



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ**

**Τμήμα Γεωπονίας**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Τίτλος:** *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η χρήση των φωτοβολταϊκών στα θερμοκήπια*



**Επιβλέπων καθηγητής: Μαχαιράς Βασίλειος**

Φοιτήτριες: Αικατερίνη Μάρρα και Χριστιάνα Τσάκαλη

Αθήνα, 2021

© ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΜΑΡΡΑ & ΧΡΙΣΤΙΑΝΝΑ ΤΣΑΚΑΛΗ, 2021.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

## Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνουμε υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μας ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές, που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της, περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Κατ. Μάρρα & Χρ. Τσάκαλη

Υπογραφή

---

## Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε από καρδιάς τον καθηγητή μας κύριο **Μαχαιρά Βασίλειο** για τη διαρκή στήριξή του σε ό, τι αφορά στην ομαλή οργάνωση - διεξαγωγή – σύνθεση της παρούσας εργασίας. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας, τους φίλους μας και όλους όσους συνέβαλαν ώστε να ολοκληρωθεί η εν λόγω πτυχιακή μας εργασία.

## Πίνακας περιεχομένων

1. Περίληψη.....	5
2. Εισαγωγή.....	7
2.1 Σκοπός.....	7
2.2. Επιμέρους Στόχοι.....	7
Μέρος Α.....	8
3. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	8
4. Φωτοβολταϊκά.....	18
5. Θερμοκήπια.....	21
Μέρος Β.....	23
6. Ερευνητική ανασκόπηση για τη χρήση των φωτοβολταϊκών στα θερμοκήπια.....	23
6.1 Είδη φωτοβολταϊκών που χρησιμοποιήθηκαν.....	47
6.2 Επιδόσεις από τη χρήση φωτοβολταϊκών στα θερμοκήπια.....	50
6.3 Οφέλη της χρήσης φωτοβολταϊκών σε θερμοκήπια.....	58
7. Συμπεράσματα.....	63
8. Βιβλιογραφία.....	65

## 1. Περίληψη

Η ενθάρρυνση χρήσης και αξιοποίησης των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) καθώς και η συνακόλουθη αποδέσμευση από τα έως πρότινος συμβατικά καύσιμα θα ήταν χρήσιμο να τεθούν ως ένας δεσμευτικός στόχος όλων των κρατών, με έμφαση στην Ελλάδα που αποτελεί μια χώρα μεσογειακή στην οποία ο ήλιος είναι σχεδόν πάντα υπαρκτός και αξιοποιήσιμος. Την επιτακτικότητα χρήσης και αξιοποίησης των ΑΠΕ δεν την επιβάλλει μόνον η μείωση των αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων, αλλά πολύ περισσότερο η ανησυχητικά αυξανόμενη μόλυνση του περιβάλλοντος με την υπερθέρμανση του πλανήτη και την εξίσου ανησυχητική κλιματική αλλαγή που αποτελεί επίπτωση όλων των ανεξέλεγκτων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Ένας άλλος παράγοντας χρήσης και αξιοποίησης των ΑΠΕ είναι και το γεγονός πως η ενεργειακή αυτονομία αποτελεί και μια επιτακτική ανάγκη του κάθε κράτους. Από τις ΑΠΕ εκείνη η ενεργειακή πηγή, η οποία τα τελευταία χρόνια έχει επιλεγεί ως μία εκ των ωφελιμότερων, είναι τα φωτοβολταϊκά τα οποία όντας ένα νεωτερικής φύσης σύστημα κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν-αξιοποιηθούν για τις διάφορες καλλιέργειες στα θερμοκήπια, ώστε να καλύψουν όλες τις ενεργειακές ανάγκες τους αναφορικά με θέρμανση, δυναμικό εξαερισμό, τεχνητό φωτισμό ή και άλλες πρόσθετες ενεργειακές απαιτήσεις. Για όλους αυτούς τους λόγους η παρούσα έρευνα έκρινε σκόπιμο να διερευνήσει τα οφέλη από τη χρήση των φωτοβολταϊκών ειδικά στα θερμοκήπια με τις καλλιεργητικές τεχνικές να βελτιώνονται/αναβαθμίζονται, προστατεύοντας παράλληλα το περιβάλλον και ως εκ τούτου και την ανθρώπινη ζωή και υγεία. Πιο συγκεκριμένα η παρούσα έρευνα α) θα επιχειρήσει να διερευνήσει βιβλιογραφικά τη χρήση φωτοβολταϊκών σε θερμοκήπια, τις επιδόσεις και τα οφέλη τους και να αναδείξει με αυτόν τον τρόπο μελλοντικές κατευθύνσεις, και (β) θα προσπαθήσει να καταγράψει μέσω της ερευνητικής ανασκόπησης τα οφέλη από τη χρήση - αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στα θερμοκήπια.

## **Abstract**

It would be useful for the encouragement of use and utilization of Renewable Energy Sources (RES) and the consequent release from previously conventional fuels to be considered as a binding target for all states. It would emphasize in Greece, since it is a Mediterranean country in which the sun is almost always present and usable. The reduction of conventional fuel stocks is not the only reason why the urgency of use and utilization of RES is required, but also the alarmingly growing environmental pollution with global warming and the equally disturbing climate change, which is an effect of uncontrolled human activities. One more factor of use and utilization of RES is the fact that energy autonomy is an urgent need of every state. The energy source that has been chosen as one of the most beneficial from RES in recent years are the photovoltaic. They are a modern system, which were deemed appropriate to be used-utilized for various cultivations in greenhouses, in order to cover all energy needs regarding heating, dynamic ventilation, artificial lighting and additional energy requirements. For all these reasons, this research deemed appropriate to explore the benefits from the use of photovoltaic, especially in greenhouses with cultivation techniques being constantly improved/upgraded, protecting the environment and at the same time the human life and health. More specifically, this research a) will attempt to bibliographically study, the use of photovoltaic systems in the greenhouses, their performance and their benefits and thus highlight future directions, and b) will attempt to record the benefits from the use-utilization of the photovoltaic systems in greenhouses with the help of research review.

## **2. Εισαγωγή**

### **2.1 Σκοπός**

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής έρευνας είναι η μελέτη των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με έμφαση στα οφέλη από τη χρήση των φωτοβολταϊκών στα θερμοκήπια.

### **2.2. Επιμέρους Στόχοι**

Ως επιμέρους Στόχοι τίθενται οι εξής:

- α) να μελετηθεί βιβλιογραφικά η χρήση φωτοβολταϊκών σε θερμοκήπια, οι επιδόσεις και τα οφέλη τους και να αναδειχθούν με αυτόν τον τρόπο μελλοντικές κατευθύνσεις,
- (β) να καταγραφούν μέσω της Ερευνητικής ανασκόπησης τα οφέλη από τη χρήση - αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στα θερμοκήπια.



## Μέρος Α

### **3. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**

Με τον όρο *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας* ή *ΑΠΕ* (βλ. Εικ. 1) νοούνται όλες εκείνες οι ενεργειακές πηγές, που βρίσκονται άφθονες εντός του φυσικού περιβάλλοντος. Αυτές οι πηγές έχουν το πλεονέκτημα να είναι στην πράξη ανεξάντλητες και να μην εξαρτώνται από τους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους, οι οποίοι εν προκειμένω τείνουν με το πέρασμα του χρόνου να εξαντλούνται (Ανδρίτσος, 2008 . Γιαννακούρας, Ζαραβέλα, Μανδρίκας, 2008 . Κουτσούμπα, 2016 . Τσούτσος & Κανάκης, 2013). Επιπρόσθετα οι ΑΠΕ έχουν χαμηλό λειτουργικό κόστος, και αποτελούν εγχώριες πηγές ενέργειας που βοηθούν στην ενεργειακή αυτονομία και τον ενεργειακό εφοδιασμό σε εθνικό επίπεδο, ενώ γεωγραφικά εντοπίζονται διάσπαρτες συμβάλλοντας στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος. Επίσης αυτού του τύπου οι πηγές παρέχουν τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης κάθε φορά μορφής της ενέργειας, η οποία και συμπορεύεται-προσαρμόζεται στις ιδιαίτερες ανάγκες του εκάστοτε χρήστη, όπως για παράδειγμα αποτελεί η αιολική ενέργεια για την ηλεκτροπαραγωγή (<http://www.allaboutenergy.gr/Piges23.html>). Ακόμη οι ΑΠΕ έχουν την ιδιότητα να μη μολύνουν το περιβάλλον -όντες ως «πράσινες» και φιλικές στο περιβάλλον πηγές- όταν χρησιμοποιούνται από τους ανθρώπους, οι οποίοι μάλιστα τις ανακάλυψαν προτού στραφούν στην αξιοποίηση των ορυκτών καυσίμων και τη συστηματική χρήση άνθρακα και υδρογονανθράκων (Αρχοντάκης, Καρατί και Νέλα, 2018 . Κουτρομπή και Σαλταούρα, 2015-16). Εν ολίγοις οι ΑΠΕ -όντας τεχνολογίες περιβαλλοντικού σκοπού- τίθενται ως το κλειδί για το δύσκολο εγχείρημα ενός μακροπρόθεσμου μετριασμού της ανησυχίας της κλιματικής αλλαγής- κρίσης, που βιώνει στις μέρες μας ο πλανήτης Γη (<https://www.wwf.gr>). Οι ΑΠΕ ως ευέλικτες εφαρμογές αποτελούν ένα καθόλα δυνητικά ασφαλές περιβάλλον για τις μακροπρόθεσμες επενδύσεις (<https://www.eea.europa.eu>).



Παρά τα αυξημένα πλεονεκτήματα, που διαθέτουν οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (εφεξής ΑΠΕ), εντούτοις εμφανίζουν και ορισμένα μειονεκτήματα σε ό, τι αφορά στην αξιοποίηση και την τάχιστα εξέλιξή τους. Μεταξύ αυτών των μειονεκτημάτων είναι το υψηλό κόστος επένδυσης ανά μονάδα μιας εγκατεστημένης ισχύος, η ιδιαίτερα χαμηλή διαθεσιμότητά τους, η εξίσου χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας με συνέπεια για τα σχέδια μεγάλων παραγωγών να προαπαιτούνται και εξίσου μεγάλες - εκτεταμένες εγκαταστάσεις (<https://www.elpedisongreen.gr>).

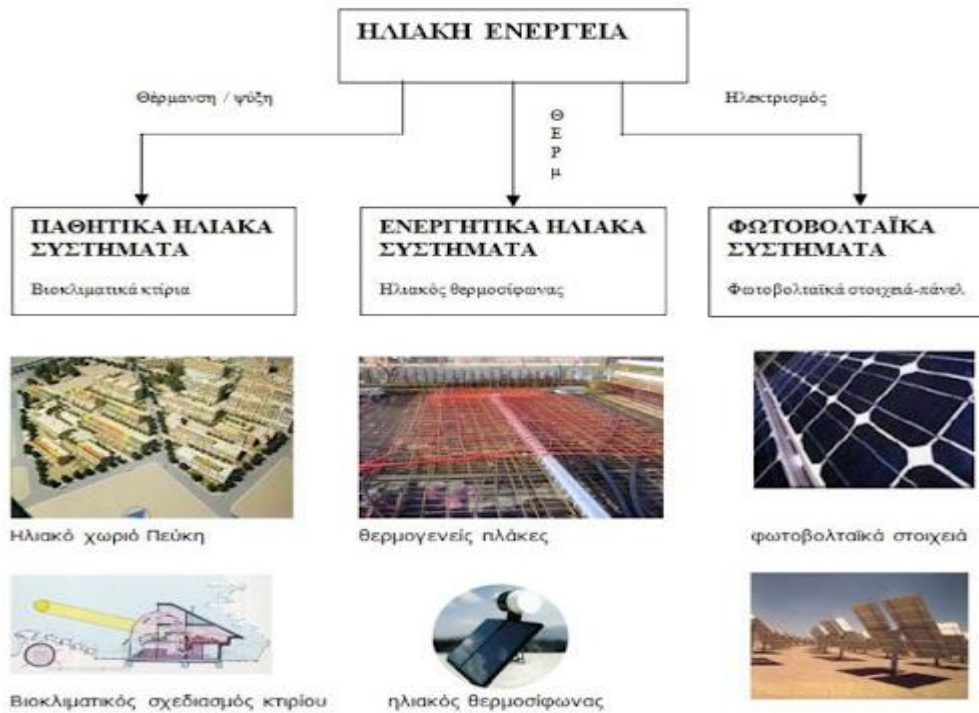
Οι πιο βασικές μορφές ενέργειας των *Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας*, οι οποίες ανανεώνονται υπό μια φυσική τους τεχνική, είναι οι εξής (Ανανιάδου-Τζημοπούλου, Τσιούρης, 2009 . Αρέστης και Καραλή, 2016 . Γιαννακούρας, Ζαραβέλα, Μανδρίκας, 2008 . Καπλάνης, 2003 . Παπούλια, 2004 . Τσικούδη, 2014 . Τσούτσος & Κανάκης, 2013 . Gasteratos et al., 2017 . <https://www.env.aegean.gr> ; <https://www.europarl.europa.eu>):

- *ηλιακή:* με τον όρο ηλιακή ενέργεια (βλ. Εικ. 2) νοείται η σωστή εκμετάλλευση της δύναμης του ηλίου, είτε άμεσα και μέσω των φωτοβολταϊκών κυψελών (PV), είτε έμμεσα και μέσω της χρήσης τεχνικών που στόχο έχουν τη συγκέντρωση ηλιακής ενέργειας (CSP). Όλες αυτές οι εγκαταστάσεις δίνουν τη δυνατότητα παροχής και τροφής και ενδιαιτήματος για τα διάφορα κτηνοτροφικά είδη. Αυτού του τύπου η ενέργεια

χρησιμοποιείται μέσω 1<sup>ο</sup> των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων όπως π.χ. είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας, 2<sup>ο</sup> των παθητικών ηλιακών συστημάτων όπως είναι π.χ. το θερμοκήπιο και 3<sup>ο</sup> των φωτοβολταϊκών συστημάτων που ουσιαστικά μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Σε ό, τι αφορά στα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι χρήσιμο να σημειωθεί ότι αυτά αποτελούνται από συγκεκριμένα δομικά στοιχεία, τα οποία είναι κατάλληλα σχεδιασμένα αλλά και συνδυασμένα μεταξύ τους, ώστε να μπορούν να εκμεταλλεύονται επαξίως την ηλιακή ενέργεια παρέχοντας ένα καθόλα φυσικό φωτισμό σε κτήρια, ή ακόμη και να ρυθμίζουν τη θερμοκρασία μέσα σε αυτά. Ακόμη τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν ουσιαστικά και την αρχή της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής, στη βάση πως υλοποιούνται σε όλες σχεδόν τις μορφές κτηρίων. Ειδικότερα για τη συλλογή και τη θερμική μετατροπή της ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιούνται οι *θερμικοί συλλέκτες*, με τον τυπικό επίπεδης μορφής συλλέκτη (flat plate collector), τον πλήρως τελειοποιημένο ηλιακό συλλέκτη, τον σύνθετης μορφής παραβολικό συγκεντρωτικό συλλέκτη (CPC) και τον κυλινδροπαραβολικό συλλέκτη. Σε ό, τι αφορά πιο συγκεκριμένα στην ηλεκτρική μετατροπή της ηλιακής ενέργειας γίνεται μια ευρεία αξιοποίηση του φωτοβολταϊκού συστήματος (PV) με τη χρήση των ηλιακών κυττάρων. Αυτά τα ηλιακά κύτταρα διαθέτουν ένα πλεονέκτημα, ότι δηλαδή μπορούν να εφαρμόζονται σε εδάφη ή και σε περιοχές, που δεν έχουν και ιδιαίτερη έκθεση στον ήλιο ανά μονάδα επιφάνειας. Μάλιστα και όταν αυτές οι περιοχές δε φωτίζονται λόγω της συννεφιάς, ακόμη και τότε έχουν την ιδιότητα με τη συμβολή των φωτοβολταϊκών να έχουν την ίδια απόδοση σε αντίθεση με τα ηλιακά συγκεντρωτικά συστήματα, τα οποία παράγουν ηλεκτρισμό μέσω της θερμοδυναμικής μετατροπής έχοντας όμως εξαιρετικά περιορισμένες αποδόσεις εξαιτίας της συλλογής, η οποία εξαρτάται αποκλειστικά από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ενέργεια είναι μια καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και κυρίως μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Εικ. 2 – Η δομή της Ηλιακής ενέργειας

Πηγή: <http://www.epagelmaties.com/anthis/photovoltaic.html> στις 03/10/2021



- η αιολική με τον άνεμο (βλ. Εικ. 3), που αξιοποιείται με τη συμβολή των ανεμογεννητριών είτε οριζόντιου άξονα είτε κατακόρυφου άξονα, θεωρείται μία από τις πιο γνωστές μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Αυτή η μορφή της καθαρής ενέργειας δε μολύνει το περιβάλλον και -όπως προαναφέρθηκε- παράγεται μέσω της χρήσης ανεμογεννητριών ή και τουρμπίνων, ώστε έτσι να παραχθεί εν τέλει ο ηλεκτρισμός. Όμως η εκάστοτε εγκατάσταση ανεμογεννητριών πιθανόν να οδηγήσει και σε απώλεια ενός ίσως μικρού μέρους του βιότοπου, ή άμεσης εξαιτίας της εγκατάστασης του πύργου ή έμμεσης εξαιτίας της αποφυγής των αιολικών εγκαταστάσεων από ορισμένα είδη. Ο τρόπος, που υιοθετείται, ώστε να καταπολεμούνται αυτές οι πιθανές αρνητικές επιρροές των εγκαταστάσεων, είναι αρχικά να ανιχνεύονται οι περιοχές με μικρή βιοποικιλότητα με στόχο την κατασκευή εγκαταστάσεων. Ακόμη πρέπει να επιδιώκεται η διεξαγωγή φιλικών προς τη βιοποικιλότητα διεργασιών, καθώς επίσης και ένας προσεχτικός σχεδιασμός των νεωτερικών πρακτικών. Ουσιαστικά η αιολική ενέργεια αποτελεί μια καθόλα ήπια μορφή ενέργειας, που προστατεύει το περιβάλλον και για αυτό

θεωρείται και ανανεώσιμη. Στις μέρες μας μάλιστα η αιολική ενέργεια έχει τεθεί ως η πιο διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας στον ελληνικό χώρο και αυτό οφείλεται στο πολύ πλούσιο αιολικό δυναμικό της χώρας, ειδικότερα σε περιοχές όπως είναι της Κρήτης, της Πελοποννήσου, της Εύβοιας αλλά και ολόκληρου του Αιγαίου.

**Εικ. 3** – Η αιολική ενέργεια

Πηγή: <https://www.epixeiro.gr/article/68470> στις 03/10/2021



- η υδραυλική-υδροηλεκτρική με τις υδατοπτώσεις (βλ. Εικ. 4). Αυτής της μορφής η ενέργεια είναι μια αξιοσήμαντη πηγή σε ό, τι αφορά στην παραγωγή ηλεκτρισμού. Ουσιαστικά παράγεται μέσω της χρήσης ρέοντος νερού, που εν προκειμένω κινούν στροβίλους παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Σε αυτήν τη μορφή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει προστεθεί και η χρήση - αξιοποίηση της ενέργειας, που προέρχεται από τους ωκεανούς. Η χρήση αυτών των εγκαταστάσεων υδροηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να τεθεί ως η πηγή μείωσης και μιας καθολικής απώλειας των ενδιατημάτων ορισμένων ειδών, ή ακόμη να προκληθούν προβλήματα εξαιτίας των μεταβολών της ροής των υδάτων. Για να περιοριστούν όλες αυτές οι επιπτώσεις καθοριστικό ρόλο καλούνται να παίζουν οι τεχνολογίες της υδροηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες και ενέχουν λιγότερες συνέπειες για τα οικοσυστήματα.



**Εικ. 4 – Η υδραυλική-υδροηλεκτρική ενέργεια**

**Πηγή:**

<https://www.microhydropower.gr/2018/06/15/%CE%B5%CE%BD%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%86%CE%AD%CF%81%CE%BF%CE%BD-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B1-%CE%B1> στις 03/10/2021



- η *γεωθερμική* (βλ. Εικ. 5) είναι μια μορφή θερμότητας, η οποία και προέρχεται από τον φλοιό της γης. Εκδηλώνεται είτε με υψηλού είτε με χαμηλού επιπέδου ενθαλπία, η οποία ενθαλπία συνηθίζεται σε κάποια εδάφη να διαπιστώνεται πως αυξάνεται ο ατμός και το νερό, έχοντας κατεύθυνση προς την επιφάνεια και με κύριο στόχο την παραγωγή ηλεκτρισμού. Πιο συγκεκριμένα αυτού του τύπου η ενέργεια συναντάται σε περιοχές, που εμφάνισαν πολύ πρόσφατα μια ηφαιστειότητα, με αποτέλεσμα τη θέρμανση του υπεδάφους. Στη συνέχεια όλη αυτή η παραγόμενη θερμότητα κατάφερε να μεταφερθεί σε όποιους υδροφόρους σχηματισμούς εντόπισε εντός των παραπάνω περιοχών. Το αποτέλεσμα ήταν αυτά τα νερά να αποκτήσουν μια ισχυρή θερμότητα και να εισρέουν εντός των πετρωμάτων ή ακόμη και να φτάνουν έως και την επιφάνεια, αφού όμως πριν έχουν εμποτιστεί από τα άλατα των πετρωμάτων (π.χ. ατμίδες), ενώ σε άλλες σπάνιες περιπτώσεις μεγάλες ποσότητες νερού μη μπορώντας να διαπεράσουν τα πετρώματα να θερμαίνονται υπερβολικά. Η γεωθερμική ενέργεια δυστυχώς δεν χρησιμοποιείται ευρέως εξαιτίας της μη διεξαγωγής γεωτρήσεων σε μεγάλα

βάθη, όπου εκεί ενυπάρχει και τεράστιο ενεργειακό απόθεμα. Η γεωθερμία αποτελεί μια πολύ ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, η οποία με τη συμβολή και της τεχνολογίας έχει τη δυναμική να ικανοποιήσει τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης, ενώ και σε άλλες περιπτώσεις να παράξει και ηλεκτρική ενέργεια. Ακόμη η γεωθερμία παρέχει ενέργεια μειωμένου κόστους, ενώ προστατεύει και το περιβάλλον από τις εκπομπές των βλαβερών για τη φύση ρύπων.

Εικ. 5 – Η γεωθερμική ενέργεια

Πηγή: <https://www.energia.gr/article/152014/h-geothermia-mporei-na-kalypsei-to-9-ton-ethsion-anagkon-ths-horas-se-hlektrikh-energeia-kai-thermansh> στις 03/10/2021



- η *βιομάζα-βιοενέργεια* (βλ. Εικ. 6) αποτελεί ένα βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, των αποβλήτων και των υπολειμμάτων τα οποία και προέρχονται από τον κλάδο της γεωργίας (και φυτικών και ζωικών ουσιών), της δασοκομίας και των παρεμφερών βιομηχανιών. Ουσιαστικά η βιομάζα αποτελεί μια τύπου θερμική ή χημική ενέργεια, η οποία επιτυγχάνεται με την αρωγή βιοκαυσίμων ή τη χρήση αστικών και βιομηχανικών αγροτικών αποβλήτων. Οι συνθήκες, οι οποίες ενδέχεται να αναδυθούν μέσω της χρήσης των εκτάσεων, ώστε να παραχθεί η βιοενέργεια, έχουν τη δυνατότητα να αποδώσουν ενδιαιτήματα σε σύγκριση με τις εντατικοποιημένες καλλιέργειες. Οι συνέπειες σε αυτά τα ενδιαιτήματα ίσως να αποδειχθούν και αμφίδρομες, στη βάση πως όλες οι εγκαταστάσεις παραγωγής της ενέργειας έχουν την

πιθανότητα είτε να καταστρέψουν είτε και να αναγεννήσουν νέα. Ακόμη, επειδή η χρήση - αξιοποίηση των βιοκαυσίμων έχει συνδεθεί με την παραγωγή αυξημένων ατμοσφαιρικών ρύπων, για αυτό και προκειμένου να αντιμετωπιστούν ή καλύτερα να περιοριστούν αυτές οι συνέπειες της βιοενέργειας συστήνεται να επιλέγονται φιλικές για το περιβάλλον πρακτικές παραγωγής, η εγκατάσταση των χώρων παραγωγής σε υποβαθμισμένες εκτάσεις, καθώς και ο σχεδιασμός πολύ-λειτουργικών τοπίων βιοενέργειας. Ειδικότερα η βιομάζα, η οποία έχει τεθεί ως μια καθόλα καθαρή και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον για την παραγωγή ηλεκτρισμού μέσω τριών (3) τεχνικών, που είναι οι ακόλουθες: 1) η στερεή βιομάζα συνήθως αποφασίζεται να καίγεται μέσα σε έναν καυστήρα με στόχο τη θέρμανση του νερού, ενώ ο παραγόμενος ατμός να χρησιμοποιείται, ώστε να ενεργοποιεί μια γεννήτρια που παράγει ηλεκτρισμό, 2) τα αέρια, που αναδύονται από τη βιομάζα (και βιοαέριο και φυσικό αέριο), συνήθως αξιοποιούνται με στόχο την καύση και την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος, 3) τα αέρια, που επίσης αναδύονται (και αιθανόλη και βιοντίζελ), συνήθως χρησιμοποιούνται σε μηχανές εσωτερικής καύσης. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθούν και κάποια μειονεκτήματα της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα, όπως είναι τα κόστη συγκέντρωσης και επεξεργασίας των υλικών, αλλά και το μειωμένο ενεργειακό περιεχόμενο έναντι μιας ισότιμης μάζας καύσιμου απολιθωμάτων. Σε ευρωπαϊκό μάλιστα επίπεδο έχει αποδειχθεί σε έρευνες πως η χρήση της βιομάζας αποτελεί την πλέον πιο φθηνή επιλογή για το καταναλωτικό κοινό συγκριτικά με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.



**Εικ. 6 – Η βιομάζα-βιοενέργεια**

**Πηγή:**

<https://www.uhhe.gr/%CF%80%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BB%CF%89%CF%84%CE%AD%CF%82/30-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1-%CE%BF-%CE%B5%CE%BD%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%B%CF%8C%CF%82-%CF%84%CF%81%CF%8C%CF%80%CE%BF%CF%82-%CE%B8%CE%AD%CF%81%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7%CF%82> στις

03/10/2021



- οι *θάλασσες* (βλ. Εικ. 7) με τη συμβολή κίνησης των κυμάτων, ενέργειας των παλιρροιών καθώς και της θερμικής ενέργειας των ωκεανών. Αναφορικά με την κινητική ενέργεια των κυμάτων εκείνο που πρέπει να σημειωθεί είναι η ικανότητα περιστροφής της τουρμπίνας, ώστε η όλη αυτή ανυψωτική κίνηση των κυμάτων εν τέλει να πιέζει τον αέρα με κατεύθυνση προς τα επάνω, και εντός του θαλάμου να θέτει σε μια περιστροφική κίνηση την τουρμπίνα με στόχο η γεννήτρια να παράγει ρεύμα. Η όλη ενέργεια, που παράγεται, μπορεί να ικανοποιήσει - καλύψει τις ανάγκες είτε μιας οικίας είτε ενός φάρου καθώς και πολλών άλλων περιπτώσεων. Σε ό, τι αφορά στη χρήση - αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας αυτή συνδέεται με το παρελθόν ακόμη, όπου τα νερά που έμεναν στις εκβολές των ποταμών από τις διάφορες παλίρροιες, συνήθως χρησιμοποιούνταν, ώστε να κινούνται οι νερόμυλοι. Αυτή η τεχνική είναι απλή σχετικά, στη βάση πως ο όγκος του νερού από τις παλίρροιες, που συγκεντρωνόταν στις ακτές κατά την πλημμυρίδα, είχαν την ιδιότητα να

παγιδεύονται σε φράγματα, συνεπώς κατά τη διάρκεια της άμπωτης όλα αυτά τα αποθηκευμένα νερά να απελευθερώνονται δημιουργώντας έναν υδροστρόβιλο, όπως διαπιστώνεται στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Η πιο συνήθης τοποθεσία και δη η κατάλληλη για την κατασκευή των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές των ποταμών. Στις μέρες μας οι μικροί σταθμοί παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας από το θαλασσινό νερό βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο, όμως η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας ολόκληρης πόλης με πληθυσμό έως και 240.000 κατοίκους.

**Εικ. 7** – Οι θάλασσες

**Πηγή:** <https://www.worldenergynews.gr/index.php?id=48367> στις 03/10/2021



## 4. Φωτοβολταϊκά

Τα φωτοβολταϊκά (βλ. Εικ. 8, 9) στις μέρες μας αποτελούν μία εκ των πολλών υποσχόμενων τεχνολογιών, που αναδύεται αργά αλλά σταθερά στον τομέα της ενέργειας. Τα μικρής πλην όμως ευέλικτης μορφής συστήματα, που εφαρμόζονται είτε σε κατοικίες είτε σε εμπορικά κτήρια, αναμένεται μελλοντικά να κατακτήσουν ένα μεγάλο τμήμα της ενεργειακής αγοράς. Μάλιστα η ηλιακή ακτινοβολία μέσω των φωτοβολταϊκών, που μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρικό ρεύμα, έχει αποσπάσει το ενδιαφέρον των καταναλωτών και σε ιδιωτικό αλλά και σε γενικότερο επίπεδο. Τα φωτοβολταϊκά δίνουν τη δυνατότητα ενός απόλυτου ελέγχου στον εκάστοτε καταναλωτή, με άμεση μάλιστα πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν στην παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια. Με τον τρόπο αυτόν ο καταναλωτής προσέχει την κατανάλωση της ενέργειας κάνοντας ορθολογική χρήση της καθώς και εξοικονόμηση της ενέργειας.

Σε ό, τι αφορά στα ηλιακά φωτοβολταϊκά συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται για την αθόρυβη λειτουργία τους, την αξιοπιστία, την ελάχιστη συντήρησή τους καθώς και τη μεγάλη διάρκεια ζωής που διαθέτουν (Αρέστης και Καραλή, 2016). Ειδικότερα στα οφέλη των φωτοβολταϊκών υπάγονται τα εξής στοιχεία ή καλύτερα οι εξής εγγυήσεις (<https://www.fotovoltaiika.gr>):

- μηδενική ρύπανση,
- αθόρυβη λειτουργία,
- αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 χρόνια)
- απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές,
- δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες,
- ελάχιστη συντήρηση.

Ακόμη ένα εξέχον στοιχείο, που τα χαρακτηρίζει, είναι τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματά τους, στη βάση πως κάθε παραγόμενη εκ των φωτοβολταϊκών κιλοβατώρα αυτομάτως συμβάλλει στην αποφυγή έκλυσης ενός περίπου κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Στα πλαίσια αυτά ένα κιλοβάτ φωτοβολταϊκών αποτρέπει σε ετήσιο επίπεδο την έκλυση 1,3 τόνων του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Σε άλλη περίπτωση παραγωγής αυτής της ηλεκτρικής

ενέργειας με το πετρέλαιο χρειάζονται 2,2 βαρέλια πετρελαίου ετησίως (Σαμαράς & Παπανικολάου, 2012).

**Εικ. 8** – Τα φωτοβολταϊκά

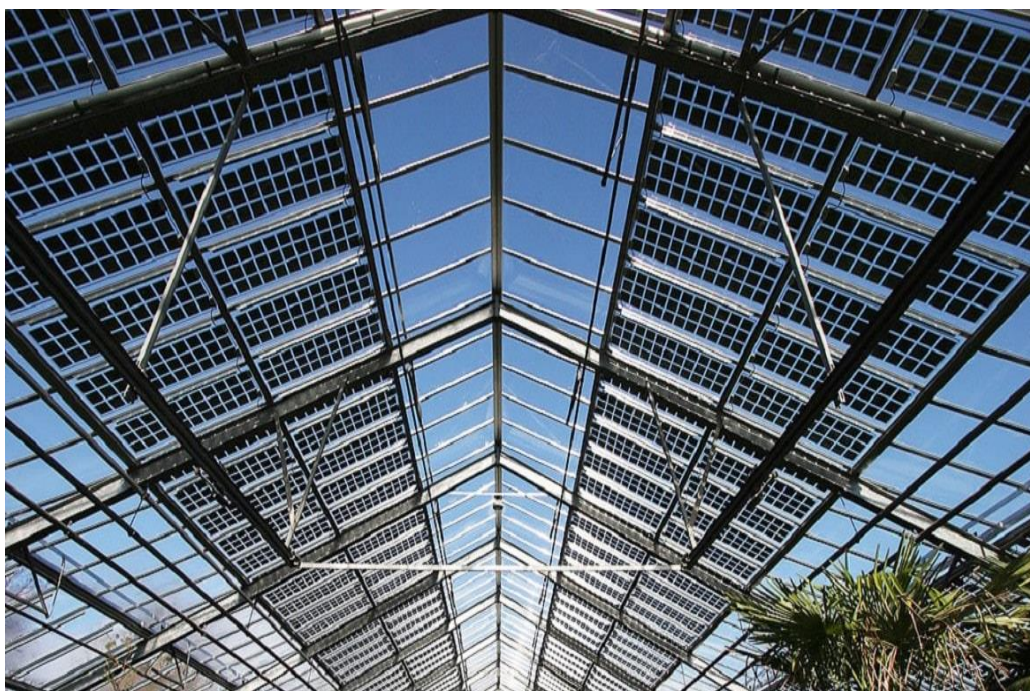
**Πηγή:** <https://www.thenewspaper.gr/2020/04/01/lysi-gia-ta-fotovoltaika-se-gi-ypsilis-paragogikotitas>  
στις 03/10/2021



**Εικ. 9** – Τα φωτοβολταϊκά σε θερμοκήπια

**Πηγή:** <https://www.mp-energy.gr/blog/32/%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%BF-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CE%BF-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%B7%CF%80%CE%B9%CE%BF-%CE%BC%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CF%84%CE%B7---%CF%85%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CE%B9.html> στις 03/10/2021





Ειδικότερα σε περίπτωση που τα φωτοβολταϊκά εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, τότε έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν ένα 5-17% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η ακρίβεια του ποσοστού εξαρτάται από την εκάστοτε υιοθετηθείσα τεχνολογία, που επιλέγεται. Σε επίπεδο ειδών στις μέρες μας υπάρχουν τα επονομαζόμενα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά αλλά και τα άμορφα. Από αυτά τα είδη επιλέγονται κάθε φορά με βάση τις ανάγκες, τον διαθέσιμο χώρο ή ακόμη και την οικονομική κατάσταση του καταναλωτή. Τα φωτοβολταϊκά επιλέγεται να τοποθετούνται άλλοτε σε οικίες, άλλοτε σε οικόπεδα, άλλοτε σε εμπορικά κέντρα και άλλοτε σε στέγες (επίπεδες ή κεκλιμένες) όπως για παράδειγμα σε στέγες θερμοκηπίων ή ακόμη και στις προσόψεις πολλών κτηρίων (Σαμαράς & Παπανικολάου, 2012).

Για τη χρήση των φωτοβολταϊκών συνηθίζονται δύο (2) μέθοδοι, είτε σε συνεργασία με το δίκτυο της ΔΕΗ είτε ανεξάρτητα από αυτό. Αναλόγως της χρήσης του παραγόμενου ρεύματος, τα φωτοβολταϊκά διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες: 1<sup>ο</sup>ν στα αυτόνομα συστήματα, με την παραγόμενη ενέργεια των οποίων να καταναλώνεται, 2<sup>ο</sup>ν τα επιτόπου και εξολοκλήρου από την παραγωγή προς την κατανάλωση, 3<sup>ο</sup>ν τα διασυνδεδεμένα συστήματα, με την παραγόμενη ενέργεια των οποίων να διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο με στόχο να μεταφερθεί και να καταναλωθεί αλλού (Γρατσάνη, 2010 . Κρητικός, 2010 . Καρκαλάκος και Πολέμης, 2015). Τέλος τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως δομικά υλικά,

υποκαθιστώντας άλλα παραδοσιακά υλικά όπως είναι για παράδειγμα οι παλιές κεραμοσκεπές. Με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται εξοικονόμηση και χρημάτων αλλά και φυσικών πόρων (Καρκαλάκος και Πολέμης, 2015).

## 5. Θερμοκήπια

Τα θερμοκήπια (βλ. Εικ. 10) ως πολύπλοκες κατασκευές χρησιμοποιούνται με κύριο στόχο να παράξουν προστασία στις καλλιέργειες, που κινδυνεύουν από τις δύσκολες και δη τις επικίνδυνες καιρικές συνθήκες, και συνακόλουθα να μπορέσουν να συμβάλουν στην ομαλή ανάπτυξη και παραγωγή ορισμένων προϊόντων σε βάθος όλου του έτους. Είναι κατασκευές, που στοχεύουν στη δημιουργία ενός καλά προστατευόμενου χώρου για την καλλιέργεια φυτών σε ένα καλά ελεγχόμενο περιβάλλον. Έτσι η εκάστοτε καλλιέργεια μπορεί να αυξηθεί ποσοτικά, να προγραμματισθεί χρονικά ώστε να σταλεί στην αγορά έγκαιρα αλλά και να βελτιωθεί ποιοτικά με την παρεχόμενη εκ του θερμοκηπίου προστασία. Με τα θερμοκήπια αποφεύγονται ζημιές λόγω των καιρικών συνθηκών, αναλόγως του εξοπλισμού τους δίνεται η δυνατότητα ρύθμισης των περιβαλλοντικών παραγόντων, μειώνονται οι ζημιές από έντομα ή ασθένειες των φυτών (Αρέστης και Καραλή, 2016).

Πιο συγκεκριμένα τα θερμοκήπια αποτελούν πολυσύνθετα παραγωγικά συστήματα αγροτικής φύσης προϊόντων, με βασική προϋπόθεση της ύπαρξής τους την καλύτερη δυνατή συνεργασία ανάμεσα στο φωτισμό, στο δροσισμό και στον αερισμό τους. Μάλιστα επειδή κοστίζει η ενέργεια φτάνοντας περίπου στο ήμισυ των παραγόμενων προϊόντων, συνήθως αυτό παρεμποδίζει και την όλη (ευρεία) οικονομική ανάπτυξη των θερμοκηπίων. Γίνεται συνήθως χρήση των καυστήρων του πετρελαίου, του φυσικού αερίου ή τα τελευταία χρόνια και της βιομάζας, καθώς επίσης και των ηλεκτρικών συστημάτων ή και των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας. Παρά το γεγονός πως έως πρότινος η λειτουργία των θερμοκηπίων συνδεόταν κατά κύριο λόγο με την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, εντούτοις τα τελευταία χρόνια ξεκίνησε αργά αλλά σταθερά και η χρήση των φωτοβολταϊκών, που αναφέρθηκαν παραπάνω (βλ. Εν. 4).

**Εικ. 10** – Τα θερμοκήπια

Πηγή: [https://www.real.gr/archive\\_planet/arthro/thermokipio\\_made\\_in\\_greece-417941](https://www.real.gr/archive_planet/arthro/thermokipio_made_in_greece-417941) στις 03/10/2021



Στη χώρα μας είναι πολύ σημαντικό να εξασφαλίζονται οι απαραίτητες εκείνες συνθήκες για ό, τι προϊόν θα φιλοξενήσει το εκάστοτε θερμοκήπιο στο εσωτερικό του, λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής εκ των οποίων οι κυριότερες είναι η θερμοκρασία, η συνολική ηλιακή ακτινοβολία, η ισχύς του ανέμου καθώς και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Βάσει έτσι αυτών των κλιματολογικών συνθηκών, που παρατηρούνται κυρίως στην Ελλάδα, πρέπει να επιδιώκεται η εκάστοτε κατασκευή ενός θερμοκηπίου να συμπορεύεται του τοπικού κλίματος, και ειδικότερα τον μεν χειμώνα να προνοείται η άμεση εξασφάλιση της θέρμανσης και του τεχνητού φωτισμού, το δε καλοκαίρι επίσης να προνοείται η εξασφάλιση του δροσισμού και περιορισμού του φωτισμού αναλόγως πάντοτε των ιδιαίτερων αναγκών του κάθε καλλιεργούμενου προϊόντος (Αναστασιάδης και Πουλογιαννόπουλος, 2019).

## Μέρος Β

### **6. Ερευνητική ανασκόπηση για τη χρήση των φωτοβολταϊκών στα θερμοκήπια**

Η ενέργεια όντας ένα αγαθό τεράστιας σημασίας, που πηγάζει από το φυσικό περιβάλλον και με την αρωγή καινοτόμων μεθόδων και τεχνικών συστημάτων, που κατάφερε ο άνθρωπος να εξελίξει, έχει πλέον τη δυνατότητα να μετατρέπεται σε άλλες μορφές πέραν της αρχικής της, οι οποίες μορφές τίθενται ως κατάλληλες για μια άμεση και κυρίως για λειτουργική χρήση – αξιοποίησή τους. Οι *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας* (Α.Π.Ε) ως ενεργειακές πηγές, που υπάρχουν άφθονες στη φύση, τέθηκαν στην υπηρεσία των ανθρώπων, ώστε να μπορέσουν να αποδεσμεύσουν τα κράτη από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο αλλά και να ενισχύσουν την ασφάλεια του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Ακόμη πολύ σημαντικό είναι το γεγονός πως οι ΑΠΕ συνέβαλαν δραστικά στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, στη βάση πως ο ενεργειακός τομέας είναι εκείνος ο κλάδος, που έχει ενοχοποιηθεί και περισσότερο για τη μόλυνση του περιβάλλοντος (Καπλάνης, 2003).

Από τις ΑΠΕ εκείνη η ενεργειακή πηγή, που τον τελευταίο καιρό έχει υιοθετηθεί περισσότερο, είναι τα φωτοβολταϊκά ως ένα καινοτόμο σύστημα, που μάλιστα τείνει να επιλέγεται και να χρησιμοποιείται και στα θερμοκήπια, με στόχο να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες τους σε ό, τι αφορά στη θέρμανση, στον δυναμικό εξαερισμό, τον τεχνητό φωτισμό καθώς και σε άλλες ενεργειακές απαιτήσεις τους (Ανανιάδου- Τζημοπούλου & Τσιούρης, 2009). Τα θερμοκήπια μάλιστα καθώς αποτελούν πολυσύνθετα παραγωγικά συστήματα αγροτικών προϊόντων έχουν μεγάλες απαιτήσεις ιδιαίτερα σε φωτισμό, θέρμανση, δροσισμό αλλά και σε αερισμό. Τα κόστη της ενέργειάς τους φτάνουν στο 50% του κόστους του κάθε παραγόμενου προϊόντος, και αυτό ουσιαστικά τίθεται ως ένα τεράστιο εμπόδιο για την οικονομική ανέλιξη των θερμοκηπίων. Για όλους αυτούς τους λόγους και κυρίως για να μπορέσουν να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες των θερμοκηπίων γινόταν έως πρότινος χρήση καυστήρων πετρελαίου, φυσικού αερίου, βιομάζας, ηλεκτρισμού



(συσκευές) και της γεωθερμίας (αντλίες θερμότητας). Όμως τα τελευταία χρόνια και επειδή η βασική λειτουργία συνδεόταν κυρίως με τη χρήση της ηλιακής ενέργειας, για αυτό και οι άνθρωποι στράφηκαν περισσότερο στην αξιοποίηση μεθόδων, όπως είναι π.χ. τα φωτοβολταϊκά.

Για τη χρήση – αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών στα θερμοκήπια καθώς και για τα οφέλη, που παρέχουν σε λειτουργικό επίπεδο, έχουν ενασχοληθεί πολλές έρευνες εκ των οποίων ορισμένες θα παρατεθούν παρακάτω και αναλόγως θα αποτυπωθούν ανά κατηγορία πληροφοριών και δεδομένων σε έναν συνολικό πίνακα (βλ. Πίνακα 1).

Σύμφωνα με την έρευνα, που πραγματοποιήθηκε, από τους **Αναστασιάδη και Πουλογιαννόπουλο (2019)** με τίτλο «*Εφαρμογή Φωτοβολταϊκών σε Πειραματικά Θερμοκήπια και η Επίδραση Σκίασης στην Ανάπτυξη Φυτών Ρόκας (Eruca sativa L)*» (βλ. Εικ. 11), επιδιώχθηκε να διερευνηθεί η επίδραση της μερικής σκίασης, η οποία προκαλείται από την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών panels στην οροφή του θερμοκηπίου για την καλλιέργεια της ρόκας (Eruca sativa L). Η εν λόγω πειραματικής φύσης διαδικασία διεξήχθη μέσα στο εργαστήριο Τεχνολογίας Θερμοκηπίων και Βιοκλιματολογίας και στις εγκαταστάσεις του τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων, στην Αμαλιάδα. Η καλλιέργεια της ρόκας, που αποφασίστηκε να μελετηθεί, αποτελεί στις μέρες μας ένα καθόλα παραδοσιακά προς καλλιέργεια φυτό, που συναντάται περισσότερο στην περιοχή της Μεσογείου, εμφανίζει μια ιδιαίτερα καλή προσαρμοστικότητα και στα ανοικτά χωράφια αλλά και στα θερμοκηπιακά συστήματα καλλιέργειας, ενώ η καταναλωτική του ζήτηση έχει αυξηθεί πολύ τον τελευταίο καιρό λόγω της δημοφιλίας της στην Κεντρική Ευρώπη. Στην έρευνα αυτή οι απαραίτητοι παράμετροι φυτικής ανάπτυξης, που λειτούργησαν και ως βασικοί δείκτες, ήταν το νωπό και το ξηρό βάρος, το μήκος και η επιφάνεια των φύλλων. Το εν λόγω πείραμα διήρκεσε περίπου δύο (2) μήνες. Η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία μέσα στα θερμοκήπια είναι το Sol\_glass και το Sol\_glassPV, για το θερμοκήπιο αναφοράς και το θερμοκήπιο με τα φωτοβολταϊκά πάνελ αντίστοιχα. Και οι δύο αυτές τιμές τείνουν να είναι και χαμηλότερες από τις τιμές από το οριζόντιο πυραρόμετρο εκτός των θερμοκηπίων (Sol\_Out), λόγω του περιορισμού της μεταδιδόμενης ηλιακής ακτινοβολίας λόγω της ανάκλασης και της απορρόφησης από το γυάλινο κάλυμμα. Σε μια συγκριτική αποτίμηση μεταξύ των 2 θερμοκηπίων σχετικά με την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, οι τιμές, που διαπιστώθηκαν, επιβεβαιώνουν το γεγονός πως το θερμοκήπιο με τα φωτοβολταϊκά πάνελ

λειτούργησε σε ένα πιο χαμηλό επίπεδο έναντι του θερμοκηπίου αναφοράς, λόγω της σκίασης από τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Το πείραμα έδειξε ότι η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στη στέγη του θερμοκηπίου επιφέρει οφέλη, διότι αφενός περιορίζει την ηλιακή ακτινοβολία που εισερχόταν από το υλικό κάλυψης αφετέρου κατευθυνόταν από τα καλλιεργούμενα φυτά προς στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, επηρεάζοντας σημαντικά τον φωτισμό τους, και ως εκ τούτου επηρέαζε θετικά και την όλη απόδοση της καλλιέργειας της ρόκας (*Eruca sativa* L). Αυτή η πρακτική τοποθέτησης φωτοβολταϊκών στην οροφή του θερμοκηπίου με αναλογία σκίασης έως και 20% κρίθηκε ως ικανοποιητική στην καλλιέργεια της ρόκας και επιπλέον και λειτουργική στην ενεργειακή συμβολή στην ηλεκτρική ενέργεια και στη θερμότητα.

**Εικ. 11** – Εφαρμογή Φωτοβολταϊκών σε Πειραματικά Θερμοκήπια και η Επίδραση Σκίασης στην Ανάπτυξη Φυτών Ρόκας

**Πηγή:** <http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/8313/TEG%20-%20%ce%a0%ce%bf%cf%85%ce%bb%ce%bf%ce%b3%ce%b9%ce%b1%ce%bd%ce%bd%cf%8c%cf%80%ce%bf%cf%85%ce%bb%ce%bf%cf%82-%20%ce%91%ce%bd%ce%b1%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%83%ce%b9%ce%ac%ce%b4%ce%b7%cf%82.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Σύμφωνα με την έρευνα των **Αρέστη και Καραλή (2016)**, που είχε τίτλο «*Μελέτη ενεργειακών αναγκών θερμοκηπίων και προτάσεις για την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών τους αναγκών*» (βλ. Εικ. 12), επιχειρήθηκε να μελετηθεί η αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ως εναλλακτικές έναντι των συμβατικών. Ειδικότερα δόθηκε έμφαση και στη χρήση της ηλιακής ενέργειας στα θερμοκήπια, με στόχο την εποπτεία του φωτισμού, της σκίασης και της θερμοκρασίας εντός των θερμοκηπίων, ώστε εν τέλει να βελτιωθούν στο μέτρο του δυνατού οι συνθήκες καλλιέργειας των προϊόντων καθώς και η απόδοσή τους. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον απέσπασε η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση στη στέγη του θερμοκηπίου με ισχύ 2,5 MW και σε έναν συνολικά χώρο 40.000 τετραγωνικών μέτρων. Οι εργασίες διήρκεσαν περίπου έξι (6) μήνες, όπου και τοποθετήθηκαν 13.440 πάνελς στη στέγη αφήνοντας όμως και ορισμένα διάσπαρτα διαφανή κενά, ώστε να μπορεί να εισέρχεται φωτισμός στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Η απόδοση υπολογιζόταν με τον μετρητή TRI-KA της TRITEC, ο οποίος και συστηματικά διεξήγαγε συχνές μετρήσεις με στόχο να επιβεβαιωθεί η καλή λειτουργία και κυρίως η αναμενόμενη/προσδοκώμενη απόδοσή του. Η χρήση των φωτοβολταϊκών συνέβαλε στη δημιουργία ενός φυσικού αερισμού στα θερμοκήπια, που βοήθησαν τα προς καλλιέργεια φυτά να αναπτυχθούν ομαλά με τη μέγιστη δυνατή αποδοτικότητα.

**Εικ. 12** – «Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση στη στέγη του θερμοκηπίου»

**Πηγή:**

<http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/5208/%CE%9C%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%A4%CE%97%20%CE%95%CE%9D%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%93%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20%CE%98%CE%95%CE%A1%CE%9C%CE%9F%CE%9A%CE%97%CE%A0%CE%99%CE%A9%CE%9D%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3%20%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%A4%CE%97%CE%9D%20%CE%A7%CE%A1%CE%97%CE%A3%CE%97%20%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%9D%CE%95%CE%A9%CE%A3%CE%99%CE%9C%CE%A9%CE%9D%20%CE%A0%CE%97%CE%93%CE%A9%CE%9D%20%CE%95%CE%9D%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%91%CE%A3%20%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%A4%CE%97%CE%9D%20%CE%9A%CE%91%CE%9B%CE%A5%CE%A8%CE%97%20%CE%9C%CE%95%CE%A1%CE%9F%CE%A5%CE%A3%20%CE%A4%CE%A9%CE%9D%20%CE%95%CE%9D%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20%CE%A4%CE%9F%CE%A5%CE%A3%20%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%93%CE%9A%CE%A9%CE%9D..pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Με βάση την έρευνα του **Κοντούλη (2015)**, που είχε τίτλο *Μελέτη αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για τον έλεγχο του φωτισμού και της θερμοκρασίας σε θερμοκήπια*, ο σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να μελετηθεί η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μέσω των Α.Π.Ε. για την ενεργειακή αυτάρκεια των θερμοκηπίων. Πιο συγκεκριμένα η εν λόγω εργασία εστίασε στη χρήση – αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών ως μιας πηγής εξοικονόμησης ενέργειας, η οποία και θα ήλεγχε πολυεπίπεδα τον φωτισμό και τη θερμοκρασία των θερμοκηπίων καλύπτοντας στο μέτρο του δυνατού όλες τους τις ανάγκες. Σύμφωνα με την (οικονομοτεχνική) μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκών στοιχείων για τις ανάγκες ενός θερμοκηπίου, που προηγήθηκε, αναφορικά με τις διαστάσεις χώρου, τις ενεργειακές ανάγκες, τον φωτισμό και τη θερμοκρασία του χώρου, την ψύξη και τους αυτοματισμούς, η παρούσα έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα πως η χρήση - εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών εκ των διαφόρων Α.Π.Ε. σε αγροτικές περιοχές για εξίσου αγροτικές καλλιέργειες θα ήταν μια καθόλα συμφέρουσα λύση και οικονομική αλλά και αποτελεσματική συνάμα. Για το φωτισμό και τη θερμοκρασία κρίθηκε πολύ σημαντικό να εκμεταλλευτεί η ηλιακή ενέργεια μέσω των φωτοβολταϊκών, τα οποία με τη σωστή και στοχευμένη χρήση τους θα συνέβαλαν στη φωτοσύνθεση των προς καλλιέργεια κηπευτικών προϊόντων και στη ρύθμιση της θερμοκρασίας των φυτών και του εδάφους αντίστοιχα. Έγινε εν προκειμένω χρήση των φωτοβολταϊκών μονοκρυσταλλικού τύπου και συγκεκριμένα 84 φωτοβολταϊκών γεννητριών νότιου προσανατολισμού με γωνία κλίσης  $30^\circ$  σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο και χωρίς



σκιάσεις, με στοιχεία των 2V και ισχύ 180Wr σε ένα θερμοκήπιο τύπου “MULTISPAN” (βλ. Εικ. 13) συνολικής έκτασης 150m<sup>2</sup>. Η αρχική και προσδοκώμενη πρόβλεψη του όλου σχεδιασμού ήταν να καλυφθεί το εν λόγω θερμοκήπιο με διαφανή φωτοβολταϊκά, τα οποία και θα ικανοποιούσαν τις μέγιστες ενεργειακές του ανάγκες.

**Εικ. 13** – Χρήση φωτοβολταϊκών μονοκρυσταλλικού τύπου και 84 φωτοβολταϊκών γεννητριών νότιου προσανατολισμού με γωνία κλίσης 30° σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο και χωρίς σκιάσεις, με στοιχεία των 2V και ισχύ 180Wr σε θερμοκήπιο “MULTISPAN” έκτασης 150m<sup>2</sup>

**Πηγή:**

<http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/6600/%ce%9c%ce%95%ce%9b%ce%95%ce%a4%ce%97%20%ce%91%ce%9e%ce%99%ce%9f%ce%a0%ce%9f%ce%99%ce%97%ce%a3%ce%97%ce%a3%20%ce%a4%ce%97%ce%a3%20%ce%97%ce%9b%ce%99%ce%91%ce%9a%ce%97%ce%a3%20%ce%95%ce%9d%ce%95%ce%a1%ce%93%ce%95%ce%99%ce%91%ce%a3%20%ce%93%ce%99%ce%91%20%ce%a4%ce%9f%ce%9d%20%ce%95%ce%9b%ce%95%ce%93%ce%a7%ce%9f%20%ce%a4%ce%9f%ce%a5%20%ce%a6%ce%a9%ce%a4%ce%99%ce%a3%ce%9c%ce%9f%ce%a5%20%ce%9a%ce%91%ce%99%20%ce%a4%ce%97%ce%a3%20%ce%98%ce%95%ce%a1%ce%9c%ce%9f%ce%9a%ce%a1%ce%91%ce%a3%ce%99%ce%91%ce%a3%20%ce%a3%ce%95%20%ce%98%ce%95%ce%a1%ce%9c%ce%9f%ce%9a%ce%97%ce%a0%ce%99%ce%91..pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Σύμφωνα με την έρευνα των **Μπαντιλέσκα και Μποντανάρη (2020)**, με τίτλο «*ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΙΠΕΡΙΑΣ (California Wonders L.) ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ*» (βλ. Εικ. 14) επιχειρήθηκε μια πειραματική διαδικασία καλλιέργειας για την παραγωγή σποροφύτων πιπεριάς μέσα σε δύο (2) δύο πανομοιότυπα πειραματικά θερμοκήπια μικρής κλίμακας που βρίσκονται στη νοτιοδυτική Ελλάδα, ως ένα πεδίο δοκιμής των δύο παραπάνω επιλογών με και χωρίς PVs panel επί της οροφής αντίστοιχα (PV θερμοκήπιο και θερμοκήπιο αναφοράς). Και τα δύο θερμοκήπια ήταν κατασκευασμένα από πλαίσιο αλουμινίου, με υλικό κάλυψης υαλοπίνακες πάχους 3mm. Χρησιμοποιήθηκε σύστημα υπέρυθρης θέρμανσης αποτελούμενο από 4 λαμπτήρες με ανακλαστήρες (1kW συνολικής ενεργείας, 50ο γωνία δέσμης) τοποθετημένους εσωτερικά στις γωνίες του θερμοκηπίου και σε ένα ύψος 1m πάνω από τα φυτά. Στην οροφή του ενός θερμοκηπίου τοποθετήθηκαν δυο (2) φωτοβολταϊκά πλαίσια PVs πολυκρυσταλλικού πυριτίου (pc-Si), 0,4 m<sup>2</sup> έκαστο, καλύπτοντας συνολικά 0,8 m<sup>2</sup> επιφάνεια οροφής. Στα αποτελέσματα διαπιστώθηκε πως οι τιμές της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας εντός του θερμοκηπίου αναφοράς και του θερμοκηπίου με φωτοβολταϊκά πάνελ ήσαν χαμηλότερες από την προσπίπτουσα ακτινοβολία αντίστοιχα, λόγω της αντανάκλασης και της απορρόφησης από το κάλυμμα του θερμοκηπίου. Με βάση τα συνολικά καταγεγραμμένα δεδομένα για την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία στα φωτοβολταϊκά πλαίσια και την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση αποδείχθηκε να παράγει ηλεκτρική ενέργεια με απόδοση περίπου 12,5%.

**Εικ. 14 – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ**

Πηγή: <http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/8651/TEG%20-%20%ce%9c%cf%80%ce%b1%ce%bd%cf%84%ce%b9%ce%bb%ce%ad%cf%83%ce%ba%ce%b1-%ce%9c%ce%bf%ce%bd%cf%84%ce%b1%ce%bd%ce%ac%cf%81%ce%b7%cf%82.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Η έρευνα των **Κιούση και Χαλικούρα (2021)**, που είχε τίτλο «*ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ 2000m<sup>2</sup> ΚΑΙ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΜΕΡΟΥΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ*» (βλ. Εικ. 15), βασικό σκοπό είχε να διερευνήσει την αξιοποίηση των Α.Π.Ε. -με έμφαση στην ηλιακή και τη γεωθερμική- αναφορικά με την ενεργειακή κάλυψη των αναγκών μίας θερμοκηπιακής μονάδας 2000m<sup>2</sup>, μέσω της μελέτης δύο (2) ανεξάρτητων σεναρίων, που θα αφορούσαν την εκμετάλλευση της καθεμιάς από τις προαναφερθείσες ανανεώσιμες πηγές. Η περιοχή εγκατάστασης του θερμοκηπίου επιλέχθηκε να είναι η ευρύτερη περιοχή του οικισμού Ν. Κεσσάνης, της Περιφερειακής Ενότητας Ξάνθης, της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης. Σε καλλιεργητικό επίπεδο στην ευρύτερη περιοχή καλλιεργείται επιτυχώς τα τελευταία χρόνια το σπαράγγι, κυρίως σε θερμοκήπια Ν. Ερασμίου, Π.Ε. Ξάνθης, με την επιλογή της περιοχής εγκατάστασης του θερμοκηπίου 2000m<sup>2</sup>. Για την εκτίμηση

των ενεργειακών απαιτήσεων του υπό μελέτη θερμοκηπίου, απαιτήθηκαν δεδομένα τα οποία και αφορούσαν τις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν στην εν λόγω περιοχή. Το θερμοκήπιο, που αποφασίστηκε να μελετηθεί στην παρούσα εργασία, ανήκε στα τυποποιημένα θερμοκήπια, τα οποία κατασκευάζονται από βιομηχανίες της Ελλάδας, ενώ στο σύνολό του διαμόρφωσε ένα τροποποιημένο πολλαπλό τοξωτό θερμοκήπιο. Τοποθετήθηκαν φωτοβολταϊκά συστήματα συνολικής ισχύος 120kW, και ειδικότερα 267 φωτοβολταϊκά στοιχεία ισχύος 450W έκαστο, τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου και με απόδοση 20.7%.

**Εικ. 15** – Τυπική όψη τοξωτού θερμοκηπίου

Πηγή:

<http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/9571/%cf%80%cf%84%cf%85%cf%87%ce%b9%ce%b1%ce%ba%ce%b7%20%ce%9a%ce%b9%ce%bf%cf%85%cf%83%ce%b7%cf%82%20%ce%a7%ce%b1%ce%bb%ce%b9%ce%ba%ce%bf%cf%85%cf%81%ce%b1%cf%82.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



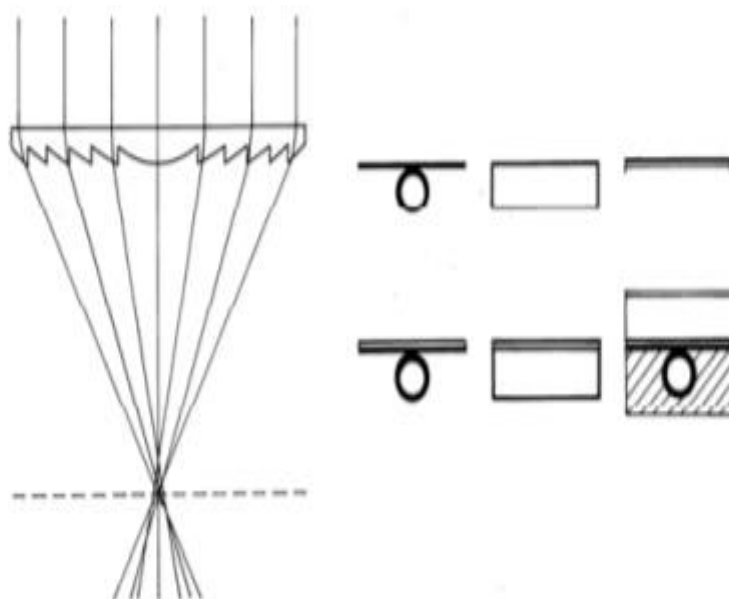


Σύμφωνα με την έρευνα των **Σουλιώτη, Τρυπαναγνωστόπουλου και Καυγά (Οκτώβριος 2005)**, που συμπεριελήφθη στα Πρακτικά του 4<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, με τίτλο «*ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ FRESNEL*», ο κύριος σκοπός ήταν να μελετηθούν οι διάφορες πτυχές αναφορικά με τον έλεγχο του φωτισμού στα θερμοκήπια μέσω της χρήσης των φακών Fresnel (βλ. Εικ. 16) ως διαφανή καλύμματα καθώς και τα αποτελέσματα του συνδυασμού των διαφόρων ειδών των φωτοβολταϊκών καθώς και τα οφέλη τους. Υπολογίστηκαν έτσι οι ενεργειακές ανάγκες μιας μονάδας θερμοκηπίου, που καλύπτει επιφάνεια 500 m<sup>2</sup>. Το θερμοκήπιο διαθέτει απλές πλάκες γυαλιού ως διαφανές κάλυμμα και λειτουργεί κάτω από τις καιρικές συνθήκες ενός σημείου της Νοτιο–Δυτικής Ελλάδας κοντά στη θάλασσα. Αναφορικά με τις ανάγκες θέρμανσης του θερμοκηπίου διερευνήθηκε η χρονική περίοδος από τον Νοέμβριο έως και τον Απρίλιο όπου και υπολογίστηκε ένα φορτίο θέρμανσης 25,9 MWh. Για τον εξαερισμό εξετάστηκε η περίοδος από τον Μάρτιο μέχρι τον Οκτώβριο όπου και υπολογίστηκε ένα φορτίο 4,5 MWh, και για την ψύξη από τον Μάιο μέχρι τον Σεπτέμβριο με φορτίο 2,2 MWh. Ακόμη υπολογίστηκε το φορτίο για τεχνητό φωτισμό του θερμοκηπίου από τον Σεπτέμβριο έως και τον Απρίλιο σε 3,2 MWh.

**Εικ. 16** – Τομή του φακού Fresnel και των διαφόρων τύπων απορροφητών

Πηγή:

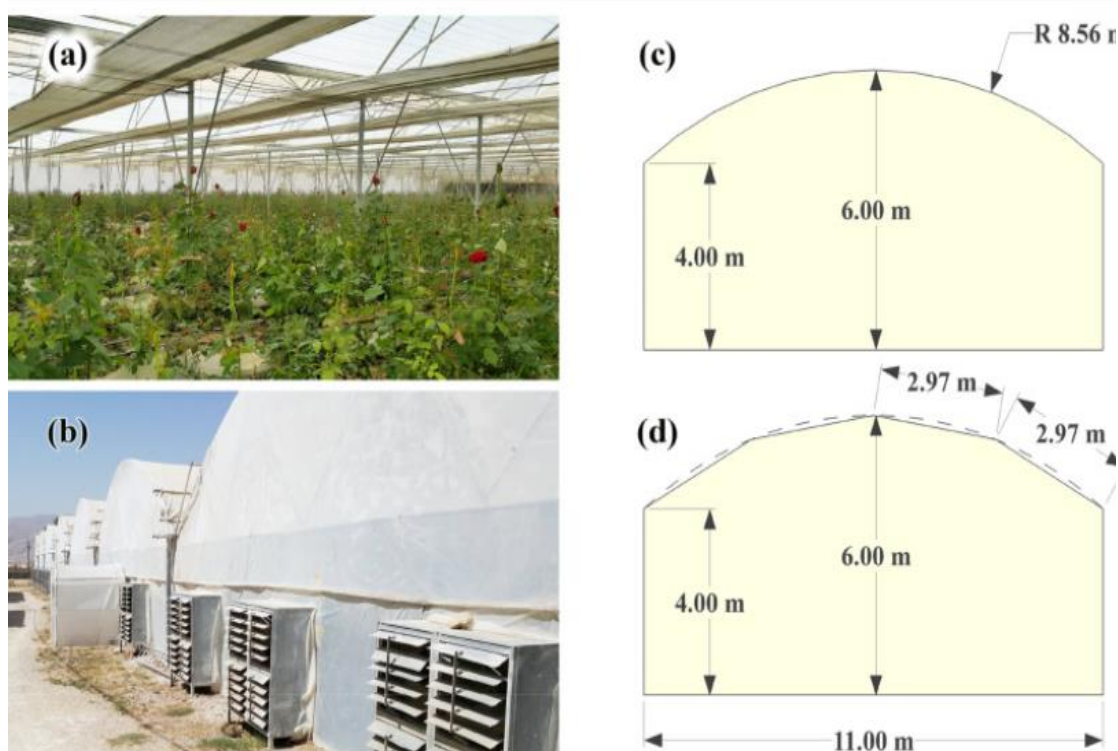
[https://egme.gr/EGME\\_PRAKTIKA/PDFS/4\\_conference/4\\_Proceedings%20EGME%202005\\_fulltext.pdf](https://egme.gr/EGME_PRAKTIKA/PDFS/4_conference/4_Proceedings%20EGME%202005_fulltext.pdf), σ. 15



Στην έρευνα των **Alinejad , T., Yaghoubi, M., Vadiee, A. (2020)**, που είχε τίτλο «*Thermo-environomic assessment of an integrated greenhouse with an adjustable solar photovoltaic blind system*» (βλ. Εικ. 17) διερευνήθηκε το γεγονός το κατά πόσο η βέλτιστη κατανάλωση ενέργειας και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και είναι αποδοτικές. Η έρευνα μελέτησε ένα θερμοκήπιο τριαντάφυλλου, το οποίο προσομοιώθηκε στο λογισμικό EnergyPlus και διακριβώθηκε σύμφωνα με πραγματική περίπτωση. Στις προσομοιώσεις διερευνήθηκαν 14 περιπτώσεις φωτοβολταϊκών ενσωματωμένα σε περσίδες σκίασης (SPBS).

**Εικ. 17** – ηλιακό φωτοβολταϊκό τυφλό σύστημα (SPBS) σε πίνακες ελέγχου 1 μέτρο πάνω από τη στέγη του θερμοκηπίου

Πηγή: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148120306029#fig3>



Με βάση την έρευνα των **Κατσούλα, Μπαξεβάνου, Φεΐδαρου (2021)**, που είχε τίτλο «*ΑΝΑΓΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ: ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΑΛΜΙΕΡΓΕΙΩΝ*» μελετήθηκε μια πιθανή λύση στο πρόβλημα της μείωσης της διαθέσιμης φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας (PAR) μέσα σε θερμοκήπια καλυμμένα με συμβατικά αδιαφανή φωτοβολταϊκά (PV) με τη χρήση ημιδιαφανών φωτοβολταϊκών. Το παρόν άρθρο αξιολογεί, μέσω προσομοιώσεων, την επίδραση της ενσωμάτωσης ημιδιαφανών οργανικών φωτοβολταϊκών (Organic PhotoVoltaics-OPV) στο κάλυμμα της οροφής ενός τοξωτού θερμοκηπίου. Η αξιολόγηση γίνεται συναρτήσει της διαθέσιμης και πρακτικά αξιοποιήσιμης ηλιακής ακτινοβολίας για φωτοσύνθεση (PAR) εντός του θερμοκηπίου. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η προσομοίωση της μετάδοσης της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του καλύμματος και της κατανομής της στο εσωτερικό του θερμοκηπίου με υπολογιστική ρευστόδυναμική (CFD), χρησιμοποιώντας το μοντέλο Discrete Ordinates (DO).

Στην έρευνα της **Χατζηχαμπή (2015)** με τίτλο «*Αξιολόγηση τεχνολογιών για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών θερμοκηπίου*» ο βασικός στόχος ήταν η μελέτη και η αξιολόγηση των τεχνολογιών των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη κάλυψη ενεργειακών αναγκών ενός θερμοκηπίου. Το υπό μελέτη θερμοκήπιο της εν λόγω έρευνας βρίσκεται στο χωριό Ερήμης, λίγο έξω από τη πόλη της Λεμεσού, το οποίο αν και αρκετά νεαρό σε ηλικία έχει μεγάλες ενεργειακές ανάγκες ειδικά τους θερμούς μήνες του χρόνου. Λόγω της θέσης, που βρίσκεται το θερμοκήπιο αλλά και λόγω των αναγκών του, η καταλληλότερη ανανεώσιμη ενέργεια που αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί είναι η ηλιακή. Μπορούν να εγκατασταθούν στην στέγη του θερμοκηπίου ή στο έδαφος 40 φωτοβολταϊκά πλαίσια συνολικής δυναμικότητας 10kWp τα οποία μπορούν να παράγουν ενέργεια περίπου 15000KWh το χρόνο. Άλλος στόχος της εν λόγω έρευνας είναι να μειωθεί η χρήση ορυκτών καυσίμων, τα οποία έχουν πολλά μειονεκτήματα έναντι των ανανεώσιμων ενεργειών.

Στην έρευνα των **Claire S. Allardyce, Christian Fankhauser, Shaik M. Zakeeruddin, Michael Grätzel, Paul J. Dyson** (βλ. Εικ. 18) έγινε σαφές πως τα φωτοβολταϊκά (PVs) έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε πολλά οικιακά και βιομηχανικά περιβάλλοντα, όπου οι αδιαφανείς φ/Β καλυμμένες στέγες παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Η σύγχρονη γεωργία, για έναν συνεχώς

αυξανόμενο πληθυσμό, απασχολεί τεράστιες εκτάσεις θερμοκηπίων που καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες ενέργειας. Η πλειοψηφία των θερμοκηπίων δεν είναι κατάλληλα για κάλυψη από αδιαφανή PVs. Στην εν λόγω εργασία περιγράφεται η τρέχουσα κατάσταση της τεχνολογίας στα ενσωματωμένα αδιαφανή PVs θερμοκηπίου και τους περιορισμούς τους, ιδιαίτερα όσον αφορά τη συμβατότητα με ορισμένες ποικιλίες φυτών. Η έρευνα προτείνει ημιδιαφανή PVs (Dye- DSCs) ως τροποποιημένα εγγενή υαλοπίνακες θερμοκηπίου που, σε σύγκριση με τα συμβατικά υαλοπίνακες θερμοκηπίου και τα εμπορεύσιμα ολοκληρωμένα αδιαφανή φωτοβολταϊκά υλικά θερμοκηπίου, προσφέρουν αυξημένα πλεονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένης της ενισχυμένης θερμικής σταθεροποίησης και παρόμοιων ή βελτιωμένων αποδόσεων σε αγροτική παραγωγή.

**Εικ. 18** – Photograph of CSCs on a greenhouse roof. (Photograph courtesy of Swissradies Kerzers, Switzerland).

**Πηγή:** <https://coek.info/pdf-the-influence-of-greenhouse-integrated-photovoltaics-on-crop-production-.html>



Στην έρευνα των **Changsheng Li, Haiyu Wang, Hong Miao, Bin Ye** διαπιστώθηκε πως τα φωτοβολταϊκά στα γεωργικά θερμοκήπια (PVGs) σημείωσαν ταχεία επέκταση τα τελευταία χρόνια στην Κίνα. Ωστόσο, η μείωση των τιμολογίων τροφοδοσίας και η χαμηλή χρήση των φωτοβολταϊκών σε θερμοκήπια προκαλούν επίσης ανησυχία στο κοινό σχετικά με τις πραγματικές οικονομικές τους επιδόσεις. Σε αυτήν τη μελέτη, οι ερευνητές ασχολήθηκαν με τις οικονομικές και κοινωνικές επιδόσεις πέντε PVGs με βάση μια περιπτωσιολογική μελέτη. Τα συμπεράσματα δείχνουν ότι τα PVGs θα μπορούσαν να επιτύχουν καλές οικονομικές επιδόσεις. Η ετήσια απόδοση της επένδυσής τους (AROI) κυμαίνεται από περίπου 9% έως 20% με μειωμένη περίοδο αποπληρωμής 4-8 ετών ανάλογα με τις διάφορες καλλιέργειες που παράγονται σε θερμοκήπια με φωτοβολταϊκά. Επιπλέον, τα PVGs αποφέρουν επίσης σημαντικά κοινωνικά οφέλη, όπως η παροχή νέων θέσεων εργασίας, η αύξηση των φόρων και η αποφυγή σημαντικών εκπομπών CO<sub>2</sub>. Η σημασία του τιμολογίου ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ μικρότερη από ό,τι είχαν προβλέψει οι ερευνητές. Αυτό σημαίνει ότι οι γεωργικές εταιρείες φωτοβολταϊκών προϊόντων θα πρέπει να δώσουν μεγαλύτερη προσοχή στη φύτευση καλλιεργειών και ότι οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής θα πρέπει επίσης να μετατοπίσουν το επίκεντρο των κινήτρων από την παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας στην παραγωγή γεωργικών καλλιεργειών.

Σύμφωνα με την έρευνα των **Shiva Gorjian, Francesco Calise, Karunesh Kant, Md Shamim Ahamed, Benedetta Copertaro, Gholamhassan Najafi, Xingxing Zhang, Mohammadreza Aghaei, Redmond R. Shamshiri** η βιομηχανία θερμοκηπίου αποδείχθηκε πως είναι ένας τομέας έντασης ενέργειας με μεγάλη εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, συμβάλλοντας σε σημαντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG). Αντιμετωπίζοντας αυτό το ζήτημα, η απασχόληση στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας σε συνδυασμό με την αντικατάσταση των συμβατικών πηγών ενέργειας με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι από τις πιο εφικτές λύσεις. Τα τελευταία χρόνια, η ηλιακή ενέργεια έχει επιδειξεί μεγάλες δυνατότητες για ενσωμάτωση με γεωργικά θερμοκήπια. Η μελέτη των ερευνητών εξετάζει την πρόοδο των ηλιακών θερμοκηπίων διερευνώντας την ενσωμάτωσή τους με τεχνολογίες ηλιακής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων φωτοβολταϊκών (Φ/Β), φωτοβολταϊκών-θερμικών (PVT) και ηλιακών θερμικών συλλεκτών. Από τη βιβλιογραφία, οι φωτοβολταϊκές μονάδες που τοποθετούνται σε στέγες ή τοίχους θερμοκηπίων προκαλούν σκίαση η οποία μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς τις

αποδόσεις των καλλιεργειών στο εσωτερικό. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί χρησιμοποιώντας διφασικές φωτοβολταϊκές μονάδες ή χρησιμοποιώντας δυναμικές αποχρώσεις. Οι μονάδες PVT είναι αποδοτικότερες στην παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Όσον αφορά τη χρήση ηλιακών θερμικών συλλεκτών, έχουν αναφερθεί υψηλότερες τιμές απόδοσης για τα θερμοκήπια που εγκαθίστανται σε μέτριες κλιματικές συνθήκες. Επιπλέον, οι ερευνητές μελετούν την απασχόληση μονάδων αποθήκευσης θερμικής ενέργειας (TES) ως κρίσιμων συστατικών για την ασφαλή παροχή ενέργειας σε ηλιακά θερμοκήπια. Η χρήση συστημάτων TES μπορεί να αυξήσει τη θερμική απόδοση των ηλιακών θερμοκηπίων κατά 29%. Επιπλέον, τα πιο κοινά μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τη θερμική συμπεριφορά των ηλιακών θερμοκηπίων παρουσιάστηκαν στην εργασία. Από τη βιβλιογραφία, οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης έχουν δείξει μια καλύτερη ικανότητα να περιγράψουν το σύνθετο περιβάλλον των θερμοκηπίων, αλλά το κύριο μειονέκτημα τους είναι η χαμηλότερη αξιοπιστία. Παρά την πρόοδο που έχει σημειωθεί, απαιτούνται περαιτέρω βελτιώσεις στην τεχνολογία των θερμοκηπίων.

Στην έρευνα των **G. Trypanagnostopoulos, A. Kavga, M. Souliotis, Y. Tripanagnostopoulos** μελετήθηκε η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή του θερμοκηπίου, η οποία μειώνει την ηλιακή ακτινοβολία που διέρχεται από τα τζάμια οροφής και πέφτει στα φυτά μέσα στο θερμοκήπιο, επηρεάζοντας τον φωτισμό τους και συνεπώς την καλλιέργεια καλλιεργειών. Οι ερευνητές παρουσιάζουν τα αποτελέσματα απόδοσης της παραγωγής ενέργειας και της καλλιέργειας φυτών από εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάνελ στην οροφή του θερμοκηπίου. Τα αποτελέσματα λαμβάνονται από μια περίοδο καλλιέργειας της καλλιέργειας μαρουλιού στο εσωτερικό σε δύο θερμοκήπια, ένα με σταθερή στέγη και εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά και μια άλλη μονάδα χωρίς φωτοβολταϊκά. Όσον αφορά την ηλεκτρική παραγωγή, τα φωτοβολταϊκά πάνελ παράγαν 50,83 kWhm<sup>2</sup> για τη χαρακτηριστική περίοδο καλλιέργειας του Φεβρουαρίου, Μάρτιου, Απριλίου, δημιουργώντας επίσης μια σκίαση θερμοκηπίου 20%. Τα αποτελέσματα της καλλιέργειας φυτών υπό επίδραση σκίασης ήταν ικανοποιητικά, καθώς ήταν στο ίδιο επίπεδο με εκείνα του θερμοκηπίου αναφοράς χωρίς PV καλυμμένη οροφή. Επεκτείνοντας τα αποτελέσματα με τρεις τρόπους εγκατάστασης φωτοβολταϊκών σε θερμοκήπιο 1 εκταρίου, υπολογίστηκαν θεωρητικά αποτελέσματα. Οι εξεταζόμενοι

τρόποι εγκατάστασης φωτοβολταϊκών είναι οι σταθεροί, με πάνελ τοποθετημένα στο νότιο προσανατολισμό της οροφής θερμοκηπίου και δύο λειτουργίες παρακολούθησης του ήλιου, με φωτοβολταϊκά πάνελ σε σειρές και άξονα προς την κατεύθυνση ανατολής-δύσης και βορρά-νότου. Οι υπολογισμοί έδειξαν ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ παρακολούθησης του ήλιου παράγουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από ό, τι απαιτείται για τη λειτουργία του θερμοκηπίου και μπορεί να οδηγήσει στον ηλιακό έλεγχο του εσωτερικού χώρου του θερμοκηπίου.

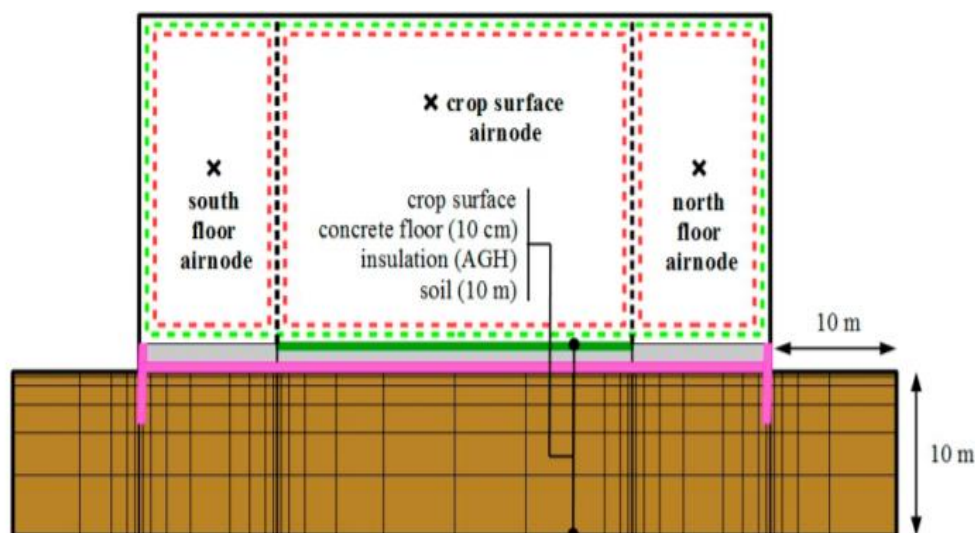
Σύμφωνα με την έρευνα των **James Bambara, Andreas K. Athienitis** τα «φωτοβολταϊκά θερμοκήπια» (βλ. Εικ. 19) παράγουν ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια παρέχοντας παράλληλα ένα κατάλληλο περιβάλλον για την παραγωγή καλλιεργειών. Η ανάλυση κόστους ενέργειας και κύκλου ζωής (LCC) χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη των δυνατοτήτων εγκατάστασης ημιδιαφανούς επένδυσης φωτοβολταϊκών (STPV) στην οροφή ενός θερμοκηπίου που χρησιμοποιεί συμπληρωματικό φωτισμό που βρίσκεται στην Οτάβα του Οντάριο του Καναδά (45,4N). Η μελέτη διεξήχθη χρησιμοποιώντας τρέχουσες και μελλοντικές προβλεπόμενες (μελλοντική μελέτη προβολής) τιμές για την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας φωτοβολταϊκού και κηπευτικού φωτισμού. Η επένδυση STPV παρήγαγε ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια αλλά προκάλεσε επίσης εσωτερική σκίαση που αντισταθμίστηκε από την αύξηση του συμπληρωματικού φωτισμού έως και 84%, η οποία με τη σειρά της μείωσε τη χρήση ενέργειας θέρμανσης έως και 12%. Αν και η επένδυση STPV αύξησε τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας φωτισμού, παρήγαγε το 43,7% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε για συμπληρωματικό φωτισμό, στη μελέτη και το 107,2% στη μελλοντική μελέτη προβολής. Ως εκ τούτου, στο μέλλον, μια στέγη STPV θα μπορούσε ενδεχομένως να εκτοπίσει όλες τις ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας του θερμοκηπίου για συμπληρωματικό φωτισμό. Επί του παρόντος, η επένδυση STPV δεν θα ήταν οικονομικά ελκυστική επένδυση. Ωστόσο, στη μελλοντική μελέτη προβολής επιτεύχθηκε μείωση του LCC κατά σχεδόν 23%. Το STPV θα γίνεται όλο και περισσότερο μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση επένδυσης για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και της οικονομίας των εργασιών θερμοκηπίου.



Εικ. 19 - Greenhouse model with three airnodes and discretized ground zones. Greenhouse model with three airnodes and discretized ground zones

Πηγή:

[https://www.researchgate.net/publication/329114675\\_Energy\\_and\\_Economic\\_Analysis\\_for\\_Greenhouse\\_Ground\\_Insulation\\_Design](https://www.researchgate.net/publication/329114675_Energy_and_Economic_Analysis_for_Greenhouse_Ground_Insulation_Design)



Στην έρευνα των **Reda Hassanien Emam Hassanien, Ming Li, Wei Dong Lin** επισημάνθηκε πως η ενέργεια είναι το μεγαλύτερο κόστος στην παραγωγή γεωργικών καλλιεργειών θερμοκηπίου σε εύκρατα κλίματα. Επιπλέον, το αρχικό κόστος των ορυκτών καυσίμων και της παραδοσιακής ενέργειας αυξάνεται δραματικά. Οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι περιορισμένες πηγές ορυκτών καυσίμων και η υψηλή κατανάλωση ενέργειας και τροφίμων έχουν προκαλέσει την αύξηση της ζήτησης ηλιακής ενέργειας ως πράσινη και βιώσιμη επιλογή. Ως εκ τούτου, η εργασία τους εξετάζει τις τεχνολογίες εφαρμογής ηλιακής ενέργειας στα συστήματα περιβαλλοντικού ελέγχου των θερμοκηπίων (ψύξη, θέρμανση και φωτισμός) κυρίως την παραγόμενη ενέργεια φωτοβολταϊκών (Φ/Β) και ηλιακών συλλεκτών, καθώς και την άντληση νερού για άρδευση. Επιπλέον, το έγγραφο αυτό εξετάζει εν συντομία τις οικονομικές αναλύσεις και τις προκλήσεις αυτής της τεχνολογίας.

Σύμφωνα με την έρευνα των **Akira Yanoa, Marco Cossu** οι αποδόσεις και η ποιότητα των καλλιεργειών σε ένα θερμοκήπιο μπορούν να βελτιωθούν με ελέγχους του μικροκλίματος, που τροφοδοτούνται από καύσιμα και εισροές ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο. Η παραγωγή άφθονων και ποιοτικών καλλιεργειών με βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση αποτελεί μια πρόκληση για ερευνητές και επαγγελματίες. Αν και η εφαρμογή φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στα θερμοκήπια μπορεί να



μειώσει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε καύσιμα και ενέργεια δικτύου, η φωτοβολταϊκή ενέργεια έρχεται εγγενώς σε αντίθεση με την καλλιέργεια, επειδή τόσο η φωτοσύνθεση όσο και η φωτοβολταϊκή ενέργεια εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα του ηλιακού φωτός. Στην παρούσα εργασία έχουν διερευνηθεί διάφορες περιπτώσεις για τη βελτίωση της συμβατότητας της καλλιέργειας και της παραγωγής φωτοβολταϊκής ενέργειας.

Στην έρευνα των **Amirhossian Chaysaz, Seyed Reza Mousavi Seyed, Ali Motevali** οι ερευνητές αναλύουν την παροχή ενέργειας και θερμότητας ενός θερμοκηπίου μικρής κλίμακας από ένα φωτοβολταϊκό-θερμικό (PV/T) σύστημα, ενώ χρησιμοποιούσε τρία καλύμματα θερμοκηπίου (γυαλί, πλαστικό και πολυανθρακικό) και τέσσερις ρυθμούς ροής μάζας νερού (0,016, 0,025, 0,033 kg/s και χωρίς ροή), με ή χωρίς ηλιακό ιχνηλάτη. Τα αποτελέσματα ηλεκτρικής απόδοσης για φωτοβολταϊκά (χωρίς ροή μάζας) και φωτοβολταϊκά/T (0,016, 0,025 και 0,033 kg/s) δείχνουν ότι η εφαρμογή του συστήματος PV/T ενίσχυσε την ηλεκτρική απόδοση κατά 21,5, 28,4 και 36,84% για τους υαλοπίνακες γυαλιού, κατά 15,28, 25 και 34,79% για το πλαστικό κάλυμμα και κατά 19,82, 26,67 και 40,25% για την πολυανθρακικό κάλυμμα, σε σύγκριση με την κατάσταση των φωτοβολταϊκών. Η υψηλότερη συνολική απόδοση ήταν στα 0,033 kg/s με 59,9% (γυαλί), 54,56% (πλαστικό) και 47,58% (πολυανθρακικό), ενώ η χαμηλότερη συνολική απόδοση ήταν στα 0,016 kg/s με 41,75% (γυαλί), 32,94% (πλαστικό) και 31,22% (πολυανθρακικό). Σε γενικές γραμμές, λόγω των απαιτήσεων ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας των θερμοκηπίων, μπορεί να ειπωθεί ότι, εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά/T συστήματα, η σημαντική παραγωγή θερμικής ενέργειας σε σύγκριση με τα φωτοβολταϊκά πάνελ μπορεί επίσης να προωθήσει τη χρήση τέτοιων συστημάτων στο μέλλον. Τα «φωτοβολταϊκά θερμοκήπια» είναι μικτά συστήματα, συνδυάζοντας την ηλεκτρική ενέργεια και τη γεωργική παραγωγή στην ίδια περιοχή. Επιπλέον, αυτός ο τύπος θερμοκηπίου διατηρεί όλες τις ιδιότητες ενός συμβατικού θερμοκηπίου, καθώς και τη δυνατότητα παραγωγής και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας. Στόχος των ερευνητών είναι η αξιολόγηση τόσο της επίδρασης της σκιάς που προκαλείται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ στο μικροκλίμα όσο και της ποιότητας των φρούτων στο θερμοκήπιο. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε ένα πειραματικό θερμοκήπιο τύπου Καναρίων Νείλο καλυμμένο με εύκαμπτα φωτοβολταϊκά πάνελ στο 10% της συνολικής επιφάνειας της οροφής του. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι

αυτός ο ρυθμός πληρότητας των φωτοβολταϊκών πάνελ που είναι διατεταγμένα σε μοτίβο σκακίρας δεν έχει σημαντική επίδραση στις γεωπονικές παραμέτρους π.χ. ύψος, διάμετρος στελέχους και απόδοση τομάτας, καθώς και κλιματικές παραμέτρους κάτω από το κάλυμμα του θερμοκηπίου.

Στον Πίνακα 1 συνοψίζονται τα στοιχεία των ερευνών.

**Πίνακας 1:** Στοιχεία ερευνών, που διερεύνησαν τη χρήση-εφαρμογή των φωτοβολταϊκών σε θερμοκήπια

<p>Έρευνα <b>Αναστασιάδη &amp; Πουλογιαννόπουλου (2019)</b></p>	<p>Η έρευνα μελέτησε την επίδραση μερικής σκίασης, που δημιουργείται από την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών panels στην οροφή θερμοκηπίου για την καλλιέργεια της ρόκας. Αυτή η πειραματική διαδικασία διεξήχθη μέσα στο εργαστήριο Τεχνολογίας Θερμοκηπίων και Βιοκλιματολογίας, στις εγκαταστάσεις του τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων, στην πόλη της Αμαλιάδας.</p> <p>Τα είδη των φωτοβολταϊκών, που χρησιμοποιήθηκαν, στη στέγη του θερμοκηπίου ήταν τα πολυκρυσταλλικού πυριτίου (pc-Si) με νότιο προσανατολισμό, ενώ συστηματικά ελέγχονταν μέσω μετρήσεων του Datalogger που ήταν συνδεδεμένος με δίκτυο. Τα αποτελέσματα λαμβάνονταν ανά καλλιεργητική περίοδο της ρόκας εντός 2 ιδίων θερμοκηπίων, όπου το ένα είχε τα φ/β τοποθετημένα στην οροφή (glassPV) &amp; το άλλο διέθετε μια μονάδα που λειτουργούσε χωρίς όμως τη συμβολή φ/β (glass).</p> <p>Οι απαραίτητοι παράμετροι φυτικής ανάπτυξης, που λειτούργησαν και ως βασικοί δείκτες, ήταν το νωπό και το ξηρό βάρος, το μήκος και η επιφάνεια των φύλλων. Το εν λόγω πείραμα διήρκεσε περίπου 2 μήνες.</p> <p>Σε επίπεδο απόδοσης όλες οι φωτοβολταϊκές μονάδες παρήγαγαν ηλεκτρική ισχύ 26,67 kWh kWhm<sup>-2</sup> στην περίοδο καλλιέργειας (Μάιος - Ιούνιος), παρέχοντας κατάλληλη σκίαση στο θερμοκήπιο σε ποσοστό 20%. Τα ποσοτικά αποτελέσματα όμως ανέδειξαν μια σημαντική μείωση της παραγωγικότητας των φυτών ρόκας, όταν εκείνη καλλιεργείται υπό συνθήκες μερικής σκίασης από την τοποθέτηση φ/β panels στην οροφή του θερμοκηπίου. Αυτή η τεχνική τοποθέτησης φ/β συστημάτων στη στέγη θερμοκηπίου με αναλογία σκίασης έως και 20% κρίθηκε ως ικανοποιητική για την καλλιέργεια της ρόκας, αλλά και αποτελεσματική αναφορικά με την ενεργειακή συμβολή της στην ηλεκτρική ενέργεια και τη θερμότητα. Με βάση το συγκεκριμένο πείραμα απεδείχθη πως τα φ/β έχουν τη δυνατότητα να καλύψουν ένα τεράστιο μέρος ζήτησης του εν λόγω θερμοκηπίου, ή ακόμη και να καλύψει όλες τις ενεργειακές ανάγκες του με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.</p>
<p>Έρευνα <b>Αρέστη &amp; Καραλή (2016)</b></p>	<p>Η έρευνα μελέτησε τις ενεργειακές ανάγκες των θερμοκηπίων στη γαλλική πόλη Montelimaρ, ενώ έκανε και προτάσεις σχετικά με τη χρήση των ΑΠΕ για την κάλυψη ενός μέρους των ενεργειακών τους αναγκών.</p> <p>Τα είδη των φωτοβολταϊκών ήταν τα συστήματα PV &amp; τα νέα PV/T υβριδικής μορφής φωτοβολταϊκών/θερμικών συστημάτων. Μάλιστα τα PV/T συνδύασαν και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και απολαβή θερμότητας με τη</p>

	<p>συμβολή της φυσικής ή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας ενός ρευστού.</p> <p>Οι εργασίες διήρκεσαν περίπου 6 μήνες, όπου και τοποθετήθηκαν 13.440 πάνελς στη στέγη.</p> <p>Σε ό, τι αφορούσε στη χρήση των φωτοβολταϊκών ως απορροφητές η απόδοση κυμάνθηκε μεταξύ 5-15% αναλόγως και του τύπου του χρησιμοποιούμενου φωτοβολταϊκού, ενώ η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια έδειξε πως είχε τη δυνατότητα να χρησιμοποιείται άμεσα, ώστε να καλύπτει τις ηλεκτρικές ανάγκες των θερμοκηπίων.</p> <p>Η χρήση των φωτοβολταϊκών έγινε από την εταιρεία TRITEC με τη δημιουργία ενός ενσωματωμένου φωτοβολταϊκού συστήματος με ισχύ 2,5 MW στη στέγη του θερμοκηπίου της γαλλικής πόλης Montelimar. Η συγκεκριμένη εγκατάσταση παρήγαγε ενέργεια ίση με 3 GWh σε ετήσιο επίπεδο, καλύπτοντας τις ενεργειακές ανάγκες περίπου 2.000 κατοίκων της περιοχής στη Γαλλία.</p> <p>Η απόδοση υπολογιζόταν με τον μετρητή TRI-KA της TRITEC, που συστηματικά διεξήγαγε συχνές μετρήσεις με στόχο να επιβεβαιωθεί η καλή λειτουργία και η αναμενόμενη/προσδοκώμενη απόδοσή του.</p> <p>Η χρήση των φ/β συνέβαλε στη δημιουργία ενός φυσικού αερισμού στα θερμοκήπια, που βοήθησαν τα προς καλλιέργεια φυτά να αναπτυχθούν ομαλά με τη μέγιστη δυνατή αποδοτικότητα. Ακόμη περιόρισαν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 254 τόνους ετησίως, προφυλάσσοντας το φυσικό περιβάλλον από τους ρύπους.</p>
<p>Έρευνα <b>Κοντούλη (2015)</b></p>	<p>Η έρευνα μελέτησε την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών για τις ανάγκες ενός θερμοκηπίου μέσω αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας, με στόχο τη διασφάλιση ενός σωστού φωτισμού και μιας εξίσου σωστής θερμοκρασίας ικανής να καλύψει όλες τις ανάγκες των καλλιεργούμενων κηπευτικών προϊόντων. Το είδος των φωτοβολταϊκών, που χρησιμοποιήθηκε, ήταν τα μονοκρυσταλλικού τύπου της εταιρείας IBC SOLAR μοντέλου TSM-180DS01 και συγκεκριμένα 84 φωτοβολταϊκών γεννητριών νότιου προσανατολισμού με γωνία κλίσης 30° σε οριζόντιο επίπεδο και χωρίς σκιάσεις, με στοιχεία των 2V και ισχύ 180Wp σε ένα θερμοκήπιο τύπου “MULTISPAN” που είχε συνολική έκταση 150m<sup>2</sup>.</p>
<p>Έρευνα <b>Μπαντιλέσκα και Μποντανάρη (2020)</b></p>	<p>Η έρευνα συνέκρινε 2 τύπους πειραματικών θερμοκηπίων το ένα με φωτοβολταϊκά πλαίσια στην οροφή και το άλλο ως θερμοκήπιο αναφοράς. Χρησιμοποιήθηκαν φωτοβολταϊκά με και χωρίς PVs panel επί της οροφής αντίστοιχα (PV θερμοκήπιο και θερμοκήπιο αναφοράς). Στην οροφή του ενός θερμοκηπίου τοποθετήθηκαν 2 φωτοβολταϊκά πλαίσια PVs πολυκρυσταλλικού πυριτίου (pc-Si), 0,4 m<sup>2</sup> έκαστο, καλύπτοντας συνολικά 0,8 m<sup>2</sup> επιφάνεια οροφής. Στα αποτελέσματα διαπιστώθηκε πως οι τιμές της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας εντός του θερμοκηπίου αναφοράς και του θερμοκηπίου με φ/β πάνελ ήταν χαμηλότερες από την προσπίπτουσα ακτινοβολία αντίστοιχα, λόγω της αντανάκλασης και της απορρόφησης από το κάλυμμα του θερμοκηπίου. Με βάση τα συνολικά καταγεγραμμένα δεδομένα για την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία στα φ/β πλαίσια και την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση αποδείχθηκε να παράγει ηλεκτρική ενέργεια με απόδοση περίπου 12,5%. Έτσι</p>

	<p>επιτεύχθηκε μια σημαντική ενεργειακή συμβολή στις ενεργειακές απαιτήσεις του θερμοκηπίου χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών.</p>
<p>Έρευνα <b>Κιούση και Χαλικούρα</b> (2021)</p>	<p>Η έρευνα μελέτησε τις ενεργειακές ανάγκες συμβατικού θερμοκηπίου 2000m<sup>2</sup> καθώς και τις πιθανές με χρήση των ΑΠΕ – με έμφαση στην ηλιακή και γεωθερμική- σχετικά με την κάλυψη μέρους της ενέργειας για τη λειτουργία του θερμοκηπίου. Επιλέγηκε ο οικισμός Ν. Κεσσάνης, της Περιφ. Ενότητας Ξάνθης, της Περιφέρειας Αν. Μακεδονίας &amp; Θράκης, για την καλλιέργεια του σπαραγγιού. Το επιλεγέν θερμοκήπιο ανήκε στα τυποποιημένα θερμοκήπια, ενώ στο σύνολό του διαμόρφωσε ένα τροποποιημένο πολλαπλό τοξωτό θερμοκήπιο. Τοποθετήθηκαν φωτοβολταϊκά συστήματα συνολικής ισχύος 120kW, και ειδικότερα 267 φωτοβολταϊκά στοιχεία ισχύος 450W έκαστο, τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου και με απόδοση 20.7%.</p>
<p>Έρευνα <b>Σουλιώτη, Τρυπαναγνωστόπουλου και Κανυά</b> (Οκτώβριος 2005)</p>	<p>Η έρευνα μελέτησε τις πτυχές και τα προσδοκώμενα αποτελέσματα σχετικά με την εφαρμογή των γραμμικών φακών Fresnel στα θερμοκήπια. Το προτεινόμενο σύστημα είχε τη δυνατότητα να συνδυαστεί με θερμικό και φωτοβολταϊκό απορροφητή, αποσκοπώντας να μετατραπεί η ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα και σε ηλεκτρισμό, και εν τέλει συμβάλλοντας στην εποπτεία φωτισμού και θερμοκρασίας, τη θέρμανση καθώς και άλλες ενεργειακές ανάγκες των θερμοκηπίων σύμφωνα με τις ισχύουσες κάθε φορά τοπικές καιρικές συνθήκες και τις ανάγκες προς καλλιέργεια φυτών. Υπολογίστηκε ότι το προτεινόμενο σύστημα με τους θερμικούς απορροφητές έχει τη δυνατότητα να περιορίσει κατά 25% περίπου τις θερμικές ανάγκες και κατά 50% το φορτίο εξαερισμού και ψύξης των θερμοκηπίων, αλλά και το μεγαλύτερο κομμάτι των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια σε πιθανή περίπτωση χρήσης απορροφητών PV ή PV/T.</p>

<p>Έρευνα <b>Alinejad , T., Yaghoubi, M., Vadiee, A. (2020)</b></p>	<p>Η έρευνα μελέτησε ένα θερμοκήπιο τριαντάφυλλου, το οποίο προσομοιώθηκε στο λογισμικό EnergyPlus και διακριβώθηκε σύμφωνα με πραγματική περίπτωση. Στις προσομοιώσεις διερευνήθηκαν 14 περιπτώσεις φωτοβολταϊκών ενσωματωμένα σε περσίδες σκίασης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι καλύπτοντας το 19,2% της οροφής, χωρίς καμία σημαντική αλλαγή στο επίπεδο φωτισμού στο θόλο του φυτού, θα μειώσουν ετησίως την κατανάλωση φυσικού αερίου, τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα κατά 3,57%, 45,5% και 30,56 χιλιόμετρα/ τετραγωνικό μέτρο αντίστοιχα</p>
<p>Έρευνα <b>Κατσούλα, Μπαξεβάνου, Φεΐδαρου (2021)</b></p>	<p>Η έρευνα μελέτησε μέσω προσομοιώσεων, την επίδραση της ενσωμάτωσης ημιδιαφανών οργανικών φωτοβολταϊκών (Organic PhotoVoltaics-OPV) στο κάλυμμα της οροφής ενός τοξωτού θερμοκηπίου. Η αξιολόγηση γίνεται συναρτήσει της διαθέσιμης και πρακτικά αξιοποιήσιμης ηλιακής ακτινοβολίας για φωτοσύνθεση (PAR) εντός του θερμοκηπίου. εξετάστηκε η τομή δύο διαστάσεων (2Δ) ενός τροποποιημένου τοξωτού θερμοκηπίου πλάτους 8 m. Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω για τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του θερμοκηπίου για τη μεγιστοποίηση της PAR σε επίπεδο καλλιέργειας</p>
<p>Έρευνα <b>Χατζηχαμπή(2015)</b></p>	<p>Η έρευνα μελέτησε την αξιολόγηση των τεχνολογιών των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη κάλυψη ενεργειακών αναγκών ενός θερμοκηπίου. Λόγω της θέσης που βρίσκεται το θερμοκήπιο (στο χωριό Ερήμης, λίγο έξω από τη πόλη της Λεμεσού) αλλά και λόγω των αναγκών του, η καταλληλότερη ανανεώσιμη ενέργεια που επιλέγηκε να χρησιμοποιηθεί είναι η ηλιακή. Μπορούν να εγκατασταθούν στην στέγη του θερμοκηπίου ή στο έδαφος 40 φωτοβολταϊκά πλαίσια συνολικής δυναμικότητας 10kWp τα οποία μπορούν να παράγουν ενέργεια περίπου 15000KWh το χρόνο.</p>
<p>Έρευνα <b>Claire S. Allardyce a, Christian Fankhauser b , Shaik M. Zakeeruddin a , Michael Grätzel a , Paul J. Dyson a</b></p>	<p>Η παρούσα μελέτη επεσήμανε πως τα φωτοβολταϊκά (PVs) έχουν επιτύχει ιδιαίτερα σε πολλά οικιακά και βιομηχανικά περιβάλλοντα όπου οι αδιαφανείς φ/Β καλυμμένες στέγες παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Προτείνουμε ημιδιαφανή PVs (Dye-Εναισθητοποιημένα ηλιακά κύτταρα, DSCs) ως τροποποιημένα εγγενή υαλοπίνακες θερμοκηπίου που, σε σύγκριση με τα συμβατικά υαλοπίνακες θερμοκηπίου και τα επί του παρόντος εμπορεύσιμα ολοκληρωμένα αδιαφανή φωτοβολταϊκά υλικά θερμοκηπίου, προσφέρουν πλεονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένης της ενισχυμένης θερμικής σταθεροποίησης και παρόμοιων ή βελτιωμένων βρώσιμων αποδόσεων βιομάζας.</p>

<p>Έρευνα <b>Changsheng Li a,b, Haiyu Wang a , Hong Miao c , Bin Ye d</b></p>	<p>Η εν λόγω έρευνα μελετά πως τα φωτοβολταϊκά στα θερμοκήπια (PVGs) σημείωσαν ταχεία επέκταση τα τελευταία χρόνια στην Κίνα. Τα PVGs θα μπορούσαν να επιτύχουν καλές οικονομικές επιδόσεις και να αποφέρουν επίσης σημαντικά κοινωνικά οφέλη, όπως η παροχή νέων θέσεων εργασίας, η αύξηση των φόρων και η αποφυγή σημαντικών εκπομπών CO<sub>2</sub>.</p>
<p>Έρευνα <b>Shiva Gorjian a, Francesco Calise b , Karunesh Kant c , Md Shamim Ahamed d , Benedetta Copertaro e , Gholamhassan Najafi a , Xingxing Zhang e , Mohammadreza Aghaei f, g , Redmond R. Shamshiri h</b></p>	<p>Η παρούσα μελέτη εξετάζει την πρόοδο των ηλιακών θερμοκηπίων διερευνώντας την ενσωμάτωσή τους σε τεχνολογίες ηλιακής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων φωτοβολταϊκών (Φ/Β), φωτοβολταϊκών-θερμικών (PVT) και ηλιακών θερμικών συλλεκτών. Από τη βιβλιογραφία, οι φωτοβολταϊκές μονάδες που τοποθετούνται σε στέγες ή τοίχους θερμοκηπίων προκαλούν σκίαση η οποία μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς την αυξανόμενη τάση των καλλιεργούμενων καλλιεργειών στο εσωτερικό. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί χρησιμοποιώντας διφασικές φωτοβολταϊκές μονάδες ή χρησιμοποιώντας δυναμικές αποχρώσεις. Οι μονάδες PVT είναι αποδοτικότερες στην παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, στην εργασία μελετάται η χρήση μονάδων αποθήκευσης θερμικής ενέργειας (TES) ως κρίσιμων συστατικών για την ασφαλή παροχή ενέργειας σε ηλιακά θερμοκήπια. Η χρήση συστημάτων TES μπορεί να αυξήσει τη θερμική απόδοση των ηλιακών θερμοκηπίων κατά 29%.</p>
<p>Έρευνα <b>G. Trypanagnostopoulos a, b , A. Kavga b, M. Souliotis c, d , Y. Tripanagnostopoulos e</b></p>	<p>Η παρούσα μελέτη εξετάζει την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή του θερμοκηπίου η οποία μειώνει την ηλιακή ακτινοβολία που διέρχεται από τα τζάμια οροφής και πέφτει στα φυτά μέσα στο θερμοκήπιο, επηρεάζοντας τον φωτισμό τους και συνεπώς επηρεάζει και την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Σε αυτήν την εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα απόδοσης της παραγωγής ενέργειας και της καλλιέργειας φυτών από εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάνελ στην οροφή του θερμοκηπίου. Τα αποτελέσματα λαμβάνονται από μια περίοδο καλλιέργειας της καλλιέργειας μαρουλιού στο εσωτερικό δύο θερμοκηπίων, ένα με εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά στη στέγη και μια άλλη μονάδα χωρίς φωτοβολταϊκά.</p>
<p>Έρευνα <b>James Bambara, Andreas K. Athienitis</b></p>	<p>Η παρούσα έρευνα διερεύνησε πως τα φωτοβολταϊκά θερμοκήπια παράγουν ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια παρέχοντας παράλληλα ένα κατάλληλο περιβάλλον για την παραγωγή καλλιεργειών. Η ανάλυση κόστους ενέργειας και κύκλου ζωής (LCC) χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη των δυνατοτήτων εγκατάστασης ημιδιαφανούς επένδυσης φωτοβολταϊκών (STPV) στην οροφή ενός θερμοκηπίου που χρησιμοποιεί συμπληρωματικό φωτισμό που βρίσκεται στην Οτάβα του Οντάριο του Καναδά (45,4N). Επί του παρόντος, η επένδυση STPV δεν θα ήταν οικονομικά ελκυστική επένδυση.</p>

<p>Έρευνα <b>Reda Hassanien Emam Hassanien a,b , Ming Li b,n , Wei Dong Lin b</b></p>	<p>Η παρούσα έρευνα εξετάζει τις τεχνολογίες εφαρμογής ηλιακής ενέργειας στα συστήματα περιβαλλοντικού ελέγχου των θερμοκηπίων (ψύξη, θέρμανση και φωτισμός) κυρίως την παραγόμενη ενέργεια φωτοβολταϊκών (Φ/Β) και ηλιακών συλλεκτών, καθώς και την άντληση φωτοβολταϊκού νερού για άρδευση.</p>
<p>Έρευνα <b>Akira Yanoa, Marco Cossu</b></p>	<p>Η παρούσα ανασκόπηση μελέτησε τις πιο σημαντικές πτυχές της καλλιέργειας θερμοκηπίου, της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμοκήπια, της τελευταίας τεχνολογίας φωτοβολταϊκών συστημάτων θερμοκηπίου και των επιπτώσεων της σκίασης των φωτοβολταϊκών προϊόντων στις εγκαταστάσεις. Αν και η εφαρμογή των φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στα θερμοκήπια μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε καύσιμα και δίκτυο, η φωτοβολταϊκή ενέργεια έρχεται σε αντίθεση με την παραγωγή της καλλιέργειας, επειδή τόσο η φωτοσύνθεση όσο και η φωτοβολταϊκή ενέργεια εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα του ηλιακού φωτός.</p>
<p>Έρευνα <b>Amirhossian Chaysaz, Seyed Reza Mousavi Seyedi, Ali Motevali</b></p>	<p>Η παρούσα μελέτη ανέλυσε την παροχή ενέργειας και θερμότητας ενός θερμοκηπίου μικρής κλίμακας από ένα φωτοβολταϊκό-θερμικό (PV/T) σύστημα, ενώ εφάρμοσε και τρία καλύμματα θερμοκηπίου (γυαλί, πλαστικό και πολυανθρακικό) και τέσσερις ρυθμούς ροής μάζας νερού (0,016, 0,025, 0,033 kg/s και χωρίς ροή), με ή χωρίς ηλιακό ιχνηλάτη. Τα αποτελέσματα ηλεκτρικής απόδοσης για φωτοβολταϊκά (χωρίς ροή μάζας) και τα φωτοβολταϊκά/T (0,016, 0,025 και 0,033 kg/s) δείχνουν ότι η χρήση του συστήματος PV/T ενίσχυσε την ηλεκτρική απόδοση κατά 21,5, 28,4 και 36,84% για τους υαλοπίνακες γυαλιού, κατά 15,28, 25 και 34,79% για το πλαστικό κάλυμμα και κατά 19,82, 26,67 και 40,25% για την πολυανθρακικό κάλυμμα.</p>

## **6.1 Είδη φωτοβολταϊκών που χρησιμοποιήθηκαν**

Στην έρευνα των **Αναστασιάδη και Πουλογιαννόπουλου (2019)** τα είδη – οι τύποι των φωτοβολταϊκών, που χρησιμοποιήθηκαν, ήταν τα φωτοβολταϊκά πολυκρυσταλλικού πυριτίου (pc-Si), που αποφασίστηκε να τοποθετηθούν στην οροφή του θερμοκηπίου.

Στην έρευνα των **Αρέστη και Καραλή (2016)** έγινε χρήση των φωτοβολταϊκών (PV) συστημάτων, καθώς και των νέων PV/T δηλαδή της υβριδικής μορφής φωτοβολταϊκών/θερμικών συστημάτων.

Στην έρευνα του **Κοντούλη (2015)** χρησιμοποιήθηκαν τα φωτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού τύπου.

Στην έρευνα των **Μπαντιλέσκα και Μοντανάρη (2020)** χρησιμοποιήθηκαν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια PVs πολυκρυσταλλικού πυριτίου (pc-Si), του εσωτερικού αέρα του θερμοκηπίου με τα φωτοβολταϊκά (Ta\_glassPV) και του θερμοκηπίου αναφοράς (Ta\_glass).

Στην έρευνα των **Κιούση και Χαλικούρα (2021)** έγινε χρήση των φωτοβολταϊκών τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

Στην έρευνα των **Σουλιώτη, Τρυπαναγνωστόπουλου και Καυγά (Οκτώβριος 2005)** έγινε χρήση των γραμμικών φακών Fresnel συνδυαστικά με θερμικά (T), φωτοβολταϊκά (PV) ή υβριδικά φωτοβολταϊκά/θερμικά (PV/T).

Στην έρευνα των **Alinejad, T., Yaghoubi, M., Vadiee, A. (2020)** υιοθετήθηκε ένα ηλιακό φωτοβολταϊκό σύστημα με περσίδες (SPBS).

Στην έρευνα των **Κατσούλα, Μπαξεβάνου, Φείδαρου (2021)** έγινε χρήση ημιδιαφανών οργανικών φωτοβολταϊκών (Organic PhotoVoltaics-OPV).

Στην έρευνα της **Χατζηχαμπή (2015)** χρησιμοποιήθηκαν 40 φωτοβολταϊκά πλαίσια συνολικής δυναμικότητας 10kWp.

Στην έρευνα των **Claire S. Allardyce a, Christian Fankhauser b , Shaik M. Zakeeruddin a , Michael Grätzel a , Paul J. Dyson a** χρησιμοποιήθηκαν ημιδιαφανή PVs (Dye-Ευαισθητοποιημένα ηλιακά κύτταρα, DSCs) ως τροποποιημένα εγγενή υαλοπίνακες θερμοκηπίου

Στην έρευνα των **Changsheng Li a,b, Haiyu Wang a , Hong Miao c , Bin Ye d** χρησιμοποιήθηκαν πέντε φωτοβολταϊκά PVGs.



Στην έρευνα των **Shiva Gorjian a, Francesco Calise b , Karunesh Kant c , Md Shamim Ahamed d , Benedetta Copertaro e , Gholamhassan Najafi a , Xingxing Zhang e , Mohammadreza Aghaei f, g , Redmond R. Shamschiri h** χρησιμοποιήθηκαν φωτοβολταϊκά (Φ/Β), φωτοβολταϊκά-θερμικών (PVT) και ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες.

Στην έρευνα των **Trypanagnostopoulos a, b , A. Kavga b, M. Souliotis c, d, Y. Tripanagnostopoulos e** έγινε εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή του θερμοκηπίου.

Στην έρευνα των **James Bambara, Andreas K. Athienitis** έγινε χρήση εγκατάστασης ημιδιαφανούς επένδυσης φωτοβολταϊκών (STPV) στην οροφή ενός θερμοκηπίου που χρησιμοποιεί συμπληρωματικό φωτισμό.

Στην έρευνα των **Reda Hassanien Emam Hassanien a,b , Ming Li b,n , Wei Dong Lin b** έγινε χρήση της παραγόμενης ενέργειας φωτοβολταϊκών (Φ/Β) και ηλιακών συλλεκτών, και άντληση νερού για άρδευση.

Στην έρευνα των **Akira Yanoa, Marco Cossu** χρησιμοποιήθηκαν τελευταίας τεχνολογίας φωτοβολταϊκά συστήματα θερμοκηπίου.

Στην έρευνα των **Amirhossian Chaysaz, Seyed Reza Mousavi Seyedi, Ali Motevali** χρησιμοποιήθηκε ένα φωτοβολταϊκό-θερμικό (PV/T) σύστημα.

Στον Πίνακα 2 συνοψίζονται τα στοιχεία των ερευνών ως προς τα είδη φωτοβολταϊκών.

**Πίνακας 2:** Είδη φωτοβολταϊκών στις έρευνες που έγινε ανασκόπηση

ΕΡΓΑΣΙΑ	ΕΙΔΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ
<b>Αναστασιάδη και Πουλογιαννόπουλου (2019)</b>	φωτοβολταϊκά πολυκρυσταλλικού πυριτίου (pc-Si)
<b>Αρέστη και Καραλή (2016)</b>	φωτοβολταϊκά (PV) και τα νέα PV/T δηλαδή υβριδικής μορφής φωτοβολταϊκά/θερμικά συστήματα
<b>Κοντούλη (2015)</b>	φωτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού τύπου
<b>Μπαντιλέσκα και Μοντανάρη (2020)</b>	δυσ φωτοβολταϊκά πλαίσια PVs πολυκρυσταλλικού πυριτίου (pc-Si)
<b>Κιούση και Χαλικούρα (2021)</b>	φωτοβολταϊκά τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου

<b>Σουλιώτη, Τρυπαναγνωστόπουλου και Καυγά (Οκτώβριος 2005)</b>	γραμμικοί φακοί Fresnel σε συνδυασμό με θερμικά (T), φωτοβολταϊκά (PV) ή υβριδικά φωτοβολταϊκά/θερμικά (PV/T)
<b>Alinejad , T., Yaghoubi, M., Vadiee, A. (2020)</b>	ένα ηλιακό φωτοβολταϊκό σύστημα με περιόδους σκίασης (SPBS)
<b>Κατσούλα, Μπαξεβάνου, Φεΐδαρου (2021)</b>	ημιδιαφανή οργανικά φωτοβολταϊκά (Organic PhotoVoltaics-OPV)
<b>Χατζηχαμπή (2015)</b>	δεν αναφέρεται το είδος
Έρευνα <b>Claire S. Allardyce a, Christian Fankhauser b , Shaik M. Zakeeruddin a , Michael Grätzel a , Paul J. Dyson a</b>	δεν αναφέρεται το είδος
Έρευνα <b>Changsheng Li a,b, Haiyu Wang a , Hong Miao c , Bin Ye d</b>	δεν αναφέρεται το είδος
Έρευνα <b>Shiva Gorjian a, Francesco Calise b , Karunesh Kant c , Md Shamim Ahamed d , Benedetta Copertaro e , Gholamhassan Najafi a , Xingxing Zhang e , Mohammadreza Aghaei f, g , Redmond R. Shamshiri h</b>	δεν αναφέρεται το είδος
Έρευνα <b>G. Trypanagnostopoulos a, b , A. Kavga b, M. Souliotis c, d , Y. Tripanagnostopoulos e</b>	δεν αναφέρεται το είδος
Έρευνα <b>James Bambara, Andreas K. Athienitis</b>	εγκατάσταση ημιδιαφανούς επένδυσης φωτοβολταϊκών (STPV) στην οροφή ενός θερμοκηπίου που χρησιμοποιεί συμπληρωματικό φωτισμό

Έρευνα <b>Reda Hassanien Emam Hassanien a,b , Ming Li b,n , Wei Dong Lin b</b>	δεν αναφέρεται το είδος
Έρευνα <b>Akira Yanoa, Marco Cossu</b>	δεν αναφέρεται το είδος
Έρευνα <b>Amirhossian Chaysaz, Seyed Reza Mousavi Seyedi, Ali Motevali</b>	δεν αναφέρεται το είδος

## 6.2 Επιδόσεις από τη χρήση φωτοβολταϊκών στα θερμοκήπια

Στους **Αναστασιάδη και Πουλογιαννόπουλο (2019)** όλες οι φωτοβολταϊκές μονάδες κατάφεραν να παράξουν ηλεκτρική ισχύ 26,67 kWh kWhm<sup>-2</sup> αναφορικά με την χαρακτηριστική περίοδο της καλλιέργειας (Μάιος - Ιούνιος), παρέχοντας επίσης σκίαση στο θερμοκήπιο σε ποσοστό 20%. Τα ποσοτικά αποτελέσματα της εν λόγω καλλιέργειας ανέδειξαν όμως μια σημαντική μείωση της παραγωγικότητας των φυτών ρόκας, όταν εκείνη καλλιεργείται υπό συνθήκες μερικής σκίασης από την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών panels στην οροφή του θερμοκηπίου.

Στους **Αρέστη και Καραλή (2016)** και σε ό, τι αφορούσε στη χρήση των φωτοβολταϊκών ως απορροφητές η απόδοση έδειξε να κυμαίνεται μεταξύ 5-15% αναλόγως πάντα και του τύπου του χρησιμοποιούμενου φωτοβολταϊκού, ενώ η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια έδειξε πως είχε τη δυνατότητα να χρησιμοποιείται άμεσα, ώστε να καλύπτει τις ηλεκτρικές ανάγκες των θερμοκηπίων. Η εν λόγω έρευνα εστίασε στη χρήση των φωτοβολταϊκών από την εταιρεία TRITEC με τη δημιουργία ενός ενσωματωμένου φωτοβολταϊκού συστήματος με ισχύ 2,5 MW στη στέγη του θερμοκηπίου της γαλλικής πόλης Montelimar. Μάλιστα η συγκεκριμένη εγκατάσταση διαπιστώθηκε πως παρήγαγε ενέργεια ίση με 3 GWh σε ετήσιο επίπεδο, καλύπτοντας έτσι τις ενεργειακές ανάγκες περίπου 2.000 κατοίκων της περιοχής στη Γαλλία.

Στην έρευνα του **Κοντούλη (2015)** επιδιώχθηκε να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή απόδοση ενέργειας και σε επίπεδο φωτισμού και σε επίπεδο θερμοκρασίας, ως τα δύο βασικά στοιχεία ομαλής ανάπτυξης των προς καλλιέργεια φυτών εντός του

θερμοκηπίου.

Η έρευνα των **Μπαντιλέσκα και Μοντανάρη (2020)** κατέληξε στο συμπέρασμα μέσα από μετρήσεις πως οι τιμές της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας εντός του θερμοκηπίου αναφοράς και του θερμοκηπίου με φωτοβολταϊκά πάνελ ήταν χαμηλότερες από την προσπίπτουσα ακτινοβολία αντίστοιχα, λόγω της αντανάκλασης και της απορρόφησης από το κάλυμμα του θερμοκηπίου. Με βάση τα συνολικά καταγεγραμμένα στοιχεία-ευρήματα σχετικά με την επιτευχθείσα εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία στα φωτοβολταϊκά πλαίσια και στην παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση διεφάνη να παράγει ηλεκτρική ενέργεια με απόδοση περίπου στα 12,5%. Η απόδοση στην παραγωγή αυξήθηκε ελαφρώς στην περίπτωση του φωτοβολταϊκού θερμοκηπίου, ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στους δείκτες ανάπτυξης των καρπών πιπεριάς.

Στην έρευνα των **Κιούση και Χαλικούρα (2021)** σχεδιάστηκε να τοποθετηθούν 267 φωτοβολταϊκά στοιχεία ισχύος 450W έκαστο, τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου και απόδοσης 20.7%. Η μέγιστη τιμή της αισθητής θερμότητα από μεταφορά και αγωγιμότητα μεταξύ του θερμοκηπίου και του περιβάλλοντος αυτού,  $Q_{cc}$  υπολογίστηκε τον μήνα Απρίλιο στα 45.11W/m<sup>2</sup>.

Στην έρευνα των **Σουλιώτη, Τρυπαναγνωστόπουλου και Καυγά (Οκτώβριος 2005)** τα φωτοβολταϊκά άμορφου πυριτίου (a-Si), πολυκρυσταλλικού πυριτίου (pc-Si) ή κρυσταλλικού πυριτίου (c-Si) είναι οι πιο κοινές περιπτώσεις PV, που παρουσιάζουν ηλεκτρικές αποδόσεις σε ένα εύρος από 5% ως 14%, κατά σειρά.

Στην έρευνα των **Alinejad , T., Yaghoubi, M., Vadiee, A. (2020)** τα αποτελέσματα ανέδειξαν ότι καλύπτοντας το 19,2% της οροφής, χωρίς καμία σημαντική αλλαγή στο επίπεδο φωτισμού στο θόλο του φυτού, θα μειώσουν ετησίως την κατανάλωση φυσικού αερίου, τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα κατά 3,57%, 45,5% και 30,56 αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, με τα ηλιακά φωτοβολταϊκά συστήματα σκίασης, η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι κατά προσέγγιση στα 42,7 κιλοβατώρες/ τετραγωνικό μέτρο.

Στην έρευνα των **Κατσούλα, Μπαξεβάνου, Φείδαρου (2021)** υπολογίστηκε η ετήσια παραγωγή ενέργειας από τα OPV για τις τρεις εξεταζόμενες περιπτώσεις. Η μείωση που παρατηρήθηκε στη μέση διαθέσιμη ημερήσια PAR για τις περιπτώσεις με περατότητα στην κάθετα προσπίπτουσα PAR 30%, 45% και 60% σε σύγκριση με την περίπτωση του PE χωρίς OPV, είναι 77%, 66% και 52%, αντίστοιχα, ενώ η

αντίστοιχη μείωση στο μέσο ημερήσιο ρυθμό φωτοσύνθεσης είναι 33%, 21% και 12%. Τέλος, η ετήσια παραγωγή ισχύος από τα OPV, ανά μονάδα μήκους θερμοκηπίου, για τις περιπτώσεις με περατότητα στην κάθετα προσπίπτουσα PAR 30%, 45% και 60%, ήταν 323, 242 και 158 kWh/(m<sup>2</sup>·y), αντίστοιχα

Στην έρευνα της **Χατζηχαμπί (2015)** εγκαταστάθηκαν στη στέγη του θερμοκηπίου ή στο έδαφος 40 φωτοβολταϊκά πλαίσια συνολικής δυναμικότητας 10kWp τα οποία μπορούν να παράγουν ενέργεια περίπου 15000KWh το χρόνο.

Στην έρευνα των **Claire S. Allardyce a, Christian Fankhauser b, Shaik M. Zakeeruddin a, Michael Grätzel a, Paul J. Dyson a** προτείνονται ημιδιαφανή PVs (Dye-Ευαισθητοποιημένα ηλιακά κύτταρα, DSCs) ως τροποποιημένα εγγενή υαλοπίνακες θερμοκηπίου που, σε σύγκριση με τους συμβατικούς υαλοπίνακες θερμοκηπίου και τα εμπορεύσιμα ολοκληρωμένα αδιαφανή φωτοβολταϊκά υλικά θερμοκηπίου, προσφέρουν πλεονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένης της ενισχυμένης θερμικής σταθεροποίησης και παρόμοιων ή βελτιωμένων βρώσιμων αποδόσεων βιομάζας.

Στην έρευνα των **Changsheng Li a,b, Haiyu Wang a, Hong Miao c, Bin Ye d** τα συμπεράσματα δείχνουν ότι οι PVGs θα μπορούσαν να επιτύχουν καλές οικονομικές επιδόσεις. Η ετήσια απόδοση της επένδυσής τους (AROI) κυμαίνεται από περίπου 9% έως 20% με μειωμένη περίοδο αποπληρωμής 4-8 ετών ανάλογα με τις διάφορες καλλιέργειες που παράγονται σε φωτοβολταϊκά θερμοκήπια.

Στην έρευνα των **Shiva Gorjian, Francesco Calise, Karunesh Kant, Md Shamim Ahamed, Benedetta Copertaro, Gholamhassan Najafi, Xingxing Zhang, Mohammadreza Aghaei, Redmond R. Shamshiri** μελετάται η χρήση μονάδων αποθήκευσης θερμικής ενέργειας (TES) ως κρίσιμων συστατικών για την ασφαλή παροχή ενέργειας σε ηλιακά θερμοκήπια. Η χρήση συστημάτων TES μπορεί να αυξήσει τη θερμική των ηλιακών θερμοκηπίων κατά 29%.

Στην έρευνα των **G. Trypanagnostopoulos, A. Kavga, M. Souliotis, Y. Tripanagnostopoulos** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα απόδοσης της παραγωγής ενέργειας και της καλλιέργειας φυτών από εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάνελ στην οροφή του θερμοκηπίου. Όσον αφορά την ηλεκτρική παραγωγή, τα φωτοβολταϊκά πάνελ παρήγαγαν 50,83 kWhm<sup>2</sup> για τη χαρακτηριστική περίοδο καλλιέργειας του Φεβρουαρίου, Μαρτίου, Απριλίου, δημιουργώντας επίσης μια σκίαση θερμοκηπίου

20%. Οι υπολογισμοί έδειξαν ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ παρακολούθησης του ήλιου παράγουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από ό,τι η λειτουργία και μπορεί να οδηγήσει στον ηλιακό έλεγχο του εσωτερικού χώρου του θερμοκηπίου.

Σύμφωνα με την έρευνα των **James Bambara, Andreas K. Athienitis** τα φωτοβολταϊκά θερμοκήπια παράγουν ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια παρέχοντας παράλληλα ένα κατάλληλο περιβάλλον για την παραγωγή καλλιεργειών. Η επένδυση STPV παρήγαγε ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια αλλά προκάλεσε επίσης εσωτερική σκίαση που αντισταθμίστηκε από την αύξηση του συμπληρωματικού φωτισμού έως και 84%, η οποία με τη σειρά της μείωσε τη χρήση ενέργειας θέρμανσης έως και 12%. Αν και η επένδυση STPV αύξησε τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας φωτισμού, παρήγαγε το 43,7% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε για συμπληρωματικό φωτισμό, στην παρούσα μελέτη και το 107,2% στη μελλοντική εκτίμηση.

Στην έρευνα των **Reda Hassanien Emam Hassanien a,b, Ming Li b,n, Wei Dong Lin b** εξετάζονται οι τεχνολογίες εφαρμογής ηλιακής ενέργειας στα συστήματα περιβαλλοντικού ελέγχου των θερμοκηπίων (ψύξη, θέρμανση και φωτισμός) κυρίως η παραγόμενη ενέργεια φωτοβολταϊκών (Φ/Β) και ηλιακών συλλεκτών, καθώς και η άντληση νερού για άρδευση.

Σύμφωνα με την έρευνα των **Akira Yanoa, Marco Cossu** περιγράφονται σημαντικές πτυχές της καλλιέργειας θερμοκηπίου, της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμοκήπια, της τελευταίας τεχνολογίας φωτοβολταϊκών συστημάτων θερμοκηπίου και των επιπτώσεων της σκίασης των φωτοβολταϊκών προϊόντων στις εγκαταστάσεις. Τέλος, παρουσιάζονται προοπτικές για ενεργειακές-βιώσιμες φωτοβολταϊκές τεχνολογίες θερμοκηπίου.

Στην έρευνα των **Amirhossian Chaysaz, Seyed Reza Mousavi Seyedi, Ali Motevali** αναλύθηκε η παροχή ενέργειας και θερμότητας ενός θερμοκηπίου μικρής κλίμακας από ένα φωτοβολταϊκό-θερμικό (PV/T) σύστημα, ενώ χρησιμοποιούσε τρία καλύμματα θερμοκηπίου (γυαλί, πλαστικό και πολυανθρακικό) και τέσσερις ρυθμούς ροής μάζας νερού (0,016, 0,025, 0,033 kg/s και χωρίς ροή), με ή χωρίς ηλιακό ιχνηλάτη. Τα αποτελέσματα ηλεκτρικής απόδοσης για φωτοβολταϊκά (χωρίς ροή μάζας) και φωτοβολταϊκά/T (0,016, 0,025 και 0,033 kg/s) δείχνουν ότι η εφαρμογή του συστήματος PV/T ενίσχυσε την ηλεκτρική απόδοση κατά 21,5, 28,4 και 36,84%

για τους υαλοπίνακες γυαλιού, κατά 15,28, 25 και 34,79% για το πλαστικό κάλυμμα και κατά 19,82, 26,67 και 40,25% για την πολυανθρακικό κάλυμμα, σε σύγκριση με την κατάσταση των φωτοβολταϊκών. Η υψηλότερη συνολική απόδοση ήταν στα 0,033 kg/s με 59,9% (γυαλί), 54,56% (πλαστικό) και 47,58% (πολυανθρακικό), ενώ η χαμηλότερη συνολική απόδοση ήταν στα 0,016 kg/s με 41,75% (γυαλί), 32,94% (πλαστικό) και 31,22% (πολυανθρακικό).

<b>ΕΡΓΑΣΙΑ</b>	<b>Επιδόσεις από τη χρήση φωτοβολταϊκών στα θερμοκήπια</b>
<b>Αναστασιάδη και Πουλογιαννόπουλου (2019)</b>	Όλες οι φωτοβολταϊκές μονάδες κατάφεραν να παράξουν ηλεκτρική ισχύ 26,67 kWh kWhm <sup>-2</sup>
<b>Αρέστη και Καραλή (2016)</b>	Στη χρήση των φ/β ως απορροφητές η απόδοση κυμάνθηκε μεταξύ 5-15%, παρήχθη ενέργεια ίση με 3 GWh ετησίως
<b>Κοντούλη (2015)</b>	Επιδιώχθηκε να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή απόδοση ενέργειας σε επίπεδο φωτισμού και θερμοκρασίας
<b>Μπαντιλέσκα και Μοντανάρη (2020)</b>	Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση παρήγαγε ηλεκτρική ενέργεια με απόδοση περίπου στα 12,5%. Η απόδοση στην παραγωγή αυξήθηκε ελαφρώς στην περίπτωση του φ/β θερμοκηπίου
<b>Κιούση και Χαλικούρα (2021)</b>	Χρησιμοποιήθηκαν 267 φωτοβολταϊκά στοιχεία ισχύος 450W έκαστο, τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου και απόδοσης 20.7%

**Σουλιώτη, Τρυπαναγνωστόπουλου και  
Καυγά (Οκτώβριος 2005)**

Χρησιμοποιήθηκαν φωτοβολταϊκά άμορφου πυριτίου (a-Si), πολυκρυσταλλικού πυριτίου (pc-Si) ή κρυσταλλικού πυριτίου (c-Si) ως οι πιο κοινές περιπτώσεις PV, που παρουσιάζουν ηλεκτρικές αποδόσεις σε εύρος από 5% ως 14%, κατά σειρά.



<p><b>Alinejad , T., Yaghoubi, M., Vadiee, A. (2020)</b></p>	<p>Καλύπτοντας το 19,2% της οροφής, χωρίς καμία σημαντική αλλαγή στο επίπεδο φωτισμού στο θόλο του φυτού, η έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα πως θα μειώσουν ετησίως την κατανάλωση φυσικού αερίου, τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα κατά 3,57%, 45,5% και 30,56 αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, με τα ηλιακά φωτοβολταϊκά συστήματα σε περσίδες σκίασης, η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι κατά προσέγγιση στα 42,7 κιλοβατώρες/ τετραγωνικό μέτρο.</p>
<p><b>Κατσούλα, Μπαξεβάνου, Φεΐδαρου (2021)</b></p>	<p>Υπολογίστηκε η ετήσια παραγωγή ενέργειας από τα OPV για τις τρεις εξεταζόμενες περιπτώσεις. Η μείωση που παρατηρήθηκε στη μέση διαθέσιμη ημερήσια PAR για τις περιπτώσεις με περατότητα στην κάθετα προσπίπτουσα PAR 30%, 45% και 60% σε σύγκριση με την περίπτωση του PE χωρίς OPV, είναι 77%, 66% και 52%, αντίστοιχα, ενώ η αντίστοιχη μείωση στο μέσο ημερήσιο ρυθμό φωτοσύνθεσης είναι 33%, 21% και 12%. Τέλος, η ετήσια παραγωγή ισχύος από τα OPV, ανά μονάδα μήκους θερμοκηπίου, για τις περιπτώσεις με περατότητα στην κάθετα προσπίπτουσα PAR 30%, 45% και 60%, ήταν 323, 242 και 158 kWh/(m<sup>2</sup>·y), αντίστοιχα.</p>
<p><b>Χατζηγαμπή (2015)</b></p>	<p>Εγκαταστάθηκαν στη στέγη του θερμοκηπίου ή στο έδαφος 40 φωτοβολταϊκά πλαίσια συνολικής δυναμικότητας 10kWp τα οποία μπορούν να παράγουν ενέργεια περίπου 15000KWh το χρόνο.</p>
<p>Έρευνα <b>Claire S. Allardyce a, Christian Fankhauser b , Shaik M. Zakeeruddin a , Michael Grätzel a , Paul J. Dyson a</b></p>	<p>Χρησιμοποιήθηκαν ημιδιαφανή PVs (Dye-Εναισθητοποιημένα ηλιακά κύτταρα, DSCs) προσφέρουν πλεονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένης της ενισχυμένης θερμικής σταθεροποίησης και παρόμοιων ή βελτιωμένων βρώσιμων αποδόσεων βιομάζας.</p>
<p>Έρευνα <b>Changsheng Li a,b, Haiyu Wang a , Hong Miao c , Bin Ye d</b></p>	<p>Η ετήσια απόδοση της επένδυσής τους (AROI) κυμαίνεται από περίπου 9% έως 20% με μειωμένη περίοδο αποπληρωμής 4-8 ετών ανάλογα με τις διάφορες καλλιέργειες που παράγονται σε φωτοβολταϊκά θερμοκήπια. Επιπλέον, οι PVGs αποφέρουν επίσης σημαντικά κοινωνικά οφέλη, όπως η παροχή νέων θέσεων εργασίας, η αύξηση των φόρων και η αποφυγή σημαντικών εκπομπών</p>

	CO2.
Έρευνα <b>Shiva Gorjian a, Francesco Calise b , Karunesh Kant c , Md Shamim Ahamed d , Benedetta Copertaro e , Gholamhassan Najafi a , Xingxing Zhang e , Mohammadreza Aghaei f, g , Redmond R. Shamshiri h</b>	Οι μονάδες PVT είναι αποδοτικότερες στην παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, και λιγότερο η σκίαση συμβαίνει όταν χρησιμοποιούνται μονάδες συγκέντρωσης. Η χρήση συστημάτων TES μπορεί να αυξήσει τη θερμική απόδοση των ηλιακών θερμοκηπίων κατά 29%.
Έρευνα <b>G. Trypanagnostopoulos a, b , A. Kavga b, M. Souliotis c, d , Y. Tripanagnostopoulos e</b>	Τα φωτοβολταϊκά πάνελ παράγαν 50,83 kWhm <sup>2</sup> για τη χαρακτηριστική περίοδο καλλιέργειας του φεβρουαρίου-μαρτίου-απριλίου, δημιουργώντας επίσης μια σκίαση θερμοκηπίου 20%.
Έρευνα <b>James Bambara, Andreas K. Athienitis</b>	Η επένδυση STPV παράγαγε ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια αλλά προκάλεσε εσωτερική σκίαση που αντισταθμίστηκε από την αύξηση του συμπληρωματικού φωτισμού έως και 84%, η οποία με τη σειρά της μείωσε τη χρήση ενέργειας θέρμανσης έως και 12%. Αν και η επένδυση STPV αύξησε τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας φωτισμού, παράγαγε το 43,7% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε για συμπληρωματικό φωτισμό, στην παρούσα μελέτη και το 107,2% στη μελλοντική μελέτη προβολής.
Έρευνα <b>Reda Hassanien Emam Hassanien a,b , Ming Li b,n , Wei Dong Lin b</b>	Εξετάζονται οι τεχνολογίες εφαρμογής ηλιακής ενέργειας στα συστήματα περιβαλλοντικού ελέγχου των θερμοκηπίων (ψύξη, θέρμανση, φωτισμός) την παραγόμενη ενέργεια φωτοβολταϊκών (Φ/Β) και ηλιακών συλλεκτών, καθώς και την άντληση φωτοβολταϊκού νερού για άρδευση.
Έρευνα <b>Akira Yanoa, Marco Cossu</b>	Οι αποδόσεις και η ποιότητα των καλλιεργειών θερμοκηπίου μπορούν να βελτιωθούν με έλεγχο μικροκλίματος ελέγχου που τροφοδοτούνται από καύσιμα και εισροές ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο.
Έρευνα <b>Amirhossian Chaysaz, Seyed Reza Mousavi Seyed, Ali Motevali</b>	Τα αποτελέσματα ηλεκτρικής απόδοσης για φωτοβολταϊκά (χωρίς ροή μάζας) και φωτοβολταϊκά/T (0,016, 0,025 και 0,033 kg/s) έδειξαν ότι η εφαρμογή του συστήματος PV/T ενίσχυσε την ηλεκτρική απόδοση κατά 21,5, 28,4 και 36,84% για τους υαλοπίνακες γυαλιού, κατά 15,28, 25 και 34,79% για το πλαστικό κάλυμμα και κατά 19,82, 26,67 και 40,25% για την πολυανθρακικό κάλυμμα. Η υψηλότερη

	<p>συνολική απόδοση ήταν στα 0,033 kg/s με 59,9% (γυαλί), 54,56% (πλαστικό) και 47,58% (πολυανθρακικό), ενώ η χαμηλότερη συνολική απόδοση ήταν στα 0,016 kg/s με 41,75% (γυαλί), 32,94% (πλαστικό) και 31,22% (πολυανθρακικό).</p>
--	--

### 6.3 Οφέλη της χρήσης φωτοβολταϊκών σε θερμοκήπια

Σύμφωνα με τους **Αναστασιάδη και Πουλογιαννόπουλο (2019)** η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή μονάδα στην οροφή του θερμοκηπίου και με βάση το συγκεκριμένο πείραμα, που διεξήχθη, απεδείχθη πως έχει τη δυνατότητα να καλύψει ένα σημαντικότατο τμήμα της ζήτησης, που είχε σε ενέργεια το εν λόγω θερμοκήπιο, ή ακόμη να καλύψει και τις εν συνόλω ενεργειακές ανάγκες ενός θερμοκηπίου με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

Με βάση την έρευνα των **Αρέστη και Καραλή (2016)** η χρήση των φωτοβολταϊκών συνέβαλε στη δημιουργία ενός κατάλληλου φυσικού αερισμού στα θερμοκήπια, που βοήθησαν τα προς καλλιέργεια φυτά να αναπτυχθούν ομαλά με τη μέγιστη δυνατή αποδοτικότητα. Ειδικότερα τα φωτοβολταϊκά PV μπόρεσαν να μετατρέψουν ένα μικρό μέρος της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρισμό, ενώ το μεγαλύτερο μέρος αυτής το μετέτρεψαν σε θερμότητα. Το σημαντικότερο όμως όφελος ήταν πως κατάφεραν να μειώσουν και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 254 τόνους ετησίως προφυλάσσοντας εν προκειμένω και το φυσικό περιβάλλον από τους ρύπους.

Στην έρευνα του **Κοντούλη (2015)** έγινε μια φιλότιμη και δη χρήσιμη προσπάθεια σχεδιασμού και πρόβλεψης των πλεονεκτημάτων - οφελών, που θα εξάγονταν από τη λειτουργία ενός θερμοκηπίου με τη χρήση φωτοβολταϊκών, τα οποία και θα εξοικονομούσαν ενέργεια ακόμη και στις πιο δυσμενείς συνθήκες (χειμερινούς μήνες) και θα παρείχαν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα συγκριτικά με την έως πρότινος ηλεκτροδότηση από το δίκτυο της ΔΕΗ, και εν τέλει θα κάλυπταν επαρκώς όλες τις ενεργειακές ανάγκες του επιλεγέντος προς μελέτη θερμοκηπίου. Τα εν λόγω φωτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού τύπου απεδείχθησαν κατάλληλα για διασυνδεδεμένα και αυτόματα συστήματα 24V, με εγγυήσεις ισχύος 25 ετών (80%) και 12 ετών (90%), με 5 έτη εγγύησης του εν λόγω προϊόντος, με απόκλιση ισχύος κατά - +3%, με έλεγχο και πιστοποίηση κατά IEC 61215.

Στην έρευνα των **Μπαντιλέσκα και Μοντανάρη (2020)** διαπιστώθηκε πως για ένα μικρό ποσοστό (~20%) κάλυψης της οροφής του θερμοκηπίου με φωτοβολταϊκά πάνελ επιτεύχθηκε μια σημαντική ενεργειακή συμβολή στις ενεργειακές απαιτήσεις του θερμοκηπίου χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών. Ακόμη παρατηρήθηκε πως η σκίαση έχει επηρεάσει μάλλον θετικά την παραγωγικότητα του φωτοβολταϊκού θερμοκηπίου, χωρίς να επηρεάζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών πιπεριάς.

Στην έρευνα των **Κιούση και Χαλικούρα (2021)** έγινε σαφές πως η χρήση των φωτοβολταϊκών μέσω αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας συνέβαλε στην ομαλή και κυρίως την αποδοτική παραγωγική διεργασία του σπαραγγιού σε μια θερμοκηπιακή μονάδα 2 στρεμμάτων, καλύπτοντας στο μέγιστο τις ενεργειακές απαιτήσεις του θερμοκηπίου.

Στην έρευνα των **Σουλιώτη, Τρυπαναγνωστόπουλου και Καυγά (Οκτώβριος 2005)** έγινε σαφές πως οι φακοί Fresnel έχουν την ιδιότητα να συλλέγουν κυρίως την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, συνεπώς να ελέγχουν και τον φωτισμό μέσα στα θερμοκήπια. Το ποσό της ενέργειας, που απορροφάται, μειώνει την ποσότητα φωτός που προσπίπτει εν τέλει στα φυτά και το έδαφος, και έτσι μπορεί να επιτευχθεί ένα πολύ χαμηλότερο επίπεδο φωτισμού και μια μικρότερη αύξηση της θερμοκρασίας του χώρου. Οι φακοί Fresnel μπορούν να συνδυαστούν με θερμικά (T), φωτοβολταϊκά (PV) ή υβριδικά φωτοβολταϊκά/θερμικά (PV/T), τα οποία και μπορούν να μετατρέψουν την προσλαμβάνουσα ηλιακή ενέργεια ταυτόχρονα και σε θερμότητα και σε ηλεκτρισμό, χρησιμοποιώντας την αργότερα για την κάλυψη διαφόρων ενεργειακών αναγκών των θερμοκηπίων. Η ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί ως θερμότητα (αποθήκευση ζεστού νερού ή υπόγεια αποθήκευση) και να χρησιμοποιείται στη διάρκεια της νύχτας ή ως ηλεκτρική ενέργεια (μπαταρίες ή στο ηλεκτρικό δίκτυο) ώστε να καλύψει τις ηλεκτρικές ανάγκες, καθώς επίσης και για την επέκταση της περιόδου φωτισμού των φυτών. Με τη χρήση των φακών fresnel περιορίζεται η κατανάλωση ενέργειας σε ό,τι αφορά στον εξαερισμό των θερμοκηπίων στη διάρκεια της ημέρας, είναι πρακτικά εύκολη η αποθήκευση της θερμότητας για τη θέρμανση του χώρου στη διάρκεια της νύχτας και στην περίπτωση χρήσης των φωτοβολταϊκών ως απορροφητή τότε δύναται να δοθεί και παράταση του χρόνου τεχνητού φωτισμού των φυτών τη νύκτα.

Στην έρευνα των **Alinejad , T., Yaghoubi, M., Vadiee, A. (2020)** έγινε σαφές ότι η βέλτιστη κατανάλωση ενέργειας και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και είναι αποδοτικές. Είναι οι βασικές πτυχές για την επίτευξη της διαχείρισης της βιώσιμης ενέργειας, όπως στην αγροτική βιομηχανία. Η συμβολή του κηπευτικού τμήματος στην παγκόσμια ζήτηση ενέργειας είναι κατά προσέγγιση 2%, και μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του, τα θερμοκήπια είναι ένα από τα κυριότερα συστήματα στη σύγχρονη γεωργία που έχουν μεγάλο μερίδιο στην κατανάλωση ενέργειας.

Στην έρευνα των **Κατσούλα, Μπαξεβάνου, Φείδαρου (2021)** αναζητήθηκε μια λύση στο πρόβλημα της μείωσης της διαθέσιμης φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας (PAR) μέσα σε θερμοκήπια καλυμμένα με συμβατικά αδιαφανή φωτοβολταϊκά (PV) είναι η χρήση ημιδιαφανών φωτοβολταϊκών. Η αξιολόγηση έγινε εν συναρτήσει της διαθέσιμης και πρακτικά αξιοποιήσιμης ηλιακής ακτινοβολίας για φωτοσύνθεση (PAR) εντός του θερμοκηπίου.

Στην έρευνα της **Χατζηχαμπή (2015)** το συμπέρασμα ήταν πως η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας πρέπει να εξαπλωθεί ακόμα περισσότερο, έτσι ώστε να μειωθεί η χρήση ορυκτών καυσίμων τα οποία έχουν πολλά μειονεκτήματα έναντι των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Λαμβάνοντας υπόψη τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στο νησί της Κύπρου, στο οποίο τους περισσότερους μήνες του χρόνου έχει μεγάλη ηλιοφάνεια, τότε μπορεί να γίνει απόσβεση του κόστους αγοράς των φωτοβολταϊκών σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Αυτό είναι και το σημαντικότερο κίνητρο που κάνει ολοένα και περισσότερους κατοίκους της Κύπρου να βάζουν τα φωτοβολταϊκά στη ζωή τους, βοηθώντας έτσι και στην οικονομία των νοικοκυριών τους αλλά και στην ύπαρξη ενός καθαρότερου περιβάλλοντος.

Στην έρευνα των **Claire S. Allardyce a, Christian Fankhauser b , Shaik M. Zakeeruddin a , Michael Grätzel a , Paul J. Dyson a** έχει επισημανθεί πως τα ημιδιαφανή PVs (Dye-Ευαισθητοποιημένα ηλιακά κύτταρα, DSCs) ως τροποποιημένα εγγενή υαλοπίνακες θερμοκηπίου συγκριτικά με τα συμβατικά υαλοπίνακες θερμοκηπίου και τα εμπορεύσιμα ολοκληρωμένα αδιαφανή φωτοβολταϊκά υλικά θερμοκηπίου παρέχουν αυξημένα πλεονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένης της ενισχυμένης θερμικής σταθεροποίησης και παρόμοιων ή βελτιωμένων βρώσιμων αποδόσεων παραγωγής των καλλιεργειών.

Στην έρευνα των **Changsheng Li, Haiyu Wang Hong Miao, Bin Ye** έγινε σαφές πως οι PVGs μπορούν να επιτύχουν καλές οικονομικές επιδόσεις. Η ετήσια απόδοση της επένδυσής τους (AROI) κυμαίνεται από περίπου 9% - 20% ανάλογα με τις διάφορες καλλιέργειες που παράγονται στα φωτοβολταϊκά θερμοκήπια. Οι PVGs αποφέρουν επίσης σημαντικά κοινωνικά οφέλη, όπως είναι η παροχή νέων θέσεων εργασίας, η αύξηση φόρων και η αποφυγή σημαντικών εκπομπών CO<sub>2</sub>. Επίσης και η σημασία του τιμολογίου τροφοδοσίας ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ μικρότερη από ό,τι αναμενόταν.

Σύμφωνα με την έρευνα των **Shiva Gorjian, Francesco Calise, Karunesh Kant, Md Shamim Ahame, Benedetta Copertaro, Gholamhassan Najafi, Xingxing Zhang, Mohammadreza Aghaei, Redmond R. Shamshiri** οι μονάδες PVT είναι αποδοτικότερες στην παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Σχετικά με τη χρήση ηλιακών θερμικών συλλεκτών, έχουν αναφερθεί υψηλότερες τιμές απόδοσης για τα θερμοκήπια που εγκαθίστανται σε μέτριες κλιματικές συνθήκες.

Στην έρευνα των **G. Trypanagnostopoulos a, b, A. Kavga b, M. Souliotis c, d, Y. Tripanagnostopoulos e** τα αποτελέσματα της καλλιέργειας φυτών υπό την επίδραση σκίασης ήταν ικανοποιητικά, καθώς ήταν στο ίδιο επίπεδο με εκείνα του θερμοκηπίου αναφοράς χωρίς PV καλυμμένη οροφή. Οι υπολογισμοί έδειξαν ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ παρακολούθησης του ήλιου παράγουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από ό,τι η λειτουργία και μπορεί να οδηγήσει στον ηλιακό έλεγχο του εσωτερικού χώρου του θερμοκηπίου.

Σύμφωνα με την έρευνα των **James Bambara, Andreas K. Athienitis** τα φωτοβολταϊκά θερμοκήπια παράγουν ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια, παρέχοντας παράλληλα ένα κατάλληλο περιβάλλον για την παραγωγή καλλιεργειών. Μελλοντικά μια στέγη STPV θα μπορούσε να εκτοπίσει όλες τις ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας του θερμοκηπίου για συμπληρωματικό φωτισμό. Το STPV σταδιακά θα γίνεται μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση επένδυσης για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και της οικονομίας των εργασιών θερμοκηπίου.



Στην έρευνα των **Reda Hassanien Emam Hassanien a,b , Ming Li b,n , Wei Dong Lin b** έγινε σαφές ότι οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι περιορισμένες πηγές ορυκτών καυσίμων και η υψηλή κατανάλωση ενέργειας και τροφίμων έχουν προκαλέσει την αύξηση της ζήτησης ηλιακής ενέργειας ως πράσινη και βιώσιμη επιλογή.

Στην έρευνα των **Akira Yanoa, Marco Cossu** περιγράφονται σημαντικές πτυχές της καλλιέργειας θερμοκηπίου, της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμοκήπια, τελευταίας τεχνολογίας φωτοβολταϊκών συστημάτων θερμοκηπίου και των επιπτώσεων της σκίασης των φωτοβολταϊκών προϊόντων στις εγκαταστάσεις. Τέλος, παρουσιάζονται προοπτικές για ενεργειακές-βιώσιμες φωτοβολταϊκές τεχνολογίες θερμοκηπίου.

Στην έρευνα των **Amirhossian Chaysaz, Seyed Reza Mousavi Seyedi, Ali Motevali** τα αποτελέσματα ηλεκτρικής απόδοσης για φωτοβολταϊκά (χωρίς ροή μάζας) και φωτοβολταϊκά/T (0,016, 0,025 και 0,033 kg/s) δείχνουν ότι η εφαρμογή του συστήματος PV/T ενίσχυσε την ηλεκτρική απόδοση κατά 21,5, 28,4 και 36,84% για τους υαλοπίνακες γυαλιού, κατά 15,28, 25 και 34,79% για το πλαστικό κάλυμμα και κατά 19,82, 26,67 και 40,25% για την πολυανθρακικό κάλυμμα, σε σύγκριση με την κατάσταση των φωτοβολταϊκών. Η υψηλότερη συνολική απόδοση ήταν στα 0,033 kg/s με 59,9% (γυαλί), 54,56% (πλαστικό) και 47,58% (πολυανθρακικό), ενώ η χαμηλότερη συνολική απόδοση ήταν στα 0,016 kg/s με 41,75% (γυαλί), 32,94% (πλαστικό) και 31,22% (πολυανθρακικό).

## 7. Συμπεράσματα

Εν κατακλείδι, οι *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας* (Α.Π.Ε), που αποτέλεσαν και το θέμα της παρούσας εργασίας, έγινε σαφές πως ενυπάρχουν σε αφθονία εντός του φυσικού περιβάλλοντος και βρίσκονται στα χέρια των ανθρώπων, ώστε και να τις εκμεταλλευτούν προς αντικατάσταση των έως πρότινος άλλων ενεργειακών τρόπων όπως του πετρελαίου, του φυσικού αερίου, της βιομάζας, του ηλεκτρισμού (συσκευές) και της γεωθερμίας (αντλίες θερμότητας), αλλά και για να προφυλάξουν συνάμα το ίδιο το περιβάλλον από τη μόλυνση. Εκ των ενεργειακών πηγών εκείνη, που χρησιμοποιήθηκε ευρέως από τους ανθρώπους, τα τελευταία χρόνια είναι τα φωτοβολταϊκά, τα οποία μάλιστα αξιοποιούνται και μέσα στα θερμοκήπια, ώστε να καλυφθούν όλες οι ενεργειακές ανάγκες τους σε επίπεδο θέρμανσης, εξαερισμού, τεχνητού φωτισμού κλπ. (Ανανιάδου- Τζημοπούλου & Τσιούρης, 2009).

Για τη χρήση – αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών στα θερμοκήπια καθώς και για τα οφέλη, που παρέχονται σε λειτουργικό επίπεδο, έχουν ενασχοληθεί πολλές έρευνες, όπως αναφέρονται στην παρούσα εργασία στη διάρκεια της οποίας καταγράφηκαν τα είδη των φωτοβολταϊκών. Μεταξύ αυτών ήταν τα φωτοβολταϊκά πολυκρυσταλλικού πυριτίου (pc-Si) που τοποθετούνται στην οροφή του θερμοκηπίου, καθώς και τα νέα PV/T δηλαδή της υβριδικής μορφής φωτοβολταϊκών/θερμικών συστήματα, τα φωτοβολταϊκά τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου, ενώ επισημάνθηκε η χρήση των γραμμικών φακών Fresnel συνδυαστικά με τα θερμικά (T), τα φωτοβολταϊκά (PV) ή τα υβριδικά φωτοβολταϊκά/θερμικά (PV/T), η χρήση των πολυκρυσταλλικών (multi-Si) φωτοβολταϊκών, το ηλιακό φωτοβολταϊκό σύστημα (SPBS) σε περσίδες σκίασης, τα ημιδιαφανή οργανικά φωτοβολταϊκά (Organic PhotoVoltaics-OPV). Άλλα φωτοβολταϊκά είναι τα ημιδιαφανή PVs (Dye-Ευαισθητοποιημένα ηλιακά κύτταρα, DSCs) ως τροποποιημένα εγγενή υαλοπίνακες θερμοκηπίου, τα PVGs που μπορούν να επιτύχουν καλές οικονομικές επιδόσεις, οι μονάδες PVT ως πολύ πιο αποδοτικές στην παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, τα ημιδιαφανούς επένδυσης φωτοβολταϊκά (STPV) στην οροφή θερμοκηπίων. Σε ό, τι αφορούσε στις επιδόσεις από τη χρήση των φωτοβολταϊκών στα θερμοκήπια ήταν πράγματι αξιοσημείωτο πως όλες οι φωτοβολταϊκές μονάδες απεδείχθη πως κατάφεραν να παράξουν μια τεράστια ηλεκτρική ισχύ, ενώ εξίσου τεράστια ήταν και τα οφέλη που αναδύθηκαν, όπως ήταν η κάλυψη των εν συνόλω ενεργειακών αναγκών του εκάστοτε

θερμοκηπίου με χαμηλή όμως κατανάλωση ενέργειας. Ακόμη πολύ σημαντικό ήταν το εύρημα της δημιουργίας ενός κατάλληλου φυσικού αερισμού στα θερμοκήπια, που βοήθησαν τα προς καλλιέργεια φυτά να αναπτυχθούν ομαλά με τη μέγιστη δυνατή αποδοτικότητα, και με έμφαση στα φωτοβολταϊκά PV, τα οποία κατάφεραν να μετατρέψουν ένα τμήμα της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρισμό, και το μεγαλύτερο σε θερμότητα. Το σημαντικότερο όμως όφελος ήταν πως κατάφεραν να μειώσουν ταυτόχρονα και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, προφυλάσσοντας εν προκειμένω και το φυσικό περιβάλλον από τους ρύπους. Επίσης η χρήση των φωτοβολταϊκών στα θερμοκήπια έδειξε πως ακόμη και στις πιο δυσμενείς συνθήκες (χειμερινούς μήνες) παρείχαν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα συγκριτικά με την έως πρότινος ηλεκτροδότηση που παρεχόταν από το δίκτυο της ΔΕΗ. Ακόμη επισημάνθηκε πως ειδικά οι φακοί Fresnel έχουν την ιδιότητα να συλλέγουν κυρίως την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να μπορούν να ελέγχουν και τον φωτισμό μέσα στα θερμοκήπια. Οι φακοί Fresnel επιπρόσθετα έχουν την ιδιότητα να συνδυάζονται με τα θερμικά (T), τα φωτοβολταϊκά (PV) ή τα υβριδικά φωτοβολταϊκά/θερμικά (PV/T), τα οποία και μετατρέπουν την προσλαμβάνουσα ηλιακή ενέργεια ταυτόχρονα και σε θερμότητα αλλά και σε ηλεκτρισμό, χρησιμοποιώντας την αργότερα και για την κάλυψη διαφόρων ενεργειακών αναγκών των θερμοκηπίων. Τονίστηκε επίσης και το αποκομιζόμενο κέρδος των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) μέσω των πολυκρυσταλλικών (multi-Si) φωτοβολταϊκών σε εγκαταστάσεις μέσα από τη διενέργεια εκτιμήσεων του κύκλου ζωής (LCA).

Επομένως η χρήση φωτοβολταϊκών σε θερμοκήπια αναμένεται να συναντάται όλο και συχνότερα, αφού υπάρχουν οφέλη τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά. Για να αυξηθεί η διείσδυση της χρήσης των φωτοβολταϊκών στα θερμοκήπια προτείνεται να ενισχυθούν οικονομικά οι αντίστοιχες δράσεις, ώστε να δημιουργηθεί γρηγορότερα οικονομία κλίμακας.

Σε ότι αφορά στις προτάσεις για μελλοντική έρευνα εκτιμάται ότι απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση ως προς την εκτίμηση των αποδόσεων των διάφορων καλλιεργειών σε σχέση με τα ποσοστά σκίασης. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να δημιουργηθούν μοντέλα εκτίμησης της απόδοσης της παραγωγής για διάφορες καλλιέργειες και έπειτα να μπορεί να εκτιμηθεί το βέλτιστο ποσοστό σκίασης σε σχέση με την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

## 8. Βιβλιογραφία

- Ελληνόγλωσση

Ανανιάδου- Τζημοπούλου, Μ. & Τσιούρης, Σ. Ε. (2009). *Κλιματική Αλλαγή, βιώσιμη ανάπτυξη και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*. Θεσσαλονίκη: Ζήτη.

Αναστασιάδης, Κ. Πουλογιαννόπουλος, Μ. (2019). *Εφαρμογή Φωτοβολταϊκών σε Πειραματικά Θερμοκήπια και η Επίδραση Σκίασης στην Ανάπτυξη Φυτών Ρόκας (Eruca sativa. L)*. (Πτυχιακή εργασία). ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ - ΑΜΑΛΙΑΔΑ (πρώην Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων).

Αμαλιάδα.

Ανακτήθηκε

από

<http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/8313/TEG%20-%20CE%A0%CE%BF%CF%85%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%B1%CE%BD%CE%BD%CF%8C%CF%80%CE%BF%CF%85%CE%BB%CE%BF%CF%82-%20CE%91%CE%BD%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%AC%CE%B4%CE%B7%CF%82.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

στις

01/10/2021.

Αρέστης, Π., Καραλή, Ζ. (2016). *Μελέτη ενεργειακών αναγκών θερμοκηπίων και προτάσεις για την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών τους αναγκών*. (Πτυχιακή εργασία). ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας. (πρ. ΤΕΙ Πάτρας & πρ. ΤΕΙ Μεσολογγίου).

Πάτρα. Ανακτήθηκε από

<http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/5208/%CE%9C%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%A4%CE%97%20%CE%95%CE%9D%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20>

[%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%93%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20%CE%98%CE%95%CE%A1%CE%9C%CE%9F%CE%9A%CE%97%CE%A0%CE%99%CE%A9%CE%9D%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3%20%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%A4%CE%97%CE%9D%20%CE%A7%CE%A1%CE%97%CE%A3%CE%97%20%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%9D%CE%95%CE%A9%CE%A3%CE%99%CE%9C%CE%A9%CE%9D%20%CE%A0%CE%97%CE%93%CE%A9%CE%9D%20%CE%95%CE%9D%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%91%CE%A3%20%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%A4%CE%97%CE%9D%20%CE%9A%CE%91%CE%9B%CE%A5%CE%A8%CE%97%20%CE%9C%CE%95%CE%A1%CE%9F%CE%A5%CE%A3%20%CE%A4%CE%A9%CE%9D%20%CE%95%CE%9D%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20%CE%A4%CE%9F%CE%A5%CE%A3%20%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%93%CE%9A%CE%A9%CE%9D..pdf?sequence=1&isAllowed=y](#) στις 01/10/2021.

ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ. *Κεντρικό κείμενο πολιτικής του WWF Ελλάς*. (2013). Ανακτήθηκε από <https://www.wwf.gr/images/pdfs/Renewables-position-paper-January-2013.pdf> στις 23/09/2021.

Ανδρίτσος, Ν. (2008). *Ενέργεια και Περιβάλλον-Διδακτικές Σημειώσεις*. Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Γιαννακούρας, Ι., Ζαραβέλα, Δ., Μανδρίκας, Α. (2008). *Ανανεώσιμες – Ήπιες Μορφές Ενέργειας*. Αθήνα: Πρόγραμμα Ανοικτών Περιβαλλοντικών Τάξεων «Καλλιστώ».

Γρατσάνη, Αθ. (2010). *Η συμβολή της τεχνολογίας στην ανάπτυξη των περιφερειών της Ελλάδας: η περίπτωση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην περιφέρεια Θεσσαλίας*. (Πτυχιακή εργασία). ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ. ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ. Ανακτήθηκε από <http://estia.hua.gr/file/lib/default/data/9840/theFile> στις 23/09/2021.

Καρκαλάκος, Α., Πολέμης, Μ. (2015). *Αειφόρος Ανάπτυξη, Περιβάλλον και Ενέργεια*. Αθήνα: Copyright.

Κατσούλας, Νικ., Μπαξεβάνου, Αικ., Φεΐδαρος, Δ. (2021). «ΑΝΑΓΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ: ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ» Στο *12ο Εθνικό Συνέδριο του Ι.Η.Τ. για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας*, 7-9 Απριλίου 2021: *Πρακτικά Τόμου Περιλήψεων* (σ. 32). Πολυτεχνική Σχολή ΑΠΘ Θεσσαλονίκης. Ανακτήθηκε από <https://solarinstitute.gr/wp-content/uploads/2021/04/Book-Abstracts-12th-IHT.pdf> στις 19/10/2021.

Καπλάνης, Σ. (2003). *Περιβάλλον και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*. Τόμος Ι. Αθήνα: Ίων.

Κιούσης, Ευ., Χαλικούρας, Ιω. (2021). ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ 2000m<sup>2</sup> ΚΑΙ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΜΕΡΟΥΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ. (Διπλωματική εργασία). ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ. Πάτρα. Ανακτήθηκε από <http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/9571/%cf%80%>



[cf%84%cf%85%cf%87%ce%b9%ce%b1%ce%ba%ce%b7%20%ce%9a%ce%b9%ce%bf%cf%85%cf%83%ce%b7%cf%82%20%ce%a7%ce%b1%ce%bb%ce%b9%ce%ba%ce%bf%cf%85%cf%81%ce%b1%cf%82.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#) στις 05/10/2021.

Κοντούλης, Κων. (2015). *Μελέτη αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για τον έλεγχο του φωτισμού και της θερμοκρασίας σε θερμοκήπια*. (Πτυχιακή εργασία). ΤΕΙ Πατρών. Τμήμα Τεχνολογικών Εφαρμογών Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών (Τ.Ε.). Πάτρα. Ανακτήθηκε από

[Κορωναίος, Χ. \(2012\). \*Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας\*, Διδακτικές σημειώσεις στο Δ.Π.Μ.Σ. Περιβάλλον και ανάπτυξη, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο πολυτεχνείο.](http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/6600/%CE%9C%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%A4%CE%97%20%CE%91%CE%9E%CE%99%CE%9F%CE%A0%CE%9F%CE%99%CE%97%CE%A3%CE%97%CE%A3%20%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%97%CE%A3%20%CE%95%CE%9D%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%91%CE%A3%20%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%A4%CE%9F%CE%9D%20%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%93%CE%A7%CE%9F%20%CE%A4%CE%9F%CE%A5%20%CE%A6%CE%A9%CE%A4%CE%99%CE%A3%CE%9C%CE%9F%CE%A5%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%98%CE%95%CE%A1%CE%9C%CE%9F%CE%9A%CE%A1%CE%91%CE%A3%CE%99%CE%91%CE%A3%20%CE%A3%CE%95%20%CE%98%CE%95%CE%A1%CE%9C%CE%9F%CE%9A%CE%97%CE%A0%CE%99%CE%91..pdf?sequence=1&isAllowed=y</a> στις 04/10/2021.</p></div><div data-bbox=)

Κουτσούμπας, Χρ. (2006). *Ήπιες Μορφές Ενέργειας*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Κουτρομπή, Μ., Σαλταούρα, Ιω. (2015-16). *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – Φωτοβολταϊκά*. (Διπλωματική εργασία). Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα Σχολή διοίκησης και Οικονομίας Τμήμα: Διοίκησης επιχειρήσεων. Αθήνα. Ανακτήθηκε από <http://oceanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2722/%CE%A0%CF%84%CF%85%CF%87%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%9A%CE%BF%CF%85%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%85%CE%BC%CF%80%CE%AE%20-%20%CE%A3%CE%B1%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%BF%CF%8D%CF%81%CE%B1%21%21%21.pdf?sequence=1> στις 23/09/2021.

Κρητικός, Α. (2010). *Ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά*. Αθήνα. Νέων Τεχνολογιών.

Μπαντιλέσκα, Μ., Μποντανάρης, Αντ. (2020). *ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΙΠΕΡΙΑΣ (California Wonders L.) ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ*. (Πτυχιακή εργασία). Πανεπιστήμιο Πατρών. ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ. Αμαλιάδα. Ανακτήθηκε από <http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/8651/TEG%20-%20%CE%9C%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BB%CE%AD%CF%83%CE%BA%CE%B1-%CE%9C%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CF%81%CE%B7%CF%82.pdf?sequence=1&isAllowed=y> στις 04/10/2021.

Παπούλια, Στ. (2004). *Η οδηγία ΣΕΠΕ και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Η περίπτωση των Αιολικών Πάρκων*. Ανακτήθηκε από <http://www.hydro.ntua.gr/2004-05-21-conference/papoulia-text.pdf> στις 02/10/2021.

Σαμαράς, Π., Παπανικολάου, Μ. (2012).

*ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΙΚΙΑΚΟΥ*

*ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ 10KW.* (Πτυχιακή εργασία). Τ.Ε.Ι ΣΕΡΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ. Σέρρες.

Ανακτήθηκε από

<http://apothesis.teicm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/732/samaraspap.pdf?sequence=1&isAllowed=y> στις 03/10/2021.

Σουλιώτης, Μ., Τρυπαναγνωστόπουλος, Ι., Καυγά, Α. (2005). ΕΛΕΓΧΟΣ

ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ

ΦΑΚΩΝ FRESNEL. Στο 4<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, 6-8

Οκτωβρίου 2005: Πρακτικά ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΛΗΨΕΩΝ (σσ. 10-18). Γεωπονικό

Πανεπιστήμιο Αθηνών: Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας. Ανακτήθηκε από

[https://egme.gr/EGME\\_PRAKTIKA/PDFS/4\\_conference/4\\_Proceedings%20EGME%202005\\_fulltext.pdf](https://egme.gr/EGME_PRAKTIKA/PDFS/4_conference/4_Proceedings%20EGME%202005_fulltext.pdf) στις 11/10/2021.

Τσικουδή, Ασ. (2014). *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και επιπτώσεις στο φυσικό*

*περιβάλλον.* (Ερευνητική εργασία). Θεσσαλονίκη. Ανακτήθηκε από

<http://ikee.lib.auth.gr/record/133917/files/TSIKOUDIee.pdf> στις 02/10/2021.

Τσούτσος, Θ. & Κανάκης, Ι. (2013). *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.* Αθήνα:

Παπασωτηρίου.

Χατζηχαμπί, Παν. (2015). *Αξιολόγηση τεχνολογιών για την κάλυψη των ενεργειακών*

*αναγκών θερμοκηπίου.* (Μεταπτυχιακή Διατριβή). Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Ανακτήθηκε από <https://kypseli.ouc.ac.cy/handle/11128/2172> στις 19/12/2021.

URI <http://hdl.handle.net/11128/2172>

- Ξενόγλωσση

Alinejad , T., Yaghoubi, M., Vadiee, A. (2020). «Thermo-environomic assessment of an integrated greenhouse with an adjustable solar photovoltaic blind system». The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY license. Ανακτήθηκε από

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0960148120306029?token=157EE2E468C5ACB9DF45C20DFCF72358F17E73ECF32D5040C4E754193B3D4854521B509DB203B604EF562C267E5E7803&originRegion=eu-west-1&originCreation=20211017114135> στις 17/10/2021.

Akira Yanoa, Marco Cossu. (2019). Energy sustainable greenhouse crop cultivation using photovoltaic technologies. Journal ELSEVIER pp.116-137. doi.org/10.1016/j.rser.2019.04.026 [https://ur-booksc-me.translate.goog/book/75170380/8436f7?\\_x\\_tr\\_sl=ur&\\_x\\_tr\\_tl=el&\\_x\\_tr\\_hl=el&\\_x\\_tr\\_pto=op,sc](https://ur-booksc-me.translate.goog/book/75170380/8436f7?_x_tr_sl=ur&_x_tr_tl=el&_x_tr_hl=el&_x_tr_pto=op,sc)

Amirhossian Chaysaz, Seyed Reza Mousavi Seyedi, Ali Motevali. (2019). Effects of different greenhouse coverings on energy parameters of a photovoltaic–thermal solar system. Solar Energy Volume 194, December 2019, Pages 519-529 <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.11.003> <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X19310928>

Claire S. Allardyce, Christian Fankhauser, Shaik M. Zakeeruddin, Michael Grätzel, Paul J. Dyson. (2017). The influence of greenhouse-integrated photovoltaics on crop production. 115. pp.517-522 Solar Energy <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2017.06.044>

Changsheng Li, Haiyu Wang, Hong Miao, Bin Ye. (2017). The economic and social performance of integrated photovoltaic and agricultural greenhouses systems: Case study in China. [10.1016/j.apenergy.2016.12.121](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.121)

<https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:appene:v:190:y:2017:i:c:p:204-212>

Gasteratos, A. et al. (2017), Renewable energy and biodiversity: Implications for transitioning to a Green Economy. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 70, 161-184.

James Bambara , Andreas K. Athienitis. (2018). Energy and Economic Analysis for Greenhouse Ground Insulation Design. *Energies* 2018, 11, 3218; doi:[10.3390/en11113218](https://doi.org/10.3390/en11113218)

[https://www.researchgate.net/publication/329114675\\_Energy\\_and\\_Economic\\_Analysis\\_for\\_Greenhouse\\_Ground\\_Insulation\\_Design](https://www.researchgate.net/publication/329114675_Energy_and_Economic_Analysis_for_Greenhouse_Ground_Insulation_Design)

Peishi, Wu, Xiaoming, Ma, Junping, Ji, Yunrong, Ma. (2017). «Review on life cycle assessment of greenhouse gas emission profit of solar photovoltaic systems», The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license. Peer-review under responsibility of the scientific committee of the 8th International Conference on Applied Energy. Ανακτήθηκε από <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1876610217305015?token=095141FAAF6F4EBBBEC35EA5C5851C6B45AE128445FE8D94B641BD7DE959354529804394299A567A0DFB2120D30FDCFE&originRegion=eu-west-1&originCreation=20211017112736> στις 17/10/2021.

Reda Hassanien Emam Hassanien, Ming Li, Wei Dong Lin. (2016). Advanced applications of solar energy in agricultural greenhouses. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, vol. 54, issue C, 989-1001 DOI: [10.1016/j.rser.2015.10.095](https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.095)  
[https://econpapers.repec.org/article/eeerensus/v\\_3a54\\_3ay\\_3a2016\\_3ai\\_3ac\\_3ap\\_3a989-1001.htm](https://econpapers.repec.org/article/eeerensus/v_3a54_3ay_3a2016_3ai_3ac_3ap_3a989-1001.htm)

Shiva Gorjian, Francesco Calise, Karunesh Kant, Md Shamim Ahamed, Benedetta Copertaro, Gholamhassan Najafi, Xingxing Zhang, Mohammadreza Aghaei, Redmond R. Shamshir. (2020). A Review on Opportunities for Implementation of Solar Energy Technologies in Agricultural Greenhouses. Journal Pre-proof.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124807>

Trypanagnostopoulos, G., Kavga, A., Souliotis, M., Tripanagnostopoulos, Y. (2017). Greenhouse performance results for roof installed photovoltaics. *Renewable Energy* Volume 111, October 2017, Pages 724-731.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.04.066>  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148117303828>

- *Διαδικτυακή*

<https://www.fotovoltaika.gr> [τελευταία πρόσβαση στις 23/09/2021].

<https://www.elpedisongreen.gr/el/green-energy/prasine-energeia/ananeosimes-peges-energeias> [τελευταία πρόσβαση στις 23/09/2021].

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/fiches\\_techniques/2013/050704/04A\\_FT\(2013\)050704\\_EL.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/fiches_techniques/2013/050704/04A_FT(2013)050704_EL.pdf) [τελευταία πρόσβαση στις 02/10/2021].

<http://www.allaboutenergy.gr/Piges23.html> [τελευταία πρόσβαση στις 02/10/2021].

<https://www.eea.europa.eu/el/articles/energeia-apo-ananeosimes-piges-basikos>

[τελευταία πρόσβαση στις 02/10/2021].

[https://www.wwf.gr/ti\\_kanoume/klimatiki\\_krisi\\_kai\\_energeia/kathari\\_energeia](https://www.wwf.gr/ti_kanoume/klimatiki_krisi_kai_energeia/kathari_energeia)

[τελευταία πρόσβαση στις 02/10/2021].

<https://www.env.aegean.gr/wp->

[content/uploads/2019/08/%CE%95%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B7](https://www.env.aegean.gr/wp-content/uploads/2019/08/%CE%95%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B7)

[%CE%BC%CE%B7-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%BF-](https://www.env.aegean.gr/wp-content/uploads/2019/08/%CE%95%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B7-%CE%BC%CE%B7-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%BF-)

[%CE%A0%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD\\_KALOKAIRI2019.pdf](https://www.env.aegean.gr/wp-content/uploads/2019/08/%CE%95%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B7-%CE%BC%CE%B7-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%BF-%CE%A0%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD_KALOKAIRI2019.pdf)

[τελευταία πρόσβαση στις 02/10/2021].