



ΕΛΙΔΕΚ.
Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας & Καινοτομίας

**Καινοτόμες τεχνικές μοντελοποίησης για τον προσδιορισμό της
θερμικής άνεσης & απόκρισης ζήτησης
των κτιρίων Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης ενέργειας
MoTher-CoRe**

**1η Προκήρυξη Ερευνητικών Έργων ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. για την ενίσχυση των
Μελών ΔΕΠ και Ερευνητών/τριών και την προμήθεια ερευνητικού
εξοπλισμού μεγάλης αξίας**



MOTHER-CORE
COMFORT IN NZEBS

Τίτλος Ερευνητικού Έργου:	Καινοτόμες τεχνικές μοντελοποίησης για τον προσδιορισμό της θερμικής άνεσης & απόκρισης ζήτησης των κτιρίων Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης ενέργειας – MoTher-CoRe
Επιστημονικός/ή Υπεύθυνος/η:	Καθηγητής Άγις Μ. Παπαδόπουλος
Φιλικός προς τον αναγνώστη τίτλος:	MoTher-Core
Επιστημονική Περιοχή:	Περιβάλλον & Ενέργεια
Φορέας Προέλευσης και Χώρα:	Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ελλάδα
Φορέας Υποδοχής:	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Συνεργαζόμενος Φορέας:	1. Πολυτεχνείο Κρήτης 2. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Καρλσρούης
Ποσό Χρηματοδότησης:	169.702,50€
Διάρκεια Χρηματοδότησης:	36 Μήνες

Σύνοψη Ερευνητικού Έργου

Κύριος **στόχος** του έργου αποτελεί:

«η ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογικής προσέγγισης προσδιορισμού του θερμικού προφίλ του εσωτερικού περιβάλλοντος, λαμβάνοντας υπόψη καινοτόμα μοντέλα ανάπτυξης και προηγμένους αισθητήρες»

Μια τέτοια **μεθοδολογική** προσέγγιση, μπορεί να συμβάλλει στην αναλυτικότερη περιγραφή των συνθηκών θερμικής άνεσης και στην πιο ακριβή καταγραφή της θερμικής φόρτισης της κατασκευής, η οποία αποτελεί αναγκαία συνθήκη για τον προσδιορισμό και έλεγχο της ικανότητας υψηλής ενεργειακής απόδοσης των κατασκευών.

Ειδικότερα, η **υλοποίηση** του προγράμματος αυτού θα οδηγήσει στον **καθορισμό της σχέσης μεταξύ των μετρήσεων ευελιξίας και των δεικτών θερμικής άνεσης καθώς και στον προσδιορισμό των παραμέτρων που μπορούν να συμβάλλουν καταληκτικά τόσο στην παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των ενσωματωμένων δυνατοτήτων απόδοσης της κατασκευής (στάθμη φόρτισης της θερμικής μάζας) όσο και της θερμικής άνεσης. Το σύνολο των παραμέτρων αυτών, θα επιτρέψουν στον προσδιορισμό, τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και αξιολόγηση προηγμένων αισθητήρων, που δίνουν τη δυνατότητα βελτιωμένου προσδιορισμού του θερμικού προφίλ του εσωτερικού περιβάλλοντος των κατασκευών.**

Επιπροσθέτως, θα αναπτυχθούν **καινοτόμες τεχνικές** που αξιοποιούν και συμβάλλουν στην περαιτέρω επεξεργασία των πληροφοριών που συγκεντρώνονται από τους αισθητήρες, οδηγώντας στην ολοκληρωμένη θερμική περιγραφή του εσωτερικού περιβάλλοντος της κατασκευής. Η προσέγγιση αυτή, θα συμβάλλει στην ανάπτυξη **εξελιγμένων στοχαστικών τεχνικών ελέγχου** που μεγιστοποιούν και συγκρατούν την ενσωματωμένη δυνατότητα απόδοσης των κατασκευών και των ενεργειακών συστημάτων τους, **βελτιώνοντας τη θερμική άνεση και συμβάλλοντας έτσι στην ανάπτυξη της έννοιας της διαδραστικής κατασκευής** συνυπολογίζοντας μεταξύ άλλων παραμέτρους ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης.

Τα προβλήματα στα οποία εστιάζει το ερευνητικό αυτό έργο, είναι:

1. Η απόδοση των κλασσικών αισθητήρων θερμοκρασίας

- Η χρήση **κλασσικών αισθητήρων θερμοκρασίας αέρα** εμφανίζει ολοένα και περισσότερα **προβλήματα και κενά** καθώς τα κτίρια έχουν καλύτερη θερμική προστασία, ενώ η χρήση ενδοδαπέδων συστημάτων θέρμανσης και ψυχόμενων οροφών θα είναι πιο εκτενής, στοιχεία που επιτυγχάνουν θερμική άνεση **επιδρώντας** κυρίως στην εσωτερική ακτινοβολούμενη θερμοκρασία, ή αλλιώς στην **αισθητή θερμοκρασία και όχι στη θερμοκρασία αέρα**. Ειδικά σε ό,τι αφορά τα συστήματα θέρμανσης-ψύξης με ακτινοβολία οι αισθητήρες θερμοκρασίας αέρα έχουν αποδειχτεί ανεπαρκείς στη αποδοτική ρύθμιση της λειτουργίας τους και *μη ικανοί να αξιοποιήσουν τα πλεονεκτήματά τους στην εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας*.
- Οι σημειακοί αισθητήρες θερμοκρασίας αέρα οδηγούν σε **μερική απεικόνιση των ενεργειακών μοντέλων κτιρίων** και συμβάλλουν στο χάσμα της απόδοσης των κατασκευών. Αυτά τα μοντέλα προϋποθέτουν ομογενή θερμοκρασία αέρα σε θερμικές ζώνες ενώ οι σημειακοί αισθητήρες θερμοκρασίας αέρα αποτυγχάνουν να αντιπροσωπεύσουν τους χωρικούς μέσους όρους των θερμικών συνθηκών σε αυτούς τους χώρους.
- **Αντίθετα**, οι αισθητήρες ενεργού θερμοκρασίας (ή δίκτυα αισθητήρων) θεωρούνται ως ο **αντιπροσωπευτικότερος** περιβαλλοντικός δείκτης θερμικής άνεσης και αυτός στον οποίο βασίζονται τα περισσότερα πρότυπα θερμικής άνεσης.
- Λαμβάνοντας υπόψη την αναμενόμενη ενεργειακή αναβάθμιση του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος στην Ευρώπη, *μια τέτοια ακρίβεια στη μέτρηση συνθηκών θερμικής άνεσης μπορεί να αποδειχτεί κρίσιμης σημασίας στον αντικειμενικό καθορισμό μεγεθών αναφοράς για Μέτρηση και Επαλήθευση κατά τη διαμόρφωση Συμβολαίων Ενεργειακής Απόδοσης σε περιπτώσεις ανακαίνισης υφιστάμενων κτιρίων*.

Πρωτοτυπία του Ερευνητικού Έργου [2/2]

Το πρόβλημα στο οποίο εστιάζει το ερευνητικό αυτό έργο, είναι:

2. Η αντίληψη άνεσης από τους χρήστες

Στον αντικειμενικό καθορισμό της θερμικής άνεσης, η αντίληψη της θέρμανσης από τους ενοίκους των κτιρίων αποτελεί παράγοντα προς διερεύνηση στο ερευνητικό έργο. Όπως καταδεικνύουν πρόσφατες έρευνες ο συνδυασμός μέτρησης θερμικών παραμέτρων σε πραγματικό χρόνο από καινοτόμους αισθητήρες πρέπει να συνδυάζεται με πληροφόρηση σχετικά με τη θερμική άνεση από τους ίδιους τους ενοίκους. *Αυτή η πρακτική μπορεί να αναδείξει τους κατάλληλους υποκειμενικούς παράγοντες (π.χ. κοινωνικούς, ψυχολογικούς) που επηρεάζουν τη συμπεριφορά των ενοίκων ως προς τη λειτουργία των κτιριακών συστημάτων. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να επιτευχθούν με τη μέγιστη αποδοτικότητα κατάλληλες συνθήκες θερμικής άνεσης και βέλτιστη ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου.*

Καινοτομία του έργου αυτού αποτελεί το γεγονός πως οι χρήση προηγμένων αισθητήρων μπορεί να μην αντιμετωπίζει άμεσα τα προβλήματα των τριών πεδίων ενδιαφέροντος (θερμική συμπεριφορά κτιρίων, η ποιότητα αέρα και η θερμική άνεση), αλλά προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες που συνδυαστικά με άλλες λύσεις και τεχνικές μπορούν να οδηγήσουν σε καλύτερο και αντιπροσωπευτικότερο χαρακτηρισμό συνολικά του εσωτερικού δομημένου περιβάλλοντος.

Αναμενόμενα αποτελέσματα & Αντίκτυπος του Ερευνητικού Έργου [1/2]

1. Επιστημονική Απήχηση

Τα αποτελέσματα του ερευνητικού έργου θα προάγουν την κατανόηση των εσωτερικών συνθηκών του κτιρίου, καθώς θα προσφέρουν μια ενδεδειγμένη επιστημονική ανάλυση της θερμικής άνεσης και θα συμβάλουν στη διεύρυνση των γνώσεων στον τομέα των θερμικών χαρακτηριστικών του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων. Λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τη συμπεριφορά και την αντίληψη (perception) των χρηστών, το ερευνητικό έργο μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη πολλαπλών πεδίων έρευνας με στόχο τη βελτίωση της αντίληψης του τρόπου αλληλεπίδρασης της εξατομικευμένης αντίληψης άνεσης των χρηστών, της θερμικής συμπεριφοράς των κτιρίων και της ενεργειακής κατανάλωσης των ενεργειακών συστημάτων της κατασκευής.

2. Κοινωνική Απήχηση

- Η πιο ακριβής καταγραφή και αξιολόγηση των συνθηκών θερμικής άνεσης στο εσωτερικό περιβάλλον μιας κατασκευής συνδέεται άμεσα με την **υγεία και άνεση των χρηστών**, όπως αυτή περιγράφεται και μέσα από τα κριτήρια Συστημάτων Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης, όπως τα BREEAM και LEED. Πρέπει να σημειωθεί πως υπάρχει μια συγκεκριμένη πτυχή του ερευνητικού έργου, αυτή της άνεσης των χρηστών, η οποία επηρεάζεται άμεσα από πλήθος κοινωνικών παραμέτρων, όπως η διαφοροποίηση του φύλου στην επίδραση της αντίληψης της άνεσης στην κατασκευή.
- Επίσης, αναβαθμίσεις σε στοιχεία όπως τα **BEMS, ICT και ο εξοπλισμός αισθητήρων** μέσω της χρήσης πινάκων ελέγχου και λοιπών τεχνικών απεικόνισης, προσφέρει την ευκαιρία καλύτερης προώθησης της γνώσης και της διαχείρισης ζητημάτων που σχετίζονται με την ενέργεια και την άνεση, όπως αυτά γίνονται αντιληπτά από τα δύο φύλα και από όλες τις ηλικίες, εντός του δομημένου περιβάλλοντος.

Αναμενόμενα αποτελέσματα & Αντίκτυπος του Ερευνητικού Έργου [1/2]

3. Οικονομική Απήχηση

- Η επιτυχής εφαρμογή του ερευνητικού έργου, μπορεί να έχει ουσιαστικά οικονομικά αποτελέσματα, καθώς η αγορά αισθητήρων εσωτερικού περιβάλλοντος, **κυρίως θερμικής άνεσης και ποιότητας αέρα**, αναπτύσσεται ταχέως, λόγω της ενεργειακής αναβάθμισης του κτιριακού αποθέματος και εξαιτίας της κατασκευής διασυνδεδεμένων, ευφυών κτιρίων. Ιδιαίτερα, η θερμική άνεση αποτελεί ένα δημοφιλές πεδίο έρευνας σε ό,τι αφορά τις εσωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Όπως καταδεικνύουν πρόσφατα δημοσιευμένα στοιχεία, οι θερμοκρασίες κτιρίων γραφείων συνήθως είναι ρυθμισμένες, ώστε τελικά να ικανοποιούν μάλλον την μειοψηφία των χρηστών τους.
- Η ανάπτυξη στον τομέα των κατασκευών που καταγράφεται στην Ευρώπη, σχετίζεται κυρίως με ανακαινίσεις παλαιών κτιρίων, γεγονός που αναμένεται να συμβάλλει ουσιαστικά στην ανάπτυξη της αγοράς αισθητήρων εσωτερικών περιβαλλοντικών συνθηκών την δεκαετία που διανύουμε. Η εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρουν οι συσκευές αυτές θα οδηγήσει στη διεύρυνση του πεδίου αγοράς τους σε παγκόσμιο επίπεδο. Η αξία των πωλήσεων αυτών των αισθητήρων αναμένεται να αυξηθεί παγκοσμίως από \$4.2 δισ. το 2015 σε \$7.1 δισ. μέχρι το 2024, με ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης 6.1%.
- Οι προηγμένοι αισθητήρες έχουν κεντρικό ρόλο στην αγορά καθώς καταγράφουν, επικοινωνούν και (σε ορισμένες περιπτώσεις) αναλύουν σημαντικά ενεργειακά και λειτουργικά δεδομένα. Σε ότι αφορά τα διασυνδεδεμένα κτίρια, το παγκόσμιο έσοδα των προηγμένων αισθητήρων αυτών, αναμένεται να αυξηθούν από \$1,160.3 εκατ. το 2016 σε \$3,221.9 εκατ. το 2025 με 12.0% ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης.

Η σημασία της χρηματοδότησης

Μέσα από το πρόγραμμα του ΕΛΙΔΕΚ δόθηκε η δυνατότητα στην ερευνητική μας ομάδα να **συνεχίσει την έρευνά** της σε μία πτυχή του **περιβάλλοντος και της ενέργειας** με μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον, τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο.

Τα **ευρήματα** που θα προκύψουν θα συμβάλλουν ουσιαστικά στη βελτίωση των συνθηκών εσωτερικού περιβάλλοντος και της ενεργειακής απόδοσης του κατασκευαστικού τομέα, οδηγώντας σε κτίρια όπου ο χρήστης θα μπορεί να δημιουργεί συνθήκες ιδανικές για αυτόν, χωρίς όμως να επιβαρύνει το περιβάλλον.

Η **υλοποίηση** του στόχου αυτού δεν θα μπορούσε επιτευχθεί χωρίς:

1. Τη συμμετοχή:
 - νέων ερευνητών, οι οποίοι έχοντας ολοκληρώσει τον βασικό κύκλο σπουδών τους, έχουν τη θέληση να αναζητήσουν νέες πρακτικές και προσεγγίσεις στα θέματα αυτά,
 - μεταδιδακτορικών ερευνητικών, οι οποίοι έχοντας ολοκληρώσει έναν κύκλο εξειδίκευσης και έρευνας μπορούν να συμβάλλουν με τις γνώσεις και την εξειδίκευσή τους στην καλύτερη οργάνωση και πιο γρήγορη εξέλιξη της έρευνας και
 - έμπειρων ερευνητών και καθηγητών διάφορων πανεπιστημίων (Ελλάδας και εξωτερικού), οι οποίοι λειτουργούν ως καθοδηγητές, συμβάλλοντας με τις γνώσεις τους, στην εξέλιξη της έρευνας και την εξωστρέφειά της, και
2. Τη χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού και λογισμικών μεγάλης αξίας.



ΕΛΙΔΕΚ.
Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας & Καινοτομίας

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Κτίριο Δ, 8^{ος} Όροφος,
Εργαστήριο Κατασκευής Συσκευών Διεργασιών
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
ΤΚ. 54124, Ελλάδα
231 099 6015, 6087
agis@auth.gr
www.pedl.meng.auth.gr

Λ. Συγγρού 185 & Σάρδεων 2
ΤΚ. 17121, Νέα Σμύρνη, Ελλάδα
210 64 12 410, 420
communication@elidek.gr
www.elidek.gr