ePublishing

Open Schools Journal for Open Science

Vol 6, No 1 (2023)

Open Schools Journal for Open Science - Special Issue -Πρακτικά του «3ου Μαθητικού Συνεδρίου Έρευνας και Επιστήμης»

# Παραβολικά κάτοπτρα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από ηλιακή.

*Asimina Axarli*

doi: 10.12681/osj.31985

Copyright © 2023, Asimina Axarli

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

**To cite this article:**

Axarli, A. (2023). Παραβολικά κάτοπτρα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από ηλιακή. *Open Schools Journal for Open Science*, *6*(1). https://doi.org/10.12681/osj.31985

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 20/02/2026 12:59:40

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 20/02/2026 12:59:40

# Παραβολικά κάτοπτρα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από ηλιακή.

*Αξαρλή Ασημίνα*

*Αμερικανικό Κολλέγιο Ανατόλια, Θεσσαλονίκη*

*20161008@student.anatolia.edu.gr*

*Επιβλέπων Καθηγήτης: Αξαρλής Στυλιανός*

*Φυσικός ΠΕ04.01, Αμερικανικό Κολλέγιο Ανατόλια*

*axarlis@anatolia.edu.gr*

**Περίληψη**

Μελετήσαμε τη ρύπανση που προκαλεί η χρήση του άνθρακα στο περιβάλλον, θέματα σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ειδικότερα της ηλιακής. Ερευνήσαμε την αντικατάσταση των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από άνθρακα με παραβολικά κάτοπτρα κάνοντας χρήση ηλιακής ενέργειας.
Αναλύσαμε τα πλεονεκτήματα της χρήσης παραβολικών κατόπτρων στηριζόμενοι στον τρόπο κατασκευής τους και στον τρόπο λειτουργίας τους.
Τέλος ως επιστέγασμα της βιβλιογραφικής μας έρευνας, με τη βοήθεια του προγράμματος Autodesk Inventor 2019 και ενός 3D εκτυπωτή σχεδίαστηκε και εκτυπώθηκε, ως κατασκευή επίδειξης, ένας παραβολικός ανακλαστήρας.

**Λέξεις κλειδιά:** Άνθρακας, περιβαλλοντική ρύπανση , ηλιακή ενέργεια, ηλιοθερμικά συστήματα , παραβολικός ανακλαστήρας.

## Εισαγωγή

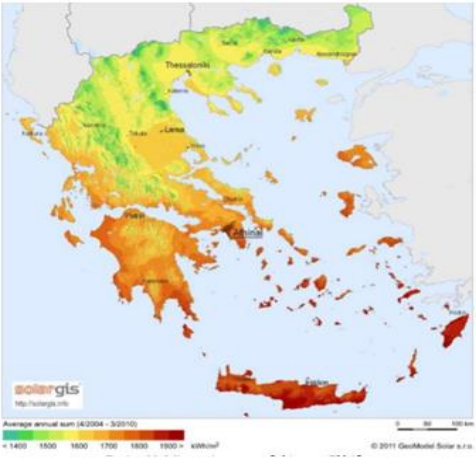
Η ρύπανση του περιβάλλοντος είναι ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουμε στην καθημερινότητά μας και έχει τεράστιο αντίκτυπο στη ζωή των ανθρώπων. Η έρευνά βασίστηκε στην αντικατάσταση των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από άνθρακα με αντίστοιχες που χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια. Το πρόβλημα το οποίο καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε είναι η αλόγιστη χρήση του άνθρακα στην καθημερινότητά μας, η οποία οδηγεί στην άμεση εξάντληση των φυσικών πόρων. Οι υπάρχουσες πρακτικές παρέχουν την ποσότητα ενέργειας που χρειαζόμαστε καθημερινά αλλά δυστυχώς ρυπαίνουν τη Γη μας. Η λύση που προτείνουμε παρέχει την ίδια ποσότητα ενέργειας, δε ρυπαίνει το

περιβάλλον και δεν εξαντλεί τους φυσικούς πόρους. Πρώτα απ 'όλα, ο βασικός αντίκτυπος της υπερβολικης χρήσης του άνθρακα προκαλεί ατμοσφαιρική ρύπανση στο περιβάλλον. Ο άνθρακας είναι ένας μη αναστρέψιμος παράγοντας για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου στον πλανήτη μας προκαλείται από τις εκπομπές αερίων, κυρίως από τις ανθρώπινες δραστηριότητες που σχετίζονται με τη χρήση του άνθρακα. Επιπλέον, ένας άλλος αρνητικός παράγοντας της χρήσης του έχει αντίκτυπο στην κοινωνία. Η χρήση του άνθρακα δημιουργεί υψηλή ρύπανση (CO2, υδράργυρος, ραδιονουκλίδια), περιβαλλοντική καταστροφή και έχει αρνητικές κοινωνικές επιπτώσεις (ατυχήματα εξόρυξης, ασθένειες μαύρου πνεύμονα). Στις χώρες όπου υπάρχουν μεγάλα ορυχεία εξόρυξης άνθρακα, οι άνθρωποι που εργάζονται σε αυτά υποφέρουν καθώς εργάζονται κάτω από δύσκολες συνθήκες. Αναλυτικότερα, η εξόρυξη άνθρακα είναι επικίνδυνη καθώς μεταφέρει σημαντικά υψηλότερο ποσοστό επαγγελματικών ασθενειών και τραυματισμών από τον μέσο εργαζόμενο στον ιδιωτικό τομέα, σύμφωνα με τις στατιστικές μελέτες. Ειδικότερα, οι άνθρωποι που ζουν στην Κίνα και στην Ινδία, και χρησιμοποιούν ανθρακα πάνω από τον παγκόσμιο μέσο όρο έχουν χαμηλό επίπεδο διαβίωσης. Με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μειώνουμε τη ρύπανση και τα απόβλητα και δημιουργούμε ένα πιο υγιεινό περιβάλλον.

## Προσέγγιση του προβλήματος

Ηλιακή ακτινοβολία στην Ελλάδα

Κύρια πηγή παροχής ενέργειας στη Γης μας είναι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προέρχεται από τον Ήλιο. Η ποσότητα ενέργειας που παρέχει είναι εξαιρετικά μεγάλη και η αξιοποίησή της είναι πολύ σημαντική, ειδικά τώρα που τα ορυκτά καύσιμα λιγοστεύουν και η χρήση τους επηρεάζει το περιβάλλον αρνητικά.

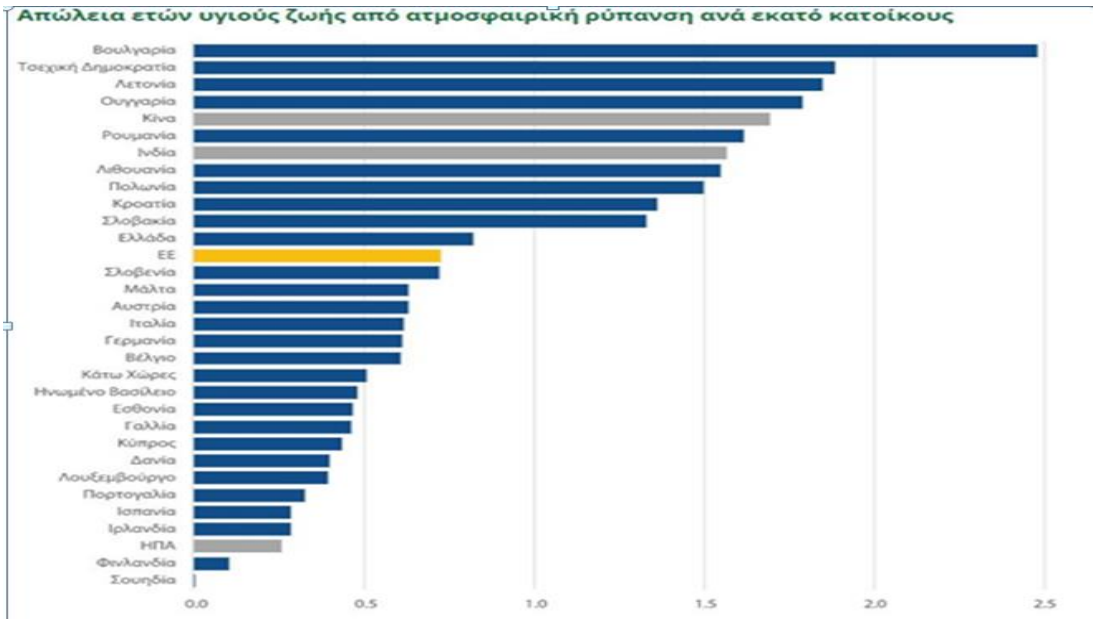



**Σχήμα 1:** Χάρτης ηλιοφάνειας

Το πρόβλημα

Το πρόβλημα το οποίο καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε είναι η αλόγιστη χρήση του άνθρακα στην καθημερινότητά μας, η οποία οδηγεί στην άμεση εξάντληση των φυσικών πόρων. Ο βασικός αντίκτυπος της υπερβολικης χρησης του άνθρακα προκαλεί ατμοσφαιρική ρύπανση στο περιβάλλον. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

στον πλανήτη μας προκαλείται από τις εκπομπές αερίων, κυρίως από τις ανθρώπινες δραστηριότητες που σχετίζονται με τη χρήση του άνθρακα.




**Σχήμα 2:** Χάρτης Π.Ο.Υ.

## Πρόταση επίλυσης

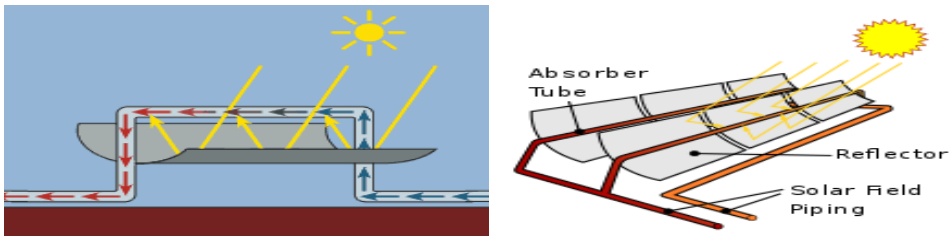
Συστήματα συγκεντρωτικής ηλιακής ενέργειας

Η βιομηχανία εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, την κατηγορία των φωτοβολταικών συστημάτων (PV) και την κατηγορία των συστημάτων συγκεντρωτικής ηλιοθερμικής ενέργειας (concentrated solar power – CSP). Η τεχνολογία συγκεντρωτικών ηλιοθερμικών συστημάτων χρησιμοποιεί την θερμότητα που εκπέμπεται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία για τη θέρμανση νερού ή για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη, τα φωτοβολταικά συστήματα χρησιμοποιούν τις ιδιότητες συγκεκριμένων ημιαγώγιμων υλικών για την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι τεχνολογίες των συστημάτων συγκεντρωτικής ηλιακής ενέργειας (CSP), είναι κατάλληλες για χρήση σε περιοχές με ψηλό ηλιακό δυναμικό και ψηλή ηλιακή ακτινοβολία. Σε αντίθεση με τα φωτοβολταικά συστήματα, που χρησιμοποιούν την ολική ηλιακή ακτινοβολία (δηλαδή το σύνολο της διάχυτης συν της άμεσης ακτινοβολίας), οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιούν μόνο την άμεση ηλιακή ακτινοβολία (direct normal irradiance – DNI). Οι μονάδες παραγωγής CSP προσφέρουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των φωτοβολταικών συστημάτων, δηλαδή την δυνατότητα αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας και της απόδοσης της όταν χρειάζεται (μέρα ή νύκτα). Με τον τρόπο αυτό, οι μονάδες αυτές δύναται να παρέχουν μία αξιόπιστη και σταθερή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο παραγωγής και να χρησιμοποιούνται σαν σταθεροποιητικός παράγοντας έναντι στις έντονες αυξομειώσεις της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που διοχετεύονται στο δίκτυο από άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως π.χ. από την αιολική ενέργεια. Με τον τρόπο αυτό, οι μονάδες CSP με αποθήκευση μπορούν να επιτρέψουν την

μεγαλύτερη και ομαλότερη διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Μία εφαρμογή της τεχνολογίας CSP είναι οι παραβολικοί συλλέκτες σκάφης. Η τεχνολογία των παραβολικών κατόπτρων επιτρέπουν παραπάνω του 93.5% ανακλαστικότητα ενώ η κατασκευή επιτρέπει συνήθως περίπου 98% αυτών των ακτινών να ανακλαστούν στο σωλήνα συγκέντρωσης.

Τεχνολογία παραβολικών συλλεκτών σκάφης

Ο παραβολικός συλλέκτης σκάφης, ο οποίος αποτελεί την πιο διαδεδομένη μορφή συγκεντρωτικής ηλιακής ενέργειας, είναι ένα μακρύ σκαφοειδές κάτοπτρο. Ως αποτέλεσμα του σχήματος του, το ηλιακό φως ανακλάται στο εστιακό σημείο το οποίο είναι ουσιαστικά μία γραμμή κατά μήκος του κατόπτρου. Για την συλλογή της θερμότητας του ηλιακού φωτός, τοποθετείται στο εστιακό σημείο, κατά μήκος του κατόπτρου, μία λεπτή σωλήνα συλλογής που περιέχει ειδικό υγρό το οποίο απορροφά την θερμότητα. Το υγρό αυτό, όπως επίσης και τα υλικά κατασκευής της σωλήνας συλλογής, είναι επιλεγμένα ούτως ώστε να δύνανται να απορροφούν όλη την συγκεντρωμένη θερμότητα του ηλιακού φωτός χωρίς να καταστρέφονται από τις ψηλές θερμοκρασίες που δημιουργούνται. Συνήθως, η σωλήνα συλλογής αποτελείται από ατσάλι με μαύρη αντι-ανακλαστική επίστρωση και περιβάλλεται από γυάλινο κάλυπτρο για μείωση των πιθανών απωλειών της θερμότητας.



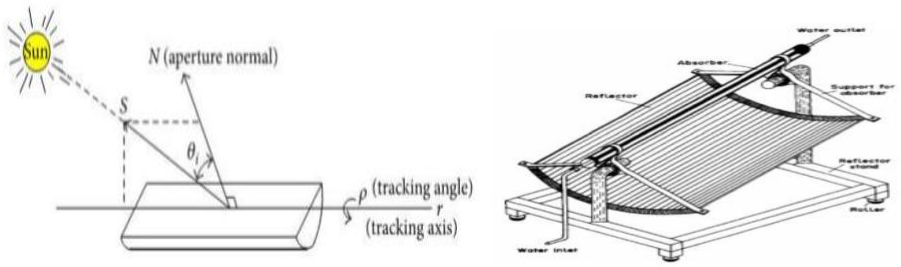

**Σχήμα 3**. Βασική λειτουργία συστήματος παραβολικού συλλέκτη σκάφης

Το πεδίο παραβολικών κατόπτρων μίας μονάδας παραγωγής με τεχνολογία παραβολικών συλλεκτών σκάφης, αποτελείται από πολλές παράλληλες σειρές παραβολικών κατόπτρων.

**Σχήμα 4**. Ηλιακό πεδίο

Το υγρό συλλογής θερμότητας αντλείται στις σωλήνες συλλογής κατά μήκος όλων των σειρών. Συνήθως το υγρό αυτό είναι συνθετικό λάδι, με δυνατότητα να λειτουργεί σε ψηλές θερμοκρασίες. Οι θερμοκρασίες αυτές κατά την λειτουργία της μονάδας μπορεί να φθάσουν από 300ºC μέχρι 400ºC. Μετά που θα έχει

κυκλοφορήσει μέσα στις σωλήνες συλλογής, το συνθετικό λάδι διαχέεται σε εναλλακτές θερμότητας, όπου η ηλιακή θερμότητα που έχει συλλεγεί αποδίδεται για την παραγωγή ατμού. Ακολούθως, ο ατμός χρησιμοποιείται δια μέσου ξεχωριστού συστήματος διασωλήνωσης, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ατμοστροβίλου, σε κλασσικό κύκλο Rankine. Το συνθετικό λάδι αντλείται πίσω στις σωλήνες συλλογής για επανάληψη του κύκλου συλλογής θερμότητας. Τα παραβολικά κάτοπτρα τοποθετούνται συνήθως με τους άξονες τους σε προσανατολισμό βοράς-νότος και πάνω σε εξειδικευμένες δομές που τους επιτρέπουν να κινούνται σε μία κατεύθυνση (single axis tracking), παρακολουθώντας την κίνηση του ήλιου στον ορίζοντα από ανατολικά προς δυτικά.




**Σχήμα 5**. Σύστημα οδήγησης

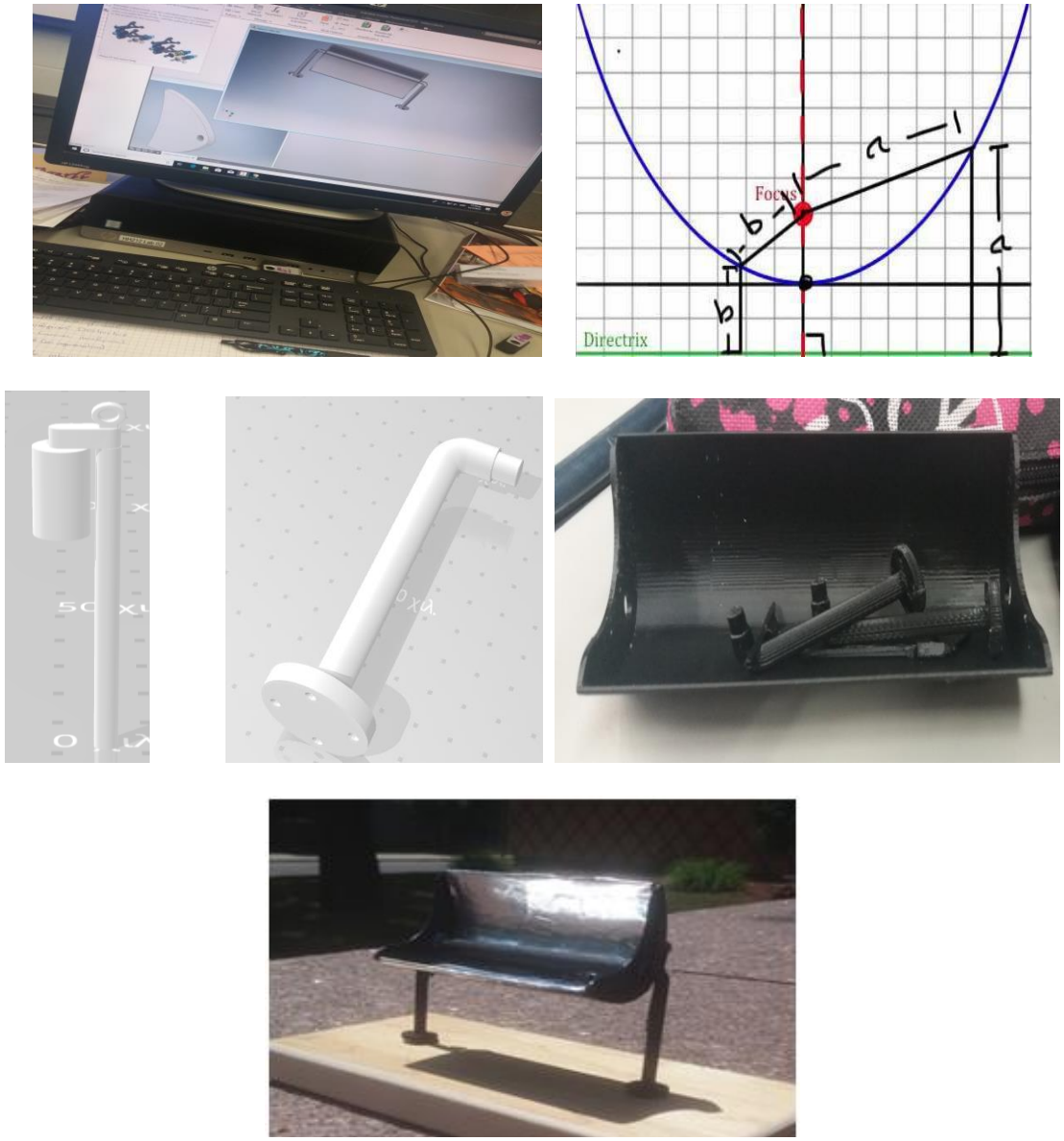
Διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Η διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συλλέκτες παραβολικού κατόπτρου μπορεί να συνοψιστεί στα εξής στάδια.

- Οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν στους συλλέκτες.
- Οι συγκεντρωμένες ακτίνες προσπίπτουν στο γραμμικό σωλήνα συλλογής.
- Το υγρό μεταφοράς θερμότητας (λάδι ή τηγμένο άλας) ζεσταίνεται από τα κάτοπτρα και στη συνέχεια κυκλοφορεί στον προθερμαντήρα, στον εξατμιστή και τον υπερθερμαντήρα.
- Ο προθερμαντήρας ζεσταίνει το νερό.
- Ο εξατμιστής εξατμίζει το νερό.
- Ο υπερθερμαντήρας θερμαίνει επιπλέον τον ατμό.
- Ο στρόβιλος μετατρέπει τον ατμό σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Ο συμπυκνωτής μετατρέπει τον ατμό σε νερό το οποίο επαναχρησιμοποιείται.

## Κατασκευή μοντέλου παραβολικού ανακλαστήρα

Σχεδιάσαμε τον ανακλαστήρα σε ένα τετράδιο για να έχω τις σωστές μετρήσεις και αποστάσεις. Σχεδιάσαμε ξεχωριστά τα μέλη του ανακλαστήρα στον υπολογιστή με το πρόγραμμα Autodesk Inventor 2019.Με την βοήθεια ενός 3D εκτυπωτή, εκτυπώσαμε τα μέρη του ανακλαστήρα και τα ενώσαμε για να σχηματιστεί το μοντέλο του ανακλαστήρα. Για να φαίνεται το μοντέλο πιο ρεαλιστικό από την εσωτερική πλευρά τοποθετήσαμε αλουμινόχαρτο για να αναπαραστήσει το γυαλί.




**Σχήμα 6**. Φάσεις κατασκευής

## Συμπεράσματα

Γενικά συμπεράσματα

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα χρήσης της ηλιακής ενέργειας συγκρινόμενα με τις συμβατικές μορφές ενέργειας είναι τα εξής:
α. Είναι πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από εξαντλήσιμους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
β. Είναι εγχώρια πηγή ενέργειας και συνεισφέρει στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτητοποίησης και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο. (Μπραβάκου, 2011)
γ. Είναι διάσπαρτη γεωγραφικά και οδηγεί στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό

και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας με τον τρόπο αυτό τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
δ. Δημιουργεί σημαντικό αριθμό θέσεων εργασίας σε τοπικό αλλά και κρατικό επίπεδο. Σύμφωνα με έγκυρα απολογιστικά στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Ενέργειας για κάθε 50 MW ενέργειας δημιουργούνται τουλάχιστον 750 με 900 νέες θέσεις εργασίας.
ε. Μπορεί να αποτελέσει πηγή για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο έλξης για την τοπική ανάπτυξη με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων.

Ειδικά συμπεράσματα

Εξαιτίας του παραβολικού του σχήματος, το κάτοπτρο μπορεί να συγκεντρώσει την ακτινοβολία κατά 30 με 60 φορές περισσότερο σε σχέση με την κανονική έντασή της. Το κάτοπτρο είναι συνήθως προσανατολισμένο κατά τη βόρεια – νότια κατεύθυνση και περιστρέφεται έτσι ώστε να ακολουθεί τον ήλιο κάθε μέρα. Οι παραβολικοί συλλέκτες σχήματος σκάφης, εξαιτίας της ικανότητάς τους να λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες ( 300$^{o}$C– 400$^{o}$C) με υψηλό βαθμό απόδοσης, αποτελούν το καταλληλότερο είδος συλλεκτών για παραγωγή ατμού.Η θερμική απόδοση της μεθόδου είναι περίπου 80%.
Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο είναι εξαιρετικά προβλέψιμη. Αυτό που ενδιαφέρει, είναι πόσες κιλοβατώρες θα μας δώσει το σύστημά μας σε ετήσια βάση. Σε γενικές γραμμές, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Ελλάδα παράγει κατά μέσο όρο ετησίως περί τις 1.150-1.400 κιλοβατώρες ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (KWh/έτος/KW).

## Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε τους διοργανωτές του συνεδρίου για την ευκαιρία που μας έδωσαν να συμμετέχουμε σε ένα επιστημονικό συνέδριο.
Ευχαριστήσουμε όλους τους καθηγητές και τις καθηγήτριες του σχολείου μας που μας βοηθούν καθημερινά να αναπτύξουμε τις δεξιότητες και τα ταλέντα μας. Επίσης οφείλουμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μας που μας στηρίζουν στις αποφάσεις μας και είναι πάντα εκεί για εμάς ό,τι και να συμβεί.

## Βιβλιογραφικές αναφορές

Bland, L. and Kim, Y., 2010. *Affordable, Sustainable Solar Energy Heater For The Developing World | Research Project Database | Grantee Research Project | ORD | US EPA*. [online] Cfpub.epa.gov. Available at: <https://cfpub.epa.gov/ncer_abstracts/index.cfm/fuseaction/display.abstractDetail/abstract/9009/report/0> [Accessed 22 July 2020].

Dictionary.cambridge.org. n.d. *coal*. [online] Available at: <https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/coal> [Accessed 16 July 2020].

Khare, A., 2014. *PARABOLIC SOLAR COLLECTOR*. [online] Ijmerr.com. Available at: <http://www.ijmerr.com/uploadfile/2015/0409/20150409112417452.pdf> [Accessed 27 July 2020].

Sawe, B., 2018. *Coal Usage By Country*. [online] WorldAtlas. Available at: <https://www.worldatlas.com/articles/15-countries-most-dependent-on-coal-for-energy.html> [Accessed 26 July 2020].

SEIA. 2019. *Concentrating Solar Power | SEIA*. [online] Available at: <https://www.seia.org/initiatives/concentrating-solar-power> [Accessed 23 July 2020].

Solabolic.com. n.d. *Technology - SOLABOLIC | Next Generation of Parabolic Trough Solar Collectors*. [online] Available at: <http://www.solabolic.com/technology> [Accessed 20 July 2020].

Streammisr.com. n.d. *Concentrating Solar Power (CSP) -4 Introduction to Concentrating Solar Power (CSP) technology*. [online] Available at: <http://www.streammisr.com/l3.php?id=164> [Accessed 17 July 2020].

US EPA. n.d. *Solar Heating and Cooling Technologies | US EPA*. [online] Available at: <https://www.epa.gov/rhc/solar-heating-and-cooling-technologies> [Accessed 23 July 2020].

Παυλίδης, Α., 2014. *ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Φ/Β ΠΑΡΚΟΥ 100KW ΜΕ ΚΥΡΤΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ*. [online] Dspace.uowm.gr. Available at: <https://dspace.uowm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/82/PAVLIDIS%20ATHANASIOS0424.pdf?sequence=1\> [Accessed 19 July 2020].