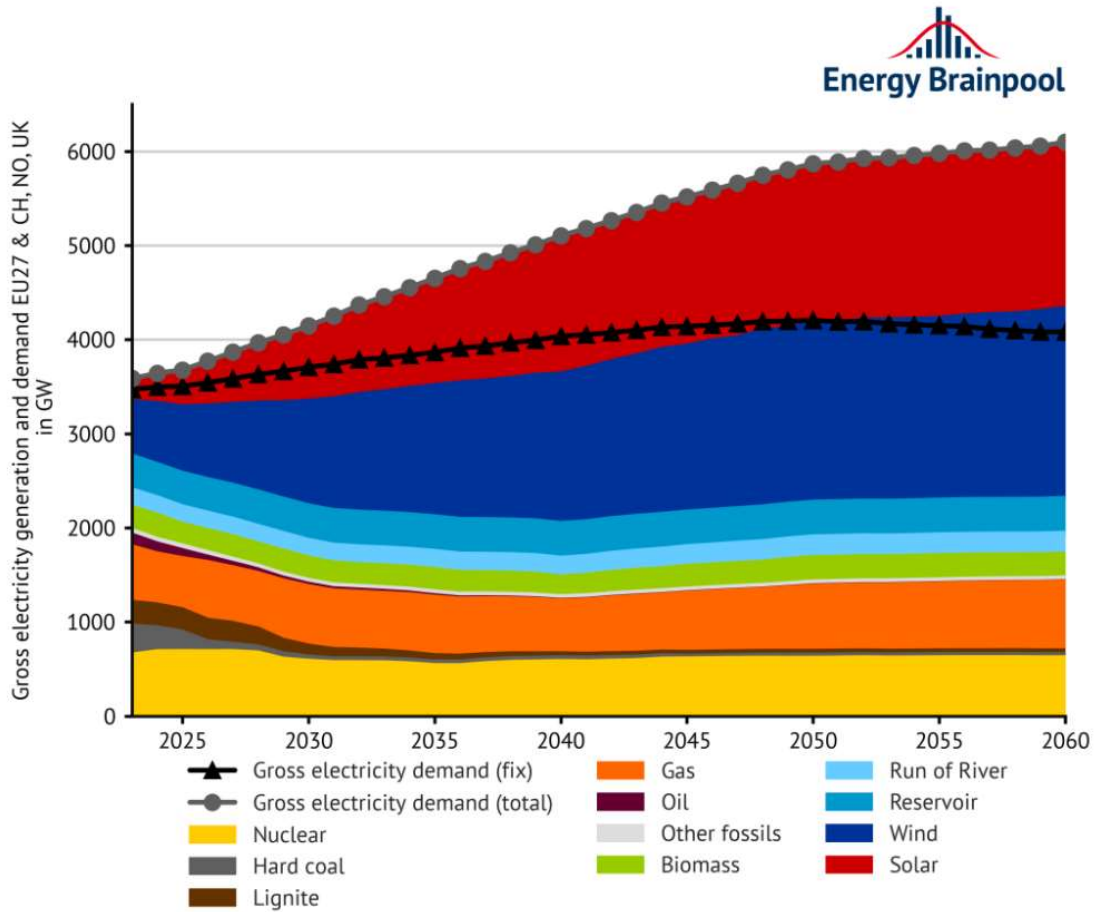


Εικόνα 3. Ενεργειακό μείγμα παραγωγής των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην εγχώρια αγορά 2010-2021 ( πηγή HELAPCO)

Έτσι θεωρητικά, για να καλυφθεί μόνο με τα φωτοβολταϊκά στέγης η ζήτηση της ενέργειας ( ηλεκτρική ενέργεια, θέρμανση , μετακινήσεις κ.τ.λ.) , με μέση ενεργειακή απόδοση 1317 kWh / kWp (HELAPCO,2022) των φωτοβολταϊκών επί στέγης, η πλήρης κάλυψη ζήτησης των 28208 kWh / άτομο, θα μπορούσε να γίνει με  $28208/1317 = 21,41kWp$  εγκατεστημένα ανά άτομο. Για 10.432.481 κατοίκους της Ελλάδας θα απαιτούσαν:

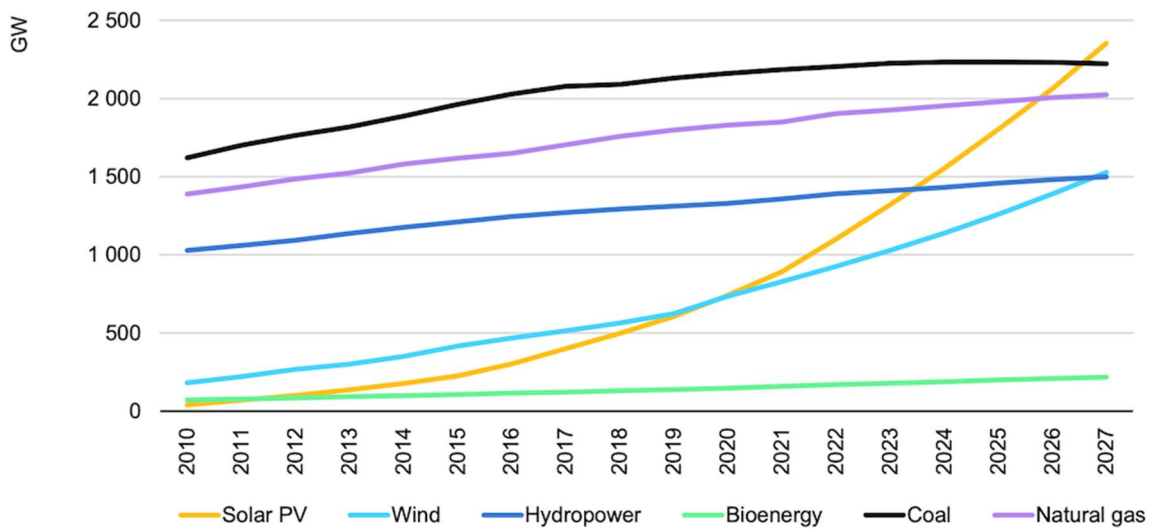
$10432481 * 21,41 = 223.359.418,21 \text{ kWp}$  ή  $0,223 \text{ TWP}$  φωτοβολταϊκών, ή αντί  $0,0041 \text{ TWP}$  φωτοβολταϊκών εγκατεστημένων το 2021, που θα παράγαγαν συνολικά  $294.164.353.782,57 \text{ Kwh}$  ή  $294,16 \text{ TWh}$ .

Με τα υπάρχων δεδομένα για παραγωγή από φωτοβολταϊκά  $5,2 \text{ TWh}$  για το 2021 η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων, για την πλήρη κάλυψη των αναγκών της χώρας με ηλιακή ενέργεια, θα πρέπει να αυξηθεί κατά 56 φορές περίπου, λαμβάνοντας όμως την εκτίμηση για την συνολική εγκατεστημένη ισχύ για το έτος 2022, η ισχύς των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων αναμένεται σε  $0,005466 \text{ TWP}$ , ισχύς που αντιπροσωπεύει παραγωγή της τάξεως του  $7,19 \text{ TWh} / \text{έτος}$ , δηλαδή για την πλήρη κάλυψη των αναγκών της χώρας με ηλιακή ενέργεια η τελική εγκατεστημένη ισχύς θα πρέπει να αυξηθεί κατά 41 φορές. Όμως η συμμετοχή των φωτοβολταϊκών στο ενεργειακό μείγμα δεν απαιτεί τέτοιο βαθμό καθολικότητας, καθώς η ευστάθεια του συστήματος, η αυτάρκεια, η διαφοροποίηση πηγών καθώς και άλλα πρακτικά κριτήρια συναρτήσκει της ανεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, προβλέπει διαφοροποιημένη προσέγγιση. Ενδεικτικά για το έτος 2050 προβλέπεται η παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να αγγίζει το 76 % του συνολικού ενεργειακού μείγματος της Ευρώπης, με τετραπλάσια τουλάχιστον εγκατεστημένη ισχύ φωτοβολταϊκών συγκριτικά με το 2021, να κυριαρχούν στο μείγμα αυτό, ένας στόχος που συμβαδίζει με την ενεργειακή πολιτική της Ελλάδας αλλά και της Ευρώπης συνολικά όπως απεικονίζεται στα παρακάτω διαγράμματα:



Εικόνα 4. Αναμενόμενη εγκατεστημένη ισχύς 30 χωρών

(Πηγή: Energy Brainpool, 2022; EU Reference Scenario, 2021; entso-e, 2022)



Εικόνα 5. Σωρευτική εγκατεστημένη ισχύς GW ( ανά τεχνολογία) ( ΠΗΓΗ: IEA Renewables 2022)

## 1.2 Ηλιακή Ενέργεια

Ο ήλιος, αποτελούμενος από πυκνή και καυτή αέρια ύλη, με ενεργή θερμοκρασία μέλανος σώματος στους  $5777^{\circ}\text{K}$ , έχει συνολική διαμέτρο  $1,39 \times 10^9$  m και βρίσκεται σε μέση απόσταση από την γή  $1.5 \times 10^{11}$  m, περιστρεφόμενη γύρω από τον άξονά του, όπως το παρατηρούμε από την γη, μία φορά ανά τέσσερις εβδομάδες, χωρίς να στρέφεται σαν ενιαίο συμπαγές στερεό σώμα, αλλά οι τοποθεσίες πλησίον βόρειου και νότιου πόλου περιστρέφονται σε διάστημα 30 ημερών περίπου, ενώ ο ισημερινός περιστρέφεται σε 27 μέρες. Η ηλιακή ενέργεια που παράγεται στο εσωτερικό του, ακτινοβολεί με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας να είναι αντιστρόφως ανάλογο της θερμοκρασίας επεκτείνοντας την ακτίνα στο διάστημα εντός φάσματος των ακτινών X και Γαμμα, (Kalogirou, 2014). Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που αποτελεί ένα μέρος εκ του συνόλου των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο, όπως το φάσμα του ορατού φωτός που παράγεται, φωτίζοντας την επιφάνεια της γης (Βλάχος, 2015).

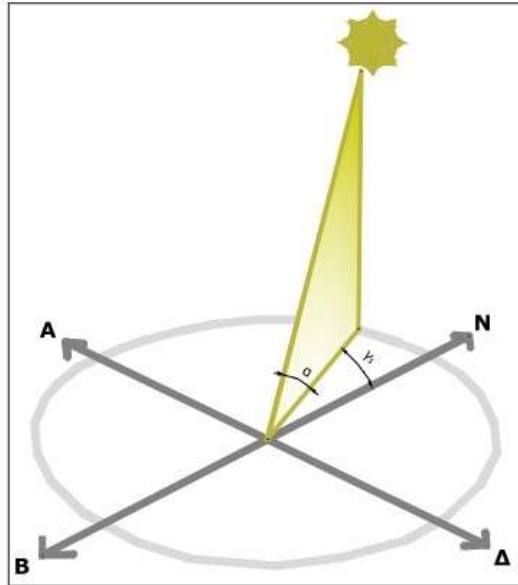
Η συνολική ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στη γη από τον ήλιο εκτιμάται σε 7.500 Gtoe ανά έτος, ποσότητα που καλύπτει το 75.000 % της συνολικής ζήτησης. Όμως το τεχνικό δυναμικό της ενέργειας αυτής, όπως καθορίζεται το μέγιστο επιτρεπτό από τις υπάρχουσες δυνατότητες της ανθρωπότητας προς αξιοποίηση υπολογίζεται σε 40 Gtoe, που αντιστοιχεί σε τετραπλάσιο της παγκόσμιας ζήτησης. (Μαρνέλλος, 2015). Η ηλιακή ενέργεια ανήκει στις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας διότι η μετατροπή της σε ηλεκτρική γίνεται χωρίς δημιουργία απόβλητων και επιβλαβών υποπροϊόντων που επιβαρύνουν περιβάλλον. Η θερμότητα και το φως που εκπέμπει, απορροφάτε από τα υλικά - στοιχεία και οργανισμούς του πλανήτη μας και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας, έτσι, παρά τους τεχνικούς περιορισμούς εκμετάλλευσης της ολικής προσπίπτουσας ακτινοβολίας, σήμερα αξιοποιούμε κυρίως τρία συστήματα: τα φωτοβολταϊκά συστήματα, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και τα θερμικά ηλιακά συστήματα, αλλά και συνδυασμό των τεχνολογιών αυτών, όπως τα ηλιοθερμικά συστήματα με φωτοβολταϊκές κυψέλες (PV-T).

## 1.3 Ηλιακή Γεωμετρία

Η συσχέτιση των τοποθεσιών ήλιου και σημείου που λαμβάνει την ηλιακή ακτινοβολία χαρακτηρίζεται ως κρίσιμότερος παράγοντας που επιδρά ως προς την ισχύ της

ηλιακής ακτινοβολίας του σημείου αυτού και επομένως την απόδοση ενός ηλιοθερμικού ή φωτοβολταϊκού συστήματος.

Το γεωγραφικό πλάτος  $\varphi$  του τόπου εκφράζει τη γωνία μεταξύ ισημερινού και τόπου αναφοράς και είναι:  $-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$ . Για την επιλογή της σωστής κλίσης του ηλιακού συλλέκτη στην περιοχή της Δράμας η κλίση είναι  $41^\circ 30'$ . Ιδανικά, βέλτιστη είναι η αναπροσαρμογή της κλίσης του συλλέκτη ιχνηλάτη δύο αξόνων (dual axis tracker), κατά την λειτουργία του οποίου έχουμε συνεχή παρακολούθηση του ήλιου κατά την διάρκεια της ημέρας. Κατά την διάρκεια του έτους, γίνεται μεταβολή της γωνίας που σχηματίζεται ανάμεσα στη ευθεία που ενώνει τα δυο κέντρα, της γης και του ήλιου στο επίπεδο του ισημερινού, καθώς μεταβάλλεται η θέση του ήλιου. Οι τιμές αυτές της απόκλισης του ήλιου είναι αρνητικές για το νότιο και θετικές για το βόρειο ημισφαίριο. Οι ακραίες τιμές είναι  $-23,45^\circ$  στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο) και  $+23,45^\circ$  στις 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο για το βόρειο ημισφαίριο). Οι διαφορετικές τιμές απόκλισης του ήλιου στη διάρκεια του έτους αναπαρίστανται με μορφή κυκλικών τροχιών βορειότερα στο ουρανό τον χειμώνα, με την ανατολή του ήλιου να είναι πιο αργά και νωρίτερα η δύση στο βόρειο ημισφαίριο, και αντίστροφα το καλοκαίρι. Οι μεταβολές αυτές διαμορφώνουν τις μετεωρολογικές αλλά και τις κλιματολογικές συνθήκες κατά την διάρκεια του έτους. Για τον λόγο αυτό η θεωρητική ηλιοφάνεια όπως αναφέρεται το χρονικό μεταξύ ανατολής και δύσης του ήλιου, αλλά και οι ώρες που ο ήλιος δεν καλύπτεται από σύννεφα, δηλαδή η πραγματική ηλιοφάνεια είναι ιδιαίτερα σημαντικά για τον καθορισμό της ημερήσια ή και της εποχιακής διακύμανσης της ακτινοβολίας σε κάθε τοποθεσία. Ένα εξίσου σημαντικό κριτήριο αποτελεί ο αριθμός των ημερών με ηλιοφάνεια που δεν υπάρχει κάλυψη των ηλιακών ακτινών από σύννεφα, ή υπάρχει κάλυψη από σύννεφα σε όλη την διάρκεια της ημέρας. Παρατηρώντας τον ήλιο από μια τοποθεσία, μπορούμε να ορίσουμε την θέση του ήλιου προς την τοποθεσία αυτή με δύο γωνίες: το ύψος του ήλιου  $\alpha$ , όπως ονομάζεται η γωνία που δημιουργείται μεταξύ κατεύθυνσης του ήλιου και του ορίζοντα και το αζιμούθιο του ήλιου  $\gamma_S$ , όπως ορίζεται η γωνία μεταξύ προβολής της κατεύθυνσης του ήλιου και του τοπικού μεσημβρινού βορρά – νότου, (as summut, από αραβικά μεταφράζεται κατεύθυνση), οι οποίες εικονίζονται στο παρακάτω σχήμα :



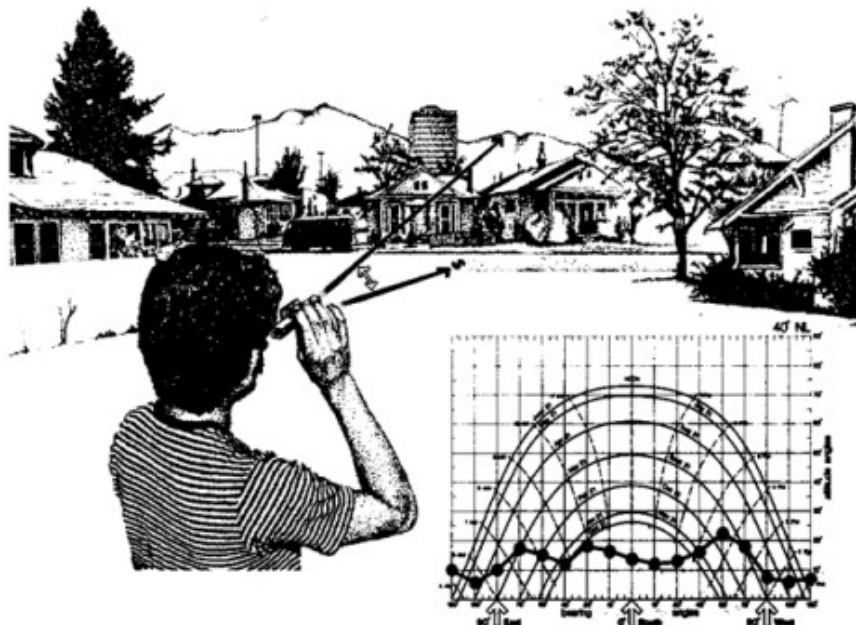
Εικόνα 6 : Το ύψος  $\alpha$  και το αζιμούθιο του ήλιου  $\gamma_S$  ( ΠΗΓΗ Ε.Μ.Π.)

Το ηλιακό αζιμούθιο δεξιά του νότου λαμβάνει θετικές τιμές, ενώ προς τα αριστερά αρνητικές. Κατά την πορεία του ήλιου, οι δυο γωνίες αυτές, το ύψος του ήλιου και το αζιμούθιο αλλάζουν συνεχώς καθώς.

Το αζιμούθιο στον νότιο προσανατολισμό ορίζεται με  $\gamma_S=0$ , δυτικά του νότου λαμβάνει θετικές τιμές, ενώ για γωνίες ανατολικά από το νότο λαμβάνει αρνητικές τιμές.

Η μεθοδολογία προβολής για την απεικόνιση της κίνησης του ήλιου δύναται να χρησιμοποιηθεί και για την παράσταση οποιουδήποτε σημείου του χώρου: Ένα σταθερό σημείο και ένα σημείο παρατήρησης ορίζουν μια οπτική ακτίνα που προσδιορίζεται όπως και οι ηλιακές ακτίνες, δηλαδή από τις γωνιακές συντεταγμένες (αζιμούθιο και γωνιακό υψόμετρο). Έτσι, το περίγραμμα του πραγματικού ορίζοντα όπως φαίνεται από τη θέση παρατήρησης μπορεί να απεικονισθεί σε ένα ηλιακό διάγραμμα ως τεθλασμένη γραμμή που ορίζεται από σειρά σημείων με γνωστές γωνιακές συντεταγμένες. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει άμεση ηλιακή πρόσβαση όταν ήλιος βρίσκεται κάτω από αυτή τη τεθλασμένη. Παρόμοια εφαρμογή είναι οι 'μάσκες σκιασμού', η απεικόνιση δηλαδή του τμήματος του ουρανού που δεν είναι ορατή εξ 'αιτίας παρεμβολής εμποδίου μεταξύ αυτού και του σημείου παρατήρησης.





Εικόνα 7 : Απεικόνιση της μεθόδου προβολής για την παράσταση της κίνησης του Ήλιου  
( Κατσέλης Χ., 2016)

- **Ζενιθιακή γωνία ήλιου**

Ως ζενιθιακή γωνία του ήλιου ορίζεται ζενιθιακή απόσταση (ή ζενιθιακή γωνία) του ήλιου  $\theta_z$ , που είναι η γωνία ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και την κατακόρυφο, δηλαδή η συμπληρωματική γωνία του ύψους του ήλιου. Το ζενίθ δηλαδή η κατακόρυφος μιας τοποθεσίας με τον ουρανό, παίρνει όνομα από την αραβική λέξη Senit που σημαίνει ευθεία οδός.

- **Ωριαία γωνία**

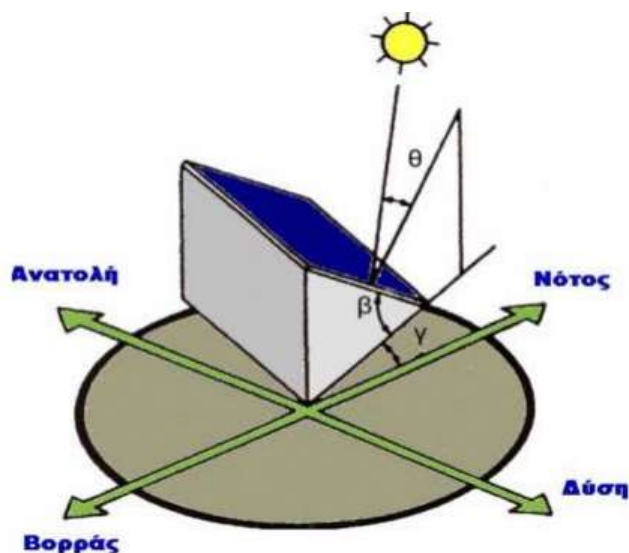
Ως ωριαία γωνία  $\omega$  του ήλιου ορίζεται η γωνιακή απόσταση μεταξύ του ηλίου και της ηλιακής μεσημβρίας λόγω περιστροφής της γης γύρω από τον άξονά της. Η γωνία κατά την οποία υφίσταται η ηλιακή μεσημβρία είναι  $\omega=0^\circ$  ενώ ωριαία η γωνία αυτή μεταβάλλεται κατά  $15^\circ$ . Για τις πρωινές ώρες η  $\omega$  είναι θετική (+) και κατά τις απογευματινές γίνεται αρνητική (-).

- **Προσανατολισμός ηλιακού συλλέκτη**

Το σημαντικότερο στοιχείο κάθε διάταξης εκμετάλλευσης την ηλιακής ενέργειας είναι ο προσανατολισμός του Φ/Β συλλέκτη σε σχέση με την ηλιακή ακτινοβολία. Αντίστοιχα με την θέση του ήλιου στον ουρανό, ομοίως ο προσανατολισμός ενός επίπεδου συλλέκτη στην επιφάνεια της γης συμβολίζεται με δύο γωνίες: την αζιμούθια γωνία και την κλίση. Η κλίση ενός συλλέκτη ( ηλιοθερμικού, φωτοβολταϊκού ή και υβριδικού) χαρακτηρίζεται η γωνία μεταξύ του επιπέδου του συλλέκτη αυτού και του ορίζοντα. Η γωνία αυτή λαμβάνει τιμές από μηδέν μέχρι εκατό ογδόντα μοίρες. Για γωνίες μικρότερες των ενενήντα μοιρών το επίπεδο του ηλιακού συλλέκτη στρέφεται προς τα κάτω. Η γωνία που σχηματίζεται πάνω

στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατακόρυφου του συλλέκτη και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου ονομάζεται αζιμούθια γωνία του ηλιακού συλλέκτη και λαμβάνει τιμές από μείον εκατό ογδόντα μέχρι εκατό ογδόντα μοίρες όπου ο συλλέκτης τοποθετείται προς το βορρά. Για την η γωνία μείον ενενήντα μοιρών προς την ανατολή, η μηδενική γωνία προς το νότο, ενώ γωνία ενενήντα μοιρών προς τη δύση. Λαμβάνοντας τα παραπάνω, παρατηρούμε ότι η μέγιστη παραλαβή ενέργειας πραγματοποιείται όταν η επιφάνεια του είναι κάθετη προς τη κατεύθυνση της ακτινοβολίας, δηλαδή όταν η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μηδέν μοίρες, κάτι που είναι δύσκολο να επιτευχθεί λόγω της πορείας του ήλιου στην διάρκεια της ημέρας. Έχουν υλοποιηθεί ηλεκτρομηχανολογικές διατάξεις που οδηγούν συνεχώς τον συλλέκτη (π.χ. με τη βοήθεια λογισμικού ή αισθητηρίων ή συνδυασμό αυτών ) ώστε η επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη να είναι κάθετη στις ηλιακές ακτίνες, ανεβάζοντας όμως το κόστος και την πολυπλοκότητα των συστημάτων αυτών, περιορίζοντας τις εφαρμογές των συστημάτων αυτών σε μονάδες υψηλής αποζημίωσης για την παραχθείσα ενέργεια, σε αναλογία με το κόστος υλοποίησης, καθώς και σε άλλες εξειδικευμένες εφαρμογές. Στις περισσότερες εφαρμογές η τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών γίνεται με σταθερές κλίσεις και προσανατολισμούς κατόπιν μελέτης ώστε η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να είναι όσο το δυνατό μικρότερη, για την μεγιστοποίηση της παραγωγής . Η γωνία αυτή εκφράζεται από τη σχέση:

$$\cos\theta = (\sin\delta \cdot \sin\varphi) - (\sin\delta \cdot \cos\varphi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma) + (\cos\delta \cdot \cos\varphi \cdot \cos\beta \cdot \cos\omega) + \cos\delta \cdot \sin\varphi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma \cdot \cos\omega + \cos\delta \cdot \sin\beta \cdot \sin\omega \cdot \sin\gamma$$



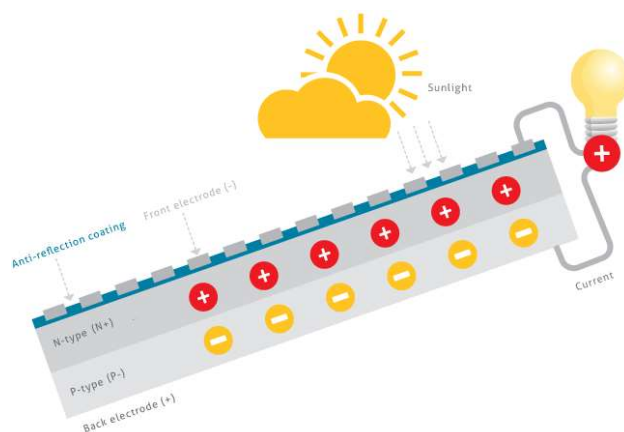
Εικόνα 8 : Η κλίση του συλλέκτη β, το αζιμούθιο του συλλέκτη γ, και η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών στο συλλέκτη θ (Αποστολόπουλος Α., 2019)

Εκτός από το ποσό της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη αναλόγως της θέσης ως προς την κλίση και τον προσανατολισμό, η θέση αυτή επηρεάζει και τον συντελεστή απορρόφησης της ακτινοβολίας από τα διάφανα καλύμματα των συλλεκτών ( πλαστικού ή γυαλιού ) επηρεάζοντας τελικά τον συντελεστή απολαβής του ηλιακού, φωτοβολταϊκού ή υβριδικού συστήματος. Η μέγιστη ποσότητα της ηλιακής ενέργειας, λαμβάνεται σε μία νότια προσανατολισμένη κλίση. Όσο απομακρύνεται από τον νότο, το ποσό της παραγόμενης ενέργειας, μειώνεται σταδιακά. Η μελέτη για την ιδανική κλίση περιλαμβάνει και προϋποθέσεις εφαρμογής , όπως για συστήματα που λειτουργούν όλο το χρόνο όπου η κλίση των ηλιοθερμικών αγγίζει τις 50 μοίρες ή των φωτοβολταϊκών για την Ελλάδα αγγίζει τις 35 μοιρες , ενώ αντίθετα για συστήματα που λειτουργούν μόνο καλοκαιρινούς μήνες π.χ. ξενοδοχεία η κλίση λαμβάνεται μικρότερη περίπου 25°, όμως η προσέγγιση αυτή είναι αναλόγως της εφαρμογής πρέπει να αξιολογηθεί ορθά η εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων (π.χ. ηλιακοί συλλέκτες) ώστε να βελτιστοποιηθεί η απόδοσή τους, αναλόγως της εφαρμογής, αναλόγως αν έχουμε ζητούμενα όπως μέγιστη απολαβή τον χειμώνα στα αυτόνομα συστήματα ή μέγιστη ετήσια απολαβή στα διασυνδεδεμένα κ.ο.κ.

## 1.4 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

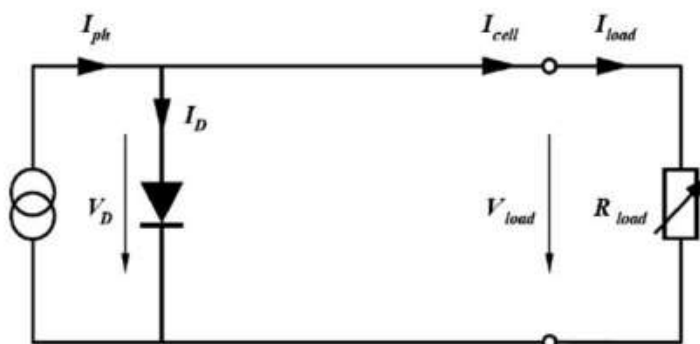
Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο κατά το οποίο πραγματοποιείται η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια, πρωτοανακαλύφθηκε το 1839 από τον Έντμοντ Μπεκερέλο, ο οποίος παρατήρησε την ιδιότητα ορισμένων υλικών να παράγουν σπινθήρισμούς ηλεκτρισμού όταν εκτίθενται σε ηλιακή ακτινοβολία, το φαινόμενο αυτό χρησιμοποιήθηκε σε πρώιμες φωτοβολταϊκές κυψέλες σεληνίου το 1905. Ο Albert Einstein εστιάζοντας στη φύση του φωτός και συγκεκριμένα στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο που είναι η αρχή της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, για το οποίο κέρδισε βραβείο Νόμπελ στη φυσική, αποτέλεσε το εφαλτήριο έρευνας του 1950, κατά το οποίο οι επιστήμονες της εταιρείας Bell Labs, εξέλιξαν την τεχνολογία, και κατασκεύασαν πλέον ως βάση το πυρίτιο, τις πρώτες φωτοβολταϊκές κυψέλες που μπορούσαν να μετατρέψουν σε ποσοστό το 4% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, σήμερα το ποσοστό αυτό έχει φτάσει στο 26,6 % σε εμπορικές εφαρμογές (Shen et al., 2022). Έτσι με την βελτιστοποίηση της απόδοσης ανά μονάδα επιφάνειας κατά την πάροδο του χρόνου, το φαινόμενο αυτό , εστιάζει στην μεγιστοποίηση της απορρόφησης της ενέργειας του φωτός από ηλεκτρόνια ατόμων της φωτοβολταϊκής κυψέλης , που είναι ένας ημιαγωγός, μικρού πάχους, που έχει επεξεργαστεί κατάλληλα και βρίσκεται σε επίπεδη επιφάνεια απορροφώντας το ηλιακό φως, ως πηγή ενέργειας, που μεταφέρεται με τα φωτόνια των οποίων η περιεκτικότητα ενέργειας είναι

ανάλογη με το μήκος κύματος του ηλιακού φάσματος. Τα φωτόνια προσκρούόμενα στις φωτοβολταϊκές κυψέλες, μερικώς ανακλώνται, εν μέρη το διαπερνούν και ένα μέρος τους απορροφώνται από το φωτοβολταϊκό στοιχείο. Αυτά τα τελευταία φωτόνια που απορροφούνται είναι αυτά που παράγουν ηλεκτρικό δυναμικό και εν τέλει την ροή του ηλεκτρικού φορτίου, καθώς αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια του φωτοβολταϊκού να μετακινηθούν σε άλλη θέση δημιουργώντας κίνηση ηλεκτρονίων και συνεπώς διαφορά δυναμικού, ενώ παράλληλα με την σύνδεση σε καταναλώσεις – φορτία παράγεται το ηλεκτρικό ρεύμα



Εικόνα 9. Φωτοβολταϊκό φαινόμενο ( ΠΗΓΗ wordpress)

Η διάταξη αναφοράς ενός φωτοβολταϊκού κελιού όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα :



$$I_{cell} = I_{ph} - I_D = I_{ph} - I_o \left( e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right)$$

Εικόνα 10. Ισοδύναμο μοντέλο φωτοβολταϊκού κελιού (ΠΗΓΗ T.E.E.)

όπου:

- $I_{cell}$ : ρεύμα κελιού
- $I_{ph}$ : ρεύμα φωτός που είναι ανάλογο της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας
- $I_D$ : ρεύμα της διόδου
- $k$ : σταθερά Boltzmann

- T: θερμοκρασία σε θερμοκρασία Kelvin
- I<sub>0</sub>: ρεύμα διαρροής της διόδου
- q: φορτίο του ηλεκτρονίου
- V: η τάση στα άκρα της διόδου

Σύμφωνα με το παραπάνω κύκλωμα παρατηρούμε ότι η παραγωγή της ενέργειας, σε ένα φωτοβολταϊκό κελί εξαρτάται άμεσα από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας (I<sub>cell</sub>) και τη θερμοκρασία του κελιού (T).

## 1.5 Εκμετάλλευση ηλιακής ακτινοβολίας στα βιομηχανικά κτήρια

Η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται ετήσια κατά 6,86% (Harahap et al., 2021) , για τον λόγο αυτό καθώς οι παλαιότερες προβλέψεις για την παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας, όπως δημοσιεύτηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA), προβλέπουν για το 2050, ότι οι εγκαταστάσεις ηλιοθερμικών και φωτοβολταϊκών μονάδων θα καλύπταν περίπου το 45% της ζήτησης ενέργειας στον κόσμο, αποκτώντας αξιοσημείωτη δημοτικότητα σε βιομηχανικές εφαρμογές (Mekhilef et al., 2011), αναλύοντας την υφιστάμενη πρόοδο με τα νέα δεδομένα η δυναμικότητα αυτή διαφοροποιείται , καθώς, ενώ χρησιμοποιούνται πλέον ευρέως οι τεχνολογίες αυτές σε οικιακές εγκαταστάσεις, η διεξόδυση των τεχνολογιών αυτών στους χώρους της βιομηχανίας δεν κρίνεται επαρκείς (Reindl & Palm, 2021). Είναι πολύ σημαντικό να εφαρμόζεται η ηλιακή ενέργεια σε όλους τους κλάδους της οικονομίας, όπως της βιομηχανίας, καθώς αποτελείται από μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, ώστε να παρέχουμε ενεργειακές λύσεις τροποποιώντας την αναλογία ενέργειας, βελτιώνοντας την ενεργειακή σταθερότητα, αυξάνοντας την ενεργειακή βιωσιμότητα, μειώνοντας τις μετατροπές και συνεπώς βελτιώνοντας την απόδοση του συστήματος. Στις βιομηχανικές μονάδες , το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών αποτελείται από την συνολική ζήτηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, τις ανάγκες θέρμανσης, λειτουργίας των συσκευών αλλά και του φωτισμού. Η ηλιοθερμική ενέργεια είναι μια εναλλακτική λύση για την παραγωγή θερμικής ενέργειας, κατά τη διεργασία χημικών ή ακόμα και τη θέρμανση του χώρου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανίες τροφίμων, μη μεταλλικών, κλωστοϋφαντουργικών, οικοδομικών, χημικών ή ακόμα και σε βιομηχανίες που σχετίζονται με τις επιχειρήσεις. Από την άλλη πλευρά, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκά χρησιμοποιείται δυναμικά στις τηλεπικοινωνίες, τη γεωργία, την αφαλάτωση νερού και την οικοδομική βιομηχανία για τη λειτουργία φώτων, αντλιών, κινητήρων, ανεμιστήρων, ψυγείων κ.ο.κ. (Mekhilef et al., 2011). Ο άριστος σχεδιασμός των νέων βιοκλιματικών κτηρίων των βιομηχανιών , με ενσωματωμένα τα

ενεργητικά και παθητικά συστήματα παραγωγής αλλά και συμπαραγωγής συνδυαστικά με εξοικονόμηση της ενέργειας αποτελεί το κλειδί για την ενεργειακή αυτονομία των κτηρίων αυτών με αποτέλεσμα την ανταγωνιστικότητα τους , αλλά και οι συνολικές παρεμβάσεις στα υφιστάμενα παλαιότερα κτήρια, βελτιστοποιούν την ενεργειακή τους ταυτότητα , προσφέροντας όμοια πλεονεκτήματα ανταγωνιστικότητας και βελτίωσης της ενεργειακής τους εικόνας, με επιπλέον το πλεονέκτημα της εξατομικευμένης παρέμβασης χρήσης του κτηρίου και την αναλυτικότερη μελέτη της εκάστοτε περίπτωσης εφαρμογής της εξοικονόμησης. Πρακτικά η βελτιστοποίηση της εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας στα υφιστάμενα κτήρια, με φωτοβολταϊκά συστήματα, επιπρόσθετα παθητικά ηλιακά συστήματα και τα ηλιοθερμικά συστήματα, αλλά και σε συνδυασμό των τεχνολογιών αυτών, πάντοτε αποτελεί συνάρτηση πολλών συνιστωσών όπως την επισκόπηση των υπάρχων τεχνολογιών εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας , των νέων υλικών της αγοράς , των γεωγραφικών / μετεωρολογικών δεδομένων της θέσης εγκατάστασης, του κόστους υλοποίησης/απόσβεσης της επένδυσης και των λοιπών περιορισμών που υπάρχουν στην εκάστοτε εγκατάσταση . Η τεχνικοοικονομική ανάλυση των υπάρχων δεδομένων, καθώς και μια σφαιρική προσέγγιση στην εξοικονόμηση της ενέργειας αποτελεί μονόδρομο για την επιτυχή ολική παρέμβαση ενεργειακής αναβάθμισης των κτηρίων αυτών .

Πρωτίστως, η σφαιρική προσέγγιση προϋποθέτει την γνώση και την παρακολούθηση των εξελίξεων επί των διαφορών υφιστάμενων τεχνολογιών και βέλτιστων πρακτικών παραγωγής/συμπαραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και μεθόδων εξοικονόμησης της ενέργειας αυτής, ένα από τα διαθέσιμα εργαλεία εκμετάλλευσης της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί η δυνατότητα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πλαισίων με το πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού.

Για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας με φωτοβολταϊκά συστήματα, σήμερα στην Ελλάδα εφαρμόζονται κυρίως δύο προγράμματα με τις παρακάτω επιλογές:

#### **A. Πώληση της παραγόμενης ενέργειας στο δίκτυο**

- Αποζημίωση με σταθερή τιμή (για συστήματα έως 500 kWp ή 1 MWp ειδικά για Ενεργειακές Κοινότητες).
- Εφαρμογή ανταγωνιστικών διαδικασιών για μεγαλύτερα συστήματα ανω των 500 kWp ή 1 MWp ειδικά για Ενεργειακές Κοινότητες.
- Με άμεση συμμετοχή στις χονδρεμπορικές αγορές του Χρηματιστηρίου Ενέργειας.
- Απευθείας σύναψη ιδιωτικών συμβάσεων προμήθειας με καταναλωτές.

#### **B. Ιδιοκατανάλωση παραγόμενης ενέργειας**

- Αυτοπαραγωγή με ενεργειακό συμψηφισμό (net-metering).

- Αυτοπαραγωγή με πώληση μέρους της πλεονάζουσας ενέργειας έως και του 20% (ισχύει για επιχειρήσεις, αναμένεται για οικιακούς καταναλωτές ).

## 1.6 Φωτοβολταϊκά με σταθερή τιμή αποζημίωσης της ενέργειας ( feed in tariff)

Η πώληση της ενέργειας με σταθερή ταρίφα για επενδυτές για έργα εγκατεστημένης ισχύος έως 6 kW (οικιακά) αποζημιώνεται σήμερα με 0,087 ευρώ ανά kWh, ενώ για τα επαγγελματικά, δηλαδή, από 6 έως 500 kW αποζημιώνεται με 0,063 ευρώ ανά kWh, και για τις ενεργειακές κοινότητες και αγρότες είναι στα 0,065 ευρώ ανά kWh. Κατά την εκκίνηση του προγράμματος των φωτοβολταϊκών στέγης, έως και το 2011, η τιμή πώλησης της ενέργειας από τους οικιακούς παραγωγούς άγγιζε τα 0,55 ευρώ ανά kWh ,και τους επαγγελματίες 0,5 ευρώ ανα kWh ( ΦΕΚ Α' 129/27-6-2006, 2006) με το κόστος αγοράς της ενέργειας για εκείνη την περίοδο να είναι κάτω από 0,1 ευρώ ανά kWh. Σήμερα για τα έργα ιδιωτών έως 500 Κιλοβάτ, μέχρι 31 Αυγούστου του 2023, θα ισχύει η ταρίφα των 65,74 ευρώ/MWh, αντί των 63 ευρώ/MWh που έληγε την 1η Σεπτεμβρίου 2022. Με το κόστος αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας σήμερα να ξεπερνάει ακόμα και το δεκαπλάσιο της πώλησης , η πώληση της ενέργειας για τους χρήστες που καταναλώνουν οι ίδιοι την ενέργεια που παράγουν κρίνεται πολλές φορές ασύμφορη σε σχέση με τον συμψηφισμό, όπως για τα υφιστάμενα συστήματα, έτσι και για τα νέα συστήματα που πρόκειται να συνδεθούν στο δίκτυο, όμως οι αιτήσεις για πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας για την περίοδο 2018-2022 ( έως τον Νοέμβριο ), με το πρόγραμμα feed in tariff , αφορούσε το 98,5% του συνόλου των αιτήσεων από ενεργειακές κοινότητες, δηλαδή σε έργα μεγάλης κλίμακας, όπου και παρατηρούμε την σχεδόν καθολική επιλογή του συγκεκριμένου προγράμματος από επενδυτές. ( HELAPCO, 2022), όμως αυτό εγκυμονεί κινδύνους καθώς η Ευρωπαϊκή και Ελληνική εμπειρία εφαρμογής του μοντέλου αυτού μετά το 2010 ( πτώση ανάπτυξης των ΑΠΕ το 2013 στην Ελλάδα ) με άλλα προγράμματα υποστήριξης του μοντέλου αυτού είναι διδακτική από αυτή την άποψη. Αρκετά κράτη μέλη θέσπισαν συστήματα άμεσης στήριξης, τα οποία αποδείχθηκαν ότι δεν βασίζονταν στην αγορά, συνολικά ακατάλληλα για την επιτυχή εξυπηρέτηση των επιθυμητών στόχων πολιτικής και τελικά κατέρρευσαν (Iliopoulos et al., 2020).

## 1.7 Ενεργειακός συμψηφισμός ( NET- METERING)

Καθώς η εφαρμογή προγράμματος φωτοβολταϊκών σταθερής αποζημίωσης ( feed in tariff ), λόγω αύξησης τιμών της ενέργειας, τείνει να γίνει πλέον παρελθόν σε μικρή

κλίμακας έργα , ειδικά σε οικιακούς καταναλωτές ή μικρομεσαίες επιχειρήσεις, όπως στην Ελλάδα αλλά και σε άλλες χώρες (Ahsan Kabir et al., 2022). Το NET – METERING ή ενεργειακός συμψηφισμός αποτελεί μία προσέγγιση που αποτελεί μονόδρομο. Ο ενεργειακός συμψηφισμός , συμψηφίζει την εγχεόμενη από σταθμό παραγωγής στο δίκτυο ενέργεια με την ενέργεια που απορροφάται απευθείας από τις καταναλώσεις του αυτοπαραγωγού. Ο σταθμός παραγωγής θα πρέπει να εγκαθίσταται στον ίδιο ή όμορο χώρο με την εγκατάσταση κατανάλωσης με την διασύνδεση στο δίκτυο διανομής με μία παροχή ή και ακόμα σε διαφορετική τοποθεσία ( εικονικός συμψηφισμός – virtual net metering ). Στον ενεργειακό συμψηφισμό η παραγόμενη ενέργεια δεν είναι απαραίτητο να καταναλώνεται ταυτόχρονα, αλλά να δοθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο και να την πάρεις πάλι πίσω οποιαδήποτε στιγμή δεν παράγεις αλλά χρειάζεσαι την ενέργεια, όμως το ιδανικό σύστημα net - metering θεωρείται αυτό με το οποίο η ετήσια παραγόμενη ισχύ από το φωτοβολταϊκό σας ταυτίζεται με τις ετήσιες ενεργειακές σας ανάγκες, σε επίπεδο μεμονωμένου καταναλωτή ή ενεργειακής κοινότητας (Minuto & Lanzini, 2022), καθώς με αυτόν τον τρόπο δεν επιβαρύνεται το δίκτυο , και συνεπώς υπάρχουν λιγότερες χρεώσεις μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας και χρήσης. Στην ουσία με το net - metering όχι μόνο μπορείς να καταναλώσεις το ρεύμα που παράγεις ο ίδιος αλλά μπορείς να χρησιμοποιήσεις επιπλέον το ηλεκτρικό δίκτυο ως μπαταρία αποθήκευσης της περίσσειας ενέργειας σου για μελλοντική χρήση.

Ο συμψηφισμός καταναλισκόμενης ενέργειας από το δίκτυο και συνολικής παραγόμενης ενέργειας καθορίζει το ποσό του λογαριασμού που θα έρθει σε κάθε επιχείρηση ή καταναλωτή γενικότερα. Καθώς ο ενεργειακός συμψηφισμός πραγματοποιείται σε τριετή βάση και πέρα της τριετίας τα τυχόν πλεόνασμα ενέργειας δεν αποζημιώνονται, η συνολική τριετή προβλεπόμενη από το φωτοβολταϊκό σύστημα παραγωγή δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την κατανάλωση. Ένα φωτοβολταϊκό net – metering αποτελείται από : τα φωτοβολταϊκά πάνελ , τον διασυνδεδεμένο στο δίκτυο μετατροπέα (on grid inverter) , την καλωδίωση AC και DC , τους ηλεκτρικούς πίνακες με το διακοπτικό υλικό , έναν δεύτερο μετρητή ενέργειας, λοιπό βοηθητικό εξοπλισμό καθώς και τη διασύνδεση με το δίκτυο . Αίτηση για net – metering μπορούν να κάνουν ιδιώτες , αγρότες , εταιρείες , δημόσιες υπηρεσίες , νομικά πρόσωπα , ενεργειακές κοινότητες σε οποιοδήποτε μέρος της ηπειρωτικής ή νησιωτικής Ελλάδας . Απαραίτητη προϋπόθεση για αίτηση net – metering είναι να υπάρχει παροχή ρεύματος στο χώρο δηλαδή ενεργή σύνδεση με τον ΔΕΔΔΗΕ . Η εφαρμογή του ενεργειακού, συμπεριλαμβανομένου και του εικονικού συμψηφισμού, σήμερα δίνει την δυνατότητα της εφαρμογής της ενεργειακής δημοκρατίας, που ορίζεται σύμφωνα Sweeney ως "την ενεργειακή μετάβαση που μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο εάν υπάρξει αποφασιστική μετατόπιση της εξουσίας προς τους εργαζόμενους, τις κοινότητες και το κοινό - ενεργειακή δημοκρατία. Θα πρέπει να γίνει μεταφορά πόρων, κεφαλαίων και



υποδομών από ιδιωτικά χέρια σε έναν δημοκρατικά ελεγχόμενο δημόσιο τομέα, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι θα αναπτυχθεί ένα πραγματικά βιώσιμο ενεργειακό σύστημα τις επόμενες δεκαετίες". Καθώς ο συμψηφισμός είναι ενεργειακός και όχι λογιστικός ο τελικός καταναλωτής δεν επηρεάζεται ποτέ σε οποιοσδήποτε μελλοντικές αυξήσεις στα τιμολόγια του ρεύματος, που σημαίνει ότι δεν παίζει κανένα ρόλο η τιμή της κιλοβατώρας (kWh) όσο και αν αυξηθεί, ιδιαίτερα σημαντικό κριτήριο για την αλλαγή του ενεργειακού συστήματος και πρακτική εφαρμογή της ενεργειακής δημοκρατίας, η οποία καλείται να οδηγήσει στην μεγιστοποίηση της παραγωγής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εκμηδενίζοντας τις εκπομπές ρύπων και μεριμνώντας παράλληλα για τα δικαιώματα των εργαζομένων, συμβάλλοντας στην αύξηση των θέσεων εργασίας και οδηγώντας σε τερματισμό την ενεργειακή φτώχεια σε παγκόσμιο επίπεδο (Sweeney, 2014).

Συνοψίζοντας τα πλεονεκτήματα εφαρμογής του ενεργειακού συμψηφισμού θα μπορούσαμε να τονίσουμε τα παρακάτω :

- Μείωση ή και εκμηδενισμός κόστους του ρεύματος παρόχου
- Χαμηλό κόστος θέρμανσης ( χρεώσεις μεταφοράς διανομής ) με χρήση αντλίας θερμότητας, και μηδενικό κόστος ψύξη την καλοκαιρινή περίοδο με τον κλιματισμό/ αντλίες θερμότητας καθώς έχουμε ταυτόχρονη παραγωγή και κατανάλωση
- Προστασία από τις αυξήσεις στην τιμή του ρεύματος του παρόχου, καθώς συμψηφίζεται η ενέργεια και όχι η τιμή.
- Ελαχιστοποίηση των απωλειών μεταφοράς ρεύματος καθώς η κατανάλωση γίνεται ταυτόχρονα στο σημείο της παραγωγής, η αποκεντρωμένη παραγωγή βοηθάει στην ευστάθεια του συστήματος
- Ελαχιστοποίηση εκπομπών ρύπων.
- Ταχύτερες αποσβέσεις υλοποίησης, συγκριτικά με τα προηγούμενα έτη
- Σχεδόν μηδαμινό κόστος συντήρησης.
- Επιπρόσθετη αξία ακινήτου – επένδυσης



Αναλύοντας τους περιορισμούς του ενεργειακού συμψηφισμού , θα ήταν σκόπιμο να αναφέρουμε τα προβλήματα κορεσμού του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας , που υπάρχουν σε πολλές περιοχές της Ελλάδας, αποτελώντας έτσι ένα από τα σημαντικότερα εμπόδια στην επέκταση του ενεργειακού συμψηφισμού, αλλά και των τεχνολογιών ΑΠΕ γενικότερα, λόγω της ανεπαρκούς ανάπτυξης των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας (Jacobsson and Karltoft, 2013, Steinbach, 2013). Το πρόβλημα αυτό οδηγεί στο αποτέλεσμα να υφίσταται αδύνατη η εξαγωγή της πλεονάζουσας ενέργειας στο δίκτυο ,καθιστώντας αδύνατη την εξαγωγή της πλεονάζουσας ενέργειας στο δίκτυο επιβαρύνοντας έτσι, τον τελικό καταναλωτή με επιπρόσθετα κόστη για μονάδες αποθήκευσης ενέργειας συνδυασμένες με συστήματα μηδενικής εξαγωγής ενέργειας ( zero feed in ) , καθώς η μη χρήση των μπαταριών, αλλά αποκλειστικά με την χρήση περιορισμού έγχυσης ,τείνει να οδηγήσει σε απώλειες παραγωγής ενέργειας , λόγω μη έγχυσης, πάνω από 50% σε έναν τυπικό βιομηχανικό καταναλωτή (Kumar et al., 2022). Έτσι, παρά το όφελος από ένα σύστημα net metering με μπαταρίες, που είναι η βελτίωση της ευστάθειας του δικτύου , η μείωση της εγγεόμενης ενέργειας στο δίκτυο καθώς και της αποφυγής χρεώσεων μεταφοράς και διανομής του δίκτυο, η απόσβεση συστημάτων αποθήκευσης συναρτήσει χρεώσεων του δικτύου μεταφοράς και διανομής, ξεετάζονται ανά περίπτωση στον εκάστοτε καταναλωτή. Η προσπάθεια απελευθέρωσης του ηλεκτρικού χώρου έγινε με Ν.4951/2022 , ο οποίος “άνοιξε” 2GW , ο οποίος θα διατεθεί κατά 40% σε οικιακά συστήματα και από 30% σε αγροτικά και μικρά εμπορικά συστήματα. Επίσης βάσει ευρωπαϊκού προγράμματος REPowerEU τίθεται υποχρεωτική η υλοποίηση φωτοβολταϊκών έργων σε νέα δημόσια και εμπορικά κτίρια (επιφάνειας άνω των 250 τ.μ.) έως το 2026, αλλά και σε όλα τα νέα κτίρια ιδιόκτητων κατοικιών ως το 2029, με τα νέα κτίρια να είναι έτοιμα ως προς προκατασκευασμένες υποδομές και υποδοχές για να δεχθούν φωτοβολταϊκά, επίσης, η Οδηγία 2022/542 προβλέπει μείωση του ΦΠΑ για ηλιακούς συλλέκτες στον οικιακό τομέα και κτίρια που χρησιμοποιούνται για δραστηριότητες δημοσίου συμφέροντος, από 24% που είναι σήμερα, στον χαμηλότερο συντελεστή, δηλαδή 6% για την Ελλάδα.

Ο κορεσμός των δικτύων, η μη δυνατότητα χωροθέτησης σε στέγες των περιοχών με κορεσμό, καθώς και τα οφέλη της οικονομίας κλίμακας, ώθησαν την ανάπτυξη του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού (virtual net metering), όπου είναι επιτρεπτός ο συμψηφισμός της εγγεόμενης στο δίκτυο ενέργειας από φωτοβολταϊκό σταθμό παραγωγής με την καταναλισκόμενη ενέργεια από μία ή περισσότερες εγκαταστάσεις κατανάλωσης του αυτοπαραγωγού ή ομάδας αυτοπαραγωγών, δίχως να υπάρχει ο περιορισμός της εγκατάσταση παραγωγής να είναι στον ίδιο ή γειτονικό χώρο με την εγκατάσταση

κατανάλωσης, ούτε να συνδέεται ηλεκτρικά με αυτή μέσω κοινής παροχής αντίστοιχα με τον κλασικό ενεργειακό συμψηφισμό. Η νομοθεσία για τον εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό εφαρμόστηκε αρχικά με την ΥΑ ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.175067 (ΦΕΚ Β' 1547/5.5.2017) και μετέπειτα αντικαταστάθηκε από την ΥΑ Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382 (ΦΕΚ Β' 759/5.3.2019). Αυτή η αποκεντρωμένη φύση των ΑΠΕ, εφαρμόζεται αρμονικά με τις ενεργειακές κοινότητες, λόγω της ετερότητας του καθεστώτος ιδιοκτησίας, με τον πολλυσυμμετοχικό και συλλογικό χαρακτήρα (Giotitsas et al., 2020). Η ενεργειακή κοινότητα, είναι αστικός συνεταιρισμός μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα (δηλαδή εκούσιας ένωσης συνεργαζόμενων προσώπων με οικονομικό σκοπό), αποκλειστικού σκοπού με απώτερο στόχο την ανάπτυξη και εδραίωση της κοινωνικής και αλληλέγγυας οικονομίας, της καινοτομίας στο ενεργειακό γίνεσθαι και την αντιμετώπιση της ενεργειακής ένδειας. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίδεται στην προώθηση της ενεργειακής αειφορίας, την παραγωγή, ιδιοκατανάλωση, μεταφορά και διανομή της ενέργειας αλλά και την αποθήκευση της, καθώς και τη συνολική βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στην τελική χρήση σε τοπικό αλλά και περιφερειακό επίπεδο (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2022). Οι ενεργειακές κοινότητες συνδέονται με τις έννοιες της ενεργειακής δημοκρατίας, με τη συμμετοχή των πολιτών στον ενεργειακό τομέα, αντί της συγκέντρωσης του ενεργειακού ελέγχου σε λίγες εταιρίες ή/και στο κράτος αλλά και με την καταπολέμηση της ενεργειακής ένδειας (ΜΠΕΛ, 2019). Επίσης βάσει του άρθρου 17 του νέου Κλιματικού Νόμου 4936/2022 (ΦΕΚ 105Α/27.5.2022): “Για αιτήσεις έκδοσης οικοδομικών αδειών ανέγερσης νέων κτιρίων ή προσθηκών σε υφιστάμενα κτίρια που υποβάλλονται από την 1η Ιανουαρίου 2023, τα ειδικά κτίρια της παρ. 21 του άρθρου 2 του Ν.4067/2012 (Α' 79), εξαιρουμένων των τουριστικών καταλυμάτων και των ναών, με κάλυψη μεγαλύτερη των πεντακοσίων (500) τ.μ., υποχρεούνται να τοποθετούν συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά ή θερμικά ηλιακά συστήματα σε ποσοστό που αντιστοιχεί στο τριάντα τοις εκατό (30%) τουλάχιστον της κάλυψης”.

Συνοπτικά αν και το θεσμικό πλαίσιο που διέπει την αγορά φωτοβολταϊκών είναι πολυσχιδές και δαιδαλώδες, οι βασικές ρυθμίσεις που καθόρισαν την πορεία της αγοράς απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα :

Έτος	Ρύθμιση	Αντικείμενο
2006	N.3468/2006	Καθορίζονται για πρώτη φορά τιμές πώλησης της παραγόμενης από φωτοβολταϊκά ενέργειας (feed-in-tariffs).
2009	ΚΥΑ 12323/2009	Ξεκινά ένα δεκαετές πρόγραμμα ανάπτυξης μικρών φωτοβολταϊκών σε κτιριακές εγκαταστάσεις.
2010	N.3851/2010	Απλοποιούνται οι αδειοδοτικές διαδικασίες και ξεκινά ουσιαστικά η ανάπτυξη της αγοράς.
2013	N.4223/2013	Αναστέλλεται η αδειοδοτική διαδικασία και ξεκινά μια πολυετής περίοδος στασιμότητας για τα φωτοβολταϊκά.
2015	ΥΑ 24461/2015	Καθορίζονται οι όροι και οι προϋποθέσεις για την αυτοπαραγωγή με ενεργειακό συμψηφισμό (net-metering).
2016	N.4414/2016	Αλλάζει το καθεστώς ενίσχυσης. Θεσπίζονται οι διαγωνιστικές διαδικασίες για έργα φωτοβολταϊκών.
2018	N.4513/2018	Καθορίζονται οι όροι και οι προϋποθέσεις για τη δημιουργία Ενεργειακών Κοινοτήτων.
2020	N.4685/2020	Πρώτη φάση εκ νέου απλοποίησης αδειοδοτικών διαδικασιών. Ουσιαστική επανεκκίνηση της αγοράς.
2022	N.4951/2022	Δεύτερη φάση απλοποίησης αδειοδοτικών διαδικασιών. Ρυθμιστικό πλαίσιο για την αποθήκευση ενέργειας.

Πίνακας 1. Θεσμικές ρυθμίσεις αγοράς φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα ( πηγή HELAPCO)

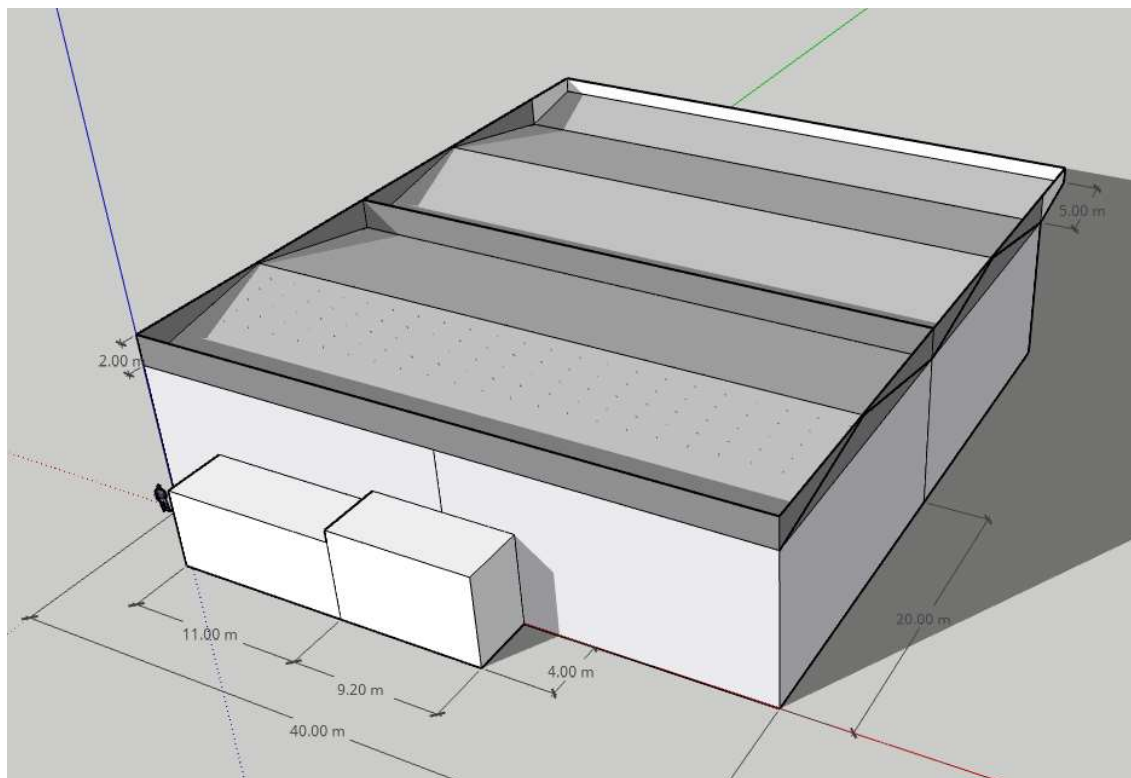
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ

### 2.1 Υπάρχων δεδομένα επιφανειών κτηρίου

Στο κτήριο της παρούσης εργασίας συνολικών διαστάσεων 40 m. x 40 m., μελετάται η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στις επιφάνειές της στέγης, το οποίο απεικονίζεται παρακάτω, όπως σχεδιάστηκε στο λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης sketch up . Το πρόγραμμα αυτό δημιουργήθηκε από την Trimble Navigation , και ανήκει στις εταιρείες @Last Software και την Google , υπάρχει ως ελεύθερο λογισμικό σχεδίασης στο διαδίκτυο, μπορεί να αποθηκεύει και να διαχειρίζεται τα σχεδιασμένα έργα σε αποθηκευτικό νέφος ( cloud storage) . Οι επιφάνειές της στέγης αποτελούνται από πάνελ πολυουρεθάνης σε φύλλα μεταλλικού χάλυβα ( τύπου sandwich), και στηρίζονται σε μεταλλικές τεγίδες ανά 60 cm., κατάλληλων στατικών προδιαγραφών ,στήριξης της στέγης του επιπρόσθετου φορτίου όπως των φωτοβολταϊκών πλαισίων βάσει στατικής μελέτης του κτηρίου. Το κτήριο αυτό έχει νοτιοανατολικό προσανατολισμό ( Αζιμούθιο 25 μοιρών ), με την κλίση των νοτιοανατολικών επιφανειών να είναι στις 12 μοίρες. Υπάρχει στηθαίο το οποίο έχει μέγιστο ύψος δυο μέτρων στην χαμηλότερη επιφάνεια της στέγης και μηδενίζεται στην κορυφή. Στην βορειοδυτική πλευρά του κτηρίου υπάρχει εξώστης συνολικής διάστασης 40 m. x 5 m. , που έχει επίσης νοτιοανατολικό προσανατολισμό με κλίση 12 μοιρών, επίσης.



Εικόνα 12. Αποτύπωση στέγης βιομηχανίας



Εικόνα 13. Αποτύπωση κτηρίου, όπως σχεδιάστηκε στο λογισμικό Sketch Up

## 2.2 Σχεδίαση και Διαστασιολόγηση Φ/Β σταθμού βάσει των υπαρχών δεδομένων – προσομοίωση παραγωγής

Βάσει των υπαρχών προηγούμενων μηνιαίων λογαριασμών, συγκεντρωτικά, οι υφιστάμενες ενεργειακές ανάγκες, αναλύονται ως παρακάτω :

ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ		
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	ΗΜΕΡΕΣ	MWh
01/01/2021 - 31/01/2021	31	9,1708
01/02/2021 - 28/02/2021	28	9,5564
01/03/2021 - 31/03/2021	31	9,1604
01/04/2021 - 30/04/2021	30	8,9674
01/05/2021 - 31/05/2021	31	12,6468
01/06/2021 - 30/06/2021	30	13,0268
01/07/2021 - 31/07/2021	31	14,4882
01/08/2021 - 31/08/2021	31	12,8772
01/09/2021 - 30/09/2021	30	13,0316

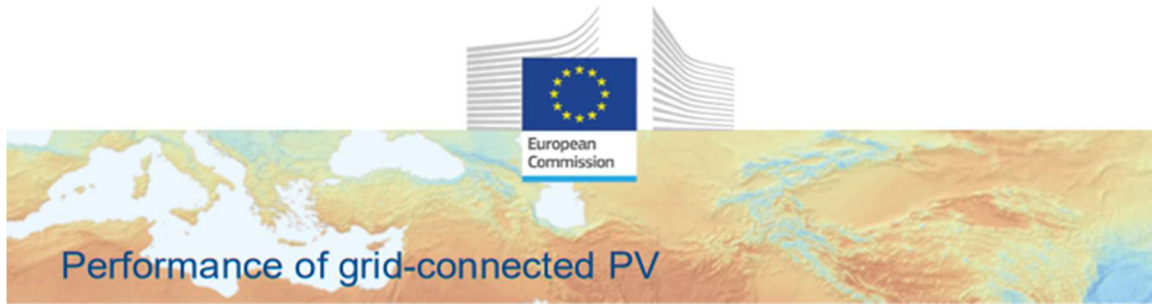
01/10/2021 - 31/10/2021	31	13,947
01/11/2021 - 30/11/2021	30	13,035
01/12/2021 - 31/12/2021	31	12,7156
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>365</b>	<b>142,6232</b>

Πίνακας 2 : Προφίλ καταναλώσεων της εγκατάστασης

Για την εκτίμηση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας καθώς και της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας αρχικά λαμβάνουμε τα δεδομένα της ηλιακής ακτινοβολίας , μέσω της πλατφόρμας PVGIS ([https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html)) , η οποία μας δείχνει ενδεικτικά την συνολική προσπίπτουσα ακτινοβολία στην συγκεκριμένη τοποθεσία, καθώς και την εκτιμώμενη παραγωγή βάση κλίσης και του αζιμούθιου της στέγης, η πλατφόρμα αυτή δημιουργήθηκε από το Joint Research Centre (JRC) υπό την αιγίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης , με πρωταρχικό στόχο την συμβολή στην έρευνα, την αξιολόγηση ηλιακών εγκαταστάσεων, την απόδοσης φωτοβολταϊκών συστημάτων, στην μεταφορά της τεχνογνωσίας , την διάθεση των μετεωρολογικών δεδομένων της ηλιακής ακτινοβολίας υπο το πρίσμα της απόδοσης φωτοβολταϊκών σε ολόκληρο τον πλανήτη.

Παρακάτω απεικονίζεται η πρώτη εξαγωγή των συμπερασμάτων χρήσης του παραπάνω λογισμικού για την εκτιμώμενη προσπίπτουσα ακτινοβολία, καθώς και την εκτιμώμενη παραγωγή ενέργειας βάσει της κλίσης και του αζιμούθιου της στέγης.





PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

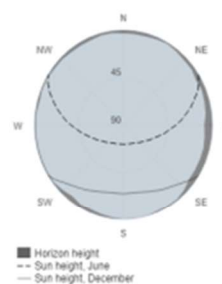
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 41,074,24,250  
 Horizon: Calculated  
 Database used: PVGIS-SARAH2  
 PV technology: Crystalline silicon  
 PV installed: 1 kWp  
 System loss: 14 %

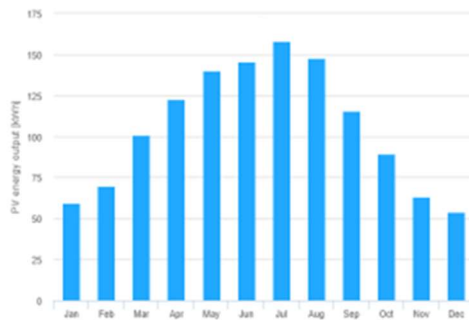
Simulation outputs

Slope angle: 12 °  
 Azimuth angle: 25 °  
 Yearly PV energy production: 1267 kWh  
 Yearly in-plane irradiation: 1713.65 kWh/m<sup>2</sup>  
 Year-to-year variability: 43.46 kWh  
 Changes in output due to:  
 Angle of incidence: -3.08 %  
 Spectral effects: 0.84 %  
 Temperature and low irradiance: -12.03 %  
 Total loss: -26.06 %

Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	59.4	73.8	10.9
February	69.8	87.4	10.3
March	100.9	129.6	11.3
April	122.8	163.4	11.2
May	140.1	192.2	8.4
June	145.7	204.7	9.6
July	158.4	225.9	5.9
August	147.9	210.8	5.8
September	115.7	158.9	7.9
October	89.5	118.3	12.4
November	63.0	80.6	9.3
December	53.9	67.9	10.0

E\_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].  
 H(i)\_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m<sup>2</sup>].  
 SD\_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission maintains the website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them. However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.  
 It is our goal to minimize disruption caused by technical errors. However, some data or information on this site may have been created or obtained in files or formats that are not secure and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such systems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using the site or any linked external site.  
 For more information, please visit [http://ec.europa.eu/ide-jec/index\\_en](http://ec.europa.eu/ide-jec/index_en).



PVGIS ©European Union, 2001-2022.  
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2022/10/20

Εικόνα 14. Εκτιμώμενη προσπίπτουσα ακτινοβολία και παραγωγή ενέργειας Φ/Β σταθμού βάσει PVGIS

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα η προσπίπτουσα ακτινοβολία για τη συγκεκριμένη γεωγραφική τοποθεσία είναι 1713,65 kWh / m<sup>2</sup>, και η εκτιμώμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας βάσει αζιμούθιου και της κλίσης της στέγης εκτιμάται σε 1267 kWh / εγκατεστημένο kW φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Συνεπώς για τις ετήσιες υφιστάμενες ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας  $E_{υφ} = 142,6232 \text{ MWh}$  (  $142.623 \text{ kWh}$ ), η συνολική απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών πλαισίων για την πλήρη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών θα πρέπει να είναι:

$$P_{Vεγκ} = \text{Ετήσια κατανάλωση} / \text{Εκτιμώμενη παραγωγή ανά } P_{εγκ}$$

$$\text{Δηλαδή } P_{Vεγκ} = 142623 / 1267 = 112,56 \text{ kW}$$

Η τελική επιλογή εγκατεστημένης ισχύος εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως τα οικονομοτεχνικά κριτήρια καθώς και από την διαθέσιμη επιφάνεια της στέγης.

Βάσει των οικονομοτεχνικών κριτηρίων, όπως της ανάλυσης της συσχέτισης του κόστους υλοποίησης και της αναμενόμενης απόδοσης και κατά συνέπεια δυσανάλογης του τελικού οφέλους κατηγοριοποίησης του έργου για το δίκτυο της μέσης τάσης ( άνω των 100kW ) η επιλογή της τελικής υπαγωγής του έργου στο δίκτυο χαμηλής τάσης ( έως 100 kW), κρίνεται ως αποδοτικότερη, συνεπώς η μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών πλαισίων που θα χωροθετηθούν στην στέγη θα είναι έως 100 kW.

## 2.3 Πρόβλεψη μελλοντικής επέκτασης της βιομηχανικής μονάδας

Καθώς η παρούσα μελέτη περιλαμβάνει τις υφιστάμενες ανάγκες , κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί πως η συνολική προσέγγιση της ενεργειακής εξοικονόμησης καθώς και το μέγεθος του φωτοβολταϊκού σταθμού δύναται να τροποποιηθεί στις επιπρόσθετες μελλοντικές αλλαγές αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος και συνεπώς και της παραγωγής ενέργειας. Κατόπιν υλοποίησης του έργου οι επιπρόσθετες ανάγκες που θα εξεταστούν προς μελλοντική επέκταση είναι η κάλυψη θερμικών αναγκών της βιομηχανίας καθώς και η ανανέωση στόλου αυτοκινήτων με ηλεκτρικά οχήματα.

Οι ανάγκες θέρμανσης υπολογίζονται σε  $360000 \text{ kcal/h}$  ή  $420 \text{ kW/h}$  , με την χρήση αντλίας θερμότητας για την κάλυψη των αναγκών η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος μιας αντλίας θερμότητας αναμένεται σε

$$C = W / COP$$

$$\text{για } COP = 3,5 \text{ ισχύει } , C = 420 / 3,5 = 120 \text{ kW}$$

Συνεπώς η ημερήσια κάλυψη για 8 ώρες είναι :

$$C_d = 120 * 8 = 960 \text{ kWh}$$

Μεσοσταθμικά για 60 ημέρες ανά έτος, είναι :

$$C_y = 57600 \text{ kWh}$$

Η επέκταση φωτοβολταϊκού σταθμού για την αντικατάσταση του στόλου των οχημάτων με ηλεκτροκίνητα, υπολογίζεται βάσει των παρακάτω δεδομένων:

Η επιχείρηση χρησιμοποιεί 5 εταιρικά οχήματα με μέσο όρο χρήσης 50000 χιλιόμετρα ανά έτος. Με μέση κατανάλωση των οχημάτων 20 kWh /100 χλμ., η συνολική ενεργειακή ζήτηση των οχημάτων είναι

$$E_{\text{αυτ}} = (5 \cdot 50000) / 20 = 12500 \text{ kWh}$$

Συνεπώς για την συνολική κάλυψη των μελλοντικών αναγκών θα απαιτηθούν :

$$E_{\text{μελ}} = 57600 + 12500 = 70100 \text{ kWh}$$

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> - ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

## 3.1 Φωτοβολταϊκά Πλαίσια

Η βέλτιστη επιλογή όλου του εξοπλισμού και ιδιαίτερος του ηλεκτρομηχανολογικού, αποτελεί μια κρίσιμη παράμετρο για την μακροπρόθεσμη και απροσδόκητη λειτουργία για όλη την διάρκεια ζωής του έργου. Η σωστή επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων, αφενός, ως προς την τεχνολογία κατασκευής τους, και αφετέρου ως προς τις τελικές ιδιαιτερότητες συμπεριφοράς των πλαισίων, κρίνεται ιδιάζουσας σημασίας τόσο για την διάρκεια ζωής του φωτοβολταϊκού πλαισίου και συνεπώς τόσο της παραγωγής ενέργειας όσο και της τελικής πραγματική απόδοσης ενέργειας ανά έτος. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια κατασκευάζονται από φωτοβολταϊκά στοιχεία διασυνδεδεμένα κατάλληλα μεταξύ τους (σε σειρά και εν παραλλήλω), ώστε να παράγουν επιθυμητή τάση και ένταση λειτουργίας και αποτελούν την βασική δομική μονάδα για όλα τα φωτοβολταϊκά συστήματα παραγωγής ενέργειας. Τα πλαίσια αυτά, εγκαθίστανται σε στέγες ή στο έδαφος και συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους με σκοπό να δημιουργηθούν οι φωτοβολταϊκές στοιχειοσειρές (strings) (Λεδάκης, 2022). Η πλειοψηφία των φωτοβολταϊκών πλαισίων έχουν τυπική ισχύ από 20W έως 600W, διαφορετικών τύπων και διαστάσεων.



Εικόνα 15 . Φωτοβολταϊκά πλαίσια σε πρόσοψη κτηρίου ( ΠΗΓΗ  
Α.ΤΣΟΠΡΙΑΔΗΣ – Γ.ΕΛΕΥΘΕΡΑΚΟΣ Ο.Ε.)

Κατασκευαστικά, τα Φωτοβολταϊκά Πάνελ αποτελούνται από:

1. Τις φωτοβολταϊκές κυψέλες
2. Το υλικό ενθυλάκωσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων ( EVA)
3. Το γυαλί στο μπροστά ή και στο πίσω μέρος (glass -glass panels )
4. Μembrάνη προστασίας στο πίσω μέρος (συνήθως TPT Tedlar)
5. Το πλαίσιο αλουμινίου
6. Το κουτί διασύνδεσης ( junction box)

Τα κύρια χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι :

- $P_n$  = Η ονομαστική ισχύς (σε Watt) ( υπο συγκεκριμένες συνθήκες)
- $V_{mp}$  = Η τάση που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ (σε Volt)
- $I_{mp}$  = Η ένταση ρεύματος που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ (σε Ampere)
- $V_{oc}$  = Τάση πλαισίου με ανοιχτό κύκλωμα (σε Volt)
- $I_{sc}$  = Ένταση βραχυκύκλωσης πλαισίου (σε Ampere)
- $V_{max}$  = Μέγιστη Τάση συστήματος (σε Volt)
- $T_{coe}$  = Συντελεστές επίδρασης θερμοκρασίας  $\alpha_{Pm}$  (%/C),  $\alpha_{Isc}$  (%/C),  $\alpha_{Voc}$  (mV/C)
- Εγγυήσεις απόδοσης και κατασκευής

Τα φωτοβολταϊκά διαθέτουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

1. Δεν ρυπαίνονται
2. Λειτουργούν αθόρυβα
3. Έχουν σημαντική διάρκεια ζωής
4. Συνεισφέρουν στην αποφυγή μεταφοράς καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
5. Είναι επεκτάσιμα, βάσει αναγκών
6. Δεν απαιτούν ιδιαίτερη συντήρηση
7. Απαλλάσσουν το δίκτυο από τις αιχμές ζήτησης
8. Συμβάλλουν στην προώθηση της ενεργειακής δημοκρατίας

Τα φωτοβολταϊκά συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος, προσφέροντας οφέλη για τον καταναλωτή και τη κοινωνία συνολικά, ελευθερώνοντας τις αγορές ενέργειας και προωθώντας την βιώσιμη ανάπτυξη. Η υλοποίηση της εγκατάστασης διενεργείται σχετικά εύκολα, ωστόσο υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα, όπως:

- Δεν έχουν την δυνατότητα να παράγουν ενέργεια όλο το 24ωρο, ώστε να ικανοποιήσουν την νυχτερινή ζήτηση, οπότε πρέπει να υπάρχει τρόπος αποθήκευσης της περίσσειας ενέργειας, εφόσον υπάρχει, από τις ώρες ηλιοφάνειας. Αυτό τα κάνει αναξιόπιστα ως σταθμούς βάσης ως μη γραμμική πηγή ενέργειας.

- Είναι σχετικά εύθραυστα και εύκολα προκαλείται ζημιά γεγονός όμως που αντιμετωπίζεται με την ασφάλιση τους.
- Η απόδοσή τους εξαρτάται από μην καθορισμένους περιβαλλοντικούς παράγοντες (ρύπανση, μικροκλίμα κ.τ.λ.)

Οι συνθήκες της παραγωγής αναφοράς αποτελούν το ζητούμενο δεδομένο κατά τον σχεδιασμό και την παρακολούθηση της μακροχρόνιας συμπεριφοράς της εκάστοτε διάταξης ως μέτρο σύγκρισης. Πρακτικά έχουν καθοριστεί κάποιες συνθήκες αναφοράς (Standard Test Conditions, STC) μέσω δοκιμών, οι οποίες θα ήταν βέλτιστες υπό προϋποθέσεις για την λειτουργία των φωτοβολταϊκών στοιχείων και είναι οι εξής:

- Ηλιακή ακτινοβολία : 1000 W/m<sup>2</sup>
- Θερμοκρασία στοιχείου : 25°C
- A.M. (Air Mass): 1,5

Οι συνθήκες αυτές λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Υπό το πρίσμα αυτό οι παράγοντες επίδρασης στην παραγωγή ενέργειας αλλά και τα αίτια τυχόν μειωμένης παραγωγής από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια συνοψίζονται ως παρακάτω:

- Θερμοκρασία

Η επίδραση της θερμοκρασίας είναι ιδιαίτερα σημαντική στην παραγωγή των φωτοβολταϊκών, που λειτουργούν ιδανικά συνήθως σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 25°C. Η διαφοροποίηση της θερμοκρασίας αυτής ιδιαίτερα το καλοκαίρι με τις υψηλές θερμοκρασίες της κυψέλης προκαλούν αρνητική επίδραση στη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, καθώς δημιουργείται πτώση τάσης στα ημιαγωγά στοιχεία κυψέλης και ως αποτέλεσμα μείωση της παραγόμενης ισχύος. Η πτώση αυτή πολλές φορές ξεπερνά το 15%, και αναγράφεται στα τεχνικά φυλλάδια του εκάστοτε κατασκευαστή ως θερμοκρασιακός συντελεστής.

- Ηλιακή ακτινοβολία

Η παραγόμενη ενέργεια από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα σε σταθερή χρονική βάση, εξαρτάται από τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία, επομένως και από την γεωγραφική θέση εγκατάστασης του συστήματος. Συγκρίνοντας δυο δέσμες ακτινοβολίας ίδιας ισχύος αλλά διαφορετικού μήκους κύματος, παρατηρούμε πως είναι ικανές να προκαλέσουν σε μια κυψέλη διαφορετική μεταξύ τους παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, συνεπώς διαφορετικό βαθμό απόδοσης. Η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας διαφέρει για τις διάφορες παραμέτρους εξόδου και μπορεί να αναλυθεί λαμβάνοντας υπόψιν τα ηλεκτρικά στοιχεία παραγωγής της κυψέλης συναρτήσει της αλλαγής της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω μεταβαλλόμενης ακτινοβολίας άρα παραγωγής ηλεκτρονίων και ως εκ τούτου, μεταβλητής ισχύος.

- Ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου

Η ταχύτητα αέρα σχετίζεται με την απαγωγή θερμότητας κυρίως μέσω της συναγωγής με την μάζα του αέρα να απάγει την θερμότητα από τις κυψέλες μέσω των δομικών στοιχείων του πλαισίου.

- Ρύπανση

Η κάλυψη των πλαισίων την επικάλυψη σκόνης, φύλλων, χιονιού, αλατιού από τη θάλασσα, εντόμων και άλλων ακαθαρσιών στην επιφάνεια τους επηρεάζει την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας στα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η πτώση της παραγωγής είναι σημαντική σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές λόγω της αιθάλης που υπάρχει στην ατμόσφαιρα η οποία προσκολλάται ισχυρά στη γυάλινη επιφάνεια των πλαισίων αυτών, δίχως να μπορεί να ξεπλυθούν ικανοποιητικά με την βροχή. Σε περιοχές με σημαντικές χιονοπτώσεις ή ανεμοθύελλες μελετάται η κλίση των πλαισίων ώστε να αποφευχθεί η συσσώρευση του χιονιού αλλά και της σκόνης. Σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να προβλέπεται στους υπολογισμούς παραγωγής η αντίστοιχη μείωση.

- Φαινόμενο PID (Potential Induced Degradation)

Είναι ένα φαινόμενο κατά το οποίο παρατηρείται μείωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων μεγαλύτερη από την αναμενόμενη, κυρίως λόγω της διαφοράς δυναμικού του αρνητικού πόλου της στοιχειοσειράς και του δυναμικού της γης σε υψηλές τάσεις, θερμοκρασία και υψηλή υγρασία. Το δυναμικό αυτό διαφεύγει μέσω των κατασκευαστικών στοιχείων του πλαισίου, γυαλιού ή της βάσης ανεξέλεγκτα προς την γη.

- Γήρανση υλικού

Η γήρανση των φωτοβολταϊκών πάνελ αλλά και του λοιπού ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που απαρτίζουν το φωτοβολταϊκό σύστημα κατά την

διάρκεια ζωής του παρουσιάζει βαθμιαία πτώση στην παραγόμενη ενέργεια, της τάξεως του 1% με 2% ετησίως, έτσι για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια η πτώση απόδοσης υπολογίζεται συνήθως σε 10% για 10 έτη. Η ακριβής αναγωγή δίνεται σύμφωνα με το φυλλάδιο εγγυήσεων του κατασκευαστή.

- Σκίαση - Hotspots

Η σκίαση των φωτοβολταϊκών πλαισίων μελετάται διεξοδικά στην διεθνή βιβλιογραφία. Τα κύρια αίτια που την προκαλούν είναι τα δέντρα οι κολώνες του ΔΕΔΔΗΕ περιφράξεις αλλά και λανθασμένοι υπολογισμοί για τοποθέτηση σε ταράτσα ως προς την απόσταση μεταξύ σειρών, όπου η μια σειρά υπό κλίση επηρεάζει την άλλη. Καθώς τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνδέονται σε ενιαία στοιχειοσειρά, όταν ένα πάνελ βρίσκεται υπό σκίαση ή και έχει σπασμένο γυαλί, τότε επηρεάζεται όλη η στοιχειοσειρά, καθώς το σκιασμένο στοιχείο λειτουργεί σαν δίοδος, με το κλειστό κύκλωμα να δέχεται από τα λοιπά εν λειτουργία φωτοβολταϊκά πλαίσια αντίστροφη τάση. Αυτό γίνεται και σε επίπεδο ενός πλαισίου το οποίο αποτελείται από κυψέλες, εάν βγει εκτός μια κυψέλη υπάρχει κίνδυνος να αναπτυχθεί τάση που μπορεί να υπερβεί την τάση διάσπασης του σκιασμένου στοιχείου καταστρέφοντας το, δηλαδή ένα σκιασμένο στοιχείο συμπεριφέρεται σαν αντίσταση που δέχεται την ενέργεια που παράγουν τα υπόλοιπα στοιχεία. Έτσι η παρατεταμένη σκίαση μιας κυψέλης και παράλληλα η έντονη ηλιοφάνεια επι των υπολοίπων κυψελών θα επιφέρει την καταστροφή όλου του πλαισίου, αφού δεν υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης μιας μόνο φωτοβολταϊκής κυψέλης. Αυτό ονομάζεται φαινόμενο HotSpot και αντιμετωπίζεται ικανοποιητικά με διόδους παράκαμψης των κυψελών.

- Riso (Χαμηλή αντίσταση απομόνωσης)

Σε όλη την διαδρομή ροής ισχύος από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, στα καλώδια συνεχούς τάσης αλλά και στους μετατροπείς η διάταξη παρουσιάζει ένα διαφορετικό δυναμικό ως προς γη. Η άριστη μόνωση, δηλαδή η αντίσταση μόνωσης των μερών αυτών ως προς γη εμποδίζει τη ροή ρεύματος από τη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση προς γη και εκμηδενίζει τον κίνδυνο κατά την επαφή, καθώς και τις απώλειες ροής ισχύος στο έδαφος. Αυτό το συνολικό ρεύμα προς γη, ονομάζεται και ρεύμα διαρροής, που για δεδομένη τάση συστήματος αυτό το ρεύμα διαρροής αντιστοιχεί σε μια συνολική ή και αντίσταση μόνωσης, η οποία ονομάζεται Riso.

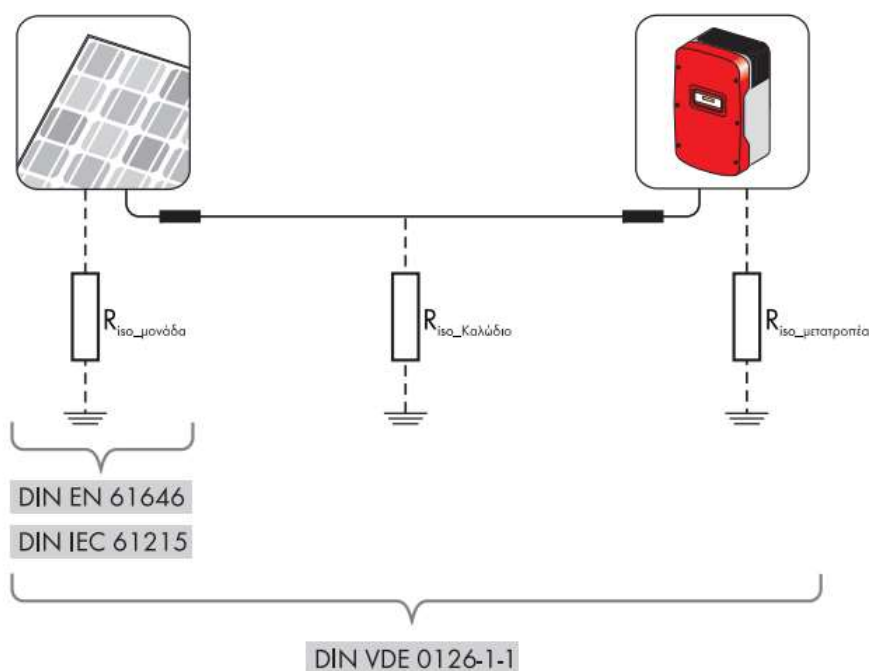
Για την Riso ισχύουν οι παρακάτω προδιαγραφές:

A) Για τα φωτοβολταϊκά πάνελ (DIN EN 61646, DIN IEC 61215): Η αντίσταση απομόνωση ανα τετραγωνικό μέτρο θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 40 MΩ. Δηλαδή ένα



φωτοβολταϊκό πλαίσιο με επιφάνεια δυο τετραγωνικών μέτρων θα πρέπει να έχει αντίσταση απομόνωσης τουλάχιστον 20 MΩ.

B) Για μετατροπείς χωρίς γαλβανική απομόνωση (χωρίς μετασχηματιστή) ισχύει το πρότυπο DIN VDE 0126-1-1: Στους περισσότερους κατασκευαστές ο ίδιος μετατροπέας την αντίσταση απομονώσεως της συνολικής εγκατάστασης, κατά την εκκίνηση της λειτουργίας του., αλλά στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις με μετατροπείς χωρίς γαλβανική απομόνωση αυτό είναι πάρα πολύ σημαντικό, καθώς και ένα μεμονωμένο βραχυκύκλωμα μπορεί να επιφέρει τραυματισμό ατόμων ή και υλικές ζημιές. Επειδή το όριο επικινδυνότητας για τον άνθρωπο είναι τα 30 mA, κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό το μέγεθος των ρευμάτων των διαρροών, έτσι η προδιαγραφόμενη τιμή  $R_{iso}$  εξαρτάται από τη μέγιστη τάση εισόδου του μετατροπέα, και συγκεκριμένα με το πρότυπο DIN VDE 0126-1-1 ισχύει: για αντίσταση απομόνωσης  $R_{iso} > 1 \text{ k}\Omega / \text{V}$ , αλλά τουλάχιστον 500 kΩ . (SMA HELLAS,2010)



Εικόνα 16 . Αντίσταση απομόνωσης ( πηγή SMA HELLAS)

- Πιθανή επαγόμενη αποικοδόμηση - Potential Induced Degradation (PID)

Η συνδεσμολογία των φωτοβολταϊκών πλαισίων που αθροίζει ανά ομάδες τις τάσεις των κυψελών , καθώς και η συνδεσμολογία των πλαισίων σε σειρά, ανεβάζουν την συνολική τάση λειτουργίας ανά στοιχειοσειρά ακόμη και στα 1.500 Volts. Παρόλο που αυτό επιδρά θετικά καθώς μειώνεται η συνολική ηλεκτρική αντίσταση της στοιχειοσειράς, αυτό μπορεί να οδηγήσει την υψηλή τάση αυτή σε ανεπιθύμητη διαρροή ρεύματος ανάμεσα στις φ/β κυψέλες με το γυαλί άλλα τα υλικά μεσω του γειωμένου φωτοβολταϊκού

πλαisiού, δημιουργώντας μία θετική φόρτιση πάνω στο αντιανακλαστικό στρώμα της επιφάνειας των κυψελών το οποίο χρησιμοποιείται ώστε να αυξάνεται η απόδοση των πλαisiών, δημιουργώντας έτσι τις συνθήκες προσωρινού βραχυκυκλώματος στις κυψέλες που επηρεάζονται από την τάση αυτή, με μείωση της τάσης τους και συνεπώς και της απόδοσής τους. Οι συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας με υψηλές τάσης, εντείνουν το φαινόμενο αυτό.

- Αποχρωματισμός (Discoloration)

Κάποια υλικά ενθυλάκωσης, ιδιαίτερα τα προηγούμενα έτη αποχρωματίζονταν έντονα παρατηρήθηκε πως αυτό έχει επίδραση στην πρόσφυση του υλικού ενθυλάκωσης αι του γυαλιού, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη αποδοτικότητα της τάξεως του 0,5%

- Μείωση απόδοσης (Efficiency degradation)

Μείωση της απόδοσης των πλαisiών, και κατά συνέπεια των στοιχειοσειρών (strings) που απαρτίζουν. Δύναται η μείωση της απόδοσης μίας στοιχειοσειράς (string) να δημιουργήσει εντονότερο πρόβλημα, σε εγκαταστάσεις που η προβληματική στοιχειοσειρά, βρίσκεται συνδεδεμένη στο ίδιο MPPT, του αντιστροφέα, αναγκάζοντας και την αποδοτική στοιχειοσειρά να υπολειτουργήσει

- “Ίχνος σαλιγκαριού” (Snail Trails)

Ο συνδυασμός του "ίχνους σαλιγκαριού" (snail trail) με τις εξωτερικές συνθήκες μπορεί να υποδηλώνει micro crack στη φωτοβολταϊκή κυψέλη, γεγονός που δύναται να οδηγήσει στη πτώση της απόδοσης. Η εμφάνιση του snail trail, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και την ύπαρξη προβλήματος απόδοσης, όμως η εμφάνιση φυσαλίδων πάνω σε ασημοσειρές σύνδεσης συνήθως συμβαίνει λόγω μικροραγισμάτων της κυψέλης (Filho et al., 2022)

- Διάβρωση (Corrosion)

Η διάβρωση των Φωτοβολταϊκών, ολοένα και περισσότερο εμφανίζεται σε συστήματα τα οποία έχουν φωτοβολταϊκά πλαίσια που φέρουν στη πίσω όψη (backsheet) το υλικό PET. Η ρηγμάτωση του backsheet, επιτρέπει βραχυκυκλώματα σε επίπεδο κυψέλης και δημιουργεί αποσυνδέσεις λόγω εμφάνισης του φαινομένου Riso

Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά και παράγοντες απόδοσης, όπως κατά την αρχική εγκατάσταση, έτσι και κατά την διάρκεια λειτουργίας του φωτοβολταϊκού σταθμού, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες και τις απαιτήσεις της εγκατάστασης.

Κάποιες από τις συνθήκες επιλογής φωτοβολταϊκών πλαisiών αναλύονται ως παρακάτω :

- Τυχών περιορισμό της προσφερόμενης επιφάνειας τοποθέτησης . ( Επιλογή πλαισίων κατάλληλης απόδοσης ανά τετραγωνικό μέτρο)
- Προσφερόμενες συνθήκες απαγωγής θερμότητας από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ( για στέγες με πολυουρεθάνη ή άλλα μονωτικά υλικά , επιλογή πλαισίων με όσο το δυνατόν βέλτιστο θερμοκρασιακό συντελεστή ) \*
- Συμβατότητα με τους αναστροφείς στις τάσεις και εντάσεις λειτουργίας , αλγοριθμικά , συναρτήσει των θερμοκρασιακών συντελεστών, με γνώμονα τον βέλτιστο βαθμό απόδοσης λειτουργίας του συστήματος συνολικά
- Συσχέτιση τυχών σκιάσεων της εγκατάστασης με τα χαρακτηριστικά του πλαισίου ( αριθμός διόδων παράκαμψης ,τελική επίδραση στην καμπύλη λειτουργίας τάσης – έντασης)
- Γενικά ποιοτικά χαρακτηριστικά ( ποιότητα κυψελών , πλαίσιο αλουμινίου , υλικού ενθλάκωσης , γυαλιού , κυτίου διασύνδεσης )
- Εγγυήσεις απόδοσης και κατασκευής
- Προφίλ της κατασκευάστριας εταιρείας – Υποστήριξη

\* Επιπλέον των παραπάνω, καθώς η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων θα υλοποιηθεί στην μονωμένη στέγη της εγκατάστασης, θα πρέπει να αναλυθεί το οικονομοτεχνικό κριτήριο συσχέτισης ανύψωσης των βάσεων , με διπλό πλέγμα αλουμινίου για την βελτίωση της απαγωγής της θερμότητας ,για την αύξηση της παραγωγής σε σχέση με το κόστος της υλοποίησης του έργου.

Βάσει των παραπάνω, καθώς και της διαθεσιμότητας της αγοράς, η τελική επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων που εξετάστηκαν είναι τα LUXOR SOLAR , μοντέλο LX-380W 120 / 166+ HC, BW

# ECO LINE HALF CELL M120 / 365 - 385W

Monocrystalline module family      Module type LX - XXXM/166-120+ | XXX = Rated power Pmpp

## Electrical data at STC

Rated power Pmpp [Wp]	365.00	370.00	375.00	380.00	385.00
Pmpp range to	371.49	376.49	381.49	386.49	391.49
Rated current Imp [A]	10.69	10.74	10.81	10.88	10.94
Rated voltage Vmp [V]	34.17	34.48	34.72	34.96	35.21
Short-circuit current Isc [A]	11.27	11.34	11.41	11.49	11.55
Open-circuit voltage Uoc [V]	40.76	41.04	41.33	41.62	41.91
Efficiency at STC up to	20.08%	20.35%	20.62%	20.89%	21.16%
Efficiency at 200 W/m <sup>2</sup>	19.50%	19.77%	20.04%	20.31%	20.55%

## Electrical data at NOCT

Power at Pmpp [Wp]	270.70	274.76	278.86	283.01	286.95
Rated current Imp [A]	8.53	8.59	8.66	8.73	8.78
Rated voltage Vmp [V]	31.73	31.98	32.21	32.43	32.66
Short-circuit current Isc [A]	9.09	9.15	9.22	9.28	9.33
Open-circuit voltage Uoc [V]	37.62	37.90	38.17	38.45	38.74

Specification as per STC (Standard test conditions): irradiance 1000 W/m<sup>2</sup> | module temperature 25°C | Air Mass = 1.5  
 NOCT (nominal operating cell temperature): irradiance 800 W/m<sup>2</sup> | wind speed 1m/sec | ambient temperature 20°C | cell operating temperature 45 +/- 2°C | Air Mass = 1.5

## Limiting values

Max. system voltage [V]	1000 V or 1500 V
Max. return current [I]	20 A
Operating Temperature	-40 to 85°C
Safety class	II
Max. tested pressure load [Pa] <sup>2</sup>	5400
Max. tested tensile load [Pa] <sup>2</sup>	2400

## Temperature coefficient

Temperature coefficient [V]   [I]   [P]	-0.285% /°C   0.049% /°C   -0.360% /°C
---	--

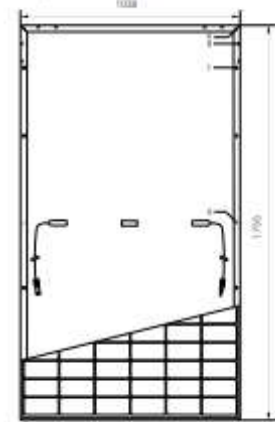
## Specifications

Number of cells (matrix)	120 (6 x 20)   166 mm x 83 mm
Module dimensions (LxWxH) <sup>1</sup>   Weight	1755 mm x 1038 mm x 30 mm   19.5 kg
Front-side glass	3.2 mm tempered highly transparent, anti-reflection solar glass
Frame	stable, anodised aluminium frame
Junction Box	At least IP67
Cable	symmetrical cable lengths > 1.1 m and 1.1 m, 4 mm <sup>2</sup> solar cable
Diodes	3 Schottky Diodes
Plug-in connection	MC4 or equivalent (IP67)
Hail test (max. hailstorm)	Ø 45 mm   impact velocity 23 m/s ± 83 km/h

The specifications and average values can vary slightly. Relevant is the corresponding data of the individual measurement. Specifications are subject to change without notice. Measurement tolerance depending on equipment: rated power +/- 3%, other values +/- 10%. All information given in this data sheet corresponds to DIN EN 50380. A potential light-induced degradation of the power after commissioning is not considered here. Further information in the installation manuals.

<sup>1</sup> The specific warranty conditions are given under [www.luxor-solar.com/downloads.html](http://www.luxor-solar.com/downloads.html).  
<sup>2</sup> Horizontal mounted, for details please check mounting instruction.  
<sup>3</sup> Tolerance L/W = +/- 3 mm. H +/- 2mm, the dimensions given in the order confirmation will be decisive.  
<sup>4</sup> Location and dimensions of holes on request.

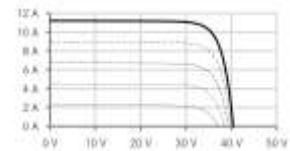
## Back - / Front - view<sup>2</sup>



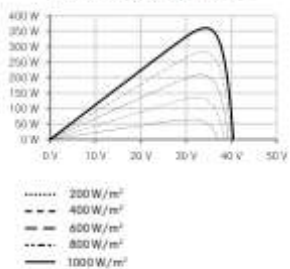
Drilled holes<sup>4</sup>:  
 A: 4 x drainage  
 B: 16 x ventilation  
 C: 8 x mounting  
 D: 2 x earthing

## Electrical characteristics

UI-diagram e.g. LX-365M/166-120+



UP-diagram e.g. LX-365M/166-120+



Luxor, your specialised company



IEC  
 IEC 61215  
 IEC 61730



Guidelines:  
 93/68/EEC  
 2014/30/EU, (EMC)  
 2014/53/EU, (EMC)

The validity of the certificates/listings for a specific country has to be examined under [www.luxor-solar.com/downloads.html](http://www.luxor-solar.com/downloads.html)

ECO LINE HC\_M120/365-385W\_03/2022

Εικόνα 17. Τεχνικό φυλλάδιο φωτοβολταϊκού πλαισίου LUXOR LX-380W M120 / 166+ HC, BW

Λόγω του περιορισμού των 100kW εγκατεστημένης ισχύος για την διασύνδεση στην χαμηλή τάση, η μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς των συγκεκριμένων για μέγιστο αριθμό πλαισίων υπολογίζεται σε : 100000 Watt /380 πλαίσια = 263,15 ( 263 ακέραιος

αριθμός ), συνεπώς η μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς θα είναι  $263 \text{ πλαίσια} * 380 \text{ Watt} = 99,94 \text{ kW}_{\text{εγκ}}$

### 3.2. Φ/Β Αντιστροφέας (INVERTER)

Φ/Β Αντιστροφέας ή inverter είναι μια ηλεκτρονική διάταξη που τροποποιεί την συνεχή ηλεκτρική τάση σε εναλλασσόμενη . Ο Φ/Β αντιστροφέας κατά την διάρκεια της ημέρας μετατρέπει το παραγόμενο από τις στοιχειοσειρές συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο, για μπορεί να συγχρονιστεί με το δίκτυο μεταφοράς και διανομής του ΔΕΔΔΗΕ . Υπάρχουν πολλοί είδη αντιστροφέων που βρίσκουν εφαρμογή στην καθημερινή μας ζωή , αλλά και στην βιομηχανία. (Χατζηχριστοφής , 2011). Η σωστή επιλογή του αντιστροφέα είναι ζωτικής σημασίας για μια Φ/Β εγκατάσταση αφού είναι η αρχή και το τέλος της ομαλής λειτουργίας και διαχείρισης του ρεύματος . Οι αντιστροφείς χωρίζονται σε μονοφασικούς και τριφασικούς αντιστροφείς, με μεγέθη από μερικές εκατοντάδες watt έως πολλά kW

Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά ενός αντιστροφέα είναι ( Ασημακόπουλος κ.α., 2013) :

- ο ονομαστικός βαθμός απόδοσης ( $\eta_{inv,ETA}$ )
- η μέγιστη τάση ( $U_{max,DC}$ )
- το εύρος τάσης MPPT ( $U_{MPPT,HI} \sim U_{MPPT,LO}$ )
- η μέγιστη ένταση ρεύματος ( $I_{max,DC}$ )
- ο μέγιστος αριθμός παράλληλων γραμμών από φωτοβολταϊκά ( $S_{max}$ ) που δέχεται ο αντιστροφέας

Ο Φ/Β αντιστροφέας διαθέτει μια ή περισσότερες εισόδους όπου μπορούν να συνδεθούν οι στοιχειοσειρές και μια έξοδο όπου το παραγόμενο ρεύμα είναι πλέον τροποποιημένο και έτοιμο για χρήση (Τατάκης, 2014), στον επιλεγμένο μετατροπέα, τριφασικό αντιστροφέα Sunny Tripower 25000TL-30 της γερμανικής εταιρείας SMA, υπάρχουν 2 MPP ( ανιχνευτές σημείου μέγιστης ισχύος ) που αντιστοιχούν στην είσοδο A και στην είσοδο B. Η επιλογή της συγκεκριμένη εταιρείας πραγματοποιήθηκε με βάση του κριτηρίου της αξιοπιστίας , των τεχνικών χαρακτηριστικών και του service που παρέχει στην χώρα μας.

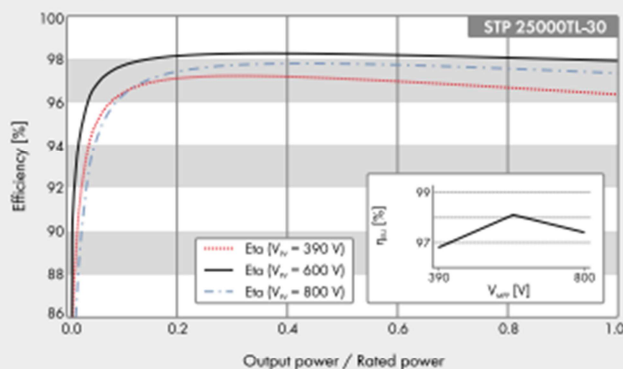
Μερικά από τα χαρακτηριστικά που διέπουν τον συγκεκριμένο αντιστροφέα είναι τα εξής:

- Υψηλός βαθμός απόδοσης που αγγίζει το 98,3 %
- Τροποποίηση του βαθμού απόδοσης μέσω του συστήματος ελέγχου ανιχνευτή σημείου μέγιστης ισχύος
- Πολλαπλές δικλείδες ασφάλειας
- Διάγνωση σφάλματων των στοιχειοσειρών

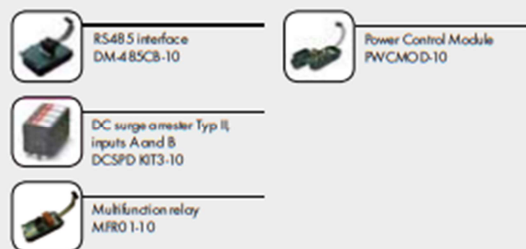
- Ενσωματωμένος απαγωγός υπέρτασης DC (τύπου II)
- Ευελιξία ευρους τάσης εισόδου DC έως και 1.000 V
- Ενσωματωμένες λειτουργίες διαχείρισης δικτύου
- Σύνδεση καλωδίων χωρίς εργαλεία με σύστημα σύνδεσης DC SUNCLIX
- Εύκολη πρόσβαση στην περιοχή συνδέσεων

Ο Μετατροπέας αυτός τηρεί όλες τις προδιαγραφές για την παροχή έργου ισχύος και λοιπών παραμέτρων υποστήριξης δικτύου, όπως της προστασίας κατά της νησιδοποίησης, δίνοντας όλα τα απαραίτητα στοιχεία σωστής διαχείρισης του δικτύου. Τα συστήματα αναγνώρισης των τυχόν βλαβών των στοιχειοσειρών με τις ηλεκτρονικές ασφάλειες των στοιχειοσειρών και τον απαγωγό υπέρτασης DC Τύπου II, διασφαλίζει την υψηλή διαθεσιμότητα και παραγωγή ενέργειας του μετατροπέα.

## Efficiency Curve



## Accessory



● Standard features ○ Optional features – Not available  
Data at nominal conditions  
Status: 02/2021

### Technical Data

#### Input (DC)

Max. generator power	27000 Wp	36000 Wp	45000 Wp
DC rated power	15330 W	20440 W	25550 W
Max. input voltage	1000 V	1000 V	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	240 V to 800 V / 600 V	320 V to 800 V / 600 V	390 V to 800 V / 600 V
Min. input voltage / start input voltage	150 V / 188 V	150 V / 188 V	150 V / 188 V
Max. input current input A / input B	33 A / 33 A	33 A / 33 A	33 A / 33 A
Max. DC short-circuit current input A/input B	43 A / 43 A	43 A / 43 A	43 A / 43 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A:3; B:3	2 / A:3; B:3	2 / A:3; B:3

#### Output (AC)

Rated power [at 230 V, 50 Hz]	15000 W	20000 W	25000 W
Max. AC apparent power	15000 VA	20000 VA	25000 VA
AC nominal voltage		3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V	
AC voltage range		180 V to 280 V	
AC grid frequency / range		50 Hz / 44 Hz to 55 Hz 60 Hz / 54 Hz to 65 Hz	
Rated power frequency / rated grid voltage		50 Hz / 230 V	
Max. output current / Rated output current	29 A / 21.7 A	29 A / 29 A	36.2 A / 36.2 A
Power factor at rated power / Adjustable displacement power factor		1 / 0 overexcited to 0 underexcited	
THD		≤ 3%	
Feed-in phases / connection phases		3 / 3	

#### Efficiency

Max. efficiency / European Efficiency	98.4% / 98.0%	98.4% / 98.0%	98.3% / 98.1%
---------------------------------------	---------------	---------------	---------------

#### Protective devices

DC-side disconnection device	●
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●
DC surge arrester [Type II] can be integrated	○
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	● / ● / -
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●
Protection class [according to IEC 62109-1] / overvoltage category [according to IEC 62109-1]	I / AC: III; DC: II

#### General data

Dimensions [W / H / D]	661 / 682 / 264 mm [26.0 / 26.9 / 10.4 inch]
Weight	61 kg [134.48 lb]
Operating temperature range	-25 °C to +60 °C [-13 °F to +140 °F]
Noise emission [typical]	51 dB(A)
Self-consumption [at night]	1 W
Topology / cooling concept	Transformerless / Opticool
Degree of protection [as per IEC 60529]	IP65
Climatic category [according to IEC 60721-3-4]	4K4H
Maximum permissible value for relative humidity [non-condensing]	100%

#### Features / function / Accessories

DC connection / AC connection	SUNCLIX / spring-cage terminal
Display	○
Interface: RS485, Speedwire/Webconnect	○ / ●
Data interface: SMA Modbus / SunSpec Modbus	● / ●
Multifunction relay / Power Control Module	○ / ○
Shade management SMA ShadeFix / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	● / ● / ●
Off-Grid capable / SMA Fuel Save Controller compatible	● / ●
Guarantee: 5 / 10 / 15 / 20 years	● / ○ / ○ / ○
Certificates and permits [more available on request]	AS 4777, BDEW 2008, C10/11, CE, CEI 0-16, CB 021, CNS 15382, CNS 15426, DEWA 2.0, DK1, DK2, EN 50549-1, EN 50549-2, G99/1, EN 50438:2013*, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IS 16221-1/2, IS 16169, MEA 2013, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 0972-1, PEA 2013, NTS, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n.° 2013, RFG compliant, S4777, TD generator, UTE C15712-1, VDE 0126-1-1, VDE-ARN 4105, VDE-ARN 4110, VFR 2014

\* Does not apply to all national appendices of EN 50438

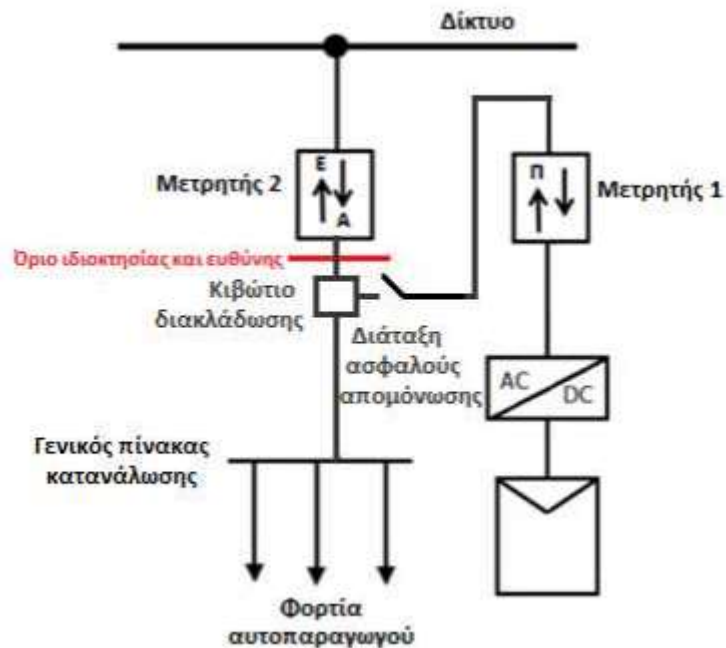
Type designation

	Sunny Tripower 15000TL	Sunny Tripower 20000TL	Sunny Tripower 25000TL	
Max. generator power	27000 Wp	36000 Wp	45000 Wp	
DC rated power	15330 W	20440 W	25550 W	
Max. input voltage	1000 V	1000 V	1000 V	
MPP voltage range / rated input voltage	240 V to 800 V / 600 V	320 V to 800 V / 600 V	390 V to 800 V / 600 V	
Min. input voltage / start input voltage	150 V / 188 V	150 V / 188 V	150 V / 188 V	
Max. input current input A / input B	33 A / 33 A	33 A / 33 A	33 A / 33 A	
Max. DC short-circuit current input A/input B	43 A / 43 A	43 A / 43 A	43 A / 43 A	
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A:3; B:3	2 / A:3; B:3	2 / A:3; B:3	
Rated power [at 230 V, 50 Hz]	15000 W	20000 W	25000 W	
Max. AC apparent power	15000 VA	20000 VA	25000 VA	
AC nominal voltage		3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V		
AC voltage range		180 V to 280 V		
AC grid frequency / range		50 Hz / 44 Hz to 55 Hz 60 Hz / 54 Hz to 65 Hz		
Rated power frequency / rated grid voltage		50 Hz / 230 V		
Max. output current / Rated output current	29 A / 21.7 A	29 A / 29 A	36.2 A / 36.2 A	
Power factor at rated power / Adjustable displacement power factor		1 / 0 overexcited to 0 underexcited		
THD		≤ 3%		
Feed-in phases / connection phases		3 / 3		
Max. efficiency / European Efficiency	98.4% / 98.0%	98.4% / 98.0%	98.3% / 98.1%	
DC-side disconnection device		●		
Ground fault monitoring / grid monitoring		● / ●		
DC surge arrester [Type II] can be integrated		○		
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated		● / ● / -		
All-pole sensitive residual-current monitoring unit		●		
Protection class [according to IEC 62109-1] / overvoltage category [according to IEC 62109-1]		I / AC: III; DC: II		
Dimensions [W / H / D]	661 / 682 / 264 mm [26.0 / 26.9 / 10.4 inch]			
Weight		61 kg [134.48 lb]		
Operating temperature range		-25 °C to +60 °C [-13 °F to +140 °F]		
Noise emission [typical]		51 dB(A)		
Self-consumption [at night]		1 W		
Topology / cooling concept		Transformerless / Opticool		
Degree of protection [as per IEC 60529]		IP65		
Climatic category [according to IEC 60721-3-4]		4K4H		
Maximum permissible value for relative humidity [non-condensing]		100%		
DC connection / AC connection		SUNCLIX / spring-cage terminal		
Display		○		
Interface: RS485, Speedwire/Webconnect		○ / ●		
Data interface: SMA Modbus / SunSpec Modbus		● / ●		
Multifunction relay / Power Control Module		○ / ○		
Shade management SMA ShadeFix / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7		● / ● / ●		
Off-Grid capable / SMA Fuel Save Controller compatible		● / ●		
Guarantee: 5 / 10 / 15 / 20 years		● / ○ / ○ / ○		
Certificates and permits [more available on request]		AS 4777, BDEW 2008, C10/11, CE, CEI 0-16, CB 021, CNS 15382, CNS 15426, DEWA 2.0, DK1, DK2, EN 50549-1, EN 50549-2, G99/1, EN 50438:2013*, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IS 16221-1/2, IS 16169, MEA 2013, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 0972-1, PEA 2013, NTS, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n.° 2013, RFG compliant, S4777, TD generator, UTE C15712-1, VDE 0126-1-1, VDE-ARN 4105, VDE-ARN 4110, VFR 2014		
Type designation	STP 15000TL-30	STP 20000TL-30	STP 25000TL-30	

Εικόνα 18 . Τεχνικό φυλλάδιο μετατροπέα SMA TRIPOWER 25000TL-30 ( ΠΗΓΗ SMA)

### 3.3. Μετρητικές διατάξεις

Ο ρόλος των μετρητικών διατάξεων είναι να καταγράφει την παραγόμενη από τον φωτοβολταϊκό σταθμό και την καταναλισκόμενη ενέργεια της εγκατάστασης, έτσι για την διασύνδεση των φωτοβολταϊκών διατάξεων από αυτοπαραγωγό με το προγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού στο δίκτυο χαμηλής τάσης, θα πρέπει να μετρηθεί η ενέργεια που απορροφάτε αλλά και ενέργεια που εγχέεται στο το δίκτυο μεταφοράς και διανομής μέσω ενός μετρητή (Μετρητής 2 στο παρακάτω σχήμα) δηλαδή είναι διπλής κατεύθυνσης καταγραφεί την ενέργεια που παράγεται από το φωτοβολταϊκό συστημα μέσω ενός άλλου μετρητή παραγωγής (Μετρητής 1 στο σχήμα). Εάν ο υπάρχων μετρητής της εγκατάστασης κατανάλωσης έχει τη δυνατότητα αυτή, αντικαθίσταται με νέο μετρητή διπλής ροής από τον πάροχο. Η εγκατάσταση του μετρητή 1 γίνεται από τον αυτοπαραγωγό. Η διασύνδεση απεικονίζεται παρακάτω:

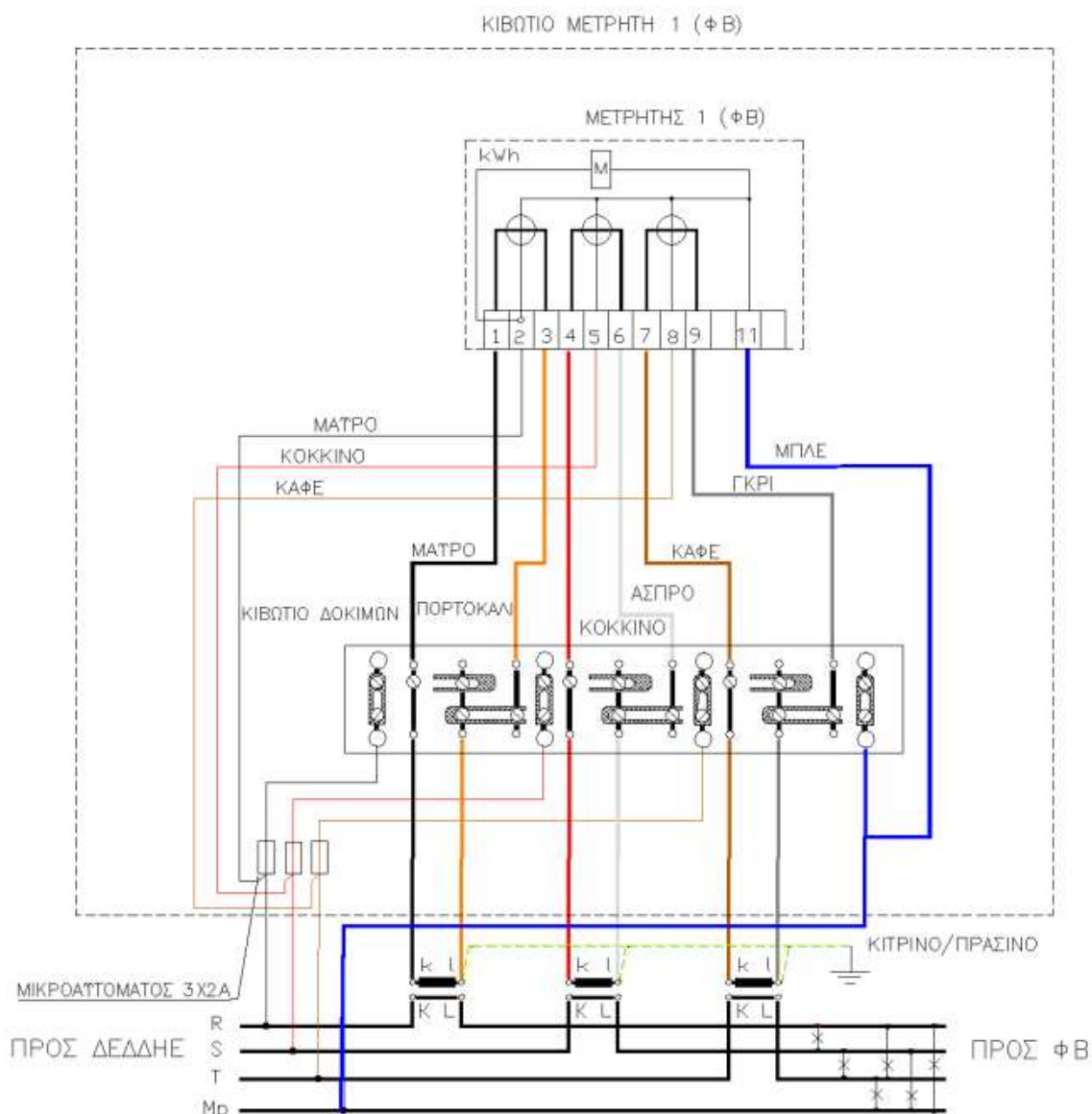


Σχήμα 1: Διασύνδεση μετρητών αυτοπαραγωγού net-metering.(ΠΗΓΗ ΔΕΔΔΗΕ)

Η διάταξη συνδεσμολογίας του μετρητή αποτελείται από το κιβώτιο του μετρητή (χελώνη) που περιέχει τον ίδιο τον μετρητή και το σύστημα επικοινωνίας(GSM), το κιβώτιο δοκιμών, τριφασικό μικροαυτόματο διακόπτη αλλά και τους μετασχηματιστές έντασης. Η καλωδίωση μέτρησης είναι συνεχής χωρίς να υπάρχουν ενδιάμεσοι τερματισμοί, επίσης υπάρχει εύκολα προς επιθεώρηση όδευσή τους. Το μεγαλύτερο μήκος καλωδίου διασύνδεσης των μετρητών με τον μετασχηματιστή έντασης είναι τέσσερα μέτρα. Γίνεται χρήση πολύκλωνων χάλκινων αγωγών 2,5 mm<sup>2</sup> για τα κυκλώματα τάσης και 4 mm<sup>2</sup> για τα κυκλώματα έντασης, γείωσης και ουδετέρου. Στους τερματισμούς των καλωδίων όπως των



ακροδεκτών των Μ/Σ έντασης, γείωσης, ουδέτερου, κιβωτίου δοκιμών, ακροδεκτών μετρητή, γίνεται χρήση ευθυγράμμων ακροχιτώνων ή των κωσ με σπή. Υπάρχει συγκεκριμένος χρωματικός κώδικας διασύνδεσης όπως απεικονίζεται παρακάτω:



Σχήμα 2: Διασύνδεση τριφασικού μετρητή ΦΒ ισχύος 55 kWp έως 100 kWp

Ο τριφασικός μετρητής που θα εγκατασταθεί είναι ο μετρητής ενέργειας GAMA 300 μαζί με το μόντεμ τηλεμετρίας. Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό του net metering είναι ότι ενισχύει την ανάπτυξη τεχνολογιών έξυπνων μετρητών. Οι έξυπνοι μετρητές αντικαθιστούν τους συμβατικούς μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας και παρέχουν στους καταναλωτές συνεχή πρόσβαση σε ακριβείς μετρήσεις ενέργειας που παράγουν, καταναλώνουν ή τροφοδοτούν στο δίκτυο, σε ζωντανό χρόνο καθώς και για την τιμή στην οποία χρεώνεται ή αγοράζεται η ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο (Brown & Sappington, 2017).



Εικόνα19. Μετρητής , μόντεμ και χελώνη τοποθέτησης

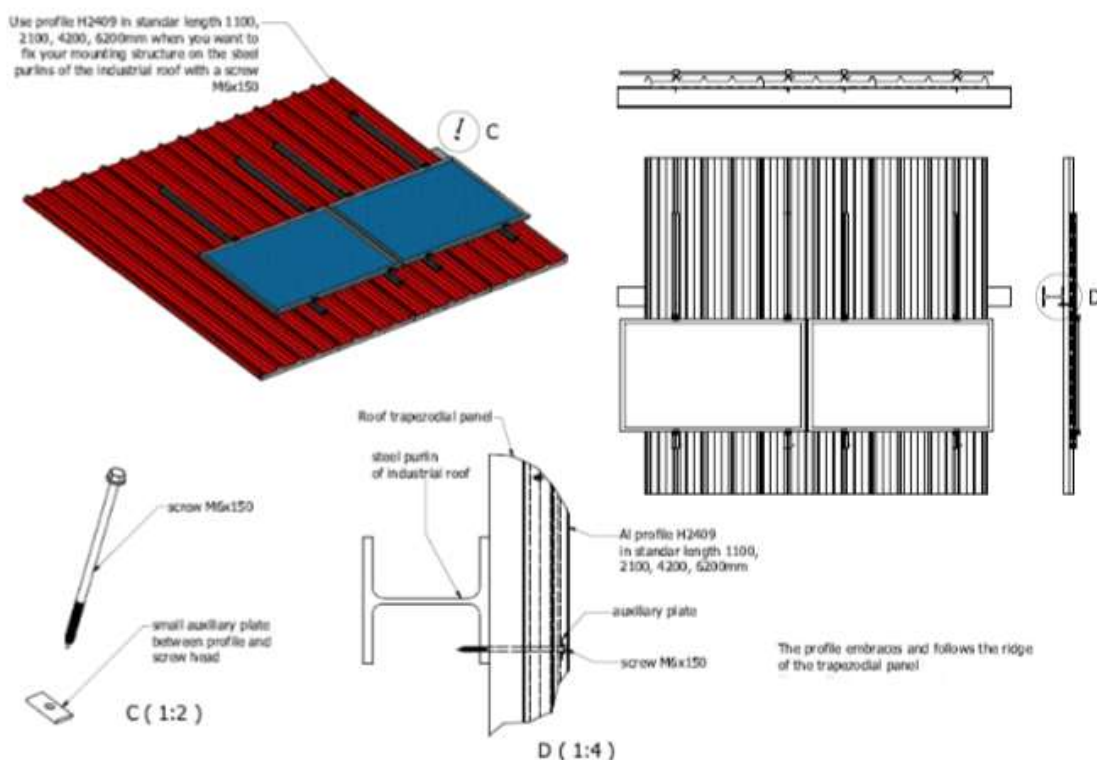
Είναι σημαντικό, εκτός από σκοπούς ενημέρωσης για την παραγόμενη ή καταναλισκόμενη ενέργεια , η έξυπνη μέτρηση μπορεί επίσης να συμπληρώσει τις διακυμάνσεις του δικτύου μέσω της συνεχούς μέτρησης για να μέσω της αμοιβής ή κίνητρων που χορηγείται στους αυτοκαταναλωτές, έτσι το μοντέλο αποζημίωσης δεν χρειάζεται να είναι σταθερό, αλλά θα πρέπει να αντανακλά τις τιμές βάσει χρόνου και στιγμής της χρήσης. Ένα τέτοιο μοντέλο τιμολόγησης σε πραγματικό χρόνο ανταποκρίνεται περισσότερο στην αγορά και αναμένεται να παρακινήσει τους αγοραστές να τροφοδοτήσουν ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο σε ώρες αιχμής όταν η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλή, και η εισροή τους θα έχει μεγαλύτερη οικονομική αξία. Έτσι, οι καταναλωτές θα συμβάλουν ενεργά στον μετριασμό της συμφόρησης του δικτύου. Αντίθετα, θα επιλέξουν την ιδιοκατανάλωση εκτός αιχμής, όταν η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ικανοποιεί σε μεγάλο βαθμό τη ζήτηση (Darghouth et al., 2014)

### 3.4. Βάσεις στήριξης φωτοβολταϊκών πλαισίων

Για την στήριξη των φωτοβολταϊκών πλαισίων στην επιφάνεια της στέγης η επιλογή των βάσεων στηρίχθηκε σε άξονες της ποιότητας , ταχύτητας, ασφάλειας

συναρτήσει του κόστους προμήθειας και της εγκατάστασης. Δηλαδή οι προϋποθέσεις επιλογής ήταν :

- Εύκολη και γρήγορη συναρμολόγηση.
- Βέλτιστη προσαρμογή στο υπάρχον τύπο βιομηχανικού πάνελ.
- Ελαφρύ και δυνατό προφίλ για να μειωθεί το βάρος της κατασκευής στην βιομηχανική στέγη.
- Μέγιστη κάλυψη της στέγης ανά τετραγωνικό μέτρο
- Ικανοποιητικό ύψους του προφίλ, ώστε τα φωτοβολταϊκά πάνελ να απάγουν καλύτερα την θερμότητα ώστε να έχουν καλύτερες επιδόσεις σε υψηλές θερμοκρασίες.
- Κόστος αγοράς



Εικόνα 20. Λεπτομέρειες στήριξης των βάσεων στις τεγίδες του κτηρίου (πηγή ALUMIL SOLAR)

Η επιπρόσθετη ανύψωση των βάσεων, λόγω επαρκούς ύψους των προφίλ της κατασκευάστριας εταιρείας, δεν κρίνεται σκόπιμη με τεχνοοικονομικά κριτήρια, καθώς τα επιπρόσθετα οφέλη απόδοσης από την μείωση του θερμοκρασιακού συντελεστή ισχύος στην συγκεκριμένη εφαρμογή είναι δυσανάλογα των επιπρόσθετων κοστολογίων προμήθειας και εγκατάστασης βάσεων πλέγματος ( διπλών ) .



Εικόνα 21. Τοποθέτηση πλαισίων επί βάσεων βιομηχανικής στέγης ( ΠΗΓΗ  
Α.ΤΣΟΠΡΙΑΔΗΣ Γ. ΕΛΕΥΘΕΡΑΚΟΣ Ο.Ε.

### 3.5. Γείωση του συστήματος

Τα βασικά πρότυπα αναφοράς γειώσεων είναι ιδιαίζουσας σημασίας και συνεισφέρουν στην ορθή σχεδίαση και ασφαλή κατασκευή του φωτοβολταϊκού συστήματος, ως προς την προστασία των ατόμων αλλά και ιδανικής λειτουργίας της εγκατάστασης του εξοπλισμού. Στα πλαίσια εφαρμογής των προτύπων η σχεδίαση των εγκαταστάσεων γείωσης με τα λογισμικά προσομοίωσης τα οποία ελέγχουν με την σειρά τους την ασφάλεια που παρέχεται στην περίπτωση σφάλματος γης , προηγείται της επιλογής υλικών, σε διαστάσεις/διατομές υλικών γείωσης που θα χρησιμοποιηθούν . Στην συνέχεια σχεδιάζεται το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας με υπολογισμούς στάθμης Προστασίας 1-4. Χρησιμοποιείται η μέθοδος ακτίνας προστασίας με αλεξικέραυνα ενισχυμένου ιονισμού η με την μέθοδο κυλιόμενης σφαίρας αλλά και γωνίας προστασίας με διμερές απομονωμένες ακίδες σύλληψης, υπάρχουν επίσης γωνιακές ακίδες σύλληψης επί της βάσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Γίνεται η ισοδυναμική διασύνδεση όλων των μεταλλικών μερών της οροφής με αγωγό κατάλληλης διατομής. Στα αντιδιαμετρικά άκρα της στέγης , εγκαθίστανται κάθοδοι, που τα οδηγούν σε τρίγωνα γείωσης που μπαίνουν και δίπλα με το ερμάριο του παρόχου βρίσκονται σε βάθος 120 εκατοστών από την επιφάνεια της γης, και αποτελούνται από τρία ηλεκτρόδια Φ20x150 cm δημιουργώντας ισόπλευρο τρίγωνο πλευράς 2.5μ, περιβαλλόμενο από λάμα 30x3 από χαλκό. Από τα ηλεκτρόδια οδεύει

χάλκινος αγωγός διατομής 50 mm<sup>2</sup> που ενώνεται με την γείωση των απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων και με τον εξοπλισμό του παρόχου. Τα τρίγωνα αυτά θα είναι συνδεδεμένα με το σύστημα της θεμελιακής γείωσης του κτηρίου δομώντας ένα ολοκληρωμένο ισοδυναμικό σύστημα γείωσης και προστασίας του φωτοβολταϊκού σταθμού.

### 3.6. Καλωδιώσεις D.C.

Οι στοιχειοσειρές των φωτοβολταϊκών συνδέονται εύκαμπτα καλώδια με μόνωση και μανδύα από ελαστικό υψηλής αντοχής τύπου LAPTHERM SOLAR 1x6mm<sup>2</sup>. Είναι πιστοποιημένα κατά ΕΛΟΤ 623.4 και HD 22.4. Ενδείκνυνται για χρήση σε ξηρούς, υγρούς ή βρεγμένους χώρους στο ύπαιθρο/Εύρος θερμοκρασίας από -40oC ως 120oC.

- Μέγιστη τάση λειτουργίας 2 KV DC.
- Προσδοκώμενη διάρκεια ζωής >25 έτη.
- Ανοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV Protection).
- Δυνατότητα τοποθέτησης σε εξωτερικούς χώρους, εντός σωλήνων ή και καναλιών.
- Μανδύας και μόνωση από υλικό ελεύθερων αλογόνων με ανοχή σε θερμοκρασίες.

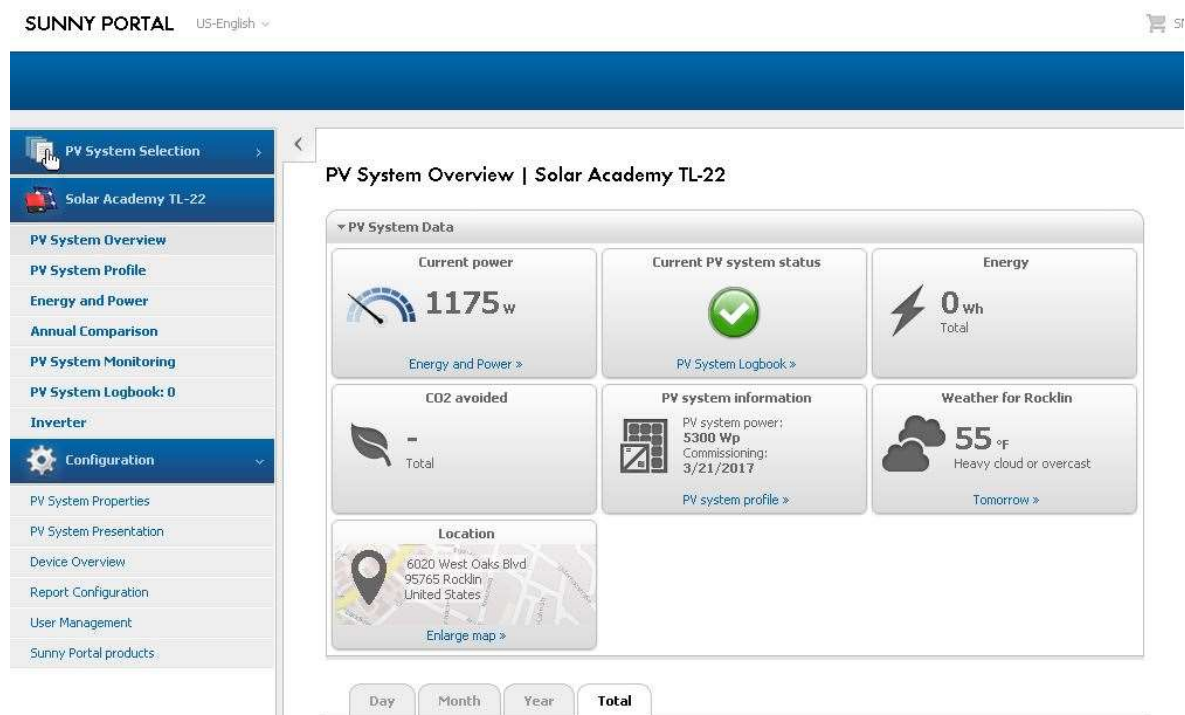
### 3.7. Καλωδιώσεις A.C.

Από τους μετατροπείς και έως τον κεντρικό πίνακα θα χρησιμοποιηθούν αγωγοί H07RN-F διατομής 3x25mm<sup>2</sup>, κρατώντας τις απώλειες μεταφοράς ισχύος χαμηλότερα από το 2% μετά υπολογισμών. Αυτός ο τύπος των καλωδίων είναι ανθεκτικός στις καιρικές συνθήκες δύναται να χρησιμοποιηθεί εντός υδάτων. Παρουσιάζει ανθεκτικότητα σε όζον, βραδύκαυστα με υψηλό συντελεστή μηχανικών καταπονήσεων. Η μέγιστη τάση λειτουργίας είναι 450 και 750 V φασική και πολική αντίστοιχα, και λειτουργούν για εύρος θερμοκρασιών από -30oC έως +60oC. Η τοποθέτηση του θα γίνει εντός μεταλλικών σχαρών διατομών 250x50 mm. Οι κεντρική παροχή από κεντρικό πίνακα ως το σημείο σύνδεσης με την ΔΕΔΔΗΕ, είναι XLPE PVC/SWA/PVC με διατομή 3x120 mm<sup>2</sup> + 1x95 mm<sup>2</sup> + 1x95 mm<sup>2</sup> με την τοποθέτηση σε βάθος 90εκ από την επιφάνεια με στρώμα άμμου στο άνω μέρος τους.

### 3.8. Απεικόνιση και παρακολούθηση δεδομένων παραγωγής

Η διασύνδεση των συγκεκριμένων μετατροπέων με το διαδίκτυο γίνεται απευθείας από την υποδοχή της θύρας ethernet. και χρησιμοποιείται η πλατφόρμα καταγραφής της

κατασκευάστριας εταιρείας ( SMA SUNNY PORTAL ) ή κάποια εναλλακτική πλατφόρμα cloud storage , για την απεικόνιση και καταγραφή της παραχθείσας ενέργειας , σε ζωντανό χρόνο ή ανά επιλεγμένο χρονικό διάστημα ( ώρα , μήνας , έτος )



Εικόνα 22. Περιβάλλον απεικόνισης δεδομένων παραγωγής SUNNY PORTAL(ΠΗΓΗ SMA)

### 3.9 Πίνακες προστασίας

Οι πίνακες προστασίας που τοποθετούνται είναι δύο για την πλευρά του DC και για την πλευρά του AC , στεγανοί με υψηλό βαθμό προστασίας IP65/IP66, κατάλληλοι και για εξωτερική τοποθέτηση. Για την πλευρά του DC τοποθετούνται εντός πινάκων 14 ασφαλειοαποξευκτες ράγας DC 2X32 A ( ένα για κάθε στοιχειοσειρά) με τα κατάλληλα φυσίγγια DC PV 1000V DC (20A) όπως και επιπλέον του μετατροπέα DC απαγωγείς υπέρτασης τύπου T1+ T2 1000V. Για την πλευρά του AC τοποθετούνται οι κατάλληλοι ραγοδιακόπτες, μικροαυτόματες ασφάλειες, απαγωγείς υπέρτασης AC τύπου T2 και T3 280V/40kA, ενδεικτικές λυχνίες, στυπιοθλίπτες καθώς και επιπρόσθετη μονάδα επιτήρησης φαινομένου νησηδοποίησης, σύμφωνα με τις οδηγίες του παρόχου η οποία ρυθμίζεται βάσει των οδηγιών όπως απεικονίζονται παρακάτω :

Οι ρυθμίσεις των προστασιών ορίων τάσεως και συχνότητας στην έξοδο του μετατροπέα θα πρέπει να είναι οι εξής:

- Εύρος τάσης : από +15% έως -20% της ονομαστικής
- Ρύθμιση της συχνότητας :  $\pm 0,5$  Hz της ονομαστικής

- Θέση σε εκτός λειτουργία του αντιστροφέα σε 0,5 sec
- Επανάξευξη του αντιστροφέα μετά από τρία λεπτά
- Η ολική αρμονική παραμόρφωση (THD) του ρεύματος των αντιστροφέων πρέπει να είναι κάτω του 5%.
- Σε μετατροπείς χωρίς μετασχηματιστή απομόνωσης, η μέγιστη έγχυση συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να περιορίζεται στο 0,5% του ονομαστικού.
- Υποχρεωτική προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης. Ο μέγιστος χρόνος λειτουργίας της προστασίας έναντι νησιδοποίησης ορίζονται τα πέντε δευτερόλεπτα.



Εικόνα 23 . Επιτηρητής τάσης και συχνότητας ZIEHL UFR1001E

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο - ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Κατά τον σχεδιασμό του φωτοβολταϊκού συστήματος, πρωτίστως, δίδεται έμφαση στην ομαλή συνεργασία μεταξύ των στοιχειοσειρών και του μετατροπέα, ο οποίος στην είσοδο του πρέπει να δέχεται ένα συγκεκριμένο εύρος τάσεων το οποίο δε θα υπερβαίνει το ανώτατο όριο του μετατροπέα, ώστε μην υπάρχει ο κίνδυνος της καταστροφής του. Επομένως ο αριθμός των πάνελ που συνδέονται σε κάθε στοιχειοσειρά υπολογίζεται με τέτοιο τρόπο για να μην ξεπερνιούνται τα όρια αυτά. Η τάση των φωτοβολταϊκών πλαισίων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία λειτουργίας του. Οι τιμές που δίνει ο κατασκευαστής σχετικά με την τάση και το ρεύμα, αναφέρονται στις πρότυπες συνθήκες δοκιμών (STC , NOCT ) και αναφέρονται σε θερμοκρασία 25ο C, για τον λόγο αυτό κατά τον υπολογισμό γίνεται διόρθωση των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών των φωτοβολταϊκών πλαισίων στις ακραίες συνθήκες λειτουργίας του συστήματος. Έτσι για την ελάχιστη θερμοκρασία εξωτερική θερμοκρασία λειτουργίας υπολογίζεται η μέγιστη τάση των στοιχειοσειρών στο ανοικτό κύκλωμα και για την μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος ορίζεται η ελάχιστη τιμή της τάσης λειτουργίας . Ο μέγιστος αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων που θα τοποθετηθούν σε σειρά λαμβάνεται ώστε η συνολική τάση ανοιχτού κυκλώματος της συστοιχίας για την ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας, να είναι μικρότερη από το υψηλό όριο τάσης εισόδου του αντιστροφέα. Το όριο ελάχιστης θερμοκρασίας ποικίλει ανά περιοχή, για τα δεδομένα του έργου λήφθηκε η τιμή αναφοράς -15οC, λαμβάνοντας υπόψη πάντοτε την μέγιστη επιτρεπόμενη τάσης λειτουργίας του φωτοβολταϊκού πλαισίου, η οποία υπερβαίνει την μέγιστη τάση ανοιχτού κυκλώματος της στοιχειοσειράς για την ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας.

Ο ελάχιστος αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων ανά στοιχειοσειρά ορίζεται ώστε η μικρότερη τάση της συστοιχίας στη μέγιστη θερμοκρασία, να ξεπερνά το όριο της ελάχιστης τάσης του εύρους εισόδου του αντιστροφέα, πλησιάζοντας όσο το είναι δυνατόν την τάση λειτουργίας όπου επιτυγχάνουμε τον μέγιστο βαθμό λειτουργίας του μετατροπέα. Σε περίπτωση που η στοιχειοσειρά δεν συμπληρώνει την ονομαστική ισχύ του αντιστροφέα, τότε συνδέονται περισσότεροι παράλληλοι κλάδοι έτσι ώστε η ισχύς της συστοιχίας να πλησιάζει την ονομαστική τιμή του αντιστροφέα. Το ρεύμα λειτουργίας των παράλληλων στοιχειοσειρών δε θα πρέπει να υπερβαίνει το μέγιστο όριο του ρεύματος εισόδου του αντιστροφέα. Η ισχύς της φωτοβολταϊκής συστοιχίας μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την ονομαστική ισχύ του μετατροπέα σε ορισμένες περιπτώσεις.

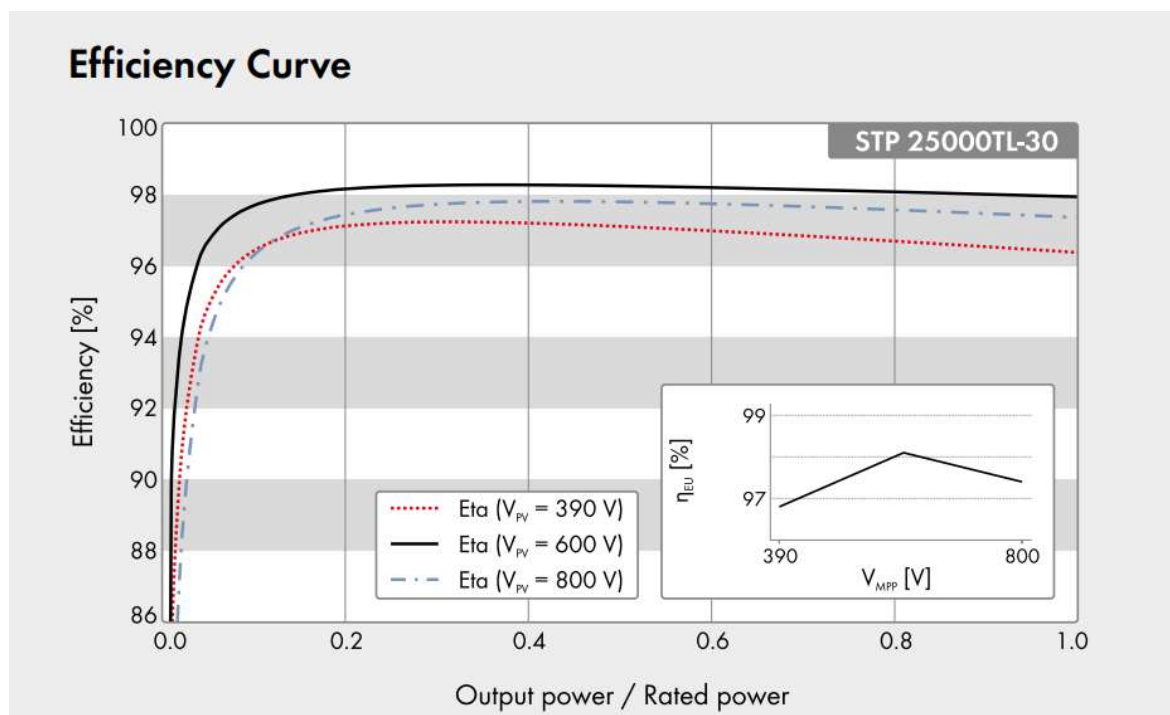
Επίσης πρέπει να προσομοιώνεται σωστά η συμβατότητα μεταξύ των τύπων των φωτοβολταϊκών πλαισίων και του αντιστροφέα, γιατί από αυτό εξαρτάται η απαίτηση για



την ύπαρξη γείωσης ή όχι στην DC πλευρά. Ορισμένοι τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων απαιτούν τη γείωση είτε του θετικού είτε του αρνητικού πόλου τους ανάλογα με την κατασκευή τους. Γειώνονται απευθείας είτε χρησιμοποιώντας μεγάλη αντίσταση με σκοπό την αποφυγή προβλημάτων που δημιουργούνται όταν τα πλαίσια μένουν αγείωτα (διάβρωση και πτώση απόδοσης). Επομένως σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να μην χρησιμοποιούνται μετατροπείς χωρίς γαλβανική απομόνωση, εξαιτίας των ρευμάτων διαρροής, εκτός της περίπτωσης στην οποία πιστοποιείται από τον κατασκευαστή του, ότι είναι συμβατός για χρήση με τα πλαίσια που έχουμε επιλέξει.

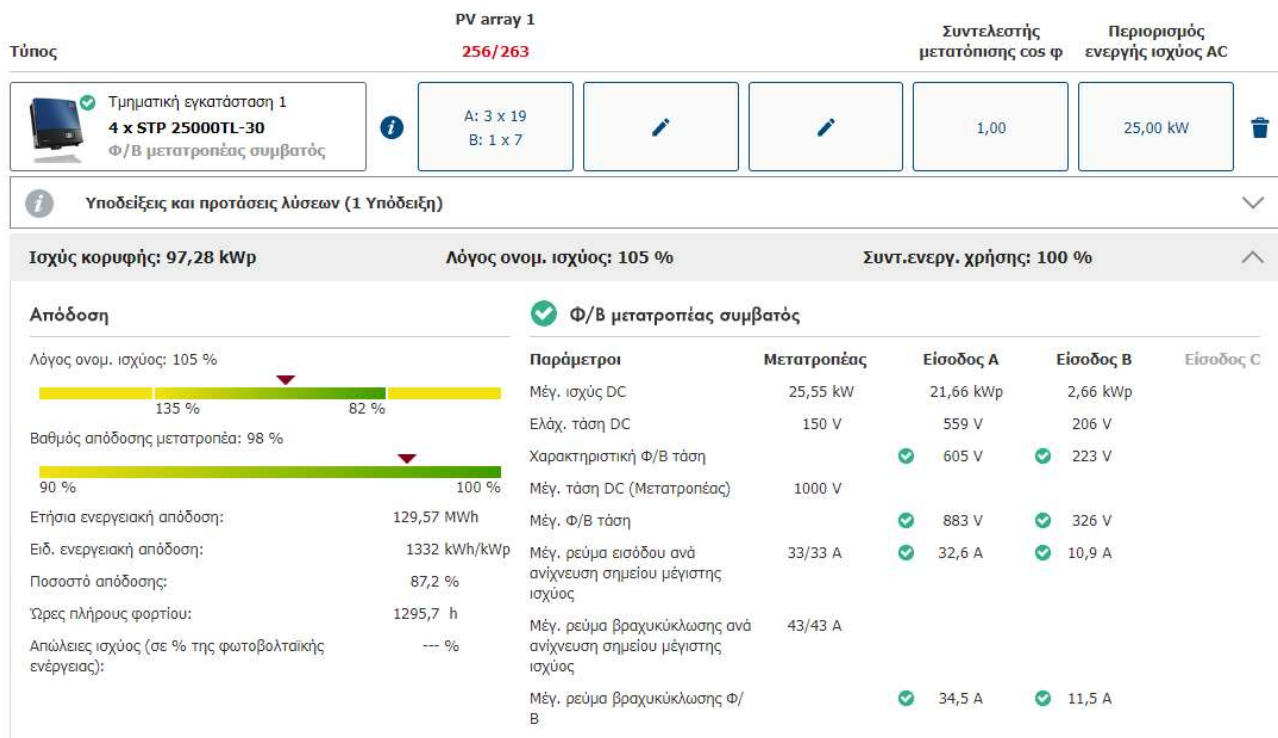
Η μέγιστη τάση ανοιχτού κυκλώματος του αντιστροφέα STP 25000TL-30 είναι 1000V , με το εύρος των MPP trackers για ονομαστική ισχύ να είναι 390 – 800V.

Πρώτιστος για τον σχεδιασμό της εγκατάστασης παρόλο που ο μετατροπέας αυτός διαθέτει μεγάλο εύρος τιμών τάσης εισόδου, θα επικεντρωθούμε στο σημείο βέλτιστης απόδοσης βάσει της καμπύλης παραγωγής του, που απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα



Εικόνα 24. Συσχέτιση ισχύος εξόδου / ονομαστικής ισχύος συναρτήσει της σχεδιασμένης τάσης αναφοράς .

Η τάση σχεδιασμού αναφοράς για την μεγιστοποίηση της παραγωγής του συγκεκριμένου μετατροπέα θα πρέπει να είναι πλησιέστερη στα 600V. Για την ακριβέστερη επιλογή του αριθμού πλαισίου ανά στοιχειοσειρά, χρησιμοποιούμε το λογισμικό της κατασκευάστριας εταιρείας το SUNNY DESIGN , όπου η επιλογή των 19 πλαισίων λαμβάνεται ως βέλτιστη, με τάση αναφοράς τα 605V όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 25. Σχεδιασμός στοιχειοσειρών στο λογισμικό SUNNY DESIGN

Λαμβάνοντας τις συνθήκες μόνωσης , και τον θερμοκρασιακό συντελεστή η τιμή των 20 φωτοβολταϊκών πλαισίων κρίνεται αρτιότερη, παρά την προσέγγιση του λογισμικού της κατασκευάστριας εταιρείας στα 19 πλαίσια , καθώς για τις θερμοκρασίες αναφοράς η αντίστοιχη τιμή τάσης είναι στα 636 Volt , λόγω των θερμοκρασιακών συνθηκών, και της μόνωσης της στέγης ,με συνέπεια την ελαχιστοποιημένη απαγωγής θερμότητας για την περίοδο του καλοκαιριού, όπου έχουμε και μέγιστη παραγωγή, η τάση αυτή αναμένεται να μειωθεί περαιτέρω λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών αυτών, που δεν μπορούν να εισαχθούν στο λογισμικό της κατασκευάστριας εταιρείας, για τον συνυπολογισμό τους. Για τους λόγους αυτούς, η μέγιστη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας των Φ/Β πλαισίων, όπως και των κιβωτίων σύνδεσης αυτών, αναμένεται να φθάσει τους 80-90°C, καθώς εμποδίζεται η ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα λόγω μόνωσης της στέγης . Η μέγιστη τάση ανοικτού κυκλώματος την πιο κρύα μέρα του χειμώνα αναμένεται σε 929 volt , συνεπώς οι συνθήκες αυτές κρίνονται βέλτιστες και ασφαλής.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, θα πρέπει να χωριστούν οι 4 αντιστροφείς της εγκατάστασης ως παρακάτω :

263 Φ/Β πλαίσια σύνολο για 4 μετατροπείς , αναλογεί σε 65,75 πλαίσια ανά μετατροπέα

ή

INV 1 (3\*20) + (1\*11) – 71 ΣΥΝΟΛΙΚΑ

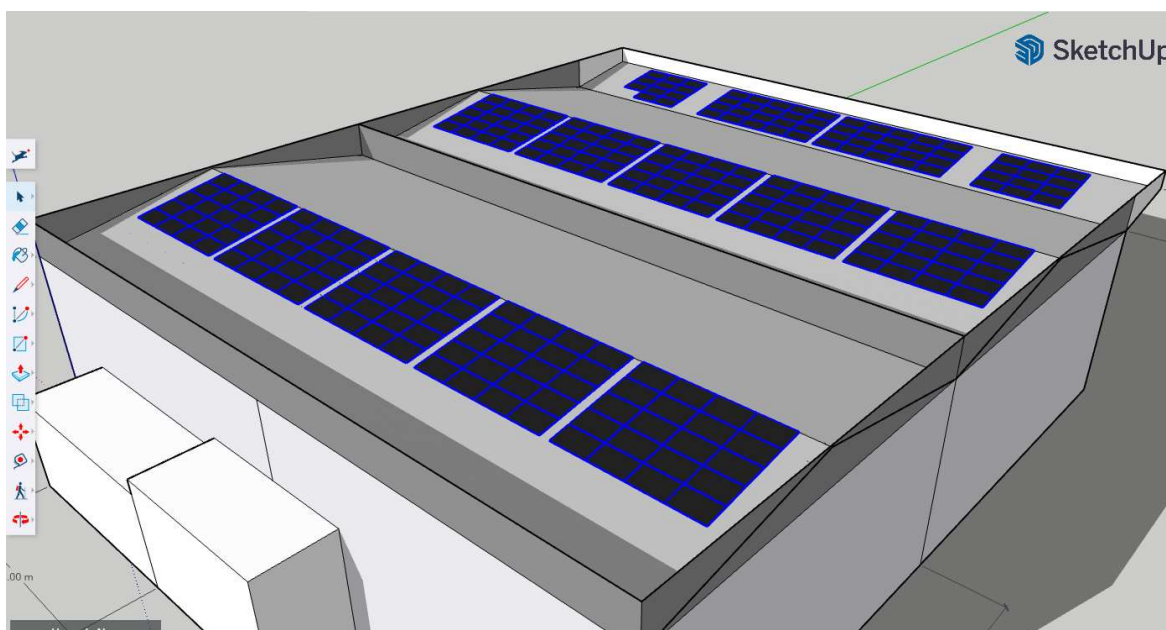
INV 2 (3\*20) + ( 1\*12) – 72 ΣΥΝΟΛΙΚΑ

INV 3 (3\*20) – 60 ΣΥΝΟΛΙΚΑ

INV 4 (3\*20) – 60 ΣΥΝΟΛΙΚΑ

Η κατανομή αυτή είναι εστιασμένη στην τομή όπου διατηρείται ο μέγιστος βαθμός απόδοσης παράλληλα με την παραδοχή της μείωσης απόδοσης των στοιχειοσειρών του πρώτου και του δεύτερου μετατροπέα. Για τις στοιχειοσειρές των 11 και 12 πλαισίων, που η μείωση αυτή κρίνεται αμελητέα ( ενδεικτικά στο 1,5 % επί της αναλογούσας ισχύος , δηλαδή 11 πλαίσια + 12 πλαίσια = 23 \* 380 Watt = 8,74 kW \* 1267 kWh/kWεγκ = 11073 kWh \* 1,5% = 166 kWh / έτος απώλεια ), καθώς είναι σε ξεχωριστούς ελεγκτές σημείου μέγιστης ισχύος ( MPP trackers)

Η κατανομή των παραπάνω στοιχειοσειρών χωροθετείται ανά ομάδα των 20 πλαισίων, και τις στοιχειοσειρές των 12 και 11 πλαισίων δύναται να τοποθετηθούν στον βορειοδυτικό εξώστη , όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 26. Χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων επί στέγης του κτηρίου ( χωρίς πρόβλεψη μελλοντικής επέκτασης )

Καθώς λόγω της μελλοντικής ενεργειακής επέκτασης της εγκατάστασης, θα πρέπει να προβλεφθεί η χωροθέτηση, ώστε να ανταποκρίνεται στην επέκταση αυτή, θα πρέπει να συνυπολογίσουμε τις υφιστάμενες καθώς και τις μελλοντικές ανάγκες.

Οι υφιστάμενες ανάγκες είναι:

$$E_{υφ} = 142623kWh$$

Το σύνολο των μελλοντικών και υφιστάμενων αναγκών είναι:

$$E_{συν} = E_{υφ} + E_{μελ} = 142623 + 70100 = 212723kWh$$

Συνεπώς μαζί με την μελλοντική επέκταση του φωτοβολταϊκού σταθμού η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στην ίδια στέγη θα πρέπει να είναι:

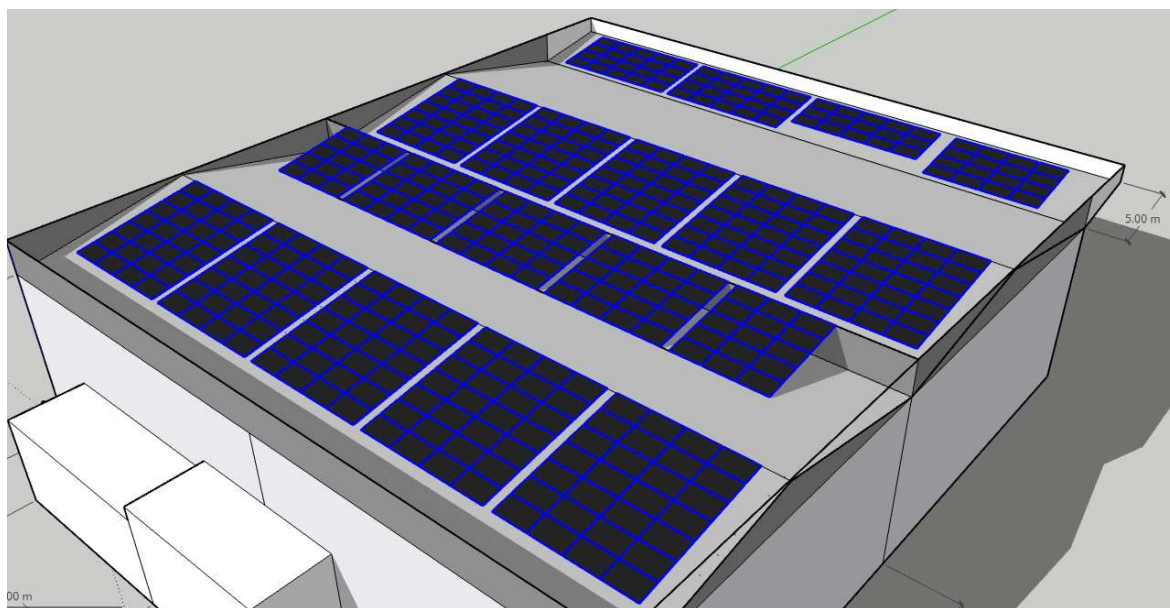
$$PV_{εγκ.μελ.} = 212723 / 1267 = 167,89 \text{ kW}$$

Η επέκταση αυτή θα απαιτήσει την σύνδεση του φωτοβολταϊκού σταθμού στην μέση τάση, και η χωροθέτηση στην στέγη θα τροποποιηθεί ώστε να τοποθετηθούν επιπρόσθετα

$$167,89 - 99,94 = 67,95 \text{ kW}$$

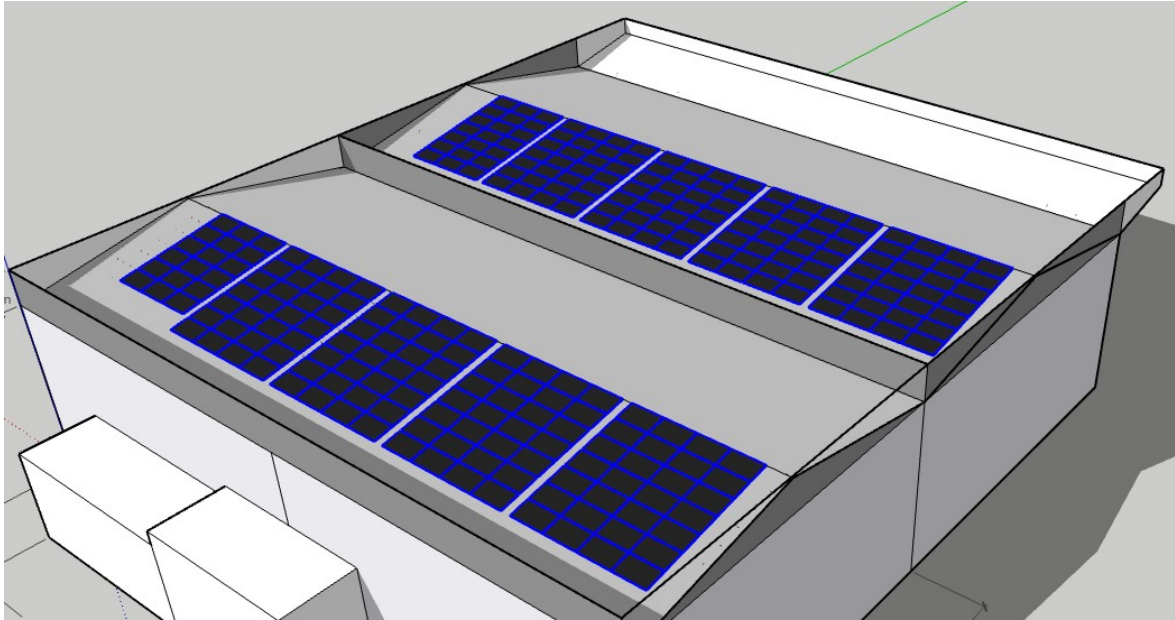
Άρα επιπρόσθετα των 263 φωτοβολταϊκών πλαισίων που θα τοποθετηθούν από την αρχή, θα πρέπει να μελετηθεί η δυνατότητα τοποθέτησης 178 πλαισίων ή 441 πλαισίων συνολικά.

Για την επίτευξη του στόχου αυτού θα πρέπει να τοποθετηθούν επιπρόσθετες βάσεις επί πρώτης στέγης ώστε να ανυψωθούν τα επιπρόσθετα φωτοβολταϊκά πλαίσια, με την ίδια κλίση των 12 μοιρών, όση είναι και της στέγης, έως το ύψος του διαχωριστικού στηθαίου των σκεπών, όπως στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 27. Χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων επί στέγης του κτηρίου ( με την μελλοντική επέκταση )

Συνεπώς η αρχική εγκατάσταση θα πρέπει να γίνει με την παραπάνω πρόβλεψη, όπως παρακάτω :



Εικόνα 28. Αρχική χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων επί στέγης του κτηρίου με πρόβλεψη μελλοντικής επέκτασης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο - ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ

### ΩΦΕΛΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της βιομηχανικής μονάδας είναι 142623kWh , με την επιλογή του φωτοβολταϊκού σταθμού εγκατεστημένης ισχύος 99,94kW, η αναμενόμενη ετήσια παραγωγή είναι 1267 kWh/kWεγκ/έτος, δηλαδή 126623kWh ετησίως, δηλαδή η κάλυψη της κατανάλωσης αγγίζει το 88,7 % .

Για τον υπολογισμό του συντελεστή ταυτοχρονισμού , που είναι ένα σημαντικό κριτήριο για την απόσβεση λαμβάνουμε υπόψη το ποσοστό της ενέργειας που παράγεται από το φωτοβολταϊκό και καταναλώνεται την ίδια στιγμή. Ο μέγιστος ταυτοχρονισμός μειώνει τον χρόνο απόσβεσης διότι εκτός από το ανταγωνιστικό κόστος ενέργειας και λοιπές χρεώσεις που επηρεάζονται από την ποσότητα ενέργειας που καταναλώθηκε (πχ ΥΚΩ). Καθώς πρόκειται για παραγωγική μονάδα που η δραστηριότητα της υφίσταται κυρίως τις ώρες παραγωγής της ηλιακής ενέργειας και οι χώροι της βιομηχανίας δεν έχουν διαφοροποιημένες απαιτήσεις την χειμερινή περίοδο ( π.χ. θέρμανση ) ο συντελεστής ταυτοχρονισμού λαμβάνεται ως 50 % , δηλαδή αναμένουμε τις 63.311 kWh ( το 50% της παραχθείσας ενέργειας να καταναλωθεί απευθείας από την ηλιακή παραγωγή στην εγκατάσταση , χωρίς να μεταφερθεί στο δίκτυο μεταφοράς και διανομής.

Για τον υπολογισμό της απόδοσης λαμβάνουμε υπόψη τα παρακάτω δεδομένα:

- Χρέωση ενέργειας 0,35 €/kWh
- Χρέωση δικτύου μεταφοράς 0,0052 €/kWh
- Χρέωση του δικτύου διανομής 0,019 €/kWh
- Λοιπές χρεώσεις 0,00007€/kWh
- ΕΤΜΕΑΡ 0,017 €/kWh
- ΥΚΩ 0,01824 €/kWh
- Πληθωρισμός 4 %
- Ετήσια Μείωση Απόδοσης 0,7 %

Η παραπάνω χρέωση των 0,35 €/kWh υπολογίστηκε βάσει τρέχουσας τελικής τιμής καταναλωτή με την κρατική επιδότηση. Για την τρέχουσα περίοδο το κόστος της ενέργειας αγγίζει τα 0,6 €/kWh (χωρίς επιδότηση) όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα:

### Χρέωση Προμήθειας για παροχές με συμφωνημένη ισχύ > 35KVA

Μήνας	Πάγιο (€/μήνα)	Χρέωση Ισχύος (€/kW/μήνα)	Χρέωση Ενέργειας (€/kWh)	Κρατική Επιδότηση TEM		Τελική Χρέωση Ενέργειας (€/kWh)
				Κλιμάκιο/kWh Μήνα	(€/kWh)	
Οκτώβριος 2022	1,5	2,2	0,59200	Όλες οι kWh	0,23000	0,36200
Νοέμβριος 2022	1,5	2,2	0,39400	Όλες οι kWh	0,05000	0,34400

Αν ΣΥΝΤ. ΧΡΗΣ/ΣΗΣ < 0,20 τότε ΧΖ=2 \*ΚΜΖ\* ημέρες περιόδου Κατανάλωσης/30  
Αν ΣΥΝΤ. ΧΡΗΣ/ΣΗΣ ≥ 0,20 τότε ΧΖ=ΚΜΖ\* ημέρες περιόδου Κατανάλωσης/30

### Πίνακας 3. Τιμοκατάλογος Γ22 επαγγελματικό της ΔΕΗ ( Νοέμβριος 2022)

Για ενδεικτικό κόστος επένδυσης 95000 ευρώ ( άνευ Φ.Π.Α. καθώς πρόκειται για επαγγελματικό κτήριο ), με ίδια κεφάλαια, η απόσβεση της επένδυσης αναμένεται σε 2 έτη , όπως απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα χρηματοοικονομικής ροής απόδοσης της επένδυσης :

Έτος	Παραγωγή Ενέργειας (kWh/έτος)	Εξοικονόμηση (€/έτος)	Καθαρό κέρδος (€/έτος)	Αθροιστική Ταμειακή Ροή (€)	Καθαρή Παρούσα Αξία (€)
0	0.00	0.00	-95,000.00	-95,000.00	-95,000.00
1	126,626.00	46,932.03	46,932.03	-48,067.97	-49,434.92
2	125,739.62	48,001.61	48,001.61	-66.36	-4,188.81
3	124,859.44	49,095.57	49,095.57	49,029.20	40,740.59
4	123,985.42	50,214.45	50,214.45	99,243.65	85,355.48
5	123,117.53	51,358.84	51,358.84	150,602.49	129,658.07
6	122,255.70	52,529.31	52,529.31	203,131.80	173,650.54
7	121,399.91	53,726.45	53,726.45	256,858.25	217,335.06
8	120,550.11	54,950.88	54,950.88	311,809.13	260,713.79
9	119,706.26	56,203.21	56,203.21	368,012.34	303,788.87
10	118,868.32	57,484.08	57,484.08	425,496.42	346,562.42
11	118,036.24	58,794.14	58,794.14	484,290.56	389,036.56
12	117,209.99	60,134.06	60,134.06	544,424.62	431,213.38
13	116,389.52	61,504.51	61,504.51	605,929.13	473,094.96
14	115,574.79	62,906.20	62,906.20	668,835.33	514,683.37
15	114,765.77	64,339.83	64,339.83	733,175.17	555,980.66
16	113,962.41	65,806.14	65,806.14	798,981.31	596,988.87
17	113,164.67	67,305.86	67,305.86	866,287.17	637,710.03
18	112,372.52	68,839.76	68,839.76	935,126.93	678,146.13
19	111,585.91	70,408.62	70,408.62	1,005,535.55	718,299.18
20	110,804.81	72,013.23	72,013.23	1,077,548.79	758,171.17
21	110,029.18	73,654.41	73,654.41	1,151,203.20	797,764.04
22	109,258.97	75,333.00	75,333.00	1,226,536.20	837,079.77
23	108,494.16	77,049.84	77,049.84	1,303,586.04	876,120.29
24	107,734.70	78,805.80	78,805.80	1,382,391.84	914,887.52
25	106,980.56	80,601.79	80,601.79	1,462,993.63	953,383.38

Πίνακας 4. Χρηματοοικονομική ροή απόδοσης της επένδυσης



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο - ΣΤΑΔΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ

Τα βήματα υλοποίησης του φωτοβολταϊκού σταθμού ενεργειακού συμψηφισμού είναι τα παρακάτω :

- Υποβολή της αίτησης σύνδεσης στον ΔΕΔΔΗΕ. Εντός δεκαπέντε εργάσιμων ημερών ο ΔΕΔΔΗΕ ενημερώνει τον ενδιαφερόμενο σχετικά με την αποδοχή ή απόρριψη της αιτούμενης σύνδεσης.
- Πληρωμή του κόστους σύνδεσης στον ΔΕΔΔΗΕ. Υπογραφή των συμβάσεων Σύνδεσης και Συμψηφισμού στις αρμόδιες υπηρεσίες του ΔΕΔΔΗΕ και του παρόχου
- Παραγγελία και πιστοποίηση μετρητή στα εργαστήρια του ΔΕΔΔΗΕ.
- Εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος (προθεσμία 12 μηνών από την υπογραφή της σύμβασης σύνδεσης)
- Ενεργοποίηση του φωτοβολταϊκού συστήματος από το προσωπικό του ΔΕΔΔΗΕ.

Μετά την έκδοση του ν.4951/2022 (ΦΕΚ 129/Α/04.07.2022), ο Διαχειριστής του Δικτύου έθεσε σε λειτουργία από την 1η Αυγούστου του 2022 κατάλληλη Ηλεκτρονική Πλατφόρμα υποβολής αιτήσεων για σταθμούς ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ που αφορούν την Ηπειρωτική χώρα και τα Διασυνδεδεμένα Νησιά.

Τα βήματα συμπλήρωσης της ηλεκτρονικής αίτησης νέας σύμβασης σταθμού ενεργειακού συμψηφισμού είναι τα παρακάτω :

- Υποβολή νέας αίτησης ( επιλογή είδους της αίτησης)
- Στοιχεία αιτούντος φορέα
- Στοιχεία νόμιμου εκπροσώπου
- Στοιχεία υπευθύνου μηχανικού
- Στοιχεία σταθμού
- Στοιχεία θέσης εγκατάστασης
- Δικαιολογητικά
- Αποδοχή όρων και προϋποθέσεων
- Επισκόπηση υποβολής

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η μελέτη και ο σχεδιασμός του φωτοβολταϊκού σταθμού πραγματοποιήθηκε βάσει συγκεκριμένων ενεργειακών αναγκών μιας βιομηχανικής μονάδας. Στην στέγη του κτηρίου θα τοποθετηθούν αρχικά 99,94 kW φωτοβολταϊκών πλαισίων με πρόβλεψη για άλλα 67,95 kW στο άμεσο μέλλον, η απόσβεση της επένδυσης αναμένεται μόλις σε δυο έτη, λόγω πολύ υψηλών τιμών ενέργειας συγκριτικά με τα προηγούμενα έτη. Μόλις το 16 % της εγκατεστημένης ισχύος των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα είναι σε στέγες, όμως το τεχνικά διαθέσιμο 24,08 GWp, με το δυναμικό των εμπορικών και βιομηχανικών στεγών να αποτελεί μια ευκαιρία προώθησης των ΑΠΕ και εκμετάλλευσης των χώρων, καθώς αποτελεί σχεδόν το 50 % των διαθέσιμων στεγών όλης της χώρας όπως απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα :

Κατηγορίες στεγών	Τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό (GWp)
<b>Οικιακός – μικρός εμπορικός τομέας</b>	<b>12,15</b>
- Μονοκατοικίες (κύριες κατοικίες)	4,05
- Εξοχικά	3,6
- Πολυκατοικίες	2,1
- Άλλες-μικτές χρήσεις	2,4
<b>Υπηρεσίες</b>	<b>0,38</b>
- Σχολεία	0,18
- Νοσοκομεία	0,1
- Ξενοδοχεία	0,1
<b>Αγροτικές αποθήκες</b>	<b>0,3</b>
<b>Βιομηχανικές-εμπορικές στέγες</b>	<b>11,25</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>24,08</b>

Πίνακας 5. Τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό στεγών στην Ελλάδα (πηγή HELAPCO)

Στα πλαίσια αυτά η ενεργειακή μετάβαση αποτελεί πρόκληση της τροποποίησης της νομοθεσίας αλλά και μιας προσπάθειας χρήσης νέων μεθόδων ελέγχου ροών ενέργειας και χρεώσεων, με σκοπό την ανάπτυξη των Α.Π.Ε. και την βελτιστοποίηση της κατανομής των ενεργειακών πόρων, προσφέροντας στον εκάστοτε επενδυτή κίνητρα εγκατάστασης μεγαλύτερων συστημάτων, αξιοποιώντας στο μέγιστο τους διαθέσιμους χώρους των στεγών τους, εξοικονομώντας πόρους συνολικά, λόγω οικονομίας κλίμακας και αποφέροντάς κέρδη στον εκάστοτε επενδυτή (π.χ. φορολογικά), συμβάλλοντας έτσι στην επέκταση των Α.Π.Ε.. Συνολικά, το κλειδί για ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης παραγωγής και ζήτησης της ενέργειας βρίσκεται στη δημιουργία ή τον επαναπροσδιορισμό των σχέσεων μεταξύ των καταναλωτών, των προμηθευτών, των χειριστών των συστημάτων τεχνολογίας, των συμβαλλόμενων μερών, γενικότερα όλων των εμπλεκόμενων μερών (Olkkonen et al., 2017). Η προσέγγιση αυτή θα μπορούσε να γίνει με εργαλεία υλοποίησης τα σύγχρονα

μέσα, όπως είναι η χρήση της τεχνολογίας blockchain, για την οποία οι μελέτες στον ενεργειακό τομέα έχουν αυξηθεί ραγδαία. Ο συνδυασμός τεχνολογίας blockchain με τον ενεργειακό τομέα είναι ένας νέος πολλά υποσχόμενος ερευνητικός τομέας που μελετά πως το blockchain μπορεί να τροφοδοτεί τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και κατά συνέπεια την ενεργειακή μας βιωσιμότητα. (Wang & Su, 2020). Η εφαρμογή των νομοθετικών ρυθμίσεων σε ένα πιστωτικό σύστημα ( credit system ) μέσω blockchain, θα πρέπει να μελετηθεί περαιτέρω , για την πλήρη απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας και την προώθηση της ενεργειακής δημοκρατίας

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (Όλων των Κεφαλαίων)

### Διεθνής Βιβλιογραφία

Ahsan Kabir, M., Farjana, F., Choudhury, R., Imrul Kayes, A., Sawkat Ali, M., & Farrok, O. (2022). Net-metering and feed-in-tariff policies for the optimum billing scheme for future industrial PV systems in Bangladesh. *Alexandria Engineering Journal*, 63, 157–174. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.08.004>

Brown, D.P. and Sappington, D.E. (2017) “Optimal policies to promote efficient distributed generation of electricity,” *Journal of Regulatory Economics*, 52(2), pp. 159–188. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11149-017-9335-9>.

Chalvatzis, K. J., & Hooper, E. (2009). Energy security vs. climate change: Theoretical framework development and experience in selected EU electricity markets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2703-2709.

Darghouth, N. R., Barbose, G., & Wiser, R. H. (2014). Customer-economics of residential photovoltaic systems (part 1): The impact of high renewable energy penetrations on electricity bill savings with Net Metering. *Energy Policy*, 67, 290–300. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.042>

European Commission (2022) Laying down a framework to accelerate the deployment of renewable energy. Brussels, COM(2022) 591 final 2022/0367 (NLE), ανακτήθηκε στις 11/11/2022 από <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14349-2022-INIT/en/pdf>

Filho, N. de, Cardoso Diniz, A. S. A., Vasconcelos, C. K. B., & Kazmerski, L. L. (2022). Snail trails on PV modules in Brazil’s tropical climate: Detection, chemical properties, Bubble Formation, and performance effects. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 54, 102808. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102808>

Georgakellos, D. A. (2010). Impact of a possible environmental externalities internalisation on energy prices: The case of the greenhouse gases from the Greek electricity sector. *Energy Economics*, 32(1), 202-209.

Gitrakos, G. P., Tsoutsos, T. D., Mouchtaropoulos, P. G., Naxakis, G. D., & Stavrakakis, G. (2009). Sustainable energy planning based on a stand-alone hybrid

renewableenergy/hydrogen power system: Application in Karpathos Island, Greece. *Renewable Energy*, 34(12), 2562-2570.

Giotitsas, C. *et al.* (2020) “From private to public governance: The case for reconfiguring energy systems as a Commons,” *Energy Research & Social Science*, 70, p. 101737.

Available at: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101737>.

Griffin, P., & Heede, C. R. (2017). The carbon majors database. CDP carbon majors report 2017, 14. Ανακτήθηκε στις 10/12/2022 από

<http://www.truevaluemetrics.org/DBpdfs/Carbon/CDP/CDP-Carbon-Majors-Report-2017.pdf>

Harahap, P., Pasaribu, F. I., Siregar, C. A., & Oktrialdi, B. (2021). Performance of grid-connected rooftop solar PV system for households during covid-19 pandemic. *Journal of Electrical Technology UMY*, 5(1), 26–31. <https://doi.org/10.18196/jet.v5i1.12089>

Iliopoulos, T. G., Fermeglia, M., & Vanheusden, B. (2020). The EU’s 2030 Climate and energy policy framework: How net metering slips through its net. *Review of European, Comparative & International Environmental Law*, 29(2), 245–256.

<https://doi.org/10.1111/reel.12339>

Jacobsson, S., & Karltorp, K. (2013). Mechanisms blocking the dynamics of the European offshore wind energy innovation system—Challenges for policy intervention. *Energy Policy*, 63, 1182-1195.

Kavadias, K.A., Alexopoulos, P., Charis, G. (2019). Techno-economic evaluation of geothermal-solar power plant in Nisyros Island in Greece. *Energy Procedia*, Vol. 159, pp. 136-141.

Kalogirou, S. (2014). Solar energy engineering. Elsevier/AcademicPress.

Karagianni, S., & Pempetzoglou, M. (2021). The income distribution impact of decarbonization in Greece: An initial approach. *Circular Economy and Sustainability*, 2(2), 557–567. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00121-1>

Kumar, P., Malik, N., & Garg, A. (2022). Comparative analysis of solar - battery storage sizing in net metering and zero export systems. *Energy for Sustainable Development*, 69, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.05.008>

- Lyra, K., Mirasgedis, S., & Tourkolias, C. (2022). From measuring fuel poverty to identification of fuel poor households: A case study in Greece. *Energy Efficiency*, 15(1). <https://doi.org/10.1007/s12053-021-10017-6>
- Mekhilef, S., Saidur, R., & Safari, A. (2011). A review on solar energy use in industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 1777–1790. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.12.018>
- Minuto, F. D., & Lanzini, A. (2022). Energy-sharing mechanisms for energy community members under different asset ownership schemes and user demand profiles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168, 112859. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112859>
- Olkkonen, L., Korjonen-Kuusipuro, K., & Grönberg, I. (2017). Redefining a stakeholder relation: Finnish energy “prosumers” as co-producers. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 24, 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.10.004>
- Osička, J., & Černoch, F. (2022). European energy politics after Ukraine: The road ahead. *Energy Research & Social Science*, 91, 102757. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102757>
- Oyebanji, M. O., & Kirikkaleli, D. (2022). Energy Productivity and environmental deregulation: The case of Greece. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(55), 82772–82784. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21590-3>
- Reindl, K., & Palm, J. (2021). Installing PV: Barriers and enablers experienced by non-residential property owners. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141, 110829. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110829>
- Steinbach, A. (2013). Barriers and solutions for expansion of electricity grids—the German experience. *Energy Policy*, 63, 224–229.
- Shen, W., Zhao, Y., & Liu, F. (2022). Highlights of mainstream solar cell efficiencies in 2021. *Frontiers in Energy*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11708-022-0816-x>
- Sweeney, S. (2014). Working Toward Energy Democracy. *State of the World 2014*, 215–227. [https://doi.org/10.5822/978-1-61091-542-7\\_20](https://doi.org/10.5822/978-1-61091-542-7_20)
- Wang, Q., & Su, M. (2020). Integrating blockchain technology into the energy sector — from theory of blockchain to research and application of Energy Blockchain. *Computer Science Review*, 37, 100275. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100275>

## Ελληνική Βιβλιογραφία

Ασημακόπουλος Γ.& Λέτσης Σ., (2013) Μελέτη Φωτοβολταϊκού Πάρκου 60KW.

Πτυχιακή Εργασία ΤΕΙ Πειραιά. URI:

<http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/handle/123456789/1194>

Βλάχος, Δ. (2015). Βασικά στοιχεία ηλεκτρομαγνητισμού [Προπτυχιακό εγχειρίδιο].

Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <http://hdl.handle.net/11419/5039>

Λεδάκης, Π. ( 2022). Φωτοβολταϊκά πάνελ. Ανακτήθηκε στις 5/11/2022 από

<https://www.eco2day.gr/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AC-%CF%80%CE%AC%CE%BD%CE%B5%CE%BB/>

Μαρνέλλος Γ., (2015) Ειδικά Κεφάλαια Παραγωγής Ενέργειας, ανακτήθηκε στις 20/10/2022 από

[https://eclass.uowm.gr/modules/document/file.php/MECH101/%CE%91%CE%A3%CE%9A%CE%97%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3/3\\_%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%95%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1\\_oc.pdf](https://eclass.uowm.gr/modules/document/file.php/MECH101/%CE%91%CE%A3%CE%9A%CE%97%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3/3_%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%95%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1_oc.pdf)

Τατάκης Ε., (2014) «Ηλεκτρονικά Ισχύος ΙΙ. Μετατροπείς Συνεχούς Τάσης σε Εναλλασσόμενη Τάση». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.upatras.gr/courses/EE898/>.

Χατζηχριστοφής, Ι.(2011) Προσομοίωση – Μοντελοποίηση συστήματος Φ/Β μετατροπέα (Πτυχιακή Εργασία)

ΙΔΡΥΜΑ ΧΑΪΝΡΙΧ ΜΠΕΛ (2019), Χτίζοντας Ενεργειακές Κοινότητες: Η ενέργεια στα χέρια των πολιτών, Θεσσαλονίκη, ανακτήθηκε στις 10/12/2022 από

[https://gr.boell.org/sites/default/files/2019-](https://gr.boell.org/sites/default/files/2019-09/Building%20energy%20communities_full%20text.pdf)

[09/Building%20energy%20communities\\_full%20text.pdf](https://gr.boell.org/sites/default/files/2019-09/Building%20energy%20communities_full%20text.pdf) Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (2022). Ανακτήθηκε από <http://www.opengov.gr/minenv/?p=8641>