

# Θερμική αξιολόγηση κατασκευών με φέρουσα τοιχοποιία από παραδοσιακά υλικά

ΠΑΝΤΑΖΗΣ Ε.,  
ΑΔΑΜΙΔΟΥ Α.,  
ΔΗΜΟΥΔΗ Α.,  
ΖΩΡΑΣ Σ.  
ΚΟΣΜΟΠΟΥΛΟΣ Π.,

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Βασ. Σοφίας 12, 67 100 Ξάνθη

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το μεγαλύτερο ποσοστό των κτηρίων κατοικιών στην Ελλάδα αποτελείται από κτήρια που κατασκευάστηκαν πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (Κ.Θ.Κ.). Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η θερμική αποτίμηση αυτών των κτηρίων, των οποίων η φέρουσα τοιχοποιία αποτελείται από παραδοσιακά υλικά, καθώς και η αξιολόγηση της ενεργειακής τους συμπεριφοράς. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού προσομοίωσης και παράλληλα αναλύεται ο ρόλος των υλικών που υπάρχουν σε αυτά τα κτίρια. Τέλος, προτείνονται τρόποι συντήρησης και ταυτόχρονης ενεργειακής αναβάθμισης ώστε να μπορούν να διατηρηθούν και να χρησιμοποιηθούν τα παλιά κτήρια κατοικίας καλύπτοντας τις σύγχρονες απαιτήσεις για εξοικονόμηση ενέργειας.

«ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:» θερμική αποτίμηση, κτήρια φέρουσας τοιχοποιίας, προσομοίωση, ενεργειακή συμπεριφορά.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της τελευταίας απογραφής κατοικιών που διεξήχθη το 2011 από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ, 2014), οι κατοικίες στην Ελλάδα ανέρχονται συνολικά στις 6.384.353. Εξ αυτών οι 6.371.901 (ποσοστό 99,8%) είναι κανονικές κατοικίες (δηλαδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν) και οι 12.452 (ποσοστό 0,2%) είναι μη κανονικές κατοικίες (π.χ. καλύβες, βάρκες κλπ). Σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ, το 44,7% του συνόλου των κατοικιών βρίσκεται σε πολυκατοικίες με τη συντριπτική πλειονότητα τους (96,1%) να είναι σε αστικά κέντρα.

Σύμφωνα με τον πίνακα (1), το 55,37% των κανονικών κατοικιών κατασκευάστηκε πριν από το 1980, δηλαδή πριν από την εφαρμογή του Κ.Θ.Κ., με την περίοδο 1971-1980 να παρουσιάζει σημαντικό ποσοστό κατασκευής κανονικών κατοικιών (22,56%).

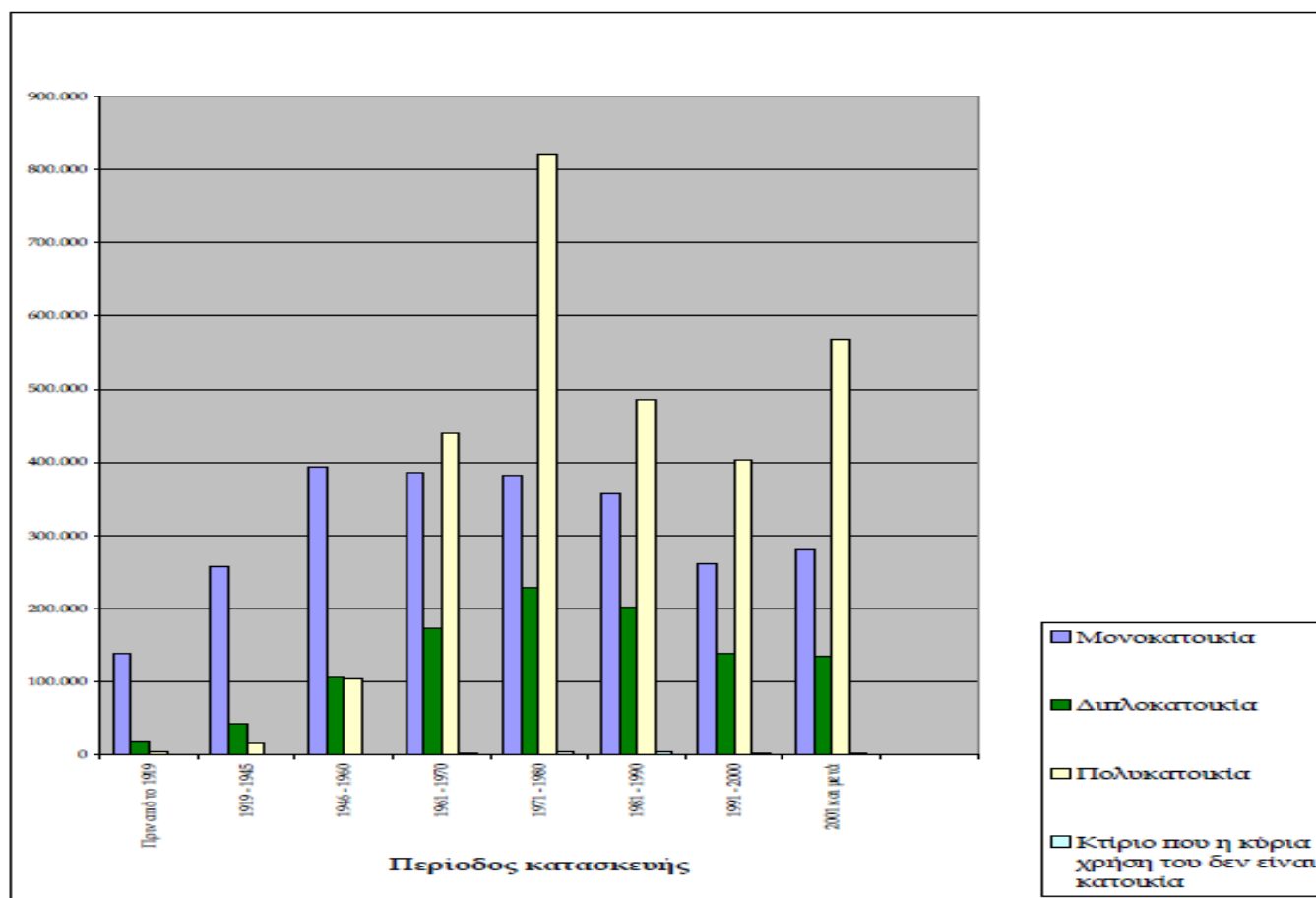
Στην εικόνα (1) είναι εμφανής η επικράτηση των μονοκατοικιών μέχρι το 1960, ενώ από τη δεκαετία του '60 και μετά κάνουν την εμφάνισή τους δυναμικά οι πρώτες πολυκατοικίες οι οποίες και πρωταγωνιστούν για τις επόμενες δεκαετίες. Παρόλο που ο αριθμός των μονοκατοικιών μειώνεται μετά το '60, δεν πέφτει κάτω από τις 200.000 ανά δεκαετία κάτι που σημαίνει ότι συνεχίζουν να αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό του ελληνικού κτιριακού αποθέματος κατοικιών.

Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι ένα μεγάλο ποσοστό μονοκατοικιών έχει κτιστεί πριν από το 1980 (πριν από την εφαρμογή του Κ.Θ.Κ.) και ένα ποσοστό, γύρω στο 7%, έχει κτιστεί πριν από το 1945, που σημαίνει ότι έχει δομηθεί με παραδοσιακά υλικά.

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	Πριν το 1920	1919 - 1945	1946 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 και μετά	ΣΥΝΟΛΟ
ΑΡΙΘΜΟΣ	163.759	318.372	605.693	1.002.902	1.437.424	1.049.931	806.977	986.843	6.371.901
ΠΟΣΟΣΤΑ	2,57%	5,00%	9,51%	15,74%	22,56%	16,48%	12,66%	15,49%	100%

(1) (Πίν. 1: Κατασκευή κανονικών κατοικιών ανά δεκαετία. Πηγή ΕΛΣΤΑΤ 2014)

Ως προς την επιφάνεια των κτηρίων κατοικίας, διαπιστώνεται ότι το εμβαδό των περισσότερων κατοικιών κυμαίνεται μεταξύ 60 με 79 m<sup>2</sup> (1.573.911 κατοικίες) και 80 με 99 m<sup>2</sup> (1.494.508). Οι περισσότερες κατοικίες (2.429.591) εμφανίζεται να έχουν 3 δωμάτια, ενώ κατά μέσο όρο αντιστοιχούν 34,6 m<sup>2</sup> ανά κάτοικο (πίνακας 2).



(2) (Εικ. 1: Κατασκευή κανονικών κατοικιών ανά δεκαετία και τύπο κτηρίου. Πηγή ΕΛΣΤΑΤ 2014)

Τα κυριότερα συμπεράσματα τα οποία μπορούν να εξαχθούν για το κτιριακό απόθεμα κατοικιών στην Ελλάδα είναι:

1. το μεγαλύτερο ποσοστό κατοικιών κατασκευάστηκε πριν από το 1980,
2. το μεγαλύτερο ποσοστό είναι πολυκατοικίες παρόλο που υπάρχει ένα σημαντικό ποσοστό που είναι μονοκατοικίες. Μέρος από τις μονοκατοικίες είναι κατασκευασμένο με φέρουσα τοιχοποιία από παραδοσιακά υλικά (κτήρια πριν από το 1919 αλλά και μεταγενέστερα, ιδιαίτερα σε μικρούς οικισμούς) και τα οποία είναι πολύ σημαντικό να διατηρηθούν και να αξιοποιηθούν.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η αποτίμηση της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης των κατοικιών που κατασκευάστηκαν πριν από την εφαρμογή του Κ.Θ.Κ., οι οποίες αποτελούνται κατά κύριο λόγο από φέρουσα τοιχοποιία με παραδοσιακά υλικά και η διερεύνηση των δυνατοτήτων ενεργειακής αναβάθμισής και συντήρησής τους. Στόχος είναι να αναδειχθεί πως είναι δυνατόν να διατηρηθούν τα παραδοσιακά κτήρια και να βελτιωθεί η ενεργειακή τους κατάσταση ώστε να επιτυγχάνονται οι στόχοι της ενεργειακής νομοθεσίας (ΚΕΝΑΚ, κτήριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης) και να μπορούν να ενταχθούν σε προγράμματα επιδότησης ενεργειακής αναβάθμισης κατοικιών (π.χ. 'Εξοικονομώ κατ' οίκο'). Οι προτάσεις αφορούν το κέλυφος του κτηρίου, με την αλλαγή των επιχρισμάτων και τη χρήση νέων επαλειφόμενων υλικών, ενισχύοντας ταυτόχρονα το κέλυφος των υφιστάμενων κτιρίων με προσθήκη θερμομόνωσης και ενεργειακά αναβαθμισμένων κουφωμάτων.

Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Σύνολο	Αριθμός δωματίων								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9+
Σύνολο Χώρας	6.371.901	517.084	1.605.781	2.429.591	1.337.932	330.216	95.424	31.103	13.049	11.721
Κάτω από 30	158.503	133.942	23.819	742	0	0	0	0	0	0
30 - 39	294.461	174.241	109.242	10.969	2	7	0	0	0	0
40 - 49	440.162	93.743	293.269	46.994	6.155	1	0	0	0	0
50 - 59	675.744	56.196	464.362	140.173	13.406	1.412	195	0	0	0
60 - 79	1.573.911	35.230	521.573	886.704	116.632	11.966	1.800	6	0	0
80 - 99	1.494.508	18.601	146.586	899.878	375.745	42.615	6.999	4.066	0	18
100 - 119	883.583	4.404	33.130	303.087	439.167	80.950	16.744	4.116	1.873	112
120 - 149	536.210	80	9.742	104.187	277.127	108.303	26.890	6.312	2.093	1.476
150+	314.819	647	4.058	36.857	109.698	84.962	42.796	16.603	9.083	10.115

(3) (Πίν. 2 Κανονικές κατοικίες κατά επιφάνεια και αριθμό δωματίων. Πηγή ΕΛΣΤΑΤ 2014)

## 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην παρούσα εργασία είναι η εξής: Αρχικά γίνεται επιλογή αντιπροσωπευτικών κτηρίων που έχουν κατασκευαστεί πριν από το 1980 και η φέρουσα τοιχοποιία τους αποτελείται από παραδοσιακά υλικά. Στη συνέχεια, γίνεται προσομοίωση της ενεργειακής τους συμπεριφοράς με τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού και ταυτόχρονα εξετάζεται η ενεργειακή τους αναβάθμιση. Στην προσομοίωση λαμβάνονται οι παραδοχές των Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Τέλος, προτείνονται τρόποι συντήρησης, με έμφαση σε νέα υλικά που μπορούν να είναι συμβατά με το υπάρχον κέλυφος των κτιρίων ώστε να μπορούν να διατηρηθούν και να χρησιμοποιηθούν καλύπτοντας τις σύγχρονες απαιτήσεις για εξοικονόμηση ενέργειας.

## 2.1 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Για τις ενεργειακές προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Autodesk Ecotect Analysis. Το Ecotect είναι ένα λογισμικό ανάλυσης αιφόρου σχεδιασμού και αποτελεί ένα ολοκληρωμένο εργαλείο σχεδιασμού ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων. Προσφέρει ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών ανάλυσης, προσομοίωσης, που μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση των υφιστάμενων κτηρίων. Το λογισμικό έχει τη δυνατότητα υπολογισμού πολλών παραμέτρων όπως της θερμικής απόδοσης, της χρήσης του νερού, του κόστους αξιολόγησης, της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και των επιπέδων φωτισμού σε οποιοδήποτε σημείο του μοντέλου.

## 2.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Για την ενεργειακή προσομοίωση επιλέχθηκαν δυο τύποι κτηρίων: μια μονοκατοικία επιφάνειας 85 m<sup>2</sup> και μια διπλοκατοικία ίσης επιφάνειας (εμβαδό ισογείου 42,5 m<sup>2</sup> και ορόφου 42,5 m<sup>2</sup>). Η επιλογή του τύπου των κτηρίων έγινε λαμβάνοντας υπόψη τα στατιστικά στοιχεία για το είδος των κτηρίων και τη χρονική περίοδο που κτίστηκαν, θεωρώντας ότι αποτελούν αντιπροσωπευτικό παράδειγμα κτηρίων με φέρουσα τοιχοποιία από παραδοσιακά υλικά.

Με βάση τα παραπάνω και με τα στοιχεία της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010) και τον κανονισμό δόμησης (ΦΕΚ 59/Δ/3-02-89), έγιναν οι εξής παραδοχές:

Το μονώροφο κτήριο θεωρήθηκε ορθογωνικό με διαστάσεις 8,5x10,0 (m), ενώ το διώροφο κτήριο θεωρήθηκε τετράγωνο, 6,5x6,5 (m).

Το κέλυφος των υπό εξέταση κτηρίων χωρίστηκε σε δυο τύπους: ο πρώτος τύπος θεωρήθηκε ότι είναι δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή, επιχρισμένη και από τις δυο όψεις, με συντελεστή θερμοπερατότητας 2,2 W/(m<sup>2</sup>·K) ενώ ο δεύτερος από αργολιθοδομή, επιχρισμένη και από τις δυο όψεις, με συντελεστή θερμοπερατότητας 3,85 W/(m<sup>2</sup>·K) .

Για όλα τα κτήρια θεωρήθηκε ότι το δάπεδο είναι χωρίς μόνωση ενώ η οροφή τους είναι οριζόντια κάτω από μη θερμαινόμενη στέγη με συντελεστή θερμοπερατότητας 3,10 W/(m<sup>2</sup>·K) και 3,70 W/(m<sup>2</sup>·K) αντίστοιχα.

Τα κουφώματα θεωρήθηκε ότι είναι ξύλινα με μονό υαλοπίνακα, με συντελεστή θερμοπερατότητας 4,7 W/(m<sup>2</sup>·K) και καλύπτουν το 10% της επιφάνειας της τοιχοποιίας για την εξασφάλιση των απαιτήσεων φωτισμού αερισμού.

Τα κλιματικά δεδομένα της Αθήνας χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση των υπό εξέταση κτηρίων.

Καθώς κύριος στόχος είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου με την αναβάθμιση των δομικών του στοιχείων, για τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης χρησιμοποιήθηκε ένα μεικτό σύστημα που εκμεταλλεύεται το φυσικό αερισμό και χρησιμοποιεί κλιματιστικό όταν απαιτείται για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης στους 20<sup>o</sup>C (χειμώνας) και 26<sup>o</sup>C (καλοκαίρι), με βαθμό απόδοσης 95%. Η κατανάλωση ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης δεν υπολογίστηκε.

## 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές, τα αρχικά κτήρια που μελετήθηκαν ήταν συνολικά τέσσερα: ένα μονώροφο με το κέλυφος να διαφοροποιείται σε δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή και σε αργολιθοδομή, και ένα διώροφο με το κέλυφος να διαφοροποιείται πάλι σε δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή και σε αργολιθοδομή. Τα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης που προτάθηκαν για κάθε τύπο κτιρίου ήταν:

1) καθαίρεση των υφιστάμενων επιχρισμάτων και αντικατάστασή τους με θερμομονωτικό σοβά, πάχους 3 cm στις δυο πλευρές της εξωτερικής τοιχοποιίας του κτιρίου, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας

$\lambda=0,056 \text{ W/mK}$  (σενάριο 1). Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές τους, η χρήση του θερμομονωτικού σοβά και στις δυο όψεις, ακόμη και στην εξωτερική πλευρά, μπορεί να γίνει χωρίς πρόβλημα προσβολής από την υγρασία.

2) εσωτερική θερμομόνωση με σύστημα ξηράς δόμησης από πετροβάμβακα, πάχους 5 cm, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda=0,035 \text{ W/mK}$ , και γυψοσανίδα πάχους 2 cm (σενάριο 2).

Σε κάθε περίπτωση ενεργειακής αναβάθμισης στην τοιχοποιία, θεωρήθηκε ταυτόχρονη αλλαγή των υαλοπινάκων, σε ξύλινους δίδυμους υαλοπίνακες καθώς και ανάρτηση στην οροφή γυψοσανίδας πάχους 2 cm με πετροβάμβακα πάχους 5 cm (συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας πετροβάμβακα  $\lambda=0,035 \text{ W/mK}$ ). Η επιλογή των δυο σεναρίων έγινε με τα εξής κριτήρια:

- τη χρήση υλικών συμβατών με τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν,
- την προσπάθεια μη αλλοίωσης των όψεων των κτιρίων, όπου αυτό είναι εφικτό,
- την προσπάθεια συντήρησης και διατήρησης του υφιστάμενου κελύφους,
- την επίτευξη υγιεινών συνθηκών διαβίωσης μέσα στα κτήρια, με την αποφυγή συμπτωκνώσεων τόσο στο εσωτερικό τους όσο και στην επιφάνεια των δομικών στοιχείων και
- τη χρήση υλικών που δεν παράγουν πτητικές ουσίες.

### 3.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ECOTECT

Με τη χρήση του λογισμικού Ecotect έγινε προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης των κτιρίων και υπολογίστηκε η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται από την ενεργειακή αναβάθμιση τους. Στον πίνακα 3 παρουσιάζεται η ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη ώστε να επιτευχθεί θερμική άνεση των εξεταζόμενων κτιρίων πριν από τις επεμβάσεις και μετά απ' αυτές. Στα υφιστάμενα κτήρια η ενεργειακή κατανάλωση είναι μεγαλύτερη των  $150 \text{ kWh/m}^2$ , με μέγιστη τιμή να παρατηρείται στις  $265,177 \text{ kWh/m}^2$  για τη μονοκατοικία η οποία είναι κατασκευασμένη με αργολιθοδομή, ενώ με την ενεργειακή αναβάθμιση η κατανάλωση μειώνεται έως περίπου στις  $60 \text{ kWh/m}^2$ . Η σημαντική αυτή βελτίωση στην ενεργειακή τους απόδοση οφείλεται στη βελτίωση των θερμικών χαρακτηριστικών του κελύφους τους.

	ΕΙΔΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΤΗΡΙΟ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2
<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ</b> <b>kWh/m<sup>2</sup></b>	ΔΡΟΜΙΚΗ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ	ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ	219,105	77,324	74,155
		ΔΙΠΛΟΚΑΤΟΙΚΙΑ	157,084	66,03	60,994
	ΑΡΓΟΛΙΘΟΔΟΜΗ	ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ	265,177	79,776	75,687
		ΔΙΠΛΟΚΑΤΟΙΚΙΑ	229,333	69,849	63,509

(4) (Πίν. 3: Καταναλώσεις κτηρίων σε kWh/m<sup>2</sup>)

Στα κτήρια (μονοκατοικία, διπλοκατοικία) με κέλυφος από δρομική οπτοπλινθοδομή για το σενάριο 1 έχουμε τις εξής αλλαγές ως προς τους συντελεστές θερμοπερατότητας:

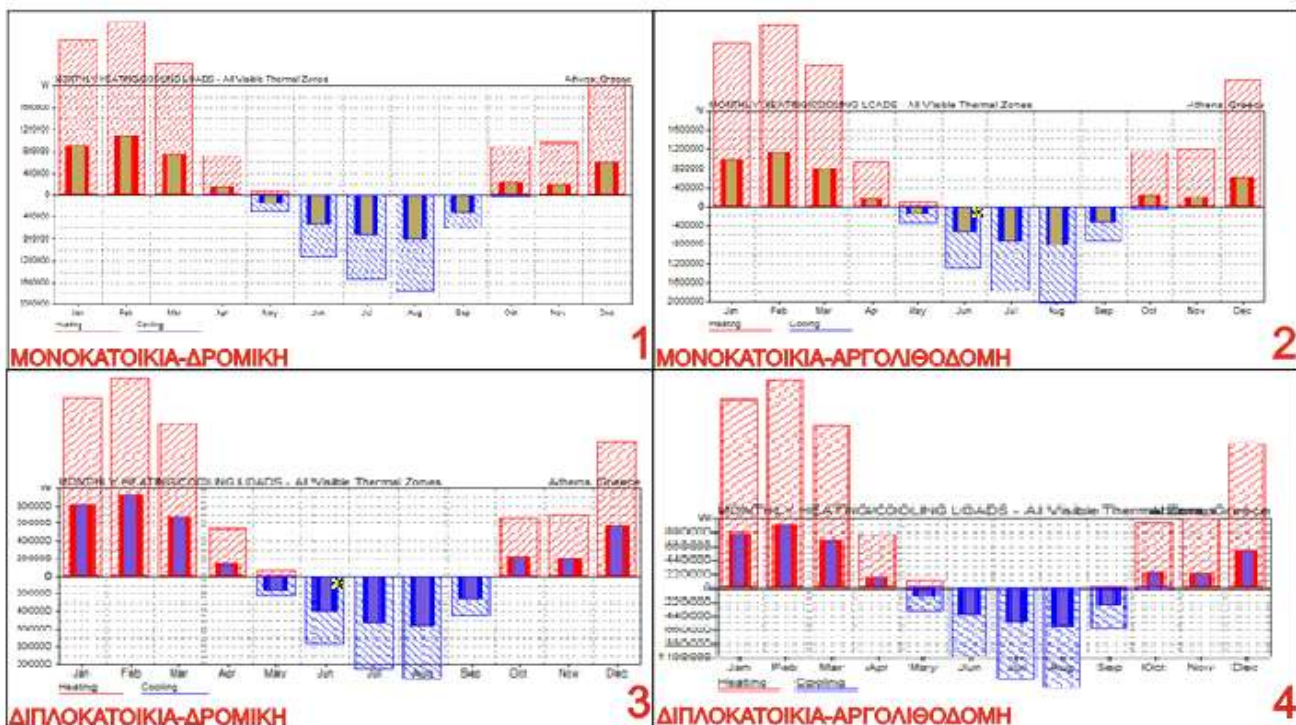
- Τοιχοποιία: από  $2,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  γίνεται  $0,655 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- Οροφή: από  $3,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  γίνεται  $0,595 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  και
- Κουφωμάτα: από  $4,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  σε  $2,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Στο σενάριο 2, γίνεται αλλαγή στο συντελεστή θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας από 2,2 W/(m<sup>2</sup>·K) σε 0,531 W/(m<sup>2</sup>·K) ενώ στα υπόλοιπα δομικά στοιχεία θεωρούνται οι ίδιες αλλαγές όπως στο σενάριο 1.

Αντίστοιχες αλλαγές με αυτές που εφαρμόστηκαν στους συντελεστές θερμοπερατότητας για τα κτήρια από δρομική οπτοπλινθοδομή έγιναν και για τα κτήρια από αργολιθοδομή (μονοκατοικία, διπλοκατοικία). Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας από 3,85 W/(m<sup>2</sup>·K) γίνεται 0,751 W/(m<sup>2</sup>·K) για το σενάριο 1 και 0,592 W/(m<sup>2</sup>·K) για το σενάριο 2. Για τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία έγιναν οι ίδιες αλλαγές με το σενάριο 1 της δρομικής οπτοπλινθοδομής.

ΕΙΔΟΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2
ΔΡΟΜΙΚΗ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ	ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ	65%	66%
	ΔΙΠΛΟΚΑΤΟΙΚΙΑ	58%	61%
ΑΡΓΟΛΙΘΟΔΟΜΗ	ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ	70%	71%
	ΔΙΠΛΟΚΑΤΟΙΚΙΑ	70%	72%

(5) (Πίν. 4: Ποσοστά εξοικονόμησης από τα σενάρια ανακαίνισης σε σχέση με το υφιστάμενο κτήριο)



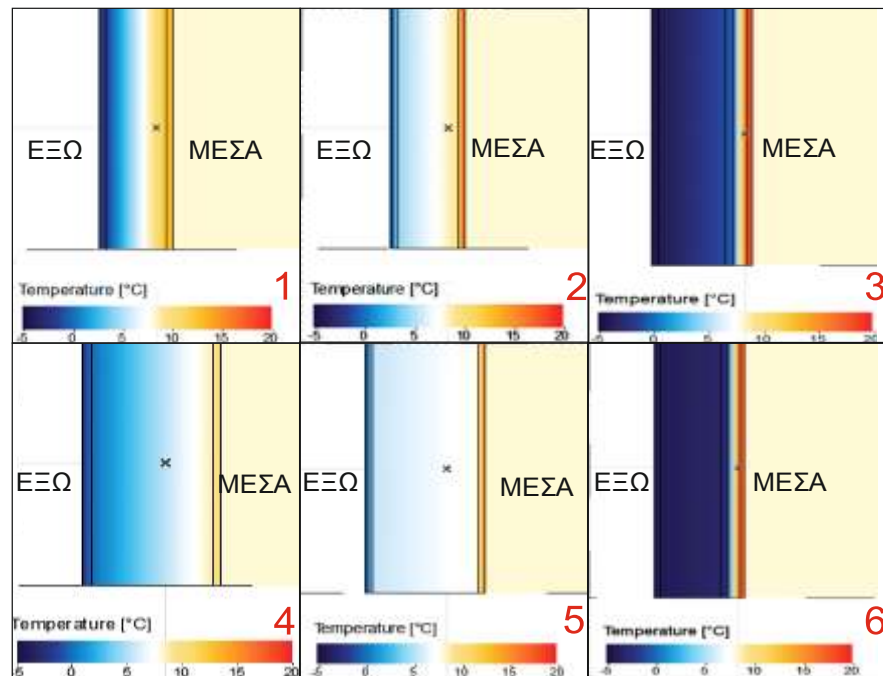
(6) (Εικ. 2: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας (γραμμοσκιασμένο τμήμα: υφιστάμενες καταναλώσεις-κανονικό τμήμα: μετά από την εφαρμογή του Σεναρίου 1))

Από τον πίνακα 4 προκύπτει ότι με την εφαρμογή των διαφορετικών σεναρίων επιτυγχάνεται σε όλες τις περιπτώσεις εξοικονόμηση ενέργειας άνω του 55%, με μέγιστο ποσοστό 72% στην περίπτωση

διπλακατοικίας με αργολιθοδομή και εφαρμογή του σεναρίου 2. Επίσης, προκύπτει ότι το σενάριο 2 υπερτερεί, με μικρές διαφορές, του σεναρίου 1.

Ανάλογα συμπεράσματα προκύπτουν και από την εικόνα 2 όπου απεικονίζεται η μηνιαία κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων στην υφιστάμενη κατάσταση και μετά από την εφαρμογή του σεναρίου 1. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε κάθε κατηγορία κτιρίου, τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι.

Στην εικόνα 3 απεικονίζεται η μετάδοση θερμότητας μέσα στο κέλυφος των εξεταζόμενων κτιρίων, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι στους  $-5^{\circ}\text{C}$  και εσωτερικά η θερμοκρασία είναι στους  $20^{\circ}\text{C}$ . Προκύπτει ότι για τα υφιστάμενα κτήρια η μετάδοση θερμότητας γίνεται ομοιόμορφα, με την εσωτερική επιφάνεια να έχει θερμοκρασία χαμηλότερη από τη θερμοκρασία αέρα και στα δυο κτήρια - περίπτωση 1 (αρχική κατάσταση δρομικής οπτοπλινθοδομής) και 4 (αρχική κατάσταση δρομικής αργολιθοδομής). Με την εφαρμογή του σεναρίου 1 - περίπτωση 2 (δρομική οπτοπλινθοδομή) και 5 (δρομική αργολιθοδομή) - παρατηρείται μεγαλύτερη αντίσταση στη μετάδοση θερμότητας, τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά του κελύφους. Τέλος στις περιπτώσεις 3 και 6 της εικόνας 3, παρατηρείται ότι οι επιφάνειες του κελύφους έχουν θερμοκρασία περίπου ίση με τη θερμοκρασία αέρα αλλά στις υπόλοιπες στρώσεις υλικών έχουμε απότομη πτώση της θερμοκρασίας.



(7) (Εικ. 3: Σχηματική απεικόνιση της μετάδοσης θερμότητας μέσα στην τοιχοποιία)

#### 4. ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Τα προβλήματα που δημιουργούνται λόγω της φθοράς στην οποία υπόκεινται οι κατασκευές, καθιστούν απαραίτητη την αποκατάσταση και τη βελτίωση της καταλληλότητας των δομικών στοιχείων. Οι επεμβάσεις ενίσχυσης καθίστανται απαραίτητες όταν λόγω της φθοράς των υλικών επέρχεται απώλεια της εσωτερικής συνοχής, αποσάθρωση και ρηγμάτωση, καθώς και σε περιπτώσεις όπου κρίνεται απαραίτητο να γίνουν επεμβάσεις για τη σταθεροποίηση δομών που παρουσιάζουν κενά στο εσωτερικό τους (Καραντώνη, 2004).



Τέτοιου είδους επεμβάσεις μπορεί να είναι η συγκόλληση χαλυβοελασμάτων (με ενέσιμη λεπτόρρευση εποξειδική ρητίνη, διαμορφωμένα χαλυβοελάσματα) ή μανδουών (με θιξοτροπικό εποξειδικό συγκολλητικό, επίπεδα χαλυβοελάσματα) κάτω και γύρω από τα δομικά στοιχεία. Η σταθεροποίηση γίνεται με ένεση κατάλληλων συνδετικών υλικών τα οποία βελτιώνουν τη συνοχή μεταξύ των αποδιοργανωμένων και των υγιών τμημάτων, αυξάνοντας τη μηχανική αντοχή των υλικών και την αντοχή στους επιβαρυντικούς παράγοντες.

Στόχος της εργασίας δεν είναι η ανάλυση των τρόπων ενίσχυσης των κατασκευών στον πυρήνα του κελύφους, αλλά δίνεται έμφαση κυρίως στην επιφάνεια του κελύφους με τη χρήση σύγχρονων επαλειφόμενων υλικών και επιχρισμάτων.

Το επίχρισμα χρησιμεύει για την προστασία και το τελικό φινίρισμα της επιφάνειας στοιχείων τοιχοποιίας και σκυροδέματος. Κατά κανόνα εφαρμόζεται με επί μέρους στρώσεις κονιάματος σε διαφορετικές φάσεις εργασίας. Τα επιχρίσματα αποτελούνται από ένα μίγμα συνδετικού υλικού και από λεπτόκοκκα αδρανή, αναμεμιγμένα με νερό και ενδεχομένως με την προσθήκη προσθέτων υλικών σε μικρές ποσότητες που βελτιώνουν τις επιδόσεις.

Η χρήση σύνθετων επιχρισμάτων με πρόσμεικτα, παρέχει μεγαλύτερο δείκτη ελαστικότητας σε σχέση με των κοινών κονιαμάτων, αποτρέποντας τη δημιουργία ρηγματώσεων. Ακόμα, έχει θερμομονωτικές ιδιότητες και ικανοποιητικά επίπεδα διαπνοής, αποτρέποντας φαινόμενα συμπύκνωσης υδρατμών. Η σύνθεσή τους μπορεί να περιέχει σφαιρίδια διογκωμένης πολυστερίνης, τσιμέντο και ειδικά υδραυλικά συνδετικά ρητίνες και ίνες.

Με αυτό τον τρόπο προστατεύεται επαρκώς ο πυρήνας που αποτελείται συνήθως από υλικά υψηλής απορροφητικότητας και μικρής αντοχής. Για επιπλέον προστασία, τα υλικά νανοτεχνολογίας μπορεί να προφέρουν επιπλέον υδροβοφισμό προστατεύοντας ακόμα πιο πολύ το κέλυφος.



(8) (Εικ. 4: Συμπαγείς οπτόπλινθοι (k-ceramica) και κέλυφος από φέρουσα τοιχοποιία (Αρχείο συγγρ))

Τα επαλειφόμενα υλικά παρέχουν κυρίως αδιαβροχοποίηση και σταθεροποίηση της βάσης όπου εφαρμόζονται. Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν για την κατασκευή της τοιχοποιίας έχουν υψηλό πορώδες -οπτόπλινθοι χωρίς εφυάλωση (εικόνα 4), με αποτέλεσμα τη διατήρηση του νερού στο εσωτερικό τους όταν αυτό εισέρχεται στο κέλυφος. Κατά του χειμερινούς μήνες, σε συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών, το νερό πάγωνε και διογκωνόταν με αποτέλεσμα τη διαρροή των υλικών. Τα



σύγχρονα επαλειφόμενα υλικά δημιουργούν μια προστατευτική στρώση στην επιφάνεια των υλικών, αποτρέποντας τη διείσδυση του νερού. Συνήθως είναι αδιαφανή, οπότε εφαρμόζονται απευθείας επάνω στα υλικά, πράγμα ιδιαίτερα σημαντικό σε περιπτώσεις κατά τις οποίες είναι επιθυμητό τα υλικά του κελύφους να είναι εμφανή.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η θερμική αποτίμηση κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν από την εφαρμογή του Κ.Θ.Κ., με φέρουσα τοιχοποιία από παραδοσιακά υλικά. Γι' αυτό το σκοπό έγινε χρήση λογισμικού για την προσομοίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς τους και διαπιστώθηκε ότι τα υφιστάμενα κτήρια είναι ενεργοβόρα. Από τις προσομοιώσεις προκύπτει ότι με μικρές επεμβάσεις μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά η ενεργειακή αποδοτικότητα αυτών των κτιρίων. Μια απλή λύση είναι η αντικατάσταση των υφιστάμενων επιχρισμάτων με επιχρίσματα νέας τεχνολογίας που προστατεύουν το κέλυφος, παρέχοντας ελαστικότητα και αντοχή στις ρηγματώσεις, θερμομονωτική και υγραμονωτική προστασία, χωρίς να αλλοιώνουν την εξωτερική όψη.

Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες το κέλυφος είναι εμφανές και δεν υπάρχουν επιχρίσματα, η ξηρά δόμηση στην εσωτερική πλευρά των κατασκευών (γυψοσανίδα και μονωτικό υλικό) αποτελεί μια καλή λύση, προφέροντας εσωτερικά ικανοποιητικές συνθήκες, αφήνοντας όμως εκτιθέμενο το κέλυφος στη συνεχή φθορά από τις καιρικές συνθήκες. Για την προστασία της εξωτερικής πλευράς της τοιχοποιίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν αδιαφανή επαλειφόμενα υλικά, τα οποία προσφέρουν σταθεροποίηση και αδιαβροχοποίηση του κελύφους, αποτρέποντας τη φθορά του.

Τέλος, νέα υλικά όπως ινοπλισμένα επιχρίσματα και προϊόντα νανοτεχνολογίας, μπορούν να διατηρήσουν τις υφιστάμενες κατασκευές και να καλύψουν τις σύγχρονες απαιτήσεις για εξοικονόμηση ενέργειας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Δημοκρατία Ελληνική Στατιστική Αρχή, (2014). Απογραφή πληθυσμού- κατοικιών 2011. Πειραιάς: ΕΛΣΤΑΤ

Καραντώνη, Φ. (2004). *Κατασκευές από τοιχοποιία*. Αθήνα: Παπασωτηρίου

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», Έκδοση ΔΠ1/(20701-1/2010), Φεβρουάριος 2011.

ΦΕΚ 59/Δ/3-02-89. Κτηριοδομικός κανονισμός

[http://www.tekto.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=382&Itemid=308](http://www.tekto.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=382&Itemid=308)

## **Σύντομα Βιογραφικά Σημειώματα**

### **Πανταζής Ε.**

#### **ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

**Διεύθυνση κατοικίας:** Κότυος Αδ Β 14, 69100, Κομοτηνή, Ελλάδα

**Τηλέφωνο:** +030.25310.36751, 6972701974

**E- mail:** [evanpant@gmail.com](mailto:evanpant@gmail.com)

#### **ΣΠΟΥΔΕΣ**

Υ.Δ. στο Δ.Π.Θ., Εργαστ. Περιβαλλοντικού και Ενεργειακού Σχεδιασμού σε Κτήρια και Οικισμούς.

Δίπλωμα (MSc) στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα ειδίκευσης του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Δ.Π.Θ. " Οργάνωση και Διοίκηση Τεχνικών Συστημάτων ".

Δίπλωμα (BSc/MSc) του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Α.Π.Θ. Ειδίκευση στον τομέα Μεταφορών, Συγκοινωνιακής Υποδομής, Διαχείρισης Έργων και Ανάπτυξης (Το.Με.Σ.Υ.Δ.Ε.Αν.).

#### **ΕΜΠΕΙΡΙΑ**

Διατήρηση τεχνικού γραφείου.

#### **ΓΝΩΣΕΙΣ**

Αγγλικά C1, Γερμανικά B2, Corel draw, Archicad, Autodesk Ecotect Analysis, Autodesk Vasari, Fedra, Ms Project, Dialux, SPSS, TEE-KENAK, Envi-met, Retscreen, Ms Office

### **Αδαμίδου Α.**

#### **Προσωπικές πληροφορίες**

Διεύθυνση (-εις) ΑΙΝΟΥ 14, ΚΟΜΟΤΗΝΗ

Τηλέφωνο (-α) 25310 71212, 6972397938

#### **Επαγγελματική πείρα**

Ελεύθερος Επαγγελματίας – Μηχανικός Περιβάλλοντος Εκπόνηση περιβαλλοντικών μελετών για διάφορα έργα που κατατάσσονται στους πίνακες της σχετικής ΚΥΑ του ΥΠΕΚΑ (έργα Β4, Β3 και Α2)

#### **Εκπαίδευση και κατάρτιση**

ΠΤΥΧΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ (βαθμός 6,74)

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ (ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ – ΞΑΝΘΗ)

MSc in Renewable Energy Engineering

HERIOT-WATT UNIVERSITY (MECHANICAL ENGINEERING- EDINBURGH UK)

ΥΠ. ΔΙΔΑΚΤΟΡΑΣ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ (ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ)

#### **Ατομικές δεξιότητες και ικανότητες**

Αγγλικά C2, Ιταλικά C1, Ισπανικά C1

#### **ΥΠΟΤΡΟΦΙΕΣ**

Υποτροφία από το EPSRC (Engineering & Physical Sciences Research Council) για τις μεταπτυχιακές σπουδές στο Heriot-Watt University (MSc Renewable Energy Engineering 2007-2008)

#### **ΆΛΛΑ**

- Εκπόνηση μελέτης για τη διερεύνηση της καταλληλότητας χώρων στο Νομό Ροδόπης για εγκατάσταση μονάδας ΑΕΚΚ (ΤΕΕ 2009)

## Δημούδη Αργυρώ

Η Δημούδη Αργυρώ είναι πολιτικός μηχανικός με εξειδίκευση (MSc, PhD) σε θέματα εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης ενέργειας, εφαρμογής ΑΠΕ στο δομημένο περιβάλλον, φαινόμενο θερμικής νησίδας και γενικότερα σε θέματα περιβαλλοντικού σχεδιασμού. Επίκουρη καθηγήτρια στο Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος στο ΔΠΘ από το 2010 (Λέκτορας στο διάστημα 2005-2010), με γνωστικό αντικείμενο *‘Επιστήμη και τεχνολογία κατασκευών με έμφαση στον περιβαλλοντικό σχεδιασμό’*. Έχει επαγγελματική εμπειρία στη Διεύθυνση Οικιστικής Πολιτικής και Κατοικίας του ΥΠΕΧΩΔΕ, σαν Ειδικό Επιστημονικό Προσωπικό για ενεργειακά θέματα στον κτιριακό τομέα (2001–05). Διετέλεσε Υπεύθυνη του Τμήματος Παθητικών Ηλιακών και Υβριδικών Συστημάτων και του Τμήματος Ενεργητικών Ηλιακών Συστημάτων στη Διεύθυνση Εφαρμοσμένης Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) (1998-01) και επιστημονικός συνεργάτης του ΚΑΠΕ (1997-98). Εργάστηκε σαν επιστημονικός συνεργάτης στο Κέντρο Ενεργειακής Εκπαίδευσης (ΚΕΝΕ) του Πανεπιστημίου Αθηνών (1993-96).

Το ερευνητικό της έργο έχει δημοσιευτεί σε βιβλία, διεθνή περιοδικά, διεθνή και εθνικά συνέδρια.

## Ζώρας Σταμάτης

Σταμάτης Ζώρας (Φυσικός, MSc, PhD) είναι Επίκουρος Καθηγητής στο Τμήμα Μηχαν. Περιβάλλοντος του ΔΠΘ. Έχει εργαστεί στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης, σύμφωνα με CIBSE καθοδήγηση σε Senior θέση στο WYG Consulting Engineers στο Λονδίνο. Η επιστημονική γνωστική περιοχή του περιλαμβάνει την υπολογιστική ρευστοδυναμική του περιβάλλοντος, προσομοίωση του αστικού περιβάλλοντος, εταφοράς θερμότητας στο έδαφος. Έχει συμμετάσχει σε πολλά Εθνικά και Ευρωπαϊκά ερευνητικά προγράμματα στον τομέα των περιβαλλοντικών επιστημών και της αστικής προσομοίωσης ως συντονιστή ή ως ερευνητής. Είναι συγγραφέας ή συν-συγγραφέας σε πάνω από 50 δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά, πρακτικά συνεδρίων, βιβλία, εκθέσεις, κ.α.

## Κοσμόπουλος Πάνος

Ο Δρ Π Κοσμόπουλος (Δίπλωμα Αρχιτ. Μηχανικού, MSc, PhD), είναι αναπληρωτής Καθηγητής στο Τμήμα Μηχαν. Περιβάλλοντος του ΔΠΘ και ο Διευθυντής του Εργαστηρίου Περιβαλλοντικού και Ενεργειακού Σχεδιασμού Κτιρίων και Οικισμών, Τμ. Μηχανικών Περιβάλλοντος (ΔΠΘ). Είναι ο συγγραφέας ή επιμελητής εννέα (9) βιβλίων, έχει δημοσιεύσει μεγάλο αριθμό άρθρων σε επιστημονικά περιοδικά και Συνέδρια και διαλέξεις σε προπτυχιακά και μεταπτυχιακά προγράμματα (3 στο ΔΠΘ, ΕΑΠ, ΕΚΠΑ, ΕΜΠ, ΠΘ) στο γνωστικό αντικείμενο της αιφορίας στο δομημένο περιβάλλον.