

ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΞΕΝΩΝ ΓΛΩΣΣΩΝ ΜΕΤΑΦΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΕΡΜΗΝΕΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μετάφραση προς τα αγγλικά αποσπάσματος της Διδακτορικής Διατριβής «Ενσωμάτωση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας» και Σχολιασμός

Μελίνα Παξινοῦ

Αρ. Μητρώου : Ξ2018032

Επιτροπή Εποπτείας :

Σωτήριος Κεραμίδας (Επίκουρος Καθηγητής)

Βιλελμίνη Σωσώνη (Επίκουρη Καθηγήτρια)

Κέρκυρα, Φεβρουάριος 2023

**ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ ΠΡΟΣ ΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ ΑΠΟΣΠΑΣΜΑΤΟΣ ΤΗΣ
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ «ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ
ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΣΧΕΔΟΝ
ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ» ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ**

Περιεχόμενα

1. Περίληψη.....	4
2. Εισαγωγή.....	5
3. Πρωτότυπο κείμενο	6
4. Μετάφραση.....	24
5. Κειμενική ανάλυση	40
6. Σχολιασμός	42
6.1 Εκπόνηση γλωσσαρίου και ορολογία	42
6.1.1 Ακρωνύμια.....	43
6.1.2 Όροι με Πολλαπλές Αποδόσεις στα Αγγλικά	43
6.1.3 Έλλειψη Ισοδυναμίας σε Επίπεδο Εννοιών	44
6.1.4 Έλλειψη Ισοδυναμίας Πάνω από το Επίπεδο της Λέξης.....	45
6.1.5 Σύνθεση.....	45
6.2 Αλλαγές σε επίπεδο γραμματικής και συντακτικού.....	46
6.3 Διατήρηση μορφοποίησης.....	46
7. Παράρτημα – Γλωσσάρι.....	48
8. Επίλογος.....	49
9. Πηγές.....	50
9.1 Βιβλιογραφία	50
9.2 Ιστογραφία και παράλληλα κείμενα.....	51

1. Περίληψη

Το αντικείμενο της μετάφρασης είναι μια διδακτορική διατριβή με τίτλο «Ενσωμάτωση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας» της Έλλης Ν. Κυριάκη, διπλωματούχου μηχανολόγου μηχανικού του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Πραγματεύεται τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε κτίρια, λαμβάνοντας υπόψη τον κύκλο ζωής του κάθε συστήματος, δηλαδή την κατασκευή, τη χρήση και την τελική διάθεση, όπως επίσης το συνολικό ενεργειακό αποτύπωμα, χωρίς να παραλείπεται ο υπολογισμός της οικονομικής πλευράς.

2. Εισαγωγή

Η παρακάτω μετάφραση είναι ένα απόσπασμα αυτής της διδακτορικής διατριβής, συγκεκριμένα του κεφαλαίου 3.2 και των υποκεφαλαίων 3.2.1 έως 3.2.5 για την ηλιακή ενέργεια. Η επιλογή του κειμένου πραγματοποιήθηκε με γνώμονα τη νέα οπτική γωνία με την οποία παρουσιάζεται το θέμα της χρήσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας, με σκοπό τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, ενώ παράλληλα διατηρείται η ενεργειακή αποδοτικότητα. Δεδομένου ότι πρόκειται για τεχνικό κείμενο με μεγάλη εξειδίκευση στα είδη των ηλιακών συλλεκτών, παρουσιάζει δυσκολίες στη μεταφορά των τεχνολογικών πληροφοριών από τη μια γλώσσα στην άλλη με ακρίβεια και τη σωστή μεταφορά των τεχνικών όρων, διατηρώντας παράλληλα τη ροή και τη φυσικότητα του πρωτοτύπου.

Η διαδικασία της μετάφρασης του κειμένου αυτού παρουσιάζει ενδιαφέρον, καθώς άπτεται ενός θέματος το οποίο χρήζει προσοχής σε παγκόσμια κλίμακα, δεδομένης της κλιματικής αλλαγής και του γενικότερου κινδύνου στον οποίο βρίσκεται ο πλανήτης. Στο πλαίσιο της προσπάθειας διάδοσης των ιδεών αυτών, όπως επίσης και της εφαρμογής σε μεγάλη κλίμακα των τεχνολογιών που περιγράφονται, η μετάφραση τέτοιων κειμένων συμβάλει στη μετάδοση της γνώσης γύρω από το ζήτημα της ενεργειακής κατανάλωσης και διευκολύνει την κατανόηση ότι οι κοινωνίες και οι ανάγκες τους αλλάζουν διαρκώς, ειδικά αυτήν την περίοδο που η κλιματική αλλαγή μας απειλεί και οι συνήθειές μας θα πρέπει να αλλάξουν άμεσα και ριζικά.

3. Πρωτότυπο κείμενο

3.2 Ηλιακή ενέργεια

Η γη βρίσκεται σε απόσταση περίπου 150×10^6 km από τον ήλιο και λαμβάνει περίπου $1,8 \times 10^{14}$ kW ηλιακής ακτινοβολίας. Περίπου το 60% αυτής της ποσότητας, δηλαδή $1,08 \times 10^{14}$ φτάνει στην επιφάνεια της γης ενώ η υπόλοιπη ποσότητα αντανακλάται πίσω στο διάστημα και απορροφάται από την ατμόσφαιρα. Η Γη δέχεται σε ένα έτος ηλιακή ακτινοβολία που εάν μετατραπεί σε ενέργεια είναι 8.500 φορές περισσότερη από αυτή που καταναλώνεται ετησίως σε ολόκληρο τον κόσμο (Thirugnanasambandam et al., 2010)

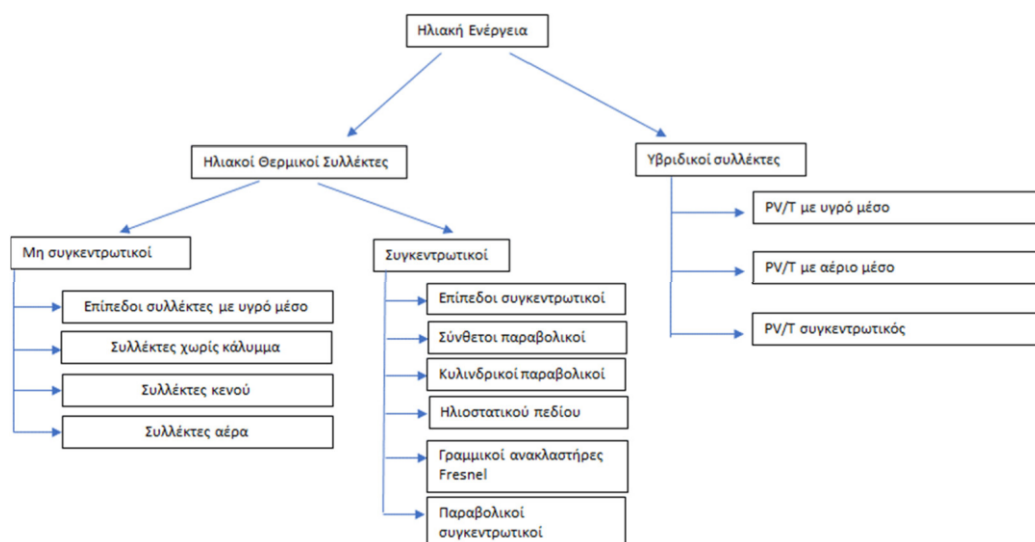
Η ηλιακή ακτινοβολία χωρίζεται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Άμεση: η ακτινοβολία που λαμβάνεται από τον ήλιο χωρίς να έχει σκεδαστεί από την ατμόσφαιρα
- Διάχυτη: η ακτινοβολία που λαμβάνεται από τον ήλιο αφού η διεύθυνση της έχει αλλάξει λόγω της ατμόσφαιρας
- Ολική: το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια επιφάνεια

Τα ηλιοθερμικά συστήματα μπορούν να αξιοποιήσουν την ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στη γη έτσι ώστε να αντικαταστήσουν σε μεγάλο βαθμό τη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Ένα ηλιοθερμικό σύστημα αποτελείται από τον ηλιακό συλλέκτη, το δοχείο αποθήκευσης της θερμότητας, μια βοηθητική πηγή ενέργειας καθώς και ένα σύνολο περιφερειακών στοιχείων που περιλαμβάνουν το δίκτυο των σωληνώσεων, τους ελεγκτές, τις αντλίες, τους κυκλοφορητές καθώς και τις βάνες ανάμιξης. Το σύνολο των παραπάνω στοιχείων θα αναλυθεί στις επόμενες ενότητες.

3.2.1. Ηλιακοί Θερμικοί συλλέκτες

Οι ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες είναι ουσιαστικά εναλλάκτες θερμότητας οι οποίοι μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή στη συνέχεια μεταφέρεται σε κάποια μορφή αποθήκευσης. Το θεωρητικό όριο στην ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από έναν ηλιακό συλλέκτη ουσιαστικά είναι η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που μπορεί να παραλάβει και στη συνέχεια να απορροφήσει (Duffie & Beckman, 2013). Υπάρχουν πολλοί τύποι ηλιακών συλλεκτών, οι οποίοι παρουσιάζονται αναλυτικά στην εικόνα 3.2 και στη συνέχεια περιγράφονται.



Εικόνα 3.2 Τύποι ηλιακών συλλεκτών

Αναλόγως με την εφαρμογή και το απαιτούμενο θερμοκρασιακό εύρος χρησιμοποιείται κάθε φορά και ο κατάλληλος ηλιακός συλλέκτης, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.1.

Πίνακας 3-1 Εφαρμογές και κατάλληλα είδη συλλεκτών

Εφαρμογή	Τύπος ηλιακού συλλέκτη
Ηλιακή Θέρμανση Ζ.Ν.Χ.	Επίπεδος μη συγκεντρωτικός
	Σωλήνων κενού
	Σύνθετος παραβολικός
Ηλιακή θέρμανση και ψύξη χώρων	Επίπεδος μη συγκεντρωτικός
	Σωλήνων κενού
	Σύνθετος παραβολικός

Εφαρμογή	Τύπος ηλιακού συλλέκτη
Θερμική βιομηχανική διεργασία	Επίπεδος μη συγκεντρωτικός
	Σωλήνων κενού
	Σύνθετος παραβολικός
	Γραμμικός συλλέκτης Fresnel
Ηλιακή αφαλάτωση	Επίπεδος μη συγκεντρωτικός
	Σωλήνων κενού
	Σύνθετος παραβολικός
Ηλιακή παραγωγή ισχύος	Κυλινδρικός παραβολικός
	Ηλιοστατικό πεδίο
	Σύνθετος παραβολικός
	Παραβολικός συγκεντρωτικός
	Γραμμικός συλλέκτης Fresnel
Ταυτόχρονη παραγωγή θερμότητας και ισχύος	PV/T

Σε σταθερή κατάσταση η ωφέλιμη ενέργεια που αποδίδει ο συλλέκτης δίνεται από την εξίσωση (Duffie & Beckman, 2013):

$$\dot{Q}_c = A_c * [S - U_L * (T_{pm} - T_a) * 3600], \quad [W]$$

όπου,

A_c : η συλλεκτική επιφάνεια [m^2]

U_L : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του συλλέκτη [$W/m^2 \cdot K$]

T_{pm} : μέση θερμοκρασία του συλλέκτη [K]

T_a : η εξωτερική θερμοκρασία [K]

S: η ωριαία ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται ανά μονάδα επιφανείας του απορροφητή
[J/m^2]

Η ηλιακή ακτινοβολία S δίνεται από την εξίσωση (Duffie & Beckman, 2013):

$$S = I_b * R_b * (\tau\alpha)_b + I_d * (\tau\alpha)_d * \left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right) + \rho_g * I * (\tau\alpha)_g * \left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right) [J/m^2]$$

όπου,

$\left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right)$ και $\left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right)$: οι συντελεστές θέασης από το συλλέκτη προς τον ουρανό και από το συλλέκτη προς το έδαφος αντίστοιχα.

R_b : ο λόγος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην κεκλιμένη επιφάνεια προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε οριζόντια επιφάνεια.

I: ωριαία προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία [J/m^2]

$\tau\alpha$: μέσο γινόμενο απορροφητικότητας-διαπερατότητας του συλλέκτη

ρ_g : η ανακλαστικότητα της επιφάνειας του συλλέκτη

Οι δείκτες b, d και g αντιπροσωπεύουν την άμεση, διάχυτη και ανακλώμενη ακτινοβολία αντίστοιχα.

Επιπρόσθετα, η απόδοση του ηλιακού συλλέκτη μπορεί να ορισθεί ως ο λόγος του ωφέλιμου κέρδους για καθορισμένη χρονική περίοδο προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία κατά την ίδια χρονική περίοδο:

$$\eta = \frac{\int \dot{Q}_c dt}{A_c * \int G_T dt}$$

όπου,

G_T : προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία [W/m^2]

Αν οι συνθήκες θεωρηθούν σταθερές για μια συγκεκριμένη περίοδο (π.χ. μία ώρα) η απόδοση του συλλέκτη μπορεί να ορισθεί ως:

$$\eta = \frac{Q_c}{I_T A_c}$$

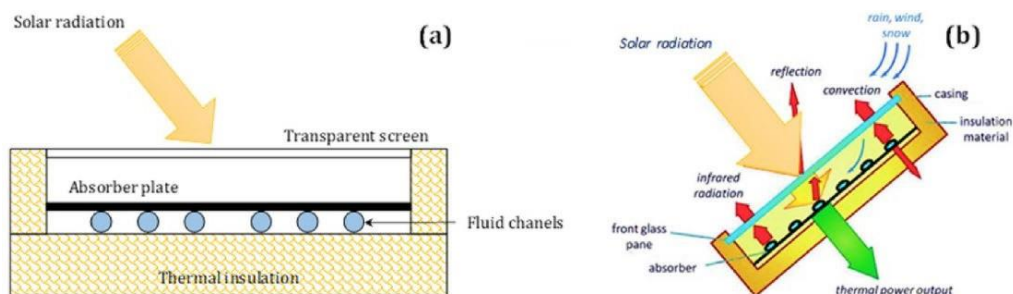
όπου,

I_T : η προσπίπτουσα ακτινοβολία στην συγκεκριμένη χρονική περίοδο [J/m^2]

3.2.2. Μη συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες

Επίπεδοι ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες υγρού μέσου

Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες αποτελούν τους πιο διαδεδομένους θερμικούς συλλέκτες σε εφαρμογές που αφορούν την παραγωγή θερμού νερού. Εκμεταλλεύονται τόσο την άμεση όσο και τη διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία ενώ δεν απαιτούν ιδιαίτερη συντήρηση. Επίσης, τοποθετούνται με σταθερή κλίση στη βέλτιστη γωνία ανάλογα με την τοποθεσία και την περίοδο λειτουργίας του συλλέκτη, χωρίς να παρακολουθείται η κίνηση του ήλιου (Kalogirou, 2004), (Kyriaki et al., 2015). Τα κύρια σημεία ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη υγρού μέσου όπως αυτά φαίνονται στην εικόνα 3.3 είναι: μια μαύρη επιφάνεια ικανή να απορροφά την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (συνήθως κατασκευασμένη από χαλκό, αλουμίνιο ή χάλυβα), ένα διαφανές κάλυμμα υαλοπίνακα ικανό να μεταδίδει ακτινοβολία στον απορροφητή, εσωτερικά κανάλια που περιέχουν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας, μια δομή ικανή να προστατεύει τα εξαρτήματα και να τα συγκρατεί στη θέση τους και μόνωση για τη μείωση των θερμικών απωλειών του συλλέκτη. Ο απορροφητής μπορεί να καλυφθεί με ένα επιλεκτικό στρώμα, ώστε να μεγιστοποιηθεί η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και σε αυτή την περίπτωση ο ηλιακός συλλέκτης ονομάζεται επιλεκτικός επίπεδος (Goswami et al., 1999).



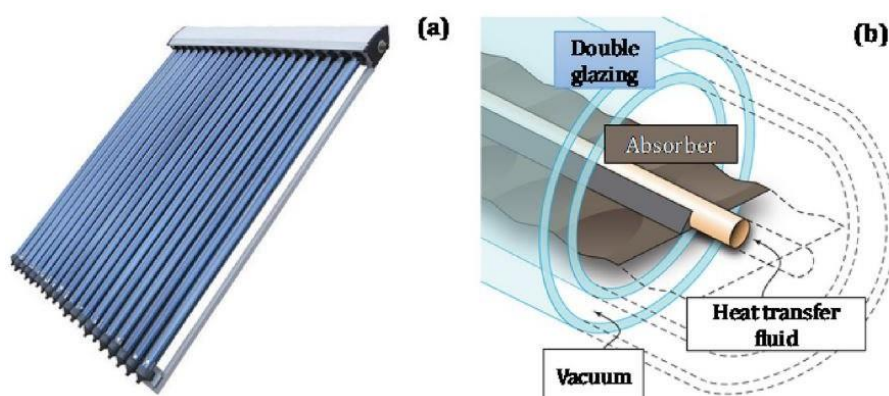
Εικόνα 3.3 Τομή επίπεδου ηλιακού συλλέκτη, (Evangelisti et al., 2019)

Συλλέκτες Χωρίς Κάλυμμα

Οι ηλιακοί συλλέκτες χωρίς κάλυμμα αποτελούν την απλούστερη μορφή ηλιακών συλλεκτών. Αποτελούνται μόνο από την απορροφητική επιφάνεια που συλλέγει την ηλιακή ακτινοβολία και τους σωλήνες κάτω από αυτήν, όπου ρέει το ρευστό μετάδοσης θερμότητας, ενώ δεν υπάρχει διαφανές κάλυμμα ούτε θερμική μόνωση. Λόγω της έλλειψης της θερμικής μόνωσης είναι κατάλληλοι μόνο για εφαρμογές μέχρι τη θερμοκρασία των 30 °C. Οι συλλέκτες αυτοί είναι συνήθως κατασκευασμένοι από μαύρο πλαστικό που αντέχει στην υπεριώδη ακτινοβολία. Δεδομένου ότι αυτοί οι συλλέκτες δεν έχουν κάλυμμα υαλοπίνακα, απορροφάται ένα μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας. Ωστόσο, επειδή δεν είναι θερμομονωμένοι ένα μεγάλο μέρος της απορροφουμένης ακτινοβολίας χάνεται ειδικά σε συνθήκες αέρα ή χαμηλών θερμοκρασιών. Η συνολική απόδοσή τους είναι χαμηλότερη από αυτήν των επίπεδων συλλεκτών και η πιο συνηθισμένη εφαρμογή τους είναι η θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών (Kalogirou, 2004).

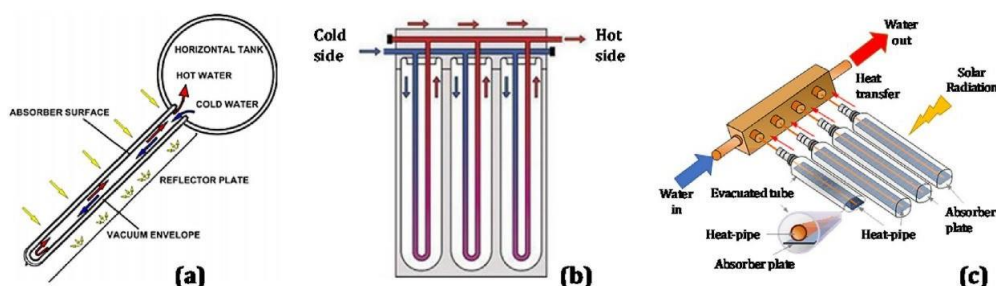
Συλλέκτες σωλήνων κενού

Οι συλλέκτες αυτοί αποτελούνται από μία σειρά διαφανών σωλήνων στους οποίους επικρατούν συνθήκες κενού μεταξύ του απορροφητή και του διαφανούς καλύμματος (εικόνα 3.4). Οι συλλέκτες σωλήνων κενού χρησιμοποιούνται συχνά για εφαρμογές μεσαίων θερμοκρασιών, από 60°C έως 80°C, σε συνάρτηση με την εξωτερική θερμοκρασία του αέρα. Ο κάθε σωλήνας περιέχει ένα δευτερεύοντα ομόκεντρο σωλήνα, ο οποίος είναι βαμμένος με σκούρο επιλεκτικό χρώμα, ικανό να απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία (Foster et al., 2010).



Εικόνα 3.4 συλλέκτης σωλήνων κενού, (Evangelisti et al., 2019)

Τα τρία είδη συλλεκτών σωλήνων κενού που υπάρχουν αυτήν τη στιγμή στην αγορά φαίνονται στην εικόνα 3.5.



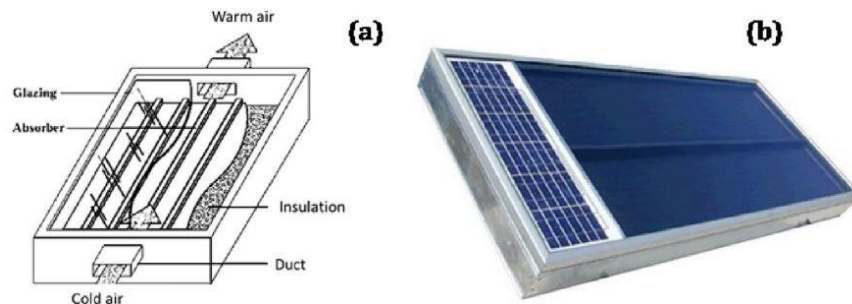
Εικόνα 3.5 Είδη συλλεκτών κενού, (Evangelisti et al., 2019)

- Στην περίπτωση a, ο συλλέκτης αποτελείται από σωλήνες με νερό (που έχουν ένα μόνο ελεύθερο άκρο) συνδεδεμένο σε οριζόντια δεξαμενή. Οι σωληνώσεις χαρακτηρίζονται από δύο ομόκεντρους γυάλινους σωλήνες κλεισμένους στο ένα άκρο και κενό αέρος στο δακτυλιοειδή χώρο μεταξύ των σωληνώσεων και μια επιλεκτική επιφάνεια στην εξωτερική πλευρά του εσωτερικού σωλήνα. Ο μηχανισμός μεταφοράς θερμότητας καθορίζεται από τη φυσική ροή του νερού από το ένα άκρο στην οριζόντια δεξαμενή. Η ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνει το νερό, το οποίο αυξάνεται προοδευτικά κατά μήκος του υψηλότερου τμήματος του σωλήνα. Το θερμότερο νερό αντικαθίσταται από το ψυχρότερο νερό που προέρχεται από τη δεξαμενή.
- Στην περίπτωση b, το ρευστό μεταφοράς θερμότητας ρέει κατευθείαν στον απορροφητή μέσα στο σωλήνα. Η πλάκα αντικαθίσταται από μεταλλικούς κυλίνδρους (π.χ. κατασκευασμένους από χαλκό), ενδεχομένως με πτερύγια, κατεργασμένους στην επιφάνεια με μαύρες επιλεκτικές βαφές. Κάθε ένας από αυτούς τους σωλήνες εισάγεται με τη σειρά του σε εξωτερικό γυάλινο σωλήνα. Κατά τη συναρμολόγηση του συλλέκτη, ο αέρας μεταξύ των δύο γυάλινων σωλήνων αναρροφάται έτσι ώστε να δημιουργηθούν οι συνθήκες κενού.
- Στην περίπτωση c, οι συλλέκτες μπορούν να εξοπλιστούν με θερμοσωλήνες για την ανάκτηση θερμότητας από τον απορροφητή. Μέσα σε κάθε σωλήνα, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από γυαλί, υπάρχει ένας επιπλέον σωλήνας από χαλκό, γεμάτος με ένα αλκοολικό διάλυμα ικανό να εξατμιστεί σε χαμηλές θερμοκρασίες. Το αλκοολικό διάλυμα όταν θερμαίνεται κινείται κατά μήκος

του θερμοσωλήνα. Στη συνέχεια, συμπυκνώνεται μεταφέροντας τη θερμότητα στο ρευστό μεταφοράς θερμότητας που ρέει μέσα στο συλλέκτη (Evangelisti et al., 2019).

Ηλιακοί συλλέκτες αέρα

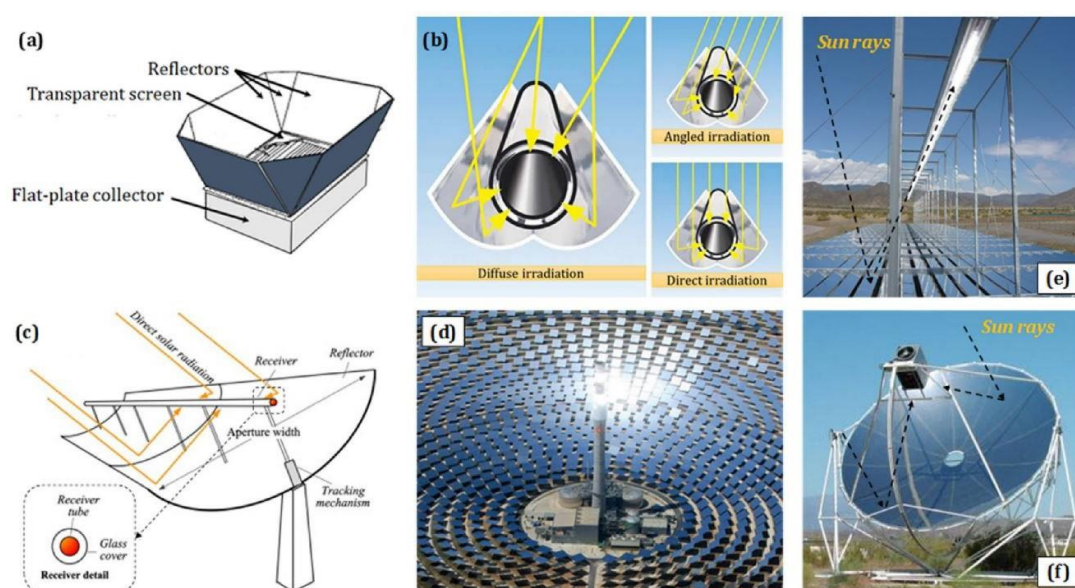
Οι ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες αέρα χρησιμοποιούν ως μέσο μεταφοράς της θερμότητας τον αέρα. Ο παραγόμενος θερμός αέρας μπορεί να τροφοδοτηθεί σε μια μηχανή ή σε ένα σύστημα θέρμανσης χώρων με αεραγωγούς ή σε βιομηχανικές εφαρμογές όπως η ξήρανση προϊόντων. Ο συλλέκτης μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ροή αέρα μεταξύ του διαφανούς καλύμματος και του απορροφητή ή η ροή αέρα να συμβαίνει κάτω από τον απορροφητή. Ο απορροφητής μπορείς επίσης να έχει πτερύγια έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η μεταφορά θερμότητας. Οι συλλέκτες αέρα είναι κατασκευαστικά παρόμοιοι με τους επίπεδους συλλέκτες υγρού μέσου (μαύρη απορροφητική επιφάνεια και γυάλινο κάλυμμα τα οποία συγκρατούνται από ένα μεταλλικό πλαίσιο). Σε αυτή την περίπτωση όμως, δεν χρειάζονται δεξαμενές αποθήκευσης ή εναλλάκτες θερμότητας και ο θερμός αέρας που παράγεται από το συλλέκτη μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας μέσω ενός ή περισσότερων ανεμιστήρων (Goswami et al., 1999).



Εικόνα 3.6 Συλλέκτης αέρα, (Evangelisti et al., 2019)

3.2.3. Συγκεντρωτικοί Συλλέκτες

Για τις εφαρμογές που απαιτούν υψηλότερες θερμοκρασίες από αυτές που περιγράφηκαν παραπάνω, αναπτύχθηκε ένα άλλο είδος συλλεκτών. Η θερμοκρασία μπορεί να αυξηθεί εάν μειωθεί η επιφάνεια όπου υπάρχουν θερμικές απώλειες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την παρεμβολή μιας οπτικής συσκευής μεταξύ της πηγής ακτινοβολίας και της απορροφητικής επιφάνειας. Στους συγκεντρωτικούς συλλέκτες, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία συγκεντρώνεται σε μία μικρότερη περιοχή από αυτήν της συλλεκτικής επιφάνειας. Οι διάφοροι τύποι των συγκεντρωτικών ηλιακών συλλεκτών παρουσιάζεται στην εικόνα 3.7 (Evangelisti et al., 2019).



Εικόνα 3.7 Είδη συγκεντρωτικών συλλεκτών, (Paneles Solares en Monterrey y Celdas Solares - Dexen Energy, 2020)

Επίπεδος συγκεντρωτικός συλλέκτης

Αποτελούν την απλούστερη μορφή συγκεντρωτικού συλλέκτη καθώς πρόκειται για έναν επίπεδο συλλέκτη σε συνδυασμό με ανακλαστικές επιφάνειες που οδηγούν την ηλιακή ακτινοβολία σε ένα συγκεκριμένο σημείο της επιφάνειας του συλλέκτη. Η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στις ανακλαστικές επιφάνειες που είναι τοποθετημένες περιμετρικά του συλλέκτη και συνεπώς ο ηλιακός συλλέκτης μπορεί να αξιοποιήσει και την ηλιακή ακτινοβολία που συγκεντρώνεται από τους ανακλαστήρες και αυτήν που απορροφά η απορροφητική επιφάνεια (Evangelisti et al., 2019).

Σύνθετοι παραβολικοί συλλέκτες

Σε αυτήν τη μορφή ηλιακού συλλέκτη, κάτω από κάθε σωλήνα τοποθετείται ένα φύλλο από ανακλαστικό υλικό και παραβολικό σχήμα. Αυτό το φύλλο είναι απαραίτητο για τη μεταφορά της ανακλώμενης ακτινοβολίας στο σωλήνα. Με αυτόν τον τρόπο, γίνεται εκμετάλλευση μεγαλύτερης ποσότητας ηλιακής ακτινοβολίας με την ίδια όμως συλλεκτική επιφάνεια (Evangelisti et al., 2019).

Κυλινδρικός παραβολικός συλλέκτης

Ο κυλινδρικός παραβολικός συλλέκτης αποτελείται από έναν παραβολικό συγκεντρωτή, έναν κυλινδρικό απορροφητή, ο οποίος είναι τοποθετημένος κατά μήκος όλου του συγκεντρωτή και την εστία της παραβολής. Με αυτήν τη διάταξη, η ηλιακή ακτινοβολία ανακλάται στο σωλήνα δέκτη, θερμαίνοντας έτσι το ρευστό μεταφοράς της θερμότητας που ρέει μέσα στο σωλήνα. Ο συγκεντρωτής είναι κατασκευασμένος από γυαλισμένα μεταλλικά φύλλα κατάλληλα λυγισμένα ή από κούλους καθρέφτες. Το θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας αυτού του συλλέκτη κυμαίνεται μεταξύ 50 °C και 300 °C, αλλά μπορεί επίσης να φθάσει τους 400 °C. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα ρευστά μεταφοράς θερμότητας, όπως μίγματα με βάση το νερό, διαθερμικά έλαια ή τετηγμένα άλατα που αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες (Cabrera et al., 2013), (Fernández-García et al., 2010).

Συλλέκτες ηλιοστατικού πεδίου

Ο συλλέκτης ηλιοστατικού πεδίου αποτελείται από καθρέφτες τοποθετημένους περιμετρικά από έναν κεντρικό δέκτη, ο οποίος ονομάζεται ηλιακός πύργος. Οι καθρέφτες μπορούν να παρακολουθήσουν την πορεία του ήλιου μέσω ενός συστήματος παρακολούθησης. Το σύστημα μεταφοράς θερμότητας χαρακτηρίζεται από ένα κλειστό κύκλωμα, μεταξύ των συστημάτων λήψης, αποθήκευσης και μετατροπής ισχύος (*Paneles Solares en Monterrey y Celdas Solares - Dexen Energy*, 2020).

Γραμμικός συλλέκτης Fresnel

Τα συστήματα αυτού του τύπου αποτελούνται από γραμμικούς δέκτες και ανακλαστήρα. Γενικά, τα τμήματα του ανακλαστήρα ευθυγραμμίζονται οριζόντια,

ακολουθώντας τον ήλιο, έτσι ώστε ο δέκτης να λαμβάνει τις ακτίνες του ήλιου χωρίς να χρειάζεται κινήσεις (Evangelisti et al., 2019).

Παραβολικοί συγκεντρωτικοί συλλέκτες

Αυτά τα συστήματα χαρακτηρίζονται από μια γεωμετρία ικανή να συγκεντρώνει την ηλιακή ακτινοβολία προς ένα δέκτη τοποθετημένο στο εστιακό σημείο του συλλέκτη, οι οποίοι έχουν σχήμα παρόμοιο με εκείνο των δορυφορικών πιάτων (Evangelisti et al., 2019).

3.2.4. Υβριδικοί συλλέκτες θερμικού – φωτοβολταϊκού στοιχείου (PV/T)

Πρόκειται για υβριδικούς συλλέκτες που συνδυάζουν τα φωτοβολταϊκά πάνελ και τους θερμικούς συλλέκτες σε μία ενιαία συσκευή, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ταυτόχρονη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, οι υβριδικοί φωτοβολταϊκοί/θερμικοί συλλέκτες συνδυάζουν φωτοβολταϊκά στοιχεία που μετατρέπουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια, με ένα θερμικό ηλιακό συλλέκτη που μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμική. Το μεγαλύτερο μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας μετατρέπεται σε θερμότητα, προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας του φωτοβολταϊκού κυττάρου. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι απαραίτητο να λειτουργούν σε χαμηλή θερμοκρασία για να διατηρούν την ηλεκτρική τους απόδοση σε ικανοποιητικά επίπεδα ενώ οι υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσουν βλάβη στο φωτοβολταϊκό πάνελ. Για αυτόν το λόγο είναι απαραίτητη η παροχή ψύξης στο φωτοβολταϊκό πάνελ. Το μέσο μεταφοράς της θερμότητας προς την κτιριακή εφαρμογή μπορεί να είναι είτε νερό είτε αέρας όπως έχει αναλυθεί στα αντίστοιχα προηγούμενα υποκεφάλαια (Hamid et al., 2014). Αυτού του τύπου οι συλλέκτες χρησιμοποιούνται κυρίως σε κτίρια κατοικιών. Σύμφωνα με μελέτη των Σουλιώτης κ.ά., όταν χρησιμοποιούνται οι υβριδικοί συλλέκτες η ενεργειακή απόδοση του ηλιακού συστήματος είναι αυξημένη σε σχέση με τους συμβατικούς ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες και τα φωτοβολταϊκά. Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι σύμφωνα με την Ανάλυση Κύκλου Ζωής, προκαλούν μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση ειδικά κατά τη διάρκεια της κατασκευής και της εγκατάστασής τους (Souliotis et al., 2018).

3.2.5. Κατασκευαστικά στοιχεία των ηλιακών συλλεκτών

Απορροφητής

Όπως προαναφέρθηκε, το πιο σημαντικό τμήμα του ηλιακού θερμικού συλλέκτη είναι ο απορροφητής. Ο απορροφητής καθορίζει την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που θα συλλεχθεί και θα μετατραπεί σε θερμική ενέργεια.

Οι επιλεκτικοί απορροφητές είναι κατασκευασμένοι από μέταλλα (φύλλα χαλκού ή αλουμινίου) επικαλυμμένα με ειδικά χρώματα ικανά να απορροφήσουν την ηλιακή ακτινοβολία πιο αποτελεσματικά από ότι το κοινό μαύρο χρώμα. Ο μαύρος απορροφητής έχει υιοθετηθεί σε εφαρμογές ηλιακού θερμοσίφωνα για περίπου 3 δεκαετίες (Asmussen & Vallo, 2018), (Sakhaei & Valipour, 2019). Ωστόσο, με την πάροδο των χρόνων και την έντονη ερευνητική δραστηριότητα γύρω από τους ηλιακούς συλλέκτες, τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί καινούργιες τεχνολογίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι νέου τύπου ηλιακοί συλλέκτες, οι οποίοι χρησιμοποιούν νανοσωματίδια σε ένα βασικό ρευστό μεταφοράς (νανορευστό), όπου η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να απορροφηθεί. Σε αυτήν την περίπτωση τα νανοσωματίδια λειτουργούν και ως απορροφητής και ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας (Sarsam et al., 2015).

Επί του παρόντος, οι βασικές αρχές των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών είναι πολύ γνωστές και η ερευνητική δραστηριότητα επικεντρώνεται κυρίως στη μελέτη και την ανάπτυξη νέων υλικών μέσω των οποίων μπορούν να επιτευχθούν υψηλότερες αποδόσεις των συλλεκτών (Granqvist & Niklasson, 2018). Τα πολυμερή υλικά χαρακτηρίζονται από μικρό κόστος και βάρος και για αυτόν το λόγο θεωρούνται κατάλληλα για την εφαρμογή τους στους ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες. Πρόσφατες βιβλιογραφικές αναφορές κάνουν λόγο για απορροφητές που αποτελούνται από βιοπολυμερή υλικά (Evangelisti et al., 2019), φιλμ από πολυμερή υλικά σε συνδυασμό με χρυσό (Shang et al., 2017), καθώς και νανοσωματίδια (Barrera, 2018). Τα τεχνικά βιοπολυμερή υλικά όπως το βιοπολυαμίδιο, πολύ-γαλακτικό οξύ, οξική κυτταρίνη, οξική βουτυρική κυτταρίνη, πολύ-(τριμεθυλενο-τερεφθαλικό) έχουν αναλυθεί διεξοδικά και μετά από πολλαπλούς ελέγχους κάτω από διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες για πάνω από 1000 ώρες λειτουργίας, κρίθηκαν κατάλληλα για εφαρμογή σε ηλιακούς επίπεδους συλλέκτες (Evangelisti et al., 2019). Παράλληλα, σε άλλη μελέτη σχεδιάστηκε ένα φιλμ από νανοϋλικό ικανό να μετατρέψει την ηλιακή ενέργεια σε

θερμική και στη συνέχεια να την αποθηκεύσει. Αυτό το φιλμ δημιουργήθηκε με την εισαγωγή υλικών αλλαγής φάσης (PCMs) και νανοσωματιδίων χρυσού σε μήτρα πολυβινυλικής αλκοόλης. Πραγματοποιώντας σύγκριση μεταξύ της απόδοσης του νανοφίλμ και του συμβατικού, παρατηρήθηκε βελτίωση στην απόδοση της θερμικής αποθήκευσης κατά 201% (Shang et al., 2017).

Επίσης, σύμφωνα με μια καινοτόμα παραγωγή της εταιρείας Viessmann, παράχθηκε ένας επίπεδος ηλιακός συλλέκτης όπου ο απορροφητής του έχει τη δυνατότητα να σταματάει την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από μια θερμοκρασία και άνω. Η επικάλυψη αυτή με το υλικό Vitosol FM-200, βασίζεται στην αρχή λειτουργίας των εναλλασσόμενων στρωμάτων. Η κρυσταλλική δομή του και συνεπώς η έξοδος του συλλέκτη αλλάζει ανάλογα με τη θερμοκρασία του, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο το πρόβλημα της στασιμότητας που οδηγεί σε φθορά. Πιο αναλυτικά, όταν η θερμοκρασία του απορροφητή είναι μεγαλύτερη από 75°C, η κρυσταλλική δομή του υλικού της επικάλυψης αλλάζει, αυξάνοντας το ρυθμό ακτινοβολίας της θερμότητας κατά πολύ.

Καθώς η θερμοκρασία του αυξάνεται, η θερμοκρασία στασιμότητας μειώνεται σημαντικά και εμποδίζει το σχηματισμό ατμού. Μόλις μειωθεί η θερμοκρασία στο συλλέκτη, η κρυσταλλική δομή επιστρέφει στην αρχική της κατάσταση. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να απορροφηθεί περισσότερο από το 95% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για να μετατραπεί σε θερμική ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό (λιγότερο από 5%) ακτινοβολείται πίσω. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η απόδοση του νέου συλλέκτη να είναι αισθητά υψηλότερη από αυτήν του συλλέκτη με το συμβατικό απορροφητή, καθώς στην πρώτη περίπτωση ο συλλέκτης δεν βρίσκεται ποτέ σε κατάσταση στασιμότητας. Σημειώνεται επίσης ότι δεν υπάρχει όριο στον αριθμό εναλλαγών στην κρυσταλλική δομή, πράγμα που σημαίνει ότι αυτή η λειτουργία είναι διαθέσιμη στο σύνολο του κύκλου ζωής του συλλέκτη (*ThermProtect temperature-dependent shutdown for simplified design and high operational reliability*, 2020).

Όσον αφορά τους ηλιακούς συλλέκτες αέρα, έχει παρατηρηθεί ότι η μετάδοση θερμότητας μεταξύ του απορροφητή και του ρευστού μπορεί να βελτιωθεί είτε αυξάνοντας την επιφάνεια του απορροφητή είτε βελτιστοποιώντας το συντελεστή μεταφοράς θερμότητας μέσω της δημιουργίας στροβιλισμών (Hu & Zhang, 2019). Σε σχέση με την κατασκευαστική διαμόρφωση αυτών των συλλεκτών, έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι βελτιστοποίησης του απορροφητή, όπως η τραχύτητα στις νευρώσεις

(rib roughness) (Tanda, 2011), (Mittal et al., 2007), η αύξηση της απορροφητικής επιφάνειας (Yang et al., 2012), (M. Yang et al., 2014), η τοποθέτηση πτερυγίων μετατόπισης (Fakoor Pakdaman et al., 2011), η στερέωση της εγκοπής ν (Liu et al., 2007), (Karim & Hawlader, 2006) καθώς και η χρήση κυματοειδούς απορροφητικής επιφάνειας (Karim & Hawlader, 2006), (Lin et al., 2006). Με τη χρήση κυματοειδούς απορροφητικής επιφάνειας έχει παρατηρηθεί αύξηση κατά 14% της απόδοσης του συλλέκτη καθώς δημιουργείται στροβιλισμός αλλά και αύξηση της επιφάνειας (Debnath et al., 2018).

Στους συλλέκτες σωλήνων κενού, η τοποθέτηση απορροφητών με διαφορετικό σχήμα όπως σωλήνας μέσα σε ένα κυκλικό πτερύγιο, σωλήνας με πτερύγια, σωλήνας σχήματος U συγκολλημένος σε μια πλάκα χαλκού και σωλήνας σχήματος U συγχωνευμένος μέσα σε ορθογώνιο αγωγό έχει διερευνηθεί διεξοδικά (Kim & Seo, 2007). Με βάση τις θεωρητικές και πειραματικές μελέτες, ο σωλήνας U που έχει συγκολληθεί μέσα σε ένα κυκλικό πτερύγιο χαρακτηρίζεται από υψηλότερες επιδόσεις υπό ιδανικές συνθήκες σε σύγκριση με τις υπόλοιπες κατασκευαστικές λύσεις (Evangelisti et al., 2019). Σχετικά με τους συλλέκτες κενού που αποτελούνται από θερμοσωλήνες, μετά από πειραματικές μετρήσεις, προέκυψε ότι η τοποθέτηση θερμικής ασπίδας σε συλλέκτη κενού μπορεί να αυξήσει την απόδοση του κατά 31,5% σε σχέση με ένα συμβατικό (Zhang et al., 2014).

Εργαζόμενο μέσο

Νερό

Μεταξύ των εργαζόμενων μέσων που συναντώνται στις εφαρμογές των ηλιοθερμικών συστημάτων, το νερό μπορεί να θεωρηθεί το πιο διαδεδομένο καθώς έχει το χαμηλότερο κόστος, δεν είναι τοξικό και υπάρχει σε αφθονία στη φύση. Παρ' όλα αυτά, η χρήση του νερού έχει κάποιους περιορισμούς που σχετίζονται με το σημείο πήξης και το σημείο βρασμού του καθώς και με το ότι περιέχει μεταλλικά στοιχεία που οδηγούν σε διάβρωση του εξοπλισμού (Imtiaz Hussain et al., 2018).

Διάλυμα νερού-γλυκόλης

Ένα μίγμα από γλυκόλη και νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ηλιακά συστήματα κλειστού τύπου σε περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες, όπου υπάρχει κίνδυνος να παγώσει το νερό. Το διάλυμα αυτό είναι κατάλληλο για συστήματα χαμηλών και

μεσαίων θερμοκρασιών καθώς έχει παρατηρηθεί ότι η γλυκόλη αρχίζει να υποβαθμίζεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 120°C (Shojaeizadeh et al., 2014).

Εύτηκτα άλατα

Στους συλλέκτες σωλήνων κενού, κάλιο ή νάτριο σε υγρή φάση μπορεί να υιοθετηθεί ως εργαζόμενο μέσο ή μέσο αποθήκευσης της θερμότητας. Τα εύτηκτα άλατα είναι εύκολα διαθέσιμα, έχουν χαμηλό κόστος και είναι φιλικά προς το περιβάλλον καθώς και μη τοξικά. Τα άλατα μπορούν να λειτουργήσουν και σε υψηλές θερμοκρασίες (πάνω από 500°C). Παρ' όλα αυτά, τα εύτηκτα άλατα παρουσιάζουν ορισμένα μειονεκτήματα που σχετίζονται με το υψηλό σημείο ψύξης τους και συνεπώς απαιτούν συμπληρωματική ισχύ για να διατηρηθούν σε υγρή φάση. Επιπλέον, είναι διαβρωτικά συνεπώς πρέπει να ληφθούν τα αντίστοιχα μέτρα σε ότι αφορά τον εξοπλισμό (Grena & Tarquini, 2011), (Bradshaw et al., 2009).

Θερμικά έλαια

Τα θερμικά έλαια είναι έλαια που είτε έχουν ως βάση το πετρέλαιο και λέγονται έλαια υδρογονανθράκων είτε παράγονται από εστέρες και πολύ-α-ολεφίνες και λέγονται συνθετικά έλαια. Και στις δύο περιπτώσεις παρουσιάζουν μεγάλη ικανότητα μεταφοράς θερμότητας σε υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας, λόγω των εξαιρετικών θερμοφυσικών ιδιοτήτων τους. Συγκρίνοντας τα συνθετικά έλαια με τα αντίστοιχα υδρογονανθράκων, τα πρώτα είναι πιο κατάλληλα και ασφαλέστερα στη χρήση τους λόγω του χαμηλότερου επιπέδου συντήρησης και της μη τοξικότητάς τους. Σε σχέση με το νερό, τα έλαια υδρογονάνθρακα χαρακτηρίζονται από μικρή ειδική θερμική ικανότητα και υψηλότερο ιξώδες (Oyekunle & Susu, 2005).

Νανορευστά

Τα τελευταία χρόνια, έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές καινοτόμες έρευνες σχετικά με την εισαγωγή των νανορευστών ως ρευστό μεταφοράς θερμότητας, με στόχο πάντα τη βελτίωση της απόδοσης του ηλιακού συστήματος. Τα νανορευστά αποτελούνται από ένα μίγμα στερεών νανοσωματιδίων από μέταλλο ή οξείδιο του μετάλλου μαζί με κοινά ρευστά μεταφοράς θερμότητας, όπως το νερό, το έλαιο ή η αιθυλενογλυκόλη. Σε ερευνητικές μελέτες έχει αποδειχθεί ότι η ενσωμάτωση των νανορευστών (Al_2O_3 , CuO , TiO_2 , MgO , SiC) σε μίγμα με απεσταγμένο νερό οδηγεί σε αύξηση της απόδοσης του ηλιακού συστήματος κατά 5%-25%. Το ποσοστό βελτίωσης εξαρτάται από το είδος

του νανοσωματιδίου που χρησιμοποιείται και τις θερμοφυσικές του ιδιότητες καθώς και από την περιεκτικότητα κατ' όγκο στο μίγμα. Οι σημαντικότερες προκλήσεις σχετικά με την υιοθέτηση των νανορευστών στα ηλιοθερμικά συστήματα σχετίζονται κυρίως με το υψηλό κόστος, την αστάθεια και την αύξηση του ιξώδους των νανοσωματιδίων που έχει ως επακόλουθο την αύξηση της πτώσης πίεσης τριβής (Colangelo et al., 2016), (Bioucas et al., 2018), (Ziyadanogullari et al., 2018), (Hung et al., 2013), (Dehaj & Mohiabadi, 2019), (Sadeghi et al., 2019), (Sharafeldin & Gróf, 2019), (Daghigh & Zandi, 2019), (Aberoumand et al., 2018).

Κατηγοριοποίηση και ιδιότητες νανορευστών

Τα νανορευστά μπορούν κανονικά να ταξινομηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες: τα μεταλλικά και τα μη μεταλλικά νανορευστά. Ως μεταλλικά νανορευστά συχνά αναφέρονται εκείνα που περιέχουν μεταλλικά νανοσωματίδια όπως (Cu, Al, Zn, Ni, Si, Fe, Ti, Au και Ag), ενώ ως μη μεταλλικά νανοσωματίδια το οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3) και το καρβίδιο του πυριτίου (SiC , ZnO , TiO_2). Επίσης υπάρχουν νανοσωλήνες (Nanotubes) άνθρακα και σύνθετα υλικά, όπως σύνθετα πολυμερή με πυρήνα κοίλων νανοσωματιδίων (Abbas et al., 2019).

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, πολλοί επιστήμονες εργάστηκαν με στόχο την ανάπτυξη ρευστών με βελτιωμένη θερμική συμπεριφορά σε σχέση με τα συμβατικά ρευστά μετάδοσης θερμότητας. Μια από τις προτεινόμενες μεθόδους ήταν η διεύθυνση αιωρούμενων μεταλλικών ή μη μεταλλικών στερεών σωματιδίων σε υγρό με σκοπό την αύξηση της θερμικής του αγωγιμότητας. Η ιδέα αυτή βασίζεται στην γνωστή ιδιότητα των στερεών (και ιδιαίτερα των μετάλλων) να έχουν αισθητά μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας από τα ρευστά (υγρά, αέρια).

Στην συνέχεια αναφέρονται οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την αύξηση της θερμικής αγωγιμότητας των νανορευστών (Abbas et al., 2019), (Xie et al., 2003), (Eastman et al., 2001):

- Συγκέντρωση σωματιδίων φ: Αύξηση της συγκέντρωσης των σωματιδίων στο συνεχές μέσο επιφέρει ανάλογη αύξηση στη θερμική αγωγιμότητα του νανορευστού. Ωστόσο, θα πρέπει να τονιστεί ότι η συσχέτιση αυτή δεν είναι γραμμική εφόσον καθώς αυξάνεται ο αριθμός των σωματιδίων που περιέχονται στο ρευστό τείνουν να σχηματίζονται “ογκώδη” συσσωματώματα, τα οποία

λόγω του μεγέθους τους επιδρούν αρνητικά στη μεταβολή της θερμικής αγωγιμότητας.

- Υλικό σωματιδίων: Τα αιωρήματα μεταλλικών σωματιδίων παρουσιάζουν αυξημένη θερμική αγωγιμότητα σε σχέση με αυτά των οξειδίων του μετάλλου. Στην περίπτωση των μεταλλικών σωματιδίων θα πρέπει ωστόσο να προσεχθεί η αποφυγή της οξείδωσής τους τόσο κατά τη διάρκεια της παραγωγής τους όσο και κατά τη διάρκεια της χρήσης τους. Παράλληλα νανοσωματίδια που προέρχονται από υλικά με μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα από άλλα συνήθως επιφέρουν σημαντικότερη αύξηση στη θερμική αγωγιμότητα του συνεχούς μέσου χωρίς ωστόσο αυτό να είναι απαραίτητο. Τέλος τα αιωρήματα νανοσωλήνων άνθρακα φαίνεται να εμφανίζουν τα υψηλότερα ποσοστά αύξησης θερμικής αγωγιμότητας.
- Μέγεθος σωματιδίων: Μείωση του μεγέθους των σωματιδίων που διασκορπίζονται στο συνεχές μέσο επιφέρει μεγαλύτερη αύξηση της θερμικής αγωγιμότητας του νανορευστού. Η ιδιότητα αυτή οφείλεται στην αύξηση του λόγου επιφάνειας- όγκου των σωματιδίων καθώς και στη λειτουργία μηχανισμών σε νανοσκοπική κλίμακα (σωματίδια μεγέθους μικρότερου από 20nm φέρουν το 20% των ατόμων τους στην επιφάνεια τους με αποτέλεσμα να τα κάνουν άμεσα διαθέσιμα για θερμική αλληλεπίδραση).
- Συνεχές μέσο: Όσο φτωχότερο είναι το συνεχές μέσο (από άποψη θερμικής αγωγιμότητας) που διασπείρονται τα νανοσωματίδια τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσοστιαία αύξηση της θερμικής του αγωγιμότητας.
- Σχήμα σωματιδίων: Το σχήμα των σωματιδίων επηρεάζει τη μεταβολή της θερμικής αγωγιμότητας. Επιμήκη σωματίδια (π.χ. κυλινδρικά) προκαλούν μεγαλύτερη αύξηση σε σχέση με άλλα διαφορετικού σχήματος, όπως τα σφαιρικά.
- Πρόσθετες ουσίες: Προσθήκη διαφόρων ουσιών όπως επιφανειοδραστικά, σταθεροποιητές ή ουσίες διασποράς, για την παρεμπόδιση της καθίζησης ή του σχηματισμού συσσωματωμάτων επιδρούν θετικά στην αύξηση της θερμικής αγωγιμότητας του νανορευστού.

- pH: Μείωση του pH του ναορευστού έχει σαν αποτέλεσμα, μεγαλύτερη αύξηση της θερμικής του αγωγιμότητας.
- Θερμοκρασία: Αύξηση της θερμοκρασίας των ναορευστών επιφέρει αύξηση και στη θερμική τους αγωγιμότητα.

4. Μετάφραση

The earth is approximately 150×10^6 km from the sun and receives approximately $1,8 \times 10^{14}$ kW of solar irradiance. About 60% of this quantity, that is $1,08 \times 10^{14}$, reaches the surface of the earth, while the remaining irradiance is reflected in space and is absorbed by the atmosphere. The Earth annually receives solar irradiance which, if transformed into energy, is 8,500 times more than the annual global energy consumption (Thirugnanasambandam et al., 2010).

Solar irradiance is divided into three major categories:

- Direct: the irradiance received from the sun without being scattered by the atmosphere
- Diffuse: the irradiance received from the sun after its direction has changed due to the atmosphere
- Total: the direct and diffuse solar irradiance incidents on a surface combined

Heliothermic systems can utilize the solar irradiance that reaches the earth so that they can largely replace the use of mineral fuels. A heliothermic system consists of a solar collector, a thermal energy storage unit, an assisting energy source, as well as a total of peripheral elements including a piping network, monitors, pumps, circulators, and mixing valves. The elements mentioned above will be presented in the following sections.

3.2.1. Solar thermal collectors

Solar thermal collectors are essentially heat converters, which convert solar irradiance into thermal energy. This energy is then transported to a type of storage. The theoretical limit to the energy that a solar collector can produce is essentially the quantity of solar irradiance that can be received and then absorbed (Duffie & Beckman, 2013). There are several types of solar collectors shown in Fig. 3.2 and are described below.

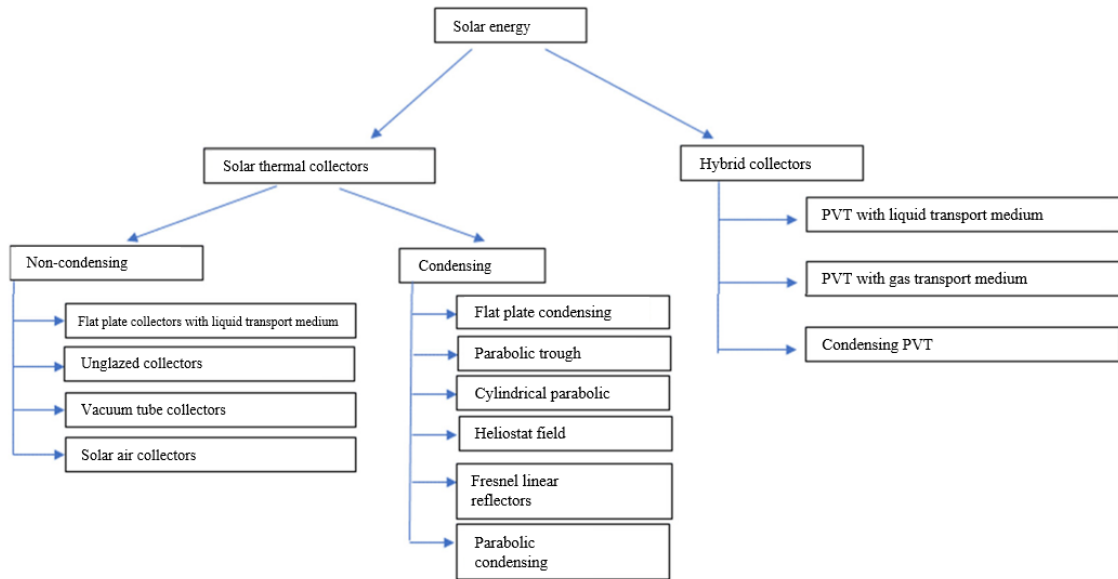


Figure 3.2 Types of solar collectors

Depending on the usage and the required temperature range, a suitable solar collector is used, as shown in Table 3.1.

Table 3.1 Usage and suitable types of collectors

Usage	Type of solar collector
Solar hot water heating system	Flat plate non-condensing solar collector
	Vacuum tube solar collector
	Parabolic trough solar collector
Solar heating and cooling	Flat plate non-condensing solar collector
	Vacuum tube solar collector
	Parabolic trough solar collector
Industrial heat process	Flat plate non-condensing solar collector
	Vacuum tube solar collector
	Parabolic trough solar collector
	Fresnel linear collector
Solar desalination	Flat plate non-condensing solar collector
	Vacuum tube solar collector
	Parabolic trough solar collector

Usage	Type of solar collector
Solar power production	Cylindrical parabolic solar collector
	Heliostat field
	Parabolic trough solar collector
	Parabolic condensing solar collector
	Fresnel linear collector
Simultaneous heat and power production	PV/T

In stable conditions, the following equation gives the useful energy output produced by the collector (Duffie & Beckman, 2013):

$$\dot{Q}_c = A_c * [S - U_L * (T_{pm} - T_a) * 3600], \quad [\text{W}]$$

where,

A_c : the collecting surface [m^2]

U_L : the thermal conductivity coefficient of the collector [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]

T_{pm} : average collector temperature [K]

T_a : the external temperature [K]

S : the hourly solar irradiance absorbed per surface unit of the absorber [J/m^2]

The following equation gives solar irradiance S (Duffie & Beckman, 2013):

$$S = I_b * R_b * (\tau\alpha)_b + I_d * (\tau\alpha)_d * \left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right) + \rho_g * I * (\tau\alpha)_g * \left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right) [\text{J}/\text{m}^2]$$

where,

$\left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right)$ and $\left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right)$: the solar incidence angle from the collector to the sky and from the collector to the ground, respectively.

R_b : the ratio of solar irradiance incident on an inclined surface to the solar irradiance incident on a horizontal surface.

I : hourly solar irradiance incident [J/m^2]

$\tau\alpha$: the average product of the absorptivity and permeability of the collector

ρ_g : the collector's surface reflectivity

The collectors b, d, and g represent the direct, the diffuse, and the recycled irradiance respectively.

Moreover, the performance of the solar collector can be described as the ratio of the usable profit for a determined period to the solar irradiance incident during the same period:

$$\eta = \frac{\int \dot{Q}_c dt}{A_c * \int G_T dt}$$

where,

G_T : solar irradiance incident [W/m^2]

If the conditions are considered stable for a specific period (e.g. an hour), the collector's performance can be described as:

$$\eta = \frac{Q_c}{I_T A_c}$$

where,

I_T : the solar irradiance incident during this specific period [J/m^2]

3.2.2. Non-condensing solar collectors

Flat plate solar collectors with a liquid transport medium

Solar flat plate collectors are the most commonly used thermal collectors for heating water. They exploit both direct and indirect diffuse solar irradiance, while not requiring any particular maintenance. Moreover, they are mounted at the best angle for a steady tilt, depending on the location and the running time of the collector, without tracking solar movement (Kalogirou, 2004), (Kyriaki et al., 2015). The main parts of a flat plate solar collector with a liquid transport medium, such as those depicted in Fig. 3.3 are a black surface capable of absorbing solar irradiance incident (usually made of copper, aluminum, or steel), a transparent plate glass cover capable of transmitting irradiance to the absorber, inner channels containing the heat transfer liquid medium, a structure capable of protecting the parts and holding them in place, and insulation for reducing the collector's thermal losses. The absorber can be covered by a selective layer, thus magnifying solar irradiance absorption, and, in this case, the solar collector is called a flat plate collector with a selective surface (Goswami et al., 1999).

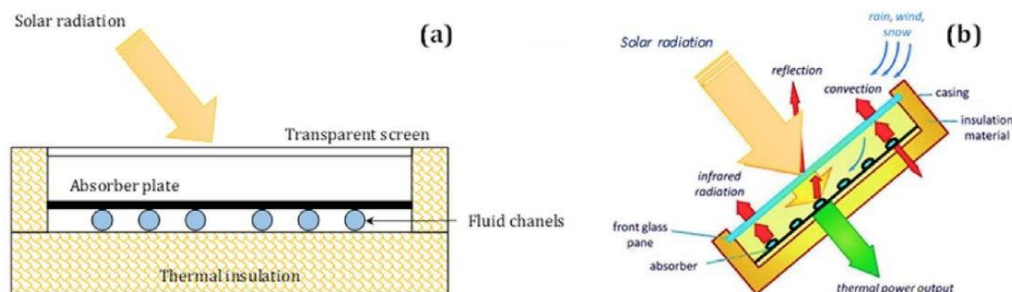


Figure 3.3 Side view of a flat plate solar collector (Evangelisti et al., 2019)

Unglazed Solar Collectors

The simplest form of solar collector is the unglazed solar collector. It consists only of the absorptive surface collecting solar irradiance and the tubes underneath, where the heat transfer medium flows, while there is no transparent cover nor any thermal insulation. Due to the lack of thermal insulation, they are suitable only for temperatures up to 30°C. Those collectors are usually made of black plastic that can withstand ultraviolet radiation. Considering that these collectors are not covered by a glass plate, a large portion of solar irradiance is absorbed. However, as they are not thermally insulated, a large portion of the absorbed irradiance is lost, particularly in wind or low-

temperature conditions. Their total performance is lower than the performance of flat plate collectors and their most common usage is heating swimming pools (Kalogirou, 2004).

Vacuum tube solar collectors

These collectors consist of a series of transparent tubes, where vacuum conditions apply between the absorber and the transparent cover (Fig. 3.4). Vacuum tube solar collectors are often used for medium temperatures ranging from 60°C to 80°C, combined with outside air temperature. Each tube contains a secondary concentric tube, which has a selective dark color coating, capable of absorbing solar irradiance (Foster et al., 2010).

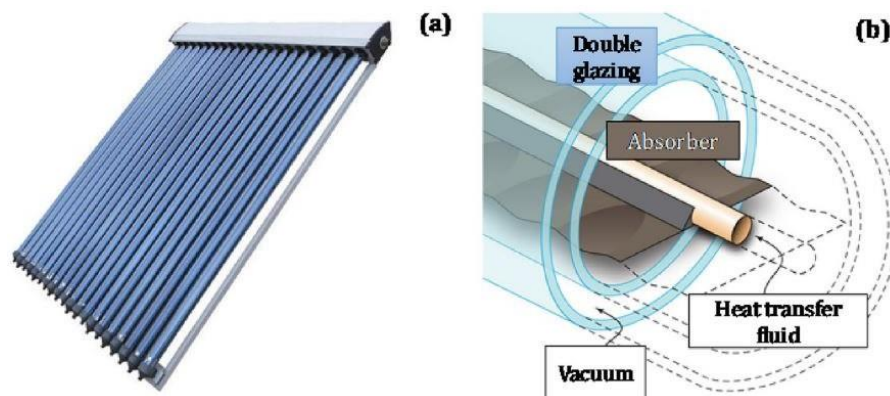


Figure 3.4 Vacuum tube solar collector (Evangelisti et al., 2019)

The three types of vacuum tube solar collectors that are currently available are shown in Fig. 3.5.

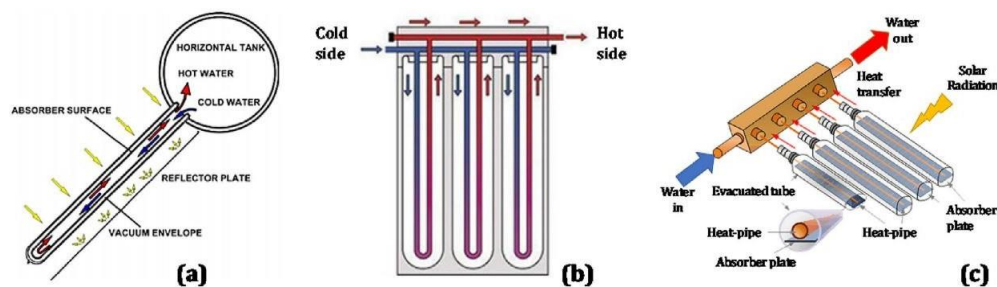


Figure 3.5 Vacuum tube solar collector types (Evangelisti et al., 2019)

- In Fig. 3.5(a), the collector consists of a horizontal tank connected to vacuum tubes (with a single open end). The tubings are characterized by two concentric glass tubes closed on one end and with a vacuum in the pulse chamber between the tubings and a selective surface on the external side of the inner tube. The heat transfer mechanism is determined by natural water flow from one end to

the horizontal tank. Solar irradiance heats the water, which progressively increases along the highest part of the tube. Warm water is replaced by cooler water coming from the tank.

- In Fig. 3.5(b), the heat transfer fluid flows directly to the absorber and into the tube. The plate is replaced by metallic cylinders (e.g. made of copper), potentially with fins, treated with black selective coatings on the surface. Each one of those tubes is then inserted into an external glass tube. During the manufacturing process of the collector, the air between the two glass tubes is absorbed, thus creating vacuum conditions.
- In Fig. 3.5(c), the collectors can be equipped with heat tubes to recover heat from the absorber. In every glass tube, there is an extra copper tube, filled with an alcoholic solution capable of evaporating at low temperatures. When this alcohol solution is heated, it moves along the heat tube. It is then condensed and transfers the heat to the heat transfer fluid that flows into the collector (Evangelisti et al., 2019).

Solar air collectors

Solar thermal air collectors use air as a heat transfer medium. The warm air produced can feed a machine or a space heating system with air ducts, or be used in industrial usage, such as drying products. The collector can be designed to achieve airflow either between the transparent cover and the absorber or under the absorber. The absorber can also have fins so that it maximizes heat transfer. Air collectors are similar in manufacturing to flat plate solar collectors with a liquid transport medium (black absorptive surface and glass cover held by a metallic frame). In this case, however, no storage tanks or heat exchangers are needed, and one or more fans can use directly the warm air produced by the collector.

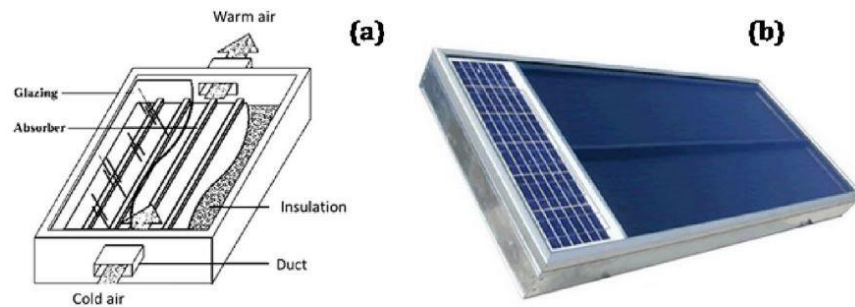


Figure 3.6 Air collector (Evangelisti et al., 2019)

3.2.3. Condensing solar collectors

For applications requiring higher temperatures than those described above, a different type of collector has been developed. The temperature can rise if the surface where thermal loss occurs is reduced. This can be accomplished by inserting an optical device between the irradiance source and the absorptive surface. In condensing solar collectors, solar irradiance incident is condensed on a smaller surface than that of the collecting surface. The different types of condensing solar collectors are shown in Fig. 3.7 (Evangelisti et al., 2019).

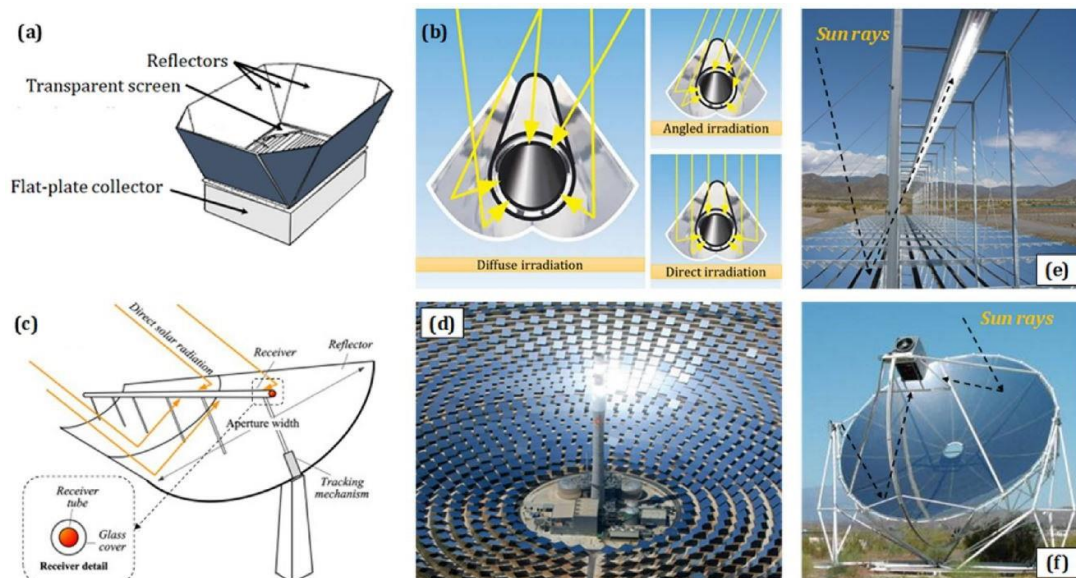


Figure 3.7 Types of condensing solar collectors (Paneles Solares en Monterrey y Celdas Solares - Dexen Energy, 2020).

Flat plate condensing solar collector

Flat plate condensing solar collectors are the simplest form of condensing solar collectors, as they are flat plate collectors with reflective surfaces guiding solar irradiance to a specific point on the collector's surface. Solar irradiance occurs on the reflective surfaces placed around the collector and, therefore, the solar collector can use both the solar irradiance condensed by one of the reflectors and the irradiance absorbed by the absorptive surface (Evangelisti et al., 2019).

Parabolic trough solar collectors

In this type of solar collector, a reflective material sheet with a parabolic shape is placed below every tube. This sheet is necessary for transferring recycled irradiance into the tube. In this way, a greater part of solar irradiance is used, but with the same collective surface (Evangelisti et al., 2019).

Cylindrical parabolic solar collector

The cylindrical parabolic solar collector consists of a parabolic condenser, a cylindrical absorber placed along the entire condenser, and a parabola focus. With this layout, solar irradiance is reflected on the receiving tube, thus heating the heat transfer fluid flowing into the tube. The condenser is made either of polished metallic sheets that are suitably bent or of concave mirrors. The running temperature range of this collector is between 50°C and 300°C, but it can also reach 400°C. Therefore, suitable heat transfer fluid mediums should be used, such as water-based mixtures, diathermanous oils, or molten salts that can withstand high temperatures (Cabrera et al., 2013), (Fernández-García et al., 2010).

Heliostat field collectors

A heliostat field collector consists of mirrors placed around a central receiver called a solar tower. The mirrors can track the sun's course through a monitoring system. A closed circuit between the power receiving, storage, and conversion systems characterizes the heat transfer system (*Paneles Solares en Monterrey y Celdas Solares - Dexen Energy*, 2020).

Fresnel linear collector

This type of system consists of linear collectors and a reflector. Generally, the reflector parts align horizontally following the sun, so that the receptor can receive the sun's rays without needing to move (Evangelisti et al., 2019).

Parabolic condensing solar collectors

A geometry capable of condensing solar irradiance towards a receptor placed on the collector's focus point characterizes these systems. They have a shape similar to that of satellite dishes (Evangelisti et al., 2019).

3.2.4. Photovoltaic-Thermal Hybrid Solar Collectors (PV/T)

PV/T collectors are hybrid collectors that combine photovoltaic panels and thermal collectors in a single device, thus ensuring simultaneous thermal and electrical power production. Specifically, PV/T collectors combine photovoltaic elements that transform electromagnetic radiation into electric power, with a thermal solar collector that transforms solar irradiance into thermal. The biggest part of solar irradiance incident is transformed into heat, causing an increase in the temperature of the photovoltaic cell. The photovoltaic elements must function at a low temperature, to maintain their electrical performance at a sufficient level, while high temperatures can cause damage to the photovoltaic panel. For this reason, it is necessary to have a cooling system on the photovoltaic panel. The heat transfer medium toward building usage can either be water or air, as has been presented in the respective previous subchapters (Hamid et al., 2014). This type of collector is mainly used in residential buildings. According to a study by Souliotis et. al., when hybrid collectors are used, the energy efficiency of the solar system is augmented compared to conventional solar thermal collectors and photovoltaic panels. However, it has been observed that, according to the Life Cycle Analysis, they cause greater environmental impact, especially during their construction and installation (Souliotis et al., 2018).

3.2.5. Solar collector components

Absorber

As mentioned, the most important component of a solar thermal collector is the absorber. The absorber determines the quantity of solar irradiance collected and transformed into thermal energy.

Selective absorbers are made of metals (copper or aluminum sheets) coated with special colors capable of absorbing solar irradiance more effectively than regular black color. Black absorbers have been used in solar water heaters for approximately 3 decades (Asmussen & Vallo, 2018), (Sakhaei & Valipour, 2019). However, with time and intensive research on solar collectors, new technologies have been developed over the last few years. A typical example is the new type of solar collectors, which use nanoparticles in a basic transfer fluid (nanofluid), where solar irradiance can be absorbed. In this case, nanoparticles function both as an absorber and as a heat transfer fluid (Sarsam et al., 2015).

Presently, the basic principles of flat solar collectors are widely known and research activities mainly focus on studying and developing new materials, through which a higher collector efficiency can be achieved (Granqvist & Niklasson, 2018). Polymer materials are characterized by low cost and weight, thus considered applicable in solar thermal collectors. Recent bibliographic references report absorbers that consist of biopolymers (Evangelisti et al., 2019), biopolymer film combined with gold (Shang et al., 2017), and nanoparticles (Barrera, 2018). Technical biopolymer materials, such as bio-polyamide, polylactic acid, cellulose acetate, cellulose butyrate, and polytrimethylene terephthalate, have been extensively analyzed through multiple tests under different environmental conditions for over 1000 hours of operation and have been found suitable for application on flat plate solar collectors (Evangelisti et al., 2019). At the same time, in a different study, a film of nanomaterial was designed capable of transforming solar energy into thermal and then storing it. This film was created by inserting phase change materials (PCMs) and gold nanoparticles into a polyvinyl alcohol matrix. By comparing nanofilm and conventional film efficiency, it was observed that the thermal storage efficiency improved by 201% (Shang et al., 2017).

Additionally, according to a cutting-edge production by Viessmann, a flat plate solar collector was made with an absorber capable of stopping the absorption of solar irradiance above a certain temperature. This type of coating with Vitosol FM-200 is based on the switching absorbent layer principle. The crystalline form and, consequently, the collector's end change according to their temperature, thus reducing the issue of stagnation that leads to wear. Specifically, when the absorber temperature is higher than 75°C, the crystalline form of the coating material changes, thus greatly increasing the heat irradiance rhythm.

As its temperature rises, the stagnation temperature decreases significantly and prevents vapor from forming. As soon as the collector's temperature decreases, the crystalline form returns to its original state. In this way, more than 95% of the solar irradiance incident can be absorbed and transformed into thermal energy, while only a low percentage (less than 5%) is deflected. This results in the new collector's efficiency being significantly greater than that of the collector with the conventional absorber, as in the first case the collector is never in stagnation. It is also noted that there is no limit to the alternation number in the crystalline form, which signifies that this function is available in the totality of the collector's cycle of life (ThermProtect temperature-dependent shutdown for simplified design and high operational reliability, 2020).

Regarding solar air collectors, it has been observed that the heat transfer between the absorber and the fluid can be improved either by increasing the absorber's surface or by improving the heat transfer coefficient by causing vorticity (Hu & Zhang, 2019). Regarding the manufacture of these collectors, several methods have been suggested for improving the absorber, such as rib roughness (Tanda, 2011), (Mittal et al., 2007), increase of the absorptive surface (Yang et al., 2012), (M. Yang et al., 2014), placement of shift fins (Fakoor Pakdaman et al., 2011), fixing a v-notch (Liu et al., 2007), (Karim & Hawlader, 2006), and use of a corrugated absorptive surface (Karim & Hawlader, 2006), (Lin et al., 2006). With the use of a corrugated absorptive surface, a 14% increase in the collector's efficiency has been observed, as vorticity and surface increase are caused (Debnath et al., 2018).

In vacuum tube solar collectors, placing different-shaped absorbers, such as a tube in a circular fin, a tube with fins, a U-shaped tube sealed on a copper plate, and a U-shaped tube merged into a rectangular pipe, has been extensively researched (Kim & Seo,

2007). Based on theoretical and experimental studies, a higher efficiency characterizes the U-shaped tube that has been sealed into a circular fin under ideal conditions compared to other manufacturing solutions (Evangelisti et al., 2019). Regarding vacuum collectors that are equipped with heat tubes, after experimental measurements, it has been observed that placing a thermal shield on a vacuum collector can increase its efficiency by 31.5% compared to a conventional one (Zhang et al., 2014).

Work medium

Water

Among the work mediums that are met in heliothermic system applications, water can be considered the most widespread one, as it is the least expensive, non-toxic, and can be found in abundance in nature. Nevertheless, the use of water has some restrictions that are related to its freezing and boiling points, but also to the fact that it contains minerals that lead to equipment corrosion (Imtiaz Hussain et al., 2018).

Water-glycol solution

A mixture of glycol and water can be used in off-grid solar systems in areas with low temperatures, where there is a risk of the water freezing. This solution is suitable for low and medium-temperature systems, as it has been observed that glycol starts to degrade at temperatures higher than 120°C (Shojaeizadeh et al., 2014).

Eutectic salts

In vacuum tube solar collectors, potassium or sodium in the liquid phase can be used as a work medium or as a heat storage medium. Eutectic salts are readily available, low cost, and environmentally friendly, other than non-toxic. Salts can also function at high temperatures (over 500°C). However, eutectic salts present several disadvantages relating to their high freezing point and therefore require additional power to be maintained in liquid form. Moreover, they are corrosive, thus the necessary measures should be applied regarding the equipment (Grena & Tarquini, 2011), (Bradshaw et al., 2009).

Thermal oils

Thermal oils are based on petroleum and are called hydrocarbon oils or are produced from esters and polyalphaolefins and are called synthetic oils. In both cases, they present a large heat transfer capacity when operating at high temperatures, due to their exceptional thermophysical properties. By comparing synthetic to hydrocarbon oils, the first ones are more suitable and safer in use, due to their lower maintenance level and non-toxicity. Compared to water, hydrocarbon oils are characterized by a low specific heat capacity and a higher viscosity (Oyekunle & Susu, 2005).

Nanofluids

In recent years, there have been several groundbreaking pieces of research related to introducing nanofluids as a heat transfer medium, always targeting the increase of the solar system's efficiency. Nanofluids consist of a mixture of solid nanoparticles of metal or metal oxide, along with common heat transfer mediums, such as water, oil, or ethylene glycol. In research studies, it has been proven that the integration of nanofluids (Al_2O_3 , CuO, TiO_2 , MgO, SiC) in a distilled water mixture leads to an increase in the solar system's efficiency by 5%-25%. The improvement percentage depends on the kind of nanoparticle used and its thermophysical properties, but also on its PPMV in the mixture. The most important challenges relating to the integration of nanofluids in heliothermic systems mostly concern the high cost, the instability, and the nanoparticle viscosity increase, which leads to an increase of the friction pressure drop (Colangelo et al., 2016), (Bioucas et al., 2018), (Ziyadanogullari et al., 2018), (Hung et al., 2013), (Dehaj & Mohiabadi, 2019), (Sadeghi et al., 2019), (Sharafeldin & Gróf, 2019), (Daghigh & Zandi, 2019), (Aberoumand et al., 2018).

Nanofluid categorization and properties

Nanofluids can usually be grouped into two major categories: metallic and non-metallic nanofluids. Metallic nanofluids are those that contain metallic nanoparticles, such as Cu, Al, Zn, Ni, Si, Fe, Ti, Au, and Ag, while non-metallic nanofluids are aluminum oxide (Al_2O_3) and silicon carbide (SiC, ZnO, TiO_2). There are also carbon nanotubes and composite materials, such as composite polymers with hollow nanoparticle nuclei (Abbas et al., 2019).

During the last few decades, many scientists have worked towards the development of fluids with improved thermal behavior compared to conventional heat transfer mediums. One of the suggested methods was the penetration of suspended metallic or non-metallic solid particles into a liquid to increase their thermal conductivity. This idea is based on the known property of solids (and particularly metals) to have a noticeably greater thermal conductivity coefficient than fluids (liquids, gas).

The most important factors affecting the increase in thermal conductivity of nanofluids are listed below (Abbas et al., 2019), (Xie et al., 2003), (Eastman et al., 2001):

- ϕ particle concentration: An increase in the ϕ particle concentration in the continuum brings about a corresponding increase in the thermal conductivity of the nanofluid. However, it should be noted that this correlation is not linear, as while the number of particles in the fluid increases, “voluminous” conglomerates tend to form, which negatively affects the thermal conductivity variation due to their size.
- Particle material: Metallic particle suspensions present an increased thermal conductivity compared to those of metal oxides. In the case of metallic particles, the avoidance of their oxidization should be handled carefully both during their production and during their use. At the same time, nanoparticles that originate from materials with greater thermal conductivity usually bring about a greater increase in the thermal conductivity of the continuum, without that being necessary. Lastly, the anthrax nanotube suspensions appear to be showing the highest percentage of thermal conductivity increase.
- Particle size: Reduction in the particle size that is dispersed in the continuum brings about a greater increase in the thermal conductivity of the nanofluid. This property is attributed to the increase in the surface area-to-volume ratio of the particles, but also to the mechanism function at a nanoscopic scale (particles smaller than 20nm bring 20% of their atoms to the surface, making them readily available for thermal interaction).
- Continuum: The poorer the continuum (in terms of thermal conductivity) in which the nanoparticles are dispersed, the greater the percentage increase in its thermal conductivity.

- Particle shape: Particle shape affects thermal conductivity variation. Elongated particles (e.g. cylindric) cause a greater increase compared to others of different shapes, such as spherical ones.
- Additional substances: The addition of different substances, such as surfactants, stabilizers, or dispersants, to obstruct precipitation or the formation of conglomerates, positively affects the thermal conductivity increase of the nanofluid.
- pH: A reduction in the nanofluid pH results in a greater increase in its thermal conductivity.
- Temperature: A temperature increase in nanofluids leads to an increase in their thermal conductivity.

5. Κειμενική ανάλυση

Η ανάλυση του κειμένου αυτού περιλαμβάνει το κειμενικό είδος του κατά τη Reiss, το επίπεδο ύφους, το κοινό στο οποίο απευθύνεται, όπως επίσης τον σκοπό του κατά τη Nord και τις ιδιαιτερότητες που το χαρακτηρίζουν.

Ξεκινώντας την ανάλυση, θα πρέπει να αναφερθεί η διάκριση των κειμενικών ειδών από τη Reiss σε πληροφοριακά (informative), λειτουργικά (operative) και εκφραστικά (expressive), ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ του συγγραφέα και του αναγνωστικού κοινού, με σκοπό τη συστηματικοποίηση της μεταφραστικής διαδικασίας και τη δημιουργία ενός κοινού άξονα κατά τον οποίο θα πρέπει να πραγματοποιείται η εκάστοτε μετάφραση (Hariyanto, 2015). Στην προκειμένη περίπτωση, η διατριβή αυτή αποτελεί ένα πληροφοριακό κείμενο, του οποίου η βασική λειτουργία είναι η μετάδοση της πληροφορίας με σαφήνεια και ακρίβεια, έτσι ώστε το αναγνωστικό κοινό να επικεντρωθεί αποκλειστικά στο περιεχόμενό του, το οποίο έχει συνταχθεί σε κείμενο με γνώμονα τη λογική και χωρίς υπερβολές στην έκφραση. Το θέμα του κειμένου, δηλαδή η αποτελεσματική χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε κτίρια, με σκοπό τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος στον μέγιστο δυνατό βαθμό, είναι το βασικό σημείο στο οποίο εστιάζει η συγγραφέας και η αιτία της σύνταξης του κειμένου αυτού είναι αποκλειστικά η επικοινωνία και η μετάδοση των πληροφοριών αυτών.

Η Reiss επίσης εισάγει κάποια κριτήρια με τα οποία θα αξιολογηθεί η μετάφραση ενός πληροφοριακού κειμένου, και σύμφωνα με τα οποία εκπονήθηκε η μετάφραση αυτή. Τα κριτήρια αυτά αφορούν τόσο το θέμα του κειμένου, το οποίο έχει αναφερθεί παραπάνω, όσο και τον συγγραφέα, το αναγνωστικό κοινό για το οποίο προορίζεται, τον χρόνο και τον τόπο που λαμβάνει χώρα η μετάφραση, καθώς και η ισοδυναμία σε επίπεδο γλώσσας, γραμματικής και περιεχομένου (Munday, 2016). Με βάση αυτά τα στοιχεία, το πρωτότυπο κείμενο έχει συνταχθεί από την Έλλη Κυριάκη, με μητρική γλώσσα τα ελληνικά και χρονολογία δημοσίευσης το 2020, το αναγνωστικό κοινό του είναι η ακαδημαϊκή κοινότητα στους τομείς της μηχανολογίας και των περιβαλλοντικών επιστημών, και έχει μεταφραστεί σε global English με ημερομηνία δημοσίευσης το 2023 για αναγνωστικό κοινό σε αντίστοιχους τομείς.

Στη συνέχεια, θα πρέπει να εντοπιστεί ο σκοπός τον οποίο θα εξυπηρετεί το μετάφρασμα, καθώς, σύμφωνα με τη Θεωρία του σκοπού κατά τη Nord, κάθε κείμενο-στόχος που προκύπτει από τη μετάφραση ενός κειμένου-πηγής θα πρέπει να καλύπτει τον σκοπό που θα εξυπηρετεί και τις ανάγκες του αναγνωστικού κοινού στο οποίο θα απευθύνεται (Dudenhöfer, 2012). Σύμφωνα με τη Nord, υπάρχει μια βασική διάκριση μεταξύ των δύο ειδών μεταφρασμάτων, όπως επίσης και των διαδικασιών τους. Το πρώτο είδος μεταφραστικής διαδικασίας είναι η τεκμηριωτική μετάφραση (documentary translation), η οποία περιγράφει μια διαπολιτισμική επικοινωνία μεταξύ του συγγραφέα και του παραλήπτη, κατά την οποία ωστόσο ο παραλήπτης γνωρίζει ότι το κείμενο που διαβάζει είναι αποτέλεσμα μετάφρασης, ενώ το δεύτερο είδος, η εργαλειακή μετάφραση (instrumental translation) αφορά ένα μήνυμα το οποίο θα εκπληρώσει τον επικοινωνιακό του σκοπό χωρίς ο αναγνώστης να αντιλαμβάνεται συνειδητά ότι αποτελεί προϊόν μετάφρασης (Munday, 2016). Συνεπώς, η μετάφραση αυτού του κειμένου αποτελεί μια τεκμηριωτική μετάφραση, καθώς ο παραλήπτης θα γνωρίζει τόσο την προέλευσή του όσο και την καταγωγή της συγγραφέα.

Τέλος, η Nord προσθέτει επίσης σε αυτά τα κριτήρια το μέσο (medium) και το κίνητρο (motive) (Munday, 2016). Στην προκειμένη περίπτωση έχουμε γραπτό μέσο, και πιο συγκεκριμένα δημοσίευση στο διαδίκτυο, και το κίνητρο είναι η μετάδοση των πληροφοριών της έρευνας της συγγραφέα σε ακαδημαϊκό κοινό τόσο στη γλώσσα-πηγή όσο και στη γλώσσα-στόχο.

6. Σχολιασμός

Το κείμενο αυτό απαιτεί μια μετάφραση πιστή στο πρωτότυπο κείμενο και στις πληροφορίες που η συγγραφέας επιθυμεί να μεταφέρει, διατηρώντας το αυστηρό αλλά λιτό ύφος του, μεταφέροντας με σαφήνεια το νόημα και αποδίδοντας με ακρίβεια την ορολογία, ενώ παράλληλα γίνεται προσπάθεια να παραχθεί ένα κείμενο-στόχος όσο το δυνατόν πιο φυσικό στη γλώσσα-στόχο.

Συνεπώς, αναφέρονται παρακάτω μερικές δυσκολίες που προέκυψαν κατά τη διαδικασία της μετάφρασης, οι οποίες είναι: η εκπόνηση γλωσσαρίου και ορολογία (5.1), οι αλλαγές σε επίπεδο γραμματικής και συντακτικού (5.2) και η διατήρηση της μορφοποίησης (5.3).

6.1 Εκπόνηση γλωσσαρίου και ορολογία

Η μεταφραστική διαδικασία ξεκίνησε με την εκπόνηση γλωσσαρίου, το οποίο περιλαμβάνει τον πρωτότυπο όρο, τη μετάφραση, τις πηγές και το συγκεκριμένο στο οποίο βρίσκεται ο εκάστοτε όρος. Σε γενικό πλαίσιο, η ορολογία ήταν αρκετά εύκολο να βρεθεί, καθώς υπάρχουν στο διαδίκτυο πολυάριθμες πηγές που περιγράφουν τα διαφορετικά είδη ηλιακών συλλεκτών, τόσο σε επίπεδο ερευνών όσο και σε επίπεδο καθημερινής χρήσης. Το γλωσσάρι αποτελείται από 127 όρους, από τους οποίους ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό βρέθηκε με απλή αναζήτηση στο *iate* ή σε ιστοσελίδες σχετικές με ηλιακούς συλλέκτες και ηλιακή ενέργεια, όπως είναι οι εμπορικές ιστοσελίδες της Solar Octa και της Premio, ενημερωτικά άρθρα για πιθανούς αγοραστές σε ιστοσελίδες όπως η Solartechadvisor, καθώς και επιστημονικά άρθρα σε ιστοσελίδες όπως η ScienceDirect, μέχρι και στην ιστοσελίδα της NASA. Οι σελίδες αυτές παρατίθενται αναλυτικά στο τέλος της εργασίας, στην ενότητα 9.2 Ιστογραφία.

Ωστόσο, υπήρξαν αρκετές περιπτώσεις στις οποίες η εύρεση των όρων και η προσθήκη τους στο γλωσσάρι παρουσίασαν δυσκολίες, οι οποίες χωρίζονται στις εξής κατηγορίες: ακρωνύμια (5.1.1), όροι με πολλαπλές αποδόσεις στα Αγγλικά (5.1.2), έλλειψη ισοδυναμίας σε επίπεδο εννοιών (5.1.3) και έλλειψη ισοδυναμίας πάνω από το επίπεδο της λέξης (5.1.4).

6.1.1 Ακρωνύμια

Το κείμενο αυτό είχε μόνο ένα ακρωνύμιο, το οποίο ήταν το Z.N.X., δηλαδή το ζεστό νερό χρήσης, το οποίο αναφερόταν ως «Ηλιακή Θέρμανση Z.N.X.». Το ακρωνύμιο αυτό δεν χρησιμοποιείται στα Αγγλικά, οπότε μεταφράστηκε απλώς ως «Solar hot water heating system».

6.1.2 Όροι με Πολλαπλές Αποδόσεις στα Αγγλικά

Ένα βασικό ζήτημα το οποίο προέκυψε κατά την εκπόνηση του γλωσσαρίου ήταν η μετάφραση του όρου «ηλιακή ακτινοβολία». Οι πιθανές αποδόσεις ήταν «solar irradiance», «solar radiation» και «solar irradiation», οι οποίες φαίνεται να χρησιμοποιούνται χωρίς να υπάρχει κάποια διάκριση μεταξύ τους στις περισσότερες περιπτώσεις και θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως συνώνυμες. Ωστόσο, υπάρχει μια λεπτή διαφορά στην έννοια του εκάστοτε όρου. Συγκεκριμένα, ο όρος «radiation» χρησιμοποιείται για την ακτινοβολία η οποία εκπέμπεται από μια πηγή, ο όρος «irradiance» για την ακτινοβολία που εκπέμπεται από μια πηγή και προσπίπτει πάνω σε μια επιφάνεια, ενώ ο όρος «irradiation» για την ακτινοβολία που εκπέμπεται από μια πηγή και προσπίπτει πάνω σε μια επιφάνεια σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Καθώς στο κείμενο αυτό αναφέρεται η ακτινοβολία η οποία προσπίπτει στους ηλιακούς συλλέκτες, δηλαδή σε μια επιφάνεια, επέλεξα τον όρο «irradiance».

Έπειτα, αξίζει να αναφερθεί το επίθετο «θερμικός», το οποίο αναφέρεται σε συμφράσεις όπως «θερμική μόνωση» και «θερμική απώλεια». Μπορεί να αποδοθεί τόσο ως «heat» και ως «thermal», ωστόσο λόγω συχνότητας εμφάνισης οι όροι μεταφράστηκαν ως «thermal insulation» και ως «thermal loss». Με τον ίδιο τρόπο, ο όρος «δακτυλιοειδής χώρος», ο οποίος αναφέρεται σε έναν χώρο μεταξύ των σωληνώσεων των συλλεκτών κενού, αποδίδεται τόσο ως «pulse chamber» και ως «annular chamber», ωστόσο λόγω συχνότητας εμφάνισης προτιμήθηκε η πρώτη απόδοση. Ακόμα, σχετικά με τον όρο «ηλεκτρική ενέργεια», καθώς στο σημείο του κειμένου που αναφερόταν γινόταν λόγος για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, προτιμήθηκε ο όρος «electric power» και όχι «electricity». Τέλος, το σημείο πήξης μεταφράζεται τόσο ως «freezing point» όσο και ως «solidification point», ωστόσο χρησιμοποιήθηκε η πρώτη απόδοση, καθώς στην περίπτωση αυτή αναφέρεται στο νερό.

Κλείνοντας αυτή την ενότητα, είναι σημαντικό να δοθεί ιδιαίτερη σημασία σε μια κατηγορία λέξεων, στις οποίες εντάσσονται οι όροι «συνεχές μέσο», «σταθεροποιητής» και «ουσία διασποράς». Οι όροι αυτοί μεταφράζονται ως «continuous medium», «stabilizing agent» και «dispersing medium», ωστόσο τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια τάση να χρησιμοποιούνται οι μονολεκτικές αποδόσεις τους, δηλαδή «continuum», «stabilizer» και «dispersant». Οι δύο αποδόσεις δεν παρουσιάζουν κάποια διαφορά σε επίπεδο εννοιών, ωστόσο οι μονολεκτικές αποδόσεις τείνουν να καθιερωθούν.

6.1.3 Έλλειψη Ισοδυναμίας σε Επίπεδο Εννοιών

Σε κάποιες περιπτώσεις προέκυψαν πολλαπλές αποδόσεις κάποιων όρων, οι οποίοι ωστόσο δεν χρησιμοποιούνται σε όλα τα συγκείμενα με τον ίδιο τρόπο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο όρος «περύγιο», για τον οποίο αρχικά συνάντησα την απόδοση «pillar», η οποία όμως δεν χρησιμοποιείται σε κείμενα παρόμοιας θεματικής. Μετά από αναζήτηση σε παράλληλα κείμενα και εικόνες, διαπιστώθηκε πως ο όρος «fin» είναι η μετάφραση η οποία χρησιμοποιείται σε τέτοιου είδους κείμενα. Με την ίδια διαδικασία προέκυψε ότι για τον όρο «επιλεκτική βαφή», ο οποίος αναφέρεται στη μαύρη επιφάνεια που εντοπίζεται πάνω στους μεταλλικούς κυλίνδρους ενός ηλιακού συλλέκτη και ευθύνεται για τη συλλογή της ακτινοβολίας, η σωστή απόδοση για το συγκεκριμένο συγκείμενο είναι «selective coating» και όχι «quenching».

Έπειτα, είναι σημαντική η αναφορά στον όρο «σωλήνας», ο οποίος μεταφράζεται ως «pipe» και ως «tube». Αρχικά είχα επιλέξει την απόδοση «pipe», ωστόσο μετά από αναζήτηση σε παράλληλα κείμενα παρατήρησα πως ο όρος «tube» χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό σε κείμενα σχετικά με ηλιακούς συλλέκτες. Αυτό συμβαίνει, καθώς ο πρώτος όρος έχει τη σημασία του «δοχείου», ενώ ο δεύτερος είναι τόσο δοχείο όσο και δομικό συστατικό μιας κατασκευής, γεγονός που ισχύει και στο πλαίσιο των ηλιακών συλλεκτών.

Η τελευταία διαφορά σε επίπεδο εννοιών παρατηρήθηκε στον όρο «νανορευστά», ο οποίος σε διαφορετικά συγκείμενα έχει αποδοθεί ως «nanofluids» και ως «nanoliquids». Η πρώτη απόδοση αναφέρεται σε ρευστά τα οποία περιέχουν νανοσωματίδια, ενώ η δεύτερη αποκλειστικά σε υγρά, και με αυτόν τον τρόπο βλέπουμε ότι στην ουσία η μια

έννοια είναι υποκατηγορία της άλλης, και ότι σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο όρος «nanofluids».

6.1.4 Έλλειψη Ισοδυναμίας Πάνω από το Επίπεδο της Λέξης

Σύμφωνα με την Baker, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες υπάρχει έλλειψη ισοδυναμίας πάνω από το επίπεδο της λέξης (above word level), οι οποίες αναφέρονται σε συνδυασμούς φράσεων, σε εκφράσεις και σε ιδιώματα, τα οποία στη γλώσσα-πηγή είναι δεδομένο ότι θα χρησιμοποιηθούν μαζί, ενώ στη γλώσσα-στόχο οι ίδιοι συνδυασμοί δεν υφίστανται (Baker, 2011). Για παράδειγμα, στο κείμενο αυτό, τα ηλιακά συστήματα κλειστού τύπου μεταφράζονται ως «off-grid solar systems» και αναφέρονται σε ηλιακά συστήματα που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια χωρίς καμία σύνδεση με το δημόσιο δίκτυο. Εκτός από κλειστού τύπου, στα ελληνικά αναφέρονται και ως «αυτόνομα», ωστόσο καμία απόδοση δεν έχει ισοδυναμία με τον αγγλικό όρο «off-grid».

6.1.5 Σύνθεση

Σε αρκετές περιπτώσεις ήταν απαραίτητη η χρήση του Αναλογικού κανόνα, όπως περιγράφεται από τον Κώστα Βαλεοντή, σύμφωνα με τον οποίο η εύρεση και κατόπιν η μετάφραση ενός όρου, για τον οποίο δεν μπορούμε να εντοπίσουμε ακριβή αντιστοιχία σε γνωστές μεταφραστικές πηγές, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ακολουθώντας τον ανάλογο μηχανισμό σχηματισμού του όρου με τον πρωτότυπο (Βαλεοντής, 2004). Δεδομένου ότι οι περισσότερες περιπτώσεις σχετικά με την ορολογία προέρχονται από τα αγγλικά, και ότι πολλές από τις συμφράσεις που χρησιμοποιούνται στο ελληνικό κείμενο είναι αποδόσεις που έχουν μεταφερθεί στα ελληνικά με τη διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω, θα αναφερθούν ενδεικτικά κάποιοι όροι για τους οποίους υπάρχει ακριβής όρος στα αγγλικά, ενώ στα ελληνικά συναντάμε τη σύνθεσή τους. Ένας από αυτούς τους όρους είναι οι «υβριδικοί συλλέκτες θερμικού φωτοβολταϊκού στοιχείου», που μεταφράζεται ως «Photovoltaic-Thermal Hybrid Solar Collectors», όπως επίσης και με το ακρωνύμιο «PV/T».

Αντίθετα, υπάρχουν ελληνικοί όροι που έχουν καθιερωθεί, ενώ οι αντίστοιχοι αγγλικοί απαντώνται περιφραστικά, όπως είναι ο «επιλεκτικός επίπεδος ηλιακός συλλέκτης», που αποδίδεται ως «flat plate collector with a selective surface».

Τέλος, υπήρχαν όροι για τους οποίους βρέθηκαν ελάχιστα παράλληλα κείμενα τόσο στα ελληνικά όσο και στα αγγλικά, συνεπώς η μετάφρασή τους προέκυψε από σύνθεση κατά τη μεταφραστική διαδικασία. Οι όροι αυτοί είναι οι «ειδική θερμική ικανότητα» και «αρχή λειτουργίας των εναλλασσόμενων στρωμάτων», οι οποίοι αποδόθηκαν ως «specific heat capacity» και «switching absorbent layer principle» αντίστοιχα.

6.2 Αλλαγές σε επίπεδο γραμματικής και συντακτικού

Το σημαντικότερο ζήτημα που προέκυψε τόσο σε επίπεδο ορολογίας όσο και σε αλλαγή της σύνταξης σε αρκετά σημεία της μετάφρασης αφορά τη φράση «η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει...». Μετά από έρευνα σε παράλληλα κείμενα, προέκυψε ότι το ρήμα «προσπίπτω» δεν χρησιμοποιείται στα αγγλικά κείμενα, καθώς προτιμάται η χρήση του ουσιαστικού «incident», με αποτέλεσμα στη μετάφρασή μου να χρησιμοποιήσω τη φράση «solar irradiance incident».

Έπειτα, υπήρχαν περιπτώσεις όπου άλλαξε η σύνταξη από παθητική σε ενεργητική φωνή, έτσι ώστε να διατηρηθεί μια φυσικότητα στην έκφραση, όπως στην περίπτωση αυτή, όπου η φράση «ώστε να επιτυγχάνεται ροή αέρα μεταξύ του διαφανούς καλύμματος και του απορροφητή ή η ροή αέρα να συμβαίνει κάτω από τον απορροφητή» μεταφράστηκε ως «to achieve airflow either between the transparent cover and the absorber or under the absorber». Υπήρξαν ακόμα περιπτώσεις στις οποίες χρησιμοποιούνται ουσιαστικά στο πρωτότυπο, ενώ στη μετάφραση προτιμήθηκαν τα αντίστοιχα ρήματα, όπως η πρόταση «Ο παραγόμενος θερμός αέρας μπορεί να τροφοδοτηθεί σε μια μηχανή ή σε ένα σύστημα θέρμανσης χώρων με αεραγωγούς ή σε βιομηχανικές εφαρμογές όπως η ξήρανση προϊόντων», η οποία μεταφράστηκε ως «The warm air produced can power a machine or a space heating system with air ducts, or be used in industrial applications, such as in drying products», όπου υπάρχει το ρήμα «be used» πριν από τη φράση «industrial applications».

6.3 Διατήρηση μορφοποίησης

Στο πρωτότυπο κείμενο υπήρχαν μαθηματικοί τύποι και εξισώσεις που αναφέρονταν στην παραγωγή ενέργειας από τους ηλιακούς συλλέκτες και την ακτινοβολία, όπως επίσης και αρκετές εικόνες των ηλιακών συλλεκτών, οι οποίες περιγράφουν τη λειτουργία τους. Οι τύποι διατηρήθηκαν ως έχουν, και οι περισσότερες εικόνες ήταν

ήδη στα αγγλικά. Η Εικόνα 3.2, της οποίας το κείμενο ήταν γραμμένο στα ελληνικά, χρειάστηκε επεξεργασία με τη χρήση white font text box, τα οποία τοποθετήθηκαν πάνω από το ελληνικό κείμενο, ώστε να το αντικαταστήσουν.

7. Παράρτημα – Γλωσσάρι



ΠΑΞΙΝΟΥ_ΜΕΛΙΝΑ_Ξ
2018032_ΓΛΩΣΣΑΡΙ_Γ

8. Επίλογος

Η μετάφραση του κειμένου αυτού απαιτούσε εκτενή έρευνα, τόσο σε επίπεδο ορολογίας και μεταφραστικών θεωριών όσο και σε επίπεδο μελέτης παράλληλων κειμένων, ώστε να αποσαφηνιστούν κάποιες έννοιες και να μεταφερθούν πιστά στην αγγλική γλώσσα. Από τις μεταφραστικές θεωρίες που μελετήθηκαν, οι θεωρίες της ανάλυσης των κειμενικών ειδών (Reiss) και του σκοπού (Nord) ήταν το σημείο εκκίνησης της μεταφραστικής διαδικασίας, καθώς παρείχαν τη γενικότερη κατεύθυνση σύμφωνα με την οποία πραγματοποιήθηκε η μετάφραση, ενώ ο Αναλογικός κανόνας (Βαλεοντής) και η διαδικασία της σκέψης και της σύνθεσης ορολογίας που περιγράφει παρείχαν μεταφραστικές λύσεις σε πρακτικό επίπεδο. Σε συνολικό επίπεδο, το πρωτότυπο κείμενο είναι εξαιρετικά σύγχρονο και η παρουσίαση του ζητήματος της ενεργειακής κατανάλωσης είναι άρτια, γεγονός που βοήθησε εξαιρετικά στη μεταφραστική διαδικασία.

9. Πηγές

9.1 Βιβλιογραφία

Baker, M. (2011). Chapter 3. In *In other words: A Coursebook on translation* (2nd ed., pp. 51–85). essay, Routledge.

Dudenhöfer, M. (2012). The travels of skopos theory. *MTm*, 4, 12–26.

Hariyanto, S. (2015). Text Linguistics and Skopos Theory and their Application in Translation Teaching. *Jurnal Linguistik Terapan*, 5, 56–67. (Hariyanto, 2015)

Munday, J. (2016). Chapter 5. In *Introducing translation studies: Theories and applications* (4th ed., pp. 116–131). essay, Routledge.

9.2 Ιστογραφία και παράλληλα κείμενα

- Abdo, R. (2020, April 2). *How do vacuum tubes collectors work?* Hydro Solar Innovative Energy. Retrieved January 30, 2023, from <https://hydrosolar.ca/blogs/news/how-do-vacuum-tubes-collector-work>
- Arya, F., Moss, R., Hyde, T., Shire, S., Henshall, P., & Eames, P. (2018). Vacuum enclosures for solar thermal panels part 1: Fabrication and hot-box testing. *Solar Energy*, 174, 1212–1223. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.10.064>
- Bellini, E. (2022, October 17). *PCM-based thermal battery to store solar power via heat pump*. pv magazine International. Retrieved January 30, 2023, from <https://www.pv-magazine.com/2022/10/17/pcm-based-thermal-battery-to-store-solar-power-via-heat-pump/>
- Chakraborty, S., Sarkar, I., Behera, D. K., Pal, S. K., & Chakraborty, S. (2017). Experimental investigation on the effect of dispersant addition on thermal and rheological characteristics of Tio₂ nanofluid. *Powder Technology*, 307, 10–24. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.11.016>
- Chhapparwal, G. K., Srivastava, A., & Dayal, R. (2019). Artificial repeated-rib roughness in a solar air heater – A Review. *Solar Energy*, 194, 329–359. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.10.011>
- Column, M. (2018, June 14). *Polytrimethylene terephthalate (PTT)*. Bioplastics News. Retrieved January 30, 2023, from <https://bioplasticsnews.com/polytrimethylene-terephthalate-ptt/>
- Cylindrical-parabolic collectors*. Sun & Climate. (n.d.). Retrieved January 30, 2023, from <https://www.sunandclimate.com/applications/8-concentrated-solar-power/138-cylindrical-parabolic-collectors.html>
- de Assis, M. M. (2020, June 2). *Potential for generating electric power from Heliothermic Energy Systems in the state of Minas Gerais*. Revista Científica Multidisciplinar. Retrieved January 30, 2023, from <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/environmental-engineering-en/potential-for-generating>
- European Union, ‘ordinary legislative procedure’, IATE terminology database, accessed on 20 November 2020, <https://iate.europa.eu/home>
- Evacuated tube solar collector*. Evacuated Tube Solar Collector - an overview | ScienceDirect Topics. (n.d.). Retrieved January 30, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/evacuated-tube-solar-collector>
- Figure 4 the incidence angle θ between a normal to the PV module face...* Research Gate. (n.d.). Retrieved January 30, 2023, from https://www.researchgate.net/figure/The-incidence-angle-th-between-a-normal-to-the-PV-module-face-and-the-incoming-solar-beam_fig3_252018864

- Gotro, J. (2013, May 6). *Bio-polyamides: Where do they come from?* Polymer Innovation Blog. Retrieved January 30, 2023, from <https://polymerinnovationblog.com/bio-polyamides-where-do-they-come-from/>
- Industrial Heat Process*. Industrial Heat Process - an overview | ScienceDirect Topics. (1984). Retrieved January 30, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/industrial-heat-process>
- Les, I., Mutuberria, A., Schöttl, P., Nitz, P., Leonardi, E., & Pisani, L. (2018). Optical performance comparison between Heliostat Field Generation algorithms. *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/1.5067056>
- Mah., S. H. (1978). Pipeline Network Design and Synthesis. *Advances in Chemical Engineering*, 10, 125–209. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065237708601337>.
- Measuring global, direct and diffuse solar irradiance with a spectroradiometer*. Spectral Evolution. (n.d.). Retrieved January 30, 2023, from <https://spectralevolution.com/applications/remote-sensing/measuring-direct-and-diffuse-solar-irradiance-with-a-spectroradiometer/>
- Mixing Valve*. Mixing Valve - an overview | ScienceDirect Topics. (2008). Retrieved January 30, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/mixing-valve>
- Molten Salt Reactors*. World Nuclear Association. (2021, May). Retrieved January 30, 2023, from <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/molten-salt-reactors.aspx>
- Moss, D., & Scheer, R. (2015, September 21). *Can solar desalination slake the world's thirst?* Scientific American. Retrieved January 30, 2023, from <https://www.scientificamerican.com/article/can-solar-desalination-slake-the-world-s-thirst/#:~:text=Solar%20desalination%20is%20a%20technique,left%20behind%20in%20the%20still>.
- NASA. (2021, May 7). *Stagnation temperature - real gas effects*. NASA. Retrieved January 30, 2023, from <https://www.grc.nasa.gov/www/BGH/stagtmp.html>
- Noria Corporation. (2018, March 6). *Polyalphaolefin (PAO) lubricants explained*. Machinery Lubrication. Retrieved January 30, 2023, from <https://www.machinerylubrication.com/Read/31106/polyalphaolefin-pao-lubricants>
- Novel selective coatings improve efficiency of concentrated solar power technology*. Framework of Innovation for Engineering of New Durable Solar Surfaces. (2019, July 19). Retrieved January 30, 2023, from <https://cordis.europa.eu/article/id/394451-novel-selective-coatings-improve-efficiency-of-concentrated-solar-power-technology>

- Parabolic dish collector*. ScienceDirect Topics. (2017). Retrieved January 30, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/parabolic-dish-collector>
- Parabolic Trough Solar Collectors (ultimate guide)*. Solartechadvisor. (2022, April 1). Retrieved January 30, 2023, from <https://solartechadvisor.com/parabolic-trough-solar-collectors/>
- Pavithra, K. S., Gurumurthy, S. C., Yashoda, M. P., Mateti, T., Ramam, K., Nayak, R., & Murari, M. S. (2020). Polymer-dispersant-stabilized AG nanofluids for heat transfer applications. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 146(2), 601–610. <https://doi.org/10.1007/s10973-020-10064-8>
- Paya-Marin, M. A. (2017). Solar Air collectors for cost-effective energy-efficient retrofitting. *Cost-Effective Energy Efficient Building Retrofitting*, 141–168. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-101128-7.00005-8>
- Photovoltaic thermal hybrid solar collector*. ScienceDirect Topics. (2018). Retrieved January 30, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/photovoltaic-thermal-hybrid-solar-collector>
- Power Tower System concentrating solar-thermal power basics*. Energy.gov. (n.d.). Retrieved January 30, 2023, from <https://www.energy.gov/eere/solar/power-tower-system-concentrating-solar-thermal-power-basics>
- Satellite Dish -Background*. How products are made. (n.d.). Retrieved January 30, 2023, from <http://www.madehow.com/Volume-1/Satellite-Dish.html>
- Silva, L. F. O., Santosh, M., Schindler, M., Gasparotto, J., Dotto, G. L., Oliveira, M. L. S., & Hochella Jr., M. F. (2021). Nanoparticles in fossil and mineral fuel sectors and their impact on environment and human health: A review and perspective. *Gondwana Research*, 92, 184–201. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2020.12.026>
- Solar explained - Solar thermal collectors*. U.S. Energy Information Administration (EIA). (2022, December 27). Retrieved January 30, 2023, from <https://www.eia.gov/energyexplained/solar/solar-thermal-collectors.php>
- Solar thermal power plants*. Power Technology. (2017, November 2). Retrieved January 30, 2023, from <https://www.power-technology.com/products/solar-thermal-power-plants/>
- Solar panel glass - tempered vs. plate*. Energy Matters. (n.d.). Retrieved January 30, 2023, from <https://www.energymatters.com.au/panels-modules/panel-tempered-glass/>
- Tagle-Salazar, P. D., Nigam, K. D. P., & Rivera-Solorio, C. I. (2020). Parabolic Trough Solar Collectors: A general overview of Technology, industrial applications, energy market, modeling, and standards. *Green Processing and Synthesis*, 9(1), 595–649. <https://doi.org/10.1515/gps-2020-0059>

- Thareja, H. (2021, January 29). *Non-concentrating type solar heating products with pros and cons*. Solar Octa. Retrieved January 30, 2023, from <https://solarocta.com/non-concentrating-type-solar-heating-products-with-pros-and-cons/>
- Thermal behavior*. (n.d.). Summary Planet. Retrieved January 30, 2023, from <https://www.summaryplanet.com/engineering/Thermal-Behavior.html>
- Thermal oils*. Verder. (n.d.). Retrieved January 30, 2023, from <https://www.verderliquids.com/int/en/industries/pumps-for-the-chemical-industry/thermal-oils/#:~:text=Thermal%20oils%20are%20low%2Dviscosity,when%20operating%20at%20higher%20temperatures.>
- Unglazed solar collector*. Unglazed Solar Collector - an overview | ScienceDirect Topics. (n.d.). Retrieved January 30, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/unglazed-solar-collector>
- Vitosol 200-FM flat plate solar collector: Viessmann Us*. flat plate solar collector | Viessmann US. (n.d.). Retrieved January 30, 2023, from <https://www.viessmann-us.com/en/products/vitosol/vitosol-200-fm.html>
- Wang, X., LI, Z., Xu, C., Huo, Y., & Wu, Y. (2021). Influence of indirect solar irradiance on Satellite Observation. *IEEE Access*, 9. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-776390/v1>
- Wide temperature range embedded systems*. Premio Inc. (2021, April 8). Retrieved January 30, 2023, from <https://premioinc.com/blogs/blog/wide-temperature-range-embedded-systems>
- WordReference.com dictionary of English*. WordReference. (n.d.). Retrieved January 30, 2023, from <https://www.wordreference.com/definition/>
- Βαλεοντής, Κ. (2004, November 26). Ο «ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΑΣ» ΧΡΗΣΙΜΟ ΟΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΣΤΗ ΔΙΑΓΛΩΣΣΙΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΓΝΩΣΗΣ. Βαρκελώνη; Ελληνική Εταιρεία Ορολογίας (ΕΛΕΤΟ).
- Κυριάκη, Έ. (2020). *Ενσωμάτωση Τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Σε Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας* (dissertation). Θεσσαλονίκη.