



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

Παραμετρικός Προσδιορισμός  
Ενεργειακών Απαιτήσεων Κτιρίων για  
Θέρμανση και Ψύξη υπό διάφορες  
συνθήκες με χρήση του λογισμικού  
προσομοίωσης TRNSYS

**ΖΩΗ Ν. ΣΑΓΙΑ**

Μεταπτυχιακή Εργασία η οποία υποβάλλεται  
για μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων  
για το Διεπιστημονικό – Διατμηματικό  
Δίπλωμα Ειδίκευσης  
του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Πολυτεχνείου  
«Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

Αθήνα, Φεβρουάριος 2009

**Περιβάλλον  
και  
Ανάπτυξη**

Επιβλέπων: Καθηγητής Κ. Ρακόπουλος

Επιτροπή Παρακολούθησης:

Καθηγητής Κ. Ρακόπουλος  
Καθηγητής Κ. Αντωνόπουλος  
Λέκτορας Ι. Σαγιάς

## **Πρόλογος**

Για την επίτευξη της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια είναι αναγκαίος ο προσδιορισμός των ενεργειακών απαιτήσεών τους. Επειδή η θεωρητική τεκμηρίωση του παραπάνω ισχυρισμού δεν μπορεί να οδηγήσει στη λήψη ουσιαστικών μέτρων για την επίλυση του προβλήματος προτιμάται η εφαρμογή υπολογιστικών μεθόδων που προσδιορίζουν συγκεκριμένα ποσά ενέργειας. Οι μέθοδοι αυτές εφαρμόζονται με χρήση του κατάλληλου λογισμικού προσομοίωσης και μοντελοποιούν τη δυναμική συμπεριφορά της λειτουργίας του κτιρίου.

Για την αγορά τέτοιων αξιόλογων υπολογιστικών πακέτων ευχαριστούμε το εργαστήριο Θερμικών Διεργασιών της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. και τη διευθύντριά του Καθ. Α. Στέγγου – Σαγιά. Επίσης, για την ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας ευχαριστούμε τον Πρόεδρο της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. Καθ. Κ. Ρακόπουλο, τον Καθ. Κ. Αντωνόπουλο (Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π.) και τον Λέκτ. Ι. Σαγιά (Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π.).

## Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων .....	3
Πίνακας Πινάκων .....	5
Πίνακας Σχημάτων.....	7
Περίληψη .....	9
Ελληνική.....	9
Αγγλική.....	9
Εισαγωγή.....	10
Κεφάλαιο 1: Ελληνική Πραγματικότητα .....	11
Κεφάλαιο 2: Εννοιολογικό Πλαίσιο.....	14
Κεφάλαιο 3: Τρέχουσα Νομοθεσία.....	19
Κεφάλαιο 4: Θεμελιώδεις Αρχές Μεταφοράς Θερμότητας.....	22
4.1 Ορισμοί μεγεθών .....	23
Κεφάλαιο 5: Υπόθεση εργασίας.....	27
Κεφάλαιο 6: Λογισμικό TRNSYS.....	28
6.1 TRNSYS (Transient Energy System Simulation Tool).....	28
6.2 Ιστορία.....	28
6.3 Ομάδα Προγραμμάτων.....	29
6.4 TRNSYS Simulation Studio.....	29
6.4.1 Λειτουργίες.....	29
6.4.2 Περιβάλλον .....	30
6.5 TRNDll.dll και TRNExe .....	34
6.6 TRNBuild.....	34
6.6.1 Λειτουργία.....	35
6.6.2 Περιβάλλον .....	35
6.7 TRNEdit και TRNSEd εφαρμογές .....	43
Κεφάλαιο 7: Λογισμικό METEONORM .....	44
7.1 Λειτουργία .....	44
7.2 Περιβάλλον.....	44
Κεφάλαιο 8: Προσομοιωτική Διαδικασία .....	53
8.1 Βήματα προσομοίωσης .....	53
8.2 Περιγραφή του οικοπέδου .....	53
8.3 Περιγραφή του κτιρίου.....	54
8.4 Θερμικές ζώνες .....	61
8.5 Θερμικά χαρακτηριστικά τοίχων .....	70
8.6 Εμβαδομέτρηση θερμικών ζωνών .....	75
8.7 Ανοίγματα κτιρίου .....	81
8.8 Διείσδυση Αέρα (Infiltration) .....	82
8.9 Αερισμός (Ventilation) .....	83
8.10 Θέρμανση (Heating).....	85
8.11 Ψύξη (Cooling) .....	86
8.12 Εσωτερικά Κέρδη (Gains) .....	87
8.12.1 Μεταβολισμός.....	87
8.12.2 Τεχνητός Φωτισμός .....	89
8.12.3 Ηλεκτρικές Συσκευές και Μηχανήματα.....	89
8.13 Θερμική Άνεση (Comfort) .....	90
8.14 Κλιματικά Δεδομένα.....	92

8.15 Υλοποίηση της προσομοίωσης .....	98
8.15.1 Εφαρμογή του TRNSYS Simulation Studio .....	98
8.15.2 Εφαρμογή του TRNBuild .....	112
8.16 Τρέξιμο της προσομοίωσης.....	114
8.17 Αποτελέσματα της προσομοίωσης.....	117
8.17.1 Αθήνα .....	117
8.17.2 Ρόδος.....	123
8.17.3 Κοζάνη.....	127
8.18 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.....	131
Συμπεράσματα.....	139
Βιβλιογραφία.....	140

## Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 8.1: Ποσοστό ανοιγμάτων ανά εμβαδό επιφάνειας ορόφου .....	54
Πίνακας 8.2: Θερμικές Ζώνες.....	61
Πίνακας 8.3: Θερμικά Χαρακτηριστικά τοίχων .....	70
Πίνακας 8.4: Θερμικά Χαρακτηριστικά τοίχων .....	71
Πίνακας 8.5: Θερμικά Χαρακτηριστικά τοίχων .....	72
Πίνακας 8.6: Θερμικά Χαρακτηριστικά τοίχων .....	73
Πίνακας 8.7: Θερμικά Χαρακτηριστικά τοίχων .....	74
Πίνακας 8.8: Θερμική Ζώνη SHOP .....	75
Πίνακας 8.9: Θερμική Ζώνη APARTMENT1 .....	76
Πίνακας 8.10: Ανοίγματα Θερμικών Ζωνών APARTMENT1 και APARTMENT2.....	76
Πίνακας 8.11: Θερμική Ζώνη APARTMENT2 .....	77
Πίνακας 8.12: Θερμική Ζώνη APARTMENT3 .....	78
Πίνακας 8.13: Ανοίγματα Θερμικής Ζώνης APARTMENT3 .....	78
Πίνακας 8.14: Θερμική Ζώνη APARTMENT4 .....	79
Πίνακας 8.15: Ανοίγματα Θερμικής Ζώνης APARTMENT4 .....	79
Πίνακας 8.16: Θερμική Ζώνη STAIRS .....	80
Πίνακας 8.17: Ανοίγματα Θερμικής Ζώνης STAIRS.....	81
Πίνακας 8.18: Ιδιότητες Υαλοπίνακα Pilkington OPTITHERM S .....	81
Πίνακας 8.19: Ιδιότητες Υαλοπίνακα Single, TRNSYS.....	82
Πίνακας 8.20: Διείσδυση Αέρα .....	82
Πίνακας 8.21: Αερισμός Θερμικών Ζωνών APARTMENT1, APARTMENT2, APARTMENT3, APARTMENT4 το χειμώνα .....	83
Πίνακας 8.22: Αερισμός Θερμικών Ζωνών APARTMENT1, APARTMENT2, APARTMENT3, APARTMENT4 το καλοκαίρι .....	84
Πίνακας 8.23: Αερισμός Θερμικής Ζώνης STAIRS .....	84
Πίνακας 8.24 Αερισμός Θερμικής Ζώνης SHOP .....	84
Πίνακας 8.25: Θέρμανση Θερμικής Ζώνης SHOP .....	85
Πίνακας 8.26: Ψύξη Θερμικής Ζώνης SHOP .....	86
Πίνακας 8.27: Παρουσία Ανθρώπων Θερμικής Ζώνης SHOP .....	87
Πίνακας 8.28: Παρουσία Ανθρώπων Θερμικών Ζωνών APARTMENT1, APARTMENT2, APARTMENT4.....	88
Πίνακας 8.29: Παρουσία Ανθρώπων Θερμικών Ζωνών APARTMENT3 .....	88
Πίνακας 8.30: Παρουσία Ανθρώπων Θερμικής Ζώνης STAIRS .....	88
Πίνακας 8.31: Μεταβολισμός .....	89
Πίνακας 8.32: Φωτισμός .....	89
Πίνακας 8.33: Θερμική Άνεση το χειμώνα.....	91
Πίνακας 8.34: Θερμική Άνεση το καλοκαίρι.....	91
Πίνακας 8.35: Συντεταγμένες Μετεωρολογικών Σταθμών του METEONORM .....	92
Πίνακας 8.36: Κλιματικά Δεδομένα Αθήνας.....	94
Πίνακας 8.37: Κλιματικά Δεδομένα πόλης Ρόδου .....	95
Πίνακας 8.38: Κλιματικά Δεδομένα Κοζάνης .....	97
Πίνακας 8.39: Χαρακτηριστικά Εξωτερικών Επιφανειών Κτιρίου .....	99
Πίνακας 8.40: Σύνδεση Type 109-TMY2 με Type 33e .....	106
Πίνακας 8.41: Σύνδεση Type 109-TMY2 με Type 69b .....	107

Πίνακας 8.42: Σύνδεση Type 109-TMY2 με Type 56b .....	107
Πίνακας 8.43: Σύνδεση Type 109-TMY2 με Diffuse .....	108
Πίνακας 8.44: Σύνδεση Diffuse με Type 69b.....	108
Πίνακας 8.45: Σύνδεση Type 33e με Type 69b.....	109
Πίνακας 8.46: Σύνδεση Type 69b με Type 56b.....	109
Πίνακας 8.47: Σύνδεση Type 56b με Type 25c.....	110
Πίνακας 8.48: Σύνδεση Type 56b με Type 65d.....	110
Πίνακας 8.49: Σύνδεση Type 69b με Integration.....	111
Πίνακας 8.50: Σύνδεση Integration με Type 28b.....	111
Πίνακας 8.51: Σύνδεση Integration με Type 28b2.....	112
Πίνακας 8.52: Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης και Ψύξης για την Αθήνα, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες.....	117
Πίνακας 8.53: Δείκτης PMV για κτίριο στην Αθήνα με διπλούς υαλοπίνακες.....	119
Πίνακας 8.54: Δείκτης PPD για κτίριο στην Αθήνα με διπλούς υαλοπίνακες.....	120
Πίνακας 8.55: Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης και Ψύξης για την Αθήνα, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες .....	121
Πίνακας 8.56: Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης και Ψύξης για τη Ρόδο, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες .....	123
Πίνακας 8.57: Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης και Ψύξης για τη Ρόδο, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες .....	125
Πίνακας 8.58: Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης και Ψύξης για την Κοζάνη, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες.....	127
Πίνακας 8.59: Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης και Ψύξης για την Κοζάνη, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες .....	129

## Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1.1 Κατανομή δαπανών Φωτισμού και Καυσίμων .....	12
ιδιόκτητης ή δωρεάν παραχωρημένης οικίας .....	12
Σχήμα 1.2 Κατανομή δαπανών Φωτισμού και Καυσίμων ενοικιασμένης οικίας .....	12
Σχήμα 1.3 Κατανομή πληθυσμού ανά κύριο μέσο μαγειρέματος .....	13
Σχήμα 1.4 Κατανομή πληθυσμού ανά κύριο μέσο θέρμανσης.....	13
Σχήμα 6.1 Κύριο παράθυρο του TRNSYS Simulation Studio .....	30
Σχήμα 6.2 Παράθυρο Εργασίας του TRNSYS Simulation Studio .....	31
Σχήμα 6.3 Εργαλειοθήκη Άμεσης Πρόσβασης του TRNSYS Simulation Studio .....	31
Σχήμα 6.4 Παράθυρο Προφόρμας του TRNSYS Simulation Studio.....	32
Σχήμα 6.5 Μεταβλητές Προφόρμας του TRNSYS Simulation Studio.....	33
Σχήμα 6.6 TRNExe .....	34
Σχήμα 6.7 Αρχικό Παράθυρο του TRNBuild .....	36
Σχήμα 6.8 Παράθυρο Project του TRNBuild .....	37
Σχήμα 6.9 Παράθυρο Properties του TRNBuild .....	38
Σχήμα 6.10 Παράθυρο Inputs του TRNBuild.....	38
Σχήμα 6.11 Παράθυρο Outputs του TRNBuild.....	39
Σχήμα 6.12 Παράθυρο Output Data του TRNBuild .....	40
Σχήμα 6.13 Παράθυρο TRNBuild Manager.....	40
Σχήμα 6.14 Παράθυρο Ζώνης του TRNBuild.....	41
Σχήμα 6.15 Παράθυρο Wall Type Manager του TRNBuild .....	42
Σχήμα 6.16 TRNEdit .....	43
Σχήμα 7.1 Αρχικό Παράθυρο METEONORM .....	45
Σχήμα 7.2 Καρτέλα Site METEONORM .....	46
Σχήμα 7.3 Παράθυρο Edit site, METEONORM.....	47
Σχήμα 7.4 Χάρτης METEONORM .....	48
Σχήμα 7.5 Εφαρμογή Χρήσης Χάρτη METEONORM .....	48
Σχήμα 7.6 Καρτέλα Data METEONORM .....	49
Σχήμα 7.7 Καρτέλα Format METEONORM .....	50
Σχήμα 7.8 Καρτέλα Calculations METEONORM .....	51
Σχήμα 7.9 Καρτέλα Exit METEONORM.....	52
Σχήμα 8.1: Κλιματικά Δεδομένα Αθήνας, METEONORM.....	93
Σχήμα 8.2: Κλιματικά Δεδομένα πόλης Ρόδου, METEONORM .....	95
Σχήμα 8.3 Κλιματικά Δεδομένα Κοζάνης, METEONORM.....	96
Σχήμα 8.4 Ισχύς Θερμικής Ζώνης i.....	102
Σχήμα 8.5 Εφαρμογή στο TRNSYS Simulation Studio .....	106
Σχήμα 8.6 Εφαρμογή για το χειμώνα στο TRNBuild .....	113
Σχήμα 8.7 Εφαρμογή για το καλοκαίρι στο TRNBuild.....	114
Σχήμα 8.8 Εφαρμογή για το χειμώνα στο TRNSYS Simulation Studio .....	115
Σχήμα 8.9 Εφαρμογή για το καλοκαίρι στο TRNSYS Simulation Studio .....	116
Σχήμα 8.10 Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης για την Αθήνα, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες .....	118
Σχήμα 8.11 Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης για την Αθήνα, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες.....	118

Σχήμα 8.12 Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης για την Αθήνα, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες.....	122
Σχήμα 8.13 Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης για την Αθήνα, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες.....	122
Σχήμα 8.14 Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης για τη Ρόδο, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες.....	124
Σχήμα 8.15 Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης για τη Ρόδο, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες.....	124
Σχήμα 8.16 Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης για τη Ρόδο, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες.....	126
Σχήμα 8.17 Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης για τη Ρόδο, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες.....	126
Σχήμα 8.18 Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης για την Κοζάνη, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες.....	128
Σχήμα 8.19 Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης για την Κοζάνη, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες.....	128
Σχήμα 8.20 Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης για την Κοζάνη, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες.....	130
Σχήμα 8.21 Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης για την Κοζάνη, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες.....	130
Σχήμα 8.22 Ενεργειακές Ανάγκες για την Αθήνα .....	131
Σχήμα 8.23 Ενεργειακές Ανάγκες για τη Ρόδο .....	132
Σχήμα 8.24 Ενεργειακές Ανάγκες για την Κοζάνη.....	132
Σχήμα 8.25 Θέρμανση κτιρίου με διπλούς υαλοπίνακες.....	133
Σχήμα 8.26 Θέρμανση κτιρίου με απλούς υαλοπίνακες.....	133
Σχήμα 8.27 Ψύξη κτιρίου με διπλούς υαλοπίνακες.....	134
Σχήμα 8.28 Ψύξη κτιρίου με απλούς υαλοπίνακες.....	134



## **Περίληψη**

### **Ελληνική**

Σήμερα το θέμα της ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων είναι ένα επίμαχο ζήτημα. Η Ελλάδα πραγματοποιεί σταδιακά βήματα για την εναρμόνιση της στον τομέα αυτόν με την Κοινοτική νομοθεσία. Ο πιο πρόσφατος σχετικός νόμος είναι ο Νόμος 3661/2008 ενώ αναμένονται υπουργικές αποφάσεις που να διασαφηνίζουν την εφαρμογή του.

Στην παρούσα εργασία προσδιορίζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη ενός κτιρίου μεικτής χρήσης στο κέντρο της Αθήνας. Οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται τόσο για απλούς όσο και διπλούς υαλοπίνακες. Γίνεται, επίσης, η παραδοχή ότι το κτίριο με τα ίδια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά μεταφέρεται στην πόλη της Ρόδου και της Κοζάνης. Έτσι αξιολογείται η επίδραση των κλιματικών δεδομένων στις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης. Ακόμα, για την παρούσα κατάσταση του κτιρίου, δηλαδή για τα κλιματικά δεδομένα της Αθήνας και με διπλούς υαλοπίνακες προσδιορίζονται δύο δείκτες θερμικής άνεσης: η προβλεπόμενη μέση ψήφος (PMV) και το προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων (PPD).

Τα αποτελέσματα αξιολογούνται με βάση τον Κανονισμό Θερμομόνωσης του 1979 και αντίστοιχες μελέτες σε άλλα ελληνικά κτίρια.

### **Αγγλική**

Nowadays, building energy consumption is a controversial issue. Greece is gradually taking steps to implement European Community legislation in this sector. The most recent and relevant law is the Law 3661/2008 while ministerial decisions are expected to explain its implement.

The current study determines the heating and cooling demands of a multi-use building in the centre of Athens. The calculations are made for single and double glazing. The calculations are also repeated as if the building was situated on the city of Rhodes and on the city of Kozani. With this procedure is assessed the impact of climatic conditions on the heating and cooling demands of a building. What is more, for the current stage of the building which is situated on Athens and is equipped with double glazing two index of thermal comfort are calculated: predicted mean vote (PMV) and predicted percentage of dissatisfied persons (PPD).

The results are evaluated according to HBTIR (Hellenic Building Thermal Insulation Regulation, 1979) and relevant studies of other greek buildings.

## **Εισαγωγή**

Η διαχρονική μεταβολή του βιοτικού επιπέδου τα τελευταία 60 χρόνια τόσο στην Ελλάδα όσο και στις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες είναι ραγδαία. Οι νέες συνθήκες ζωής έχουν αυξήσει τις απαιτήσεις κατανάλωσης ενέργειας σε όλους του τομείς συμπεριλαμβανομένου και αυτού της κατοικίας.

Οι ενεργειακές δαπάνες μιας κατοικίας χωρίζονται σε δύο τομείς. Ο πρώτος αφορά την κατασκευή της και ο δεύτερος τη λειτουργία και συντήρησή της.

Είναι προφανές ότι οι δαπάνες αυτές είναι αλληλένδετες μεταξύ τους. Ακριβά υλικά κατασκευής του κελύφους, τα οποία απαιτούν για την παραγωγή τους σημαντικά ποσά ενέργειας, χρήση ιδιαίτερων εγκαταστάσεων και αξιοποίηση υψηλού επιπέδου τεχνογνωσίας επιτυγχάνουν μικρότερες απώλειες θερμότητας του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον. Έτσι οι απαιτήσεις για θέρμανση ικανοποιούνται με μικρότερη ποσότητα καυσίμων. Αντιστρόφως, συνήθη υλικά κατασκευής του κελύφους ευρείας παραγωγής κοστίζουν φθηνότερα καθώς για τη δημιουργία τους απαιτούνται μικρότερα ποσά ενέργειας. Το κτιριακό κέλυφος που συνιστούν όμως, έχει μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον.

Επίσης, αντίστοιχοι συλλογισμοί ισχύουν για την ψύξη του κτιρίου καθώς και για τα συστήματα που λειτουργούν μέσα σε αυτό. Από τα λειτουργούντα συστήματα ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης καθώς οι βαθμοί απόδοσής τους παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανάλωση καυσίμων. Συστήματα με υψηλούς βαθμούς απόδοσης επιτυγχάνουν τις θερμοκρασίες στις οποίες οι χρήστες επιθυμούν να βρίσκονται με μικρότερες καταναλώσεις καυσίμων και άρα φθηνότερα. Ο σχεδιασμός όμως και η κατασκευή τέτοιων συστημάτων είναι ακριβότερη από τα συμβατικά.

Προκύπτει λοιπόν το συμπέρασμα ότι οι ενεργειακές δαπάνες των κτιρίων είναι ένα σύνθετο θέμα το οποίο πρέπει να αντιμετωπίζεται με τρόπο ολιστικό.

## **Κεφάλαιο 1: Ελληνική Πραγματικότητα**

Το 75% των κτιρίων στην Ελλάδα είναι κατοικίες και ο κτιριακός τομέας συμμετέχει κατά 36% στην εγχώρια ενεργειακή κατανάλωση (Ιατρίδης, 2003).

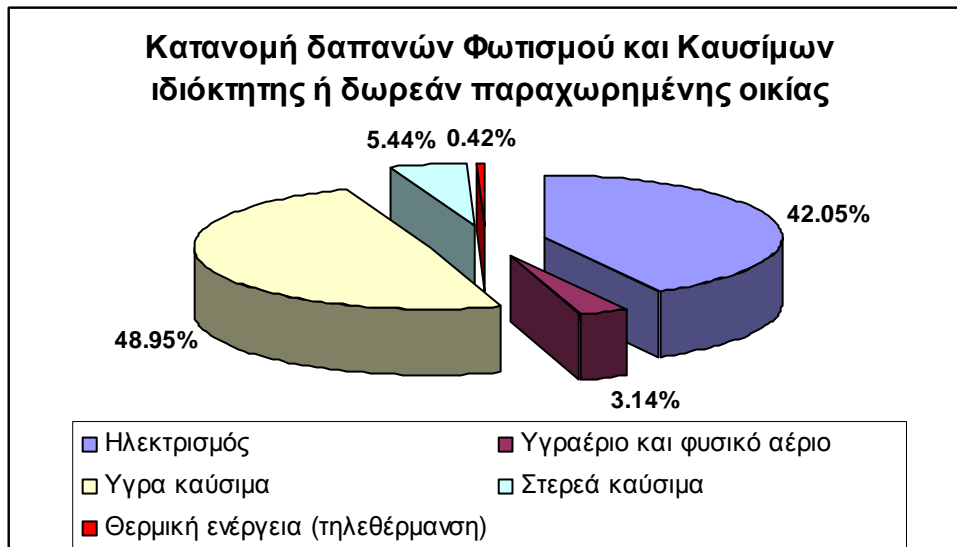
Σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (ΕΣΥΕ) από δειγματοληπτική Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών (ΕΟΠ) που πραγματοποιήθηκε την περίοδο Φεβρουάριος 2004 – Ιανουάριος 2005 προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα.

Παρουσιάζεται αύξηση του ποσοστού των δαπανών για στέγαση και επικοινωνία επί του μέσου όρου δαπανών των νοικοκυριών της χώρας τα οποία ανέρχονται σε 10.69% και 4.52%.

Τα υγρά καύσιμα κατοικίας και ο ηλεκτρισμός ανήκουν στις 20 μεγαλύτερες δαπάνες επί του οικογενειακού προϋπολογισμού και καταλαμβάνουν επί αυτού ποσοστά 1.76% και 1.58% αντίστοιχα.

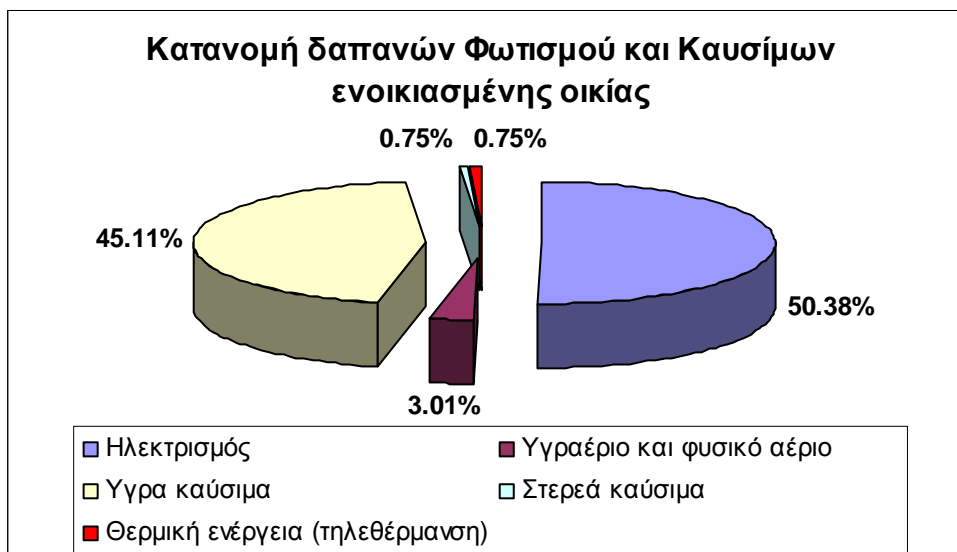
Συγκριτικά αποτελέσματα της έρευνας αυτής με προηγούμενη που πραγματοποιήθηκε την περίοδο 1998/99 δείχνει ότι το ποσοστό των νοικοκυριών που διαθέτει κεντρική θέρμανση αυξήθηκε από 61.7% σε 72.24% και το ποσοστό των νοικοκυριών που διαθέτει προσωπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή από 12.1% σε 34.02%.

Η κατανομή των δαπανών σε φωτισμό και θέρμανση ως ποσοστά επί των δαπανών στέγασης διαφοροποιείται ανάλογα με το αν η κατοικία είναι ιδιόκτητη ή παραχωρημένη δωρεάν ή ενοικιασμένη. Αυτό συμβαίνει κυρίως επειδή σε περίπτωση ενοικιασμένης κατοικίας το μεγαλύτερο μέρος των δαπανών στέγασης πηγαίνει στο ενοίκιο. Έτσι για κατοικία ιδιόκτητη ή παραχωρημένη δωρεάν το ποσοστό αυτό ανέρχεται σε 47.8% και για ενοικιασμένη σε 13.3%. Στα ακόλουθα διαγράμματα φαίνεται η κατανομή αυτών των ποσοστών στις επιμέρους παροχές.



**Σχήμα 1.1 Κατανομή δαπανών Φωτισμού και Καυσίμων ιδιόκτητης ή δωρεάν παραχωρημένης οικίας**

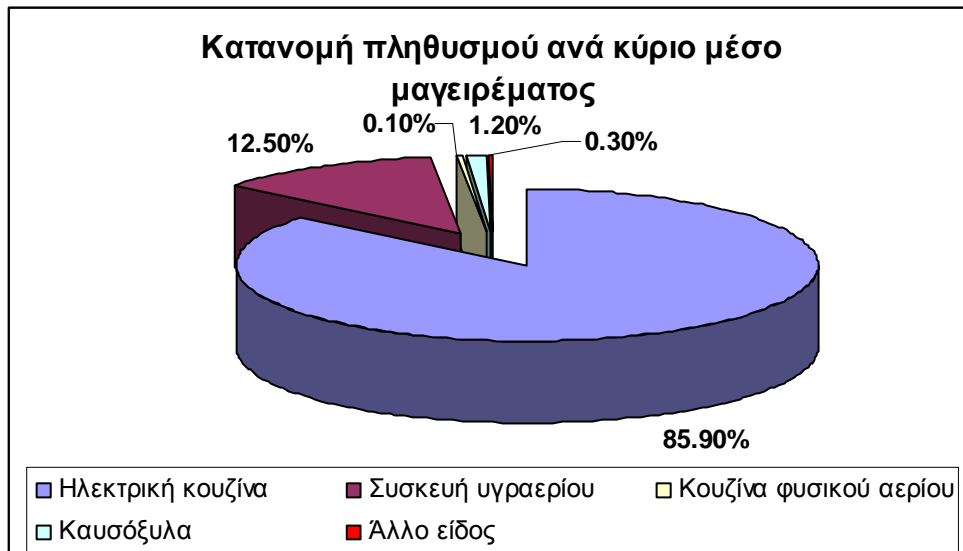
Πηγή: ΕΣΥΕ, ΕΟΠ 2004-2005, Επεξεργασία από τη συγγραφέα



**Σχήμα 1.2 Κατανομή δαπανών Φωτισμού και Καυσίμων ενοικιασμένης οικίας**

Πηγή: ΕΣΥΕ, ΕΟΠ 2004-2005, Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Η κατανομή του πληθυσμού ανά κύριο μέσο μαγειρέματος και κύριο μέσο θέρμανσης φαίνεται στα ακόλουθα διαγράμματα (ΕΣΥΕ, 2005).



**Σχήμα 1.3 Κατανομή πληθυσμού ανά κύριο μέσο μαγειρέματος**  
 Πηγή: ΕΣΥΕ, ΕΟΠ 2004-2005, Επεξεργασία από τη συγγραφέα



**Σχήμα 1.4 Κατανομή πληθυσμού ανά κύριο μέσο θέρμανσης**  
 Πηγή: ΕΣΥΕ, ΕΟΠ 2004-2005, Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Παρατηρείται ότι ο κύριος σύγχρονος τρόπος ικανοποίησης δύο πρωταρχικών ανθρώπινων αναγκών της διατροφής και της θέρμανσης είναι η χρήση της ηλεκτρικής κουζίνας και του καλοριφέρ πετρελαίου, μέσα που απαιτούν για τη λειτουργία τους σημαντικά ποσά ενέργειας.

## Κεφάλαιο 2: Εννοιολογικό Πλαίσιο

Για τον προσδιορισμό των ενεργειακών απαιτήσεων ενός κτιρίου ο πιο ακριβής τρόπος είναι η πραγματοποίηση μετρήσεων και παρατηρήσεων επί του κελύφους και των συστημάτων του (Σαγιά, 2008). Η διενέργεια αυτής της διαδικασίας καλείται επιθεώρηση

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία (Howard et al., 1989 και ASHRAE, 2001) κατά την οργάνωση μιας αποτελεσματικής επιθεώρησης εξετάζονται τα ακόλουθα στοιχεία:

- οι συμμετέχοντες
- τα όρια των χώρων ή κτιρίων
- το απαιτούμενο εύρος της επιθεώρησης
- ο χρόνος διεξαγωγής της
- η χρήση πρόσθετων μετρήσεων και οργάνων
- η δυνατότητα πρόσβασης στο χώρο
- οι απαιτήσεις της τελικής έκθεσης.

### Συμμετέχοντες

Είναι επιθυμητό το έργο της επιθεώρησης να κατευθύνεται από ένα φυσικό πρόσωπο ή μια ηγετική ομάδα γεγονός που προσδίδει κύρος στα ευρήματά της. Ο αριθμός των συμμετεχόντων καθορίζεται κυρίως από την πολυπλοκότητα του χώρου, τα κτίρια και τα συστήματά τους, τη διαθεσιμότητα εξειδικευμένου προσωπικού ανά κατηγορία μέτρησης κλπ.

### Όρια χώρου ή κτιρίου

Τα μεμονωμένα κτίρια μελετώνται συνήθως ολόκληρα και δεν παρουσιάζουν προβλήματα ως προς τα όρια της επιθεώρησης. Σύνθετοι κτιριακοί χώροι εκλαμβάνονται είτε ως ομάδες κτιρίων είτε ως περιοχές ή ζώνες των οποίων τα όρια προσδιορίζονται από την ομάδα μελέτης. Σε χώρους πολλαπλών κτιρίων συνήθως προσδιορίζεται ξεχωριστά κάθε κτίριο που θα περιληφθεί στην επιθεώρηση, ειδικά εάν τα κτίρια διαφέρουν στην κατασκευή ή και τη χρήση τους. Εναλλακτικά εξετάζονται διάφορες λειτουργίες τους όπως ο φωτισμός ή η θέρμανση και κάθε κτίριο συμμετέχει στις συνολικές καταναλώσεις ανάλογα με την εφαρμογή της συγκεκριμένης λειτουργίας. Επιπλέον, είναι σημαντικό να καθορίζονται τα κτίρια ή τμήματα αυτών που αποκλείονται από την επιθεώρηση για ιδιαίτερους λόγους. Για παράδειγμα, ίσως να υπάρχει ένας αριθμός μη θερμαινόμενων αποθηκευτικών χώρων, με ελάχιστο φωτισμό, οι οποίοι, αν και καταλαμβάνουν σημαντική έκταση, έχουν αμελητέα ενεργειακή κατανάλωση.

Στο στάδιο αυτό γίνεται, επίσης, συλλογή χρήσιμων κατασκευαστικών στοιχείων, προσδιορίζονται οι διαστάσεις του χώρου και το εμβαδόν. Καθορίζεται ακόμα το κύριο πρόγραμμα παρουσίας των ατόμων και οι βασικοί χρήστες ενέργειας.

### **Εύρος Επιθεώρησης**

Το εύρος της επιθεώρησης και ο βαθμός λεπτομέρειας της μελέτης καθορίζονται από τη διαθεσιμότητα πόρων και την αξία της προσδοκώμενης εξοικονόμησης ενέργειας.

#### ***Εκτεταμένη επιθεώρηση***

Η εκτεταμένη επιθεώρηση εξετάζει συγκεκριμένες περιοχές ή τμήματα σε βάθος. Δεν περιλαμβάνει απαραίτητα κάθε πλευρά της χρήσης ενέργειας αλλά αναμένεται σε ετήσια βάση να:

- προσδιορίζει την ενεργειακή απόδοση κτιρίων και μεγάλων μονάδων
- αξιολογεί τις κύριες ενεργειακές ροές
- καθορίζει με ακρίβεια τις περιπτώσεις όπου μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας
- υποδεικνύει την αξία της εξοικονόμησης αυτής
- παρέχει κοστολογημένες προτάσεις ή επιλογές προς την επίτευξη της εξοικονόμησης ενέργειας
- εξετάζει τις διαδικασίες ενεργειακής διαχείρισης.

Η τελική έκθεση της επιθεώρησης, εκτός από τις προτάσεις και τις οικονομικές αναλύσεις, είναι δυνατό να περιλαμβάνει:

- περιλήψεις των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί
- λεπτομέρειες των απορριπτέων επιλογών
- κύρια σημεία ή θεμελιώδη σχεδιασμό.

#### ***Συνοπτική επιθεώρηση***

Η συνοπτική επιθεώρηση ασχολείται επίσης με ειδικές περιοχές ή τμήματα αλλά όχι σε βάθος. Συνήθως:

- αξιολογεί την ενεργειακή απόδοση κτιρίων και μεγάλων μονάδων χρησιμοποιώντας ελάχιστες ή καθόλου μετρήσεις
- προσδιορίζει τις βασικές ενεργειακές ροές
- καθορίζει τις κύριες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας
- υποδεικνύει την κλίμακα της εξοικονόμησης αυτής

- παρέχει χαρακτηριστικές προτάσεις και κόστη.

Η έκθεση της επιθεώρησης παρουσιάζει συνοπτικά τις επιλογές και προσδιορίζει ορισμένες δυνατότητες εξοικονόμησης για περαιτέρω εξέταση.

### **Χρόνος Διεξαγωγής**

Η επιλογή του κατάλληλου χρόνου διεξαγωγής της επιθεώρησης οδηγεί σε ορθότερα αποτελέσματα. Ο χρονικός προγραμματισμός της επιθεώρησης συνήθως είναι τέτοιος ώστε να λαμβάνει υπόψη εποχιακές μεταβολές και χρήσεις των χώρων και των συστημάτων του κτιρίου.

Ο προκαταρκτικός έλεγχος των συστημάτων του κτιρίου είναι δυνατό να υποδείξει ποια από τα θερμικά και ψυκτικά φορτία προσφέρουν καλύτερες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας.

Τα συστήματα είναι προτιμότερο να εξετάζονται κατά την περίοδο της κανονικής λειτουργίας τους δηλαδή τα συστήματα θέρμανσης το χειμώνα και τα συστήματα ψύξης το καλοκαίρι.

Επίσης, είναι καλύτερο ένα σύστημα να εξετάζεται έπειτα από συντήρηση παρά πριν από διακοπή λειτουργίας του.

Οι ημερομηνίες έναρξης και ολοκλήρωσης της επιθεώρησης επιλέγονται έτσι ώστε να ταιριάζουν με το συνήθη κύκλο δραστηριοτήτων του κτιρίου. Απώτερος στόχος είναι η διεξαγωγή της επιθεώρησης να μην ενοχλεί τους χρήστες των χώρων του.

Μια επιθεώρηση κατά τη διεθνή βιβλιογραφία (Howard et al., 1989 και ASHRAE, 2001) πρέπει να διεξάγεται κάθε 3-5 χρόνια ανάλογα με το ρυθμό των επερχομένων μεταβολών στο κτίριο.

### **Επιπρόσθετες μετρήσεις**

Πολλές φορές είναι αναγκαία η εγκατάσταση επιπρόσθετων μετρητών σε στρατηγικά σημεία του κτιρίου ώστε να συλλέγονται επιπλέον πληροφορίες. Κάποιες φορές χρειάζεται μια περίοδος πριν από την επιθεώρηση έτσι ώστε να συγκεντρωθεί ικανός αριθμός μετρήσεων, που δεν έχει προηγουμένως καταγραφεί, από νέους ή υπάρχοντες μετρητές. Τυπικά χρονικά διαστήματα παρακολούθησης είναι οι εβδομάδες ή οι μήνες με τετράμηνα ή ετήσια συγκεντρωτικά αποτελέσματα.

### **Πρόσβαση στο χώρο**

Οι περιορισμοί που τίθενται στο προσωπικό επιθεώρησης και τις εργασιακές πρακτικές του αφορούν τα ακόλουθα ζητήματα:

- έγκαιρη ενημέρωση των χρηστών για τη διεξαγωγή επιθεώρησης στο χώρο τους και ζήτηση της συγκατάθεσης των αρμοδίων



- επίδειξη πιστοποιητικών του προσωπικού που αποδεικνύουν ότι έχει την έγκριση και την εξουσιοδότηση να διενεργήσει την επιθεώρηση
- χρήση προστατευτικού ρουχισμού του προσωπικού
- περιορισμοί στη χρήση οργάνων επιθεώρησης, π.χ. εσωτερικά ασφαλή όργανα που λειτουργούν σε χαμηλή τάση και δεν περιέχουν τοξικά υλικά.

### **Οι εκθέσεις**

Το άμεσο τελικό προϊόν μιας επιθεώρησης είναι μια έκθεση. Επομένως, οι διαδικασίες για τη σύνταξη της έκθεσης αυτής θα πρέπει να εξεταστούν από το πρώτο στάδιο της επιθεώρησης. Η διαδικασία αξιολόγησης των ευρημάτων και προετοιμασίας της τελικής αναφοράς συνήθως είναι εξίσου σημαντική με την επί τόπου εργασία.

Συνιστάται η σύνταξη ενός προσχεδίου της έκθεσης ώστε να πραγματοποιηθούν οι απαιτούμενες διορθώσεις και αλλαγές πριν την παράδοση του τελικού κειμένου.

Ο βασικός σκοπός ελέγχου και επιθεώρησης είναι ο εντοπισμός αξιόλογων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας. Η σύνθεση της αναφοράς δεν πρέπει να θεωρείται το τέλος του έργου αλλά ένα βήμα προς την κατεύθυνση εφαρμογής του. Η πλήρης διαδικασία οφείλει να περιλαμβάνει:

- την τελική επιλογή των μέτρων προς εφαρμογή
- το σχεδιασμό υλοποίησης των επιλεγμένων μέτρων
- παρακολούθηση των αποτελεσμάτων τους και ανάδραση της διαδικασίας

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η δυνατότητα εξοικονόμησης θερμικής ενέργειας σε ένα κτίριο (Μπαλαράς, 2001) είναι της τάξης:

- 21-42% για θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων
- 10-30% για τοποθέτηση θερμοστατικών βαλβίδων στα καλοριφέρ
- 18% για αντικατάσταση του παλιού λέβητα
- 4-28% για θερμομόνωση δαπέδου κτιρίου
- 7-18% για μείωση της διείσδυσης αέρα
- 4-15% για συμβατικούς διπλούς υαλοπίνακες
- 1-7% για θερμομόνωση οροφής

Όλα τα βήματα δράσεων, νομικά κατοχυρωμένα, οδηγούν στη διατήρηση της ισορροπίας των ενεργειακών αποθεμάτων και εξασφαλίζουν υψηλό επίπεδο συνθηκών διαβίωσης στους χρήστες του κτιρίου.

Επειδή όμως η πραγματοποίηση μιας επιθεώρησης δεν είναι πάντα εφικτή η επιστημονική κοινότητα έχει αναπτύξει μαθηματικά μοντέλα που προσομοιώνουν τις χρήσεις του κτιρίου και τη λειτουργία των συστημάτων του

έτσι ώστε να εκτιμώνται οι ενεργειακές καταναλώσεις του. Η χρήση αυτών των μοντέλων προϋποθέτει την πραγματοποίηση κάποιων παραδοχών ενώ οι υπολογισμοί διενεργούνται συνήθως μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

### **Κεφάλαιο 3: Τρέχουσα Νομοθεσία**

Η οδηγία 2002/91/EK, που δημοσιεύτηκε στις 4 Ιανουαρίου του 2003 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, έχει δεσμεύσει τα κράτη μέλη να την υιοθετήσουν από τις 4 Ιανουαρίου του 2006.

Επικεντρώνεται στα εξής σημεία:

- θέτει τις απαιτήσεις για μια μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων
- καθορίζει ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση νέων και υφιστάμενων μεγάλων κυρίως κτιρίων
- προδιαγράφει την πιστοποίηση
- συνιστά την τακτική επιθεώρηση.

Η οδηγία είναι προσανατολισμένη στα λειτουργικά κόστη του κτιρίου (Zöld, 2004) και η ενεργειακή συμπεριφορά που ελέγχεται περιλαμβάνει όλα τα είδη ενεργειακής κατανάλωσης (θέρμανση, ψύξη, αερισμό, ζεστό νερό χρήσης, συσκευές).

Σύμφωνα με την οδηγία κάθε κατανάλωση πρέπει να εκφράζεται σε όρους πρωτογενούς ενέργειας. Όμως, τα κράτη μέλη ενδεχομένως να θεωρήσουν διαφορετικές τιμές παράγοντα μετατροπής ενέργειας με αποτέλεσμα μη συγκρίσιμες αποδόσεις. Η θετική συνεισφορά της οδηγίας είναι η επιβολή ελέγχου και συντήρησης των εγκαταστάσεων θέρμανσης-κλιματισμού, η δράση μείωσης της χρήσης της ενέργειας μέσω των παθητικών συστημάτων και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και ο βέλτιστος σχεδιασμός των κτιρίων.

Παράλληλα, ο Οργανισμός Ευρωπαϊκής Τυποποίησης (European Committee for Standardisation - CEN ) ανέπτυξε σε χρονικό διάστημα περίπου δύο ετών ένα σύνολο προτύπων που θα διευκόλυναν τους υπολογισμούς των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων των Κρατών Μελών. Αυτές οι μέθοδοι καλύπτουν τις θερμικές απώλειες από μεταφορά και αερισμό, εσωτερικά και ηλιακά θερμικά κέρδη, φυσικό φωτισμό, απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη, απώλειες συστημάτων, κατανάλωση ενέργειας για ζεστό νερό, αερισμό, φωτισμό καθώς και τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το διεθνές πρότυπο EN ISO 13790 ανήκει σε αυτό το σύνολο προτύπων και είναι ο διάδοχος του παλαιότερου, γνωστού προτύπου EN 832.

Τα πιο πρόσφατα μέτρα για την εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας με την Ευρωπαϊκή στον τομέα της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια περιλαμβάνονται στο νόμο 3661/2008, ΦΕΚ 89Α/19-05-2008.

Στο άρθρο 2 του νόμου ορίζονται οι έννοιες: κτίριο, ενεργειακή απόδοση, ενεργειακή επιθεώρηση, ενεργειακός επιθεωρητής, πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, σύστημα κλιματισμού, λέβητας, ωφέλιμη ονομαστική ισχύς, αντλία θερμότητας, νέο κτίριο, ριζική ανακαίνιση κτιρίου, συνολική επιφάνεια κτιρίου.

Το άρθρο 3 αναφέρει ότι σε έξι μήνες από την έναρξη ισχύος του νόμου 3661/2008 εγκρίνεται κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, όπου καθορίζονται: η μέθοδος υπολογισμού, η μελέτη της ενεργειακής απόδοσης

που πρέπει να υποβάλλεται, οι ελάχιστες απαιτήσεις, τα αρμόδια πρόσωπα, η διαδικασία και συχνότητα διεξαγωγής ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων και εγκαταστάσεων θέρμανσης-κλιματισμού καθώς και ο τύπος, η δαπάνη και το περιεχόμενο του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.

Η μέθοδος υπολογισμού επανεξετάζεται κατά τακτά χρονικά διαστήματα τα οποία δεν μπορεί να είναι μικρότερα των δύο ετών. Το πλαίσιο της μεθόδου περιλαμβάνει τουλάχιστον: κατηγοριοποίηση των κτιρίων, εξωτερικές και εσωτερικές συνθήκες, θέση και προσανατολισμό, θερμικά χαρακτηριστικά των κατασκευαστικών στοιχείων του κτιρίου, τις εγκαταστάσεις θέρμανσης-κλιματισμού-εξαερισμού-φωτισμού-θερμού νερού, την επίδραση των παθητικών, ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται μέσω συστημάτων συμπαραγωγής, το φυσικό φωτισμό.

Κατά το άρθρο 4 για νέες οικοδομές άνω των 1000 m<sup>2</sup> πρέπει να εκπονείται και να υποβάλλεται μελέτη που συνοδεύει τη μελέτη του άρθρου 3 η οποία να περιλαμβάνει την τεχνική, περιβαλλοντική και οικονομική σκοπιμότητα εγκατάστασης τουλάχιστον ενός εκ των εναλλακτικών συστημάτων παροχής ενέργειας, όπως συστημάτων που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, αντλιών θερμότητας.

Σε υφιστάμενα κτίρια, άνω των 1000 m<sup>2</sup>, που ανακαινίζονται ριζικά, έχουμε αναβάθμιση της ενεργειακής τους απόδοσης στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 5.

Το άρθρο 6 ορίζει ότι μόλις ολοκληρωθεί η κατασκευή νέου κτιρίου ή η ριζική ανακαίνιση υφισταμένου κατά το άρθρο 5, ο ιδιοκτήτης υποχρεούται να ζητήσει την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. Κατά την πώληση ή τη μίσθωση κτιρίων διατίθεται από τον ιδιοκτήτη στον αγοραστή ή τον μισθωτή πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης. Οι όροι έκδοσης και διάθεσης του πιστοποιητικού καθώς και οι κυρώσεις σε περίπτωση μη έκδοσης και διάθεσής του θα καθοριστούν σε κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών, Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Η ισχύς του, κατά ανώτατο όριο, είναι τα 10 χρόνια και εκδίδεται από τους επιθεωρητές του άρθρου 9.

Για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, θεσμοθετείται μέσω των άρθρων 7 και 8 η διενέργεια επιθεωρήσεων από τους ενεργειακούς επιθεωρητές στους λέβητες κτιρίων που θερμαίνονται με συμβατικά ορυκτά καύσιμα και στις εγκαταστάσεις κλιματισμού.

Κατά τα οριζόμενα στο άρθρο 9 η πιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, η επιθεώρηση των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού διεξάγονται από τους διαπιστευμένους ενεργειακούς επιθεωρητές. Επίσης, στην παράγραφο 2 του άρθρου 9 γράφεται ότι τα προσόντα των επιθεωρητών, οι αρχές που διέπουν το έργο τους, η διαδικασία χορήγησης διαπίστευσης θα καθοριστούν από σχετικό διάταγμα που θα εκδοθεί με πρόταση των Υπουργών Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος και Δημοσίων Έργων εντός έξι μηνών από τη δημοσίευση του Νόμου 3661/2008.

Σύμφωνα με το άρθρο 10, από την έναρξη ισχύος του Κανονισμού κάθε οικοδομική άδεια ανέγερσης νέου ή ριζικής ανακαίνισης υφισταμένου κτιρίου χορηγείται μόνον μετά την υποβολή στην Πολεοδομική Υπηρεσία και της μελέτης για την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου.

Κατά το άρθρο 12 με απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την ενημέρωση των ιδιοκτητών και χρηστών των κτιρίων σχετικά με μεθόδους βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Στις 17 Ιουνίου του 2008, ΦΕΚ 1122, δημοσιεύτηκαν μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα.

## **Κεφάλαιο 4: Θεμελιώδεις Αρχές Μεταφοράς Θερμότητας**

Η μεταφορά θερμότητας γίνεται με τρεις δυνατούς τρόπους (Κακάσιος, Ρακόπουλος, 2002): αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία.

Η μεταφορά θερμότητας με αγωγή βασίζεται στη μεταφορά ενέργειας μεταξύ των ατόμων ή των μορίων ενός σώματος ανάλογα με την κατάσταση του (στερεά, υγρά, αέρια). Για παράδειγμα στα μέταλλα έχουμε διάχυση ηλεκτρονίων ενώ στα αέρια διάχυση μορίων.

Η συναγωγή εμφανίζεται μεταξύ του ρευστού και της επιφάνειας ενός στερεού σώματος όταν βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Διακρίνεται στην ελεύθερη και την εξαναγκασμένη συναγωγή. Η ελεύθερη συναγωγή προκαλείται από φυσικές διαφορές πυκνοτήτων μέσα στο ρευστό, ενώ η εξαναγκασμένη από εξωτερικά αίτια π.χ. τη λειτουργία ενός ανεμιστήρα. Ένα κλασικό παράδειγμα ελεύθερης συναγωγής είναι η θέρμανση του αέρα ενός δωματίου από θερμαντικό σώμα.

Η μεταφορά θερμότητας μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ονομάζεται μεταφορά με ακτινοβολία. Τα σώματα απορροφούν μέρος της θερμότητας που δέχονται και την επανεκπέμπουν. Η ακτινοβολία εμφανίζεται επίσης στο κενό και μάλιστα με εντονότερο ρυθμό.

Σε ένα κτίριο η μεταφορά θερμότητας υφίσταται με όλους τους παραπάνω τρόπους. Για την πραγματοποίηση των διαφόρων ενεργειακών ισολογισμών χρησιμοποιούνται ορισμένοι θερμοκοί συντελεστές.

#### 4.1 Ορισμοί μεγεθών

Η φυσική ερμηνεία των μεγεθών, των συντελεστών και των ιδιοτήτων των υλικών που χρησιμοποιούνται στην παρούσα μελέτη παρατίθενται στη συνέχεια.

**Αξιμούθιο επιφάνειας ( $\gamma$ )** (Αντωνόπουλος, 2004) είναι η γωνία που σχηματίζεται από την προβολή της καθέτου στην επιφάνεια πάνω στο οριζόντιο επίπεδο και τη νότια κατεύθυνση. Είναι  $-180^{\circ} \leq \gamma \leq 180^{\circ}$  με  $\gamma=0^{\circ}$  στο νότο,  $\gamma=90^{\circ}$  στη δύση  $\gamma=180^{\circ}$  στο βορρά και  $\gamma=-90^{\circ}$  στην ανατολή.

**Αξιμούθιο ηλίου ( $\gamma_s$ )** (Αντωνόπουλος, 2004) είναι η γωνία μεταξύ της προβολής της ευθείας όρασης του ηλίου στο οριζόντιο επίπεδο και της νότιας κατεύθυνσης.

**Άμεση Ηλιακή Ακτινοβολία** (Αντωνόπουλος, 2004) είναι το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη γη κατευθείαν από τον ήλιο χωρίς να μεσολαβήσει διασκορπισμός μέσα στην ατμόσφαιρα.

**Ανακλαστικότητα ( $T_{Rfsol}$ )** (Goulding et al., 1996) είναι το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται από έναν υαλοπίνακα.

**Γωνία ζενίθ ( $\theta_z$ )** (Αντωνόπουλος, 2004) είναι η γωνία που σχηματίζεται από την κατακόρυφο και την ευθεία όρασης του ήλιου.

**Διάχυτη Ηλιακή Ακτινοβολία** (Αντωνόπουλος, 2004) είναι το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη γη ύστερα από διασκορπισμό και αλλαγή κατεύθυνσης κατά τη διαδρομή μέσα στην ατμόσφαιρα.

**Δρώσα θερμοκρασία** (Goulding et al., 1996) είναι η θερμοκρασία ξηρού βολβού σε ένα μαύρο κλειστό χώρο στο επίπεδο της θάλασσας με σχετική υγρασία 50%, στο οποίο ένας άνθρωπος ή ένα αντικείμενο θα αντάλλαζε την ίδια θερμότητα με ακτινοβολία, μεταφορά και εξάτμιση όπως στο υπάρχον ανομοιογενές περιβάλλον.

**Ειδική Θερμότητα ( $c$ )** (Goulding et al., 1996) ονομάζεται η ποσότητα θερμότητας που χρειάζεται για να αυξηθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας ενός υλικού κατά ένα βαθμό. Έχει ως μονάδα μέτρησης kJ/kg K.

**Εκπομπή (emittance-e)** (Goulding et al., 1996) είναι ο λόγος της ενέργειας που εκπέμπεται με ακτινοβολία από μια επίπεδη επιφάνεια σε συγκεκριμένη θερμοκρασία προς την ενέργεια που θα εκπεμπόταν από ένα αμιγώς μέλαν σώμα στην ίδια θερμοκρασία.

**Ηλιακή απόκλιση ( $\delta$ )** (Αντωνόπουλος, 2007) είναι η γωνιακή θέση του ηλίου κατά το ηλιακό μεσημέρι ως προς το επίπεδο του ισημερινού. Ισχύει ότι  $-23.45^{\circ} \leq \delta \leq 23.45^{\circ}$  με θετικές τιμές προς το βορρά. Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\delta = 23.45 \sin\left(\frac{360(284 + n)}{365}\right), \text{ όπου } n = 1 \div 365 \text{ είναι η ημέρα του έτους.}$$

**Ηλιακή Απορροφητικότητα ( $\alpha$ )** (Goulding et al., 1996) ορίζεται το κλάσμα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια που απορροφάται από αυτήν.

**Ηλιακό ύψος ( $90^\circ - \theta_z$ )** (Αντωνόπουλος, 2004) είναι η γωνία που σχηματίζεται από την ευθεία όρασης του ήλιου και την προβολή της στο οριζόντιο επίπεδο.

**Θερμική Αντίσταση Επαφής ( $R$ )** (Goulding et al., 1996) ορίζεται η πρόσθετη αντίσταση που εμφανίζεται στις επιφάνειες επαφής ενός σύνθετου σώματος επειδή αυτές δεν εφάπτονται καλά μεταξύ τους ( $m^2K/W$ ).

**Θερμογέφυρα** (ΚΑΠΕ, 1999) είναι το τμήμα του κατασκευαστικού στοιχείου του οποίου η ποιότητα θερμομόνωσης είναι σημαντικά κατώτερη από τη μέση τιμή θερμομόνωσης του στοιχείου συνολικά. Οι θερμογέφυρες εμφανίζονται συνήθως στις απολήξεις πλακών στα όρια της εξωτερικής τοιχοποιίας κλπ. Στην περιοχή της θερμογέφυρας εμφανίζεται συχνά υγρασία καθώς λόγω της αυξημένης ροής θερμότητας παρουσιάζονται στις εσωτερικές πλευρές του τοιχώματος χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες.

**Θερμοκρασία ξηρού βολβού** (Goulding et al., 1996) είναι η θερμοκρασία αερίου ή μίγματος αερίων που δείχνει ένα ακριβές θερμόμετρο αφού γίνει η διόρθωση λόγω ακτινοβολίας.

**Θερμοκρασία περιβάλλοντος** (Goulding et al., 1996) είναι η θερμοκρασία του αέρα έξω από το κτίριο ή μέσα σε αυτό.

**Θερμοκρασία σημείου δρόσου** (Αντωνόπουλος, 2007) είναι η θερμοκρασία κεκορεσμένου αέρα της ίδιας πίεσης και του ίδιου λόγου υγρασίας με ένα δεδομένο δείγμα υγρού αέρα.

**Θερμοκρασία υγρού βολβού** (Αντωνόπουλος, 2007) είναι η θερμοκρασία του νερού στην οποία εξατμιζόμενο σε υγρό αέρα συγκεκριμένης θερμοκρασίας ξηρού βολβού και ορισμένου λόγου υγρασίας καθιστά αδιαβατικά και υπό σταθερή πίεση τον αέρα κορεσμένο στην ίδια θερμοκρασία.

**Κλίση επιφάνειας ( $\beta$ )** (Αντωνόπουλος, 2004) είναι η γωνία που σχηματίζει μια επίπεδη επιφάνεια με το οριζόντιο επίπεδο. Είναι  $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$ . Για το οριζόντιο επίπεδο είναι  $\beta=0^\circ$  ενώ για το κατακόρυφο  $\beta=90^\circ$ . Όταν  $\beta > 90^\circ$  το επίπεδο βλέπει προς το έδαφος.

**Λανθάνουσα Θερμότητα** (Goulding et al., 1996) είναι η θερμότητα που απαιτείται για την αλλαγή της κατάστασης της μονάδας μάζας ενός υλικού από τη στερεά στην υγρή ή στην αέρια κατάσταση, χωρίς να μεταβληθεί η θερμοκρασία του.



**Μέλαν σώμα** (Goulding et al., 1996) είναι ένα σώμα που είναι τέλειος συλλέκτης και πομπός της ακτινοβολίας.

**Ολική Ηλιακή Ακτινοβολία** (Αντωνόπουλος, 2004) είναι το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας συμπεριλαμβανομένης και της ανακλώμενης ακτινοβολίας από παρακείμενες επιφάνειες.

**Οπτική Διαπερατότητα ( $T_{sol}$ )** (Goulding et al., 1996) είναι το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που διαπερνά έναν υαλοπίνακα.

Το άθροισμα της οπτικής διαπερατότητας, της ανακλαστικότητας και της απορροφητικότητας ενός υαλοπίνακα ισούται με μονάδα.

**Ορατή Οπτική Διαπερατότητα ( $T_{vis}$ )** (TRNSYS 16, Volume 6, 2004) είναι το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας με μήκη κύματος στο ορατό φως (από 380nm-780nm) που διαπερνά έναν υαλοπίνακα.

**Προβλεπόμενη Μέση Ψήφος (Predicted Mean Vote-PMV)** (Goulding et al., 1996) είναι ένας δείκτης που προβλέπει τη μέση τιμή των ψήφων μιας μεγάλης ομάδας ανθρώπων για τον τρόπο με τον οποίο αξιολογούν τη θερμοκρασία ενός χώρου σε μια κλίμακα επτά σημείων.

**Προβλεπόμενο Ποσοστό Δυσανεστημένων (Predicted Percentage of Dissatisfied persons -PPD)** (Goulding et al., 1996) είναι ένας δείκτης που εκφράζει το ποσοστό των δυσανεστημένων ατόμων από τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας που επικρατούν στο χώρο παραμονής τους.

**Πυκνότητα ( $\rho$ )** (Goulding et al., 1996) ορίζεται η ποσότητα της μάζας στη μονάδα του όγκου ( $\text{kg/m}^3$ ).

**Σταθερά Stefan-Boltzmann** (Κακάτσιος, 2002) ισούται με  $5.6697 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$  και αντιπροσωπεύει τη σταθερά ακτινοβολίας μέλανος σώματος.

**Συνολική Διαπερατότητα Ηλιακής Ενέργειας (Total Solar Energy Transmittance, g-value)** ([www.pilkington.com](http://www.pilkington.com)) είναι το ποσοστό των θερμικών ηλιακών κερδών μέσω του υαλοπίνακα χωρίς την παρέμβαση εξωτερικών ή εσωτερικών σκιαδίων.

**Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας ή Ειδική Θερμική Αγωγιμότητα ( $k$ )** (Goulding et al., 1996) είναι η ροή θερμότητας συναρτήσει του χρόνου, ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα πάχους σε ένα υλικό, σε σταθερές συνθήκες, όταν υπάρχει θερμοκρασιακή διαφορά μιας μονάδας κατά την κάθετη προς την επιφάνεια διεύθυνση. Έχει ως μονάδα μέτρησης  $\text{W/mK}$ .

**Συντελεστής Θερμοπερατότητας ή Ειδική Θερμική Διαπερατότητα ( $U$ )** (Goulding et al., 1996) είναι το ποσό θερμότητας που είναι αναγκαίο για την ανύψωση της θερμοκρασίας μιας δοσμένης μάζας κατά ένα βαθμό. Έχει ως μονάδα μέτρησης  $\text{W/m}^2\text{K}$ .

**Συντελεστής Μεταφοράς Θερμότητας με Συναγωγή ή Ειδική Συναγωγιμότητα (h)** (Κακάσιος, 2002) είναι ένας συντελεστής που περιλαμβάνει όλους τους παράγοντες που επιδρούν στη μεταφορά της θερμότητας με συναγωγή δηλαδή τη γεωμετρία της επιφάνειας, το είδος της ροής και του ρευστού ( $W/m^2K$ ).

**Σχετική υγρασία (φ)** (Goulding et al., 1996) είναι ο λόγος του ποσού της υγρασίας στον αέρα προς την υγρασία που θα περιείχε αν ήταν κορεσμένος στην ίδια θερμοκρασία και πίεση (εκατοστιαίο ποσοστό).

**Τυπικός Μετεωρολογικός Χρόνος (TMY)** (wikipedia) είναι μια σειρά κλιματικών δεδομένων για μια συγκεκριμένη τοποθεσία που έχουν προκύψει από μια τράπεζα σχετικών δεδομένων που περιέχει κλιματικά δεδομένα πολλών ετών για την εν λόγω περιοχή. Η επιλογή των τιμών που αποτελούν τον TMY γίνεται έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν την ένταση των καιρικών φαινομένων που δέχεται η συγκεκριμένη περιοχή όπως έντονη χιονόπτωση, ξηρασία, ισχυροί άνεμοι κλπ. Η πρώτη συλλογή TMY έγινε στην Αμερική και βασίστηκε σε δεδομένα μεταξύ των ετών 1948 και 1980. Η δεύτερη καλείται TMY2 και βασίζεται σε δεδομένα από το 1961 έως το 1990, ενώ πρόσφατα δημιουργήθηκε και τρίτη, TMY3.

**Ωριαία γωνία (ω)** (Αντωνόπουλος, 2004) είναι η γωνιακή μετατόπιση του ήλιου ανατολικά ή δυτικά του τοπικού μεσημβρινού λόγω της περιστροφής της γης περί τον άξονά της με ρυθμό  $15^{\circ}/h=0.25^{\circ}/min$ . Λαμβάνει θετικές τιμές για μ.μ. και αρνητικές για π.μ.

## **Κεφάλαιο 5: Υπόθεση εργασίας**

Επιχειρείται ο προσδιορισμός των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση και ψύξη ενός κτίσματος μικτής χρήσης στην ευρύτερη περιοχή του κέντρου της Αθήνας. Επίσης, εξετάζεται η επίδραση των κλιματικών δεδομένων στις ανάγκες αυτές καθώς και οι ιδιότητες των υαλοπινάκων του. Ακόμα, εκτιμάται το ποσοστό των δυσαρεστημένων χρηστών σε σχέση με τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται μέσα στους θερμαινόμενους ή ψυχόμενους χώρους του καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Για τον υπολογισμό των ζητούμενων μεγεθών χρησιμοποιούνται δύο λογισμικά: το TRNSYS (Transient Energy System Simulation Tool) και το METEONORM. Με το TRNSYS πραγματοποιούνται οι μαθηματικοί υπολογισμοί ενώ με το METEONORM προσδιορίζονται τα απαιτούμενα κλιματικά δεδομένα της περιοχής μελέτης.

## Κεφάλαιο 6: Λογισμικό TRNSYS

### 6.1 TRNSYS (*Transient Energy System Simulation Tool*)

Είναι ένα ολοκληρωμένο και επεκτάσιμο περιβάλλον προσομοίωσης δυναμικών συστημάτων (TRNSYS 16, Volume 1, 2004). Χρησιμοποιείται παγκοσμίως από μηχανικούς και ερευνητές τόσο για την επικύρωση νέων ενεργειακών σχεδιασμών όσο και για τον έλεγχο παλαιών. Οι σχεδιασμοί αυτοί μπορεί να περιλαμβάνουν από απλά συστήματα παραγωγής θερμού νερού μέχρι την προσομοίωση κτιρίων πολλαπλών ζωνών συμπεριλαμβανομένων των στρατηγικών ελέγχου τους και της συμπεριφοράς των χρηστών τους. Επιπλέον το λογισμικό προσφέρεται για τη μελέτη εναλλακτικών συστημάτων ενέργειας όπως αιολικά, ηλιακά, φωτοβολταϊκά, συστήματα υδρογόνου, κλπ.

### 6.2 Ιστορία

Είναι εμπορικά διαθέσιμο από το 1975 και προφέρεται tran-sis. Οι αρχές της δημιουργίας του αποδίδονται σε ένα κοινό πρόγραμμα μεταξύ του University of Wisconsin-Madison Solar Energy Lab και του University of Colorado-Solar Energy Applications Lab. Το 1970 στο Κολοράντο κατασκευάστηκε ένα σπίτι που αξιοποιούσε όλα τα νέα συστήματα ηλιακής ενέργειας. Το πανεπιστήμιο του Wisconsin ανέλαβε τη σύνταξη ενός κώδικα σε γλώσσα Fortran που θα προέβλεπε τη χρήση της ενέργειας στο κτίριο. Προς το τέλος του προγράμματος και κατά τη διάρκεια συγγραφής πτυχιακής εργασίας με θέμα το συγκεκριμένο προγραμματισμό μια απλή τροποποίηση έγινε σε ένα εφεδρικό σύστημα θέρμανσης του σπιτιού. Η αναπροσαρμογή του κώδικα διήρκεσε αρκετό καιρό, περίπου 8 εβδομάδες, καθυστερώντας την ολοκλήρωση της εργασίας. Σε επόμενη δουλειά το πανεπιστήμιο του Wisconsin ανέπτυξε μια μέθοδο που περιέγραφε τη συμπεριφορά κάθε στοιχείου ενός ενεργειακού συστήματος με μια υπορουτίνα Fortran με συγκεκριμένες εισόδους και εξόδους. Έτσι καθένας που είχε στη διάθεση του ένα περιβάλλον Fortran μπορούσε να χρησιμοποιήσει τις ρουτίνες αυτές και να μοντελοποιήσει μια ενεργειακή διάταξη. Με την ανάπτυξη του TRNSYS η διαδικασία προσομοίωσης ενός ενεργειακού συστήματος μετασχηματίστηκε σε μια διαδικασία επιλογής κατάλληλων στοιχείων τέτοιου τύπου και στη σωστή μεταξύ τους σύνδεση.

Έχουν περάσει περισσότερο από 30 χρόνια και το TRNSYS παραμένει ένα αξιόλογο εργαλείο ενεργειακής προσομοίωσης με συνεχή ανάπτυξη από μια ομάδα που συγκροτείται από το Solar Energy Laboratory (SEL) του University of Wisconsin στο Madison, το Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) στη Γαλλία, το Transsolar Energietechnik GmbH στη Στουτγκάρδη της Γερμανίας και τους Thermal Energy Systems Specialists (TESS) στο Madison. Το TRNSYS έχει επιτύχει να διακρίνεται για τα γραφικά του, τη βιβλιοθήκη 80 τυποποιημένων στοιχείων δυναμικής προσομοίωσης, τις πρόσθετες βιβλιοθήκες που προσφέρουν επιπλέον άλλα 300 τυποποιημένα στοιχεία και μια παγκόσμια βάση χρηστών και διανομέων στη Γαλλία, τη

Γερμανία, την Ισπανία, τη Σουηδία, το Λουξεμβούργο, τις ΗΠΑ και την Ιαπωνία.

### **6.3 Ομάδα Προγραμμάτων**

Το TRNSYS αποτελείται από μια ομάδα προγραμμάτων: Το TRNSYS Simulation Studio, το σύστημα προσομοίωσης TRNDll.dll και το εκτελέσιμο αρχείο του TRNExe.exe, το σύστημα εισόδου δεδομένων για το κτίριο TRNBuild.exe και τον Editor που χρησιμοποιείται για να δημιουργεί αυτόνομα προγράμματα γνωστά ως TRNSED εφαρμογές, TRNEdit.exe.

### **6.4 TRNSYS Simulation Studio**

Αναπτύχθηκε από το Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) στη Sophia Antipolis στη Γαλλία και προστέθηκε στο πακέτο του TRNSYS το 1996. Στην πρώτη του μορφή το TRNSYS Simulation Studio ήταν ένα γενικό περιβάλλον προσομοίωσης που προσαρμόστηκε για να καλύψει τις εφαρμογές του TRNSYS. Παλιότερα ήταν γνωστό με την ονομασία IISiBat. Με τη δημιουργία της έκδοσης 15, το IISiBat έγινε περισσότερο προσαρμοσμένο για τις ανάγκες του TRNSYS ενώ με την έκδοση του 16 μετασχηματίστηκε σε ένα εργαλείο κατάλληλο να καλύψει κάθε είδους προσομοιωτική διαδικασία μέσω του TRNSYS.

#### **6.4.1 Λειτουργίες**

Η κυριότερη λειτουργία του TRNSYS Simulation Studio (TRNSYS 16, Volume 2, 2004) είναι η δημιουργία projects προσομοίωσης. Στην τρέχουσα έκδοση, έκδοση 16, είναι διαθέσιμη η ταχεία δημιουργία τέτοιων προγραμμάτων μέσω του New Project Wizard.

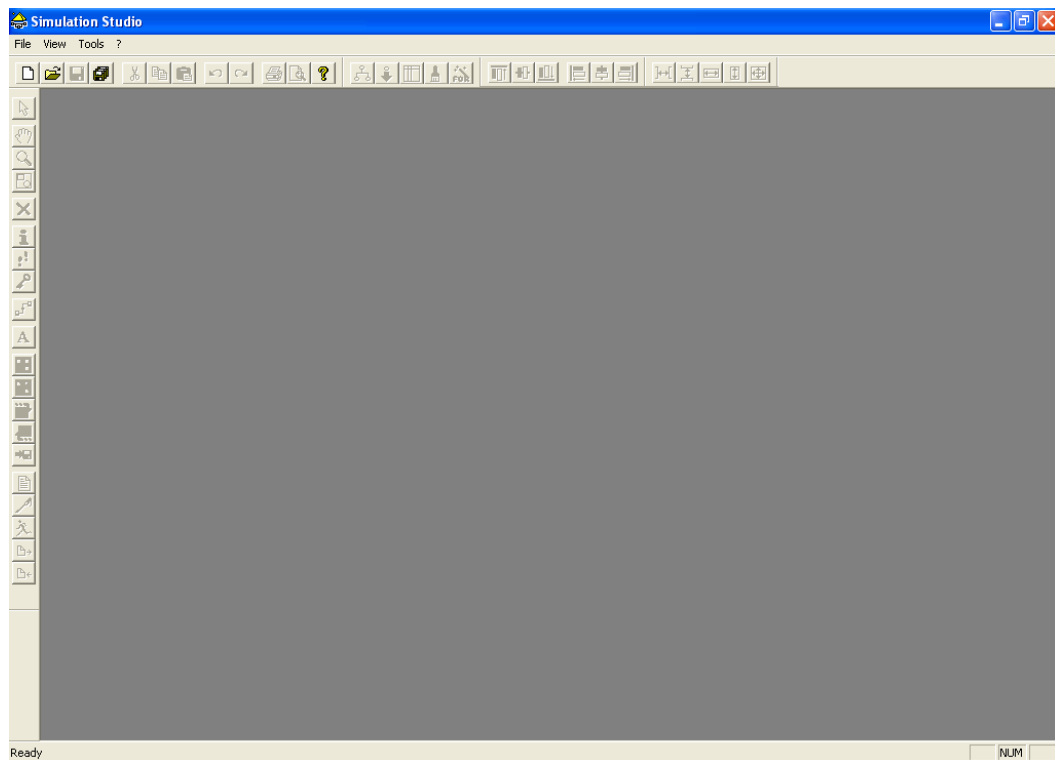
Οι πληροφορίες των TRNSYS projects «σώζονται» σε Trnsys Project File (\*.tpf). Όταν τρέχει μια προσομοίωση το TRNSYS Simulation Studio δημιουργεί ένα αρχείο εισόδου. Πρόκειται για αρχείο κειμένου που περιέχει όλες τις πληροφορίες της προσομοίωσης αλλά καμία γραφική πληροφορία. Ένας διαχειριστής εξόδου δίνει τη δυνατότητα ελέγχου και επιλογής των μεταβλητών που θα ολοκληρωθούν, θα τυπωθούν και θα απεικονιστούν σε διάγραμμα κατά την προσομοίωση. Επίσης, ένας διαχειριστής ελέγχου λάθους δίνει τη δυνατότητα μελέτης του τι ακριβώς έγινε σε μια προσομοίωση μετά το πέρας της.

Άλλες λειτουργίες του TRNSYS Simulation Studio είναι η επεξεργασία αρχείων εισαγωγής δεδομένων, η δημιουργία νέων πρότυπων στοιχείων - types- , η δημιουργία HTML αρχείων, η προβολή λιστών και αρχείων εξόδου, η εκτύπωση των αποτελεσμάτων, η απευθείας σύνδεση με online βοήθεια, το τρέξιμο παραμετρικών προσομοιώσεων, και η παροχή συντομεύσεων για διάφορες επαναλαμβανόμενες συνδέσεις όπως με περιβάλλον Fortran, C++ κλπ.

### 6.4.2 Περιβάλλον

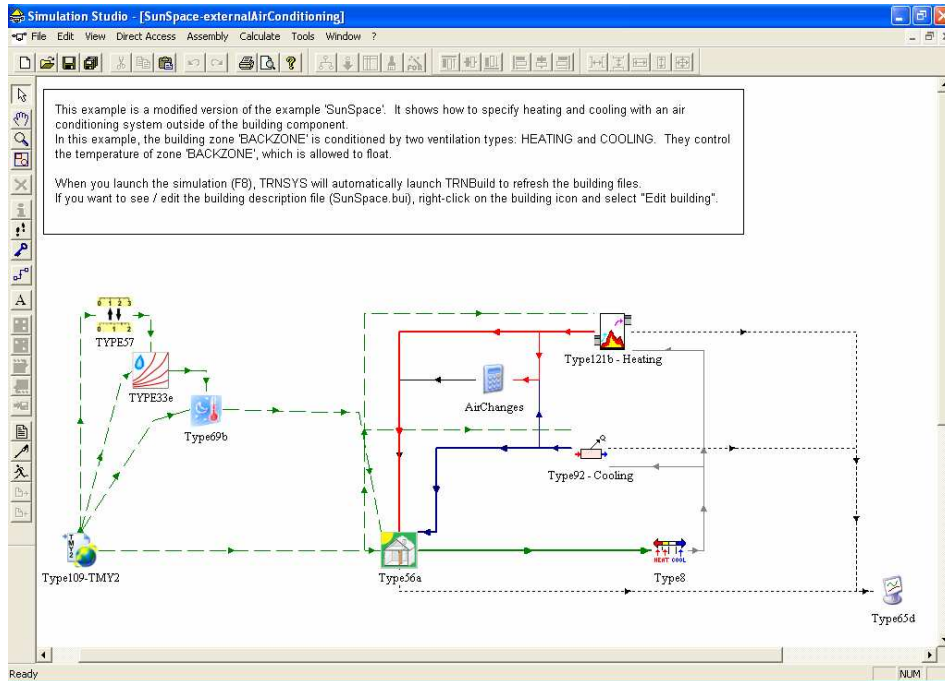
Όλα τα παράθυρα στο TRNSYS Simulation Studio έχουν κάποιες κοινές ιδιότητες (TRNSYS 16, Volume 2, 2004).

Το **κύριο παράθυρο** (Main Window) είναι αυτό που βλέπει ο χρήστης όταν ανοίγει το πρόγραμμα. Όπως και τα άλλα MS-Windows προγράμματα, αποτελείται από μια σειρά πτυσσόμενων μενυ, διάφορες εργαλειοθήκες και ένα ή περισσότερα ενεργά παράθυρα. Στο ξεκίνημα του προγράμματος το κύριο παράθυρο είναι κενό. Όλα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του TRNSYS Simulation Studio και των άλλων εργαλείων του TRNSYS μπορούν να προσεγγιστούν μέσω του κύριου παραθύρου. Αρκετά από αυτά θα ενεργοποιήσουν χωριστά προγράμματα που θα ανοίξουν τα δικά τους παράθυρα. Ανάλογα με την τρέχουσα λειτουργία τα παράθυρα που εμφανίζονται μπορεί να είναι είτε ενεργά είτε ανενεργά.



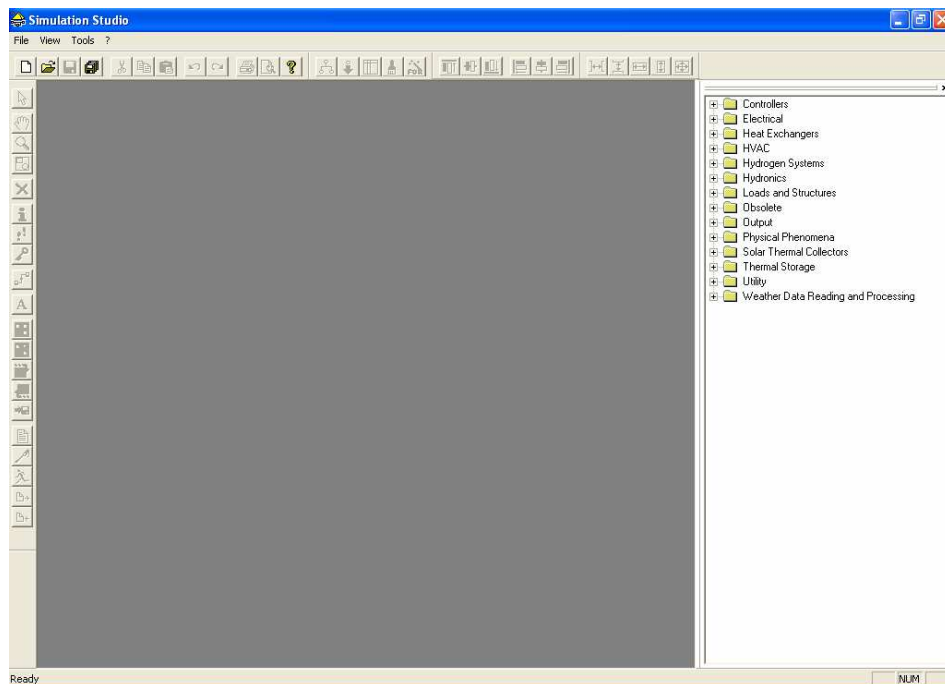
Σχήμα 6.1 Κύριο παράθυρο του TRNSYS Simulation Studio

Το **παράθυρο εργασίας** (Assembly Panel Window) είναι αυτό όπου ο χρήστης θα δημιουργήσει, θα τροποποιήσει και θα τρέξει τα μοντέλα των προσομοιώσεων. Το παράθυρο αυτό ενεργοποιείται με τη δημιουργία μιας νέας κενής προσομοίωσης (File/New) ή με το άνοιγμα μιας υπάρχουσας (File/Open).



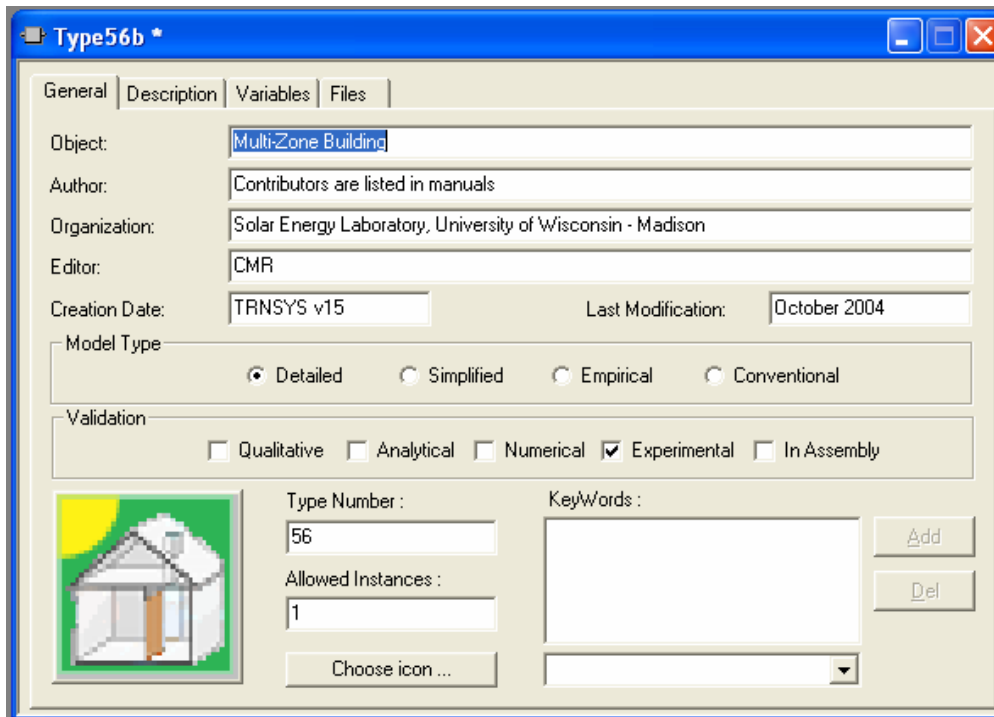
Σχήμα 6.2 Παράθυρο Εργασίας του TRNSYS Simulation Studio

Η εργαλειοθήκη άμεσης πρόσβασης (Direct Access Toolbar/Menu) περιέχει όλα τα πρότυπα στοιχεία -types- που είναι διαθέσιμα για τη δημιουργία μιας προσομοίωσης. Τα στοιχεία αυτά είναι ομαδοποιημένα σε 14 κύριες κατηγορίες και εισάγονται με τη διαδικασία «σύρω και αφήνω» - «drag and drop» στην τρέχουσα προσομοίωση.



Σχήμα 6.3 Εργαλειοθήκη Άμεσης Πρόσβασης του TRNSYS Simulation Studio

Το **παράθυρο προφόρμας** (Proforma Window) επιτρέπει την απεικόνιση της προφόρμας ενός συγκεκριμένου type. Το αρχείο προφόρμας TRNSYS Model File (\*.tmf) είναι η τυποποιημένη μορφή τεκμηρίωσης κάθε type στο TRNSYS Simulation Studio. Όλα τα types που δημιουργούνται ή προστίθενται στο TRNSYS Simulation Studio πρέπει να έχουν μια πλήρη προφόρμα ώστε να χρησιμοποιηθούν στο παράθυρο εργασίας.



Σχήμα 6.4 Παράθυρο Προφόρμας του TRNSYS Simulation Studio

Τα **αρχεία προφόρμας** αποτελούνται από τέσσερις καρτέλες που περιέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που απαιτούνται για να διευκολύνουν τη μεταφορά της γνώσης που σχετίζεται με το συγκεκριμένο type και επιτρέπουν να χρησιμοποιηθεί στη σωστή του μορφή.

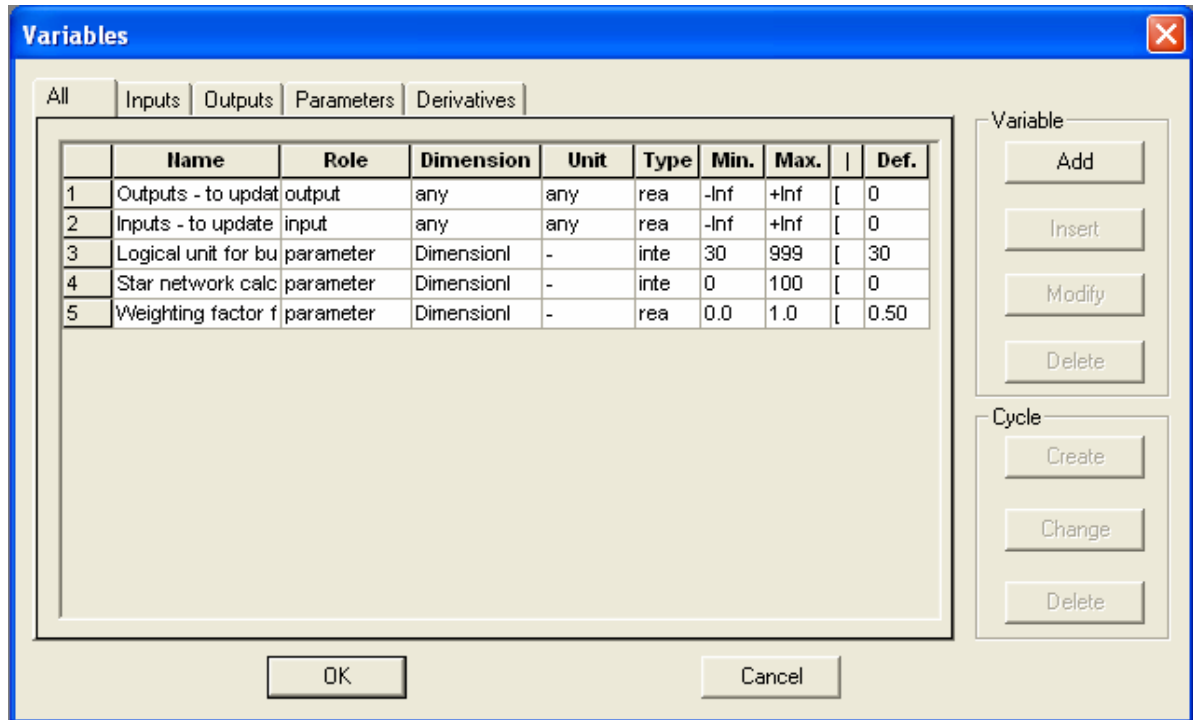
Η πρώτη καρτέλα (**General**) περιέχει γενικές πληροφορίες που σχετίζονται με την ιστορία και τη λειτουργία του type. Τέτοιες πληροφορίες είναι το είδος του, ο δημιουργός και ο φορέας αυτού, ο εκδότης του, καθώς και η ημερομηνία δημιουργίας και τελευταίας τροποποίησης του type κλπ.

Η δεύτερη καρτέλα (**Description**) περιλαμβάνει μια σύντομη περιγραφή του type, μια λεπτομερειακή περιγραφή του, πιθανά σχόλια καθώς και τη δυνατότητα σύνδεσής του με εξωτερικές εφαρμογές που θα εκτελεστούν για να μεταβάλλουν τις ιδιότητές του αντί των κλασικών παραθύρων ιδιοτήτων. Η λεπτομερειακή περιγραφή έχει συχνά αναφορές και στη μαθηματική περιγραφή του type.

Η τρίτη καρτέλα (**Variables**) περιλαμβάνει την περιγραφή των μεταβλητών του type. Οι μεταβλητές αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τον ορισμό του type και καθορίζουν τις συνδέσεις του με τα άλλα types σε μια μοντελοποίηση. Οι μεταβλητές αυτές μπορεί να είναι πραγματικοί ή ακέραιοι αριθμοί, τελεστές της άλγεβρας Boolean, TRUE (1) ή FALSE (0), σειρά αλφαριθμητικών



χαρακτήρων -strings-. Για κάθε μεταβλητή ορίζονται τα ακόλουθα στοιχεία: όνομα της μεταβλητής, ρόλος (π.χ. αν είναι εισόδου ή εξόδου), το μέγεθος που εκφράζει (π.χ. ισχύς, θερμοκρασία, κ.α.), τη μονάδα μέτρησης (π.χ. kW, °C, κ.α.), το είδος της μεταβλητής (π.χ. πραγματικός αριθμός), το εύρος διακύμανσης των τιμών της (maximum-minimum) καθώς και την προκαθορισμένη τιμή της (default value).



Σχήμα 6.5 Μεταβλητές Προφόρμας του TRNSYS Simulation Studio

Η τέταρτη και τελευταία καρτέλα (**Files**) περιέχει τις συνδέσεις του type με άλλα προγράμματα. Σε αυτές περιλαμβάνονται ο κώδικας γραφής του type, άλλα περιγραφικά αρχεία όπως MS Word documents καθώς και η δυνατότητα του να συνδέεται με εξωτερικά αρχεία εισόδου και εξόδου.

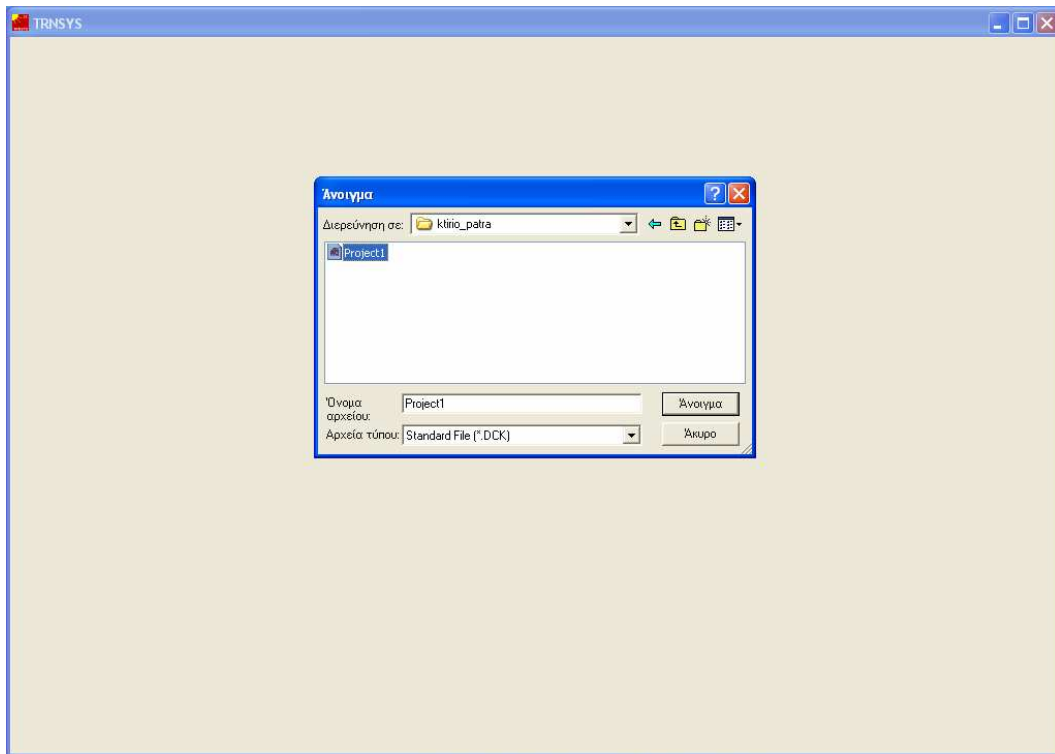
Τα περισσότερα παράθυρα του TRNSYS Simulation Studio περιέχουν **εργαλειοθήκες** (Toolbars) που σχετίζονται με τη λειτουργία τους. Αυτές οι εργαλειοθήκες αποτελούνται από εικονίδια (εργαλεία) που όταν ενεργοποιηθούν ξεκινούν διάφορες εφαρμογές. Η πιο συνηθής διαδικασία είναι η επιλογή ορισμένων αντικειμένων στην οθόνη και μετά κλικ με τον δείκτη του ποντικιού στο επιθυμητό εικονίδιο.

Η **εισαγωγή των απαιτούμενων πληροφοριών** (Specifying Required Information) στα παράθυρα του TRNSYS Simulation Studio γίνεται όπως στα περισσότερα MS Windows programs με πλαίσια εισόδου δεδομένων από το πληκτρολόγιο, κουμπιά αλληλοαποκλειόμενων επιλογών, πτυσσόμενο menu επιλογών και λίστες πολλαπλών επιλογών. Ευρεία είναι επίσης και η χρήση του δεξιού και αριστερού πλήκτρου του ποντικιού.

### 6.5 TRNDII.dll και TRNExe

Το σύστημα προσομοίωσης TRNDII.dll (TRNSYS 16, Volume 7, 2004) είναι γραμμένο σε γλώσσα Fortran και χωρίζεται σε υποενότητες. Το σύστημα μεταφράζεται μέσω μιας βιβλιοθήκης-Windows Dynamic Link Library (DLL). Ο πυρήνας του TRNSYS διαβάζει όλες τις πληροφορίες κατά τη διάρκεια μιας προσομοίωσης (ποια types χρησιμοποιούνται και πως συνδέονται) σε ένα αρχείο εισόδου γνωστό ως deck file (\*.dck). Επιπλέον ανοίγει επιπρόσθετα αρχεία εισόδου (όπως το αρχείο κλιματικών δεδομένων, κλπ.) και δημιουργεί αρχεία εξόδου.

Το σύστημα προσομοίωσης καλείται από ένα εκτελέσιμο πρόγραμμα, TRNExe (TRNSYS 16, Volume 7, 2004) το οποίο ενεργοποιεί, αν είναι επιθυμητό, μια απεικόνιση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης κατά τη διάρκεια που αυτή τρέχει.



Σχήμα 6.6 TRNExe

### 6.6 TRNBuild

Το TRNBuild (TRNSYS 16, Volume 6, 2004) αναπτύχθηκε από το γερμανό διανομέα του TRNSYS, Transsolar Energietechnik GmbH. Παλιότερα ήταν γνωστό ως Prebid. Υποθέτοντας την ορθή εγκατάσταση του λογισμικού η εκκίνηση του TRNBuild μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους. Πρώτον, από το TRNEdit κάτω από το menu UTILITIES, δεύτερον με διπλό κλικ πάνω στο

εικονίδιό του στην ομάδα προγραμμάτων του TRNSYS και τρίτον μέσα από το TRNSYS Simulation Studio.

### **6.6.1 Λειτουργία**

Εξαιτίας της πολυπλοκότητας του κτιρίου πολλαπλών ζωνών (TRNSYS 16, Volume 6, 2004) οι παράμετροι του TYPE 56 που το μοντελοποιούν δεν ορίζονται απευθείας στο αρχείο εισόδου του TRNSYS. Έτσι οι απαραίτητες πληροφορίες εισάγονται μέσω δύο άλλων αρχείων, το αρχείο της περιγραφής του κτιρίου (\*.bld) και το αρχείο των συναρτήσεων μεταφοράς θερμότητας της ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating Air-conditioning Engineers) για τους τοίχους (\*.trn). Το TRNBuild είναι ένα εργαλείο που αναπτύχθηκε για την εύκολη δημιουργία αυτών των αρχείων.

Ο χρήστης ορίζει και περιγράφει όλες τις θερμικές ζώνες του κτιρίου και τα χαρακτηριστικά τους όπως ιδιότητες υαλοπινάκων, μοντέλα θέρμανσης και ψύξης κλπ. Επιλέγει επίσης τις επιθυμητές εισόδους και εξόδους. Όλα τα δεδομένα που εισάγονται σώζονται σε ένα αρχείο (\*.bui). Το Bui file είναι ένα αναγνώσιμο ASCII αρχείο κειμένου.

### **6.6.2 Περιβάλλον**

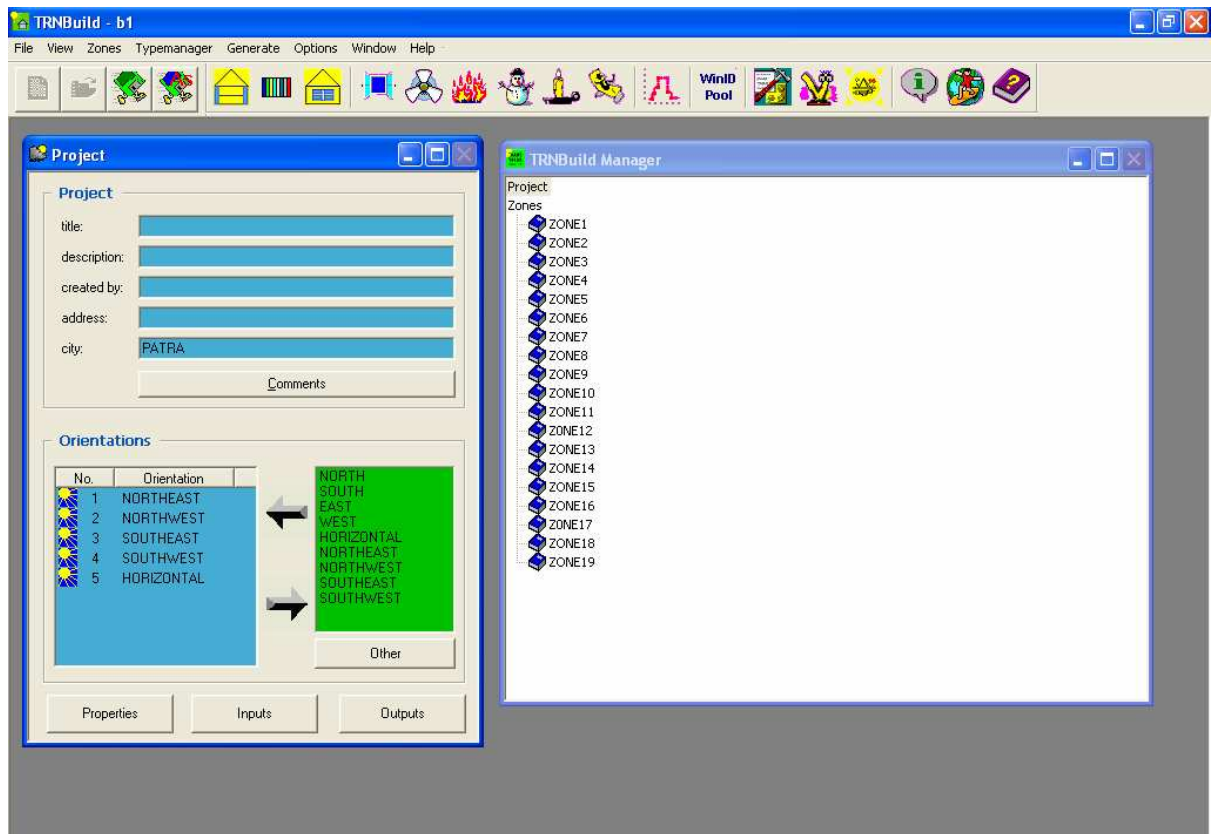
Το κύριο menu του αρχικού παραθύρου του TRNBuild περιλαμβάνει τις ακόλουθες επιλογές (TRNSYS 16, Volume 6, 2004):

- File (open, new, close, save, save as)
- View (toolbar, status bar)
- Options (settings όπως library versions και paths για το BIDWIN program)
- Window (new window, cascade, tile, arrange icons)
- Help

Με το άνοιγμα ενός νέου ή υπάρχοντος project τρεις επιπλέον επιλογές προστίθενται στο κύριο menu:

- Zones (add zone και delete active zone)
- Generate (δημιουργία bui file για το τρέξιμο της προσομοίωσης κατά DIN4701, τρέξιμο του αρχείου εισόδου του TRNSYS)
- Typemanager (δυνατότητα επεξεργασίας του είδους των τοίχων (Walls), των επιπέδων των υλικών (Layers), των παραθύρων (Windows), της διείσδυσης του αέρα (Infiltration), του εξαερισμού (Ventilation), της θέρμανσης (Heating), της ψύξης (Cooling), των εσωτερικών κερδών (Gains), των συνθηκών άνεσης (Comfort) και των προγραμμάτων (Schedule))

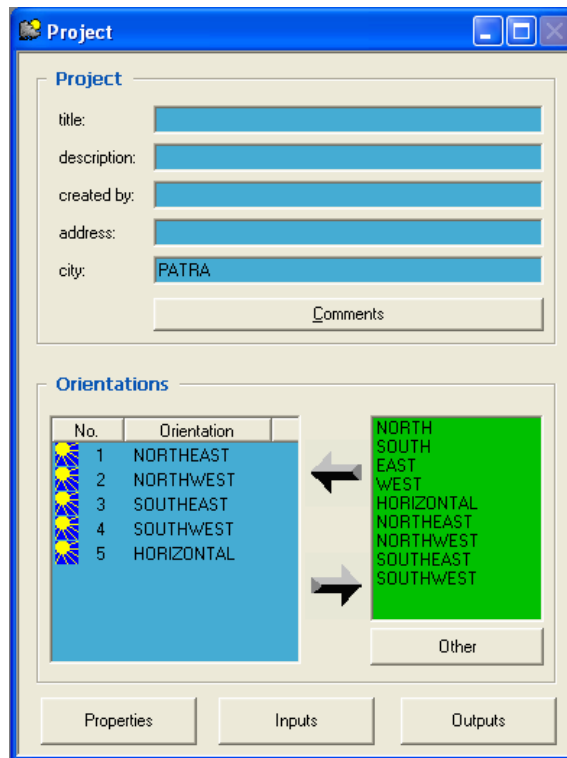
Οι περισσότερες από τις παραπάνω επιλογές είναι εύκολα προσβάσιμες από τα εικονίδια της γραμμής εργαλείων.



**Σχήμα 6.7 Αρχικό Παράθυρο του TRNBuild**

Επιπλέον, με το άνοιγμα ενός νέου ή υπάρχοντος project εμφανίζονται δύο ακόμα παράθυρα, το παράθυρο Project και το TRNBuild Manager.

Στο παράθυρο Project ο χρήστης δηλώνει τον τίτλο (title) και την περιγραφή του κτιρίου (description) που θέλει να προσομοιώσει, τον κατασκευαστή του (created by), τη διεύθυνση (address) και την πόλη (city) στην οποία βρίσκεται καθώς και πιθανά σχόλια (Comments). Επίσης, δηλώνει τους προσανατολισμούς των εξωτερικών του επιφανειών (Orientations).

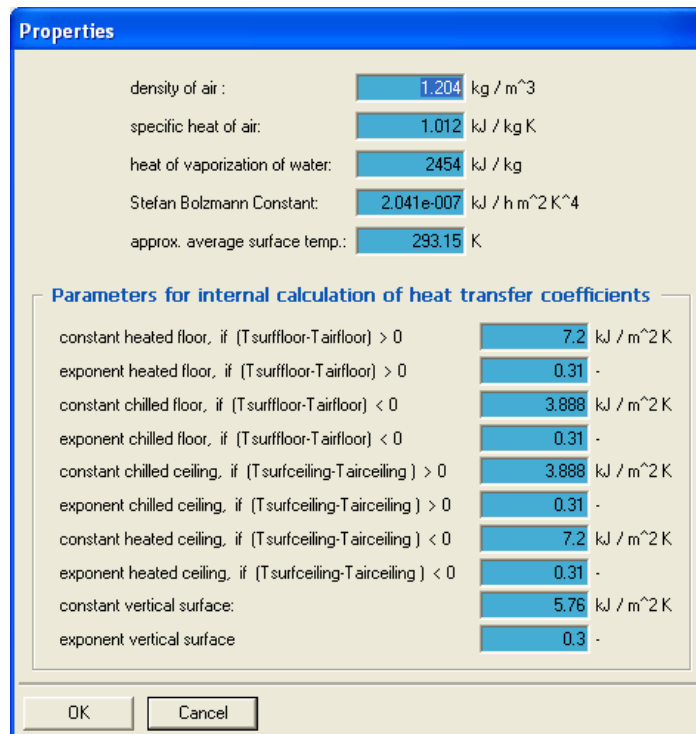


Σχήμα 6.8 Παράθυρο Project του TRNBuild

Με κλικ πάνω στην ετικέτα Properties ανοίγει ένα νέο παράθυρο στο οποίο ο χρήστης μπορεί να καθορίσει τις ιδιότητες ορισμένων υλικών όπως την πυκνότητα του αέρα (density of air) και την ειδική του θερμότητα (specific heat of air), τη λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης του νερού (heat of vaporization of water), τη σταθερά Stefan Boltzmann (Stefan Boltzmann Constant), τη μέση επιφανειακή θερμοκρασία (approx. average surface temp.) και κάποιες παραμέτρους για τον εσωτερικό υπολογισμό των συντελεστών μεταφοράς θερμότητας.

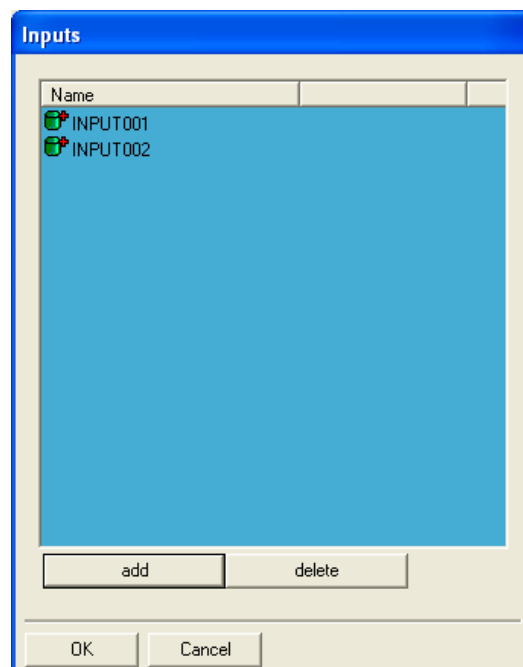
Οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας εξαρτώνται κυρίως από τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην επιφάνεια και το ρευστό καθώς και από την κατεύθυνση της ροής θερμότητας. Ο μαθηματικός τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του κατάλληλου συντελεστή είναι της μορφής  $a_{conv} = const(T_{surf} - T_{air})^{exp}$ . Οι συντελεστές *const* και *exp* μπορούν να μεταβάλλονται ώστε να προσομοιώνουν διάφορες προσεγγίσεις μεταφοράς θερμότητας.

Αν ο χρήστης δεν επιθυμεί να μεταβάλλει τις συγκεκριμένες τιμές το πρόγραμμα χρησιμοποιεί τις προκαθορισμένες τιμές (default) που παρουσιάζονται στην ακόλουθη εικόνα.



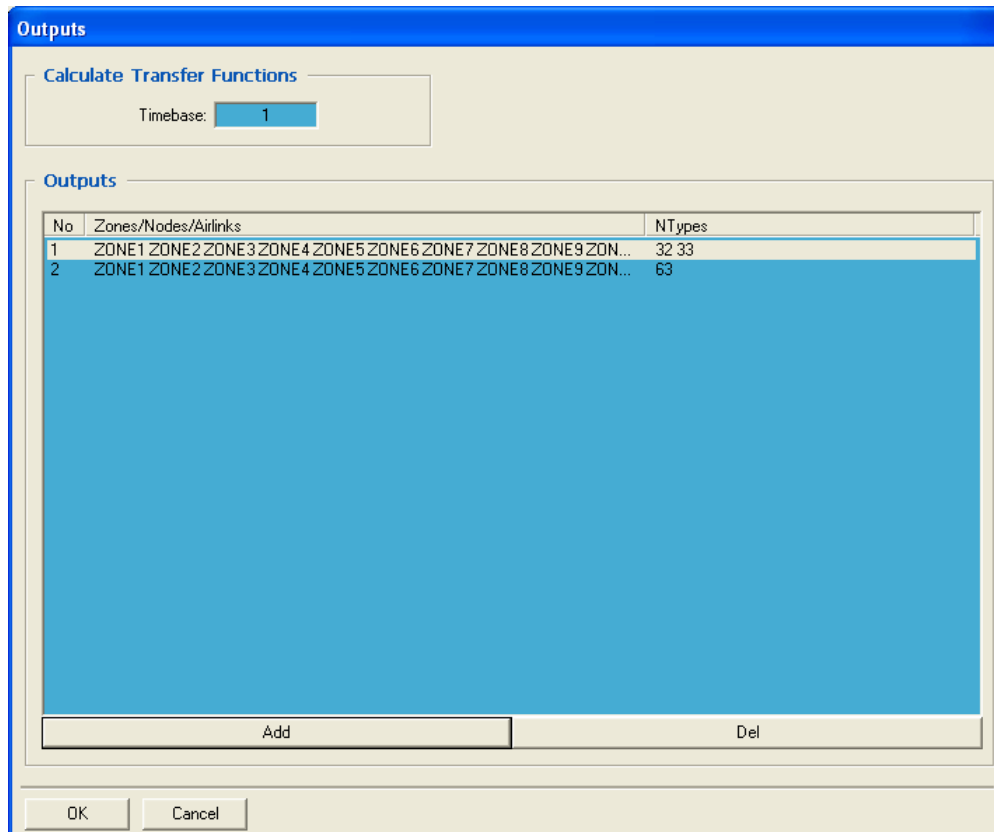
Σχήμα 6.9 Παράθυρο Properties του TRNBuild

Επίσης, μέσα από το παράθυρο Project ο χρήστης μπορεί να ανοίξει το παράθυρο Inputs όπου εισάγει κάποια δεδομένα που χρησιμοποιούνται κατά την περιγραφή του κτιρίου π.χ. την εξωτερική θερμοκρασία μιας συγκεκριμένης όψης του.



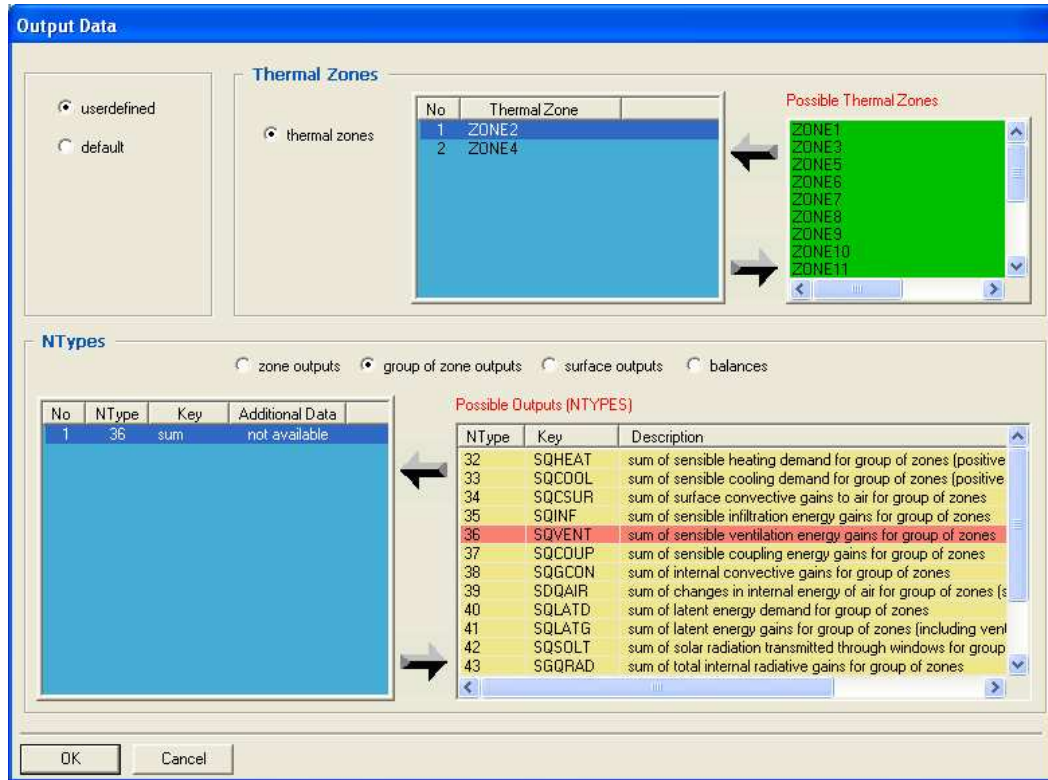
Σχήμα 6.10 Παράθυρο Inputs του TRNBuild

Ακόμα, ο χρήστης καθορίζει τις επιθυμητές εξόδους της προσομοίωσης ανοίγοντας το παράθυρο Outputs μέσα από το Project Window. Από το ίδιο παράθυρο καθορίζει και την αρχή μέτρησης του χρόνου της συνάρτησης μεταφοράς θερμότητας (Calculate Transfer Functions -Timebase)



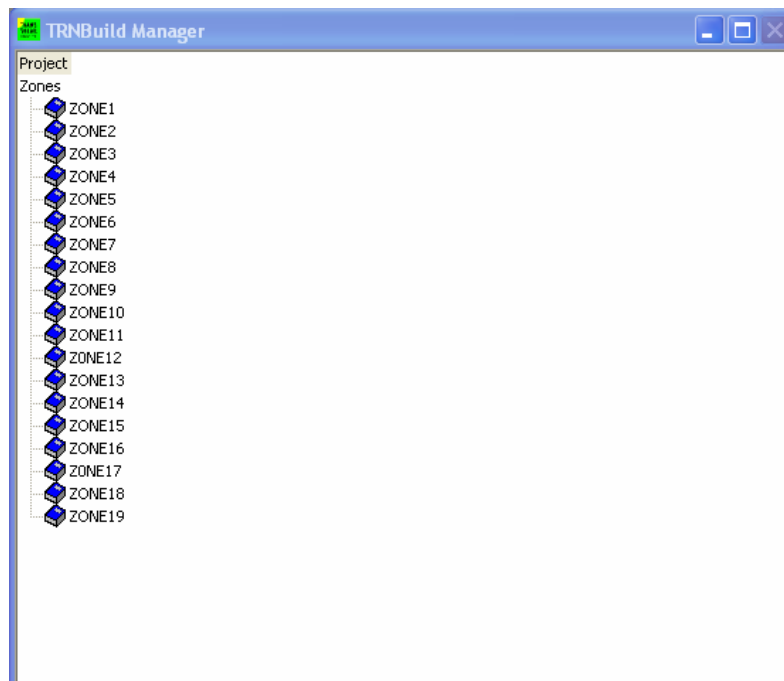
**Σχήμα 6.11** Παράθυρο *Outputs* του *TRNBuild*

Η εισαγωγή μιας εξόδου γίνεται με κλικ πάνω στην ετικέτα *Add* ενώ η διαγραφή της με κλικ πάνω στην ετικέτα *Delete*. Η ετικέτα *Add* ανοίγει ένα νέο παράθυρο *Output Data Window* όπου προσδιορίζεται ο τύπος της επιθυμητής εξόδου (*NTypes*) - π.χ. θερμοκρασία, απαιτούμενη ισχύς για να καλύψει ανάγκες θέρμανσης κλπ. - καθώς και το αντικείμενο στο οποίο αυτή η έξοδος αναφέρεται - π.χ. μια θερμική ζώνη (*zone outputs*) ή μια ομάδα ζωνών (*group of zones outputs*), μια συγκεκριμένη επιφάνεια (*surface outputs*) ή ισολογισμούς (*balances*).



Σχήμα 6.12 Παράθυρο Output Data του TRNBuild

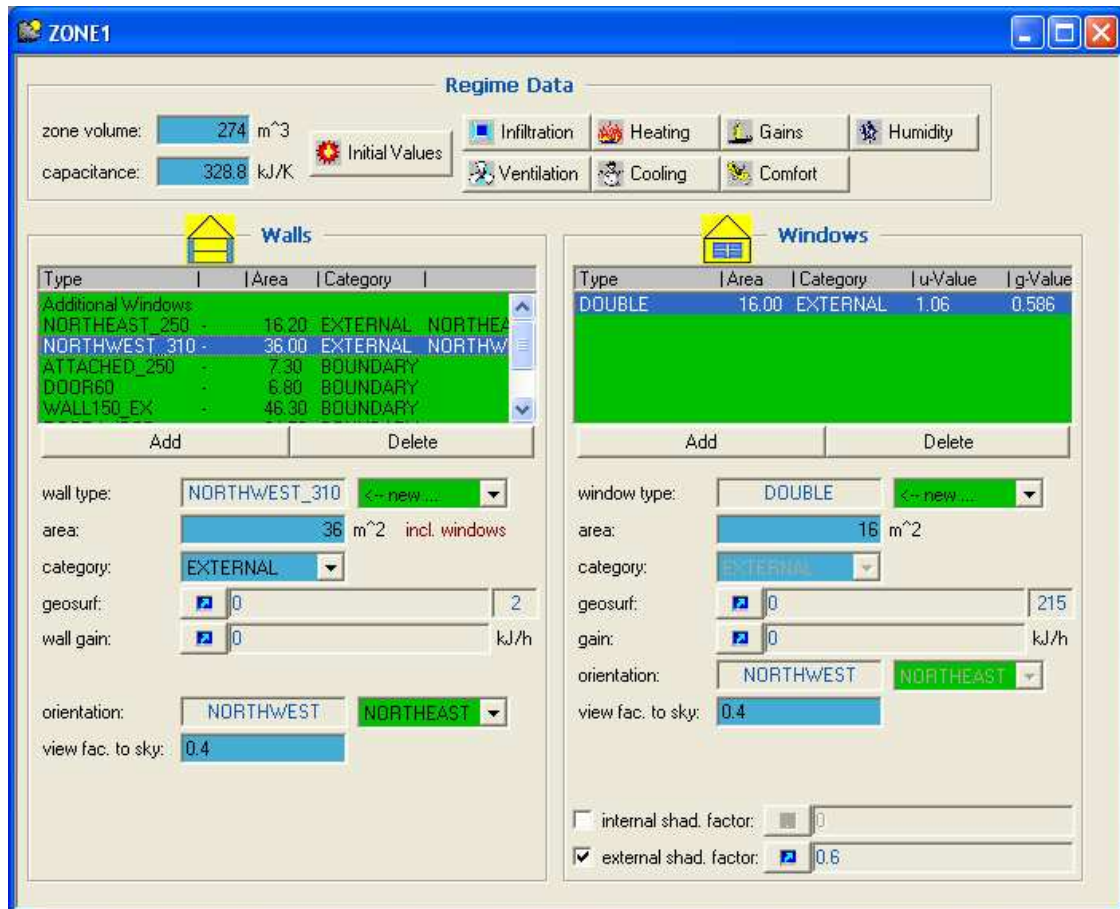
Η προσθήκη μιας νέας ζώνης σε ένα κτίριο πολλαπλών ζωνών εμφανίζεται στο παράθυρο TRNBuild Manager.



Σχήμα 6.13 Παράθυρο TRNBuild Manager



Με κλικ στο όνομα της ζώνης μέσα στο παράθυρο αυτό ο χρήστης μεταβαίνει σε ένα νέο παράθυρο στο οποίο καθορίζει όλες τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης θερμικής ζώνης.



Σχήμα 6.14 Παράθυρο Ζώνης του TRNBuild

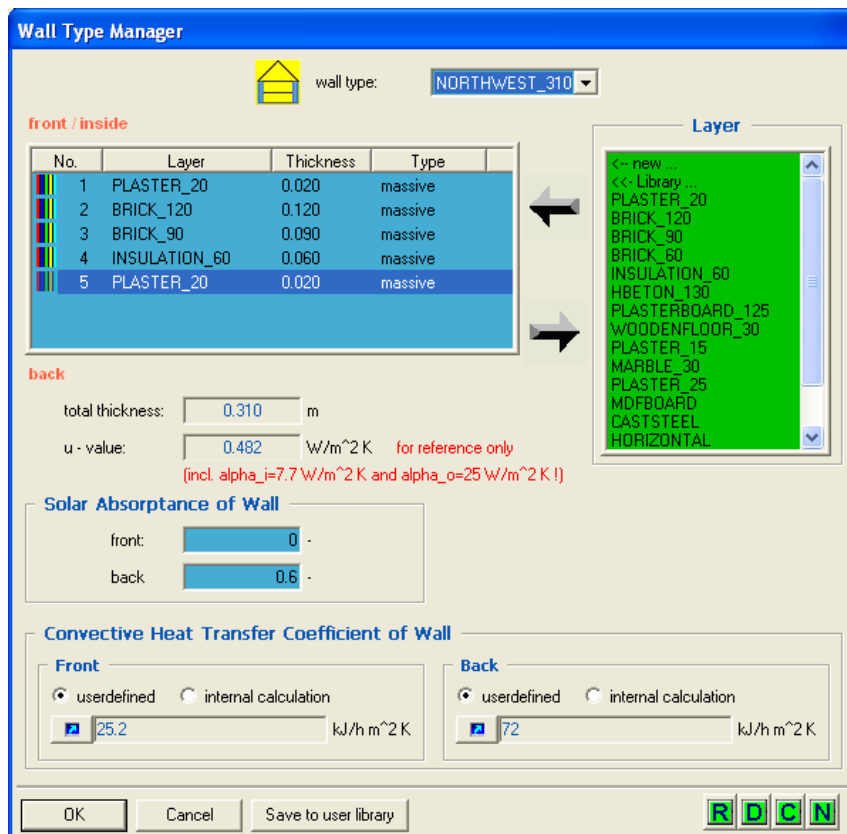
Οι ιδιότητες αυτές αφορούν:

- τον όγκο του αέρα μέσα στη ζώνη (zone volume)
- την ολική θερμοχωρητικότητα του αέρα και οτιδήποτε άλλο βρίσκεται μέσα στην ζώνη και δεν υπολογίζεται ως τοίχος (capacitance) - υπολογίζεται αυτόματα από το TRNBuild ως  $1.2 \cdot \text{zone volume}$  -
- την αρχική θερμοκρασία του αέρα της ζώνης (initial temp.)
- την αρχική σχετική υγρασία του αέρα της ζώνης (initial rel. humidity)
- το είδος του τοίχου (type) έτσι όπως χαρακτηρίζεται από τον χρήστη κατά την περιγραφή των υλικών του (layers) και των ιδιοτήτων του, όπως το ολικό πάχος (total thickness), το συντελεστή θερμοπερατότητας (u-value), την ηλιακή απορροφητικότητα (solar absorptance) και το συντελεστή μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή (convective heat transfer coefficient)
- το εμβαδόν της επιφάνειας του τοίχου -συμπεριλαμβανομένων των πιθανών ανοιγμάτων του- (area)
- την κατηγορία του (category) δηλαδή αν ο τοίχος είναι εξωτερικός (external), εσωτερικός (internal), γειτνιάζει με άλλη θερμική ζώνη

(adjacent) ή βρίσκεται σε επαφή με χώρο που είτε δε θερμαίνεται είτε δεν προσπίπτει σε αυτόν ηλιακή ακτινοβολία (boundary)

- το ποσοστό της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται ο τοίχος σε σχέση με την ολική άμεση ακτινοβολία της ζώνης (geosurf)
- μια πιθανή πηγή θερμότητας στην εσωτερική, ως προς τη ζώνη, πλευρά του τοίχου (wall gain)
- τον προσανατολισμό του τοίχου (orientation)
- έναν παράγοντα διόρθωσης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε εξωτερικό τοίχο λόγω περιορισμού της θέας του ορίζοντα από αυτόν από γειτονικά κτίρια (view fac. to sky)
- αντίστοιχες ιδιότητες με τους τοίχους και για τα ανοίγματα της ζώνης
- μοντέλα υπολογισμού για τη διείσδυση του αέρα (Infiltration), τον εξαερισμό (Ventilation), τη θέρμανση (Heating), την ψύξη (Cooling), τα εσωτερικά κέρδη (Gains), τις συνθήκες άνεσης (Comfort) και την υγρασία (Humidity) που αναπτύσσονται μέσα από πλαίσια διαλόγου που ανοίγουν από την ενεργοποίηση των κατάλληλων ετικετών.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το παράθυρο Wall Type Manager μέσα από το οποίο ο χρήστης καθορίζει τα layers και τις ιδιότητες ενός τοίχου.



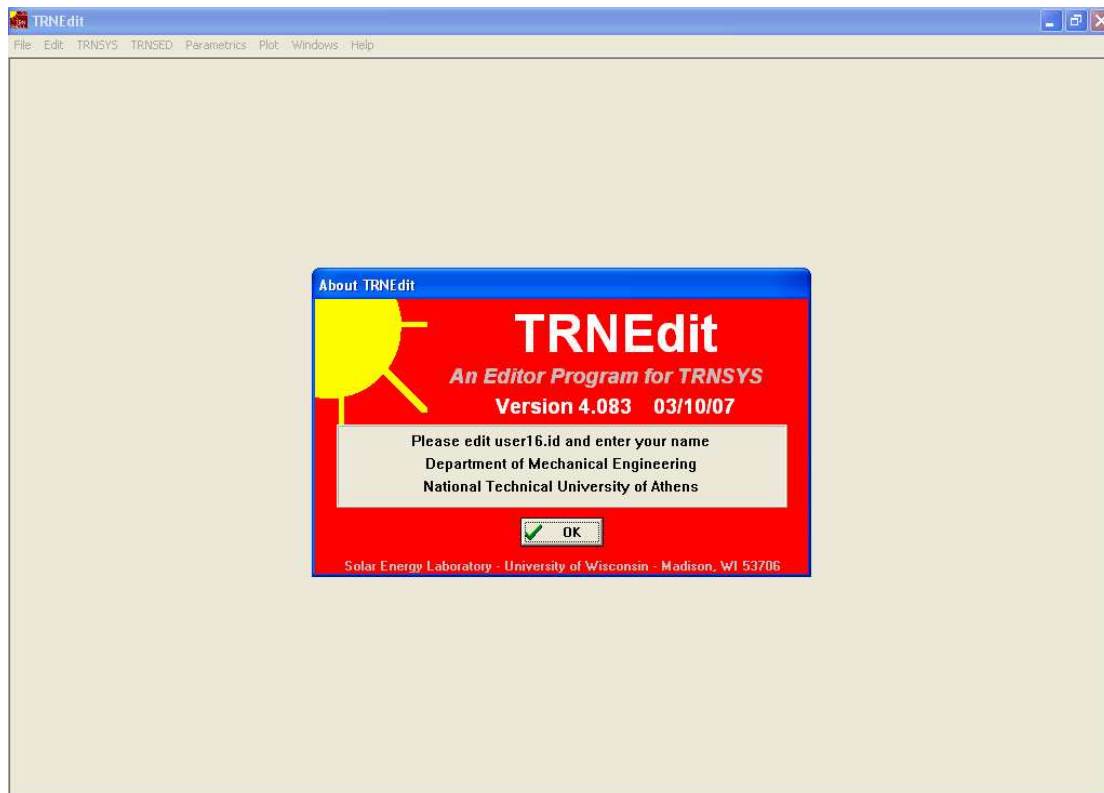
Σχήμα 6.15 Παράθυρο Wall Type Manager του TRNBuild

Η εισαγωγή των απαιτούμενων πληροφοριών στο TRNBuild γίνεται με τη συμπλήρωση αντίστοιχων πεδίων όπως στο TRNSYS Simulation Studio.

### 6.7 TRNEdit και TRNSED εφαρμογές

Ο TRNEdit (TRNSYS 16, Volume 7 και Volume 8, 2004) είναι ένας εξειδικευμένος επεξεργαστής κειμένου που χρησιμοποιείται για να δημιουργεί ή να τροποποιεί τα αρχεία εισόδου του TRNSYS, decks. Αυτή η επεξεργασία συνιστάται να γίνεται μόνο από έμπειρους χρήστες ενώ οι υπόλοιποι είναι προτιμότερο να παρεμβαίνουν σε αυτά μόνο μέσω του Simulation Studio.

Επίσης, ο TRNEdit χρησιμοποιείται για τη δημιουργία αυτόνομων προγραμμάτων (TRNSED εφαρμογές). Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να διακινούνται ελεύθερα ανάμεσα στους τελικούς χρήστες που δεν έχουν άδεια χρήσης του λογισμικού TRNSYS ως απλοποιημένα εργαλεία προσομοίωσης.



Σχήμα 6.16 TRNEdit

## Κεφάλαιο 7: Λογισμικό METEONORM

Το METEONORM (METEONORM 6.0, 2007) περιλαμβάνει μια εκτεταμένη βάση κλιματικών δεδομένων κατάλληλη για το σχεδιασμό κάθε είδους εφαρμογής στην ηλιακή ενέργεια όπως (παθητικά ηλιακά συστήματα, ηλιακοί συλλέκτες, φωτοβολταϊκά πλαίσια κλπ.). Έχει τη δυνατότητα πραγματοποίησης κλιματικών υπολογισμών όπως προσδιορισμό άμεσης και διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένη επιφάνεια κ.α. Επίσης, τα κλιματικά δεδομένα της βάσης του μπορεί να αξιοποιηθούν από τον τομέα της γεωργίας, της δασοκομίας και της περιβαλλοντικής έρευνας. Η βάση περιλαμβάνει δεδομένα 7756 μετεωρολογικών σταθμών παγκοσμίως εκ των οποίων 1482 βρίσκονται στην Ευρώπη. Στις πηγές των δεδομένων συμπεριλαμβάνονται οι GEBA (Global Energy Balance Archive), NCDC (National Climatic Data Center, USA), NREL (National Renewable Energy Laboratory), κ.α.

### 7.1 Λειτουργία

Η κύρια λειτουργία του METEONORM (METEONORM 6.0, 2007) είναι η δημιουργία αρχείων κλιματικών δεδομένων για συγκεκριμένη τοποθεσία που χαρακτηρίζεται από τις δικές της φυσικές και γεωγραφικές ιδιομορφίες. Τα αρχεία αυτά μπορούν να αποθηκεύονται σε μια σειρά από διαφορετικές μορφές (Outputs) οι περισσότερες από τις οποίες είναι εύκολα αναγνώσιμες από άλλα λογισμικά όπως DOE, Energy Plus, TRNSYS, κλπ.

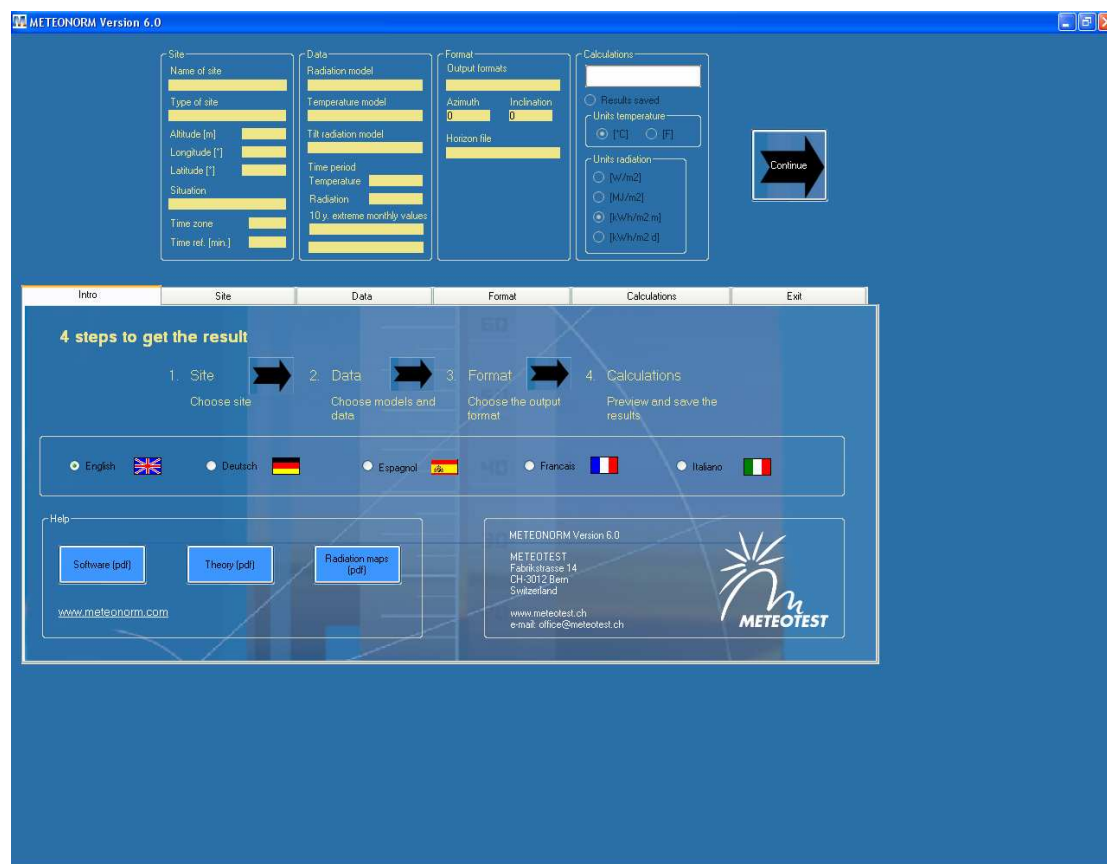
Η διαδικασία της δημιουργίας αρχείου κλιματικών δεδομένων περιλαμβάνει τέσσερα στάδια:

- τον ορισμό της περιοχής για την οποία ζητούνται τα δεδομένα (Site)
- τον προσδιορισμό των μαθηματικών μοντέλων που θα χρησιμοποιηθούν ώστε να δημιουργηθούν τα ζητούμενα κλιματικά δεδομένα σύμφωνα με στοιχεία που υπάρχουν στη βάση δεδομένων (Data)
- τον καθορισμό της μορφής αποθήκευσης των αποτελεσμάτων (Format)
- την πραγματοποίηση των υπολογισμών από το πρόγραμμα (Calculation).

### 7.2 Περιβάλλον

Η επιφάνεια εργασίας της πρόσφατης έκδοσής του, Version 6.0, (METEONORM 6.0, 2007) είναι ιδιαίτερα φιλική προς το χρήστη και αποτελείται από έξι καρτέλες που η κάθε μια περιγράφει ένα βήμα της διαδικασίας ώστε να εξαχθεί το ζητούμενο αρχείο κλιματικών δεδομένων. Η μετακίνηση από τη μια καρτέλα στην άλλη γίνεται με τα βελάκια Continue και Back.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι καρτέλες στο αρχικό παράθυρο του προγράμματος.



Σχήμα 7.1 Αρχικό Παράθυρο METEONORM

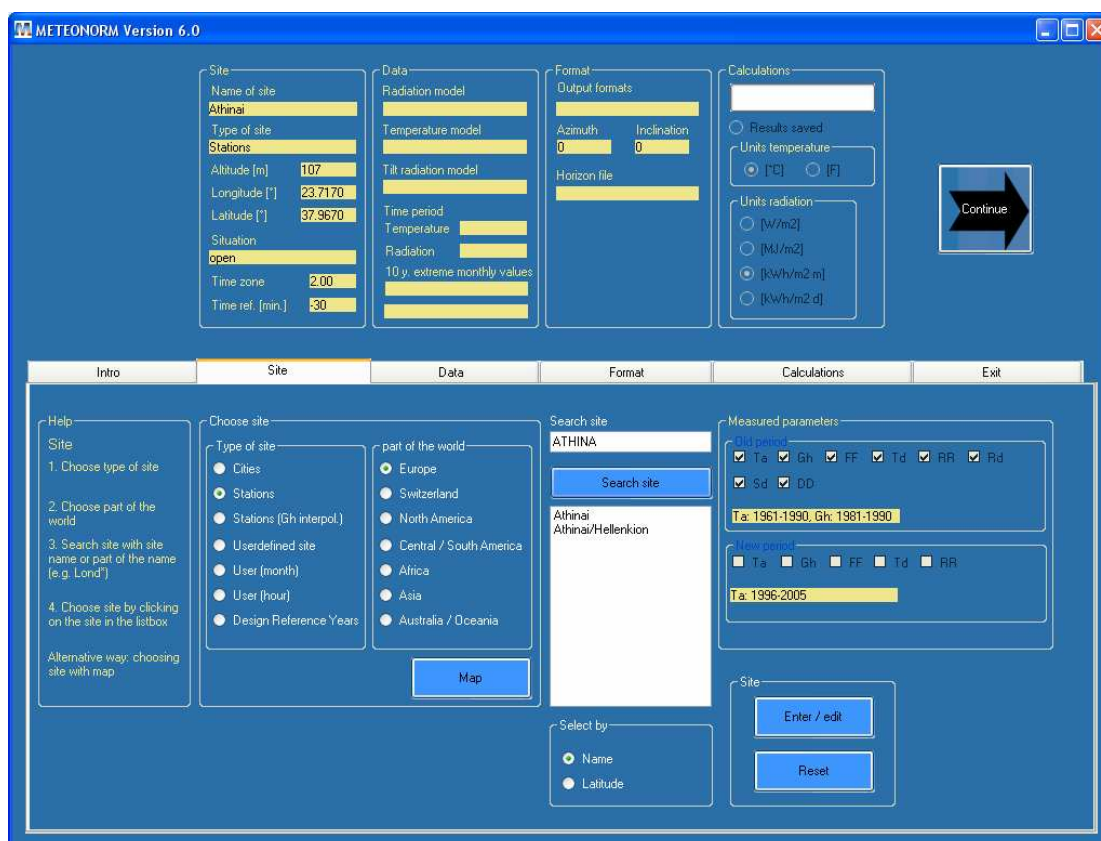
Η πρώτη καρτέλα (Intro) συνοψίζει τη διαδικασία δημιουργίας κλιματικού αρχείου και δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα επιλογής της γλώσσας διαλόγου καθώς και την ενεργοποίηση των παραθύρων βοήθειας.

Στη δεύτερη καρτέλα προσδιορίζεται η περιοχή μελέτης. Αυτό μπορεί να γίνει με δύο τρόπους είτε συμπληρώνοντας την καρτέλα είτε επιλέγοντας την περιοχή απευθείας από το χάρτη ενεργοποιώντας την επιλογή map.

Στην πρώτη περίπτωση καθορίζεται το είδος της τοποθεσίας (Type of Site) διαλέγοντας μια από τις δυνατές επιλογές (Cities, Stations, Stations (Gh Interpol.), Userdefined site, User (month), User (hour), Design Reference Years). Ακόμα, καθορίζεται και η ήπειρος στην οποία αυτή βρίσκεται (part of the world) όπως Europe, Switzerland, North America, Central/South America, Africa, Asia, Australia/Oceania. Στη συνέχεια ο χρήστης πληκτρολογεί το όνομα της περιοχής και ενεργοποιεί την επιλογή Search site. Τα αποτελέσματα της αναζήτησης εμφανίζονται στο λευκό πλαίσιο που βρίσκεται ακριβώς κάτω από την επιλογή.

Τα διαθέσιμα δεδομένα και η περίοδος στην οποία αναφέρονται εικονίζονται στο πλαίσιο Measured Parameters. Τα δεδομένα αυτά αναφέρονται στη

θερμοκρασία περιβάλλοντος ( $T_a$ ), στην ένταση της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο ( $G_h$ ), στην ταχύτητα του αέρα ( $FF$ ), στη θερμοκρασία του σημείου δρόσου ( $T_d$ ), στη βροχόπτωση ( $RR$ ), στις μέρες με βροχόπτωση μεγαλύτερη από 0.1mm ( $R_d$ ), στην ενεργό διάρκεια ηλιοφάνειας ( $S_d$ ), στην κατεύθυνση του αέρα ( $DD$ ). Με διπλό κλικ πάνω στο όνομα της επιθυμητής περιοχής ανοίγει το παράθυρο Edit site. Εκεί ο χρήστης είτε επιβεβαιώνει τα χαρακτηριστικά της ζητούμενης περιοχής είτε τα τροποποιεί δημιουργώντας ένα Userdefined site.



Σχήμα 7.2 Καρτέλα Site METEONORM

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται το παράθυρο Edit site. Η επιλογή Situation προσδιορίζεται από τον χρήστη μέσω ενός πτυσσόμενου menu που περιλαμβάνει τις ακόλουθες επιλογές:

- ανοικτός χώρος, με βόρεια κλίση και ανεμπόδιση θέα στη γραμμή του ορίζοντα (open)
- κοιλάδα που συγκεντρώνει κρύα ρεύματα αέρα (depression)
- βαθιά κοιλάδα κρύων ρευμάτων (cold hollow)
- περιοχή που βρίσκεται σε απόσταση όχι περισσότερο από 1km από ακτή θάλασσας ή μεγάλης λίμνης (sea/lake)
- κέντρο πόλης με περισσότερους από 100000 κατοίκους (city)
- περιοχή με νότια κλίση (S incline)
- περιοχή με δυτική ή ανατολική κλίση (W/E incline)
- ο πυθμένας ορεινής κοιλάδας σε μεγάλο υψόμετρο (valley)

- ο πυθμένας μεγάλης κοιλάδας των κεντρικών Άλπεων (valley central Alps)
- ο πυθμένας κοιλάδας με θερμά αέρια ρεύματα (föhn valley)
- ο πυθμένας κοιλάδας στους πρόποδες των βόρειων Άλπεων (valley Alpine foothills)
- περιοχή με νότια κλίση, τουλάχιστον 200m από τον πυθμένα της κοιλάδας (S valley side)
- περιοχή με δυτική ή ανατολική κλίση, τουλάχιστον 200m από τον πυθμένα της κοιλάδας (W/E valley side)
- κορυφή πάνω από 500m που έχει ανεμπόδιστη θέα στις γύρω περιοχές (summit).

**Edit site**

Choose site

Name of site: Athinaï

Altitude [m]: 107

Longitude [°]: 23.7170

Latitude [°]: 37.9670

Time zone: 2

Situation: city

Type of site: Userdefined site

Time ref. [min.]: -30

Buttons: New site, Clear, Save, Cancel, OK

Coordinates

Buttons: Find coordinates, Check coordinates with "multimap"

Transform to Swiss coordinates

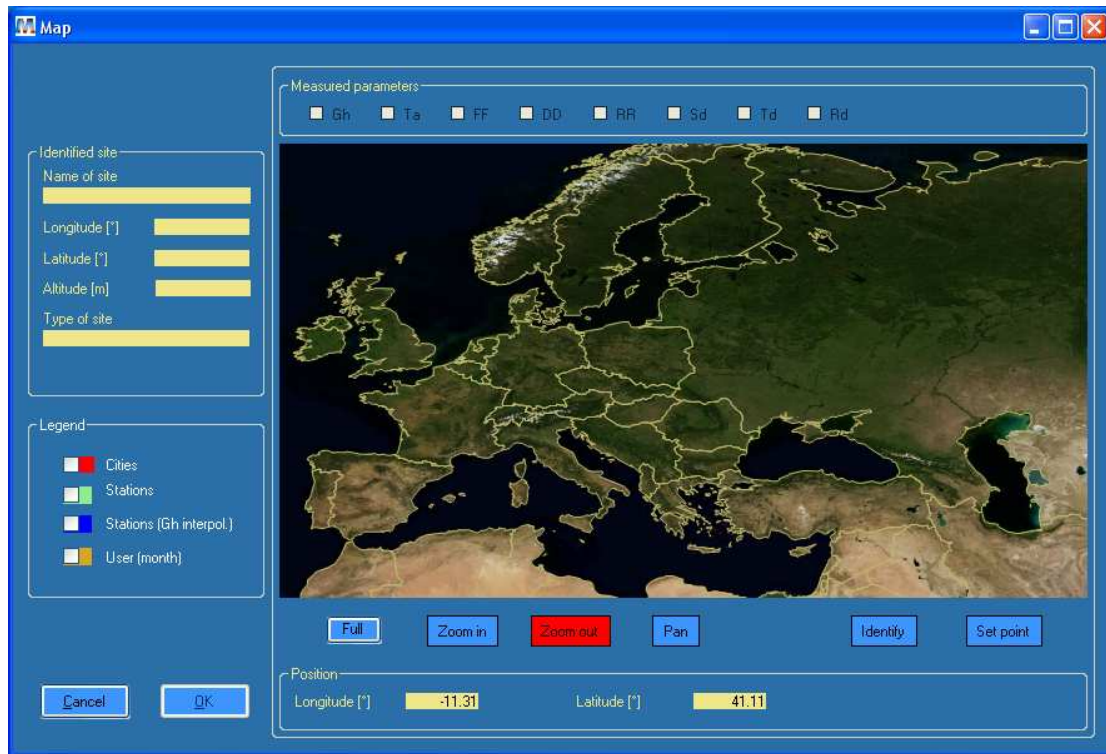
Coord. X [m]:

Coord. Y [m]:

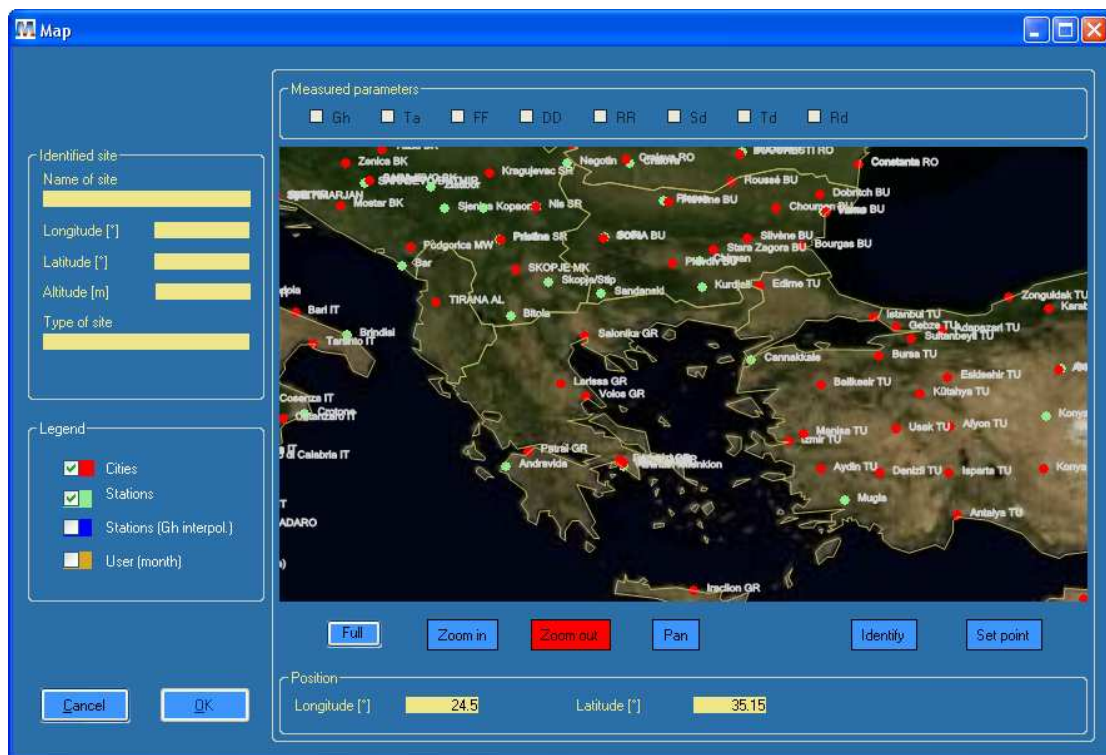
Buttons: Transform to latitude/longitude (WGS 84), Transform to Swiss coordinates

Σχήμα 7.3 Παράθυρο Edit site, METEONORM

Στη δεύτερη περίπτωση, όπου η περιοχή για την οποία αναζητούνται τα κλιματικά δεδομένα καθορίζεται από το χάρτη, ο χρήστης εργάζεται στο παράθυρο Map. Με zoom in και zoom out εστιάζει στη ζητούμενη περιοχή ενώ με rap μετακινείται κατά μήκος της υπάρχουσας απεικόνισης χωρίς να μεταβάλλει το βαθμό λεπτομέρειας που εικονίζεται. Οι κατηγορίες τοποθεσιών που μπορούν να εμφανιστούν στο χάρτη επιλέγονται από το χρήστη με tick στα πεδία του πλαισίου Legend.



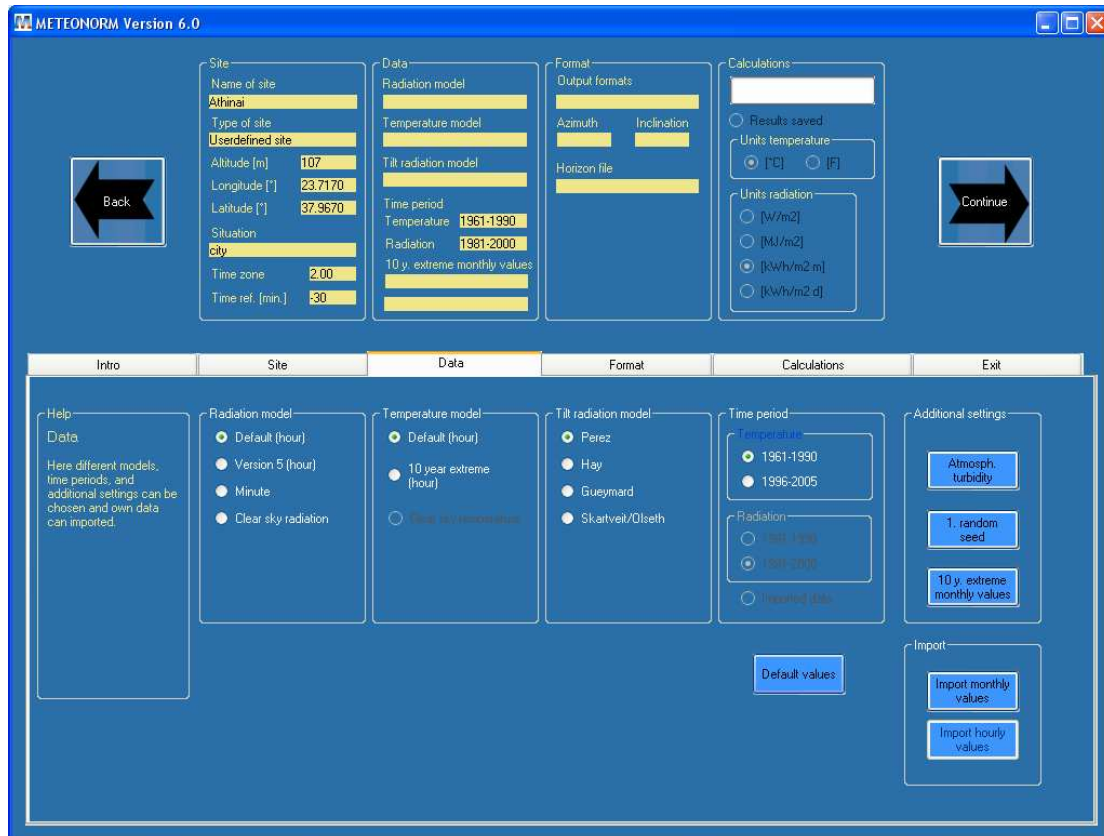
Σχήμα 7.4 Χάρτης METEONORM



Σχήμα 7.5 Εφαρμογή Χρήσης Χάρτη METEONORM

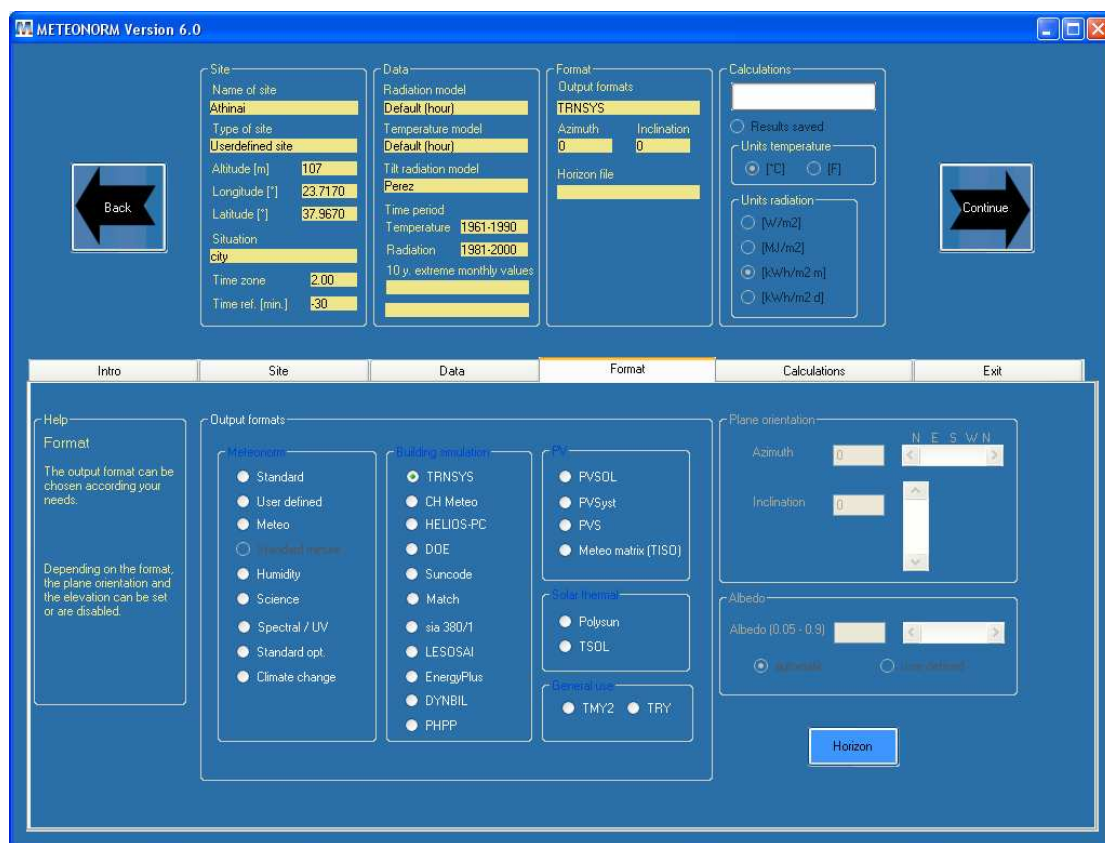


Στην τρίτη καρτέλα, Data, ο χρήστης επιλέγει ποιο από τα διαθέσιμα μαθηματικά μοντέλα θα χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα για την εξαγωγή των επιθυμητών κλιματικών στοιχείων. Τα μοντέλα αυτά χωρίζονται σε τρεις ομάδες ανάλογα με την κατηγορία των δεδομένων που επιθυμούν να αναπαράγουν. Έτσι υπάρχει το μοντέλο ακτινοβολίας (radiation model), το μοντέλο θερμοκρασίας (temperature model) και το μοντέλο της ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένη επιφάνεια (tilt radiation model).



Σχήμα 7.6 Καρτέλα Data METEONORM

Στην τέταρτη καρτέλα, Format, ο χρήστης καθορίζει τη μορφή εξόδου των ζητούμενων κλιματικών στοιχείων. Οι δυνατές λίστες επιλογών εικονίζονται στη συνέχεια. Από αυτές αξίζει να σημειώσουμε ότι ένα μεγάλο μέρος τους συνεργάζεται με προγράμματα που αφορούν την ενεργειακή μοντελοποίηση κτιρίων, ενώ σημαντική είναι και η δημιουργία τυπικού μετεωρολογικού χρόνου (Typical Meteorological Year-TMY2).



Σχήμα 7.7 Καρτέλα Format METEONORM

Με τη μετάβαση του χρήστη στην πέμπτη καρτέλα, Calculations, το METEONORM πραγματοποιεί τους υπολογισμούς που του έχουν ζητηθεί.

Η σειρά με την οποία τα υπολογιστικά μοντέλα λειτουργούν ώστε να δημιουργήσουν ωριαία κλιματικά δεδομένα είναι η εξής:

- παρεμβολή στα μηνιαία στοιχεία της βάσης δεδομένων με χρήση των μοντέλων υπολογισμού της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος
- εφαρμογή στοχαστικού μαθηματικού μοντέλου για τη δημιουργία ωριαίων τιμών ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο και θερμοκρασίας του περιβάλλοντος
- η ολική ηλιακή ακτινοβολία χωρίζεται σε άμεση και διάχυτη και ο διαχωρισμός αφορά τις ωριαίες τιμές
- δημιουργούνται ωριαία δεδομένα για την ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένη επιφάνεια σύμφωνα με το σχετικό μοντέλο που επιλέχθηκε.

Η πρόοδος των υπολογισμών γίνεται αντιληπτή καθώς συμπληρώνεται η μπάρα του πλαισίου Calculations με πράσινες γραμμές. Η διαδικασία ολοκληρώνεται σε περίπου 10 sec και προκύπτει η ακόλουθη απεικόνιση. Ο χρήστης μπορεί να μετακινείται στις καρτέλες Radiation, Temperature, Precipitation, Sunshine duration, Daily means of global radiation, να δει τα αποτελέσματα σε μορφή pdf μέσα από την επιλογή view results και να

αποθηκεύσει με χρήση της επιλογής save. Στην έκτη καρτέλα πραγματοποιείται έξοδος από το πρόγραμμα.

The screenshot shows the METEONORM Version 6.0 software interface. The 'Calculations' tab is active, displaying a bar chart of monthly radiation and a data table. The bar chart shows 'Irradiation of diffuse radiation horizontal' (orange) and 'Irradiation of direct radiation horizontal' (yellow) for each month from Jan to Dec. The table below provides numerical values for monthly and yearly radiation metrics.

Month	Ta	H_Gh	H_Dh
Jan	9.3	61	34
Feb	9.8	77	39
Mar	11.7	122	61
Apr	15.5	158	76
May	20.2	200	77
Jun	24.6	214	81
Jul	27.0	222	75
Aug	26.6	202	68
Sep	23.3	156	59
Oct	18.3	110	47
Nov	14.4	71	35
Dec	11.1	55	29
Year	17.7	1644	681

Σχήμα 7.8 Καρτέλα Calculations METEONORM



Σχήμα 7.9 Καρέλα Exit METEONORM

## Κεφάλαιο 8: Προσομοιωτική Διαδικασία

Η διαδικασία της προσομοίωσης της λειτουργίας ενός κτιρίου και η εξαγωγή των ζητούμενων αποτελεσμάτων περιλαμβάνει την υλοποίηση μιας σειράς βημάτων. Τα βήματα αυτά συνοπτικά παρουσιάζονται στη συνέχεια και γίνονται περισσότερο αντιληπτά με την εφαρμογή τους στο κτίριο που εξετάζεται.

### 8.1 Βήματα προσομοίωσης

Τα βήματα προσομοίωσης είναι τα ακόλουθα:

1. Περιγραφή του κτιρίου και του χώρου στον οποίο βρίσκεται με έμφαση στα στοιχεία που χρησιμεύουν στην προσομοιωτική διαδικασία όπως διαστάσεις, εμβαδά και προσανατολισμοί επιφανειών, χρήσεις χώρων κλπ.
2. Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία το κτίριο χωρίζεται σε θερμικές ζώνες και αποδίδονται σε αυτές συγκεκριμένα θερμικά χαρακτηριστικά.
3. Προσδιορισμός των κλιματικών δεδομένων της περιοχής στην οποία βρίσκεται το κτίριο
4. Τα δεδομένα της μοντελοποίησης του κτιρίου καθώς και τα κλιματικά στοιχεία εισάγονται στο κατάλληλο λογισμικό
5. Τρέξιμο της προσομοίωσης και εξαγωγή των αποτελεσμάτων
6. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων

### 8.2 Περιγραφή του οικοπέδου

Το κτίσμα εδράζεται σε ένα οικόπεδο ορθογωνικής διατομής διαστάσεων  $7.82 \times 14.8 = 115.74m^2$ . Η πλευρά των 7.82m εφάπτεται επι του δρόμου και έχει βορειοανατολικό προσανατολισμό με κλίση περίπου  $45^{\circ}$ . Οι πλευρές των 14.8m συνορεύουν με γειτονικά κτίσματα ενώ η πίσω πλευρά του συνορεύει με άλλο οικόπεδο. Η επιτρεπόμενη κάλυψη ανέρχεται στο 70% του εμβαδού και υπολογίζεται σε  $115.74 \times 0.7 = 81.02m^2$  ενώ η επιτρεπόμενη δόμηση με συντελεστή 3.6 υπολογίζεται σε  $115.74 \times 3.6 = 416.66m^2$ .

### 8.3 Περιγραφή του κτιρίου

Το κτίριο κατασκευάστηκε τη δεκαετία του 1980, έχει πρόσφατα υποστεί ανακαίνιση υαλοπινάκων και το ύψος του ανέρχεται στα 18m. Η πρόσθια όψη του βρίσκεται επί της οριογραμμής του οικοπέδου και εκτείνεται σε όλο το μήκος της βορειοανατολικής του πλευράς. Το κτίριο αποτελείται από επτά επίπεδα με τα ακόλουθα εμβαδά:

- Υπόγειο :  $7.82 \times 14.8 = 115.74m^2$
- Ισόγειο:  $7.82 \times 9.98 = 78.04m^2$
- Α'όροφος:  $7.82 \times 9.40 = 73.51m^2$
- Β'όροφος:  $7.82 \times 9.40 = 73.51m^2$
- Γ' όροφος:  $7.82 \times 8.10 = 63.34m^2$
- Δ' όροφος:  $7.82 \times 6.10 = 47.70m^2$
- Ε' όροφος:  $7.82 \times 3.40 = 26.59m^2$

Το υπόγειο δεν προσμετράται στο συντελεστή δόμησης, οπότε η συνολική πραγματοποιούμενη δόμηση ανέρχεται σε  $362.69m^2$ .

Το ποσοστό των υαλοπινάκων στην βορειοανατολική όψη ανέρχεται σε 22.35% ενώ στη νοτιοδυτική σε 13.1%. Αν και αυτή η αναλογία αντιβαίνει την αρχή του βιοκλιματικού σχεδιασμού εντούτοις είναι δικαιολογημένη από το πολεοδομικό σχέδιο της περιοχής.

Το ποσοστό των ανοιγμάτων σε σχέση με το εμβαδό των ορόφων ενδιαφέροντος παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 8.1: Ποσοστό ανοιγμάτων ανά εμβαδό επιφάνειας ορόφου**

Επίπεδα	Εμβαδόν Επιπέδων ( $m^2$ )	Εμβαδόν Ανοιγμάτων ( $m^2$ )	Ποσοστό (%)
Ισόγειο	78.04	13.95	17.87
Α'-Β' όροφος	73.51	9.17	12.47
Γ' όροφος	63.34	9.57	15.11
Δ' όροφος	47.70	9.70	20.33

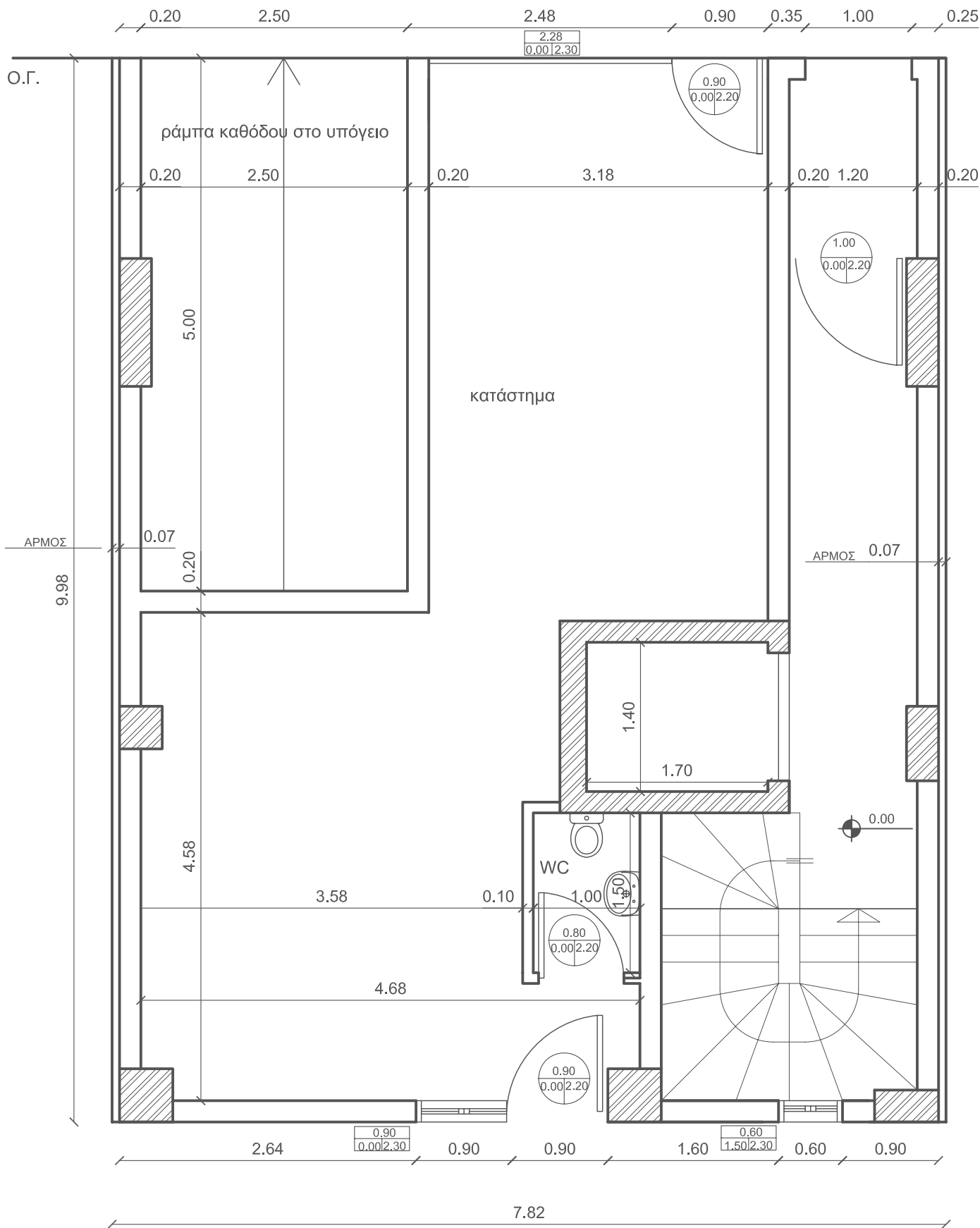
Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Άρα από τα παραπάνω ποσοστά είναι φανερό ότι τα ανοίγματα επαρκούν για τον καλό φωτισμό και αερισμό του κτίσματος.

Στο υπόγειο βρίσκονται δύο θέσεις στάθμευσης και μια αποθήκη. Στο ισόγειο στεγάζεται ένα κατάστημα λιανικής πώλησης, φαρμακείο, ενώ ο πρώτος και ο δεύτερος όροφος έχουν από ένα διαμέρισμα. Ο τρίτος και ο τέταρτος όροφος συνιστούν τα επίπεδα μιας διώροφης μεζονέτας. Στον πέμπτο όροφο βρίσκεται μια αποθήκη και το μηχανοστάσιο. Το κλιμακοστάσιο του κτιρίου εκτείνεται σε όλα τα επίπεδα αυτού και περιλαμβάνει ανελκυστήρα.

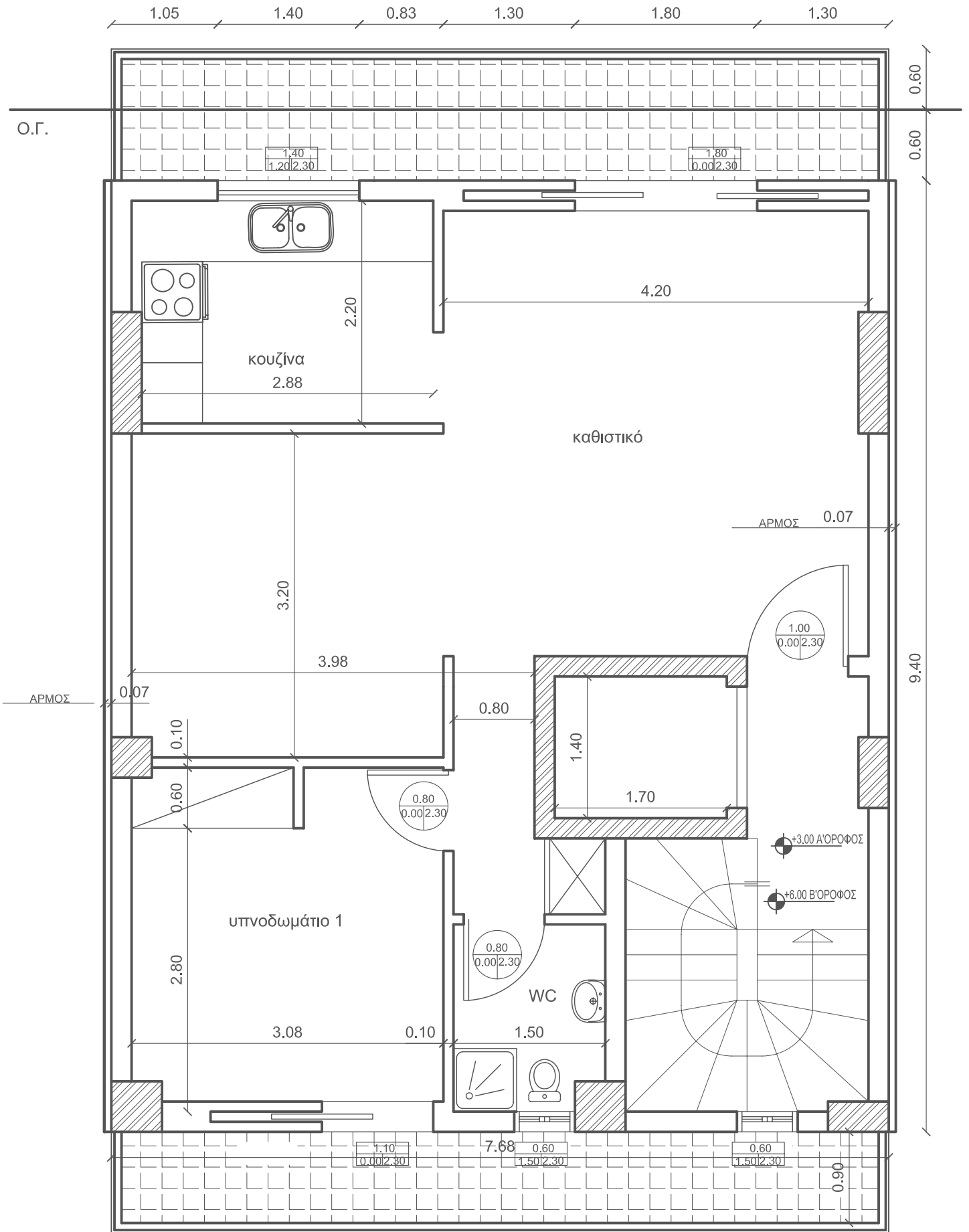
Το κατάστημα και το κλιμακοστάσιο έχουν δάπεδο από μάρμαρο. Τα διαμερίσματα και η μεζονέτα έχουν δρύινο δάπεδο εκτός από τους χώρους με τα είδη υγιεινής, οι οποίοι είναι αμελητέοι προς το συνολικό εμβαδόν του κελύφους της κάθε ζώνης οπότε αμελούνται. Οι βεράντες και οι εξώστες που δημιουργούνται καθώς το εμβαδόν των ορόφων μειώνεται καθ' ύψος καλύπτονται από τα ίδια πλακάκια για λόγους ομοιομορφίας.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι κατόψεις του κτιρίου σε κλίμακα 1:50. Ο πρώτος και ο δεύτερος όροφος έχουν ακριβώς την ίδια διάταξη. Λεπτομέρειες της κάτοψης του υπογείου δεν χρησιμοποιούνται στην προσομοίωση οπότε αυτή παραλείπεται.

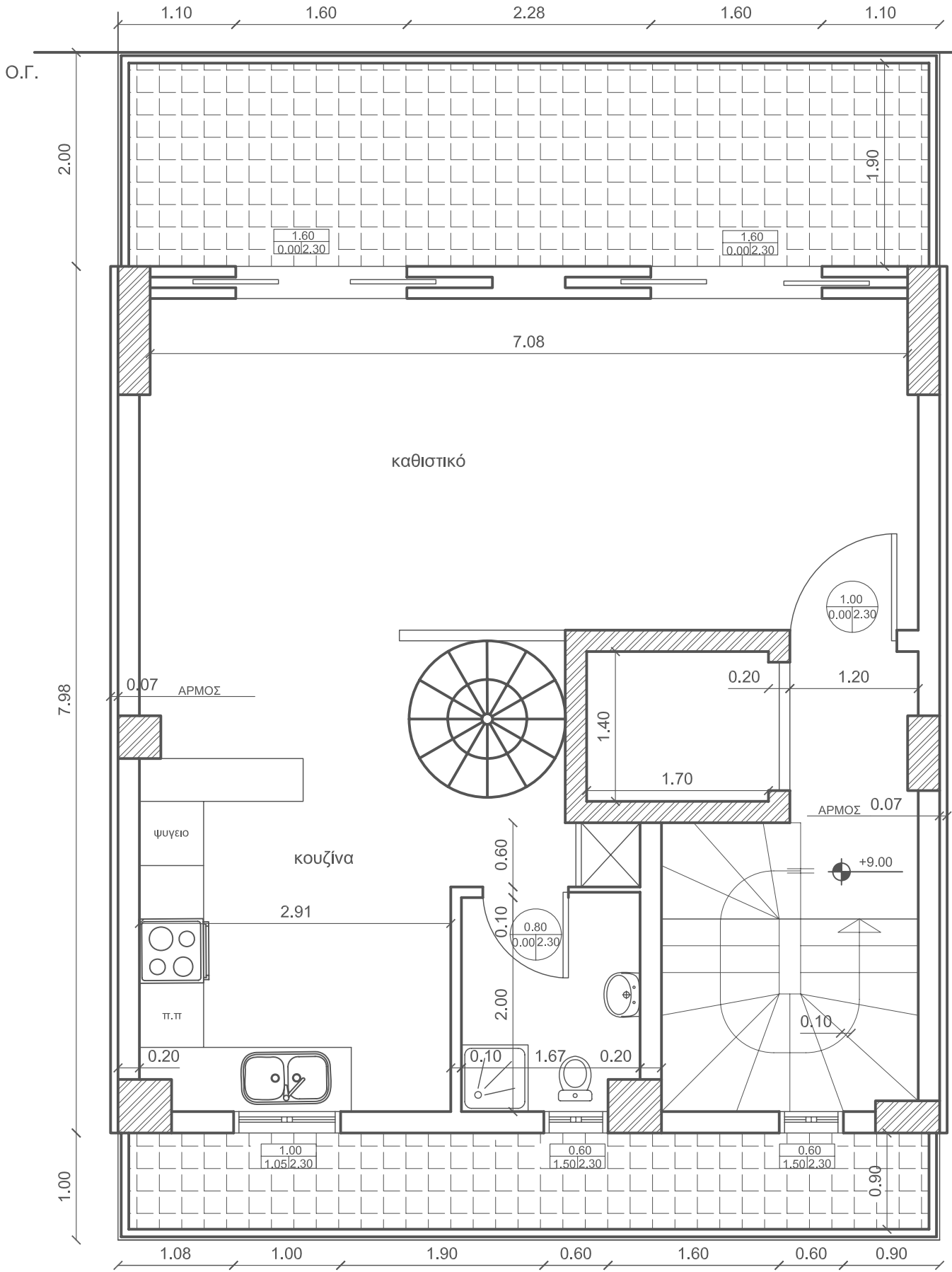


Κάτοψη Ισογείου  
Κλίμακα 1:50



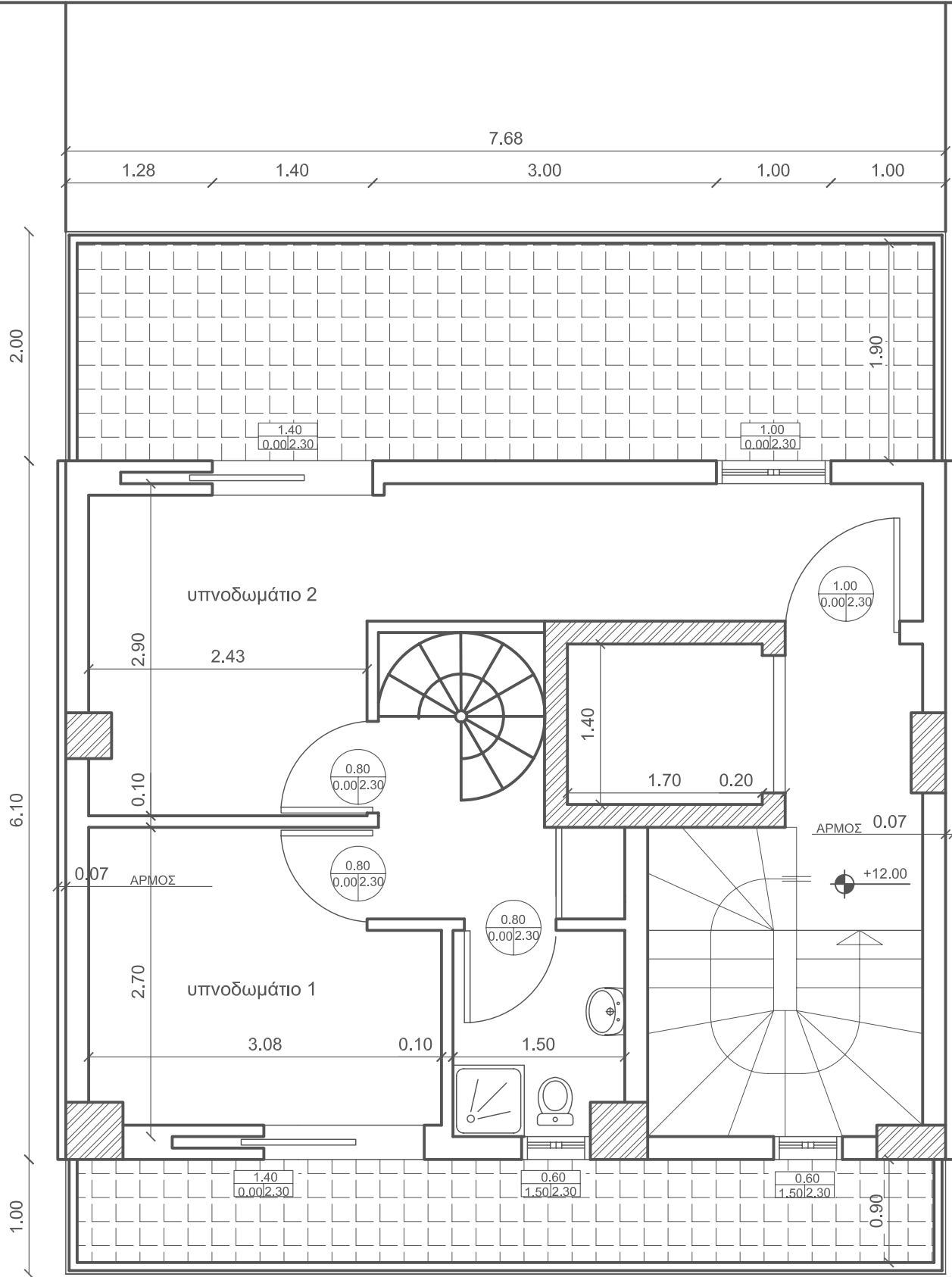


Κάτοψη Α', Β' Ορόφου  
Κλίμακα 1:50



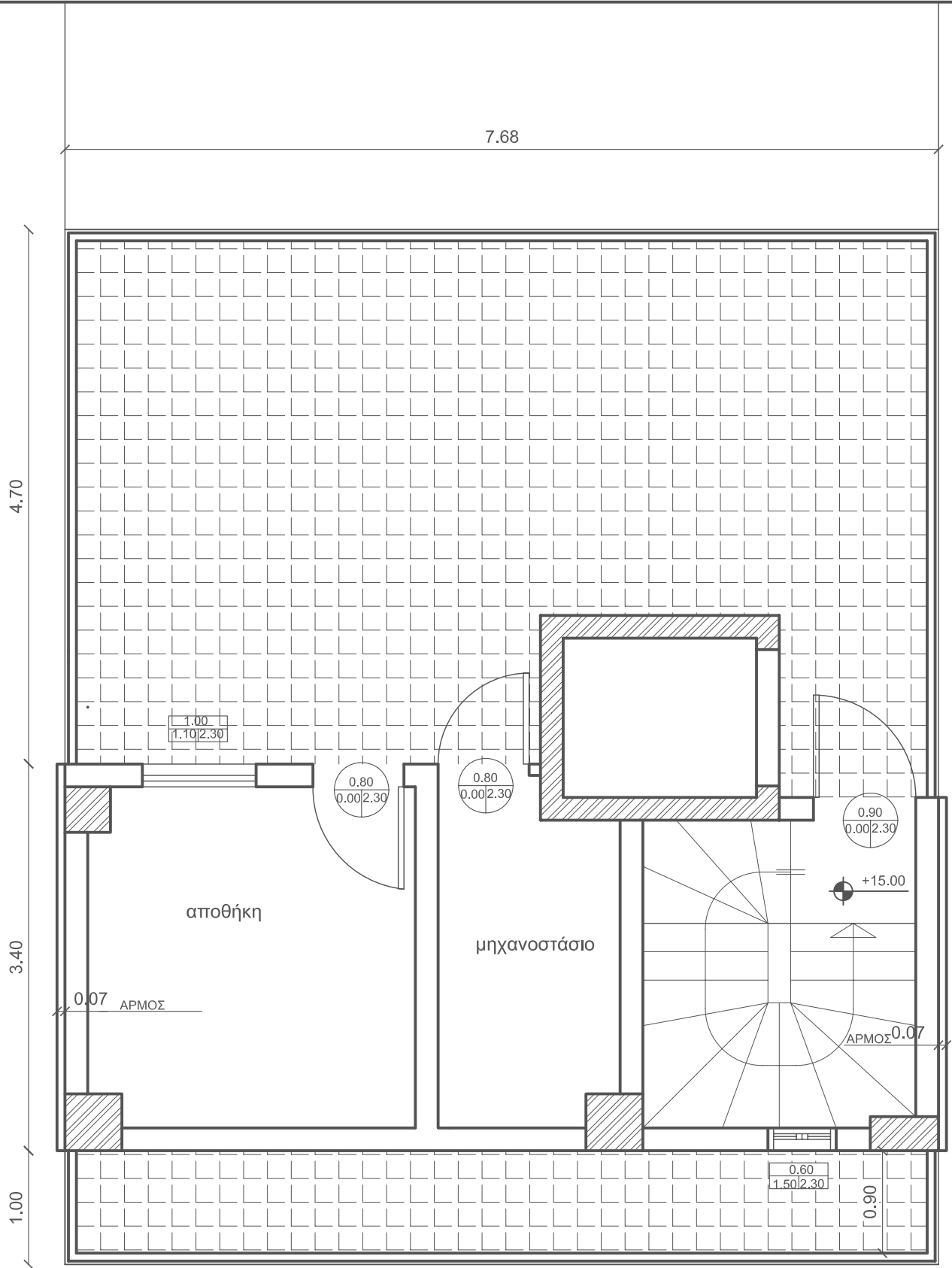
Κάτοψη Γ' Ορόφου  
Κλίμακα 1:50

Ο.Γ.



Κάτοψη Δ' Ορόφου  
Κλίμακα 1:50

Ο.Γ.



Κάτοψη Ε' Ορόφου  
Κλίμακα 1:50

## 8.4 Θερμικές ζώνες

Στην παρούσα μοντελοποίηση ως κύριο κριτήριο για το χωρισμό του κτιρίου σε θερμικές ζώνες τίθεται η χρήση των χώρων του. Έτσι το κτίριο μελέτης χωρίζεται στις εξής θερμικές ζώνες: SHOP, APARTMENT1, APARTMENT2, APARTMENT3, APARTMENT4, STAIRS. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των έξι θερμικών ζωνών.

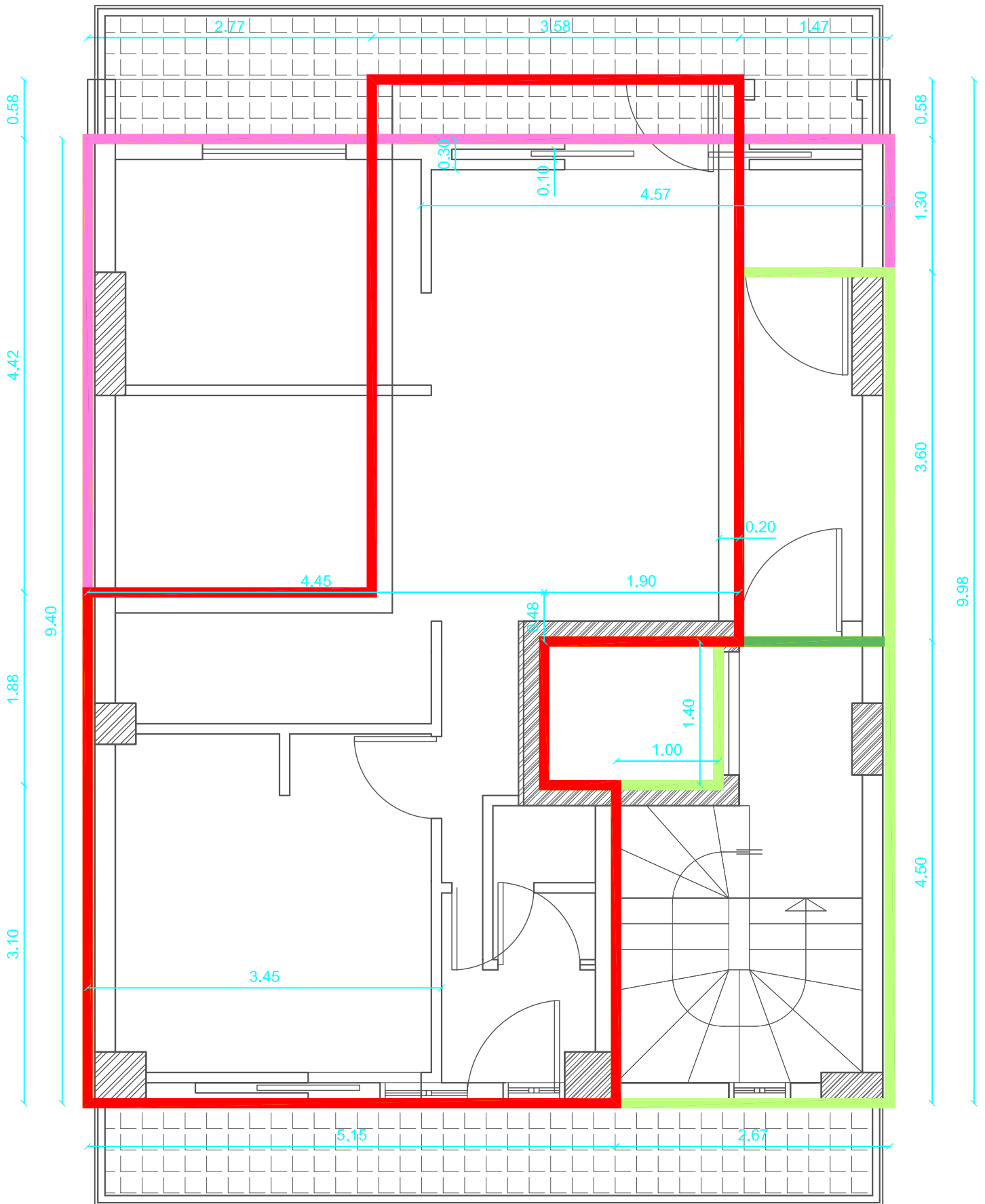
**Πίνακας 8.2: Θερμικές Ζώνες**

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ	ΕΜΒΑΔΟΝ ΒΑΣΕΩΝ (m <sup>2</sup> )	ΚΑΘΑΡΟ ΥΨΟΣ (m)	ΟΓΚΟΣ ΑΕΡΑ ΖΩΝΗΣ (m <sup>3</sup> )
SHOP	43.14	2.8	120.80
APARTMENT1	60.51	2.8	169.44
APARTMENT2	60.51	2.8	169.44
APARTMENT3	50.35	2.8	140.97
APARTMENT4	34.71	2.8	97.18
STAIRS 1	15.91	2.8	44.54
STAIRS 2	14.34	12.2	174.95
STAIRS 3	8.28	3	24.83
<b>STAIRS</b>	38.53		244.32

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

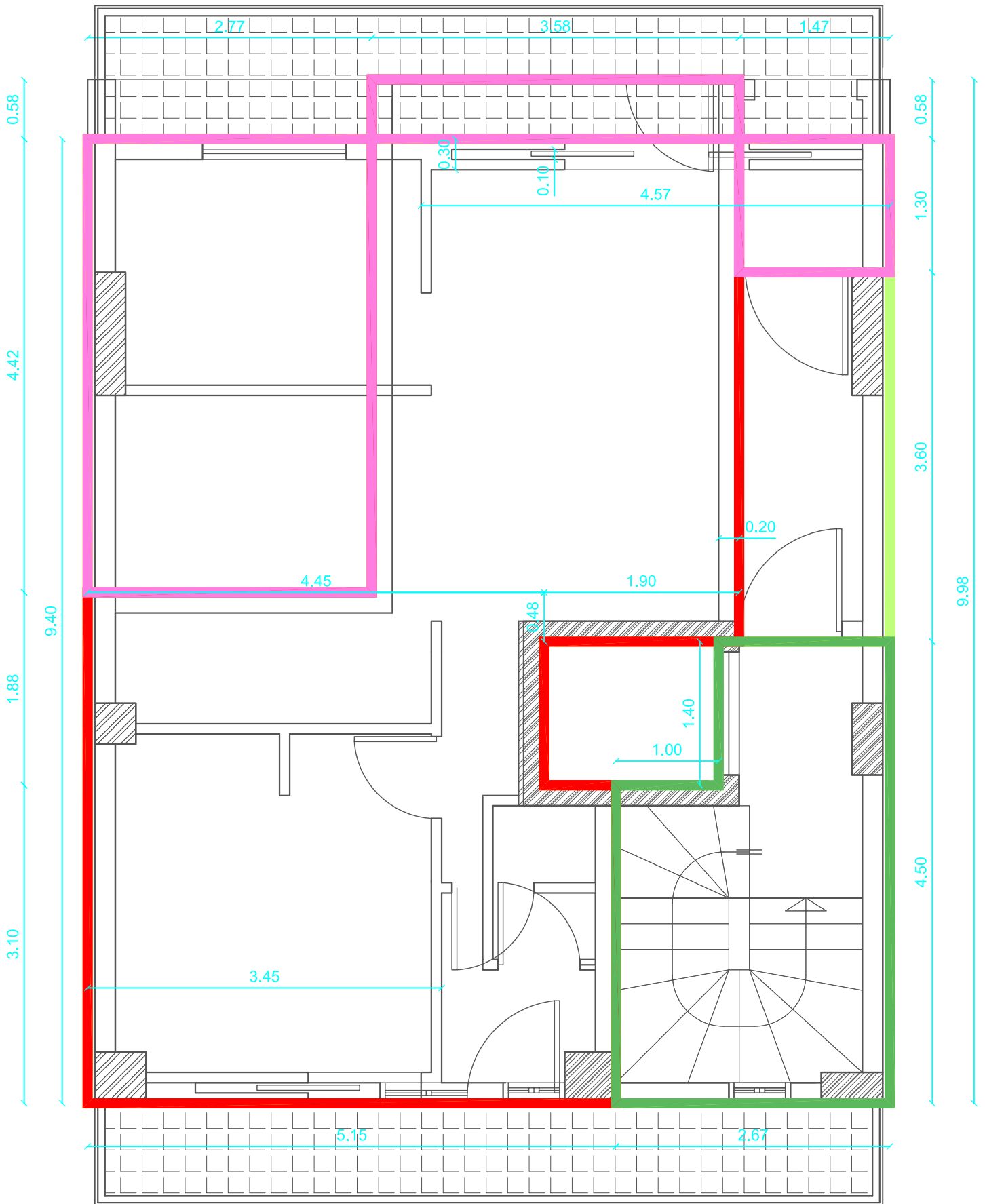
Όπως προκύπτει από τα παραπάνω στοιχεία το συνολικό εμβαδόν των θερμαινόμενων χώρων του κτιρίου ανέρχεται σε 249.22 m<sup>2</sup>. Το εμβαδόν αυτό προσδιορίζεται από το άθροισμα των εμβαδών των χώρων του κτιρίου που θερμαίνονται και στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το άθροισμα των ζωνών SHOP, APARTMENT1, APARTMENT2, APARTMENT3, APARTMENT4. Στη συνέχεια παρατίθενται σχέδια που απεικονίζουν τις θερμικές ζώνες και τις μεταξύ τους γειτνιάσεις. Τα σχέδια αυτά προέκυψαν από επεξεργασία των επιθέσεων των κατόψεων των ορόφων του κτιρίου σε Autocad και βοηθούν στην εμβαδομέτρηση των θερμικών ζωνών. Οι διαστάσεις που εικονίζονται είναι αυτές που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των εμβαδών των τοίχων. Με κόκκινο χρώμα περιγράφεται η ζώνη SHOP που περικλείει το κατάστημα του ισογείου. Με πράσινο ανοιχτό περιγράφεται η κάτοψη του κλιμακοστασίου του ισογείου STAIRS 1 και με πράσινο σκούρο η κάτοψη της ίδιας ζώνης στους υπόλοιπους ορόφους. Ο πρώτος, δεύτερος, τρίτος και τέταρτος όροφος έχουν την ίδια διατομή κλιμακοστασίου STAIRS 2, ενώ ο πέμπτος όροφος μια μικρότερη STAIRS 3 που περιγράφεται με χρώμα λαδί. Είναι φανερό ότι η θερμική ζώνη STAIRS εκτείνεται καθ' ύψος του κτιρίου, ενώ η θερμική ζώνη SHOP σε έναν όροφο αυτού. Οι ζώνες APARTMENT1 και APARTMENT2 χαρακτηρίζονται από κίτρινο χρώμα επειδή έχουν ακριβώς την ίδια διατομή. Η

ζώνη APARTMENT3 οριοθετείται με πορτοκαλί χρώμα και η ζώνη APARTMENT4 με γαλάζιο. Οι δύο αυτές ζώνες μοντελοποιούν τα επίπεδα μιας μεζονέτας, δηλαδή μιας οικίας, και όπως είναι φυσικό έχουν συναλλαγή αέρα μεταξύ τους. Οι ζώνες APARTMENT1 και APARTMENT2 προσομοιώνουν οροφωδιαμερίσματα, δηλαδή μια οικία ανά ζώνη και επικοινωνούν θερμικά, τόσο μεταξύ τους όσο και με τις υπόλοιπες, μόνο μέσω των κοινών τους επιφανειών. Με μωβ χρώμα περιγράφονται τα τμήματα των ζωνών που γειτνιάζουν με συνθήκες boundary, δηλαδή με χώρους που είτε δε θερμαίνονται είτε δεν προσπίπτει σε αυτούς ηλιακή ακτινοβολία. Τέτοιοι χώροι λογίζονται το υπόγειο του κτιρίου καθώς και η αποθήκη και το μηχανοστάσιο του πέμπτου ορόφου. Επισημαίνεται ακόμα ότι συνθήκες boundary θεωρούνται ότι χαρακτηρίζουν και τους τοίχους της μεσοτοιχίας οι οποίοι εκτείνονται στη βορειοδυτική και νοτιοδυτική πλευρά του κτιρίου και καθ' όλο το μήκος αυτών. Αυτό συμβαίνει για να ληφθεί υπόψη κατά τους υπολογισμούς η δυσμενέστερη περίπτωση, δηλαδή η γειτνίαση του κτιρίου μελέτης με μη θερμαινόμενα κτίσματα. Ακόμα οι διαστάσεις που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των εμβαδών είναι πάντα οι εξωτερικές διαστάσεις των χώρων και αυτό για να ληφθούν υπόψη και πιθανές απώλειες από θερμογέφυρες.



Επίθεση Ισογείου κ Α' Ορόφου  
 Κλίμακα 1:50  
 Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Θερμικές Ζώνες	
Boundaries	<span style="color: magenta;">—</span>
Shop	<span style="color: red;">—</span>
Stairs 1	<span style="color: lightgreen;">—</span>
Stairs 2	<span style="color: darkgreen;">—</span>

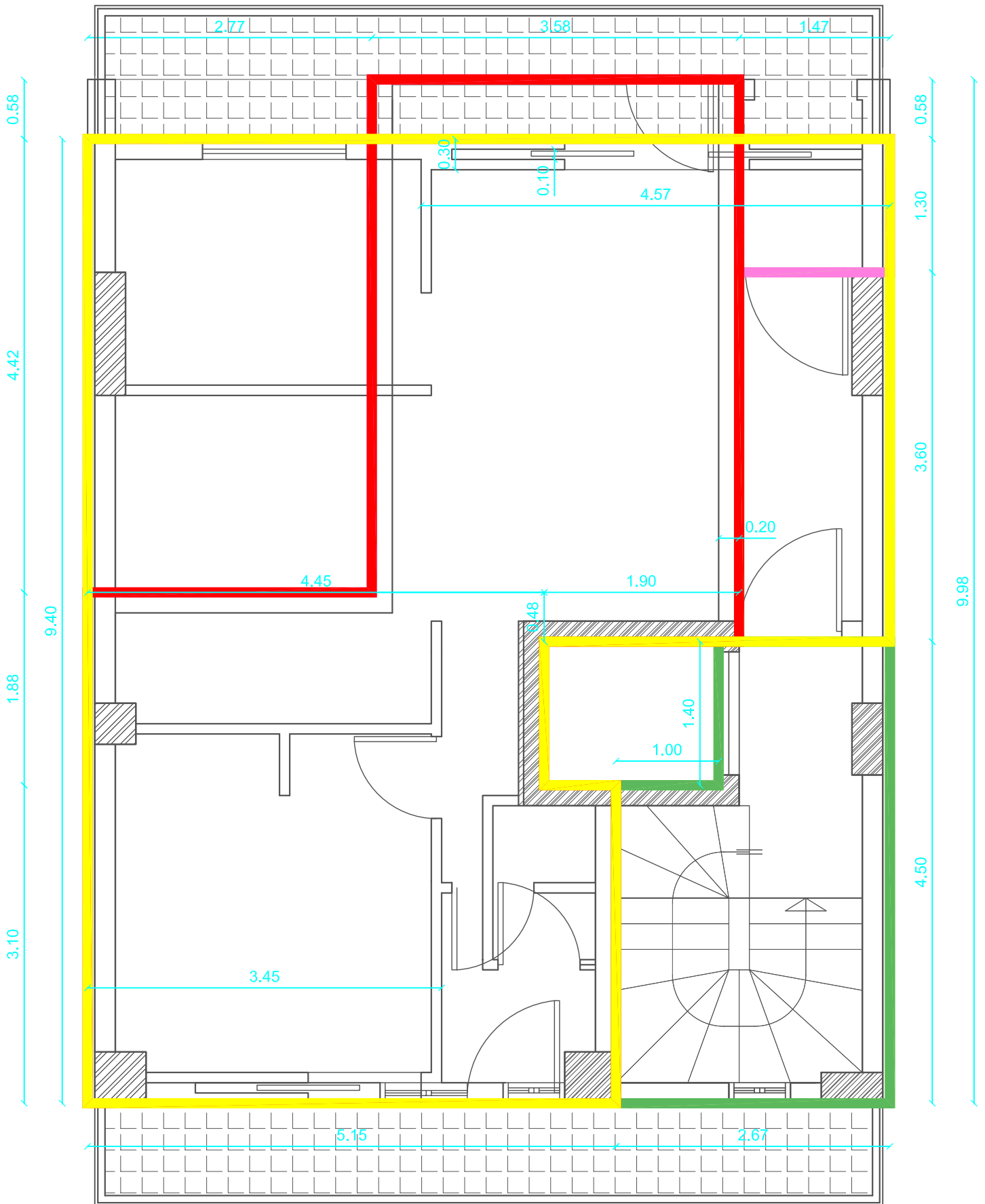


Επίθεση Ισογείου κ Α' Ορόφου  
Κλίμακα 1:50

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Θερμικές Ζώνες	
Boundaries	<span style="color: magenta;">—</span>
Shop	<span style="color: red;">—</span>
Stairs 1	<span style="color: limegreen;">—</span>
Stairs 2	<span style="color: green;">—</span>



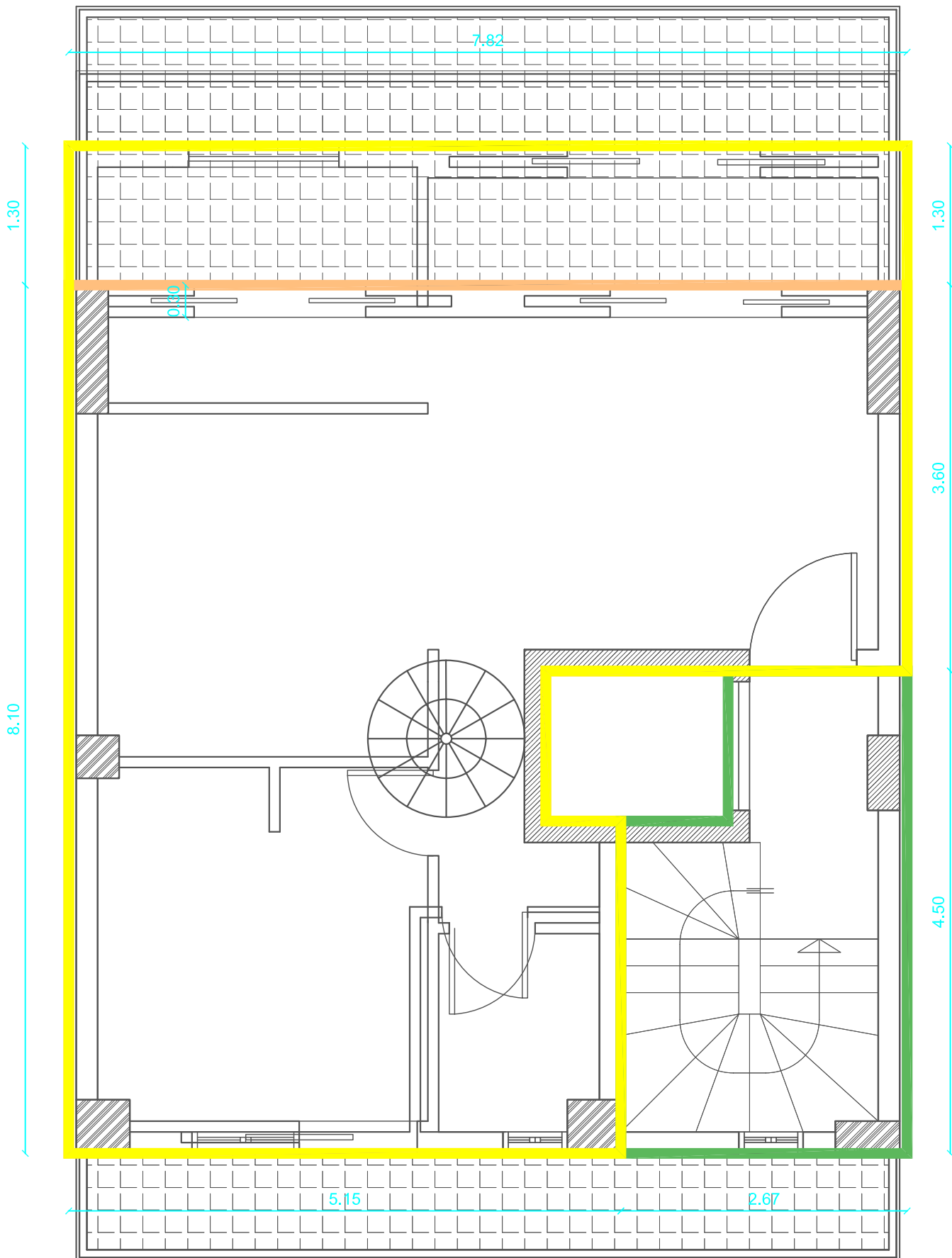


Επίθεση Ισογείου κ Α' Ορόφου  
Κλίμακα 1:50

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

65

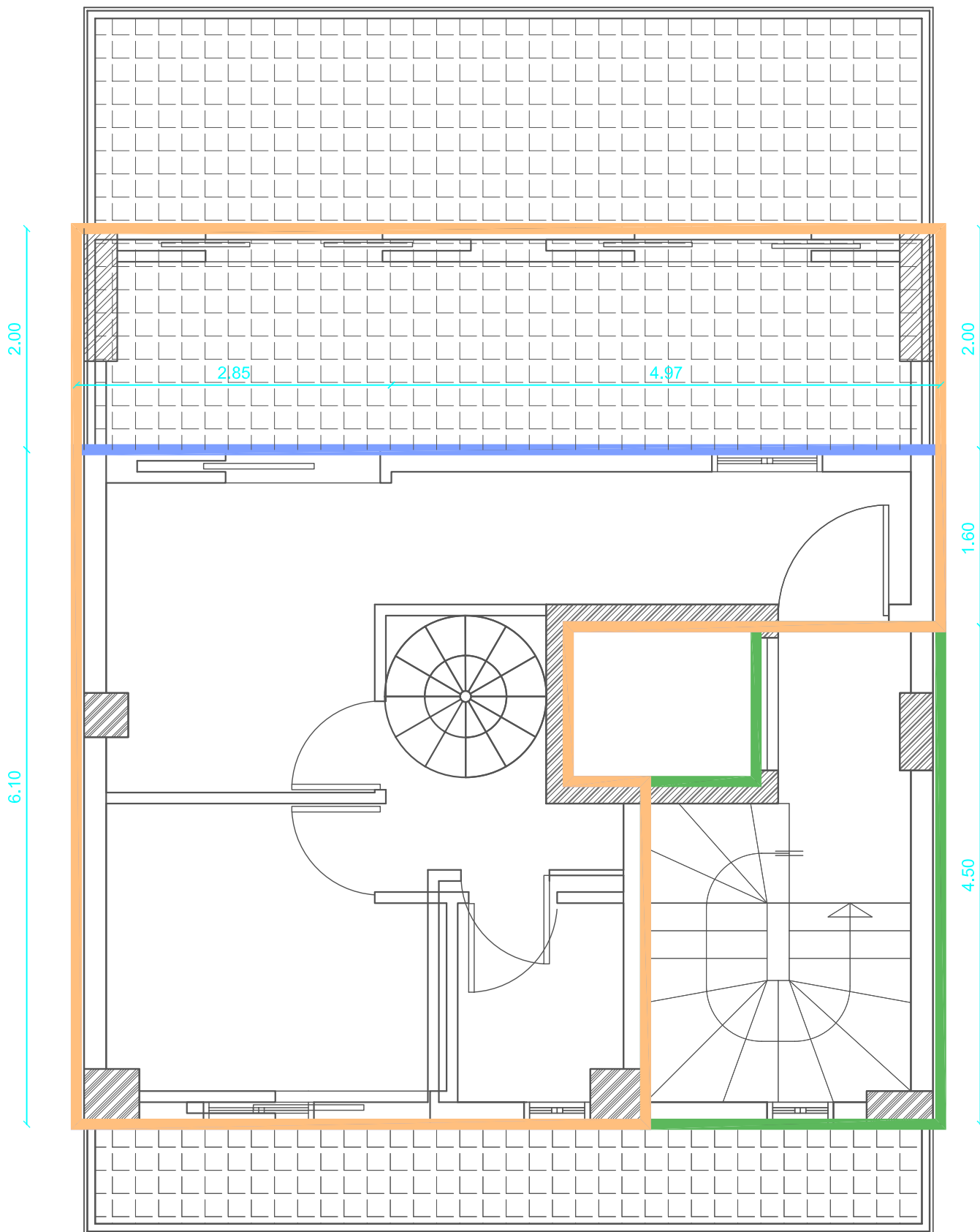
Θερμικές Ζώνες	
Boundaries	<span style="color: pink;">—</span>
Shop	<span style="color: red;">—</span>
Stairs 1	<span style="color: yellow;">—</span>
Stairs 2	<span style="color: green;">—</span>



Επίθεση Β' κ Γ' Ορόφου  
Κλίμακα 1:50

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

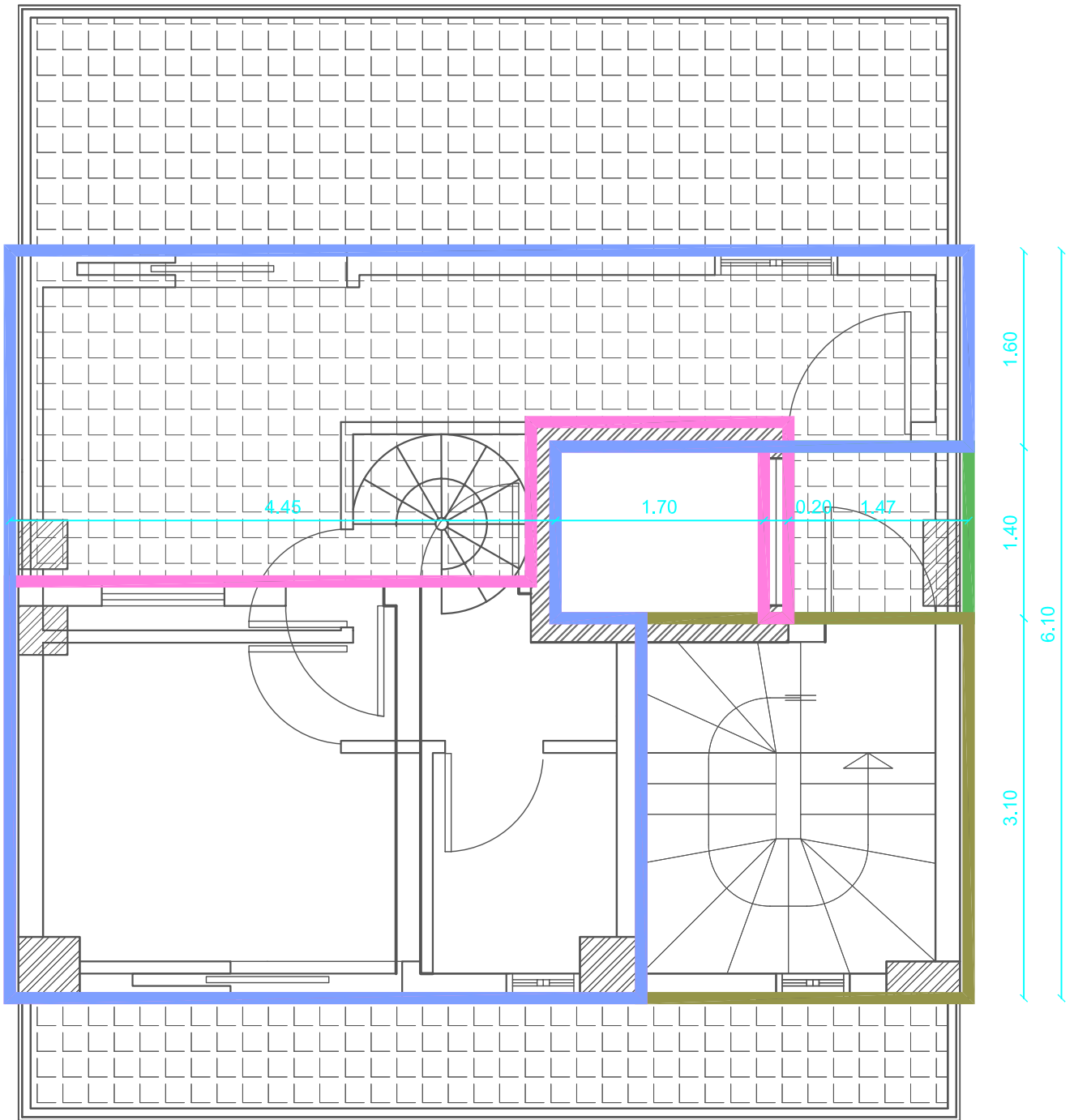
Θερμικές Ζώνες	
Boundaries	<span style="color: pink;">—</span>
Apartment2	<span style="color: yellow;">—</span>
Apartment3	<span style="color: orange;">—</span>
Stairs 2	<span style="color: green;">—</span>



Επίθεση Γ' κ Δ' Ορόφου  
Κλίμακα 1:50

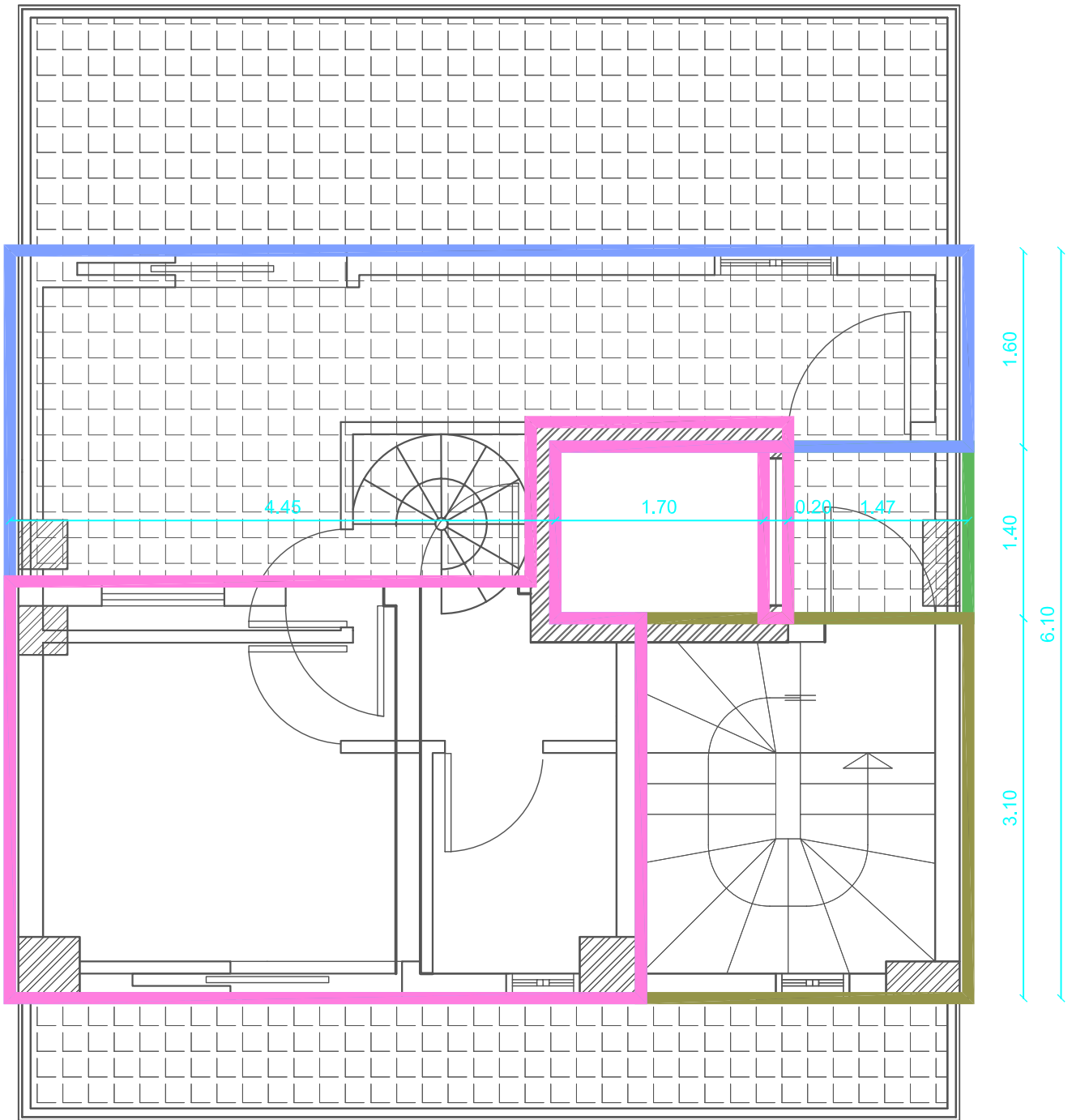
Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Θερμικές Ζώνες	
Boundaries	<span style="color: magenta;">—</span>
Apartment3	<span style="color: orange;">—</span>
Apartment4	<span style="color: blue;">—</span>
Stairs 2	<span style="color: green;">—</span>



Επίθεση Δ' κ Ε' Ορόφου  
Κλίμακα 1:50  
Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Θερμικές Ζώνες	
Boundaries	<span style="color: pink;">—</span>
Apartment 4	<span style="color: blue;">—</span>
Stairs 2	<span style="color: green;">—</span>
Stairs 3	<span style="color: olive;">—</span>



Επίθεση Δ' κ Ε' Ορόφου  
 Κλίμακα 1:50  
 Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Θερμικές Ζώνες	
Boundaries	<span style="color: pink;">—</span>
Apartment 4	<span style="color: blue;">—</span>
Stairs 2	<span style="color: green;">—</span>
Stairs 3	<span style="color: olive;">—</span>

### 8.5 Θερμικά χαρακτηριστικά τοίχων

Παρατηρώντας τις κατόψεις του κτιρίου είναι φανερό ότι οι θερμικές ζώνες ορίζονται από μια ποικιλία διαφορετικών ειδών τοιχοποιίας. Στην παρούσα μοντελοποίηση χρησιμοποιούνται 8 διαφορετικά είδη τοίχων και δύο επιπλέον «είδη» για την προσομοίωση του υαλοπίνακα της βιτρίνας του μαγαζιού (glass) και για τις δύο εξωτερικές πόρτες ασφαλείας (door). Τα είδη αυτά είναι: floor\_marble, floor\_wood, roof\_tiles, roof\_30, wall\_20, wall\_27, wall\_30, wall\_beton.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι τοίχοι και τα στρώματα υλικών που τους αποτελούν καθώς και οι θερμικές τους ιδιότητες (Αντωνόπουλος 2007, TRNSYS 16, Volume 6, 2004, Antonopoulos 1995 και Κανονισμός Θερμομόνωσης, 1979). Η περιγραφή των υλικών γίνεται από το εσωτερικό της ζώνης προς το εξωτερικό. Επειδή ορισμένες ιδιότητες μεταβάλλονται από το ποια πλευρά του τοίχου ορίζεται ως εσωτερική ή εξωτερική σε σχέση με τη ζώνη στην οποία ανήκουν, για λόγους πληρότητας του κειμένου παρατίθενται όλοι οι συνδυασμοί που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μοντελοποίηση.

Πίνακας 8.3: Θερμικά Χαρακτηριστικά τοίχων

	Περιγραφή	Ειδική Θερμική Αγωγιμότητα (kJ/hmK)	Ειδική Θερμότητα (kJ/kgK)	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Θερμική Αντίσταση (hm <sup>2</sup> K/kJ)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας (W/m <sup>2</sup> K)	Ηλιακή Απορροφητικότητα		Συντελεστής Μεταφοράς Θερμότητας με Συναγωγή (kJ/hm <sup>2</sup> K)	
							Εσ. πλευρά ζώνης (FRONT)	Εξ. πλευρά ζώνης (BACK)	Εσ. πλευρά ζώνης (FRONT)	Εξ. πλευρά ζώνης (BACK)
floor_marble (0.200m)	Πλάκες Μαρμάρου (MARBLE) 0.020m	10.6	0.84	2550	-	<b>0.826</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>25.2</b>	<b>25.2</b>
	(HORIZONTAL)	-	-	-	0.047					
	Μονωτικό Υλικό (INSULATION) 0.030m	0.1368	0.84	32	-					
	Πλάκα Οπλισμένου Σκυροδέματος (R_CONCRETE) 0.130m	7.92	0.88	2300	-					
	Επίχρισμα (PLASTER) 0.020m	4.32	0.835	1860	-					

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Πίνακας 8.4: Θερμικά Χαρακτηριστικά τοίχων

	Περιγραφή	Ειδική Θερμική Αγωγιμότητα (kJ/hmK)	Ειδική Θερμότητα (kJ/kgK)	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Θερμική Αντίσταση (hm <sup>2</sup> K/kJ)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας (W/m <sup>2</sup> K)	Ηλιακή Απορροφητικότητα		Συντελεστής Μεταφοράς Θερμότητας με Συναγωγή (kJ/hm <sup>2</sup> K)	
							Εσ. πλευρά ζώνης (FRONT)	Εξ. πλευρά ζώνης (BACK)	Εσ. πλευρά ζώνης (FRONT)	Εξ. πλευρά ζώνης (BACK)
floor_wood (0.200m)	Δρύινο Δάπεδο (BEECHOAK) 0.020m	0.72	1.88	800	-	<b>0.767</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>25.2</b>	<b>25.2</b>
	(HORIZONTAL)	-	-	-	0.047					
	Μονωτικό Υλικό (INSULATION) 0.030m	0.1368	0.84	32	-					
	Πλάκα Οπλισμένου Σκυροδέματος (R_CONCRETE) 0.130m	7.92	0.88	2300	-					
	Επίχρισμα (PLASTER) 0.020m	4.32	0.835	1860	-					
roof_wood (0.200m)	Επίχρισμα (PLASTER) 0.020m	4.32	0.835	1860	-	<b>0.767</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>25.2</b>	<b>25.2</b>
	Πλάκα Οπλισμένου Σκυροδέματος (R_CONCRETE) 0.130m	7.92	0.88	2300	-					
	Μονωτικό Υλικό (INSULATION) 0.030m	0.1368	0.84	32	-					
	(HORIZONTAL)	-	-	-	0.047					
	Δρύινο Δάπεδο (BEECHOAK) 0.020m	0.72	1.88	800	-					
door (0.060m)	Πλάκα MDF (MDFBOARD) 0.020m	0.648	1.88	800	-	<b>2.547</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>25.2</b>	<b>25.2</b>
	Πλάκα Χυτοσίδηρου (CASTSTEEL) 0.020m	202	0.53	7500	-					
	Πλάκα MDF (MDFBOARD) 0.020m	0.648	1.88	800	-					
door_ex (0.060m)	Πλάκα MDF (MDFBOARD) 0.020m	0.648	1.88	800	-	<b>2.547</b>	<b>0</b>	<b>0.6</b>	<b>25.2</b>	<b>72</b>
	Πλάκα Χυτοσίδηρου (CASTSTEEL) 0.020m	202	0.53	7500	-					
	Πλάκα MDF (MDFBOARD) 0.020m	0.648	1.88	800	-					

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Πίνακας 8.5: Θερμικά Χαρακτηριστικά τοίχων

	Περιγραφή	Ειδική Θερμική Αγωγιμότητα (kJ/hmK)	Ειδική Θερμότητα (kJ/kgK)	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Θερμική Αντίσταση (hm <sup>2</sup> K/kJ)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας (W/m <sup>2</sup> K)	Ηλιακή Απορροφητικότητα		Συντελεστής Μεταφοράς Θερμότητας με Συναγωγή (kJ/hm <sup>2</sup> K)	
							Εσ. πλευρά ζώνης (FRONT)	Εξ. πλευρά ζώνης (BACK)	Εσ. πλευρά ζώνης (FRONT)	Εξ. πλευρά ζώνης (BACK)
floor_tiles (0.200m)	Επίχρισμα (PLASTER) 0.020m	4.32	0.835	1860	-	<b>0.817</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>25.2</b>	<b>25.2</b>
	Πλάκα Οπλισμένου Σκυροδέματος (R_CONCRETE) 0.130m	7.92	0.88	2300	-					
	Μονωτικό Υλικό (INSULATION) 0.030m	0.1368	0.84	32	-					
	(HORIZONTAL)	-	-	-	0.047					
	Πλακάκια (TILES) 0.020m	3.78	0.84	2000	-					
roof_tiles_ex (0.200m)	Επίχρισμα (PLASTER) 0.020m	4.32	0.835	1860	-	<b>0.817</b>	<b>0</b>	<b>0.6</b>	<b>25.2</b>	<b>72</b>
	Πλάκα Οπλισμένου Σκυροδέματος (HBETON) 0.130m	7.92	0.88	2300	-					
	Μονωτικό Υλικό (INSULATION) 0.030m	0.1368	0.84	32	-					
	(HORIZONTAL)	-	-	-	0.047					
	Πλακάκια (TILES) 0.020m	3.78	0.84	2000	-					
roof_30 (0.300m)	Επίχρισμα (PLASTER) 0.010m	4.32	0.835	1860	-	<b>1.948</b>	<b>0</b>	<b>0.6</b>	<b>25.2</b>	<b>72</b>
	Πλάκα Οπλισμένου Σκυροδέματος (R_CONCRETE) 0.120m	7.92	0.88	2300	-					
	Κισσηρόδεμα (P_CONCRETE) 0.100m	1.66	0.88	1200	-					
	Γαρμπιλόδεμα (G_CONCRETE) 0.070m	3.96	0.88	1900	-					
glass	Υαλοπίνακας (WINDOWGLASS) 0.014m	3.82	0.75	2500	-	<b>5.458</b>	<b>0</b>	<b>0.6</b>	<b>25.2</b>	<b>72</b>

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα



Πίνακας 8.6: Θερμικά Χαρακτηριστικά τοίχων

	Περιγραφή	Ειδική Θερμική Αγωγιμότητα (kJ/hmK)	Ειδική Θερμότητα (kJ/kgK)	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Θερμική Αντίσταση (hm <sup>2</sup> K/kJ)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας (W/m <sup>2</sup> K)	Ηλιακή Απορροφητικότητα		Συντελεστής Μεταφοράς Θερμότητας με Συναγωγή (kJ/hm <sup>2</sup> K)	
							Εσ. πλευρά ζώνης (FRONT)	Εξ. πλευρά ζώνης (BACK)	Εσ. πλευρά ζώνης (FRONT)	Εξ. πλευρά ζώνης (BACK)
wall_20 (0.200m)	Επίχρισμα (PLASTER) 0.015m	4.32	0.835	1860	-	<b>0.596</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>25.2</b>	<b>25.2</b>
	Τούβλο (BRICK) 0.060m	2.592	0.84	1920	-					
	Μονωτικό Υλικό (INSULATION) 0.050m	0.1368	0.84	32	-					
	Τούβλο (BRICK) 0.060m	2.592	0.84	1920	-					
	Επίχρισμα (PLASTER) 0.015m	4.32	0.835	1860	-					
wall_20_ex (0.200m)	Επίχρισμα (PLASTER) 0.015m	4.32	0.835	1860	-	<b>0.596</b>	<b>0</b>	<b>0.6</b>	<b>25.2</b>	<b>72</b>
	Τούβλο (BRICK) 0.060m	2.592	0.84	1920	-					
	Μονωτικό Υλικό (INSULATION) 0.050m	0.1368	0.84	32	-					
	Τούβλο (BRICK) 0.060m	2.592	0.84	1920	-					
	Επίχρισμα (PLASTER) 0.015m	4.32	0.835	1860	-					
wall_27 (0.270m)	Επίχρισμα (PLASTER) 0.015m	4.32	0.835	1860	-	<b>0.421</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>25.2</b>	<b>25.2</b>
	Τούβλο (BRICK) 0.120m	2.592	0.84	1920	-					
	Τούβλο (BRICK) 0.060m	2.592	0.84	1920	-					
	Πολυστερίνη (POLYSTERENE) 0.070m	0.13	1.25	25	-					

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Πίνακας 8.7: Θερμικά Χαρακτηριστικά τοίχων

	Περιγραφή	Ειδική Θερμική Αγωγιμότητα (kJ/hmK)	Ειδική Θερμότητα (kJ/kgK)	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Θερμική Αντίσταση (hm <sup>2</sup> K/kJ)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας (W/m <sup>2</sup> K)	Ηλιακή Απορροφητικότητα		Συντελεστής Μεταφοράς Θερμότητας με Συναγωγή (kJ/hm <sup>2</sup> K)	
							Εσ. πλευρά ζώνης (FRONT)	Εξ. πλευρά ζώνης (BACK)	Εσ. πλευρά ζώνης (FRONT)	Εξ. πλευρά ζώνης (BACK)
wall_30_ex (0.125m)	Επίχρισμα (PLASTER) 0.015m	4.32	0.835	1860	-	<b>0.632</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>25.2</b>	<b>72</b>
	Τούβλο (BRICK) 0.060m	2.592	0.84	1920	-					
	Μονωτικό Υλικό (INSULATION) 0.050m	0.1368	0.84	32	-					
wall_beton (0.220m)	Επίχρισμα (PLASTER) 0.020m	4.32	0.835	1860	-	<b>0.637</b>	<b>0</b>	<b>0.6</b>	<b>25.2</b>	<b>25.2</b>
	Μονωτικό Υλικό (INSULATION) 0.050m	0.1368	0.84	32	-					
	Οπλισμένο Σκυρόδεμα (R_CONCRETE) 0.150m	7.92	0.88	2300	-					

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

### 8.6 Εμβαδομέτρηση θερμικών ζωνών

Αναλυτικά τα αποτελέσματα της εμβαδομέτρησης των θερμικών ζωνών ανά κατηγορία τοίχου και ανοίγματος παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες. Για τη διευκόλυνση των υπολογισμών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Excel.

Πίνακας 8.8: Θερμική Ζώνη SHOP

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )
<b>NORTHEAST</b>				
glass			7.224	7.22
wall_20 ex	3.58	2.8	2.8	2.80
sum			10.024	<b>10.02</b>
<b>SOUTHWEST</b>				
glass			4.05	4.05
wall_20 ex	5.15	2.8	10.37	10.37
sum			14.42	<b>14.42</b>
<b>BOYNDARY</b>				
wall_27	4.98	2.8	13.944	<b>13.94</b>
wall_20	9.65	2.8	27.02	<b>27.02</b>
wall_beton	3.8	2.8	10.64	<b>10.64</b>
floor marble			43.14	<b>43.14</b>
<b>ADJACENT STAIRS</b>				
wall_20	6.9	2.8	19.32	<b>19.32</b>
<b>ADJACENT APART_1</b>				
roof_wood			41.0666	<b>41.07</b>
<b>HORIZONTAL</b>				
roof_tiles ex			2.0764	<b>2.08</b>

Πίνακας 8.9: Θερμική Ζώνη APARTMENT1

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )
<b>NORTHEAST</b>				
wall_20 ex	3.25	2.8	9.1	<b>9.10</b>
wall_30 ex	4.57	2.8	12.796	<b>12.80</b>
<b>SOUTHWEST</b>				
wall_20 ex	1.7	2.8	4.76	<b>4.76</b>
wall_30 ex	3.45	2.8	9.66	<b>9.66</b>
<b>BOYNDARY</b>				
wall_27	14.3	2.8	40.04	<b>40.04</b>
wall_beton	3.8	2.8	10.64	<b>10.64</b>
floor_wood			14.1544	<b>14.15</b>
<b>ADJACENT STAIRS</b>				
wall_20	4.77	2.8	13.356	<b>13.36</b>
roof_wood			5.292	<b>5.29</b>
<b>ADJACENT APART_2</b>				
roof_wood			60.513	<b>60.51</b>
<b>ADJACENT SHOP</b>				
roof_wood			41.0666	<b>41.07</b>

Πίνακας 8.10: Ανοίγματα Θερμικών Ζωνών APARTMENT1 και APARTMENT2

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )
<b>NORTHEAST</b>				
wall_20 ex	1.4	1.1	1.54	<b>1.54</b>
wall_30 ex	1.8	2.3	4.14	<b>4.14</b>
sum			5.68	5.68
<b>SOUTHWEST</b>				
wall_20 ex	0.6	0.8	0.48	<b>0.48</b>
wall_30 ex	1.1	2.3	2.53	<b>2.53</b>
sum			3.01	3.01

Πίνακας 8.11: Θερμική Ζώνη APARTMENT2

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )
<b>NORTHEAST</b>				
wall_20 ex	3.25	2.8	9.1	<b>9.10</b>
wall_30 ex	4.57	2.8	12.796	<b>12.80</b>
<b>SOUTHWEST</b>				
wall_20 ex	1.7	2.8	4.76	<b>4.76</b>
wall_30 ex	3.45	2.8	9.66	<b>9.66</b>
<b>BOYNDARY</b>				
wall_27	14.3	2.8	40.04	<b>40.04</b>
wall_beton	3.8	2.8	10.64	<b>10.64</b>
<b>ADJACENT STAIRS</b>				
wall_20	4.77	2.8	13.356	<b>13.36</b>
<b>ADJACENT APART_1</b>				
roof_wood			60.513	<b>60.51</b>
<b>ADJACENT APART_3</b>				
roof_wood			50.347	<b>50.35</b>
<b>HORIZONTAL</b>				
roof_tiles ex			10.166	<b>10.17</b>

Πίνακας 8.12: Θερμική Ζώνη APARTMENT3

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )
<b>NORTHEAST</b>				
wall_30 ex	7.82	2.8	21.896	<b>21.90</b>
<b>SOUTHWEST</b>				
wall_20 ex	5.15	2.8	14.42	<b>14.42</b>
<b>BOYNDARY</b>				
wall_27	11.7	2.8	32.76	<b>32.76</b>
wall_beton	3.8	2.8	10.64	<b>10.64</b>
<b>ADJACENT STAIRS</b>				
wall_20	4.77	2.8	13.356	<b>13.36</b>
<b>ADJACENT APART_2</b>				
roof_wood			50.347	<b>50.35</b>
<b>ADJACENT APART_4</b>				
roof_wood			34.707	<b>34.71</b>
<b>HORIZONTAL</b>				
roof_tiles ex			15.64	<b>15.64</b>

Πίνακας 8.13: Ανοίγματα Θερμικής Ζώνης APARTMENT3

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )
<b>NORTHEAST</b>				
wall_30 ex	1.6	2.3	3.68	3.68
wall_30 ex	1.6	2.3	3.68	3.68
sum			7.36	<b>7.36</b>
<b>SOUTHWEST</b>				
wall_20 ex	1	1.25	1.25	1.25
wall_20 ex	0.6	0.8	0.48	0.48
sum			1.73	<b>1.73</b>

Πίνακας 8.14: Θερμική Ζώνη APARTMENT4

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )
<b>NORTHEAST</b>				
wall_20 ex	4.97	2.8	13.916	<b>13.92</b>
wall_30 ex	2.85	2.8	7.98	<b>7.98</b>
<b>SOUTHWEST</b>				
wall_20 ex	1.7	2.8	4.76	<b>4.76</b>
wall_30 ex	3.45	2.8	9.66	<b>9.66</b>
<b>BOYNDARY</b>				
wall_27	7.7	2.8	21.56	<b>21.56</b>
wall_beton	3.8	2.8	10.64	<b>10.64</b>
roof_tiles			17.94	<b>17.94</b>
<b>ADJACENT STAIRS</b>				
wall_20	4.77	2.8	13.356	<b>13.36</b>
<b>ADJACENT APART_3</b>				
roof_wood			34.707	<b>34.71</b>
<b>HORIZONTAL</b>				
roof_tiles ex			16.767	<b>16.77</b>

Πίνακας 8.15: Ανοίγματα Θερμικής Ζώνης APARTMENT4

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )
<b>NORTHEAST</b>				
wall_20 ex	1	2.3	2.3	<b>2.30</b>
wall_30 ex	1.4	2.3	3.22	<b>3.22</b>
sum			5.52	5.52
<b>SOUTHWEST</b>				
wall_20 ex	0.6	0.8	0.48	<b>0.48</b>
wall_30 ex	1.4	2.3	3.22	<b>3.22</b>
sum			3.7	3.70

Πίνακας 8.16: Θερμική Ζώνη STAIRS

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )
<b>NORTHEAST</b>				
door ex	0.9	2.3	2.07	<b>2.07</b>
wall_20 ex	1.47	3	4.41	<b>4.41</b>
<b>SOUTHWEST</b>				
wall_20 ex	2.67	18	48.06	<b>48.06</b>
<b>BOYNDARY</b>				
wall_27	8.1	2.8	22.68	22.68
wall_27	3.1	3	9.3	9.30
wall_27	4.5	12.2	54.9	54.90
wall_27 (total)				<b>86.88</b>
door	1	2.2	2.2	<b>2.20</b>
wall_20	1.47	2.8	4.116	4.12
wall_20	3.1	3	9.3	9.30
wall_20 (total)			13.416	<b>13.42</b>
roof_tiles			0.28	<b>0.28</b>
wall_beton	2.4	15	36	36.00
wall_beton	1.2	3	3.6	3.60
wall_beton (total)				<b>39.60</b>
floor_marble			16.187	<b>16.19</b>
<b>ADJACENT SHOP</b>				
wall_20	6.9	2.8	19.32	<b>19.32</b>
<b>ADJACENT APART_1</b>				
wall_20	4.77	2.8	13.356	<b>13.36</b>
roof_wood			5.292	<b>5.29</b>
<b>ADJACENT APART_2</b>				
wall_20	4.77	2.8	13.356	<b>13.36</b>
<b>ADJACENT APART_3</b>				
wall_20	4.77	2.8	13.356	<b>13.36</b>
<b>ADJACENT APART_4</b>				
wall_20	4.77	2.8	13.356	<b>13.36</b>
<b>HORIZONTAL</b>				
roof_tiles ex			2.058	<b>2.06</b>
roof_30			8.277	<b>8.28</b>



Πίνακας 8.17: Ανοίγματα Θερμικής Ζώνης STAIRS

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΑΝΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΨΟΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )
SOUTHWEST	0.6	0.8	0.48	0.48
sum			6*0.48=2.88	2.88

### 8.7 Ανοίγματα κτιρίου

Τα ανοίγματα του κτιρίου περιλαμβάνουν όλα τα τμήματα των επιφανειών του όπου διακόπτεται η συνεχής τοιχοποιία και το κενό που δημιουργείται καλύπτεται από πόρτα ή παράθυρο.

Για τους ενεργειακούς υπολογισμούς της παρούσας προσομοίωσης λαμβάνονται υπόψη μόνο τα ανοίγματα που έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Αυτά είναι η κύρια είσοδος του κλιμακοστασίου και η πόρτα του δώματος, η βιτρίνα και οι πόρτες του καταστήματος καθώς και τα παράθυρα και οι μπαλκονόπορτες όλου του κτιρίου. Από αυτά η βιτρίνα του μαγαζιού και οι πόρτες μοντελοποιούνται ως «τοίχοι» ενώ, για όλα τα παράθυρα και τις μπαλκονόπορτες εισάγεται ένας τύπος υαλοπίνακα από τη σχετική βιβλιοθήκη του TRNBuild που είναι συνήθης στην ελληνική αγορά.

Συγκεκριμένα επιλέγεται ο κωδικός 12003 της βιβλιοθήκης Basic\w4-lib.dat. Πρόκειται για τον διπλό υαλοπίνακα Pilkington OPTITHERM S Coating #3 4/16/4, με αργό, με τις παρακάτω θερμικές ιδιότητες.

Πίνακας 8.18: Ιδιότητες Υαλοπίνακα Pilkington OPTITHERM S

Συντελεστής Θερμοπερατότητας u-value (W/m <sup>2</sup> K)	1.06
Συνολική Διαπερατότητα Ηλιακής Ενέργειας g-value	0.586
Οπτική Διαπερατότητα T <sub>sol</sub>	0.485
Ανακλαστικότητα T <sub>Rfsol</sub>	0.269
Ορατή Οπτική Διαπερατότητα T <sub>vis</sub>	0.769

Για την πραγματοποίηση της σύγκρισης των ενεργειακών αναγκών του κτίσματος με απλό και διπλό υαλοπίνακα επιλέγεται και ο απλός υαλοπίνακας με κωδικό 1001 από την ίδια βιβλιοθήκη. Ο υαλοπίνακας αυτός εισάγεται σε μια εναλλακτική μοντελοποίηση του υπάρχοντος κτιρίου και έχει τα ακόλουθα θερμικά χαρακτηριστικά.

Πίνακας 8.19: Ιδιότητες Υαλοπίνακα Single, TRNSYS

Συντελεστής Θερμοπερατότητας u-value ( $W/m^2K$ )	5.68
Συνολική Διαπερατότητα Ηλιακής Ενέργειας g-value	0.855
Οπτική Διαπερατότητα $T_{sol}$	0.83
Ανακλαστικότητα $T_{Rfsol}$	0.075
Ορατή Οπτική Διαπερατότητα $T_{vis}$	0.901

Ανεξάρτητα με το είδος του υαλοπίνακα το πλαίσιο του παραθύρου ή της μπαλκονόπορτας αποτελεί το 15% του ανοίγματος και είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο (ID spacer: Aluminum ASHRAE metallic).

### 8.8 Διείσδυση Αέρα (Infiltration)

Με τον όρο διείσδυση αέρα προσδιορίζουμε την ανεξέλεγκτη κίνηση του εξωτερικού αέρα προς το εσωτερικό ενός κτιρίου μέσα από αρμούς κουφωμάτων, τοίχων, δαπέδων και οροφών. Η διείσδυση αυτή είναι συνεχής όλο το εικοσιτετράωρο και αναφέρεται στην εισροή ψυχρού αέρα το χειμώνα και θερμού το καλοκαίρι.

Στο TRNBuild η διείσδυση έχει μονάδα μέτρησης την αλλαγή αέρα ανά ώρα (air change per hour - ach). Η μονάδα αυτή δείχνει πόσες φορές άλλαξε ο αέρας που περιέχεται στο χώρο με νωπό αέρα μέσα σε μια ώρα.

Έπειτα από βιβλιογραφική έρευνα (ASHRAE, 1997 και TRNSYS 16, Volume 6, 2004) στην παρούσα προσομοίωση τίθενται οι ακόλουθες τιμές για τη διείσδυση του αέρα ανά ζώνη.

Πίνακας 8.20: Διείσδυση Αέρα

Θερμικές Ζώνες	Διείσδυση Αέρα (1/h)
SHOP	1
APARTMENT1	0.5
APARTMENT2	0.5
APARTMENT3	0.5
APARTMENT4	0.5
STAIRS	0.75

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Οι τιμές αυτές είναι σταθερές (constant values) για όλη τη διάρκεια της ημέρας και αποτελούν μια ικανοποιητική παραδοχή για τη δεδομένη προσομοίωση. Στην πράξη όμως, η τιμή της διείσδυσης του αέρα μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και η μεταβολή της εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως διακύμανση της θερμοκρασίας, της ταχύτητας του ανέμου, κλπ.

### 8.9 Αερισμός (Ventilation)

Η έννοια αερισμός αναφέρεται στη διαδικασία παροχής ή αφαίρεσης αέρα με φυσικά ή μηχανικά μέσα προς και από οποιοδήποτε χώρο. Ο αέρας αυτός μπορεί να κλιματίζεται ή όχι. Στην παρούσα μελέτη θεωρείται ότι το κτίριο έχει μόνο φυσικό αερισμό οπότε η θερμοκρασία της ροής του αέρα και η σχετική του υγρασία τίθενται ίσες με αυτές του εξωτερικού περιβάλλοντος. Άλλωστε η διάταξη της διατομής κάθε ορόφου ευνοεί τον αποτελεσματικό διαμπερή αερισμό ενώ στη μεζονέτα προστίθεται και ο κατακόρυφος μέσω του ανοίγματος της εσωτερικής σκάλας.

Όπως και η διείσδυση έτσι και ο αερισμός στο TRNBuild έχει μονάδα μέτρησης την αλλαγή αέρα ανά ώρα (air change per hour - ach).

Ο αερισμός των θερμικών ζωνών που αφορούν κατοικίες καθώς και του κλιμακοστάσιου μοντελοποιείται με ένα ημερήσιο πρόγραμμα, ενώ ο αερισμός του καταστήματος με εβδομαδιαίο. Αυτό προτιμάται καθότι το κατάστημα έχει πολύ διαφορετική χρήση και συνεπώς πολύ διαφορετικό αερισμό όταν δεν λειτουργεί σε αντίθεση με τις υπόλοιπες ζώνες που θεωρούνται ότι έχουν παρόμοια λειτουργία όλες τις ημέρες της εβδομάδας. Ο αερισμός των κατοικιών χωρίζεται σε χειμερινό που αφορά τους μήνες Ιανουάριο έως και Απρίλιο, καθώς Νοέμβριο και Δεκέμβριο και σε καλοκαιρινό που χαρακτηρίζει τους υπόλοιπους μήνες του έτους.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα διαφορετικά προγράμματα αερισμού.

**Πίνακας 8.21: Αερισμός Θερμικών Ζωνών APARTMENT1, APARTMENT2, APARTMENT3, APARTMENT4 το χειμώνα**

<b>Χειμερινός αερισμός APARTMENTS</b>		
<b>ΩΡΑΡΙΟ</b>		<b>ΤΙΜΗ (1/h)</b>
<b>ΑΠΟ</b>	<b>ΕΩΣ</b>	
00:00	08:00	0.00
08:00	10:00	2.00
10:00	17:00	0.00
17:00	21:00	2.00
21:00	24:00	0.00

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Πίνακας 8.22: Αερισμός Θερμικών Ζωνών APARTMENT1, APARTMENT2, APARTMENT3, APARTMENT4 το καλοκαίρι

Καλοκαιρινός αερισμός APARTMENTS		
ΩΡΑΡΙΟ		ΤΙΜΗ (1/h)
ΑΠΟ	ΕΩΣ	
00:00	08:00	0.00
08:00	10:00	2.00
10:00	17:00	0.00
17:00	24:00	2.00

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Πίνακας 8.23: Αερισμός Θερμικής Ζώνης STAIRS

Αερισμός STAIRS		
ΩΡΑΡΙΟ		ΤΙΜΗ (1/h)
ΑΠΟ	ΕΩΣ	
00:00	01:00	0.50
01:00	07:00	0.00
07:00	11:00	2.00
11:00	14:00	0.50
14:00	17:00	2.00
17:00	24:00	1.00

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Πίνακας 8.24 Αερισμός Θερμικής Ζώνης SHOP

Αερισμός SHOP			
ΗΜΕΡΕΣ	ΩΡΑΡΙΟ		ΤΙΜΗ (1/h)
	ΑΠΟ	ΕΩΣ	
ΔΕΥΤΕΡΑ- ΣΑΒΒΑΤΟ	00:00	09:00	0.00
	09:00	21:00	2.00
	21:00	24:00	0.00
ΚΥΡΙΑΚΗ	00:00	24:00	0.00

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

### 8.10 Θέρμανση (Heating)

Ο όρος θέρμανση αναφέρεται στο σύστημα ή τα συστήματα που εισάγονται σε ένα κτίριο με στόχο να αυξήσουν τη θερμική ενέργεια όλων ή ορισμένων χώρων του, προκειμένου να διατηρούνται σε αυτούς κάποιες επιλεγμένες θερμοκρασίες που διαφορετικά δε θα μπορούσαν να επιτευχθούν λόγω ροής θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Επειδή η συγκεκριμένη προσομοιωτική διαδικασία έχει σκοπό να προσδιορίσει τις ανάγκες του κτιρίου για θέρμανση δε λαμβάνει υπόψη της υπάρχοντα συστήματα θέρμανσης. Έτσι γίνονται οι εξής παραδοχές: η ισχύς ενός υποθετικού συστήματος που θα κάλυπτε όλες τις ανάγκες του κτιρίου είναι απεριόριστη, το τμήμα της ισχύος που μεταδίδεται με ακτινοβολία είναι μηδενικό και το σύστημα θέρμανσης δεν έχει τη δυνατότητα ύγρανσης του αέρα.

Όλες οι ζώνες του κτιρίου θερμαίνονται εκτός από τη ζώνη STAIRS. Οι θερμικές ζώνες κατοικίας APARTMENT1, APARTMENT2, APARTMENT3, APARTMENT4 έχουν σταθερή θερμοκρασία 21.5 °C καθόλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Το ωράριο θέρμανσης του καταστήματος παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 8.25: Θέρμανση Θερμικής Ζώνης SHOP**

Θέρμανση SHOP			
ΗΜΕΡΕΣ	ΩΡΑΡΙΟ		ΤΙΜΗ (°C)
	ΑΠΟ	ΕΩΣ	
ΔΕΥΤΕΡΑ- ΣΑΒΒΑΤΟ	00:00	09:00	15
	09:00	21:00	22
	21:00	24:00	15
ΚΥΡΙΑΚΗ	00:00	24:00	15

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

### 8.11 Ψύξη (Cooling)

Ο όρος ψύξη, κατά αντιστοιχία με τον όρο θέρμανση, αναφέρεται στο σύστημα ή τα συστήματα που εισάγονται σε ένα κτίριο με στόχο να μειώσουν τη θερμική ενέργεια όλων ή ορισμένων χώρων του προκείμενου να διατηρούνται σε αυτούς κάποιες επιλεγμένες θερμοκρασίες που διαφορετικά δε θα μπορούσαν να επιτευχθούν λόγω ροής θερμότητας από τις εσωτερικές πηγές και το εξωτερικό περιβάλλον.

Τα περισσότερα σύγχρονα συστήματα ψύξης είναι συγχρόνως και συστήματα κλιματισμού με προεξάρχουσα ιδιότητα αυτή της μεταβολής της ποιότητας του αέρα. Η παρούσα μοντελοποίηση, όμως, περιορίζεται σε ένα απλό σύστημα ψύξης που θα εξασφαλίζει στις ζώνες των κατοικιών APARTMENT1, APARTMENT2, APARTMENT3, APARTMENT4 θερμοκρασία όχι μεγαλύτερη από 27<sup>0</sup>C. Η θερμοκρασία της ζώνης STAIRS δεν ελέγχεται ενώ το ωράριο ψύξης του καταστήματος παρατίθεται στη συνέχεια.

**Πίνακας 8.26: Ψύξη Θερμικής Ζώνης SHOP**

Ψύξη SHOP			
ΗΜΕΡΕΣ	ΩΡΑΡΙΟ		ΤΙΜΗ (°C)
	ΑΠΟ	ΕΩΣ	
ΔΕΥΤΕΡΑ- ΣΑΒΒΑΤΟ	00:00	09:00	27
	09:00	21:00	24
	21:00	24:00	27
ΚΥΡΙΑΚΗ	00:00	24:00	27

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Ακόμα, για το σύστημα ψύξης ισχύουν οι ίδιες παραδοχές που ισχύουν και για το σύστημα θέρμανσης, δηλαδή η ισχύς του υποτίθεται ότι είναι απεριόριστη και δεν έχει τη δυνατότητα ύγρανσης του αέρα.

## 8.12 Εσωτερικά Κέρδη (Gains)

Τα εσωτερικά κέρδη προσδιορίζουν τα ποσά θερμότητας που εισέρχονται σε ένα κτίριο από τις εσωτερικές του πηγές. Οι εσωτερικές θερμικές πηγές διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες: το μεταβολισμό των ενοίκων και των επισκεπτών του κτιρίου, τον τεχνητό φωτισμό, τις ηλεκτρικές συσκευές και τα μηχανήματα που λειτουργούν μέσα σε αυτό.

### 8.12.1 Μεταβολισμός

Μεταβολισμός (Goulding et al., 1996) είναι το σύνολο των χημικών αντιδράσεων που συμβαίνουν στο σώμα. Οι αντιδράσεις αυτές προωθούνται από βιολογικούς καταλύτες και τα ποσά ενέργειας που απαιτούνται ή απελευθερώνονται είναι μικρά. Σκοπός τους είναι να διατηρείται το σώμα σε μια σταθερή εσωτερική θερμοκρασία  $36.7^{\circ}\text{C}$ . Επειδή η θερμοκρασία του σώματος είναι συνήθως υψηλότερη από αυτή του χώρου οι αντιδράσεις μεταβολισμού συμβαίνουν συνεχώς για να αντισταθμίσουν την απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον (αισθητή θερμότητα). Οι τρόποι συναλλαγής θερμότητας ανάμεσα στον άνθρωπο και το περιβάλλον του περιλαμβάνουν αγωγή (πατάει στο έδαφος), μεταφορά με συναγωγή λόγω της επαφής του με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ακτινοβολία και λανθάνουσα θερμότητα (λόγω ιδρώτα, αναπνοής και διαπνοής).

Έτσι στο TRNBuild μοντελοποιούμε το κέρδος λόγω του μεταβολισμού εισάγοντας το ωράριο της παρουσίας των ανθρώπων στη ζώνη και το είδος της δραστηριότητας που συνήθως εκείνοι εκτελούν μέσα σε αυτή κατά ISO 7730. Τα δύο μοντέλα που προσομοιώνουν τα κέρδη του μεταβολισμού στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Πίνακας 8.27: Παρουσία Ανθρώπων Θερμικής Ζώνης SHOP

Παρουσία Ανθρώπων SHOP			
ΗΜΕΡΕΣ	ΩΡΑΡΙΟ		Αριθμός Ανθρώπων
	ΑΠΟ	ΕΩΣ	
ΔΕΥΤΕΡΑ-ΣΑΒΒΑΤΟ	00:00	9:00	0
	09:00	21:00	4
	21:00	24:00	0
ΚΥΡΙΑΚΗ	00:00	24:00	0

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

**Πίνακας 8.28: Παρουσία Ανθρώπων Θερμικών Ζωνών APARTMENT1, APARTMENT2, APARTMENT4**

<b>Παρουσία Ανθρώπων APARTMENTS 1,2,4</b>		
<b>ΩΡΑΡΙΟ</b>		<b>Αριθμός Ανθρώπων</b>
<b>ΑΠΟ</b>	<b>ΕΩΣ</b>	
00:00	08:00	2
08:00	22:00	1
22:00	24:00	2

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

**Πίνακας 8.29: Παρουσία Ανθρώπων Θερμικών Ζωνών APARTMENT3**

<b>Παρουσία Ανθρώπων APARTMENT 3</b>		
<b>ΩΡΑΡΙΟ</b>		<b>Αριθμός Ανθρώπων</b>
<b>ΑΠΟ</b>	<b>ΕΩΣ</b>	
00:00	08:00	0
08:00	18:00	1
18:00	22:00	2
22:00	24:00	0

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

**Πίνακας 8.30: Παρουσία Ανθρώπων Θερμικής Ζώνης STAIRS**

<b>Παρουσία Ανθρώπων STAIRS</b>		
<b>ΩΡΑΡΙΟ</b>		<b>Αριθμός Ανθρώπων</b>
<b>ΑΠΟ</b>	<b>ΕΩΣ</b>	
00:00	01:00	1
01:00	08:00	0
08:00	18:00	2
18:00	24:00	1

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα



Πίνακας 8.31: Μεταβολισμός

Θερμικές Ζώνες	Δραστηριότητα	Ολική Θερμότητα Total Adjusted Heat (W)	Αισθητή Θερμότητα Sensible Heat (W)	Λανθάνουσα Θερμότητα Latent Heat (W)
APARTMENT1 APARTMENT2 APARTMENT3 APARTMENT4	Καθισμένοι Ελαφρά Δουλεύοντας Δακτυλογραφώντας	150	75	75
SHOP STAIRS	Όρθιοι Ελαφρά Δουλεύοντας Αργά Δουλεύοντας	185	90	95

Πηγή: ISO 7730, TRNSYS 16, Επεξεργασία από τη συγγραφέα

### 8.12.2 Τεχνητός Φωτισμός

Με τον όρο τεχνητός φωτισμός εννοείται το σύνολο των στοιχείων (λαμπτήρες, διακόπτες, καλώδια κλπ.) που εισάγονται σε ένα κτίριο με στόχο να αυξήσουν την οπτική ικανότητα του ανθρώπου μέσα σε αυτό. Το επίπεδο της οπτικής άνεσης σε ένα χώρο καθορίζεται με βάση τα διεθνή πρότυπα.

Στην παρούσα μελέτη στους χώρους κατοικίας, δηλαδή στις θερμικές ζώνες APARTMENT1, APARTMENT2, APARTMENT3, APARTMENT4 τοποθετούνται λαμπτήρες πυρακτώσεως (incandescent lamps) με πυκνότητα εγκατεστημένου φωτισμού  $10 \text{ W/m}^2$  και ποσοστό θερμότητας που μεταδίδεται με συναγωγή 10%. Στις θερμικές ζώνες STAIRS και SHOP τοποθετούνται λαμπτήρες αλογόνου (halogen lamps) με πυκνότητα εγκατεστημένου φωτισμού  $55 \text{ W/m}^2$  και ποσοστό θερμότητας που μεταδίδεται με συναγωγή 30%.

Οι λαμπτήρες μπορεί να παρέχουν φωτισμό οποιοδήποτε στιγμή της ημέρας και το ωράριο του ποσοστού αυτών που φωτίζουν για όλες τις ζώνες θεωρείται κοινό και δίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 8.32: Φωτισμός

Φωτισμός		
ΩΡΑΡΙΟ		Ποσοστό ενεργών λαμπτήρων (%)
ΑΠΟ	ΕΩΣ	
00:00	02:00	0.70
02:00	16:00	0.10
16:00	21:00	0.50
21:00	24:00	0.70

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

### 8.12.3 Ηλεκτρικές Συσκευές και Μηχανήματα

Από όλες τις ηλεκτρικές συσκευές και τα μηχανήματα που λειτουργούν στο κτίριο στη συγκεκριμένη μελέτη λαμβάνονται υπόψη μόνο οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές.

Συγκεκριμένα σε όλες τις θερμικές ζώνες εκτός του κλιμακοστασίου STAIRS θεωρείται ότι λειτουργούν δύο προσωπικοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές 230W ο καθένας με έγχρωμη οθόνη.

### 8.13 Θερμική Άνεση (Comfort)

Η άνεση ορίζεται ως η αίσθηση της απόλυτης φυσικής και πνευματικής ευημερίας του ανθρώπου. Το αίσθημα κάθε ανθρώπου για θερμική άνεση είναι βέλτιστο όταν η παραγωγή της εσωτερικής θερμότητας ισούται με τις θερμικές απώλειες του σώματος. Στον προσδιορισμό της θερμικής άνεσης (Goulding et al., 1996) συμμετέχουν τα εξής μεγέθη: παράγοντας ένδυσης, μεταβολικός ρυθμός, εξωτερική εργασία και σχετική ταχύτητα αέρα.

Η ένδυση παρέχει στον άνθρωπο θερμική μόνωση από το περιβάλλον του η οποία μετράται σε clo δηλαδή  $m^2K/W$ . Ένα clo είναι η θερμική αντίσταση ενός χειμερινού κουστουμιού και ισούται με  $0.155 m^2K/W$ .

Η τιμή του μεταβολισμού είναι το ποσό της ενέργειας που παράγεται στη μονάδα του χρόνου κατά την καύση της τροφής και επηρεάζεται από τη δραστηριότητα του ανθρώπου. Η μονάδα μέτρησης του μεταβολισμού είναι το met δηλαδή watt ανά  $m^2$  του σώματος. Ένα met είναι η τιμή μεταβολισμού ενός καθιστού ανθρώπου που αναπαύεται και ισούται με  $58 W/m^2$ .

Η εξωτερική εργασία λαμβάνει συνήθως τιμές κοντά στο μηδέν.

Η κίνηση του αέρα επιδρά επίσης στο αίσθημα της θερμικής άνεσης μέσα σε ένα εσωτερικό χώρο. Όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του δέρματος κάθε αύξηση της ταχύτητας του αέρα συμβάλλει προς την κατεύθυνση της άνεσης.

Στον επόμενο πίνακα παρατίθενται τα μοντέλα άνεσης που χρησιμοποιούνται στην προσομοίωση για το χειμώνα και το καλοκαίρι. Οι τιμές ορίζονται κατά ISO 7730 μέσα από τη βιβλιοθήκη του TRNBuild.

Πίνακας 8.33: Θερμική Άνεση το χειμώνα

<b>Μοντέλα Θερμικής Άνεσης για το χειμώνα</b>		
	<b>SHOP, STAIRS</b>	<b>APARTMENTS 1,2,3,4</b>
<b>Παράγοντας Ένδυσης Clothing factor (clo)</b>	0.8	1
<b>Μεταβολικός Ρυθμός Metabolic rate (met)</b>	1.2	1.6
<b>Εξωτερική Εργασία External work (met)</b>	0	0
<b>Σχετική Ταχύτητα Αέρα Relative air velocity (m/s)</b>	0.15	0.25

Πηγή: ISO 7730, TRNSYS 16, Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Πίνακας 8.34: Θερμική Άνεση το καλοκαίρι

<b>Μοντέλα Θερμικής Άνεσης για το καλοκαίρι</b>		
	<b>SHOP, STAIRS</b>	<b>APARTMENTS 1,2,3,4</b>
<b>Παράγοντας Ένδυσης Clothing factor (clo)</b>	0.3	0.4
<b>Μεταβολικός Ρυθμός Metabolic rate (met)</b>	1.2	1.6
<b>Εξωτερική Εργασία External work (met)</b>	0	0
<b>Σχετική Ταχύτητα Αέρα Relative air velocity (m/s)</b>	0.15	0.3

Πηγή: ISO 7730, TRNSYS 16, Επεξεργασία από τη συγγραφέα

### 8.14 Κλιματικά Δεδομένα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί το κτίριο μελέτης βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή του κέντρου της Αθήνας. Η περιοχή της Αθήνας ανήκει στην κλιματική ζώνη Β. Για να μελετηθεί η επίδραση των κλιματικών δεδομένων στις απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης γίνεται η παραδοχή ότι το ίδιο ακριβώς κτίριο, τόσο ως προς την κατασκευή όσο και ως προς τη χρήση, μεταφέρεται σε δύο άλλες πόλεις που η κάθε μια αντιπροσωπεύει μια διαφορετική κλιματική ζώνη. Έτσι το κτίριο τοποθετείται επίσης στην πόλη της Ρόδου που ανήκει στην Α κλιματική ζώνη και στην Κοζάνη που ανήκει στην Γ κλιματική ζώνη σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Π.Δ. 362//4/7/79. Βέβαια, η παρατήρηση του Κανονισμού ότι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο υψηλότερο από 600m εντάσσονται στην επόμενη ζώνη από τη ζώνη που εντάσσεται η ευρύτερη περιοχή τους οδηγεί στον ισχυρισμό ότι η Κοζάνη ανήκει στη Δ κλιματική ζώνη. Τα απαιτούμενα κλιματικά δεδομένα προσδιορίζονται με χρήση του προγράμματος METEONORM. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι συντεταγμένες των Σταθμών που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα για τον υπολογισμό των τιμών των επιθυμητών παραμέτρων καθώς και η κλιματική ζώνη της κάθε πόλης σύμφωνα με αυτό. Έτσι η κατηγορία III,3 αναφέρεται σε ήπιο ηπειρωτικό κλίμα και η κατηγορία IV,1 σε μεσογειακό κλίμα με υγρούς χειμώνες και ξηρά καλοκαίρια.

**Πίνακας 8.35: Συντεταγμένες Μετεωρολογικών Σταθμών του METEONORM**

Πόλη	Γεωγραφικό Πλάτος (°)	Γεωγραφικό Μήκος (°)	Υψόμετρο (m)	Κλιματική Ζώνη του METEONORM
Αθήνα	37.967	23.717	107	IV,1
Ρόδος	36.400	28.083	11	IV,1
Κοζάνη	40.300	21.780	627	III,3

Πηγή: Meteonorm

Από την επιλογή Μετεωρολογικοί Σταθμοί (Stations) και αναζητώντας την πόλη Αθήνα εμφανίζονται δύο επιλογές Athinai και Athinai/Hellenkion. Από αυτές επιλέγεται η πρώτη καθώς προσδιορίζει καλύτερα τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής προσομοίωσης. Επίσης, στο πεδίο τοποθεσίας (Situation) δίνεται η επιλογή city, δηλαδή αυτή που μοντελοποιεί τις κλιματικές συνθήκες κέντρου πόλεως με περισσότερους από 100.000 κατοίκους. Προσδιορίζεται έτσι μια τοποθεσία ορισμένη από τον χρήστη (Userdefined site). Το μοντέλο που εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό της ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένη επιφάνεια είναι του Perez, ενώ η μορφή που σώζονται τα αποτελέσματα του προγράμματος (Outputs) είναι αυτή που συμβαδίζει με το TRNSYS και συγχρόνως εξυπηρετεί τους σκοπούς της προσομοίωσης. Έτσι επιλέγεται η μορφή TMY2. Το τελικό πλαίσιο διαλόγου που ολοκληρώνει τη διαδικασία εικονίζεται παρακάτω.



Σχήμα 8.1: Κλιματικά Δεδομένα Αθήνας, METEONORM

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές των παραμέτρων όπως υπολογίζονται από το πρόγραμμα.

Πίνακας 8.36: Κλιματικά Δεδομένα Αθήνας

Μήνας	Ολική Ακτινοβολία στο Οριζόντιο Global horizontal (W/m <sup>2</sup> )	Διάχυτη Ακτινοβολία στο Οριζόντιο Diffuse horizontal (W/m <sup>2</sup> )	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος Temperature ambient (°C)	Ταχύτητα Αέρα Wind Speed (m/s)	Σχετική Υγρασία Relative Humidity (%)
Ιανουάριος	82	45	9.3	5.1	70
Φεβρουάριος	114	58	9.8	6.7	69
Μάρτιος	164	82	11.7	5.1	66
Απρίλιος	219	106	15.5	4.6	59
Μάιος	269	104	20.2	4.1	54
Ιούνιος	297	112	24.6	4.6	49
Ιούλιος	299	101	27	4.6	46
Αύγουστος	271	91	26.6	4.6	47
Σεπτέμβριος	216	82	23.3	4.6	54
Οκτώβριος	148	63	18.3	6.2	64
Νοέμβριος	99	48	14.4	4.6	71
Δεκέμβριος	74	38	11.1	5.1	71
Ετήσιος Μέσος Όρος	188	78	17.7	5.0	60

Πηγή: *Meteonorm*

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τον προσδιορισμό των κλιματικών δεδομένων της πόλης της Ρόδου με τη διαφορά ότι εδώ στο πεδίο τοποθεσίας (Situation) δίνεται η επιλογή sea/lake, η οποία προσομοιώνει κλιματικά δεδομένα περιοχής που δεν απέχει περισσότερο από 1km από την ακτή. Ακόμα, επειδή δεν υφίστανται δεδομένα μετεωρολογικού σταθμού στην ηλεκτρονική βάση του προγράμματος για την περιοχή γίνεται χρήση μοντέλων παρεμβολής από δεδομένα υπαρχόντων σταθμών για τον προσδιορισμό της ηλιακής ακτινοβολίας στη συγκεκριμένη θέση. Έτσι προκύπτει το τελικό πλαίσιο διαλόγου και οι μέσες μηνιαίες τιμές ενδιαφέροντος.



Σχήμα 8.2: Κλιματικά Δεδομένα πόλης Ρόδου, METEONORM

Πίνακας 8.37: Κλιματικά Δεδομένα πόλης Ρόδου

Μήνας	Ολική Ακτινοβολία στο Οριζόντιο Global horizontal ( $W/m^2$ )	Διάχυτη Ακτινοβολία στο Οριζόντιο Diffuse horizontal ( $W/m^2$ )	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος Temperature ambient ( $^{\circ}C$ )	Ταχύτητα Αέρα Wind Speed (m/s)	Σχετική Υγρασία Relative Humidity (%)
Ιανουάριος	88	41	11.7	4.1	68
Φεβρουάριος	128	62	12	4.6	68
Μάρτιος	188	78	13.6	4.7	68
Απρίλιος	244	97	16.7	4.7	64
Μάιος	291	99	20.5	4.4	63
Ιούνιος	327	92	24.7	5.3	57
Ιούλιος	330	80	26.9	6.1	56
Αύγουστος	302	70	26.9	6.0	60
Σεπτέμβριος	249	60	24.6	5.2	60
Οκτώβριος	172	63	20.6	3.6	65
Νοέμβριος	115	50	16.4	3.3	71
Δεκέμβριος	80	43	13.4	4.0	70
Ετήσιος Μέσος Όρος	210	69	19	4.7	64

Πηγή: Meteonorm

Όπως και για τη Ρόδο έτσι και για την Κοζάνη οι τιμές των κλιματικών δεδομένων που υπολογίζει το METEONORM έχουν προκύψει με μεθόδους παρεμβολής. Ως χαρακτηρισμός της τοποθεσίας της συγκεκριμένης περιοχής επιλέγεται open δηλαδή ανοικτός χώρος από τον οποίο φαίνεται ανεμπόδιστα η γραμμή του ορίζοντα. Το πλαίσιο διαλόγου και οι τιμές των παραμέτρων εικονίζονται στη συνέχεια.



Σχήμα 8.3 Κλιματικά Δεδομένα Κοζάνης, METEONORM



Πίνακας 8.38: Κλιματικά Δεδομένα Κοζάνης

Μήνας	Ολική Ακτινοβολία στο Οριζόντιο Global horizontal (W/m <sup>2</sup> )	Διάχυτη Ακτινοβολία στο Οριζόντιο Diffuse horizontal (W/m <sup>2</sup> )	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος Temperature ambient (°C)	Ταχύτητα Αέρα Wind Speed (m/s)	Σχετική Υγρασία Relative Humidity (%)
Ιανουάριος	83	35	0.8	1.8	79
Φεβρουάριος	107	57	3.1	2.2	75
Μάρτιος	159	81	6.7	3.5	70
Απρίλιος	211	83	10.9	3.4	67
Μάιος	255	101	15.7	2.1	66
Ιούνιος	282	118	19.6	2.1	61
Ιούλιος	293	95	22.0	2.1	56
Αύγουστος	263	87	21.4	2.1	57
Σεπτέμβριος	212	69	17.6	2.1	64
Οκτώβριος	136	58	12.1	2.1	72
Νοέμβριος	87	41	7.0	1.6	79
Δεκέμβριος	74	32	2.4	1.7	81
Ετήσιος Μέσος Όρος	180	72	11.6	2.2	69

Πηγή: Meteonorm

## 8.15 Υλοποίηση της προσομοίωσης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί για την υλοποίηση της δυναμικής προσομοίωσης της λειτουργίας ενός κτιρίου απαιτείται τόσο η δημιουργία μιας εφαρμογής του TRNSYS Simulation Studio όσο και η δημιουργία ενός bui file που περιγράφει τα χαρακτηριστικά του κτιρίου.

### 8.15.1 Εφαρμογή του TRNSYS Simulation Studio

Για τη δημιουργία ενός νέου Project στο TRNSYS Simulation Studio αρχικά εισάγονται στο Παράθυρο Εργασίας τα επιθυμητά types από την εργαλειοθήκη άμεσης πρόσβασης. Στη συνέχεια καθορίζονται τα χαρακτηριστικά τους με επεξεργασία των τιμών των καρτελών τους και τέλος συνδέονται μεταξύ τους.

Το κάθε type έχει ένα συγκεκριμένο ρόλο στην προσομοίωση. Στην παρούσα εφαρμογή έχουν επιλεγεί τα ακόλουθα types.

#### Type 109-TMY2

Διαβάζει (TRNSYS 16, Volume 3, Volume 4, Volume 5 και Volume 9, 2004) δεδομένα σε τακτά χρονικά διαστήματα από ένα αρχείο εισόδου και τα μετατρέπει σε μορφή επιθυμητή για το TRNSYS, δηλαδή αξιοποιήσιμη από άλλα types του. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το αρχείου εισόδου έχει προκύψει από το Meteororm.

Ο χρόνος έναρξης της προσομοίωσης ορίζεται ακριβώς τη χρονική στιγμή που εκείνη ξεκινά. Δηλαδή για μια ωριαία προσομοίωση για ένα χρόνο, όπως στην παρούσα μελέτη, το TRNSYS 16 ξεκινάει τη χρονική στιγμή 0 sec και τελειώνει τη στιγμή  $24 \times 365 = 8760$  sec.

Από τους τέσσερις διαθέσιμους τρόπους λειτουργίας του type επιλέγεται ο δεύτερος (MODE 2) που διαβάζει data σε TMY μορφή.

Επίσης, με αυτό το type υπολογίζεται η άμεση ηλιακή ακτινοβολία που δέχονται συγκεκριμένες επιφάνειες σύμφωνα με τα διαθέσιμα κλιματικά δεδομένα. Προσδιορίζεται η ολική ηλιακή ακτινοβολία ανάμεσα στις ωριαίες γωνίες  $\omega_{d1}$  (hour angle at start of data) και  $\omega_{d2}$  (hour angle at end of data), αθροίζοντας τα σχετικά ολοκληρώματα. Οι ωριαίες γωνίες επιλέγονται έτσι ώστε  $\omega_{d1} \leq \omega_1$  και  $\omega_{d2} \geq \omega_2$  όπου  $\omega_1$  η ωριαία γωνία στην αρχή της προσομοίωσης και  $\omega_2$  η ωριαία γωνία στο τέλος αυτής. Για τον υπολογισμό της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα χρονικό βήμα χρησιμοποιείται η μέση ωριαία γωνία.

Όταν η ανατολή ή η δύση του ηλίου συμβαίνει κατά τη διάρκεια βήματος της προσομοίωσης τότε το τμήμα του χρονικού βήματος όπου ο ήλιος είναι κάτω από τη γραμμή του ορίζοντα αγνοείται.

Η ηλιακή ώρα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$solartime = t + E + \frac{(L_{st} - L_{loc})}{15} \quad (8.1)$$

όπου  $t$  η ώρα της ημέρας που ανταποκρίνεται στη μέση ωριαία γωνία,  $E$  η εκκεντρότητα της γης που κυμαίνεται από  $-0.24$  ώρες σε  $+0.26$  ώρες,  $L_{st}$  ο μεσημβρινός της τοπικής ώρας ζώνης και  $L_{loc}$  το γεωγραφικό μήκος της ζητούμενης περιοχής. Για τις τρεις πόλεις που μελετούνται η διαφορά  $L_{st} - L_{loc}$  (Shift in solar time) τίθεται περίπου  $1.7^{\circ}$ .

Η θέση του ήλιου στον ουρανό προσδιορίζεται από τριγωνομετρικές σχέσεις (ASHRAE, 1997) που υπολογίζουν τη γωνία ζενίθ και το ηλιακό αζιμούθιο.

Τέτοιες σχέσεις είναι οι ακόλουθες:

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \sin \phi \cos \delta \cos \omega \quad (8.2)$$

$$\text{και } \sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\sin \theta_z} \quad (8.3)$$

όπου  $\theta_z$  η γωνία ζενίθ,  $\delta$  η ηλιακή απόκλιση,  $\phi$  το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής  $\omega$  η ωριαία γωνία και  $\gamma_s$  το ηλιακό αζιμούθιο.

Οι επιφάνειες ενδιαφέροντος για την παρούσα μελέτη είναι οι εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Από αυτές μόνο για δύο, την πρόσθια και οπίσθια όψη, πραγματοποιούνται υπολογισμοί καθότι οι άλλες είναι μεσοτοιχία με γειτονικά κτίρια. Για τις επιφάνειες αυτές εισάγεται η κλίση τους και το αζιμούθιο. Τα στοιχεία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 8.39: Χαρακτηριστικά Εξωτερικών Επιφανειών Κτιρίου**

Προσανατολισμός επιφάνειας	Κλίση $\beta$ ( $^{\circ}$ )	Αζιμούθιο $\gamma_s$ ( $^{\circ}$ )
Βορειοανατολικός	90	-135
Νοτιοδυτικός	90	45

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Όπως είναι λογικό οι επιφάνειες αυτές είναι σταθερές, αφού είναι πλευρές κτιρίου, άρα επιλέγεται tracking mode 1 για μη μετακινούμενες επιφάνειες.

Η ανακλαστικότητα του εδάφους λαμβάνει την τυπική τιμή 0.2 για έδαφος που δεν καλύπτεται από χιόνι, δηλαδή για την Αθήνα και τη Ρόδο, ενώ 0.7 για την Κοζάνη που αντιστοιχεί σε έδαφος που καλύπτεται από χιόνι.

Από τα τέσσερα διαθέσιμα μαθηματικά μοντέλα υπολογισμού της άμεσης ακτινοβολίας προτιμάται του Perez ως πληρέστερο.

### Type 33e

Αυτό το type (TRNSYS 16, Volume 3, Volume 4 και Volume 5, 2004) χρησιμοποιείται μέσα σε ένα Project για να καλέσει την κατάλληλη υπορουτίνα του TRNSYS που υπολογίζει ορισμένα ψυχομετρικά χαρακτηριστικά του αέρα. Ο συγκεκριμένος τύπος e λαμβάνει ως δεδομένα τη θερμοκρασία ξηρού βολβού και τη σχετική υγρασία. Έχει επιλεγεί να υπολογίζεται από το λογισμικό η θερμοκρασία υγρού βολβού στην παρούσα προσομοίωση. Επίσης, η λειτουργία egor τίθεται ίση με ένα, δηλαδή να αναφέρεται μια προειδοποίηση λάθους για κάθε τρέξιμο για τη συνθήκη που επιλέχθηκε. Η συγκεκριμένη συνθήκη αυτής της μελέτης αφορά το γεγονός ότι η ολική πίεση του αέρα δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 5 ατμόσφαιρες καθώς για μεγαλύτερες πιέσεις οι σχέσεις υπολογισμού του προγράμματος δεν δίνουν σωστά αποτελέσματα.

### Type 69b

Χρησιμοποιείται (TRNSYS 16, Volume 3, Volume 4 και Volume 5, 2004) για να υπολογίζει τη δρώσα θερμοκρασία ουρανού η οποία απαιτείται για τον υπολογισμό της εκπομπής μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας από εξωτερικές επιφάνειες κτιρίου προς το περιβάλλον.

Επειδή τα κλιματικά δεδομένα που εισάγονται στην παρούσα προσομοίωση δεν περιλαμβάνουν παράγοντα νέφωσης του ουρανού αυτός υπολογίζεται για την ημέρα από το type 69 με την ακόλουθη σχέση:

$$C_{Cover} = \left( 1.4286 \frac{E_{Dif}}{E_{Glob,H}} - 0.3 \right)^{0.5} \quad (8.4)$$

όπου  $E_{Dif}$  η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο σε  $\text{kJ/hrm}^2$ ,  $E_{Glob,H}$  η ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο σε  $\text{kJ/hrm}^2$ ,  $C_{Cover}$  ο παράγοντας νέφωσης που παίρνει τιμές από 0 έως 1.

Για τη νύχτα ο παράγοντας νέφωσης λαμβάνεται ίσος με το μέσο όρο του παράγοντα νέφωσης του απογεύματος.

Η ατμοσφαιρική πίεση της συγκεκριμένης τοποθεσίας υπολογίζεται ως εξής:

$$p_{atm} = p_0 e^{-\frac{g\rho_0 h}{p_0}} \quad (8.5)$$

όπου  $p_{atm}$  η ατμοσφαιρική πίεση σε atm σε ύψος  $h$ ,  $p_0$  η ατμοσφαιρική πίεση σε atm σε ύψος  $h_0$ ,  $\rho_0$  η πυκνότητα του αέρα σε  $\text{kg/m}^3$  σε ύψος  $h_0$ ,  $h$  το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας σε m και  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας σε m/s.

Οι τιμές των υψομέτρων  $h$  που χρησιμοποιούνται στην παρούσα μελέτη έχουν αναφερθεί στον Πίνακα 8.35.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η εκπομπή καθαρού ουρανού από τον τύπο:

$$e_0 = 0.711 + 0.005T_{sat} + 7.3 \cdot 10^{-5} T_{sat}^2 + 0.013 \cos\left[2\pi \frac{time}{24}\right] + 12 \cdot 10^{-5} (p_{atm} - p_0) \quad (8.6)$$

όπου  $e_0$  η εκπομπή του καθαρού ουρανού με τιμές από 0 έως 1,  $T_{sat}$  το σημείου δρόσου στις συνθήκες του περιβάλλοντος σε  $^{\circ}\text{C}$  και  $time$  η ώρα της ημέρας.

Τέλος η δρώσα θερμοκρασία το ουρανού προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$T_{sky} = T_{amb} (\varepsilon_0 + 0.8(1 - \varepsilon_0)C_{Cover})^{0.25} \quad (8.7)$$

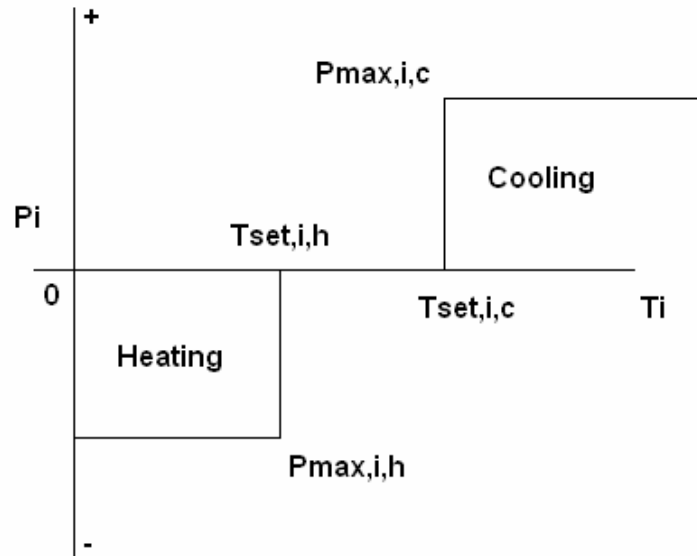
όπου  $T_{sky}$  η θερμοκρασία ουρανού σε  $^{\circ}\text{C}$  και  $T_{amb}$  η θερμοκρασία περιβάλλοντος σε  $^{\circ}\text{C}$ .

### Type 56b

Αυτό το type (TRNSYS 16, Volume 3, Volume 4 και Volume 6, 2004) μοντελοποιεί τη θερμική συμπεριφορά ενός κτιρίου που χωρίζεται σε θερμικές ζώνες. Για το σκοπό αυτό διαβάζει το αντίστοιχο bui file που έχει δημιουργηθεί στο TRNBuild και περιέχει την περιγραφή του κτιρίου.

Κάθε θερμική ζώνη μοντελοποιείται ως ένας κόμβος αέρα με συγκεκριμένη θερμοχωρητικότητα που συναλλάσσει θερμοροές με το εξωτερικό περιβάλλον, τις γειτονικές ζώνες, καθώς και τα μηχανήματα και τους ανθρώπους που βρίσκονται μέσα σε αυτή.

Στην παρούσα προσομοίωση τα μοντέλα θέρμανσης και ψύξης που χρησιμοποιούνται ορίζουν απλά την επιθυμητή θερμοκρασία του αέρα της ζώνης μέσα από το TRNBuild χωρίς τη βοήθεια άλλου type. Έτσι υπάρχει άμεση σύνδεση της θερμοκρασίας αυτής με τις θερμοροές του κόμβου. Στο παρακάτω διάγραμμα εικονίζεται η ισχύς της θερμικής ζώνης  $i$ ,  $P_i$  σε σχέση με τις θερμοκρασίες που έχει ορίσει ο χρήστης για τον αέρα της ζώνης. Η  $T_{set,i,h}$  αναφέρεται στη θέρμανση και η  $T_{set,i,c}$  στην ψύξη.



**Σχήμα 8.4 Ισχύς Θερμικής Ζώνης  $i$**

Πηγή: TRNSYS 16, Volume 6, 2004

Η θερμοκρασία της ζώνης μεταβάλλεται ελεύθερα όταν η απαιτούμενη ισχύς  $P_i$  ισούται με μηδέν στην περιοχή που έχει ορίσει ο χρήστης, δηλαδή από  $T_{set,i,h}$  έως  $T_{set,i,c}$ . Εάν η θερμοκρασία στο τέλος του χρονικού βήματος της προσομοίωσης είναι στις περιοχές θέρμανσης (Heating) ή ψύξης (Cooling) του διαγράμματος τότε δίνεται ισχύς στη ζώνη μέσα στο συγκεκριμένο βήμα ώστε τελικά να φθάσει το όριο της πλησιέστερης επιθυμητής θερμοκρασίας. Εάν η ισχύς που απαιτείται είναι μεγαλύτερη από αυτή που έχει δοθεί ως μέγιστη διαθέσιμη, τότε δίνεται στο συγκεκριμένο χρονικό βήμα όλη η διαθέσιμη ισχύς και η θερμοκρασία του αέρα της ζώνης κυμαίνεται ελεύθερα. Βέβαια, στην παρούσα μελέτη το bui file έχει διαμορφωθεί ώστε να υπάρχει απεριόριστη διαθέσιμη ισχύς για τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Έτσι σε κάθε βήμα της προσομοίωσης εισάγεται στη ζώνη οποιαδήποτε τιμή ισχύος χρειάζεται ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία κατά περίπτωση. Η μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα της ζώνης ως συνάρτηση της ισχύος θεωρείται από το πρόγραμμα γραμμική. Οπότε αν υπάρχει επαρκής διαθέσιμη ισχύς ή απεριόριστη, ο μέσος όρος της θερμοκρασίας του αέρα της ζώνης  $T_{req,i}$  σε ένα χρονικό βήμα  $\Delta t$  δίνεται από τη σχέση:

$$T_{req,i} = \frac{T_{\tau-\Delta t} + T_{set,i}}{2} \quad (8.8)$$

όπου  $T_{\tau-\Delta t}$  η θερμοκρασία στην αρχή του χρονικού βήματος και  $T_t = T_{set,i}$  η θερμοκρασία στο τέλος του χρονικού βήματος.

Έτσι για κάθε ζώνη του κτιρίου δημιουργείται μια εξίσωση πινάκων που υπολογίζει τη μέση θερμοκρασία του αέρα σε κάθε βήμα της προσομοίωσης και είναι της μορφής:

$$[\bar{T}]_{2 \times 1} = [X']_{2 \times 2}^{-1} [Z']_{2 \times 1} \quad (8.9)$$

όπου τα στοιχεία των πινάκων  $X'$  και  $Z'$  εξαρτώνται από την επέμβαση που πρέπει να γίνει κάθε φορά ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία.

Για θερμοκρασίες αέρα ζώνης από  $T_{set,i,h}$  έως  $T_{set,i,c}$  ισχύει:

$$X'_{ij} = X_{ij} \forall i, j \quad (8.10)$$

$$\text{και } Z'_i = Z_i \quad (8.11)$$

Ο δείκτης  $i$  αναφέρεται στη θερμική ζώνη και ο  $j$  στον αριθμό των τοίχων που την αποτελούν.

Για θερμοκρασίες αέρα ζώνης μικρότερες από  $T_{set,i,h}$  και μεγαλύτερες από  $T_{set,i,c}$  όταν η διαθέσιμη ισχύς είναι επαρκής ή απεριόριστη προκύπτει για το χρονικό βήμα  $i$  ο ακόλουθος ισολογισμός:

$$C_i \frac{d}{dt} T = \dot{Q}_i - P_i \quad (8.12)$$

όπου  $C_i$  η ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα,  $Q_i$  η θερμότητα του αέρα της ζώνης και  $P_i$  η ισχύς που θα προστεθεί ή θα αφαιρεθεί αντίστοιχα.

Έτσι ισχύει:

$$X'_{11,ij} = X_{11,ij} \quad (8.13)$$

$$X'_{11,ii} = 1.0 \quad (8.14)$$

$$X'_{12,ij} = X_{12,ij} \quad (8.15)$$

$$X'_{22,ii} = X_{22,ii} \quad (8.16)$$

$$X'_{21,ii} = 0 \quad (8.17)$$

$$Z'_{2,i} = Z_{2,i} - X_{11,ii} T_{req,i} \quad (8.18)$$

Επίσης, σχετικά με το μοντέλο που χρησιμοποιεί το TRNSYS 16 για να προσομοιώσει τις οπτικές και θερμικές ιδιότητες των υαλοπινάκων ισχύουν τα ακόλουθα. Η εξωτερική ηλιακή ακτινοβολία που δέχονται χωρίζεται σε ορατό και μη ορατό τμήμα ανάλογα με το μήκος κύματος. Η ορατή ηλιακή ακτινοβολία υπολογίζεται (TRNSYS 16, Volume 6, 2004) από την ακτινοβολία που εκπέμπει ένα μέλαν σώμα στους 5800K για μήκη κύματος από 380-

780nm σε σχέση με την ολική ακτινοβολία ενός μέλανος σώματος στην ίδια θερμοκρασία. Έτσι προκύπτουν οι παρακάτω εξισώσεις:

$$I_{difvisual} = 0.466I_{difsolar} \quad kJ / hm^2 \quad (8.19)$$

$$I_{dirvisual} = 0.466I_{dirsolar} \quad kJ / hm^2 \quad (8.20)$$

$$I_{difvisual} = (1 - 0.466)I_{difsolar} \quad kJ / hm^2 \quad (8.21)$$

$$I_{dirvisual} = (1 - 0.466)I_{dirsolar} \quad kJ / hm^2 \quad (8.22)$$

όπου  $I_{difvisual}$  η ένταση της διάχυτης ορατής ηλιακής ακτινοβολίας,  $I_{difsolar}$  η ένταση της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας,  $I_{dirvisual}$  η ένταση της άμεσης ορατής ηλιακής ακτινοβολίας,  $I_{dirsolar}$  η ένταση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας.

Στη συνέχεια το μοντέλο διαβάζει την οπτική διαπερατότητα και την εμπρός και πίσω ανακλαστικότητα από τη βιβλιοθήκη του προγράμματος W4-Library. Σχετικές τιμές απορροφητικότητας για το διαχωρισμό σε ορατό και μη ορατό τμήμα της απορροφούμενης ηλιακής ενέργειας θα ληφθούν υπόψη για κάθε φύλλο του υαλοπίνακα χωριστά καθώς δεν υπάρχουν ακριβή διαθέσιμα δεδομένα στη βιβλιοθήκη.

Το μοντέλο υπολογίζει για το ορατό και μη ορατό τμήμα της ακτινοβολίας χωριστά την ανακλαστικότητα και την απορροφητικότητα σε κάθε φύλλο του υαλοπίνακα καθώς και τη διανομή της ανάμεσα στα φύλλα συμπεριλαμβανομένων πολλαπλών ανακλάσεων.

Τέλος, με άθροισμα των επιμέρους ακτινοβολιών προσδιορίζεται η ολική απορροφούμενη και μεταδιδόμενη ακτινοβολία μέσω του υαλοπίνακα. Για όλους τους μετέπειτα ενεργειακούς ισολογισμούς που πραγματοποιεί το πρόγραμμα μόνο οι τιμές της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται.

### Type 25c

Χρησιμοποιείται (TRNSYS 16, Volume 3, Volume 4 και Volume 5, 2004) για να δημιουργεί file στο οποίο «τυπώνονται» τα επιθυμητά αποτελέσματα της προσομοίωσης στα χρονικά διαστήματα που έχουν οριστεί από το χρήστη. Τα επιθυμητά αποτελέσματα (outputs) έχουν καθοριστεί κατά την περιγραφή του κτιρίου στο TRNBuild.

Στην παρούσα προσομοίωση ο συγκεκριμένος «εκτυπωτής» λαμβάνει ως εξόδους την απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη, ξεχωριστά για όλο το χρόνο. Έτσι δημιουργεί ένα αρχείο που περιέχει 2 στήλες μια για κάθε μεταβλητή, που κάθε μια περιέχει 8760 τιμές σε kJ/h.



### **Type 28b**

Το συγκεκριμένο type (TRNSYS 16, Volume 3, Volume 4 και Volume 5, 2004) χρησιμοποιείται για να μετατρέψει τα αποτελέσματα του type 25c σε μια άλλη μορφή. Εδώ ο χρήστης προσδιορίζοντας μια σειρά από κώδικες λειτουργίας επιτυγχάνει να δημιουργήσει ένα αρχείο, πάλι με δύο στήλες όπως πριν αλλά με 13 τιμές ανά στήλη. Οι πρώτες 12 είναι ο μέσος όρος των ενεργειακών καταναλώσεων για θέρμανση και ψύξη κατά τη διάρκεια κάθε μήνα του έτους ενώ η τελευταία το άθροισμα των ανωτέρω καταναλώσεων για όλο το χρόνο. Στην παρούσα επεξεργασία οι καταναλώσεις αυτές έχουν μονάδες μέτρησης kWh/m<sup>2</sup> όπου τα τετραγωνικά μέτρα αφορούν το σύνολο του εμβαδού των θερμαινόμενων χώρων του κτίσματος.

### **Type 65d**

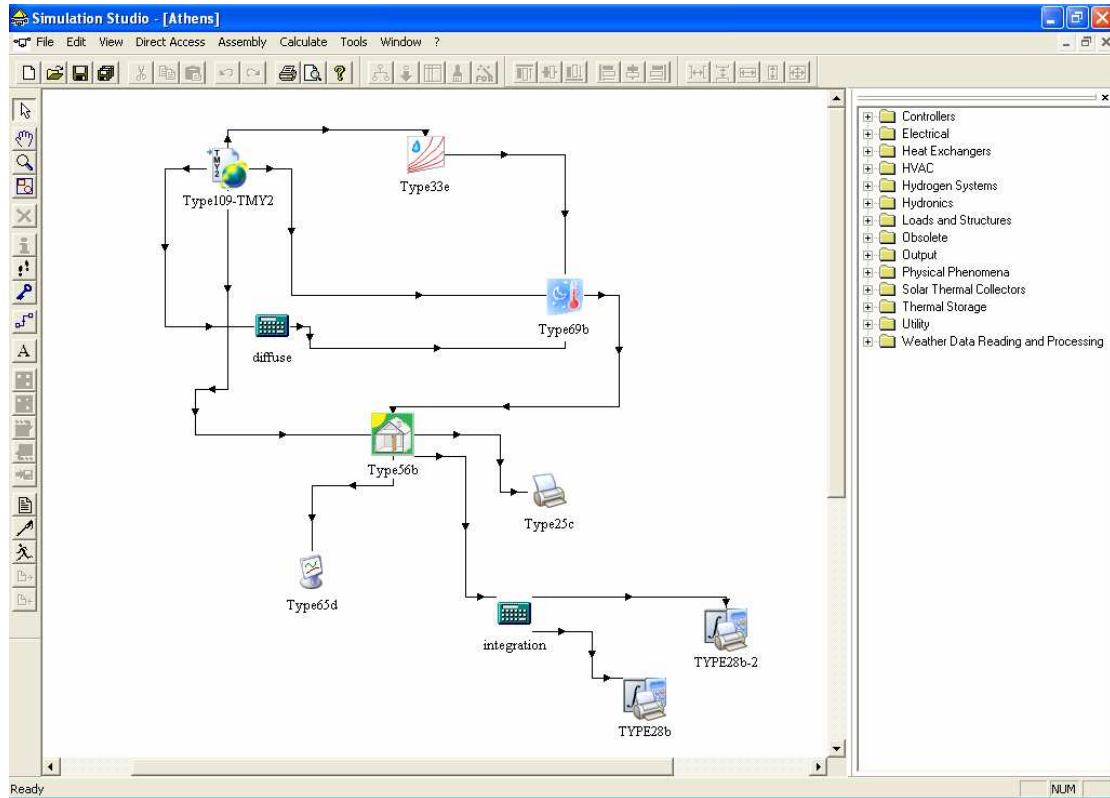
Δίνει τη δυνατότητα (TRNSYS 16, Volume 3, Volume 4 και Volume 5, 2004) on-line απεικόνισης των αποτελεσμάτων την ώρα της προσομοίωσης. Στη συγκεκριμένη προσομοίωση έχει επιλεγεί να απεικονίζει την ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη σε ωριαία βάση για όλο το χρόνο. Τυπώνεται στην οθόνη ένα διάγραμμα με τις ανωτέρω τιμές. Ο άξονας των x κυμαίνεται από 0 έως 8760 ώρες και χωρίζεται σε 12 διαστήματα που αντιπροσωπεύουν τους μήνες του έτους. Ο άξονας των y κυμαίνεται από 0 έως 150000 kJ/h και χωρίζεται σε πέντε διαστήματα. Ουσιαστικά οπτικοποιεί στον χρήστη-μελετητή τα αποτελέσματα του type 25c.

Επίσης, του δίνει τη δυνατότητα να διακόψει την προσομοίωση σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές που επιθυμεί, να κάνει zoom στο διάγραμμα και να διαβάσει τις συντεταγμένες συγκεκριμένων κορυφών, να μεταβάλλει τα όρια των αξόνων κ.α.

### **Equa**

Έχει τη μορφή ενός επιστημονικού calculator (TRNSYS 16, Volume 3, Volume 4 και Volume 5, 2004) στο οποίο ο χρήστης δίνει εξισώσεις που διέπουν τις μεταβλητές. Στη συγκεκριμένη προσομοίωση χρησιμοποιούνται δύο Equa, Diffuse (βλ. Πίνακας 8.43 και 8.44) και Integration (βλ. Πίνακας 8.49, 8.50 και 8.51), οι οποίες παρεμβάλλονται στις συνδέσεις των types και διευκολύνουν τη λειτουργία του μοντέλου.

Στη συνέχεια απεικονίζεται το παράθυρο εργασίας του TRNSYS Simulation Studio καθώς και πίνακες με τις συνδέσεις των types μεταξύ τους.



Σχήμα 8.5 Εφαρμογή στο TRNSYS Simulation Studio

Πίνακας 8.40: Σύνδεση Type 109-TMY2 με Type 33e

The screenshot shows a window titled '(Athens\_summer) Type109-TMY2 -> Type33e'. It has two tabs: 'Classic' and 'Table'. The 'Table' tab is active, displaying a table that maps variables from the source component (Type109-TMY2) to the target component (Type33e). The table has two columns for the source and target, with an equals sign between them. A dropdown menu above the table is set to 'All'. There are two rows of data: row 1 maps 'Ambient temperature' to 'Dry bulb temp.', and row 2 maps 'relative humidity' to 'Percent relative humidity'. On the left side of the table, there are several icons: a mouse cursor, a key, a close button (X), a delete button (trash), and a refresh button (circular arrow).

	Type109-TMY2	=	Type33e
	All		
1	Ambient temperature	=	Dry bulb temp.
2	relative humidity	=	Percent relative humidity

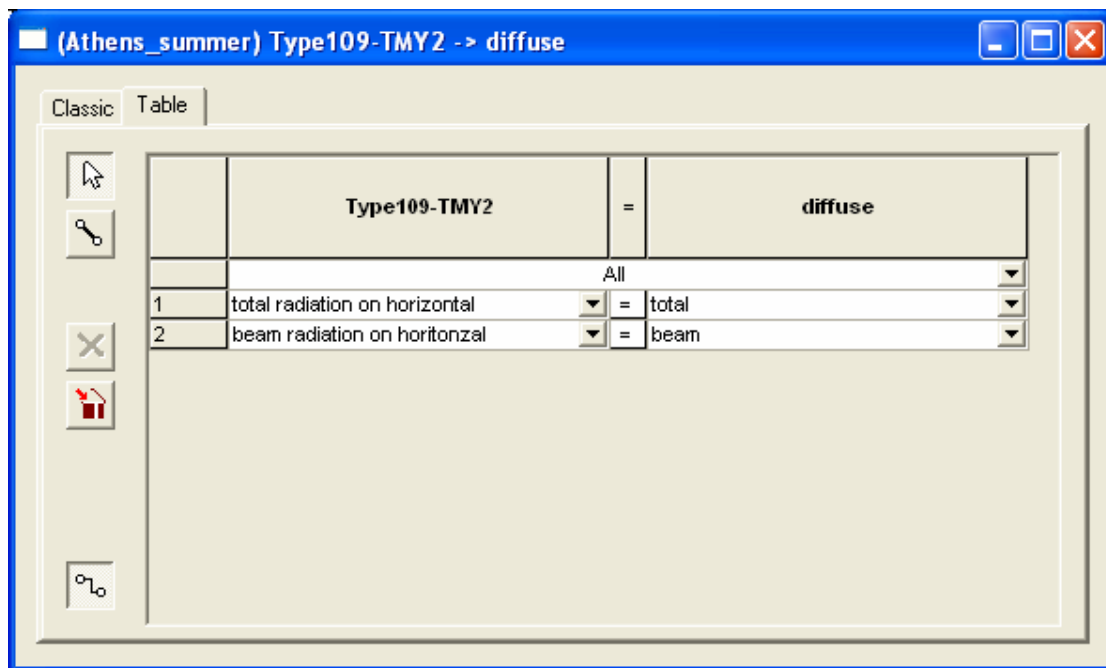
Πίνακας 8.41: Σύνδεση Type 109-TMY2 με Type 69b

	Type109-TMY2	=	Type69b
	All		
1	Ambient temperature	=	Ambient temperature
2	beam radiation on horintonzal	=	Beam radiation on the horizontal

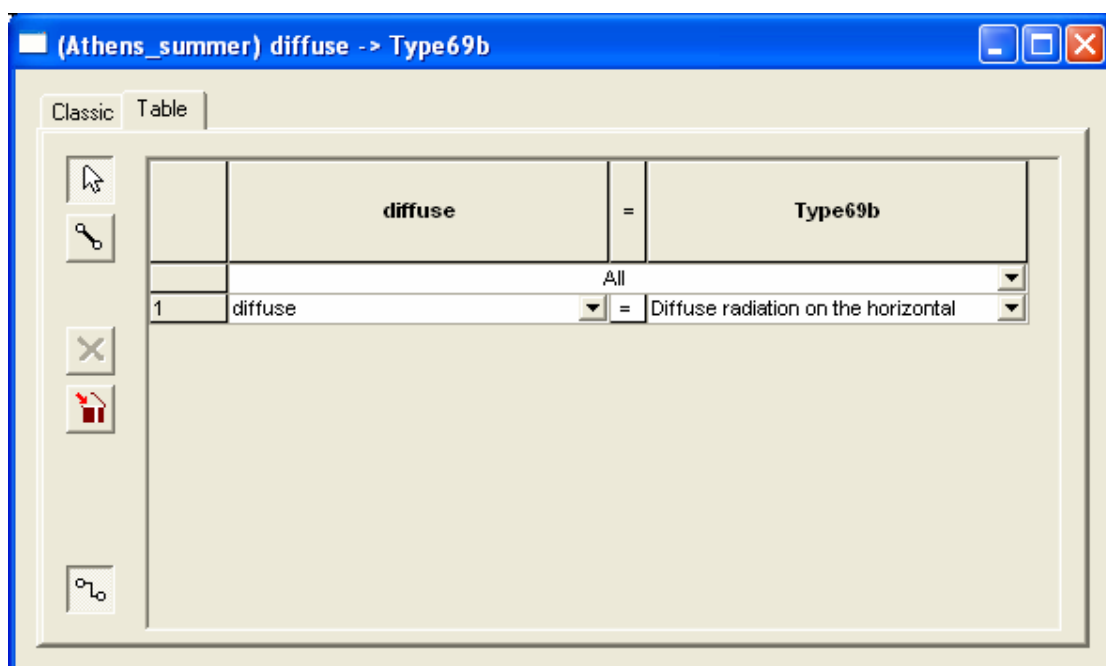
Πίνακας 8.42: Σύνδεση Type 109-TMY2 με Type 56b

	Type109-TMY2	=	Type56b
	All		
1	Ambient temperature	=	1- TAMB
2	relative humidity	=	2- RELHUMAMB
3	total radiation on tilted surface-1	=	4- IT_NORTHEAST
4	total radiation on horizontal	=	5- IT_HORIZONTAL
5	total radiation on tilted surface-2	=	6- IT_SOUTHWEST
6	beam radiation on tilted surface-1	=	7- IB_NORTHEAST
7	beam radiation on horintonzal	=	8- IB_HORIZONTAL
8	beam radiation on tilted surface-2	=	9- IB_SOUTHWEST
9	angle of incidence for tilted surface -1	=	10- AI_NORTHEAST
10	solar zenith angle	=	11- AI_HORIZONTAL
11	angle of incidence for tilted surface -2	=	12- AI_SOUTHWEST
12	Ambient temperature	=	13- INPUT001

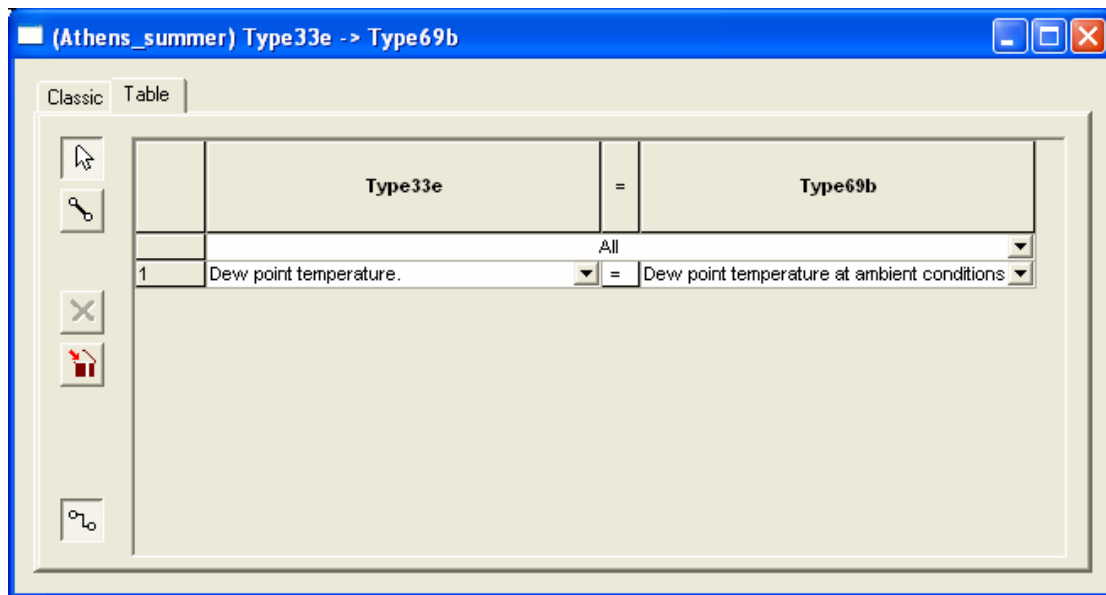
Πίνακας 8.43: Σύνδεση Type 109-TMY2 με Diffuse



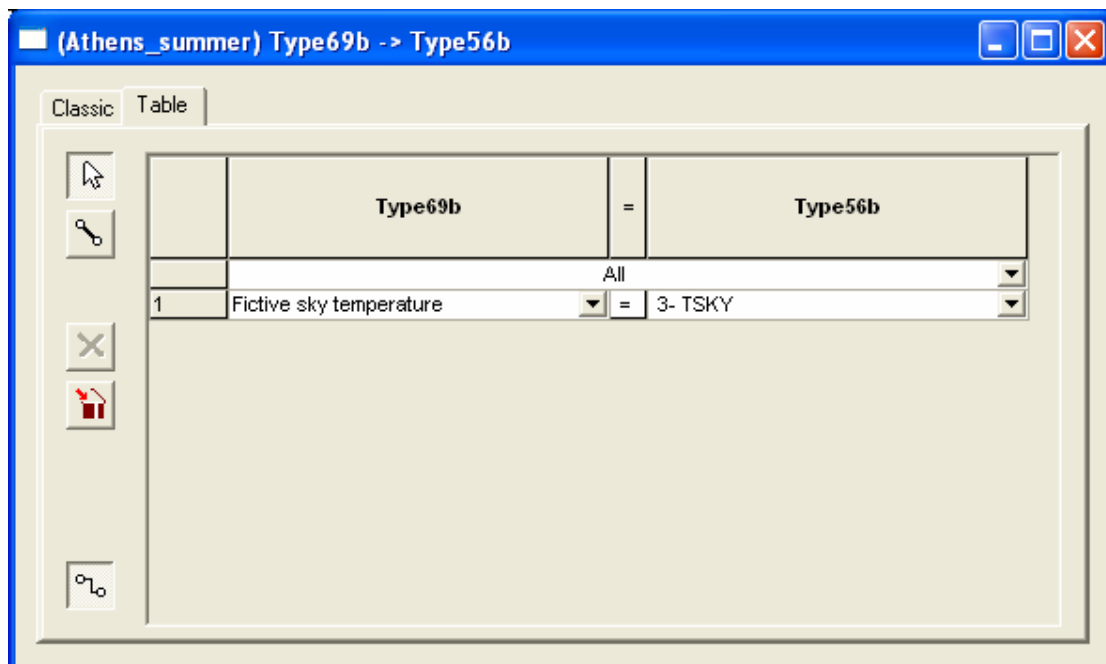
Πίνακας 8.44: Σύνδεση Diffuse με Type 69b



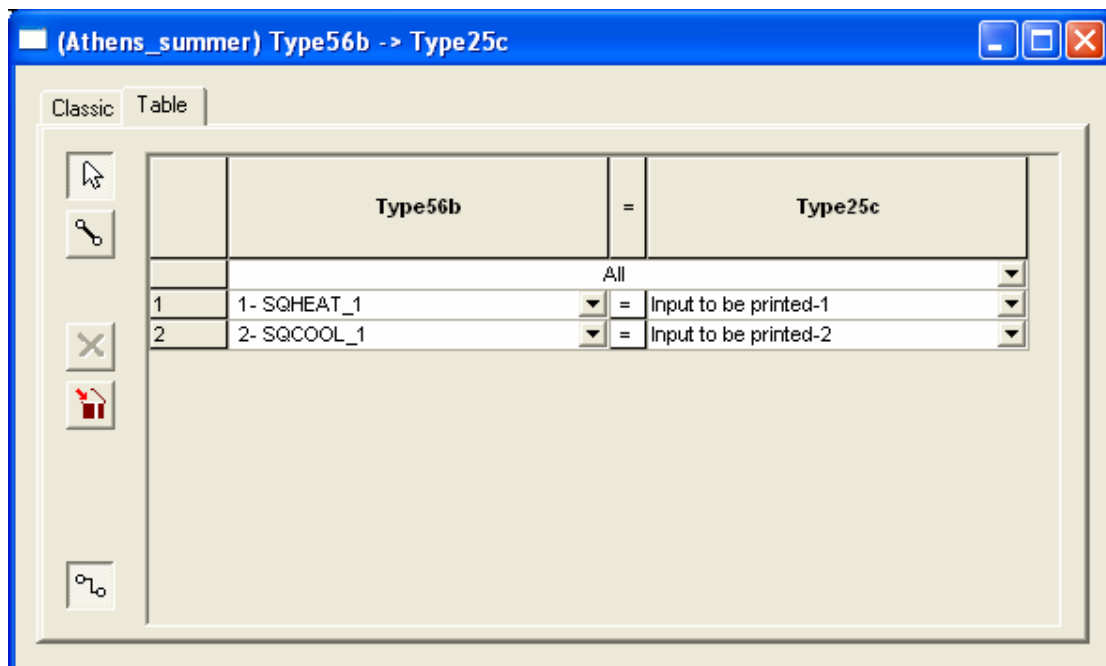
Πίνακας 8.45: Σύνδεση Type 33e με Type 69b



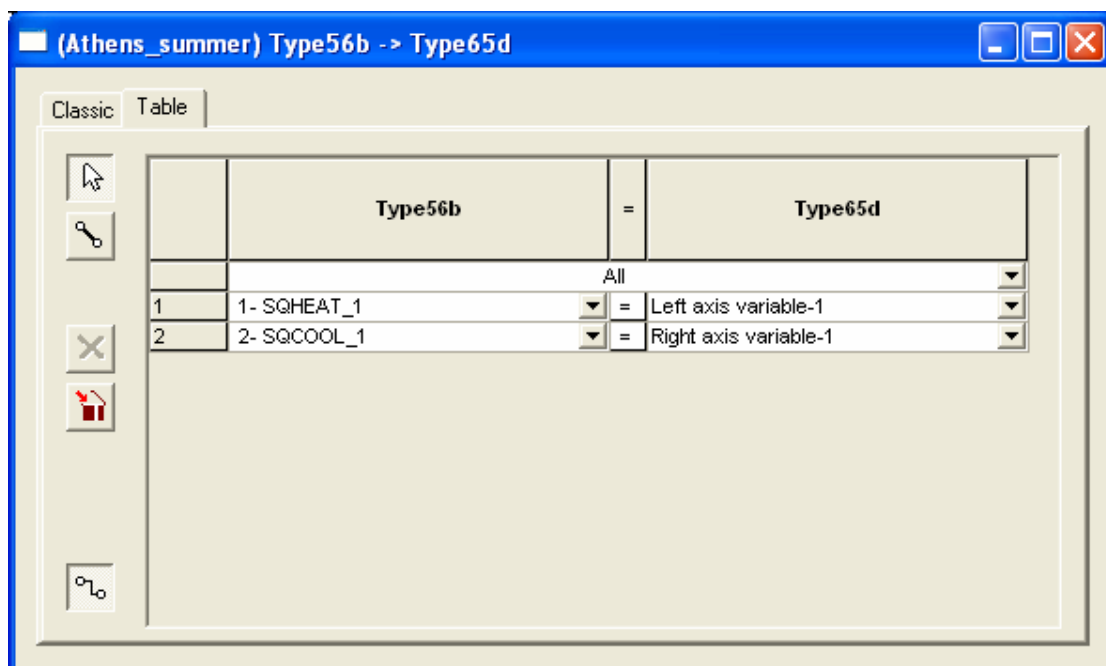
Πίνακας 8.46: Σύνδεση Type 69b με Type 56b



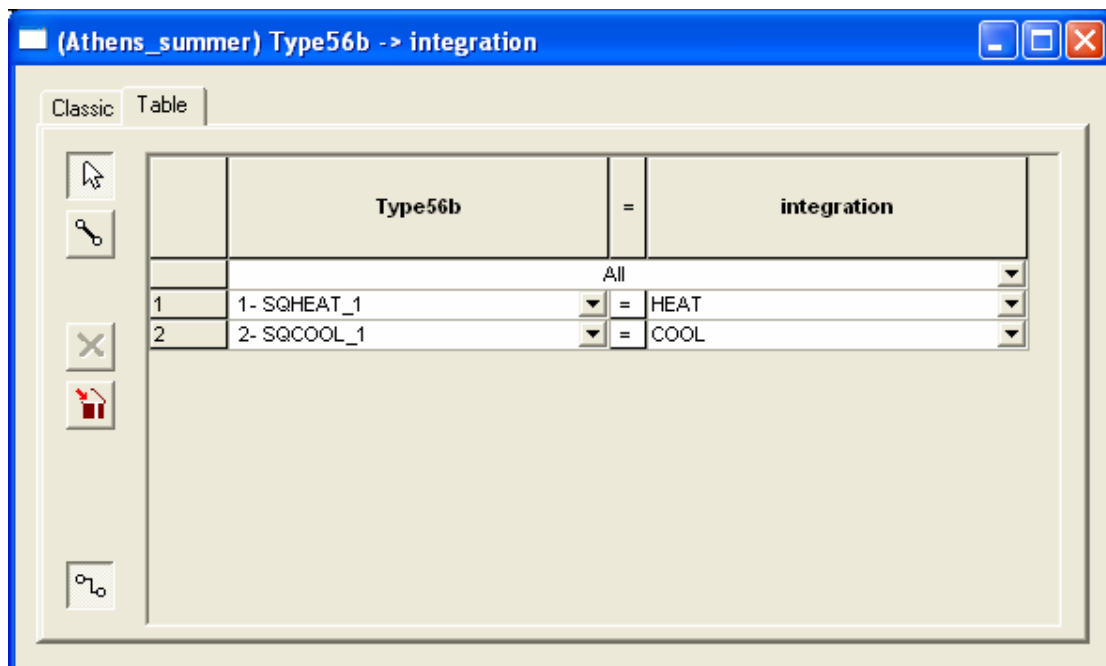
Πίνακας 8.47: Σύνδεση Type 56b με Type 25c



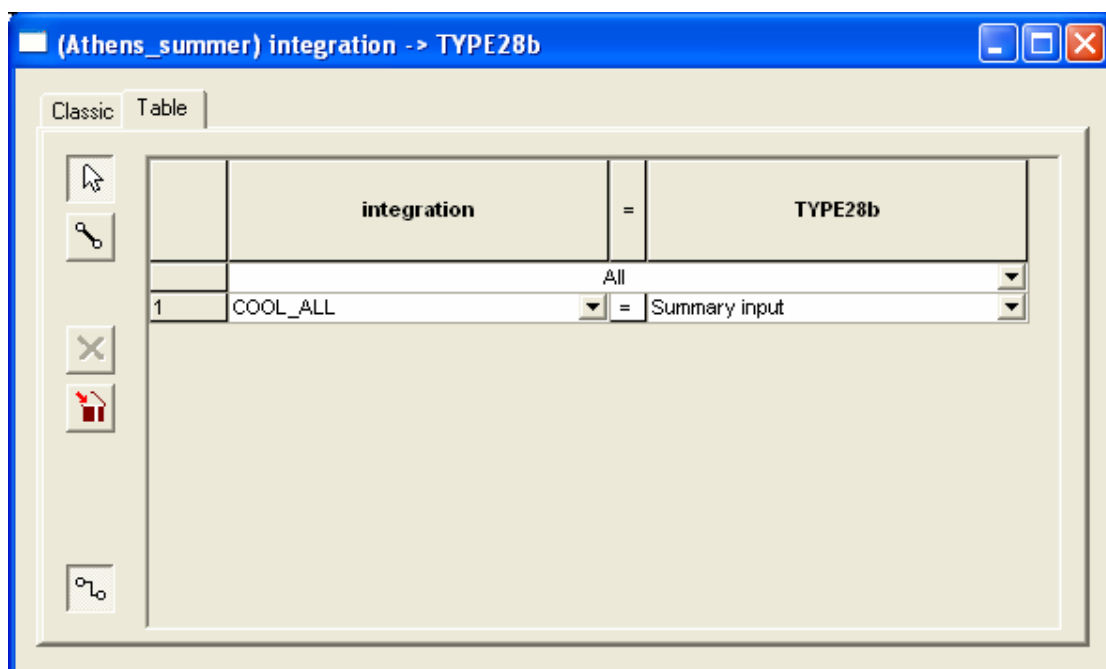
Πίνακας 8.48: Σύνδεση Type 56b με Type 65d



Πίνακας 8.49: Σύνδεση Type 69b με Integration



Πίνακας 8.50: Σύνδεση Integration με Type 28b



Πίνακας 8.51: Σύνδεση Integration με Type 28b2

The screenshot shows a window titled '(Athens\_summer) integration -> TYPE28b-2'. It features a 'Classic' tab and a 'Table' view. The table has two columns: 'integration' and 'TYPE28b-2'. The first row shows 'HEAT\_ALL' in the 'integration' column and 'Summary input' in the 'TYPE28b-2' column. A dropdown menu is visible above the 'TYPE28b-2' column, showing 'All' and 'Summary input' options. The interface includes standard window controls and a toolbar with icons for selection, deletion, and refresh.

	integration	=	TYPE28b-2
			All
1	HEAT_ALL	=	Summary input

### 8.15.2 Εφαρμογή του TRNBuild

Στο TRNBuild εισάγονται όλα τα δεδομένα που έχουν περιγραφεί στις παραπάνω ενότητες και αφορούν τα χαρακτηριστικά του κτιρίου. Οι πίνακες αυτοί συμπληρώνουν την πλειοψηφία των πεδίων του προγράμματος.

Επιπλέον, κατά την εισαγωγή των δεδομένων γίνονται οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

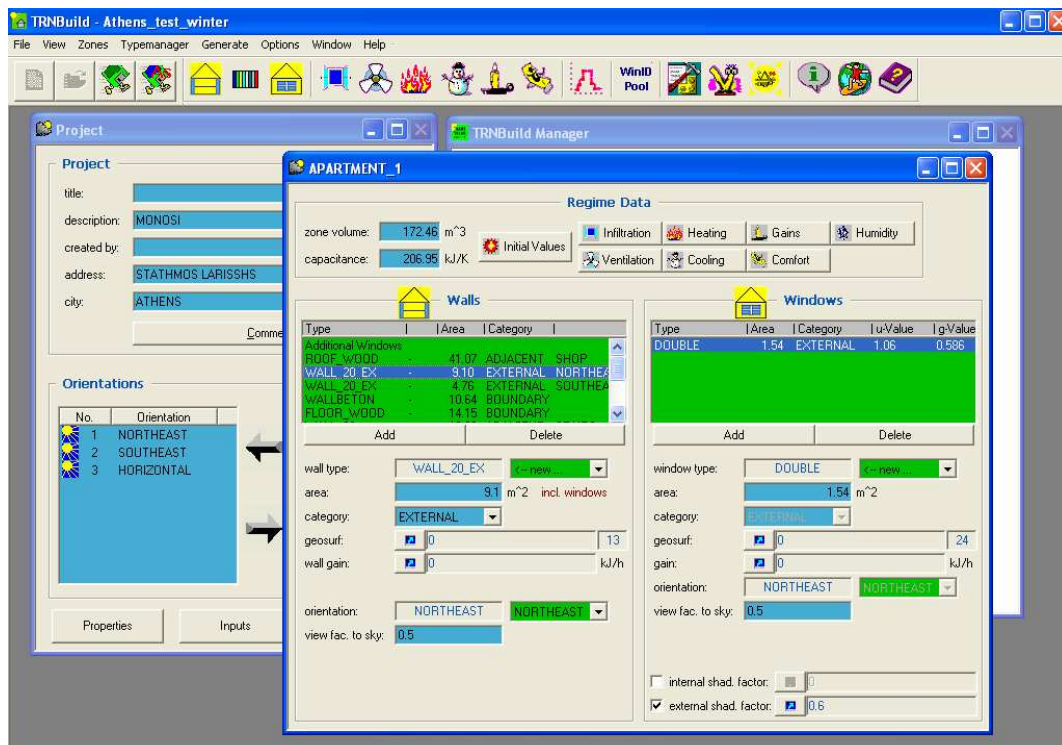
- σε όλες τις θερμικές ζώνες και για κάθε τοίχο ο παράγοντας geosurf θεωρείται ίσος με μηδέν, δηλαδή γίνεται η παραδοχή ότι μέσα σε αυτές η άμεση ηλιακή ακτινοβολία διανέμεται με τον ίδιο τρόπο όπως και η διάχυτη
- όλοι οι τοίχοι έχουν wall gain ίσο με μηδέν, δηλαδή δεν έχει εισαχθεί κοντά ή μέσα σε αυτούς καμία πηγή θερμότητας, μια παραδοχή που εξυπηρετεί τον προσδιορισμό των ενεργειακών αναγκών κτιρίου χωρίς να λειτουργεί σε αυτό συγκεκριμένο σύστημα θέρμανσης
- οι εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου, τοίχοι και υαλοπίνακες, έχουν τρεις προσανατολισμούς βορειοανατολικό (northeast), νοτιοδυτικό (southwest) και επίπεδο (horizontal) με παράγοντα διόρθωσης της γωνίας ουρανού (view fac. to sky) 0.5, 0.4, 1 αντίστοιχα
- για τους τοίχους που έχουν χαρακτηριστεί ως boundary η θερμοκρασία της πίσω όψης τους (boundary temp.) τίθεται ίση με αυτή του εξωτερικού περιβάλλοντος (Input001)
- η συναλλαγή αέρα (coupling air flow) από τη ζώνη APARTMENT3 στη ζώνη APARTMENT4 ορίζεται σε 20 kg/h ενώ από τη ζώνη APARTMENT4 στη ζώνη APARTMENT3 σε 10 kg/h, υφίσταται κατακόρυφη αντιρροή ρευμάτων (Κακάτσιος, 2002)



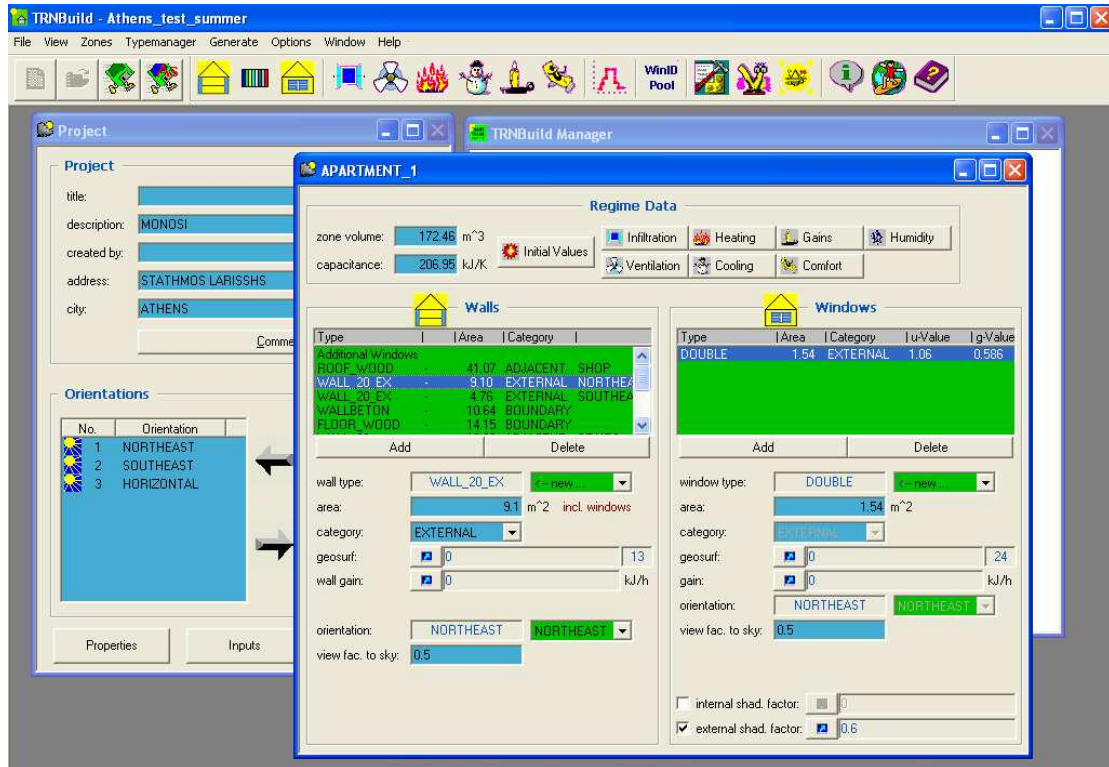
- οι αρχικές συνθήκες του προγράμματος δεν μεταβάλλονται
- ως outputs ορίζονται τα NTYPES 32, 33, 62, 63 για όλες τις θερμικές ζώνες εκτός από τη STAIRS.

Το NTYPE 32 εκφράζει το άθροισμα των αισθητών απαιτήσεων για θέρμανση για όλες τις επιθυμητές ζώνες (sum of sensible heating demand for specified zones). Λαμβάνει μόνο θετικές τιμές, έχει μονάδες μέτρησης kJ/h και συμβολίζεται με SQHEAT. Αντίστοιχα, το NTYPE 33 εκφράζει το άθροισμα των αισθητών απαιτήσεων για ψύξη για όλες τις ζητούμενες ζώνες (sum of sensible cooling demand for specified zones). Λαμβάνει, επίσης, μόνο θετικές τιμές, έχει μονάδες μέτρησης kJ/h και συμβολίζεται με SQCOOL. Το NTYPE 62 εκφράζει τη μέση ψήφο, PMV, για κάθε ζητούμενη ζώνη ενώ το NTYPE 63 το εκτιμώμενο ποσοστό των δυσανεσθημένων ατόμων, PPD, ως ποσοστό επί τοις εκατό.

Δημιουργούνται δύο bui file, ένα που προσομοιώνει τη λειτουργία του κτιρίου το χειμώνα και ένα το καλοκαίρι. Το αρχείο του χειμώνα έχει σε όλες τις θερμικές ζώνες εκτός της STAIRS μόνο θέρμανση και όχι ψύξη. Αντίστοιχα το αρχείο του καλοκαιριού έχει για τις ζώνες ενδιαφέροντος μόνο ψύξη και όχι θέρμανση. Επίσης, τροποποιούνται τα μοντέλα αερισμού και συνθηκών άνεσης, καθώς μεταβάλλονται οι ώρες που οι χρήστες αερίζουν το χώρο τους και ο ρουχισμός τους. Παράθυρα με τις εφαρμογές του TRNBuild παρουσιάζονται στη συνέχεια.



Σχήμα 8.6 Εφαρμογή για το χειμώνα στο TRNBuild



Σχήμα 8.7 Εφαρμογή για το καλοκαίρι στο TRNBuild

### 8.16 Τρέξιμο της προσομοίωσης

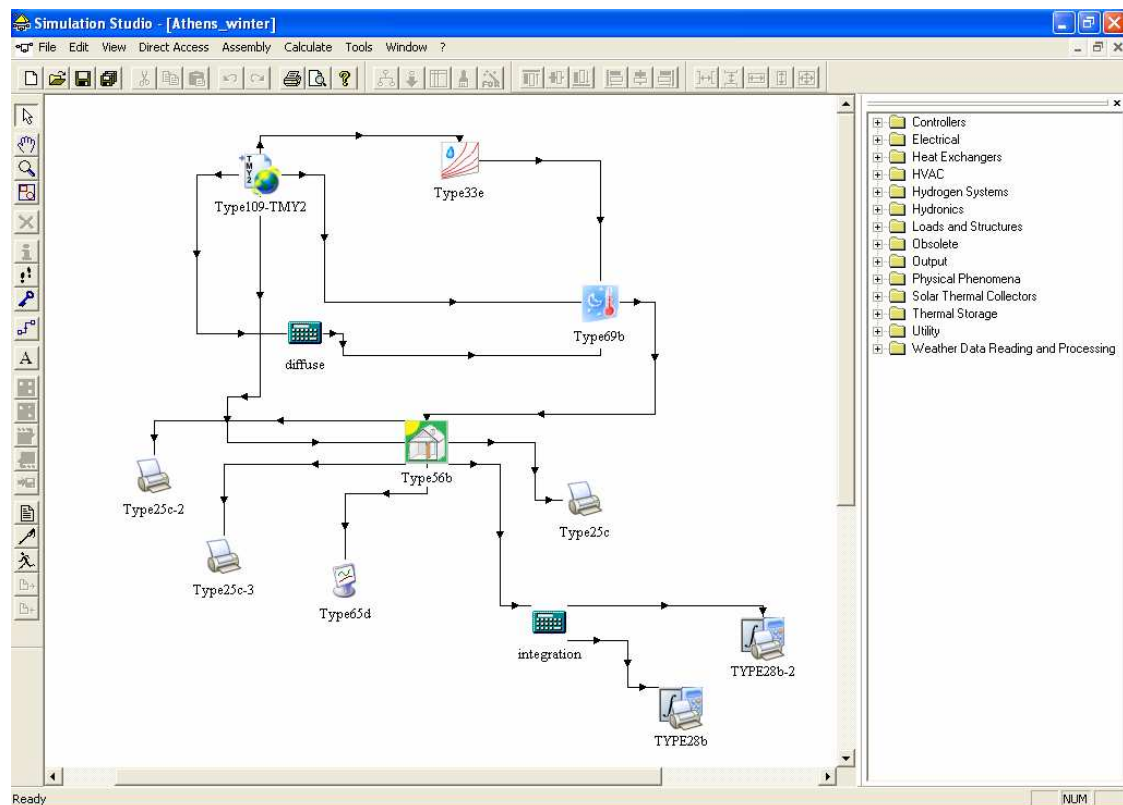
Η εφαρμογή του TRNSYS Simulation Studio που δημιουργήθηκε αντιγράφεται ώστε να είναι διαθέσιμες δύο όμοιες εφαρμογές για την πόλη της Αθήνας. Στη μια εισάγεται το bui file που αφορά το χειμώνα και στην άλλη το bui file που αφορά το καλοκαίρι. Ο χρήστης επιλέγει Calculate και Run simulation (ή πατάει το πλήκτρο F8) για την κάθε μια ξεχωριστά.

Η διαδικασία της προσομοίωσης ξεκινάει και ταυτόχρονα ο χρήστης βλέπει τα αποτελέσματα στο διάγραμμα που τυπώνεται μπροστά του στον on-line plotter. Το τρέξιμο ολοκληρώνεται σε περίπου 30sec και στη συνέχεια μπορούν να ανοιχτούν τα αρχεία των αποτελεσμάτων που έχει ζητήσει.

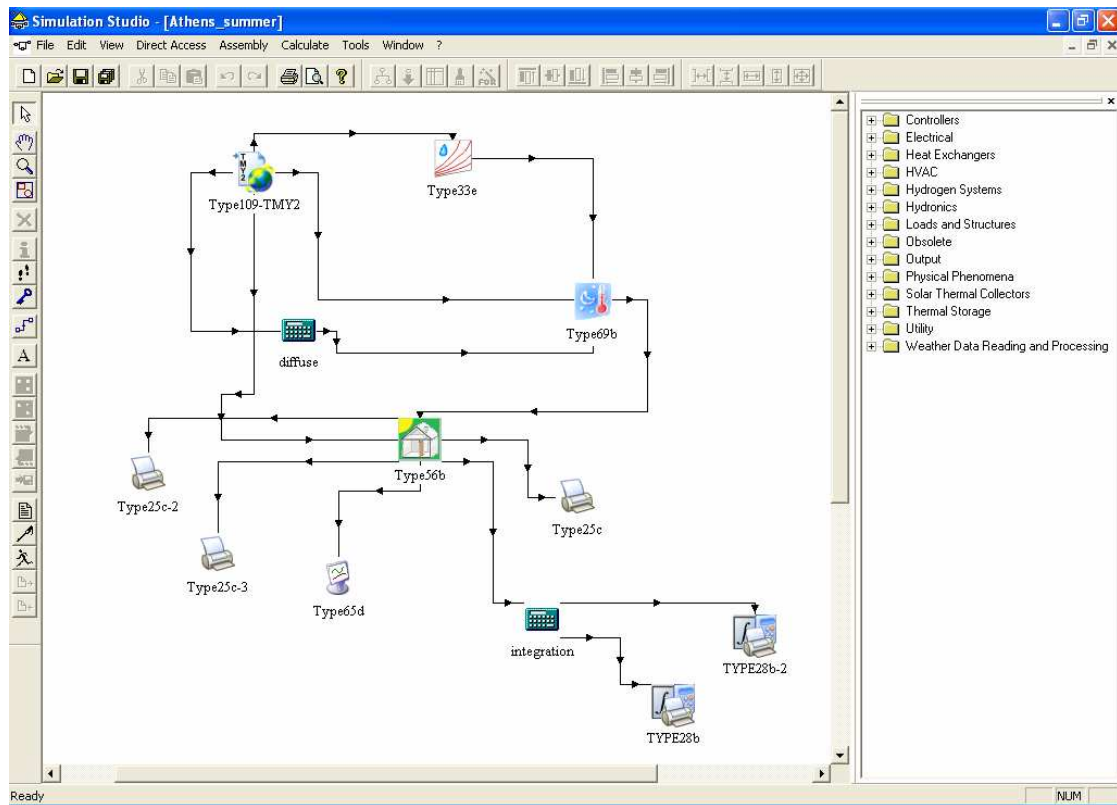
Με μικρές αλλαγές στις εφαρμογές της Αθήνας δημιουργούνται άλλες εφαρμογές για τις πόλεις Ρόδο και Κοζάνη. Επίσης, στις προαναφερθείσες εφαρμογές φορτώνονται νέα bui file που η μόνη διαφορά τους με τα προηγούμενα έγκειται στον τύπο των υαλοπινάκων. Έτσι δημιουργούνται νέες προσομοιώσεις για το ίδιο κτίριο και κλιματικές συνθήκες με απλούς υαλοπίνακες.

Επίσης, για τις εφαρμογές της Αθήνας που μοντελοποιούν τη συμπεριφορά του κτιρίου όταν έχει διπλούς υαλοπίνακες ζητούνται από το πρόγραμμα δύο επιπλέον έξοδοι (outputs). Για το σκοπό αυτό εισάγονται δύο ακόμα εκτυπωτές, type 25c, και προσαρμόζονται οι σχετικές συνδέσεις. Έτσι ο χρήστης έχει στη διάθεση του δύο ακόμα αρχεία εξόδου μετά το τέλος του τρεξίματος της προσομοίωσης, αυτό που δίνει τη μέση ψήφο (PMV) και αυτό που δίνει το ποσοστό των δυσανεστημένων για κάθε ζώνη (PPD).

Τα σχετικά παράθυρα των εφαρμογών για το χειμώνα και το καλοκαίρι παρατίθενται στη συνέχεια.



Σχήμα 8.8 Εφαρμογή για το χειμώνα στο TRNSYS Simulation Studio



Σχήμα 8.9 Εφαρμογή για το καλοκαίρι στο TRNSYS Simulation Studio

## 8.17 Αποτελέσματα της προσομοίωσης

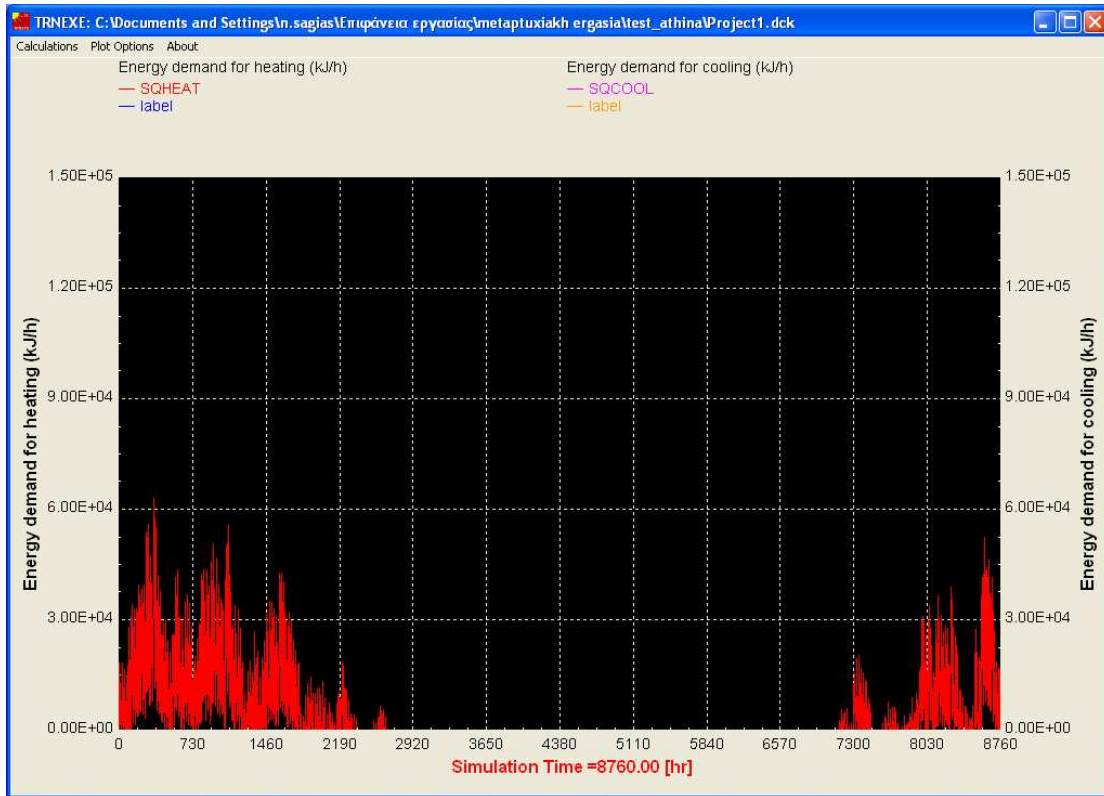
### 8.17.1 Αθήνα

Η δυναμική προσομοίωση του κτιρίου με διπλούς υαλοπίνακες και για τα κλιματικά δεδομένα της Αθήνας δίνει τα παρακάτω αποτελέσματα.

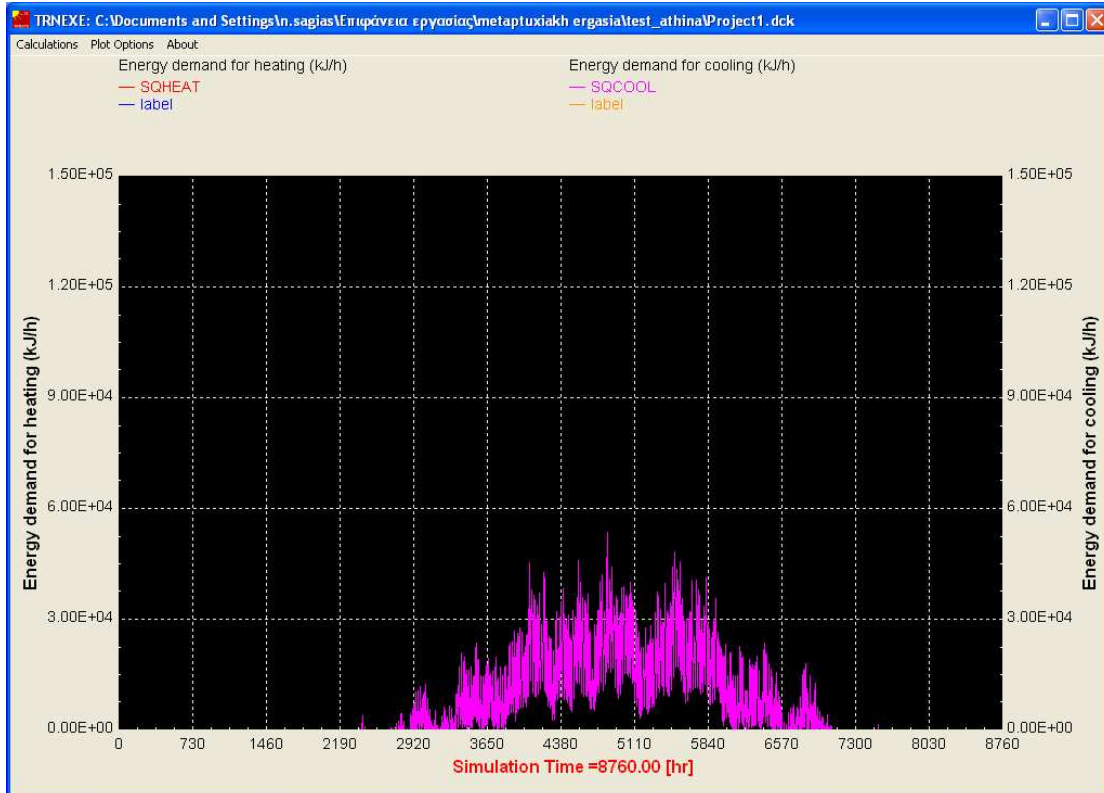
**Πίνακας 8.52: Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης και Ψύξης για την Αθήνα, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες**

Μήνες	Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης		Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης	
	Μηνιαία κατανάλωση σε (kW)	Μηνιαία κατανάλωση σε (kWh/m <sup>2</sup> )	Μηνιαία κατανάλωση σε (kW)	Μηνιαία κατανάλωση σε (kWh/m <sup>2</sup> )
Ιανουάριος	3.65E+00	10.89	0.00E+00	0.00
Φεβρουάριος	3.28E+00	8.83	0.00E+00	0.00
Μάρτιος	1.81E+00	5.42	0.00E+00	0.00
Απρίλιος	2.47E-01	0.71	3.92E-02	0.11
Μάιος	0.00E+00	0.00	1.32E+00	3.95
Ιούνιος	0.00E+00	0.00	4.20E+00	12.14
Ιούλιος	0.00E+00	0.00	6.29E+00	18.78
Αύγουστος	0.00E+00	0.00	5.88E+00	17.56
Σεπτέμβριος	0.00E+00	0.00	2.93E+00	8.46
Οκτώβριος	4.52E-02	0.14	5.39E-01	1.61
Νοέμβριος	6.86E-01	1.98	2.48E-03	0.01
Δεκέμβριος	2.49E+00	7.43	0.00E+00	0.00
<b>Άθροισμα</b>		<b>35.40</b>		<b>62.63</b>
<b>Μέσος Όρος</b>		2.95		5.22

Τα αποτελέσματα αυτά αφορούν το σύνολο του κτιρίου δηλαδή έχουν προκύψει από το άθροισμα των ενεργειακών αναγκών όλων των θερμικών ζωνών του. Ακόμα, αφορούν την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου σε αντίθεση με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται πιο κάτω και αφορούν σενάρια μελέτης.



Σχήμα 8.10 Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης για την Αθήνα, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες



Σχήμα 8.11 Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης για την Αθήνα, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες

Κατά το τρέξιμο της προσομοίωσης για την πόλη της Αθήνας δημιουργούνται δύο ακόμα αρχεία που περιλαμβάνουν τις τιμές των δεικτών PMV και PPD για κάθε ώρα του χρόνου και για κάθε θερμική ζώνη. Με επεξεργασία των στοιχείων αυτών στο πρόγραμμα Excel προκύπτουν οι μέσοι όροι των δεικτών για κάθε μήνα και ζώνη ενδιαφέροντος.

Για τους τέσσερις πρώτους μήνες του έτους καθώς και για τους δύο τελευταίους οι δείκτες διαβάζονται από την προσομοίωση για το χειμώνα. Αυτό συμβαίνει γιατί ενδιαφέρει η άποψη των χρηστών για τη θερμοκρασία που διαμορφώνεται στο χώρο τους κατά την παροχή θέρμανσης σε αυτόν. Για τους υπόλοιπους μήνες οι δείκτες διαβάζονται από την εφαρμογή του καλοκαιριού όπου αξιολογείται η παροχή ψύξης από τους χρήστες του κτιρίου.

Έτσι διαμορφώνονται οι παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας 8.53: Δείκτης PMV για κτίριο στην Αθήνα με διπλούς υαλοπίνακες**

<b>Δείκτης PMV για κτίριο στην Αθήνα με διπλούς υαλοπίνακες</b>					
<b>Μήνες\Θερμικές Ζώνες</b>	<b>SHOP</b>	<b>APARTMENT1</b>	<b>APARTMENT2</b>	<b>APARTMENT3</b>	<b>APARTMENT4</b>
<b>Ιανουάριος</b>	0.10	-0.50	-0.48	-0.55	-0.47
<b>Φεβρουάριος</b>	0.12	-0.48	-0.46	-0.54	-0.45
<b>Μάρτιος</b>	0.23	-0.40	-0.35	-0.46	-0.30
<b>Απρίλιος</b>	0.53	0.01	0.12	0.01	0.31
<b>Μάιος</b>	0.10	-0.09	0.02	-0.04	0.16
<b>Ιούνιος</b>	0.37	0.24	0.26	0.22	0.32
<b>Ιούλιος</b>	0.49	0.30	0.31	0.28	0.38
<b>Αύγουστος</b>	0.47	0.30	0.30	0.27	0.37
<b>Σεπτέμβριος</b>	0.33	0.23	0.24	0.20	0.30
<b>Οκτώβριος</b>	-0.14	-0.43	-0.30	-0.45	-0.16
<b>Νοέμβριος</b>	0.43	-0.15	-0.09	-0.25	-0.03
<b>Δεκέμβριος</b>	0.20	-0.42	-0.40	-0.49	-0.38

Πίνακας 8.54: Δείκτης PPD για κτίριο στην Αθήνα με διπλούς υαλοπίνακες

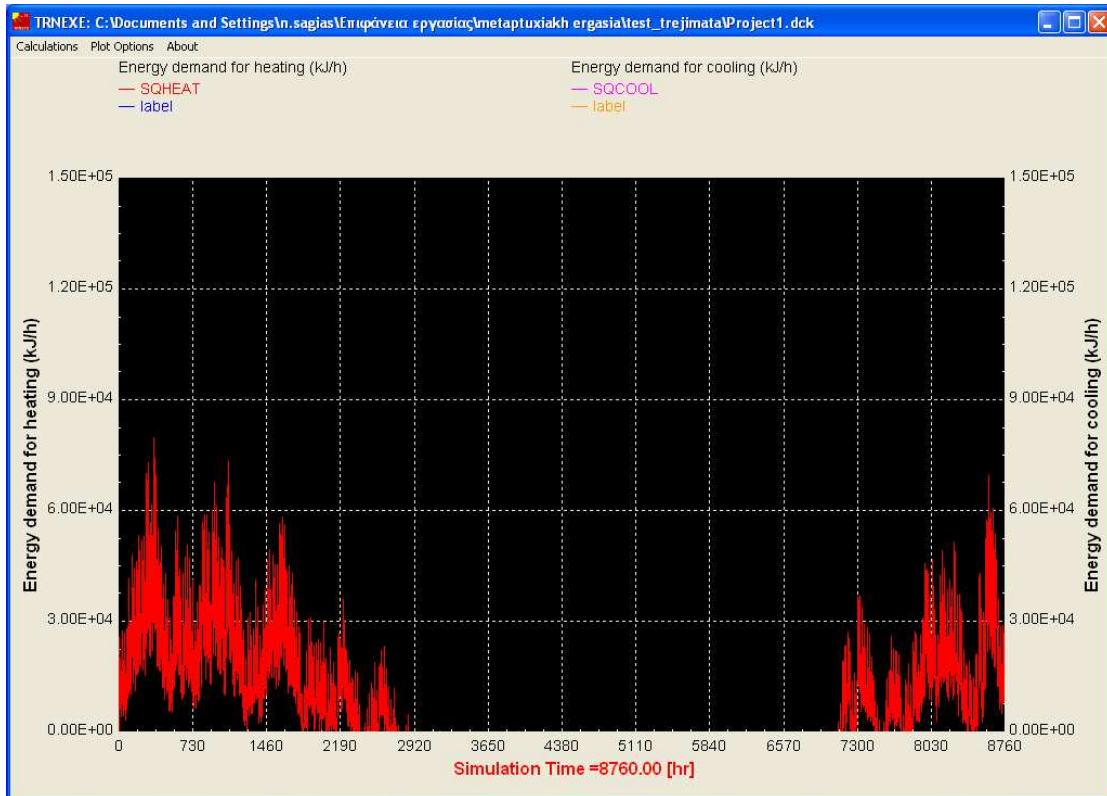
Δείκτης PPD για κτίριο στην Αθήνα με διπλούς υαλοπίνακες					
Μήνες\Θερμικές Ζώνες	SHOP	APARTMENT1	APARTMENT2	APARTMENT3	APARTMENT4
Ιανουάριος	6.97	10.33	9.99	11.45	9.87
Φεβρουάριος	7.10	10.07	9.63	11.14	9.51
Μάρτιος	7.40	8.74	8.15	9.65	7.75
Απρίλιος	12.44	7.22	7.61	7.47	10.38
Μάιος	6.73	6.96	5.98	6.10	5.97
Ιούνιος	9.79	6.41	6.55	6.19	7.38
Ιούλιος	11.98	7.05	7.14	6.76	8.30
Αύγουστος	11.60	6.97	7.05	6.64	8.13
Σεπτέμβριος	8.93	6.28	6.41	5.98	7.05
Οκτώβριος	10.47	17.20	14.44	17.19	11.91
Νοέμβριος	10.08	6.90	6.53	7.34	6.76
Δεκέμβριος	7.22	9.12	8.71	10.26	8.61



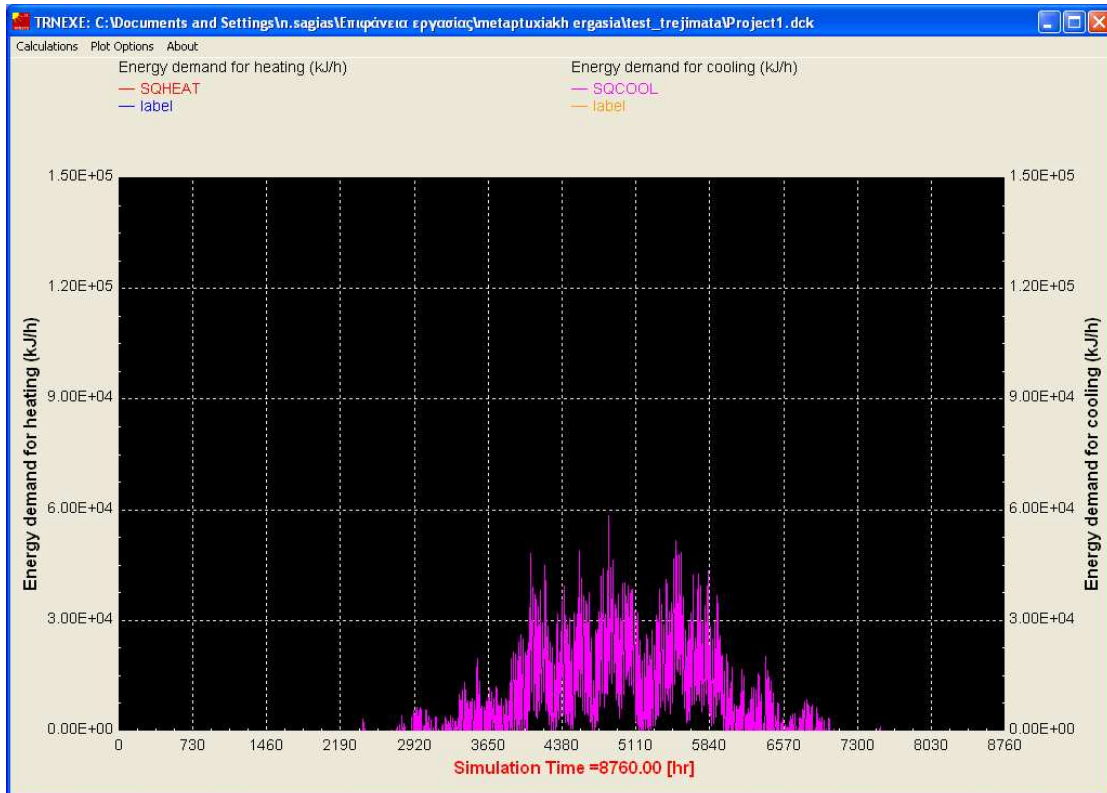
Η προσομοίωση για το ίδιο κτίριο με απλούς υαλοπίνακες και για τα κλιματικά δεδομένα της Αθήνας δίνει τα ακόλουθα αποτελέσματα.

**Πίνακας 8.55: Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης και Ψύξης για την Αθήνα, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες**

Μήνες	Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης		Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης	
	Μηνιαία κατανάλωση σε (kW)	Μηνιαία κατανάλωση σε (kWh/m <sup>2</sup> )	Μηνιαία κατανάλωση σε (kW)	Μηνιαία κατανάλωση σε (kWh/m <sup>2</sup> )
Ιανουάριος	6.71E+00	20.04	0.00E+00	0.00
Φεβρουάριος	6.28E+00	16.93	0.00E+00	0.00
Μάρτιος	4.24E+00	12.65	0.00E+00	0.00
Απρίλιος	1.24E+00	3.57	2.86E-02	0.08
Μάιος	2.15E-04	0.00	6.14E-01	1.83
Ιούνιος	0.00E+00	0.00	3.13E+00	9.03
Ιούλιος	0.00E+00	0.00	5.73E+00	17.09
Αύγουστος	0.00E+00	0.00	5.24E+00	15.63
Σεπτέμβριος	0.00E+00	0.00	1.85E+00	5.34
Οκτώβριος	3.96E-01	1.18	2.72E-01	0.81
Νοέμβριος	2.35E+00	6.77	1.56E-03	0.00
Δεκέμβριος	5.08E+00	15.18	0.00E+00	0.00
<b>Άθροισμα</b>		<b>76.32</b>		<b>49.82</b>
<b>Μέσος Όρος</b>		6.36		4.15



Σχήμα 8.12 Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης για την Αθήνα, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες



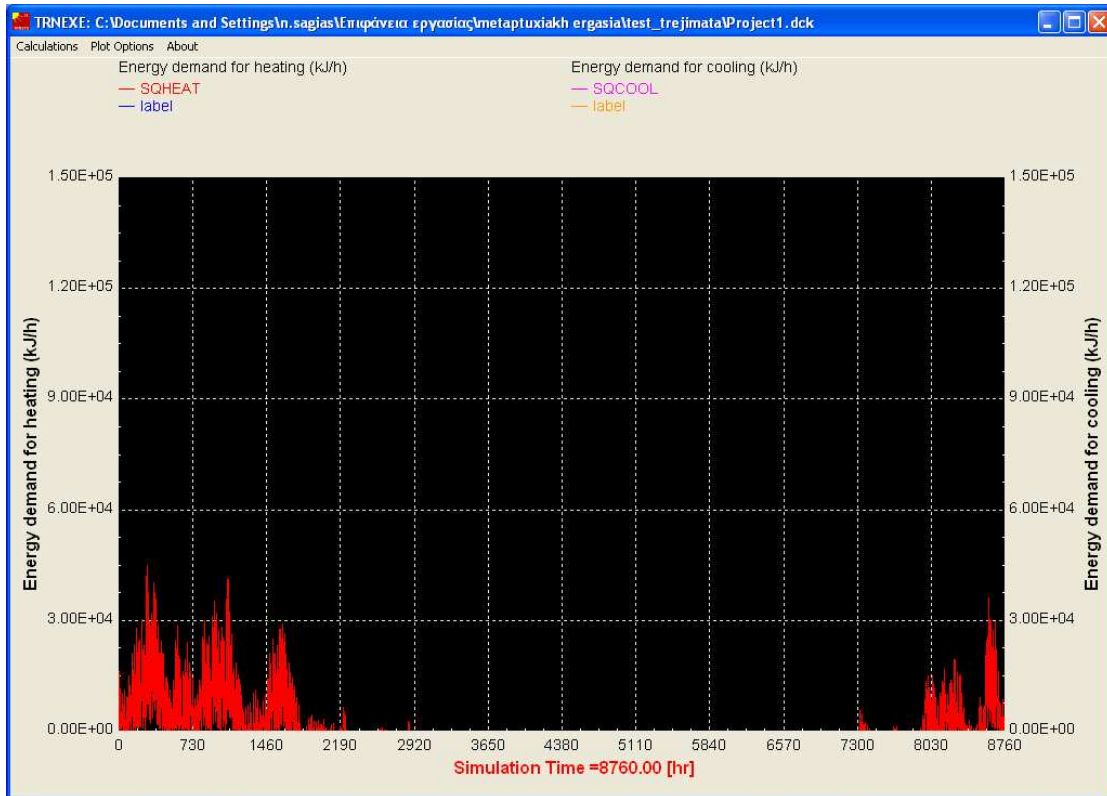
Σχήμα 8.13 Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης για την Αθήνα, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες

### 8.17.2 Ρόδος

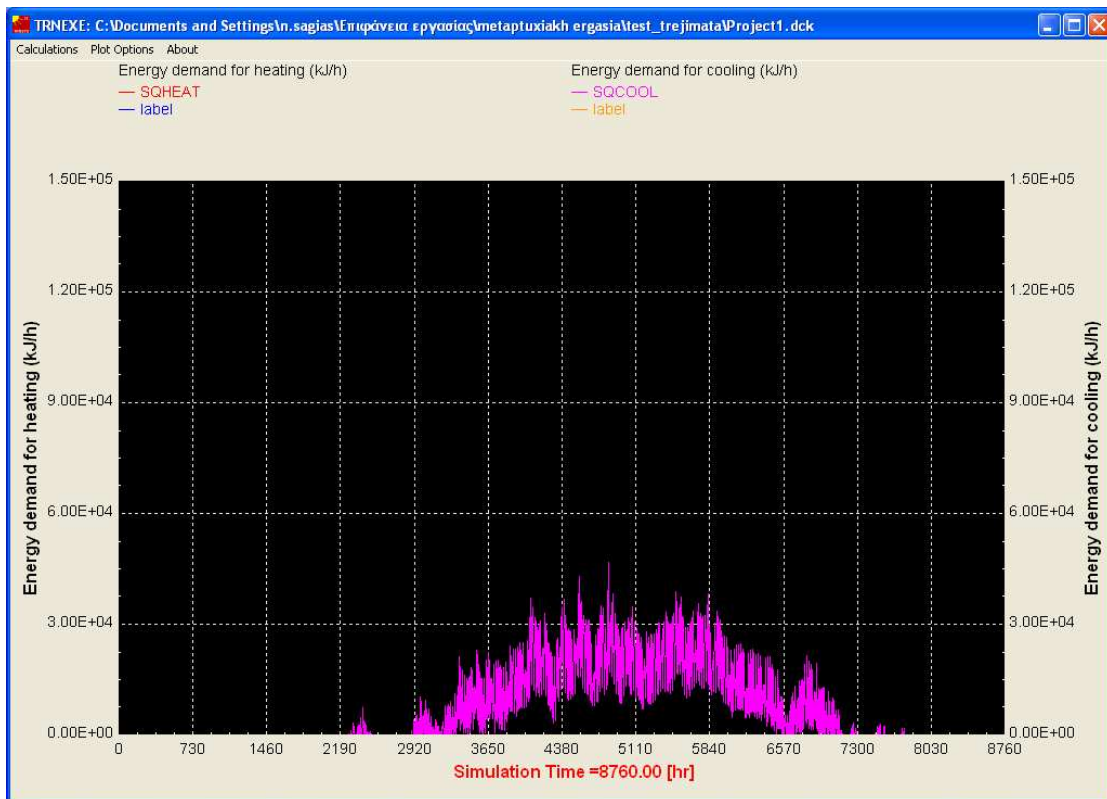
Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την προσομοίωση του κτιρίου με διπλούς υαλοπίνακες για τα κλιματικά δεδομένα της Ρόδου παρατίθενται στη συνέχεια.

**Πίνακας 8.56: Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης και Ψύξης για τη Ρόδο, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες**

Μήνες	Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης		Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης	
	Μηνιαία κατανάλωση σε (kW)	Μηνιαία κατανάλωση σε (kWh/m <sup>2</sup> )	Μηνιαία κατανάλωση σε (kW)	Μηνιαία κατανάλωση σε (kWh/m <sup>2</sup> )
Ιανουάριος	2.17E+00	6.49	0.00E+00	0.00
Φεβρουάριος	1.82E+00	4.90	0.00E+00	0.00
Μάρτιος	8.70E-01	2.60	0.00E+00	0.00
Απρίλιος	4.34E-02	0.13	7.99E-02	0.23
Μάιος	0.00E+00	0.00	1.38E+00	4.11
Ιούνιος	0.00E+00	0.00	4.30E+00	12.42
Ιούλιος	0.00E+00	0.00	6.17E+00	18.40
Αύγουστος	0.00E+00	0.00	6.05E+00	18.05
Σεπτέμβριος	0.00E+00	0.00	3.90E+00	11.28
Οκτώβριος	0.00E+00	0.00	1.32E+00	3.93
Νοέμβριος	1.32E-01	0.38	3.71E-02	0.11
Δεκέμβριος	1.11E+00	3.32	0.00E+00	0.00
<b>Άθροισμα</b>		<b>17.81</b>		<b>68.53</b>
<b>Μέσος Όρος</b>		1.48		5.71



Σχήμα 8.14 Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης για τη Ρόδο, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες

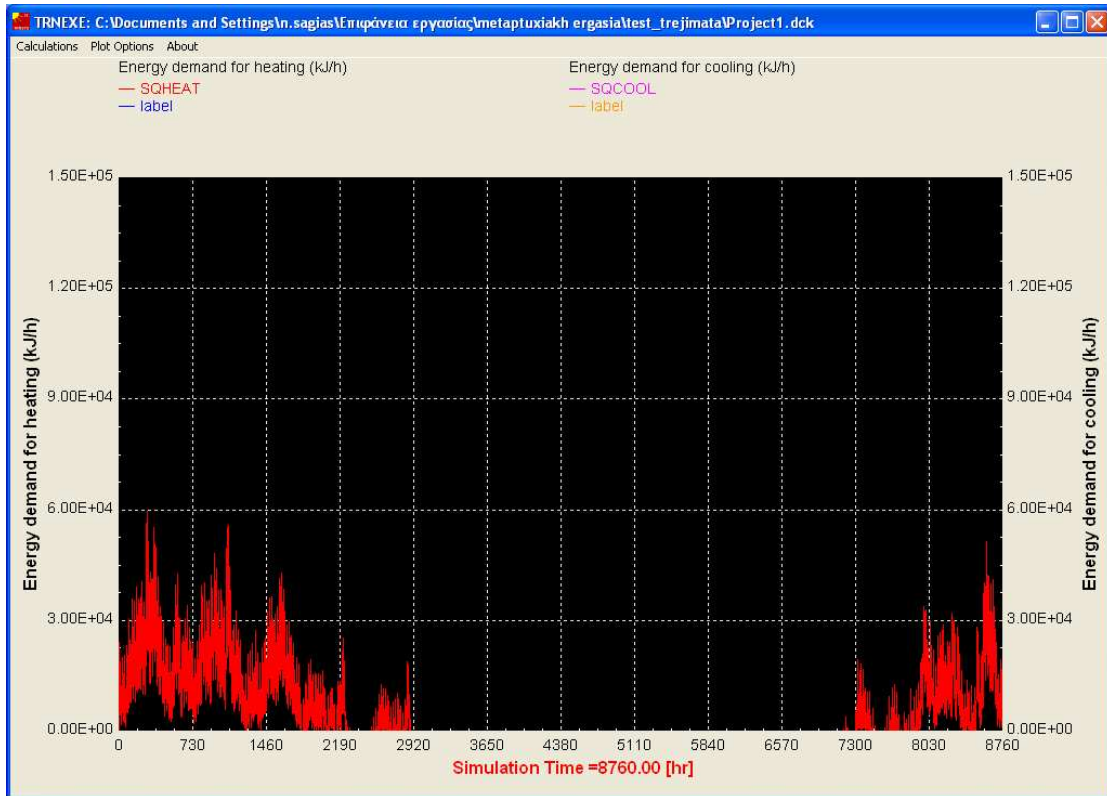


Σχήμα 8.15 Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης για τη Ρόδο, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες

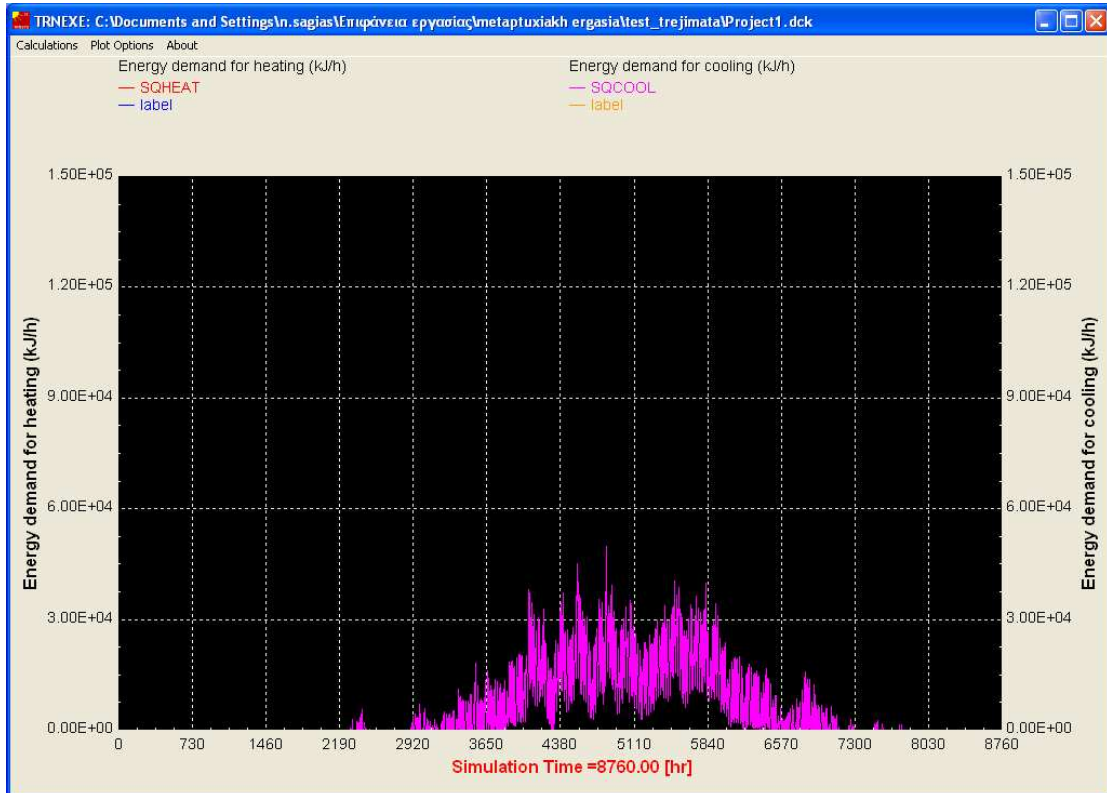
Επίσης, η προσομοίωση του ίδιου κτιρίου με απλούς υαλοπίνακες για τα κλιματικά δεδομένα της Ρόδου δίνει τα εξής αποτελέσματα.

**Πίνακας 8.57: Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης και Ψύξης για τη Ρόδο, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες**

Μήνες	Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης		Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης	
	Μηνιαία κατανάλωση σε (kW)	Μηνιαία κατανάλωση σε (kWh/m <sup>2</sup> )	Μηνιαία κατανάλωση σε (kW)	Μηνιαία κατανάλωση σε (kWh/m <sup>2</sup> )
Ιανουάριος	4.70E+00	14.02	0.00E+00	0.00
Φεβρουάριος	4.22E+00	11.38	0.00E+00	0.00
Μάρτιος	2.67E+00	7.98	0.00E+00	0.00
Απρίλιος	5.20E-01	1.50	5.38E-02	0.16
Μάιος	6.50E-03	0.02	6.18E-01	1.84
Ιούνιος	0.00E+00	0.00	3.10E+00	8.96
Ιούλιος	0.00E+00	0.00	5.55E+00	16.56
Αύγουστος	0.00E+00	0.00	5.44E+00	16.24
Σεπτέμβριος	0.00E+00	0.00	2.79E+00	8.07
Οκτώβριος	3.22E-03	0.01	6.31E-01	1.88
Νοέμβριος	7.98E-01	2.31	2.73E-02	0.08
Δεκέμβριος	3.07E+00	9.16	0.00E+00	0.00
<b>Άθροισμα</b>		<b>46.37</b>		<b>53.79</b>
<b>Μέσος Όρος</b>		3.86		4.48



Σχήμα 8.16 Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης για τη Ρόδο, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες



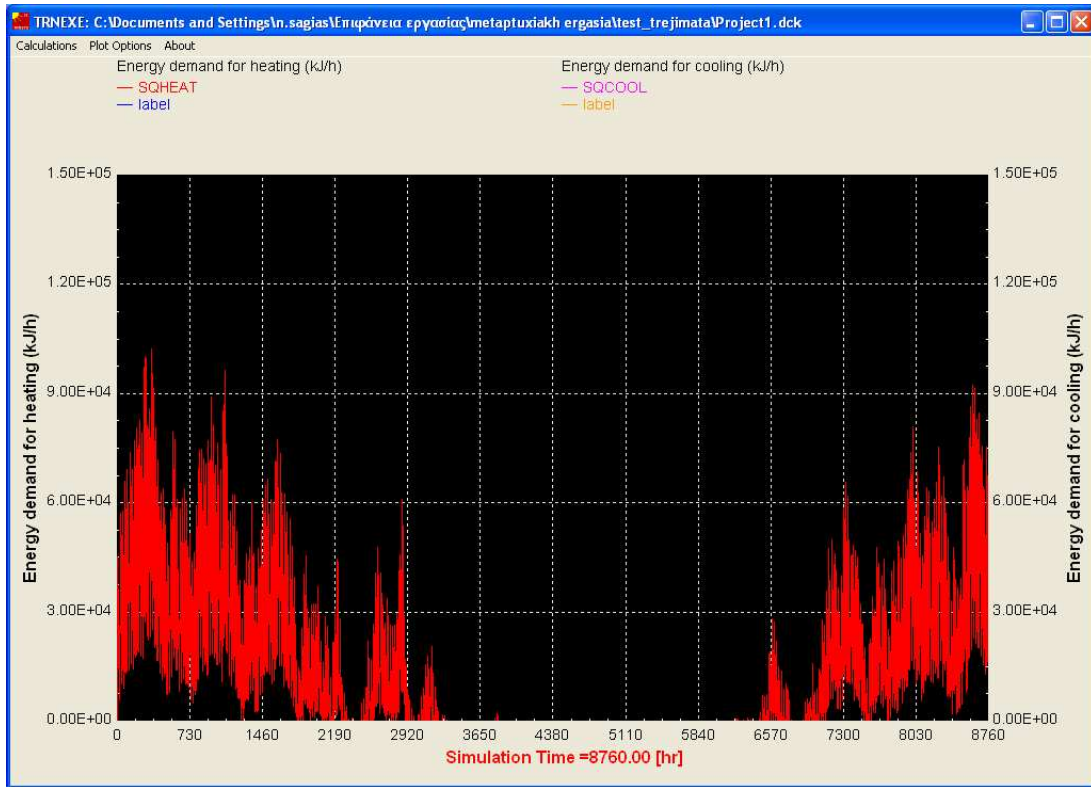
Σχήμα 8.17 Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης για τη Ρόδο, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες

### 8.17.3 Κοζάνη

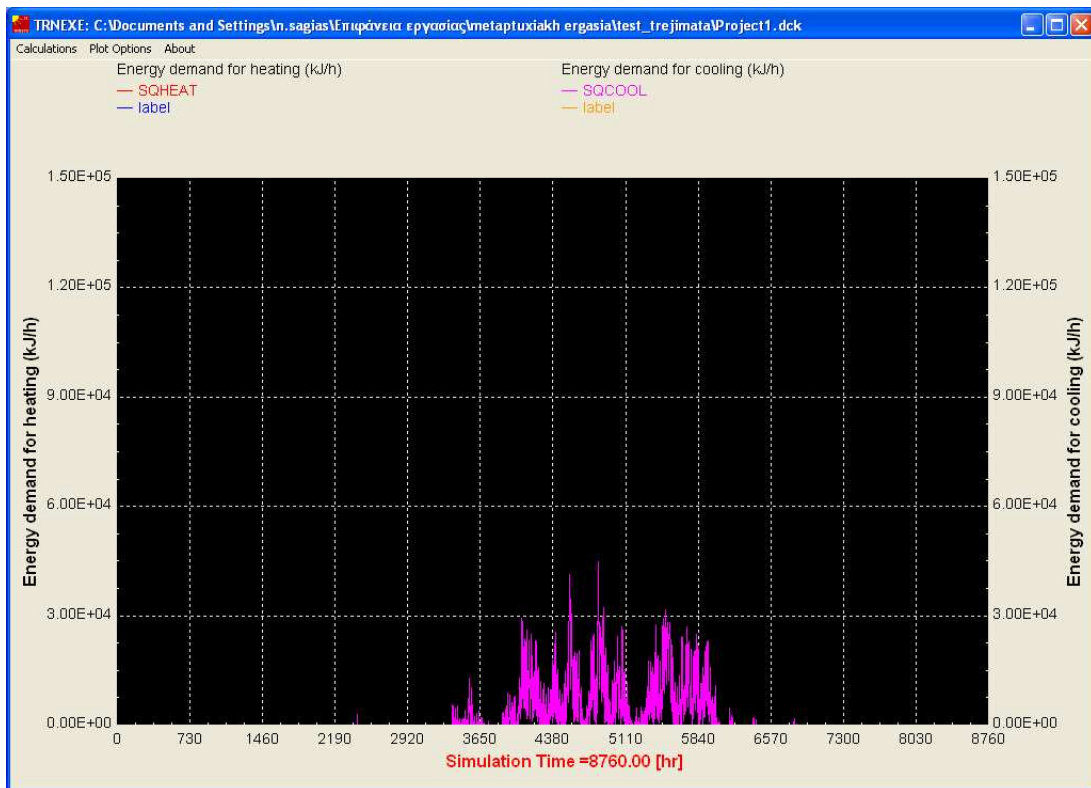
Το τρέξιμο της προσομοίωσης του κτιρίου με διπλούς υαλοπίνακες για τα κλιματικά δεδομένα της Κοζάνης οδηγεί στα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια.

**Πίνακας 8.58: Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης και Ψύξης για την Κοζάνη, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες**

Μήνες	Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης		Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης	
	Μηνιαία κατανάλωση σε (kW)	Μηνιαία κατανάλωση σε (kWh/m <sup>2</sup> )	Μηνιαία κατανάλωση σε (kW)	Μηνιαία κατανάλωση σε (kWh/m <sup>2</sup> )
Ιανουάριος	9.55E+00	28.51	0.00E+00	0.00
Φεβρουάριος	7.91E+00	21.33	0.00E+00	0.00
Μάρτιος	5.09E+00	15.19	0.00E+00	0.00
Απρίλιος	2.23E+00	6.46	5.70E-03	0.02
Μάιος	3.88E-01	1.16	1.59E-01	0.47
Ιούνιος	3.02E-03	0.01	1.24E+00	3.58
Ιούλιος	0.00E+00	0.00	2.67E+00	7.96
Αύγουστος	0.00E+00	0.00	2.35E+00	7.03
Σεπτέμβριος	5.33E-02	0.15	6.10E-01	1.76
Οκτώβριος	1.73E+00	5.18	3.08E-03	0.01
Νοέμβριος	5.25E+00	15.17	0.00E+00	0.00
Δεκέμβριος	8.36E+00	24.97	0.00E+00	0.00
<b>Άθροισμα</b>		<b>118.12</b>		<b>20.83</b>
<b>Μέσος Όρος</b>		9.84		1.74



Σχήμα 8.18 Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης για την Κοζάνη, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες



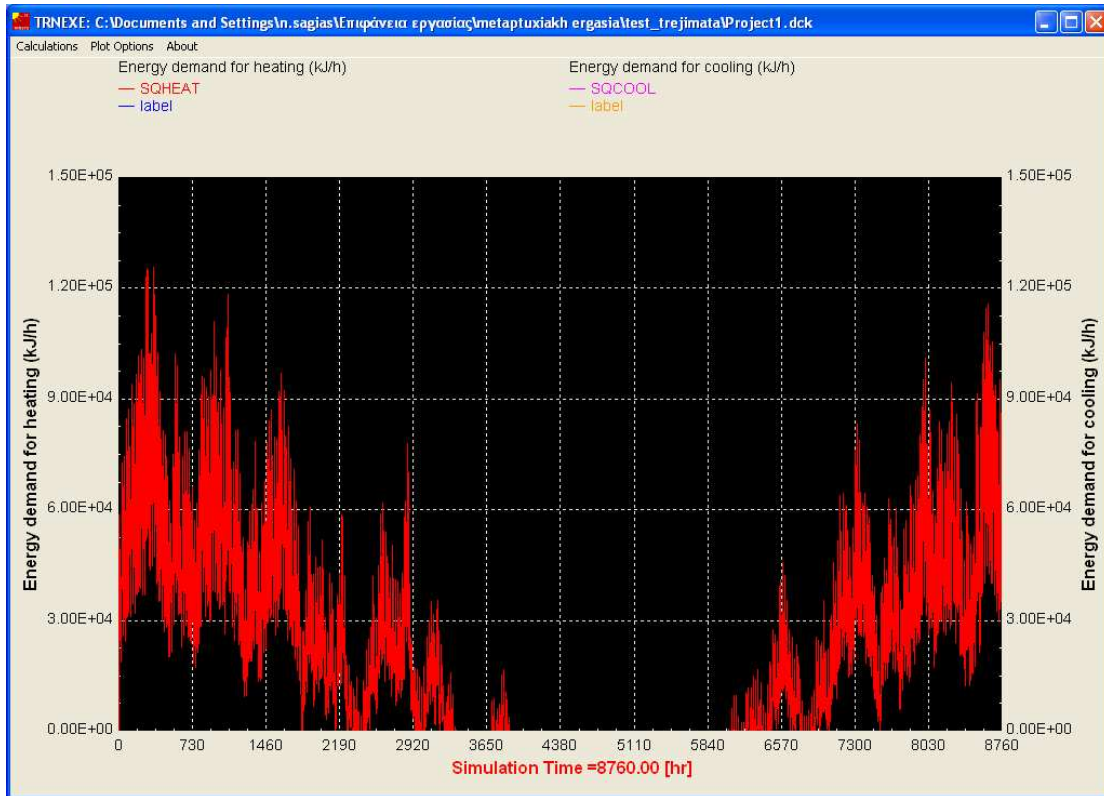
Σχήμα 8.19 Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης για την Κοζάνη, κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες



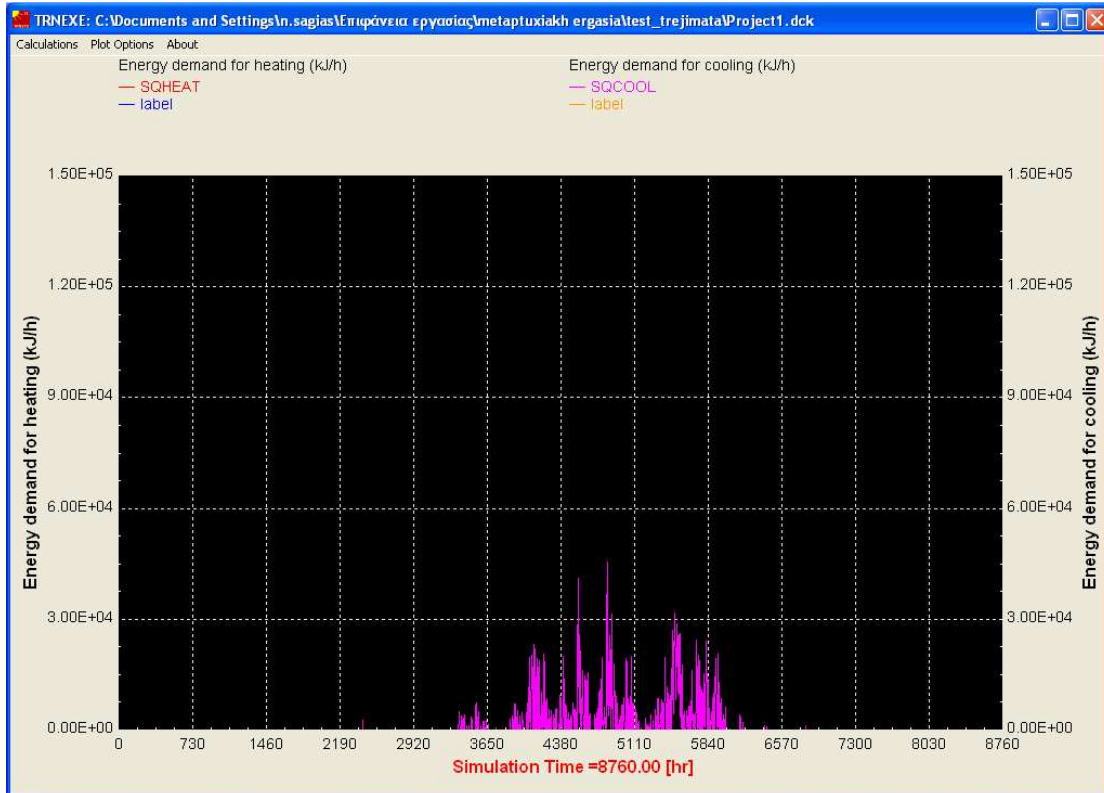
Το ίδιο κτίριο με απλούς υαλοπίνακες, για τα κλιματικά δεδομένα της Κοζάνης κατά την προσομοίωση της λειτουργίας του δίνει τα ακόλουθα αποτελέσματα.

**Πίνακας 8.59: Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης και Ψύξης για την Κοζάνη, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες**

Μήνες	Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης		Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης	
	Μηνιαία κατανάλωση σε (kW)	Μηνιαία κατανάλωση σε (kWh/m <sup>2</sup> )	Μηνιαία κατανάλωση σε (kW)	Μηνιαία κατανάλωση σε (kWh/m <sup>2</sup> )
Ιανουάριος	1.45E+01	43.19	0.00E+00	0.00
Φεβρουάριος	1.24E+01	33.39	0.00E+00	0.00
Μάρτιος	8.78E+00	26.22	0.00E+00	0.00
Απρίλιος	4.87E+00	14.08	4.30E-03	0.01
Μάιος	1.42E+00	4.24	9.68E-02	0.29
Ιούνιος	1.34E-01	0.39	7.05E-01	2.04
Ιούλιος	0.00E+00	0.00	1.56E+00	4.65
Αύγουστος	1.42E-04	0.00	1.47E+00	4.39
Σεπτέμβριος	5.61E-01	1.62	3.50E-01	1.01
Οκτώβριος	4.04E+00	12.07	1.88E-03	0.01
Νοέμβριος	8.88E+00	25.66	0.00E+00	0.00
Δεκέμβριος	1.29E+01	38.61	0.00E+00	0.00
<b>Άθροισμα</b>		<b>199.48</b>		<b>12.39</b>
<b>Μέσος Όρος</b>		16.62		1.03



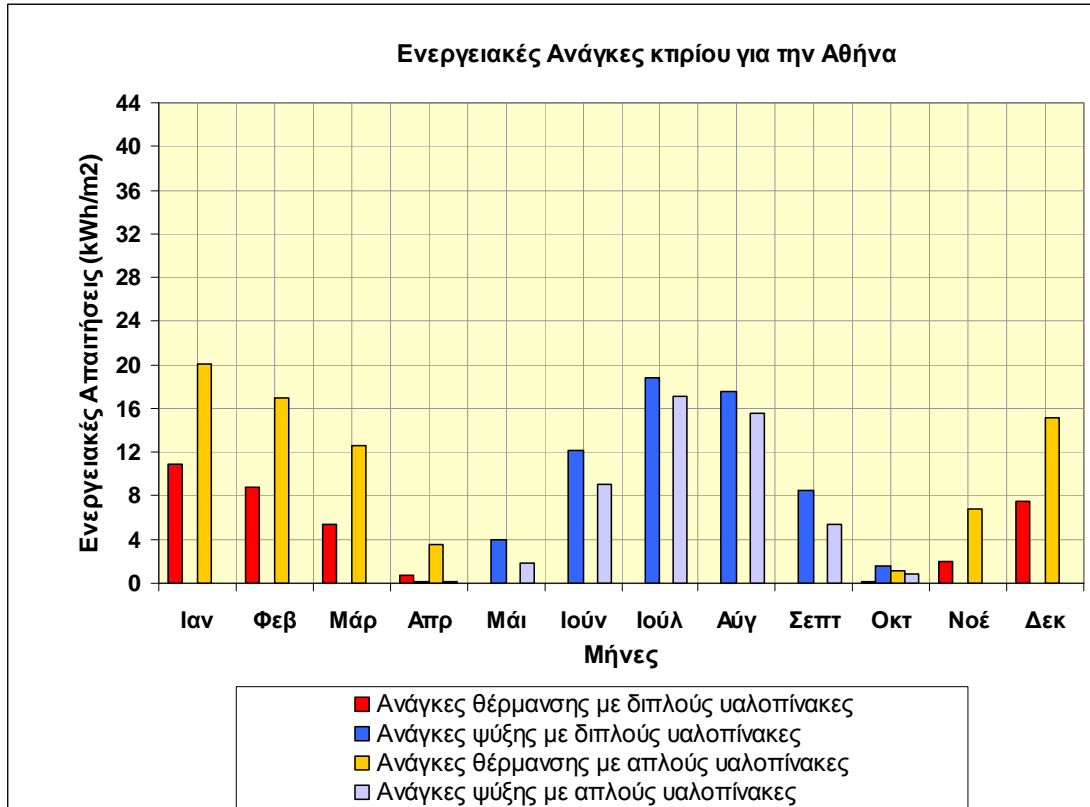
Σχήμα 8.20 Ενεργειακές Ανάγκες Θέρμανσης για την Κοζάνη, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες



Σχήμα 8.21 Ενεργειακές Ανάγκες Ψύξης για την Κοζάνη, κτίριο με απλούς υαλοπίνακες

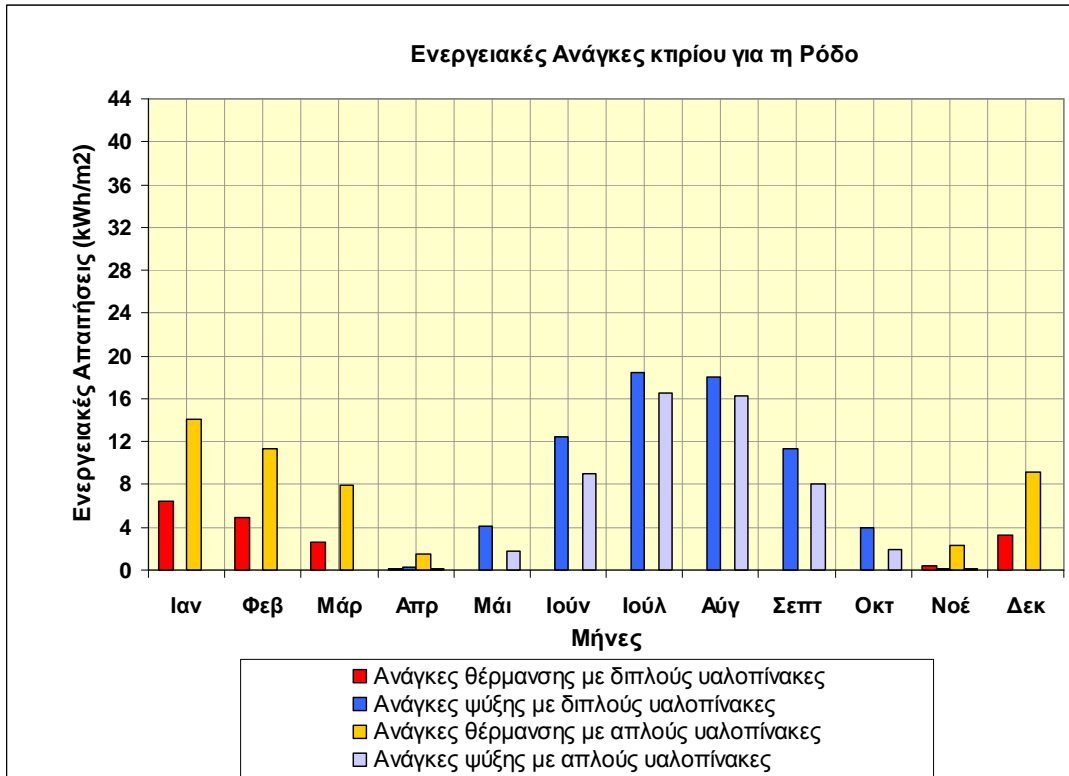
### 8.18 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

Με επεξεργασία των παραπάνω στοιχείων στο Excel δημιουργούνται τα επόμενα διαγράμματα που διευκολύνουν το σχολιασμό των αποτελεσμάτων.



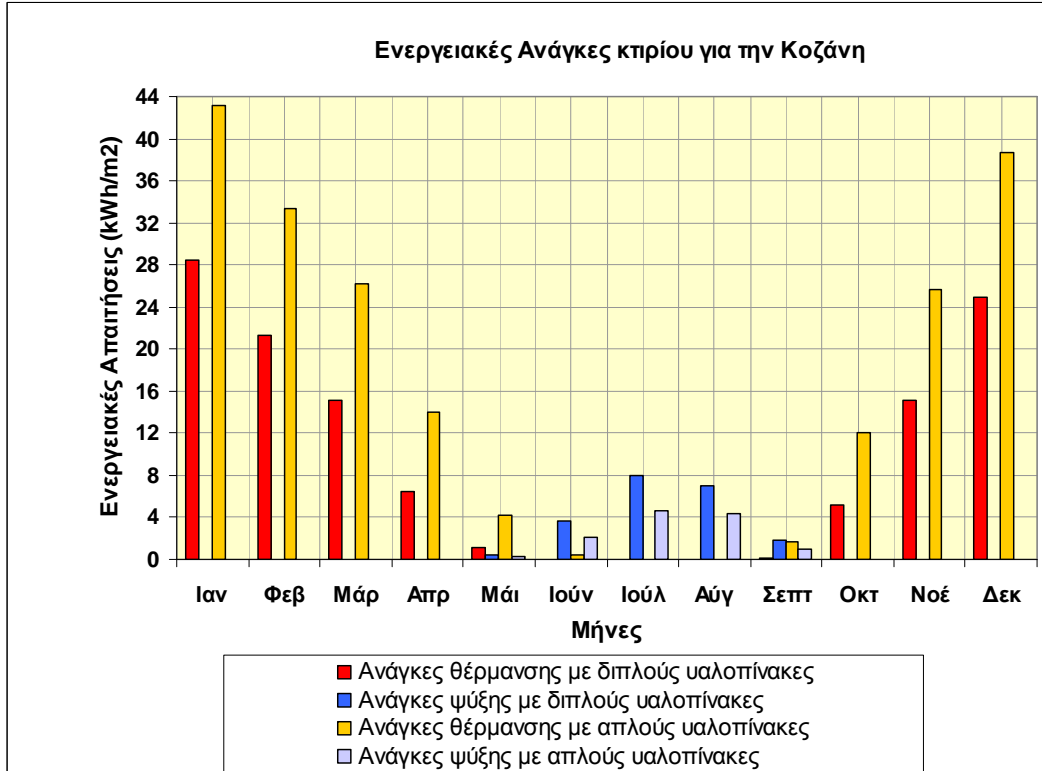
**Σχήμα 8.22 Ενεργειακές Ανάγκες για την Αθήνα**

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα



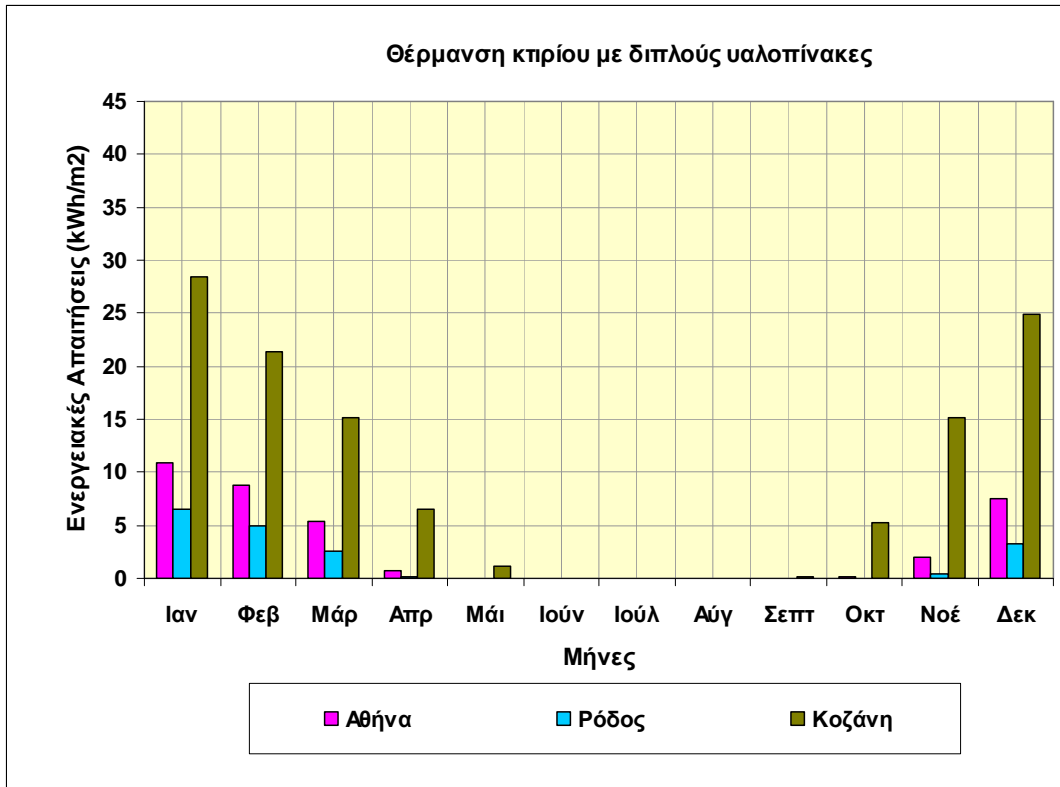
**Σχήμα 8.23 Ενεργειακές Ανάγκες για τη Ρόδο**

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα



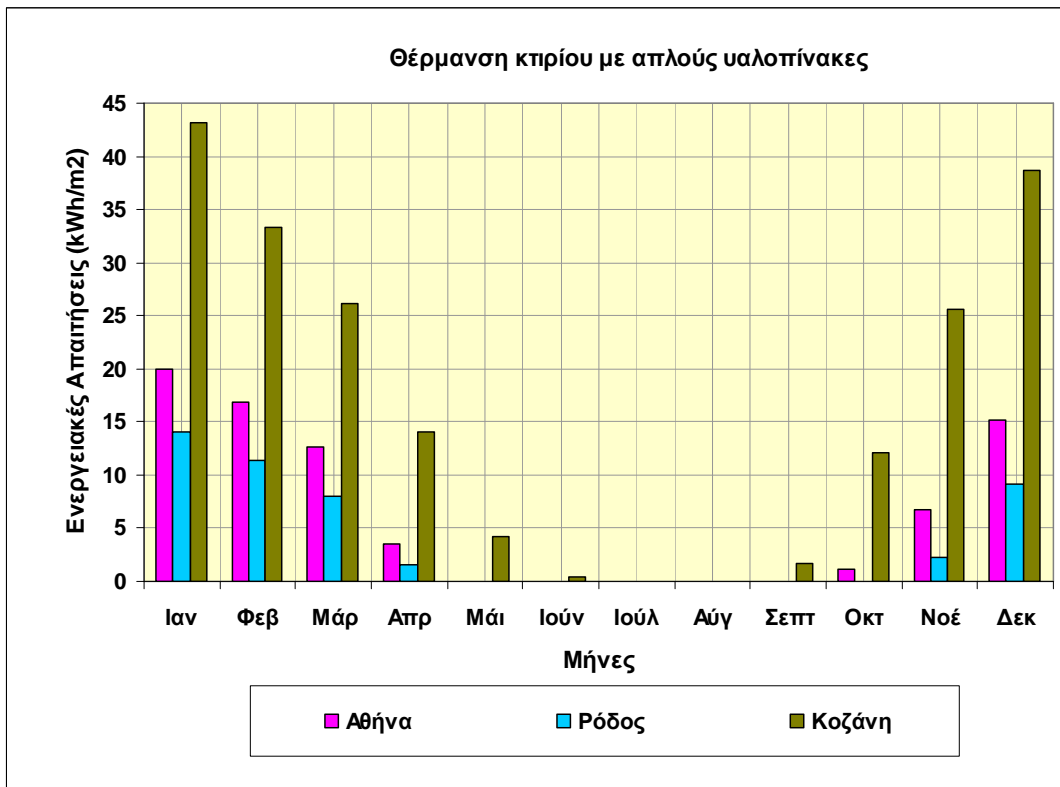
**Σχήμα 8.24 Ενεργειακές Ανάγκες για την Κοζάνη**

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα



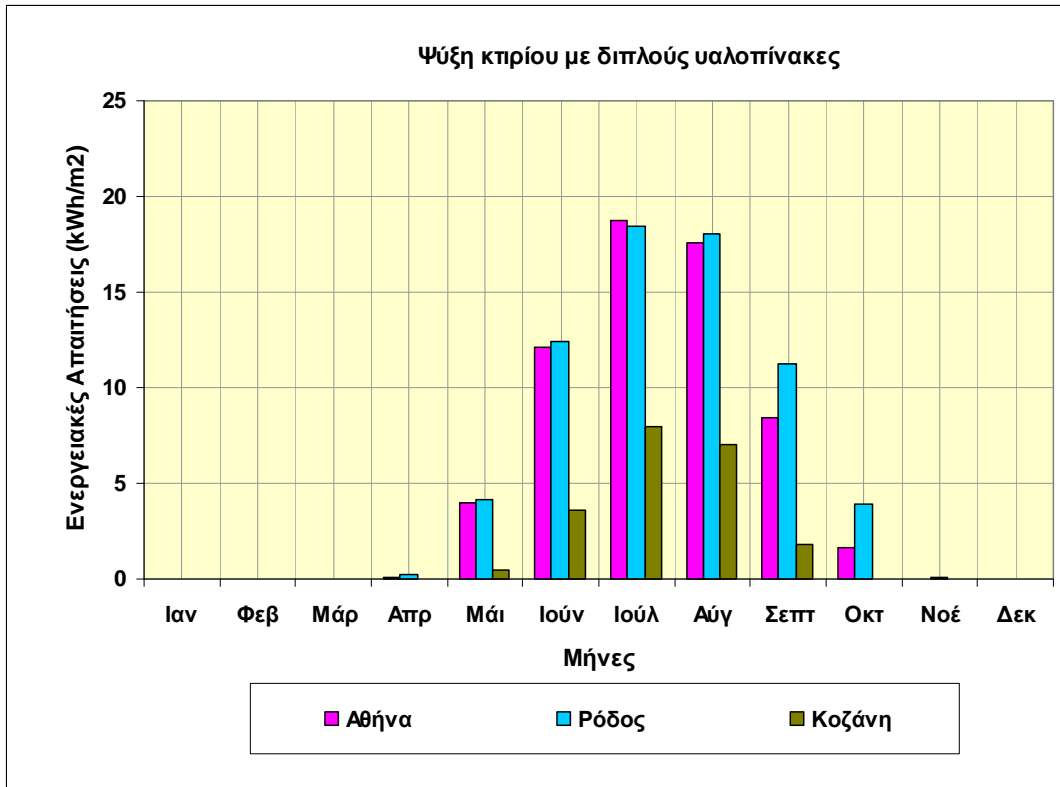
**Σχήμα 8.25 Θέρμανση κτιρίου με διπλούς υαλοπίνακες**

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα



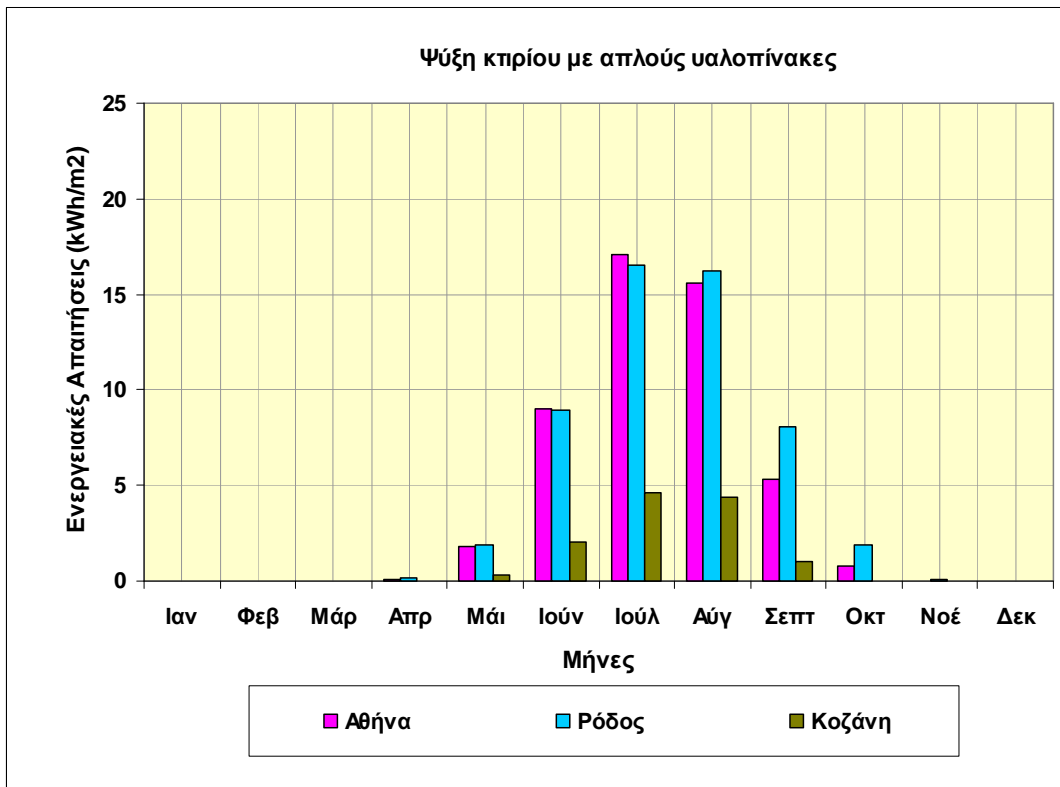
**Σχήμα 8.26 Θέρμανση κτιρίου με απλούς υαλοπίνακες**

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα



Σχήμα 8.27 Ψύξη κτιρίου με διπλούς υαλοπίνακες

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα



Σχήμα 8.28 Ψύξη κτιρίου με απλούς υαλοπίνακες

Πηγή: Επεξεργασία από τη συγγραφέα

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία ο πιο κρύος μήνας του έτους χαρακτηρίζεται ο Ιανουάριος, ενώ ο πιο θερμός ο Ιούλιος.

Παρατηρείται ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση του κτιρίου υποδιπλασιάζονται με τη χρήση διπλών υαλοπινάκων, ενώ οι ανάγκες για ψύξη αυξάνονται σε ποσοστό περίπου 20%. Άρα, το συνολικό κέρδος από την εξοικονόμηση ενέργειας είναι σημαντικό.

Όπως είναι αναμενόμενο οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση αυξάνονται καθώς μεταβαίνει κανείς από θερμότερη προς ψυχρότερη κλιματική ζώνη. Στο σημείο όμως αυτό αξίζει να επισημανθεί ότι η μοντελοποίηση του κελύφους του κτιρίου έγινε για τη δεύτερη κλιματική ζώνη και όλες οι προσομοιώσεις χρησιμοποίησαν την ίδια μοντελοποίηση. Ενδεχομένως για τον προσδιορισμό ακριβέστερων αποτελεσμάτων θα έπρεπε η μοντελοποίηση του κελύφους να μεταβάλλεται κάθε φορά ώστε να συμβαδίζει με τις απαιτήσεις θερμομόνωσης της κλιματικής ζώνης στην οποία αυτό εντάσσεται. Όμως, η διαδικασία αυτή δεν ανταποκρίνεται στα ερωτήματα της παρούσας μελέτης και επιπλέον οι ενεργειακές αποκλίσεις θεωρούνται μικρές.

Συγκεκριμένα, ο Κανονισμός Θερμομόνωσης (1979) αναφέρει ότι δάπεδα κείμενα επί του εδάφους ή υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου χώρου (υπογείου, ημιυπόγειου, ισογείου ή και ορόφου) καθώς και διαχωριστικοί τοίχοι προς μη θερμαινόμενους κλειστούς χώρους πρέπει να έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας ο οποίος να μην υπερβαίνει τα 3.0 W/m<sup>2</sup>K για την πρώτη κλιματική ζώνη, τα 1.9 W/m<sup>2</sup>K για τη δεύτερη και τα 0.7 W/m<sup>2</sup>K για την τρίτη. Επίσης, κάθε οριζόντια επιφάνεια και οροφή που διαχωρίζει θερμαινόμενο χώρο με τον ελεύθερο αέρα είτε προς τα άνω είτε προς τα κάτω πρέπει να έχει συντελεστή θερμοπερατότητας μικρότερο ή ίσο με 0.5 W/m<sup>2</sup>K. Ακόμα, οι εξωτερικοί τοίχοι συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων από σκυρόδεμα (δοκοί και υποστυλώματα) κάθε κτιρίου δεν επιτρέπεται να έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας μεγαλύτερο από 0.7 W/m<sup>2</sup>K.

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία των Πινάκων 8.3, 8.4, 8.5, 8.6 και 8.7 όλοι οι τοίχοι που χρησιμοποιήθηκαν στην μοντελοποίηση πληρούν τις απαιτήσεις του κανονισμού για την πρώτη και δεύτερη κλιματική ζώνη ενώ έχουν μικρές αποκλίσεις από την τρίτη. Η μόνη υπέρβαση των συντελεστών αφορά τα τμήματα των οροφών του τρίτου και τέταρτου διαμερίσματος που χρησιμοποιούνται ως εξώστες και έχουν τον ίδιο συντελεστή με αυτόν που χρησιμοποιείται για δάπεδο ενδιάμεσου ορόφου και ορόφου που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (αποθήκη, μηχανοστάσιο).

Ακόμα, σύμφωνα με τον Κανονισμό ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου  $k_m$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$k_m = \frac{k_w F_w + k_f F_f + 1.0 k_d F_d + 0.5 k_g F_g + k_{DL} F_{DL}}{F} \quad (8.23)$$

όπου  $k_w$  ο συντελεστής θερμοπερατότητας των εξωτερικών τοιχωμάτων συμπεριλαμβανομένων τυχόν κατασκευών από υαλότουβλα,  $k_f$  ο

συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων,  $k_D$  ο συντελεστής θερμοπερατότητας επιφάνειας οροφής η οποία διαχωρίζει χώρους διαμονής από τον εξωτερικό αέρα προς τα άνω ή θερμομονωθείσας στέγης ή επιφάνειας οροφής κάτω από μη θερμομονωθείσα στέγη,  $k_G$  ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου του κτιρίου εφόσον αυτό δε συνορεύει με τον εξωτερικό αέρα ή της επιφάνειας οροφής μη κατοικούμενου υπογείου και  $k_{DL}$  ο συντελεστής θερμοπερατότητας επιφάνειας που διαχωρίζει χώρους διαμονής από τον εξωτερικό αέρα προς τα κάτω (δάπεδο πάνω από πιλοτή), ενώ οι συντελεστές  $F_W$ ,  $F_F$ ,  $F_D$ ,  $F_G$ ,  $F_{DL}$  είναι τα εμβαδά των αντίστοιχων επιφανειών.

$$\text{Ισχύει ότι } F = F_W + F_F + F_D + F_G + F_{DL} \quad (8.24)$$

και  $F$  είναι η συνολική εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου.

Έτσι για το κτίριο μελέτης που διαθέτει διπλούς υαλοπίνακες ο ζητούμενος συντελεστής ισούται με:

$$k_m = \frac{256.63 + 113.27 + 1.0 \cdot 93.83 + 0.5 \cdot 64.46 + 0}{715.89} = 0.693 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

όπου,

$$k_W F_W = 0.596 \cdot (7.82 \cdot 18 - 22.7) + 0.632 \cdot (7.82 \cdot 18 - 27.14 - 4.27) + 0.421 \cdot [(9.98 + 9.40 + 9.40 + 8.10 + 6.10 + 3.40) \cdot 3 \cdot 2] = 70.36 + 69.11 + 117.16 = 256.63 \text{ W / K}$$

$$k_F F_F = 5.458 \cdot (7.22 + 4.05) + 1.06 \cdot [(2.88 + 2 \cdot (1.54 + 0.48) + 1.73 + 2.30 + 0.48) + (2 \cdot (4.14 + 2.53) + 7.36 + 2 \cdot 3.22)] + 2.547 \cdot 4.27 = 61.51 + 12.12 + 28.77 + 10.88 = 113.27 \text{ W / K}$$

$$k_D F_D = 0.817 \cdot (7.82 \cdot 9.98 - 26.588) + 1.948 \cdot 26.588 = 42.04 + 51.79 = 93.83 \text{ W / K}$$

$$k_G F_G = 0.826 \cdot (7.82 \cdot 9.98) = 64.46 \text{ W / K}$$

$$k_{DL} F_{DL} = 0 \text{ W / K}, \text{ αφού το κτίριο δεν έχει πιλοτή.}$$

$$\text{Είναι } F = 505.69 + 54.11 + 78.04 + 78.04 + 0 = 715.89 \text{ m}^2 .$$

Ο λόγος  $F/V$  προσδιορίζεται από τη διαίρεση της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου που υπολογίστηκε και με την οποία αυτό συναλλάσσει θερμότητα με το εξωτερικό περιβάλλον προς το περικλειόμενο από αυτήν την επιφάνεια όγκο  $V$ .



Είναι  $V = 7.82 \cdot (9.98 + 9.40 + 9.40 + 8.10 + 6.10 + 3.40) \cdot 3 = 1088m^3$

$$\text{Άρα, } \frac{F}{V} = \frac{715.89m^2}{1088m^3} = 0.658m^{-1} \leq 0.7m^{-1}$$

Από πίνακα του Κανονισμού προκύπτει ότι για λόγο  $\frac{F}{V} \leq 0.6m^{-1}$  ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου  $k_m$  δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή 1.198 W/m<sup>2</sup>K για την πρώτη κλιματική ζώνη, την τιμή 0.924 W/m<sup>2</sup>K για τη δεύτερη και την τιμή 0.738 W/m<sup>2</sup>K για την τρίτη, ενώ για λόγο  $\frac{F}{V} \leq 0.7m^{-1}$  τα αντίστοιχα όρια των τιμών του  $k_m$  ανά κλιματική ζώνη είναι 1.145 W/m<sup>2</sup>K, 0.872 W/m<sup>2</sup>K και 0.698 W/m<sup>2</sup>K. Επομένως το κτίριο πληρεί τις προδιαγραφές του Κανονισμού για κάθε κλιματική ζώνη.

Το άθροισμα των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση και ψύξη αποτελεί το σύνολο της απαιτούμενης θερμικής ενέργειας. Στην παρούσα υπολογιστική διαδικασία, το άθροισμα αυτό ανέρχεται, για κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες, για την πόλη της Ρόδου (α' κλιματική ζώνη) σε 86.3 kWh/m<sup>2</sup>, για την πόλη της Αθήνας (β' κλιματική ζώνη) σε 98.0 kWh/m<sup>2</sup> και για την πόλη της Κοζάνης (δ' κλιματική ζώνη) σε 139.0 kWh/m<sup>2</sup>.

Ενδεικτικές τιμές ετήσιας κατανάλωσης θερμικής ενέργειας σε κτίριο διαμερισμάτων της δεκαετίας του 1980 είναι (Balagas et al., 2007): 65.3 kWh/m<sup>2</sup> για την πρώτη κλιματική ζώνη, 93.7 kWh/m<sup>2</sup> για την δεύτερη, 110.8 kWh/m<sup>2</sup> για την τρίτη και 129.8 kWh/m<sup>2</sup> για την τέταρτη. Επίσης, για πολυκατοικία στο νομό Αττικής, κατασκευής της δεκαετίας του 1980, με διπλούς υαλοπίνακες, η ετήσια κατανάλωση για θέρμανση υπολογίζεται σε 55.6 kWh/m<sup>2</sup> και 149 kWh/m<sup>2</sup> για ψύξη (Σαγιά, 2007). Η ίδια πολυκατοικία με απλούς υαλοπίνακες υπολογίζεται ότι θα καταναλώνει 89.4 kWh/m<sup>2</sup> για θέρμανση και 159.3 kWh/m<sup>2</sup> για ψύξη. Ακόμα, σε άλλη μελέτη οι θερμικές ενεργειακές καταναλώσεις ενός κτιρίου διαμερισμάτων με διπλούς υαλοπίνακες ανέρχονται σε 76.6 kWh/m<sup>2</sup> για την Αθήνα, 90.5 kWh/m<sup>2</sup> για τη Θεσσαλονίκη και 54.5 kWh/m<sup>2</sup> για το Ηράκλειο της Κρήτης (Σαγιά, 2005). Επιπλέον, αναφέρεται η ιστοσελίδα του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) που είναι εύκολα προσβάσιμη στο ευρύ κοινό και έχει σχετικές μελέτες περιπτώσεων: [www.cres.gr](http://www.cres.gr).

Είναι αναμενόμενο οι αρχικά υπολογισθείσες δαπάνες ενός κτιρίου να διαφέρουν από την τελική του κατανάλωση. Αυτό συμβαίνει διότι είναι καθοριστική η συμπεριφορά των χρηστών και η αλλαγή χρήσης των χώρων του κτιρίου η οποία δεν μπορεί εκ των προτέρων να προβλεφθεί. Επίσης, τα αποτελέσματα των διαφόρων μελετών δεν είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους καθώς διαφοροποιούνται τόσο οι παραδοχές κάθε μέλετης όσο και η υπολογιστική διαδικασία και οι μέθοδοι υλοποίησής της. Ωστόσο, η βιβλιογραφική έρευνα εναλλακτικών περιπτώσεων είναι χρήσιμη καθώς συμβάλλει στη διαμόρφωση μιας γενικής εικόνας για την τάξη μεγέθους των ενεργειακών απαιτήσεων και καταναλώσεων των κτιρίων.

Ακόμα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η άποψη των χρηστών του κτιρίου για τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται μέσα σε αυτό καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Στην παρούσα εργασία μελετάται το κτίριο με διπλούς υαλοπίνακες στην περιοχή της Αθήνας, γεγονός που αντιπροσωπεύει τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του.

Η Μέση Ψήφος (PMV), όπως έχει αναφερθεί, προβλέπει τη μέση τιμή ψήφων μιας μεγάλης ομάδας ανθρώπων για τη θερμοκρασία ενός χώρου στην ακόλουθη κλίμακα: +3 πολύ θερμό, +2 θερμό, +1 λίγο θερμό, 0 ουδέτερο, -1 ελαφρά ψυχρό, -2 ψυχρό και -3 πολύ ψυχρό. Παρατηρώντας τα στοιχεία του Πίνακα 8.54 προκύπτει ότι η θερμική αίσθηση των χρηστών του κτιρίου βρίσκεται στην περιοχή γύρω από το ουδέτερο και κυμαίνεται από 0.49 έως -0.55 για όλες τις θερμικές ζώνες των οποίων η θερμοκρασία ελέγχεται με μηχανικά συστήματα. Η διαπίστωση αυτή είναι επιθυμητή καθώς συνίσταται κατά ISO 7730 ο δείκτης PMV να κυμαίνεται από -0.5 έως 0.5.

Επίσης, στις θερμικές ζώνες που μελετώνται το Εκατοστιαίο Ποσοστό των Δυσανεστημένων (PPD) δεν υπερβαίνει κατά πολύ το όριο του 10% όλο το χρόνο (βλ. Πίνακας 8.55). Εξαιρέση παρουσιάζει ο μήνας Οκτώβριος που τα ποσοστά κυμαίνονται από 10.47% έως 17.20%. Τα ποσοστά αυτού του μήνα δεν θεωρούνται ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικά για τη γνώμη των ενοίκων καθώς το λογισμικό δεν είναι τόσο δυναμικό ώστε να συνεκτιμά τη μεταβολή του ρουχισμού που βαθμιαία σημειώνεται μέσα στο μήνα. Έτσι καθώς ο μήνας προσομοιώνεται με το καλοκαιρινό μοντέλο ένδυσης είναι λογικό να προκύπτουν αποτελέσματα μεγαλύτερης δυσανεσκειας. Επί της ουσίας πάντως οι τιμές του δείκτη PPD χαρακτηρίζονται αποδεκτές και δεν εμφανίζουν μεγάλη απόκλιση από τις απαιτήσεις του ISO 7730 που θέτει ως μέγιστο όριο δυσανεστημένων περίπου το 10% των χρηστών.

## **Συμπεράσματα**

Η ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης οδηγεί στην εξαγωγή κάποιων πολύ χρήσιμων συμπερασμάτων.

Πρώτον, για την ορθή υλοποίηση τέτοιου είδους προσομοιώσεων και την ευρεία εφαρμογή των αποτελεσμάτων τους στην ελληνική αγορά είναι απαραίτητη η θέσπιση και η εύρυθμη λειτουργία του κατάλληλου θεσμικού πλαισίου. Η σαφής μεθοδολογία για την πραγματοποίηση τέτοιων μελετών θα επιλύσει προβλήματα που δημιουργούνται όχι μόνο κατά την υλοποίηση των μοντελοποιήσεων αλλά και κατά την εξαγωγή και ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Δεύτερον, οι συντελεστές θερμοπερατότητας των τοίχων, όπως αυτοί προκύπτουν ως άθροισμα των ιδιοτήτων των στρωμάτων των υλικών που τους αποτελούν, και των υαλοπινάκων επιδρούν σε μεγάλο βαθμό στο ποσό θερμότητας που συναλλάσει το κτίριο με το περιβάλλον του. Στις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου σημαντικό ρόλο εκτός από τη θερμοπερατότητα του κελύφους παίζουν οι θερμοκρασίες που οι χρήστες επιθυμούν να αναπτύσσονται μέσα σε αυτό. Για την ανάπτυξη και διατήρηση αυτών των θερμοκρασιών σε ετήσια κλίμακα απαιτούνται σημαντικά ποσά ενέργειας που αυξάνονται καθώς το κλίμα μεταβάλλεται από ήπιο μεσογειακό σε ηπειρωτικό. Η θερμική αίσθηση που αποκομίζουν οι ένοικοι από τη διαβίωση τους σε αυτές τις θερμοκρασίες έχει να κάνει με την ποιότητα ζωής που διάγουν.

Τρίτον, η παρούσα μελέτη προσδιορίζει τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης ενός κτιρίου αλλά δεν εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο αυτές θα καλυφθούν. Το θέμα χρήζει περισσότερης διερεύνησης και ιδιαίτερα στον τομέα που αφορά την εγκατάσταση και λειτουργία των κατάλληλων συστημάτων θέρμανσης και ψύξης για την επίτευξη επιθυμητών θερμοκρασιών στον εσωτερικό χώρο ενός κτιρίου. Απαιτείται μια τεχνοοικονομική μελέτη για την πλήρη επίλυση του θέματος.

## Βιβλιογραφία

American Society of Heating Refrigerating and Air conditioning Engineers, ASHRAE (1997). *Handbook, Fundamentals*.

Αντωνόπουλος Κ. (2007). *Κλιματισμός*. Αθήνα: Εκδόσεις ΕΜΠ.

Αντωνόπουλος Κ. (2004). *Θερμικά – Ηλιακά Συστήματα*. Αθήνα: Εκδόσεις ΕΜΠ.

Antonopoulos K., Tzivanidis C. (1995). *Energy – The International Journal. Time constants of Greek buildings*, 20: 789-802.

Balaras C., Gaglia A., Georgopoulou E., Mirasgedis S., Sarafidis Y., Lalas D. (2007). *Building and Environment. European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings*, 42:1298-1314.

Goulding J., Lewis J., Steemers T. (1996). *Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική: Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα Παθητικά Ηλιακά Κτίρια* (μεταφρ. Ε. Τσίγκας). Θεσσαλονίκη : ΜΑΛΛΙΑΡΗΣ – Παιδεία Α.Ε.

Howard N., Jones P., McKay E., McKay L. and Mayo P. (1989). *Energy Efficiency in Buildings*. London: Energy Efficiency Office.

Iatridis M. (2003). *Energy Efficiency in Greece*. Athens: Center for Renewable Energy Sources.

Κακάτσιος Ξ. (2002). *Μετάδοση Θερμότητας*. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

METEONORM Version 6.0 (2007). *Handbook part I: Software*. Switzerland: METEOTEST.

Μπαλαράς Κ. (2001). *Οδηγός για εξοικονόμηση ενέργειας στις κατοικίες*. Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών: Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη.

Οδηγία Ευρωπαϊκής Κοινότητας 2002/91/ΕΚ: *Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων*.

Προεδρικό διάταγμα: *Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα*. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, Τεύχος Β<sup>ο</sup>, Αρ. Φύλλου 1122, 17/6/2008.

Προεδρικό διάταγμα: *Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις*. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, Τεύχος Α<sup>ο</sup>, Αρ. Φύλλου 89, 19/5/2008.

Προεδρικό διάταγμα: *Περί εγκρίσεως κανονισμού δια την Θερμομόνωση των κτιρίων*. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, Τεύχος Δ<sup>ο</sup>, Αρ. Φύλλου 362, 4/7/1979.

Ρακόπουλος Κ. *Μεταφορά θερμότητας και Μάζας II*. Αθήνα: Εκδόσεις Πλαίσιο.

Στέγγου - Σαγιά Α. (2008). *Διαχείριση Ενέργειας*. Αθήνα: Εκδόσεις ΕΜΠ.

Stegou - Sagia A., Antonopoulos K., Sagia Z., Papanikolaou I. (2007). *Energy Performance in Buildings*. Proceedings of 20th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ECOS 2007. Padova, Italy: June 25-28.

Stegou - Sagia A., Antonopoulos K., Angelopoulou C., Kotsiovelos G. (2006). *The impact of Glazing on Energy Consumption and Comfort*. Proceedings of 19th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ECOS 2006. Aghia Pelagia, Crete: July 12-14.

Stegou - Sagia A., Antonopoulos K., Angelopoulou C. (2005). *Thermal comfort and energy use*. Proceedings of 18th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ECOS 2005. Trondheim: June 20-23.

Στέγγου - Σαγιά Α., Αντωνόπουλος Κ., Αγγελοπούλου Χ. (2005). *Θερμική άνεση και ενεργειακή χρήση*. Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων. Αθήνα: Μάρτιος 28-30.

TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Getting Started*, Volume 1. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.

TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Using the Simulation Studio*, Volume 2. CSTB – Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Standard Component Library Overview*, Volume 3. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.

TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Input – Output – Parameter Reference*, Volume 4. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.

TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Mathematical Reference*, Volume 5. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.

TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Multizone Building modeling with Type 56 and TRNBuild*, Volume 6. University of Wisconsin-Madison.

TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *TRNEdit: Editing the Input File and Creating TRNSED Applications*, Volume 7. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.

TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Programmer's Guide*, Volume 8. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.

TRNSYS 16, TRaNsient SYstem Simulation program (2004). *Weather Data*, Volume 9. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison.

Zöld A. (2004). *Energy performance directive – pros and contras*. Proceedings Plea. Eindhoven, The Netherlands.

### **Ηλεκτρονικές διευθύνσεις**

<http://sel.me.wisc.edu/trnsys>

<http://www.transsolar.com>

<http://software.cstb.fr>

<http://www.tess-inc.com>

<http://www.statistics.gr>

<http://www.ypan.gr>

<http://www.cres.gr>

<http://www.pilkington.com>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Typical\\_meteorological\\_year](http://en.wikipedia.org/wiki/Typical_meteorological_year)

<http://www.sciencedirect.com>

<http://www.minenv.gr>

<http://www.noa.gr>