

# ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΑΕΡΑ

## *Χαράλαμπος Τσιουτίης και Σωτήρης Καλογήρου*

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Επιστήμης και  
Μηχανικής Υλικών, Τ. Κ. 50329, 3603 Λεμεσός, Κύπρος  
E-mail: [charalambos.tsioutis@cut.ac.cy](mailto:charalambos.tsioutis@cut.ac.cy), [soteris.kalogirou@cut.ac.cy](mailto:soteris.kalogirou@cut.ac.cy)

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτό το άρθρο γίνεται μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για τα ηλιακά συστήματα αέρα. Τα ηλιακά συστήματα αέρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ζέσταμα νερού, θέρμανση χώρων και για αποξήρανση καρπών. Εξετάζονται διάφοροι τύποι συλλεκτών αέρα σε σχέση με την κατασκευή και ειδικά την τοποθέτηση του απορροφητή. Βασικά υπάρχουν δυο τύποι ηλιακών συλλεκτών αέρα, μονής διαδρομής και διπλής διαδρομής. Επιπρόσθετα υπάρχουν τα αυτόνομα συστήματα και τα συστήματα που είναι ενσωματωμένα στο κτίριο. Παρουσιάζεται επίσης η βασική θερμική ανάλυση των συλλεκτών αέρα. Αυτή είναι ίδια με την θερμική ανάλυση των συστημάτων νερού εκτός από την απόδοση των πτερυγίων.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γενικά οι ηλιακοί συλλέκτες είναι ένα είδος εναλλάκτη θερμότητας που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε εσωτερική ενέργεια του μέσου μεταφοράς. Οι συλλέκτες αποτελούν το κύριο μέρος ενός ηλιακού συστήματος. Αυτοί απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία, την μετατρέπουν σε θερμότητα και την μεταφέρουν στο ρευστό (συνήθως νερό, αέρα ή λάδι) που κυκλοφορεί στο συλλέκτη. Η συσσωρευμένη ενέργεια μεταφέρεται μέσω του ρευστού είτε άμεσα στο ζεστό νερό ή στον κλιματισμένο χώρο είτε σε κυλίνδρους αποθήκευσης από τους οποίους η θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την διάρκεια της νύκτας ή σε περιόδους συννεφιάς. Σε αυτό το άρθρο επικεντρωνόμαστε μόνο στην ανασκόπηση επίπεδων συλλεκτών αέρα.

Τα πλεονεκτήματα των επίπεδων συλλεκτών είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής, η ικανότητα να συλλέγουν άμεση και διάχυτη ακτινοβολία και το γεγονός ότι είναι μόνιμα τοποθετημένα και δεν χρειάζεται να παρακολουθούν την τροχιά του ήλιου. Οι συλλέκτες τοποθετούνται με κατεύθυνση τον ισημερινό και βλέπουν στο νότο για το βόρειο ημισφαίριο και στο βορά για το νότιο ημισφαίριο. Η κλίση του συλλέκτη να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος με απόκλιση  $\pm 10^\circ - 15^\circ$  ανάλογα με την εφαρμογή.

Είναι γνωστόν ότι η Κύπρος είναι πρωτοπόρος στην χρήση επίπεδων συλλεκτών με νερό ως μέσον μεταφοράς. Αυτοί χρησιμοποιούνται κυρίως για ζέσταμα νερού για οικιακή χρήση [1]. Η χρήση όμως των συλλεκτών αέρα είναι άγνωστη στην Κύπρο. Αυτό το άρθρο σκοπό έχει να υποδείξει τα πλεονεκτήματα των ηλιακών συλλεκτών αέρα και τις πιθανές εφαρμογές τους για να μπορέσουν τα συστήματα αυτά να εισέλθουν στην Κυπριακή αγορά.

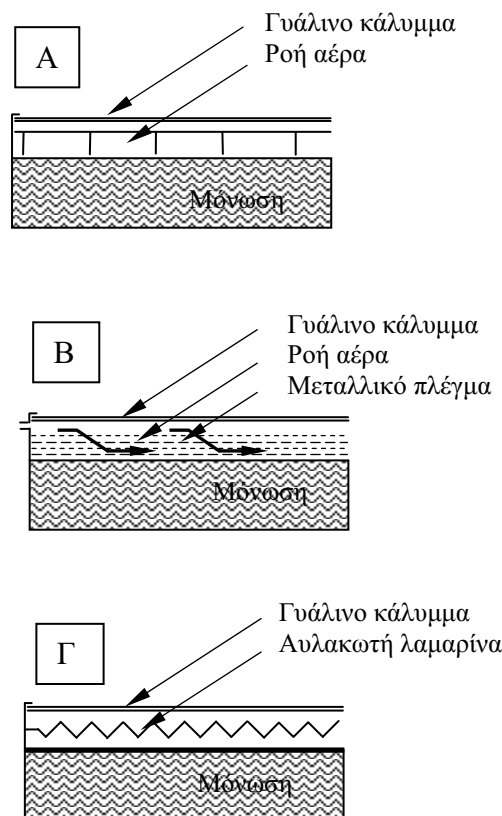
### 2. ΤΥΠΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΑΕΡΑ

Η κυριότερη διαφορά μεταξύ των συλλεκτών αέρα και νερού είναι στην ανάγκη να σχεδιασθεί ένας απορροφητής που να αντιμετωπίζει το μειονέκτημα της μειωμένης μεταφοράς θερμότητας που προκαλείται από τον χαμηλό συντελεστή ειδικής θερμότητας μεταξύ του αέρα και του απορροφητή ηλιακής ακτινοβολίας.

Σημαντικός αριθμός συλλεκτών αέρα έχουν κατασκευαστεί από πολλούς ερευνητές. Οι διαφορές τους εστιάζονται ως προς την κατασκευή των ακολούθων μερών:

- Διαπερατότητα του καλύμματος
- Είδος απορροφητή και επιφάνειας συλλέκτη
- Τύπος αεροδιαδρόμων.

Αέρας ή άλλα αέρια μπορούν να ζεσταθούν με την χρήση επίπεδων συλλεκτών ειδικά αν χρησιμοποιηθεί ένα είδος επιμήκυνσης της επιφάνειας (βλ. Εικ. 1Α) για να αντιμετωπίσει τον χαμηλό συντελεστή αγωγιμότητας μεταξύ του μετάλλου και του αέρα [2]. Μέταλλα ή ειδικές ίνες, Εικ. 1Β [2,3], ή λεπτές αυλακωτές μεταλλικές λαμαρίνες, Εικ. 1Γ, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν. Οι πορώδης απορροφητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν με επιλεγμένες επιφάνειες για αύξηση της απόδοσης. Η αρχική απαίτηση αυτών των συστημάτων είναι η μεγάλη επιφάνεια επαφής μεταξύ της επιφάνειας του απορροφητή και του αέρα. Η ειδική θερμότητα του αέρα είναι λιγότερη από αυτήν του νερού. Άρα χρειάζεται μεγαλύτερη ροή αέρα με επακόλουθο μεγαλύτερες ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια. Όλοι οι τύποι συλλεκτών αέρα που φαίνονται στην Εικ. 1 είναι μονής διαδρομής. Επιπρόσθετα υπάρχουν και συλλέκτες διπλής διαδρομής που περνούν τον αέρα στις δυο κατευθύνσεις του απορροφητή. Αυτοί είναι συνήθως και πιο αποδοτικοί από αυτούς της μονής διαδρομής.

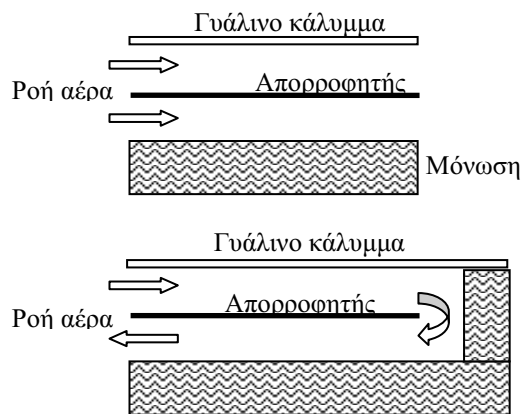


Εικόνα 1: Είδη απορροφητών ηλιακών συλλεκτών αέρα

Σε σχέση με την ροή του αέρα, τέσσερις τύποι παρουσιάζονται:

- Ο αέρας περνά μεταξύ του απορροφητή και του γυαλιού.
- Ο αέρας περνά κάτω από τον απορροφητή.
- Ο αέρας περνά μέσω πορώδους απορροφητή.
- Ο αέρας περνά και από τις δυο πλευρές του απορροφητή (διπλής διαδρομής συλλέκτης).

Όσον αφορά τον τελευταίο τύπο δυο επιλογές είναι πιθανές όπως φαίνονται στην Εικ. 2.



Εικόνα 2: Βασικά σχήματα για συλλέκτες διπλής ροής αέρα

Όσον αφορά τον τρίτο τύπο όπου ο αέρας περνά μέσω ενός πορώδους απορροφητή υπάρχουν πάλι δύο ξεχωριστοί τύποι. Ο ένας φαίνεται στην Εικ. 1B και ο άλλος είναι χωρίς γυαλί, όπου ο αέρας περνά μέσω μικρών οπών στο μεταλλικό απορροφητή, ο οποίος θερμαίνεται από την ηλιακή ενέργεια.

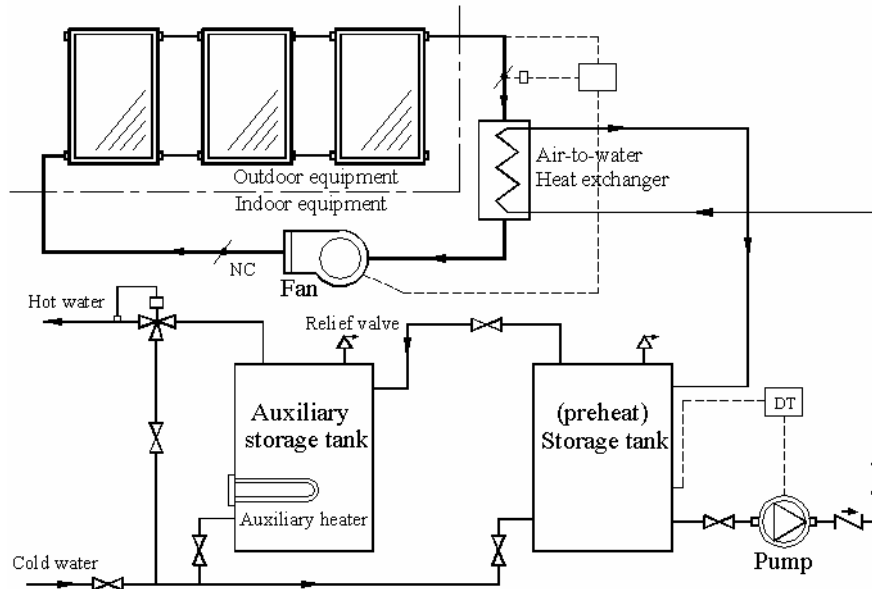
Τα συστήματα αέρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για ζέσταμα νερού όσο και για θέρμανση χώρου. Αυτά τα συστήματα είναι έμμεσου τύπου γιατί ο αέρας κυκλοφορά μέσω αγωγών σε έναν εναλλάκτη αέρα – νερού. Στον εναλλάκτη η θερμότητα μεταφέρεται στο πόσιμο νερό το οποίο επίσης κυκλοφορεί στον εναλλάκτη θερμότητας και επιστρέφει στον κύλινδρο αποθήκευσης. Τα συστήματα θέρμανσης αέρα, παίρνουν τον αέρα του χώρου τον περνούν μέσω των ηλιακών συλλεκτών και τον επιστρέφουν πίσω στον χώρο σε ψηλότερη θερμοκρασία. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται κυρίως διότι τα συστήματα αέρα γενικά χρησιμοποιούνται για προθέρμανση νερού για οικιακή χρήση και με αυτό τον τρόπο η εφεδρική ενέργεια χρησιμοποιείται μόνο στο ένα δοχείο [4].

Το διάγραμμα ενός συστήματος συλλεκτών αέρα με δοχείο αποθήκευσης χαλικιών και εφεδρικό σύστημα θέρμανσης φαίνεται στην Εικ. 4. Οι συλλέκτες αέρα παίρνουν τον αέρα από τον χώρο τον περνούν από τον συλλέκτη και τον διοχετεύουν απευθείας στον χώρο.

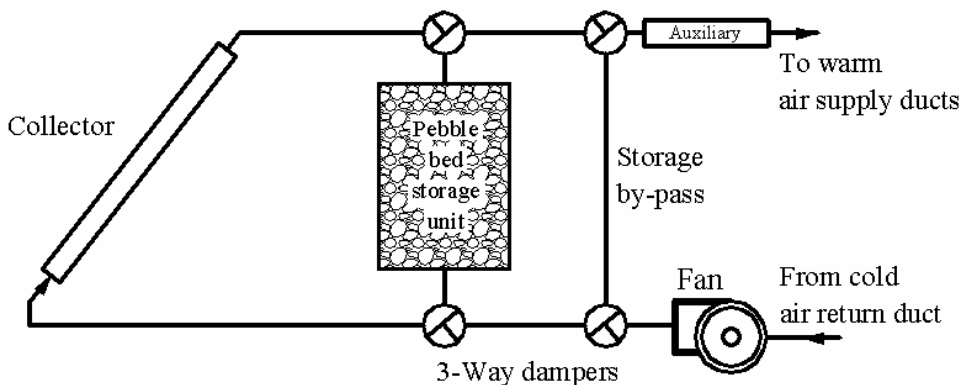
Οι διάφοροι τύποι επιτυγχάνονται με την χρήση συρτών (dampers) όπως φαίνεται στο σχήμα. Συνήθως στα συστήματα αέρα δεν είναι πρακτικό να προσθέτουμε και να αφαιρούμε ενέργεια από το δοχείο αποθήκευσης ταυτόχρονα. Εάν η ενέργεια που δίδεται από την αποθήκευση ή τον συλλέκτη δεν είναι ικανοποιητική για να καλύψει το ζητούμενο φορτίο, εφεδρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ανεβάσει την θερμοκρασία του αέρα και να καλύψει το φορτίο του κτιρίου. Όπως φαίνεται στη Εικ. 4 μπορούμε να παρακάμψουμε τον συλλέκτη και την αποθήκη και να χρησιμοποιήσουμε αποκλειστικά το εφεδρικό σύστημα θέρμανσης για να καλύψουμε τις ανάγκες θέρμανσης. Ένα πιο λεπτομερές διάγραμμα συστήματος θέρμανσης χώρου που ενσωματώνει και σύστημα για ζέσταμα νερού για οικιακή χρήση φαίνεται στη Εικ. 5. Για το ζέσταμα του νερού χρησιμοποιείται ένας θερμικός εναλλάκτης αέρα-σε-νερό. Συνήθως χρησιμοποιείται ένα δοχείο προθέρμανσης όπως φαίνεται στο σχήμα.

Γενικά, τα πλεονεκτήματα των συλλεκτών αέρα είναι ότι ο αέρας δεν χρειάζεται προστασία από ακραίες θερμοκρασίες (παγετό ή υπερθέρμανση), ο αέρας δεν είναι διαβρωτικό υλικό

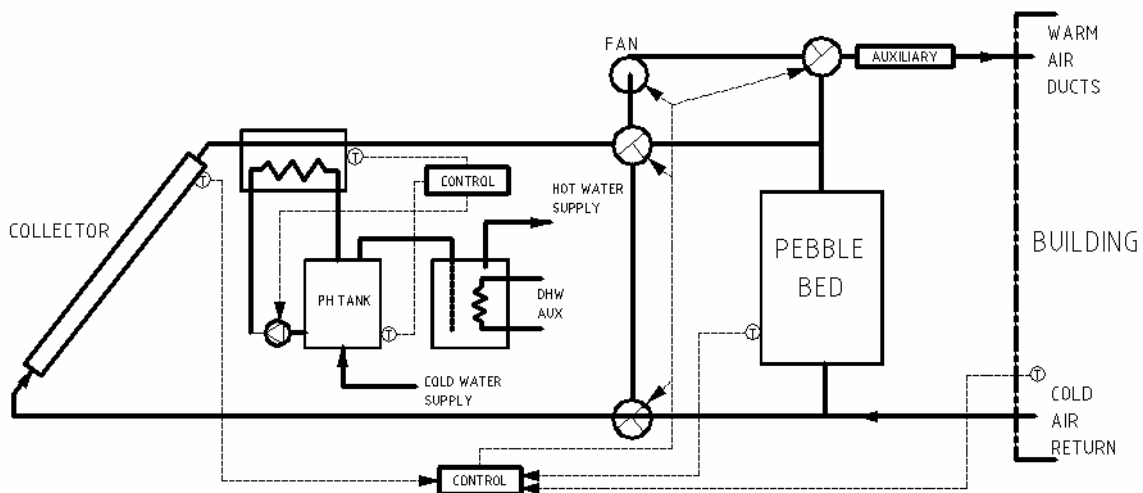
και δεν έχει κόστος. Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται το γεγονός ότι οι αγωγοί και οι ανεμιστήρες μεταφοράς χρειάζονται περισσότερο χώρο από το υδραυλικό σύστημα νερού, οι απώλειες αέρα είναι δύσκολες στον εντοπισμό και υπάρχει μεγαλύτερη απαίτηση σε ηλεκτρική ενέργεια για την λειτουργία των ανεμιστήρων απ' ότι των αντλιών στα υδραυλικά συστήματα.



Εικόνα 3 Σύστημα παραγωγής ζεστού νερού με ηλιακούς συλλέκτες αέρα



Εικόνα 4: Σχεδιάγραμμα του βασικού συστήματος αέρα



Εικόνα 5: Λεπτομέρες σχεδιάγραμμα συστήματος αέρα για θέρμανση χώρου

Για τα συστήματα θέρμανσης χώρου, επιπρόσθετα με τα πλεονεκτήματα που προαναφέραμε, άλλα πλεονεκτήματα είναι ο ψηλός βαθμός στρωμάτωσης που συντελείτε στο δοχείο χαλικιών το οποίο οδηγεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες στην είσοδο του συλλέκτη. Επιπρόσθετα, το μέσο μεταφοράς θερμότητας είναι ο αέρας και συστήματα θέρμανσης αέρα είναι συνηθισμένα στα κτίρια. Συστήματα ελέγχου που χρειάζονται για το σύστημα υπάρχουν επίσης στην αγορά.

Πέραν των μειονεκτημάτων των συλλεκτών αέρα που αναφέρθηκαν πιο πάνω, άλλα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν την δυσκολία να χρησιμοποιηθεί για ψύξη, ψηλά κόστα αποθήκευσης και θορυβώδες λειτουργία. Άλλο μειονέκτημα είναι ότι οι συλλέκτες αέρα λειτουργούν με υλικό μεταφοράς θερμότητας με χαμηλή ειδική θερμότητα και ως εκ τούτου χαμηλό  $F_R$  από ότι οι συλλέκτες νερού.

### 3. ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΑΕΡΑ

Το διάγραμμα ενός τυπικού επιπέδου συλλέκτη αέρα φαίνεται στη Εικ. 6. Ο αεραγωγός είναι στενός αγωγός με την επιφάνεια της πλάκας απορρόφησης να λειτουργά ως το πάνω κάλυμμα. Η θερμική ανάλυση είναι η ίδια με αυτήν που εφαρμόζεται και στους συλλέκτες νερού εκτός από την απόδοση των πτερυγίων και την αντίσταση των ενώσεων.

Η εξίσωση που δείχνει το ενεργειακό ισοζύγιο σε κομμάτι απορροφητή με εμβαδόν ( $1 \cdot \delta x$ ) είναι:

$$S(\delta x) = U_i(\delta x)(T_p - T_a) + h_{c,p-a}(\delta x)(T_p - T) + h_{r,p-b}(\delta x)(T_p - T_b) \quad (1)$$

όπου:

$h_{c,p-a}$  = συντελεστής μεταφοράς θερμότητας από τον απορροφητή στο αέρα δια μεταφοράς ( $W/m^2-K$ )

$h_{r,p-b}$  = συντελεστής μεταφοράς θερμότητας από τον απορροφητή στην πίσω πλάκα του συλλέκτη δια ακτινοβολίας ( $W/m^2-K$ )

Το ισοζύγιο ενέργειας του αέρα με όγκο ( $s \cdot 1 \cdot \delta x$ ) δίνει:

$$\left(\frac{\dot{m}}{W}\right) c_p \left(\frac{dT}{dx} \delta x\right) = h_{c,p-a}(\delta x)(T_p - T) + h_{c,b-a}(\delta x)(T_b - T) \quad (2)$$

όπου  $h_{c,b-a}$  = συντελεστής μεταφοράς θερμότητας από την πίσω πλάκα στο αέρα δια μεταφοράς ( $W/m^2-K$ ).

Το ενεργειακό ισοζύγιο της πίσω πλάκας με εμβαδόν ( $1 \cdot \delta x$ ) δίνει:

$$h_{r,p-b}(\delta x)(T_p - T_a) = h_{c,b-a}(\delta x)(T_b - T) + U_b(\delta x)(T_b - T_a) \quad (3)$$

Επειδή το  $U_b$  είναι πολύ μικρότερο από το  $U_t$ ,  $U_L \approx U_t$ . Για αυτό, αγνοώντας το  $U_b$  και λύνοντας την εξίσωση (3) για  $T_b$  δίνει:

$$T_b = \frac{h_{r,p-b} T_p + h_{c,b-a} T}{h_{r,p-b} + h_{c,b-a}} \quad (4)$$

Αντικαθιστώντας την Εξ. (4) στην Εξ. (1) δίνει:

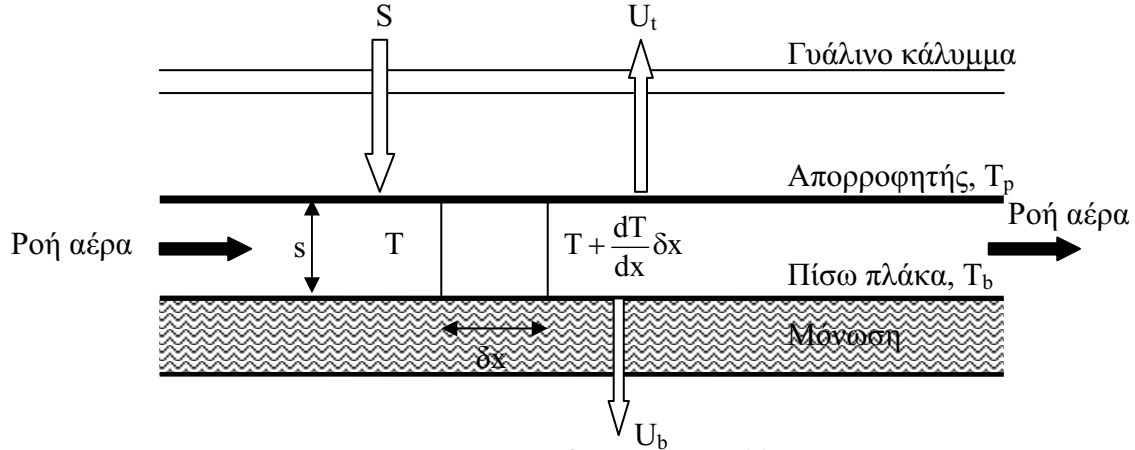
$$T_a(U_L + h) = S + U_L T_a + hT \quad (5)$$

όπου:

$$h = h_{c,p-a} + \frac{1}{\left(\frac{1}{h_{c,b-a}}\right) + \left(\frac{1}{h_{r,p-b}}\right)} \quad (6)$$

Αντικαθιστώντας την Εξ. (4) στην Εξ. (2) δίνει:

$$hT_p = \left(\frac{\dot{m}}{W}\right) c_p \frac{dT}{dx} + hT \quad (7)$$



Εικόνα 6: Σχηματικό διάγραμμα συλλέκτη αέρα

Τελικά, συνδυάζοντας τις Εξ. (5) και (7) δίνει:

$$\left(\frac{\dot{m}}{W}\right) c_p \frac{dT}{dx} = F' [S - U_L (T - T_a)] \quad (8)$$

όπου  $W =$  πλάτος του συλλέκτη και  $F' =$  συντελεστής απόδοσης του συλλέκτη για συλλέκτες αέρα που δίνεται από:

$$F' = \frac{1/U_L}{(1/U_L) + (1/h)} = \frac{h}{h + U_L} \quad (9)$$

Οι αρχικές συνθήκες της Εξ. (8) είναι  $T = T_i$  σε  $x = 0$ . Για αυτό, η συνολική λύση της Εξ. (8) είναι:

$$T = \left(\frac{S}{U_L} + T_a\right) + \frac{1}{U_L} [S - U_L (T_i - T_a)] \exp\left[-\frac{U_L F'}{(\dot{m}/W) c_p} x\right] \quad (10)$$

Αυτή η εξίσωση δίνει την κατανομή θερμοκρασίας του αέρα στον αγωγό. Η θερμοκρασία του αέρα στην έξοδο του συλλέκτη δίδεται από την Εξ. (10) για  $x = L$  και θεωρώντας ότι  $A_c = WL$ . Συνεπώς:

$$T_o = T_i + \frac{1}{U_L} [S - U_L (T_i - T_a)] \left[1 - \exp\left(-\frac{A_c U_L F'}{\dot{m} c_p}\right)\right] \quad (11)$$

Η κερδισμένη ενέργεια από τον αέρα δίνεται από:

$$\frac{Q_u}{W} = \left(\frac{\dot{m}}{W}\right) c_p (T_o - T_i) = \frac{\dot{m} c_p}{A_c U_L} [S - U_L (T_i - T_a)] \left[1 - \exp\left(-\frac{A_c U_L F'}{\dot{m} c_p}\right)\right] \quad (12)$$

Ο συντελεστής θερμικής απώλειας δίνεται από:

$$F_R = \frac{\dot{m}c_p}{A_c U_L} \left( 1 - \text{Exp} \left[ -\frac{U_L F' A_c}{\dot{m}c_p} \right] \right) \quad (13)$$

Έτσι η Εξ. (12) δίνει:

$$Q_u = A_c F_R [S - U_L (T_i - T_a)] \quad (14)$$

Αυτή η εξίσωση είναι βασικά η ίδια με την εξίσωση που δίνει την ωφέλιμη ενέργεια που παίρνουν και οι συλλέκτες νερού.

#### 4. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΑΕΡΑ

Υπάρχουν πολλοί συλλέκτες που έχουν δημιουργηθεί από πολλούς ερευνητές και για πάρα πολλές εφαρμογές. Οι ποιο πολλοί είναι πειραματικές συσκευές. Η πλειονότητα των εφαρμογών αφορά θέρμανση χώρου και αποξήρανση καρπών. Στις κτηριακές εφαρμογές οι συλλέκτες αέρα κατασκευάζονται επί τόπου αντικαθιστώντας μέρος της κατασκευής όπως για παράδειγμα την οροφή. Εδώ θα παρουσιαστούν μόνο πρόσφατες μελέτες.

Οι Zhai et al. [5] επεξεργάστηκαν έναν συλλέκτη αέρα οροφής με μονή και διπλή διαδρομή, για ζέσταμα χώρου το χειμώνα και φυσικό εξαερισμό το καλοκαίρι. Απέδειξαν ότι όταν εργάζεται με διπλή κατεύθυνση η στιγμιαία απόδοση του συλλέκτη αυξανόταν κατά μέσον όρο 10%. Αυτό καταδεικνύει ότι ο διπλής κατεύθυνσης υπερέχει του συλλέκτη μονής διαδρομής.

Οι Forson et al. [6] παρουσίασαν μια πειραματική και θεωρητική μελέτη αεριαγωγού με μονή κατεύθυνση με διπλό αγωγό. Στη μελέτη αυτή κατασκευάστηκε ένα εργαλείο ικανό να προβλέπει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, την ειδική θερμότητα, την μέση ροή αέρα, την μέση θερμότητα αέρα και την σχετική υγρασία στην έξοδο. Φαίνεται ότι η ροή αέρα είναι ο κύριος παράγοντας για τον προσδιορισμό της απόδοσης του συστήματος.

Οι Belusko et al. [7] παρουσίασαν μια μελέτη με συλλέκτη οροφής σε ένα ηλιακά θερμαινόμενο σύστημα με στόχο να ελαττώσει το ολικό κόστος του συστήματος. Αυτό επιτεύχθηκε με αυλακωτή μεταλλική οροφή η οποία μετατράπηκε σε συλλέκτη αέρα με την προσθήκη πλαστικού καλύμματος. Με αυτό το σχεδιασμό εξοικονομήθηκε 28% της αρχικής συμβατικής κατανάλωσης ενέργειας μιας αντλίας θερμότητας που χρησιμοποιήθηκε για την θέρμανση του κτιρίου.

Όσον αφορά την αποξήρανση καρπών οι Chemkhi et al. [8] παρουσίασαν μια μελέτη για την θερμική συμπεριφορά των συλλεκτών αέρα σαν πηγή ενέργειας για αποξηραντές. Παρουσίασαν ένα απλό μοντέλο βασισμένο στην εκτίμηση της ειδικής θερμότητας και υπολογίζοντας την εξερχόμενη θερμοκρασία, την ενέργεια που χρειάστηκε και την θερμική απόδοση σε συνάρτηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα του ανέμου και της ροής του αέρα. Το σύστημα δίνει θερμοκρασίες της τάξης των 60°C για δυναμικό σύστημα. Η απόδοση για σύστημα με ελεύθερη ροή είναι 10-15% ενώ στην δυναμική ροή η απόδοση είναι 50-60%.

Ο Esen [9] παρουσίασε μια πειραματική ενεργειακή ανάλυση ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη αέρα με εμπόδια και χωρίς εμπόδια. Η ανάλυση δείχνει ότι ο συλλέκτης διπλής ροής με εμπόδια παρουσιάζεται να έχει καλύτερα αποτελέσματα από αυτόν με χωρίς εμπόδια.

Ο Koyuncu [10] μελέτησε την συμπεριφορά έξι διαφορετικών τύπων συλλεκτών αέρα:

1. Μονό πλαστικό κάλυμμα με σκληρό απορροφητή βαμμένο με μαύρο χρώμα, με πρόσθια είσοδο.
2. Μονό πλαστικό κάλυμμα, επίπεδο απορροφητή βαμμένο μαύρο με πρόσθια είσοδο.
3. Μονό πλαστικό κάλυμμα, με ζίκζακ απορροφητή και πρόσθια είσοδο.
4. Μονό πλαστικό κάλυμμα, με μαύρο επίπεδο απορροφητή και οπίσθιο πέρασμα.
5. Μονό πλαστικό κάλυμμα, με μαύρο ζίκζακ απορροφητή και οπίσθιο πέρασμα.
6. Διπλό πλαστικό κάλυμμα, με μαύρο επίπεδο απορροφητή και οπίσθιο πέρασμα.

Το πιο αποδοτικό σύστημα είναι το Νο 2. Η επίδραση του σχήματος του απορροφητή στην απόδοση του συλλέκτη είναι περιορισμένη.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε αυτό το άρθρο παρουσιάζεται μια ανασκόπηση συλλεκτών αέρα. Τα συστήματα αέρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ζέσταμα νερού, ζέσταμα χώρου και για αποξήρανση καρπών. Υπάρχουν βασικά δύο τύποι συλλεκτών αέρα, μονής και διπλής ροής. Παρουσιάζεται επίσης η θερμική ανάλυση των συλλεκτών αέρα. Αυτή είναι όμοια με αυτήν των συνηθισμένων συλλεκτών με την χρήση νερού εκτός από την απόδοση των πτερυγίων και την αντίσταση των ενώσεων. Οι εφαρμογές που παρουσιάζονται αφορούν μόνο πρόσφατες δημοσιεύσεις για θέρμανση χώρου και αποξήρανση καρπών που είναι και οι κύριες εφαρμογές των συλλεκτών αέρα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Kalogirou, S., 2001. Solar Water Heating in Cyprus: Facts and Prospects, *Proceedings of Sharjah Solar Energy Conference Incorporating the Regional World Renewable Energy Congress and the 7th Arab Conference on Solar Energy on CD-ROM*, UAE, 2001.
2. Kreider J.F., *The Solar Heating Design Process*, McGraw-Hill Book Company, 1982.
3. Kreider J.F., Kreith F., *Solar Heating and Cooling*, McGraw-Hill Book Company, 1977.
4. Kalogirou, S., Solar Thermal Collectors and Applications, *Progress in Energy and Combustion Science*, Vol. 30, No. 3, pp. 231-295, 2004.
5. Zhai Z.Q., Dai Y.J., Wang R.Z., Comparison of heating and natural ventilation in a solar house induced by two roof solar collectors, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 25, pp. 741-757, 2005.
6. Forson F.K., Nazha M.A.A., Rajakaruna H., Experimental and simulation studies on a single pass double duct solar air heater, *Energy Conversion and Management*, Vol. 44, pp. 1209-10227, 2003.
7. Belusko M., Saman W., Bruno F., Experimental study of a roof integrated solar collector in a solar heating system, *Proceedings of the World Renewable Energy Congress VII on CD ROM*, Cologne, Germany 2002.
8. Chemkhi S., Zagrouba F., Bellagi A., Drying of agricultural crops by solar energy, *Desalination*, Vol. 168, pp. 101-109, 2004.
9. Esesn H., Experimental energy and exergy analysis of a double-flow solar air heater having different obstacles on absorber plates, *Building and Environment*, Vol. 43, pp. 1046-1054, 2008.
10. Koyuncu T., Performance of various design of solar air heaters for crop drying applications, *Renewable Energy*, Vol. 31, pp. 1073-1088, 2006.