

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

Ε. Κυριάκη*, Ε. Γιαμά, Α.Μ. Παπαδόπουλος

Εργαστήριο Κατασκευής Συσκευών Διεργασιών, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ, Κτίριο Δ, 8ος όροφος, υπεύθυνος επικοινωνίας, ηλεκτρονική
διεύθυνση: kelli@auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια αλλά και των επιπτώσεων που έχει η λειτουργία τους στο περιβάλλον, κυρίως των εκπομπών CO₂, αποτελούν βασικό στόχο των ενεργειακών πολιτικών στην Ευρώπη. Στο πλαίσιο αυτό αναπτύχθηκαν διάφορες τεχνολογίες εκμετάλλευσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (κυρίως ηλιακής ενέργειας) για την θέρμανση και την ψύξη των χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιαστούν τα χαρακτηριστικά των ηλιοθερμικών συστημάτων συνδυασμένης λειτουργίας για την θέρμανση και ψύξη των χώρων καθώς και την παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης (Solar Combi και Solar Combi +) σε σχέση με τις υφιστάμενες τεχνολογίες και να αποτυπωθούν οι εφαρμογές αυτών σε Ελλάδα και Ευρώπη. Στο πλαίσιο αυτό, θα γίνει αρχικά, μια αναλυτική περιγραφή των συστημάτων και των επιμέρους στοιχείων τους καθώς και των διαφορετικών ειδών που συναντώνται στην αγορά. Στο πλαίσιο της μελέτης, θα εντοπιστούν και θα σχολιαστούν οι εφαρμογές που έχουν ήδη γίνει στην Ευρώπη και στην συνέχεια θα διερευνηθούν οι αντίστοιχες εφαρμογές ή δυνατότητες εφαρμογών στην Ελλάδα.

Ο βασικός σκοπός της εργασίας είναι να συγκριθεί η τεχνολογία των Solar Combi και Solar Combi+ συστημάτων με άλλες συμβατικές υφιστάμενες τεχνολογίες που εφαρμόζονται στα κτίρια. Η σύγκριση θα πραγματοποιηθεί με βάση την δομή και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων, την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή τους καθώς και την οικονομική και περιβαλλοντική τους απόδοση.

Λέξεις Κλειδιά: Ηλιακή Ενέργεια, Solar Combi Systems, Solar Combi+ Systems

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η Ευρώπη, σε ένα γενικότερο παγκόσμιο πλαίσιο, αντιμετωπίζει προκλήσεις στο ενεργειακό και οικονομικό τομέα. Το ευμετάβλητο οικονομικό κλίμα αποτελεί έντονη πηγή διαταραχών και τροχοπέδη στην συνεχόμενη ανάπτυξη των Ευρωπαϊκών χωρών. Οι ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις σε ενέργεια, που παρατηρήθηκαν τα τελευταία χρόνια οδήγησαν στην σταδιακή εξάντληση των ορυκτών καυσίμων. Παράλληλα, η σημαντική αύξηση των αέριων ρύπων (CO₂ και NO_x) με σημαντικές επιπτώσεις στο κλίμα και στην ποιότητα του αερίου περιβάλλοντος (π.χ. φαινόμενο του θερμοκηπίου). Η ανάγκη για χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε συνδυασμό με την απαίτηση για υψηλότερη ποιότητα διαβίωσης και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αναδεικνύουν σε μείζονα σκοπό την ανάπτυξη και ενσωμάτωση τεχνολογιών που προωθούν την εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και υιοθετούν βέλτιστες πρακτικές ορθολογικής χρήσης ενέργειας [1], [2]. Στην προσπάθεια αυτή, η Ευρωπαϊκή ένωση παίζει κυρίαρχο ρόλο μέσα από μία σειρά δράσεων και πρωτοβουλιών (Target 20-20-20) προκειμένου να βασιστεί αλλά και να διασφαλιστεί η ανάπτυξη σε γερές οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές βάσεις. Πιο συγκεκριμένα, η Ευρώπη έχει θέσει ως στόχο, το 20% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης να προέρχεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας [3].

Στην κατεύθυνση λοιπόν της προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν αναπτυχθεί ποικίλα συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας κυρίως για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης στα κτίρια καθώς και την θέρμανση των αντίστοιχων χώρων. Παράλληλα, έχουν αναπτυχθεί αντίστοιχα συστήματα για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων, τα οποία παρόλα αυτά δεν είναι ακόμη τόσο διαδεδομένα στην Ευρώπη.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η ανάλυση και περιγραφή των συστημάτων αυτών θα γίνει με βάση το πεδίο εφαρμογής τους. Αρχικά, θα παρουσιαστούν τα ηλιοθερμικά συστήματα συνδυασμένης λειτουργίας που χρησιμοποιούνται για την θέρμανση των χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (Solar Combi Systems). Στην συνέχεια, θα περιγραφούν αντίστοιχα συστήματα συνδυασμένης λειτουργίας τα οποία εκτός από την θέρμανση και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης καλύπτουν και τις απαιτήσεις ψύξης (Solar Combi+ Systems).

Στα συστήματα αυτά η απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας γίνεται μέσω ηλιακών συλλεκτών που τοποθετούνται στην οροφή ή το δώμα του κτιρίου. Η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα η οποία μεταφέρεται στο ρευστό που ρέει στους σωλήνες (συνήθως νερό), ενώ ένα ποσό χάνεται στο περιβάλλον. Μέσω ενός συστήματος σωληνώσεων, μια ποσότητα του ρευστού μεταφέρεται απευθείας στο σύστημα θέρμανσης ή ψύξης ενώ το υπόλοιπο διοχετεύεται στο δοχείο αποθήκευσης για μελλοντική χρήση.

Solar Combi

Σε αυτά τα συστήματα, η επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών που εγκαθίστανται είναι μεγαλύτερη από αυτήν που υπάρχει όταν οι ηλιακοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται μόνο για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, καθώς πρέπει να καλυφθεί ένα μέρος των απαιτήσεων θέρμανσης. Συνήθως υπάρχει εκτός του ηλιακού συστήματος και μια βοηθητική πηγή θερμότητας (συνήθως πετρέλαιο, φυσικό αέριο ή ηλεκτρική ενέργεια) που χρησιμοποιείται είτε σε περίπτωση που δεν επαρκεί ο ήλιος, είτε επειδή δεν είναι οικονομικότερα σκόπιμο να καλυφθεί το 100% του φορτίου ηλιακά. Λόγω των διαφορετικών θερμοκρασιών που απαιτούνται για το ζεστό νερό χρήσης και το νερό που τροφοδοτεί το σύστημα θέρμανσης, υπάρχουν δύο διαφορετικών θερμοκρασιών δοχεία αποθήκευσης τα οποία τροφοδοτούν το αντίστοιχο σύστημα, μέσω συστήματος ελέγχου. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα να τοποθετηθεί ένα δοχείο και για τις δύο λειτουργίες όπου όμως απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός ώστε να μην αναπτυχθούν φαινόμενα μίξης. Στην συνέχεια θα περιγραφούν συνοπτικά τα υποσυστήματα.

Όπως αναφέρθηκε σε πρότερο σημείο της ανάλυσης αυτής, η τεχνολογία Solar Combi έχει την δυνατότητα κάλυψης των θερμικών αναγκών αλλά και της παροχής ζεστού νερού χρήσης. Τα απαραίτητα υποσυστήματα για τις λειτουργίες αυτές είναι το σύστημα απορρόφησης και αποθήκευσης θερμότητας και το σύστημα διανομής της. Πιο αναλυτικά το σύστημα απορρόφησης και αποθήκευσης θερμότητας αποτελείται από:

- **Ηλιακός Συλλέκτης:** Στο στοιχείο αυτό γίνεται η εκμετάλλευση της ενέργειας προερχόμενης από τον ήλιο μέσω ειδικά σχεδιασμένων διατάξεων. Η ενέργεια συλλέγεται μέσω του απορροφητή ενώ η βασική αρχή λειτουργίας του είναι η μετάδοση της ενέργειας αυτής σε ρευστό μέσο (νερό ή μίγμα νερού-γλυκερίνης) μέσω δικτύου σωληνώσεων. Η γεωμετρία των συλλεκτών ποικίλει λαμβάνοντας πάντα υπόψη την αποδοτικότητα, το διαθέσιμο χώρο αλλά και τους σκοπούς της εκάστοτε εφαρμογής (π.χ. επίπεδοι ή παραβολικοί συλλέκτες). Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ η διαστασιολόγηση του συλλέκτη γίνεται πάντα με βάση τις ανάγκες για θέρμανση και παροχής ζεστού νερού χρήσης.
- **Δοχείο αποθήκευσης θερμότητας:** Το χαρακτηριστικό αυτό επεκτείνει τις δυνατότητες μίας διάταξης Solar Combi για την συνεχόμενη αποδοτική της λειτουργίας σε περιόδους έλλειψης της πηγής ενέργειας (ηλιακή ακτινοβολία). Επιπροσθέτως, διασφαλίζει την βέλτιστη αποδοτική λειτουργία των βοηθητικών συστημάτων κατά την διάρκεια λειτουργίας με μεσαία φορτία, εξασφαλίζοντας την συνολική απρόσκοπτη αλλά και αποδοτική της διάταξης. Τέλος αποτελεί σημαντικό πεδίο έρευνα και εξέλιξης για την επίτευξη συνεχούς ενεργειακής αυτονομίας (High Combi Systems) [4].

Από την φάση του σχεδιασμού και κατασκευής του συστήματος συλλογής και αποθήκευσης θερμότητας έπεται η διανομή αυτής για την κατάλληλη αξιοποίηση της. Αυτό επιτυγχάνεται από το σύστημα διανομής θερμότητας το οποίο και περιγράφεται σύμφωνα με το χρησιμοποιούμενο μέσο ως εξής.

- **Συστήματα διανομής με αέρα:** Όπως γίνεται κατανοητό το χρησιμοποιούμενο μέσο είναι ο αέρας για σκοπούς θέρμανσης, εξαερισμού ή αφύγρανσης. Το σύστημα αυτό επιλέγεται ιδιαίτερα για την κάλυψη αναγκών επαγγελματικών χώρων. Κύρια κατασκευαστικά του στοιχεία είναι ένα δίκτυο σωληνώσεων προσαγωγής του αέρα και ένα απαγωγής αυτού, το οποίο μπορεί να ενσωματώνει και ένα υποσύστημα ανάκτησης θερμότητας που σε διαφορετική περίπτωση θα αποβάλλονταν στο περιβάλλον αυξάνοντας έτσι τις απώλειες.
- **Σύστημα διανομής με νερό:** Αντίστοιχα σε αυτή την περίπτωση το χρησιμοποιούμενο μέσο είναι το νερό το οποίο μεταφέρει την παραγόμενη θερμότητα μέσω ενός κλειστού-κυκλώματος σωληνώσεων. Χρησιμοποιείται για σκοπούς θέρμανσης αλλά δεν μπορεί να καλύψει ανάγκες εξαερισμού ή αφύγρανσης χωρίς την προσθήκη κατάλληλου μηχανικού συστήματος.

Solar Combi +

Οι διατάξεις αυτές αποτελούν εξέλιξη των Solar Combi καθώς ενσωματώνουν ένα σύστημα ψύξης ικανό να ανταποκριθεί στα απαιτούμενα ψυκτικά φορτία του χώρου. Αποτελούν ένα πεδίο ζωηρής μελέτης τα τελευταία χρόνια με 600 περίπου πιλοτικές εφαρμογές το 87% των οποίων έχουν γίνει στην Ευρώπη. Καθώς αποτελούν εξέλιξη των Solar Combi η λογική λειτουργίας τους και η δομή τους μοιάζει με αυτά. Πρόσθετο στοιχείο εδώ είναι ένα υποσύστημα ψύξης. Επίσης, κάποιες κατασκευαστικές αλλαγές μπορεί να προκύψουν από την διαδικασία ενσωμάτωσης του συστήματος αυτού με τα κλασικά συστήματα παραγωγής-αποθήκευσης και διανομής θερμότητας. Για χάρη συνοπτικότητας εδώ θα περιγραφεί μόνο το σύστημα ψύξης καθώς η βασική δομή και λειτουργία των υπολοίπων παραμένει η ίδια.

Σύστημα Ψύξης-Βασική Αρχή Λειτουργίας: Όπως είναι γνωστό για τις διαδικασίες ψύξης απαιτείται αντιστροφή της φυσικής ροής θερμότητας. Αυτό γίνεται με την βοήθεια ενός ψύκτη. Η ενέργεια που απαιτείται για την λειτουργία του προέρχεται από ένα ρευστό υψηλής

θερμοκρασίας (στην περίπτωση των Combi από τον ηλιακό συλλέκτη ή το δοχείο αποθήκευσης) και ονομάζεται κινητήρια θερμότητα. Μέσω του ψύκτη, απάγεται θερμότητα από τον κλιματιζόμενο χώρο, η οποία στην συνέχεια απορρίπτεται συνήθως στο εξωτερικό περιβάλλον.

Όπως και στο σύστημα παραγωγής θερμότητας, συνήθως υπάρχει μια βοηθητική πηγή ενέργειας (συνήθως ηλεκτρική ενέργεια) για να καλύψει τις ανάγκες όταν δεν επαρκεί η ηλιακή ενέργεια.

3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Το ευρωπαϊκό πρότυπο BREEAM είναι το παλαιότερο σύστημα που διαμορφώθηκε για τον προσδιορισμό της περιβαλλοντικής επίδοσης των κτιρίων. Στο μητρώο του είναι καταγεγραμμένα περισσότερα από 200.000 πιστοποιημένα κτίρια [5], [6]. Στη δομή του στηρίχθηκαν όλα τα μεταγενέστερα συστήματα αξιολόγησης ενώ η αναγνωρισιμότητα του είναι παγκόσμια. Επιπλέον, προσαρμόζει τις προδιαγραφές εφαρμογής των κριτηρίων ανάλογα με τη ισχύουσα νομοθεσία του κράτους στο οποίο ανήκει το υπό μελέτη κτίριο και έχει ενσωματώσει στη δομή του τις αρχές προτύπων ISO όπως το ISO 14001 (Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης), το ISO 14040-14043 (Ανάλυση Κύκλου Ζωής) ενώ βρίσκεται σε συμβατότητα με τη σειρά των νέων προτύπων ISO (21931-1:2010) για τη «βιωσιμότητα στην κατασκευή κτιρίων» καθώς και με τα ευρωπαϊκά υπό κατασκευή πρότυπα CEN / TC 350. Αντίστοιχα, το πρότυπο Leadership in Energy and Environmental Design [7] από τις Η.Π.Α. είναι και αυτό από τα πιο ώριμα συστήματα που διαμορφώθηκαν για τον προσδιορισμό της περιβαλλοντικής επίδοσης των κτιρίων και η δομή του στηρίχθηκε στο Βρετανικό BREEAM. Η αναγνωρισιμότητα του είναι παγκόσμια και ένα από τα βασικά του πλεονεκτήματα σε σχέση και με τα υπόλοιπα συστήματα αξιολόγησης είναι οι εύχρηστες διαδικτυακές φόρμες επικοινωνίας που διευκολύνουν την εφαρμογή του σε χώρες εκτός Αμερικής.

Τα Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης Κτιρίων στόχο έχουν τη βιωσιμότητα με παράλληλα οικονομικά και κοινωνικά οφέλη. Αποτελούν ολοκληρωμένα συστήματα αξιολόγησης, τα οποία στηρίζονται σε άλλες μεθοδολογίες και διαχειριστικά εργαλεία ενώ παράλληλα εναρμονίζονται με την ισχύουσα περιβαλλοντική νομοθεσία. Η δομή τους στηρίζεται στη συλλογή μονάδων και έχουν σχεδιαστεί για να αξιολογούν την περιβαλλοντική επίδοση νέων και υφιστάμενων κτιρίων με βάση συγκεκριμένο πρότυπο αξιολόγησης. Ο βιώσιμος σχεδιασμός στοχεύει στην αξιολόγηση των περιβαλλοντικών πτυχών στον κύκλο ζωής των κτιρίων. Η ουσιαστική διαφοροποίηση των συστημάτων έγκειται στους βαθμούς που δίνει το εκάστοτε σύστημα αξιολόγησης ανά κριτήριο και περιβαλλοντική πτυχή. Ο βασικός όμως στόχος της αξιολόγησης της περιβαλλοντικής επίδοσης και της ολιστικής προσέγγισης του περίπλοκου ζητήματος της περιβαλλοντικής αξιολόγησης των κτιρίων παραμένει κοινός για όλα τα συστήματα [8].

Τόσο στο σύστημα αξιολόγησης BREEAM όσο και στο LEED περιλαμβάνεται η περιβαλλοντική πτυχή που σχετίζεται με τη ορθολογική χρήση ενέργειας και προωθούνται βέλτιστες πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας, η χρήση Ανανεώσιμων Πηγών, αυτοματισμών και ενεργειακών συστημάτων χαμηλών εκπομπών CO₂. Πιο συγκεκριμένα στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης για νέες κατασκευές κτιρίων.

Είναι λοιπόν φανερό ότι εξελιγμένα ενεργειακά συστήματα όπως τα COMBI μπορούν να οδηγήσουν ένα κτίριο σε υψηλότερη περιβαλλοντική επίδοση καθώς μοριοδοτούν το υπό αξιολόγηση κτίριο στα παρακάτω κριτήρια:

- μείωση εκπομπών CO₂ / υιοθέτηση τεχνολογιών χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών
- υιοθέτηση αποδοτικών ενεργειακών συστημάτων
- εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών ψυκτικών συστημάτων

Τα συστήματα Combi, που καλύπτουν τις απαιτήσεις θέρμανσης των χώρων καθώς και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, ευνοούν τα υπό αξιολόγηση κτίρια στη βαθμολόγηση

σύμφωνα με τα κριτήρια που σχετίζονται με τη μείωση εκπομπών CO₂ και την υιοθέτηση αποδοτικών ενεργειακών συστημάτων. Επιπρόσθετα, τα εξελιγμένα συστήματα Combi+, που καλύπτουν και τις απαιτήσεις ψύξης του κτιρίου, δίνουν στο υπό αξιολόγηση κτίριο υψηλότερη περιβαλλοντική επίδοση καθώς προωθούν την εφαρμογή πιο αποδοτικών συστημάτων και στη λειτουργία της ψύξης.

Πίνακας 1: Περιβαλλοντικές πτυχές, κριτήρια αξιολόγησης και διαθέσιμη βαθμολογία για νέες κατασκευές κτιρίων κατά BREEAM		
Κριτήρια ανά περιβαλλοντική πτυχή	Διαθέσιμη βαθμολογία	Παρατηρήσεις
Χρήση ενέργειας	31	
Μείωση εκπομπών CO ₂ / υιοθέτηση τεχνολογιών χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών	15	Οι υπολογισμοί αφορούν όλες τις καταναλώσεις ενέργειας, έλεγχο και περιγραφή όλων των ενεργειακών συστημάτων, χρήση ΑΠΕ. Οι υπολογισμοί γίνονται από λογισμικό του φορέα ή στην περίπτωση που γίνουν με άλλο θα πρέπει από πριν να έχει γίνει ενημέρωση με το φορέα ώστε να εξασφαλιστεί η αντιστοιχία των αποτελεσμάτων. Η κατάταξη του κτιρίου γίνεται με βάση το δείκτη Energy Performance Ratio for New Constructions (EPR _{NC}).
Παρακολούθηση καταναλώσεων ενέργειας	1	Καταγραφές, μετρήσεις όλων των υποσυστημάτων ενέργειας και τήρηση σχετικού αρχείου.
Αποδοτικός εξωτερικός και εσωτερικός φωτισμός	2	Ανάλογα με τη χρήση του χώρου αν είναι parking, μονοπάτι, κάποιο μνημείο, είσοδοι θα γίνει ανάλογος σχεδιασμός. Χρησιμοποιούνται λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας και συστήματα αυτόματου ελέγχου των συστημάτων φωτισμού.
Αποδοτικά ενεργειακά συστήματα	2	Στο χώρο των κτιρίων επιλέγονται ενεργειακά αποδοτικά συστήματα που αποδεδειγμένα οδηγούν σε εξοικονόμηση ενέργειας και μειωμένες εκπομπές CO ₂ .
Ενεργειακά αποδοτικός εξοπλισμός	2	Ο στόχος είναι ο εξοπλισμός των κτιρίων να εξοικονομεί ενέργεια και να οδηγεί σε μειωμένες εκπομπές CO ₂ .
Τεχνολογίες χαμηλής ή και μηδενικής παραγωγής CO ₂	5	Υιοθέτηση τεχνολογιών ενεργειακής εξοικονόμησης συνοδευόμενες από μελέτη οικονομικής σκοπιμότητας. Οι βαθμοί δίνονται ανάλογα με τη μείωση των εκπομπών CO ₂ .
Ενεργειακά αποδοτικά ψυκτικά συστήματα	2	Ψυκτικά συστήματα νέας τεχνολογίας που θα είναι ενεργειακά αποδοτικά και που αποδεδειγμένα, βάσει του προτύπου BSEN 378-1, μειώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
Ενεργειακά αποδοτικά συστήματα μεταφοράς	2	Αφορά προδιαγραφές για κυλιόμενες σκάλες και ασανσέρ.

4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένες ευρωπαϊκές εφαρμογές των οποίων βασικός στόχος είναι η προώθηση και η διείσδυση στις αγορές αποδοτικών ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης [9].

- 1) *Αυξάνοντας την διείσδυση στις αγορές των ηλιακών συστημάτων κλιματισμού για μικρές και μεσαίες εφαρμογές σε δημόσια κτίρια και κτίρια κατοικιών (SOLAIR) [10].*

Διάρκεια: 1/2007-12/2009

Κύριος Στόχος: Προώθηση της σχετικά καινούριας τεχνολογίας μέσω της εξοικείωσης με αυτά.

Συμπεράσματα: α) Μικρή διείσδυση στις αγορές λόγω του αυξημένου κόστους σε σχέση με τις συμβατικές εφαρμογές, β) Η έλλειψη εφαρμογών μειώνει την αξιοπιστία της τεχνολογίας, γ) Συγγραφή οδηγού με τεχνικές πληροφορίες.

- 2) *Προσδιορισμός των πιο κερδοφόρων αγορών για την εισαγωγή και προώθηση μικρής κλίμακας ηλιοθερμικών συστημάτων συνδυασμένης λειτουργίας για την θέρμανση και την ψύξη των χώρων (SOLAR COMBI+) [11].*

Διάρκεια: 9/2007-2/2010

Κύριος Στόχος: Η προετοιμασία και προώθηση της εισαγωγής στην αγορά τέτοιων συστημάτων με σκοπό την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, για κτίρια χαμηλών ενεργειακών απαιτήσεων (φορτία μέχρι 20kW).

Συμπεράσματα: α) Ο προσδιορισμός των επιμέρους συστημάτων αποτελεί περίπλοκη διαδικασία λόγω των διαφορετικών και πολλές φορές αντιφατικών εθνικών κανονισμών, β) Υψηλό κόστος για μικρές εφαρμογές, γ) Βελτίωση της τεχνογνωσίας και γνωριμία της τεχνολογίας με το κοινό.

- 3) *Ηλιακό Σύστημα Θέρμανσης και Ψύξης των χώρων μέσω καινοτόμου σχεδιασμού και μεθόδων (HIGH COMBI) [12].*

Διάρκεια: 6/2007-12/2011

Κύριος Στόχος: Ο συνδυασμός ηλιακών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης με καινοτόμο σύστημα αποθήκευσης μέσω του οποίου επιτυγχάνεται η πλήρης κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου. Επίσης, η κατασκευή ενός πειραματικού συστήματος μέσω συνδυασμένων τεχνολογιών και μεθόδων ελέγχου. Οι προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν σε τέσσερις χώρες: Ελλάδα, Ισπανία, Ιταλία και Αυστρία.

Συμπεράσματα: α) Επιτυχής ανάπτυξη και κατασκευή ενός ηλιοθερμικού συστήματος συνδυασμένης λειτουργίας για θέρμανση και ψύξη με καινοτόμο σύστημα αποθήκευσης θερμότητας, ώστε να καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες όλο τον χρόνο, β) η αξιοπιστία ελέγχθηκε και για τις τέσσερις κλιματικές συνθήκες, παρόλα αυτά περαιτέρω πιστοποίηση του συστήματος κρίνεται αναγκαία, γ) η ανάπτυξη της τεχνολογίας συνοδεύτηκε από στρατηγικές διάδοσης και προώθησης της, ώστε να γίνει κατανοητή στο ευρύ κοινό.

- 4) *Ανάπτυξη τρίτης γενιάς συστημάτων συνδυασμένης λειτουργίας για θέρμανση και ψύξη, αξιοποιώντας την εξαγόμενη θερμότητα από τον πύργο προσρόφησης (COOL SUN) [13].*

Διάρκεια: 1/2011- Σήμερα

Κύριος Στόχος: Σχεδιασμός, Ανάπτυξη, Κατασκευή και Πιστοποίηση ενός τέτοιου συστήματος με στόχο την πλήρη ενεργειακή αυτονομία του κτιρίου στα Μεσογειακά κλίματα και 50% αυτονομία στην Κεντρική Ευρώπη. Η εφαρμογή θα γίνει σε χώρους γραφείων και επαγγελματικούς χώρους.

Επιμέρους Στόχοι:

Ανάπτυξη υπολογιστικών μεθόδων μέσω υπολογιστή για την δυναμική προσομοίωση του συστήματος και των συστημάτων ελέγχου

Ανάπτυξη ενός πρωτότυπου συστήματος που αποτελείται από: ηλιακό συλλέκτη, σύστημα αποθήκευσης θερμότητας, πύργος προσροφητή 11kW και σύστημα αυτόματου ελέγχου.

5. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στον πίνακα 2 παρουσιάζεται μια ποιοτική συγκριτική αξιολόγηση τριών ηλιακών συστημάτων και δύο συμβατικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται ευρέως στην Ελλάδα. Η κλίμακα κυμαίνεται από το 1 μέχρι το 4, όπου το 4 δηλώνει έντονη προτίμηση.

Πίνακας 2: Ποιοτική Συγκριτική Αξιολόγηση Διαφόρων Συστημάτων					
ΣΥΣΤΗΜΑ/ΚΑΥΣΙΜΟ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ		ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ		ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
	Θερμό Κλίμα	Ψυχρό Κλίμα	Θερμό Κλίμα	Ψυχρό Κλίμα	
Ηλιακός Συλλέκτης	4	3	3	2	3
Σύστημα Combi	2	3.5	3	4	3.5
Σύστημα Combi+	3	3	3	1	4
Ηλεκτρική Ενέργεια	1	1	2	2	1
Φυσικό Αέριο	1	1	1	1	2

Η ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο παρατίθεται στον πίνακα για λόγους αναφοράς, μιας και αποτελούν τις πλέον διαδεδομένες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα για τη θέρμανση, ψύξη καθώς και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Αποτελούν συμβατικά καύσιμα, οπότε η έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας δεν υφίσταται, ενώ από οικονομικής πλευράς έχουν χαμηλό κόστος εγκατάστασης αλλά μικρές έως μηδαμινές δυνατότητες απόσβεσης του κεφαλαίου.

Τα συστήματα Combi και Combi+ έχουν παρόμοια αποτελέσματα στην αξιολόγηση. Όσον αφορά τα θερμά κλίματα, όπου οι απαιτήσεις θέρμανσης είναι μικρές, τα συστήματα Combi+ προσφέρουν μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της δυνατότητας ψύξης των χώρων. Παρόλα αυτά, λόγω του μεγάλου κόστους εγκατάστασης, ο χρόνος απόσβεσης της κατασκευής είναι μεγάλος. Στα ψυχρά κλίματα, όπου οι απαιτήσεις για ψύξη είναι ελάχιστες έως αμελητέες, τα συστήματα Combi+ δεν αποτελούν οικονομικά σκόπιμη λύση.

Τέλος, οι ηλιακοί συλλέκτες αποτελούν την πλέον διαδεδομένη και φιλική προς το περιβάλλον εγκατάσταση στην Ελλάδα. Σε σύγκριση με τα συστήματα Combi, σε ψυχρά κλίματα, παρατηρείται ότι τα συστήματα Combi αποτελούν πιο αποδοτική λύση καθώς με μικρή αύξηση στην εγκατεστημένη επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών επιτυγχάνεται και η θέρμανση και η παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης και συνεπώς μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας. Η περιβαλλοντική αξιολόγηση έγινε στη βάση της σημαντικότερης εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνεται με τη χρήση των υπό αξιολόγηση ενεργειακών συστημάτων καθώς και στην υψηλότερη περιβαλλοντική επίδοση που λαμβάνει ένα υπό πιστοποίηση κτίριο με εφαρμογή των Συστημάτων τύπου BREEAM και LEED.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα ηλιοθερμικά συστήματα συνδυασμένης λειτουργίας για την θέρμανση και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (Solar Combi Systems), καθώς και τα πιο εξελιγμένα ηλιοθερμικά συστήματα συνδυασμένης λειτουργίας που καλύπτουν, εκτός από την θέρμανση και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης αλλά και τις απαιτήσεις σε ψύξη, αποτελούν μια ιδιαίτερα ελκυστική λύση για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών CO₂. Συνδυάζοντας τα συστήματα αυτά με συστήματα ελέγχου και αυτοματισμών υπάρχει η δυνατότητα να επιτευχθεί πλήρης ενεργειακή αυτονομία στο κτίριο. Παράλληλα, τα Solar Combi καθώς και τα Solar Combi+ προσφέρουν ιδιαίτερα υψηλή περιβαλλοντική επίδοση στο κτίριο, σύμφωνα με τα με τα κριτήρια που θέτουν δημοφιλή συστήματα αξιολόγησης τύπου LEED και BREEAM. Ωστόσο, η εφαρμογή τους δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στην Ευρώπη και ιδιαίτερα στην Ελλάδα, λόγω του υψηλού κόστους εγκατάστασης. Προκύπτουν λοιπόν, μεγάλοι χρόνοι απόσβεσης (ιδιαίτερα για τα Solar Combi+), καθιστώντας την εφαρμογή τους μια οικονομικά μη σκόπιμη επένδυση, ειδικά όσον αφορά τον τομέα των κτιρίων κατοικίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] http://ec.europa.eu/energy/energy2020/index_en.htm, Τελευταία Ανάκτηση: 18/9/2014
- [2] Habid, S., Othman, M., Sopian, K., Zaidi, S., 2014, "An overview of photovoltaic thermal combination (PV/T combi) technology", Renewable and Sustainable Energy Reviews 38, pp. 212-222
- [3] <http://ec.europa.eu/europe2020/targets/eu-targets/>, Τελευταία Ανάκτηση: 18/9/2014
- [4] Karytsas, C., 2012, "High Solar Fraction heating and cooling systems with combination of innovative components and methods", Publishable Final Activity Report
- [5] Building Research Establishment, (BRE) (2009b). BRE Environmental Assessment Method (BREEAM), United Kingdom, www.breeam.org
- [6] Building Research Establishment, (BRE) (2011). New Construction. Non – Domestic Buildings Technical Manual SD5073-2.0:2011, United Kingdom. www.breeam.org
- [7] LEED, 2005. LEED-NC Green Building Rating System – new construction and major renovations, Version 2.2, USA
- [8] Giama, E., Papadopoulos, A.M., 2012, "Sustainable Building Management: An overview of Certification Schemes and Standards", Advances in Building Energy Research, DOI: 10.1080/17512549.2012.740905
- [9] EACI, 2009, "Renewable Energy in Buildings, Make your Building smile"
- [10] <http://www.solair-project.eu/>, Ημερομηνία Ανάκτησης: 18/9/2014
- [11] <http://www.solarcombiplus.eu/>, Ημερομηνία Ανάκτησης: 18/9/2014
- [12] Drosou, V., Tsekouras, P., Oikonomou, Th., Kosmopoulos, P., Karytsas, C., 2014, "The HIGH-COMBI project: High solar fraction heating and cooling systems with combination of innovative components and methods", Renewable and Sustainable Energy Reviews 29, pp. 463-472
- [13] http://cordis.europa.eu/result/rcn/141764_en.html, Τελευταία Ανάκτηση: 18/9/2014