

Ειδικά Θέματα
Τεχνολογίας
Δομήσιμων Υλών 5ου

Αργυρίου Μαρία (ar15604)

Ακαδ. Έτος 2016-2017

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ:
ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΔΟΜΗΣΙΜΩΝ ΥΛΩΝ
5^{ΟΥ} ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΑΡΓΥΡΙΟΥ ΜΑΡΙΑ
e-mail: mariaargyriou91@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί το υπολογιστικό θέμα που πραγματοποιείται στα πλαίσια του μαθήματος των Ειδικών Θεμάτων Τεχνολογίας Δομήσιμων Υλών του 5^{ου} εξαμήνου του ακαδημαϊκού έτους 2016-2017. Πιο συγκεκριμένα, το τεύχος που ακολουθεί αφορά τη μελέτη μικρής κατοικίας ως προς τη θερμομόνωση, υγραμόνωση και περιβαλλοντική επίδραση των υλικών της. Περιλαμβάνονται στοιχεία για τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής στην οποία χωροθετείται η κατοικία και παρουσιάζονται τα βασικά της σχέδια και η κατασκευή των στοιχείων του κελύφους της. Στη συνέχεια, πραγματοποιούνται οι απαραίτητοι υπολογισμοί, με στόχο τη διερεύνηση της επάρκειας των στοιχείων του κελύφους από άποψη θερμομόνωσης και υγραμόνωσης, ενώ αυτά εξετάζονται παράλληλα ως προς τη θερμική συμπεριφορά και την περιβαλλοντική τους επίδραση. Στο τεύχος της εργασίας παρουσιάζονται το θέμα, τα αποτελέσματα των υπολογισμών και τα συμπεράσματά της. Οι υπολογισμοί βρίσκονται στο παράρτημα, ενώ στο κυρίως μέρος της εργασίας συμπεριλαμβάνονται πίνακες με τα αποτελέσματα των υπολογισμών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια, στον κτιριακό τομέα αυξάνεται σημαντικά η ενεργειακή κατανάλωση, κυρίως κατά τη θερινή περίοδο, εξαιτίας της αυξανόμενης εγκατάστασης κλιματιστικών συσκευών. Είναι σαφές πως η μείωση της κτιριακής ενεργειακής κατανάλωσης, επιτρέπει την εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ασπίδα στις θερμικές απώλειες μέσω του κελύφους του κτιρίου αποτελεί η θερμομόνωσή του, χάρη στην οποία επιτυγχάνονται ευχάριστες συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Έτσι, κατά τη χειμερινή περίοδο περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον, ενώ κατά τη θερινή περίοδο αποφεύγεται η υπερθέρμανση του εσωτερικού λόγω της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας.

Ταυτόχρονα όμως με τη θερμομονωτική προστασία των κτιρίων, ελαχιστοποιείται και ο κίνδυνος εκδήλωσης του φαινομένου της επιφανειακής συμπύκνωσης των υδρατμών και προστατεύονται οι κατασκευές από φαινόμενα υγρασίας του εσωτερικού χώρου.

Στόχος της μελέτης αυτής αποτελεί επομένως η διερεύνηση της επαρκούς θερμομόνωσης και υγρασιμότητας της κατοικίας, η οποία μάλιστα, στην συγκεκριμένη περίπτωση, κρίνεται αναγκαία εξαιτίας της εκτεταμένης κάλυψης των όψεων με υαλοστάσια.

Ακολούθως, στα πλαίσια του φιλικού προς το περιβάλλον σχεδιασμού, ερευνάται και η περιβαλλοντική επίδραση των υλικών του κελύφους, με τον υπολογισμό της εμπεριεχόμενης ενέργειας και του αποτυπώματος διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) των στοιχείων του.

1. Δεδομένα κλιματικών συνθηκών

Κατά την εκπόνηση της μελέτης αυτής, κρίθηκε αρχικά σκόπιμο να καταγραφούν τα βασικά κλιματικά δεδομένα της περιοχής χωροθέτησης της κατοικίας. Συγκεκριμένα, πρόκειται για την περιοχή της Θεσσαλονίκης, η οποία ανήκει στην κλιματική ζώνη Γ, σύμφωνα με το χάρτη κατάταξη της Ελλάδας σε κλιματικές ζώνες από τον ΚΕΝΑΚ.

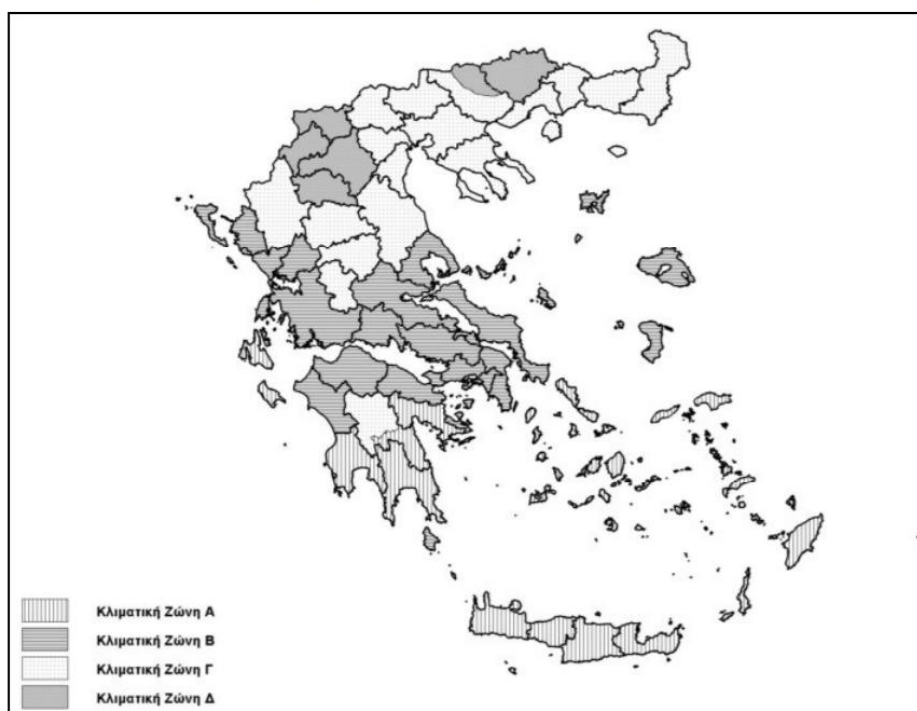
Τα στοιχεία που αφορούν τη διακύμανση των τιμών θερμοκρασίας και υγρασίας φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν. Για τις ανάγκες των υπολογισμών της υγρασιμότητας επαρκείας των στοιχείων, χρησιμοποιήθηκαν ως εσωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες τα παρακάτω δεδομένα:

- Θερμοκρασία εσωτερικών χώρων, $t_{i,i}=20^{\circ}\text{C}$
- Θερμοκρασία κάτω από το δάπεδο, $t_{i,u}=0^{\circ}\text{C}$
- Σχετική υγρασία εσωτερικού χώρου, $\phi_i=60\%$
- Όγκος διερχόμενου αέρα από τους αρμούς των εξωτερικών θυρών ή παραθύρων ανά περιμετρικό μέτρο αρμού και ανά ώρα, $v=0.5 \text{ m}^3/\text{h.m}$

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

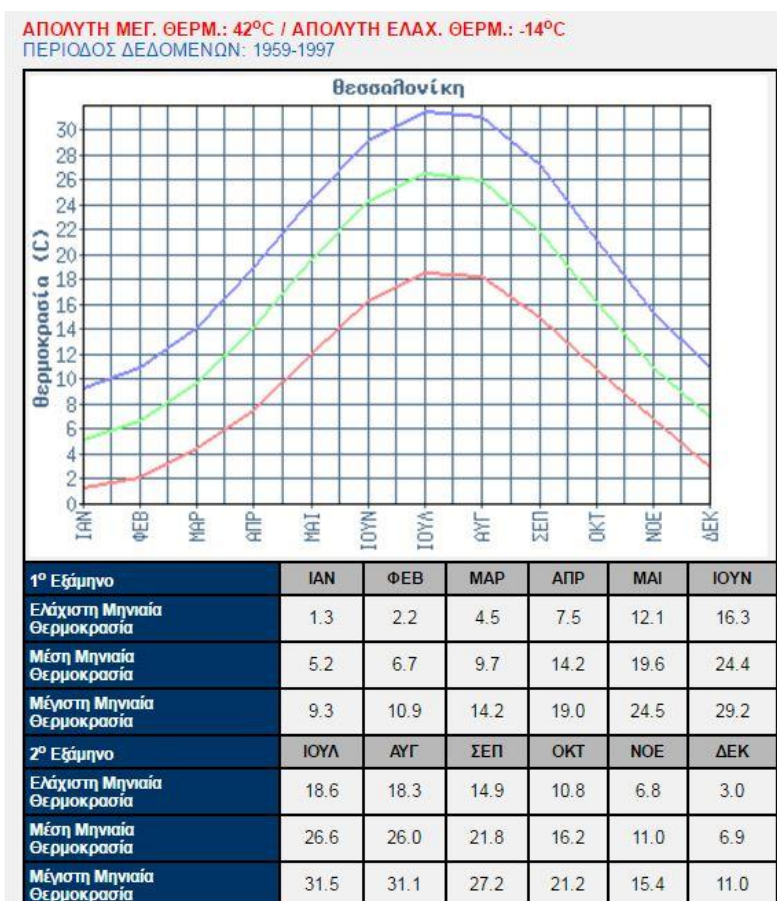
Πίνακας 1.1: Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς

Πηγή: <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-1-Final-%D4%C5%C5-2nd.pdf>

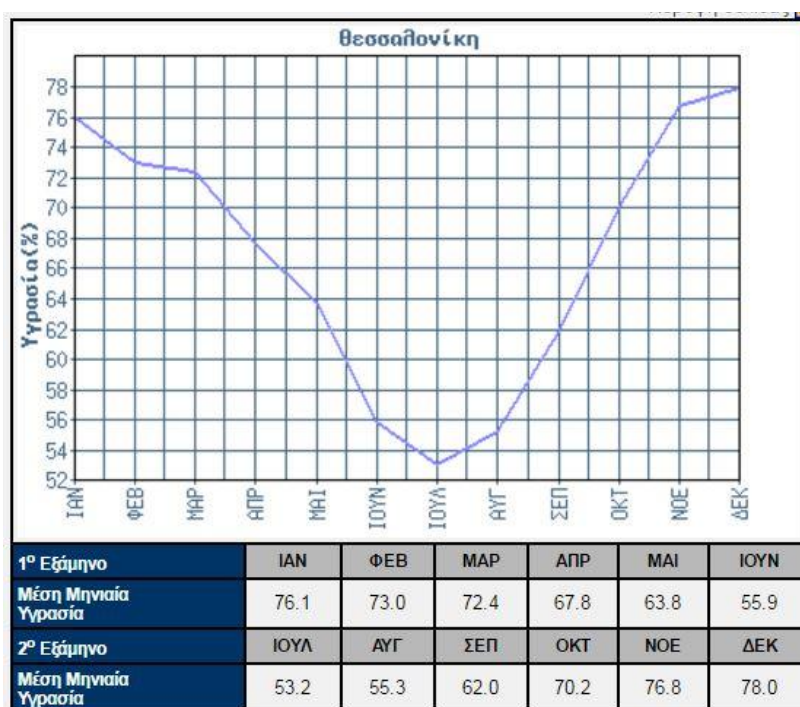


Σχήμα 1.1: Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας

Πηγή: <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-1-Final-%D4%C5%C5-2nd.pdf>



Πίνακας 1.2: Θερμοκρασιακές μεταβολές στην περιοχή της Θεσσαλονίκης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους



Πίνακας 1.3: Διακυμάνσεις ποσοστού υγρασίας στην περιοχή της Θεσσαλονίκης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους
(Πηγή:http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_region_diagrams_html?dr_city=Thessaloniki_Mikra&dr_region=ClimMacedonia_Central)

2.Παρουσίαση βασικών σχεδίων κατοικίας θέματος

Πρόκειται για μια τριώροφη μονοκατοικία με νότιο προσανατολισμό και πλεονεκτική θέση. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της είναι το αίθριο στο κέντρο της κάτοψης, το οποίο βοηθά σημαντικά το φωτισμό και αερισμό του εσωτερικού της κατοικίας.

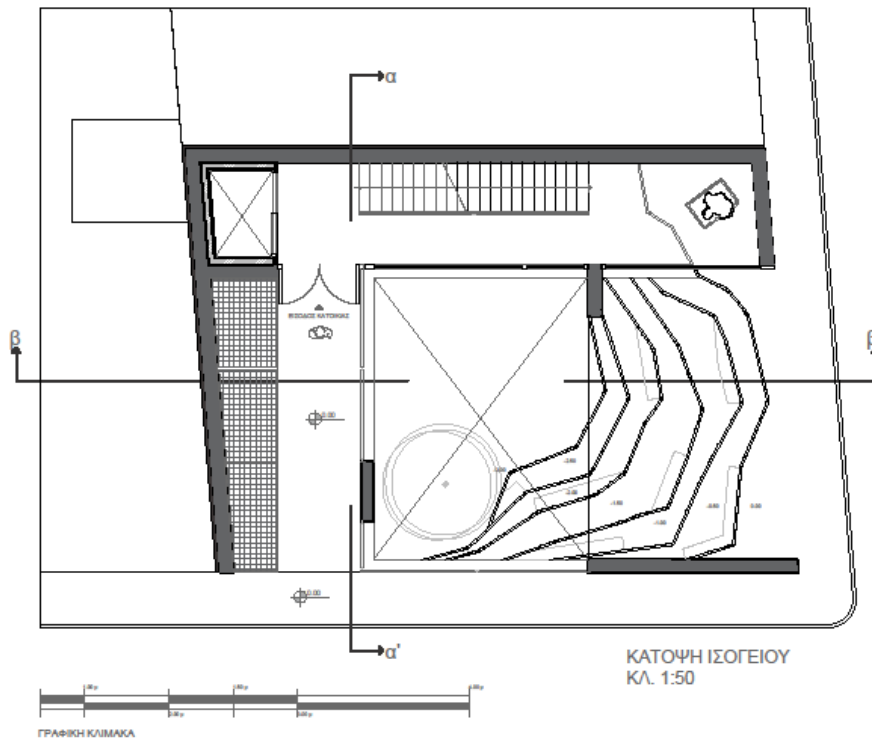
Ως προς την κατασκευή, πρέπει να παρατηρηθεί πως στο μεγαλύτερο ποσοστό της αποτελείται από:

- στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος, τα οποία λειτουργούν ως φέροντα στοιχεία του κτιρίου,
- και διαφανή υαλοστάσια

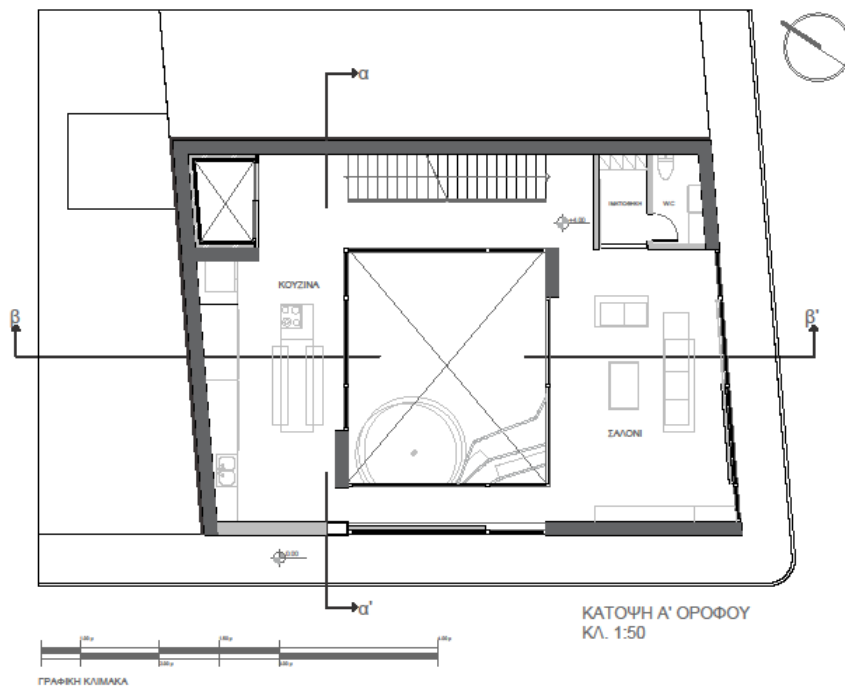
Ακολουθούν χαρακτηριστικά σχέδια κατόψεων και τομών. Τα υπόλοιπα παρατίθενται αναλυτικά στο παράρτημα του τεύχους.



Σχήμα 2.2: Τρισδιάστατη απεικόνιση κατοικίας μελέτης



Σχήμα 2.3: Κάτοψη ισογείου κατοικίας μελέτης



Σχήμα 2.4: Κάτοψη α' ορόφου κατοικίας μελέτης

3. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η εκπόνηση των υπολογισμών έγινε σύμφωνα με το νέο Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ). Η διαδικασία ελέγχου πραγματοποιείται σε δύο στάδια:

- Κατά το πρώτο στάδιο, ελέγχεται η θερμική επάρκεια καθενός από τα επιμέρους δομικά στοιχεία του κτιρίου. Για να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις θερμομονωτικής προστασίας, θα πρέπει η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του στοιχείου $U_{εξεταζ}$. Να μην υπερβαίνει το μέγιστο επιτρεπόμενο συντελεστή που ορίζει ο κανονισμός, U_{max} , δηλαδή $U_{εξεταζ} \leq U_{max}$
- Κατά το δεύτερο στάδιο, ελέγχεται η θερμική επάρκεια του συνόλου του κτιρίου. Τότε, πρέπει η μέση τιμή θερμοπερατότητας του κτιρίου να μην υπερβαίνει το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο του κανονισμού για κάθε κτίριο, δηλαδή $U_m \leq U_{m,max}$. Η τιμή του U_m εξαρτάται από την κλιματική ζώνη του κτιρίου και από το λόγο της εξωτερικής περιμετρικής επιφάνειάς του προς τον όγκο του (A/V).

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου υπολογίζεται με βάση τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_a}$$

Με βάση το παραπάνω τυπολόγιο, έγινε υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας για τα ακόλουθα δομικά στοιχεία: τοιχοποιία, φέρων οργανισμός, δάπεδο και δώμα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΕΠΙΤΡ. ΣΥΝΤΕΛ. ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U_{max}
Βατό συμβατικό δώμα	0,379	0.4
Επισκέψιμο συμβατικό δώμα	0,384	0.4
Δάπεδο υπογείου	0,368	0.75
Δάπεδο 1ου ορόφου	0,613	0.4
Εξωτερικός τοίχος (οπτοπλινθοδομή)	0,385	0.4
Εξωτερικός τοίχος (οπλ.σκυρ/μα)	0,438	0.45
Ανοίγματα (υαλοστάσια)	1,1	1,8

Πίνακας 3.1: Τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας U δομικών στοιχείων

Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο λόγος της συνολικής περιβάλλουσας επιφάνειας του κτιρίου προς τον όγκο του (A/V), προκειμένου να βρεθεί η τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας του όλου του κτιρίου σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. Βρέθηκε

$$A/V=0.49$$

και αντίστοιχα

$$U_{max}=0.9$$

για τη ζώνη Γ, στην οποία ανήκει το κτίριο.

Ο υπολογισμός του μέσου U_m του κτιρίου υπολογίζεται από τον τύπο:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^v A_j U_j b + \sum_{i=1}^n l_i \Psi_i b}{\sum_{j=1}^v A_j}$$

σε $[W/m^2 \cdot K]$ και στη συνέχεια γίνεται σύγκριση με το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο.

Στη συγκεκριμένη εργασία, κατ'εξάιρεση, δεν έγινε υπολογισμός του συνόλου των θερμογεφυρών ($\sum_{i=1}^n l_i \Psi_i b$), γεγονός που επηρεάζει αρκετά το εξαγόμενο αποτέλεσμα.

Πιο αναλυτικά, η τιμή του U_m βρέθηκε ίση με:

$$U_m=1.24 > 0.9= U_{max}$$

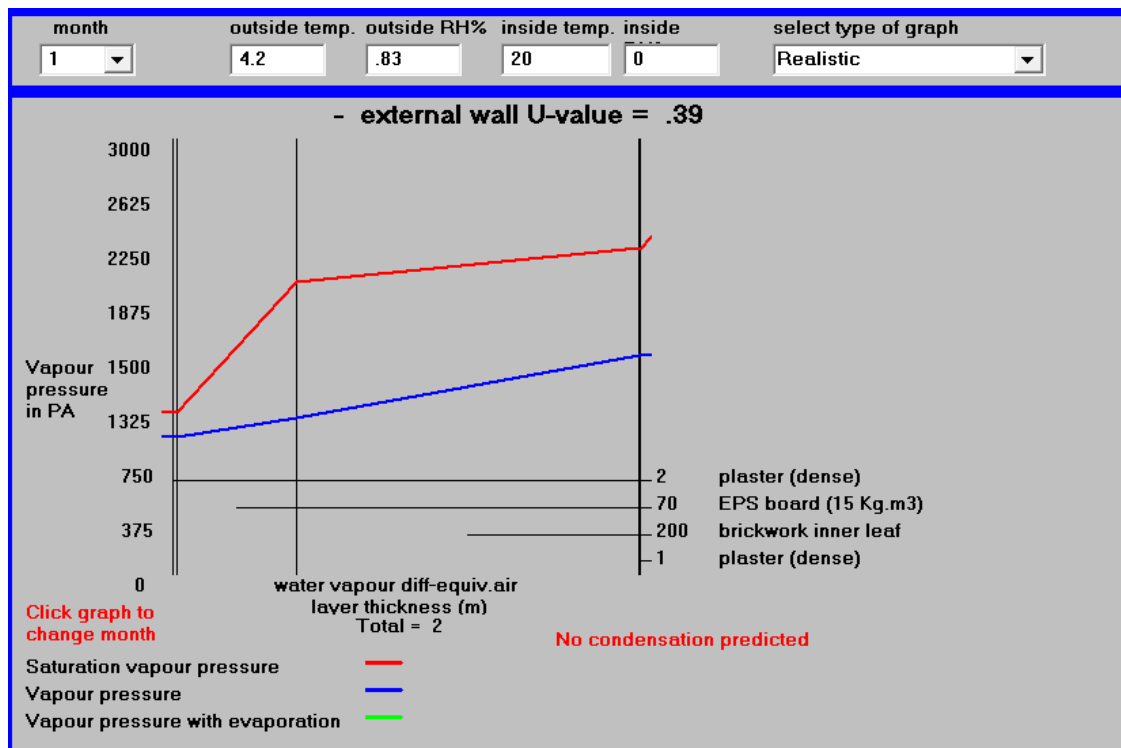
Η διαφορά αυτή οφείλεται στην ιδιαιτερότητα που αναφέρθηκε παραπάνω. Οι υπολογισμοί παρατίθενται αναλυτικά στο παράρτημα.

4. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Σε δεύτερη φάση διερευνήθηκε η προστασία της κατασκευής έναντι της υγρασίας. Τα δομικά στοιχεία ελέγχθηκαν για κάθε μήνα του έτους και σε αυτά περιλαμβάνονται: εξωτερικός τοίχος, δάπεδο, δώμα. Για τους υπολογισμούς έγινε χρήση του προγράμματος Dewpoint.

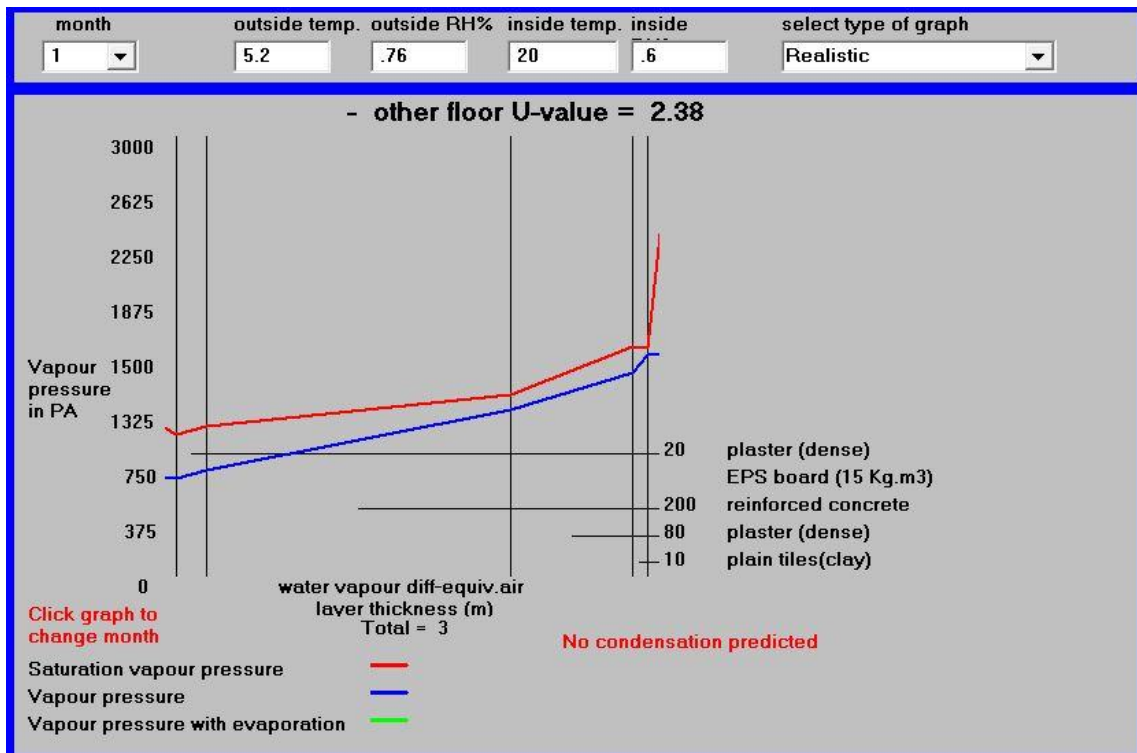
Απο τα διαγράμματα πιέσεων που υπολογίστηκαν, φαίνεται πως κανένα δομικό στοιχείο δεν αντιμετωπίζει πρόβλημα υγροποίησης υδρατμών στο εσωτερικό του. Παρακάτω παρατίθενται από ένα χαρακτηριστικό διάγραμμα για κάθε στοιχείο, ενώ τα υπόλοιπα βρίσκονται στο παράρτημα.

Α. Εξωτερικός τοίχος (οπτοπλινθοδομή)



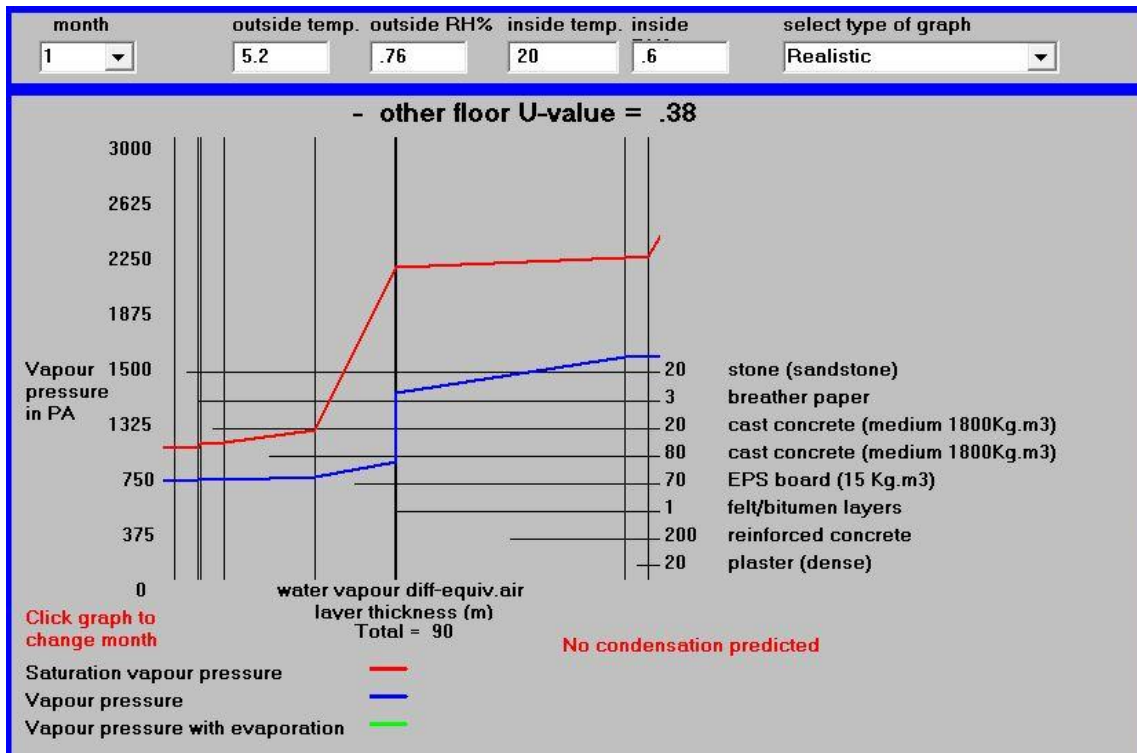
Σχήμα4.1: Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Ιανουάριο

Β. Δάπεδο 1^{ου} ορόφου (πάνω από pilotis)



Σχήμα 4.2: Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Ιανουάριο

Γ. Επισκέψιμο συμβατικό δώμα



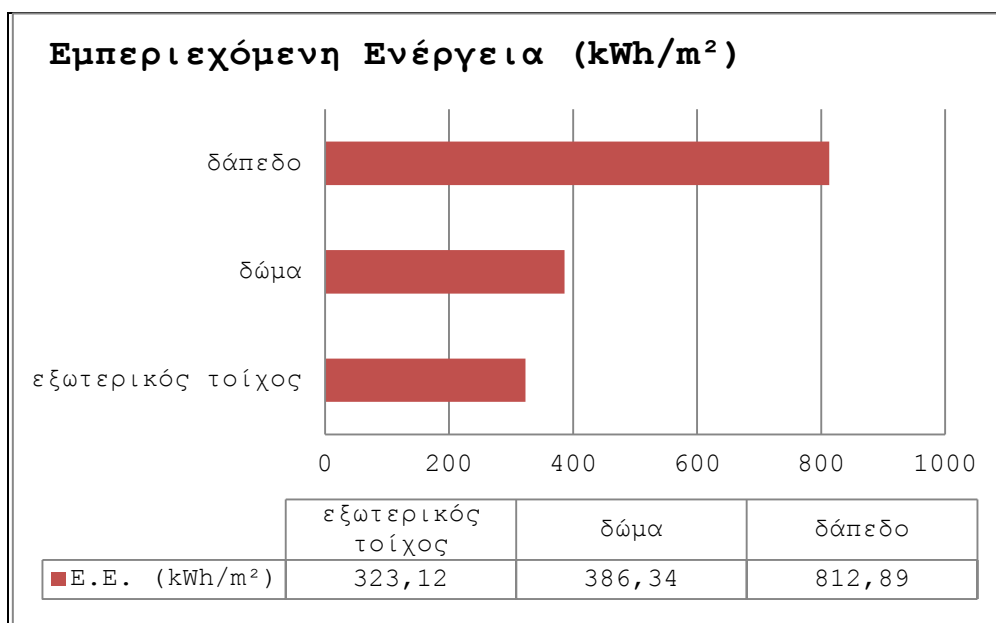
Σχήμα 4.3: Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Ιανουάριο

5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ

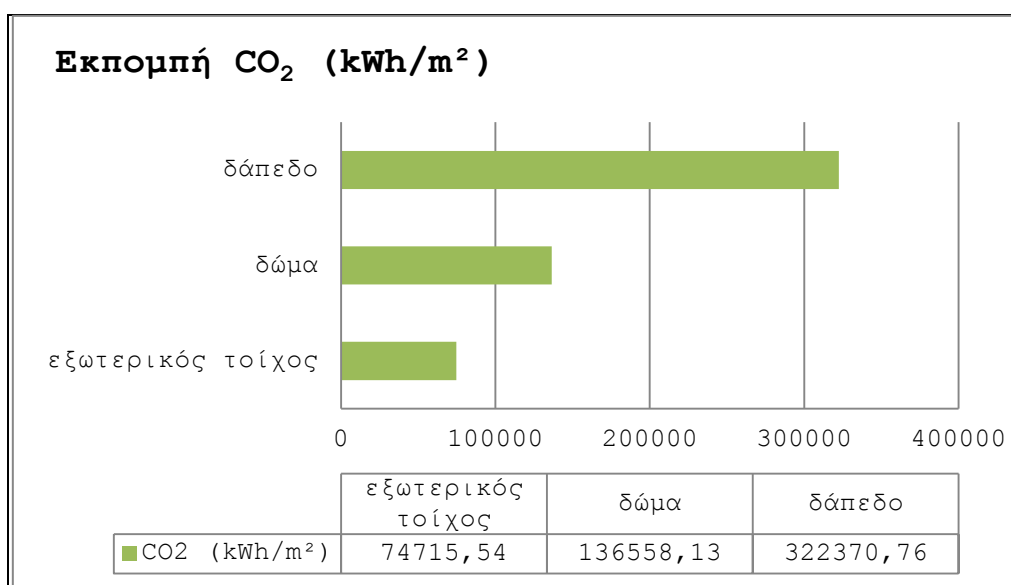
Για τη διερεύνηση των επιπτώσεων της κατασκευής του κτιρίου στο περιβάλλον γίνεται υπολογισμός της ενέργειας που καταναλώθηκε για την κατασκευή των δομικών στοιχείων που το αποτελούν. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκαν η εμπεριεχόμενη ενέργεια και η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα CO₂ κατά την κατασκευή των παρακάτω δομικών στοιχείων:

επισκέψιμο συμβατικό δάμα, εξωτερικό τοίχο από οπτοπλινθοδομή και δάπεδο πάνω από pilotis

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα ακόλουθα ραβδογράμματα.



Σχήμα 5.1: Διάγραμμα τιμών εμπεριεχόμενης ενέργειας δομικών στοιχείων



Σχήμα 5.2: Διάγραμμα τιμών εκπομπής CO₂ για την κατασκευή δομικών στοιχείων

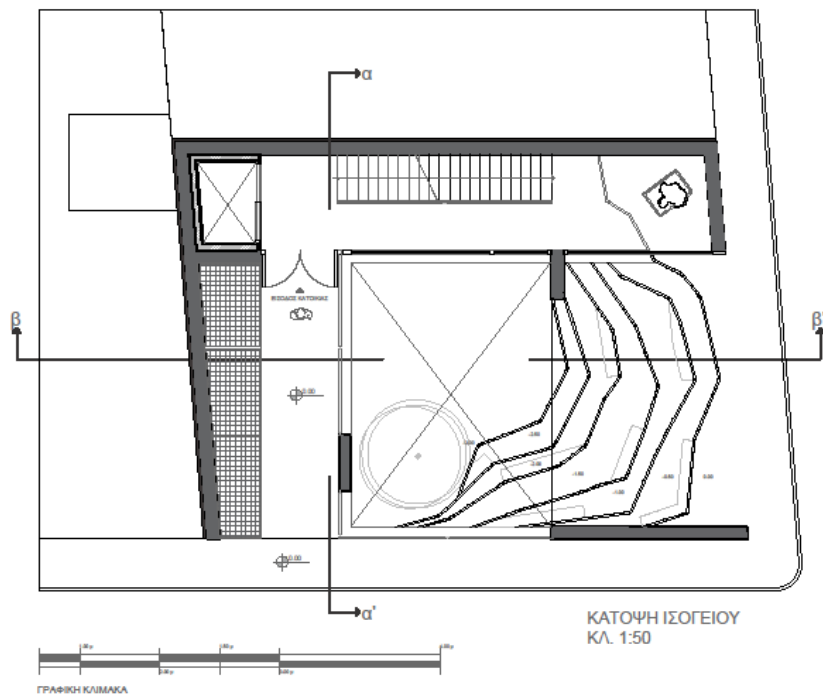
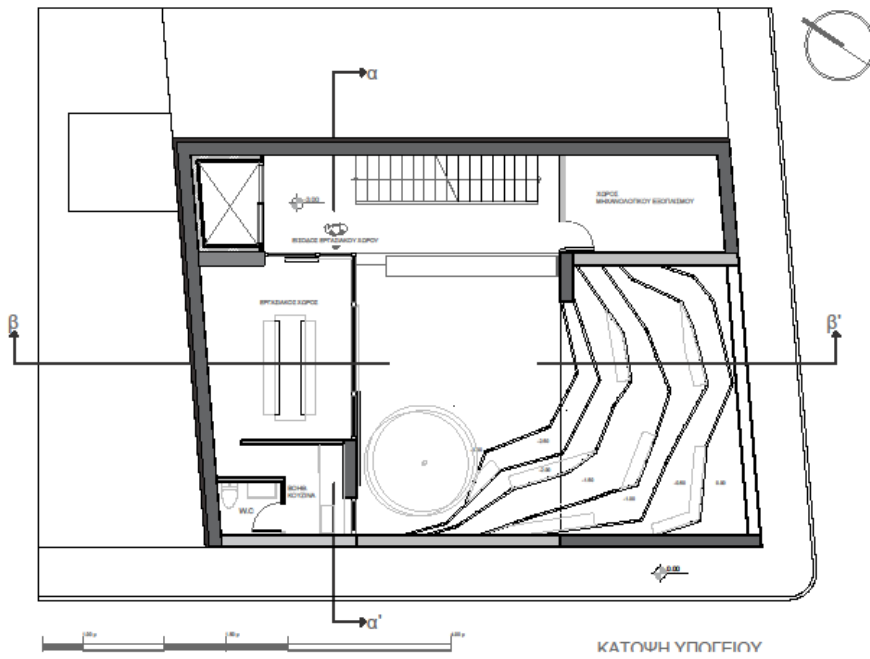
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

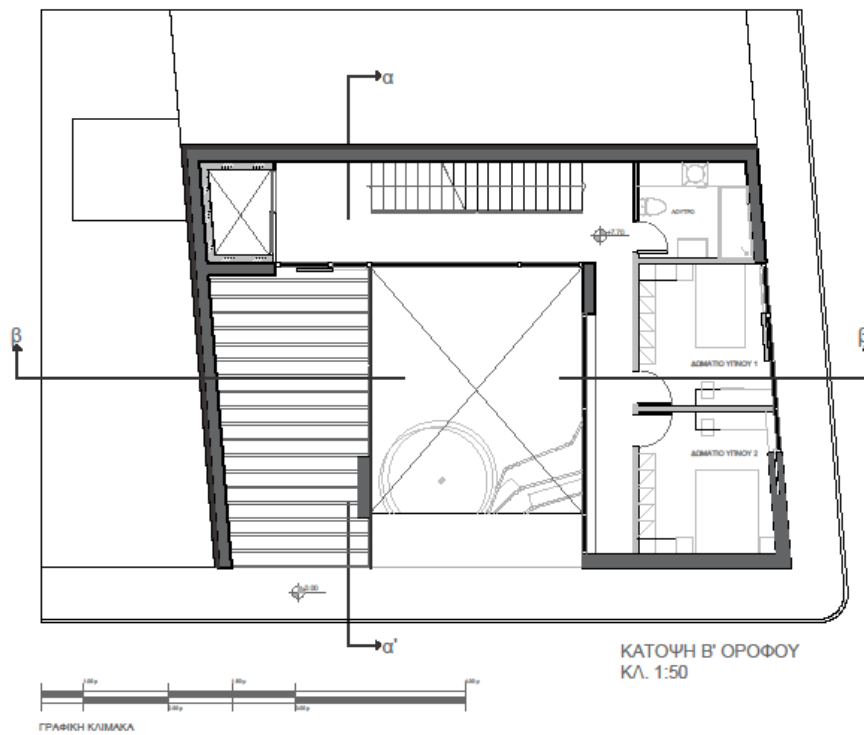
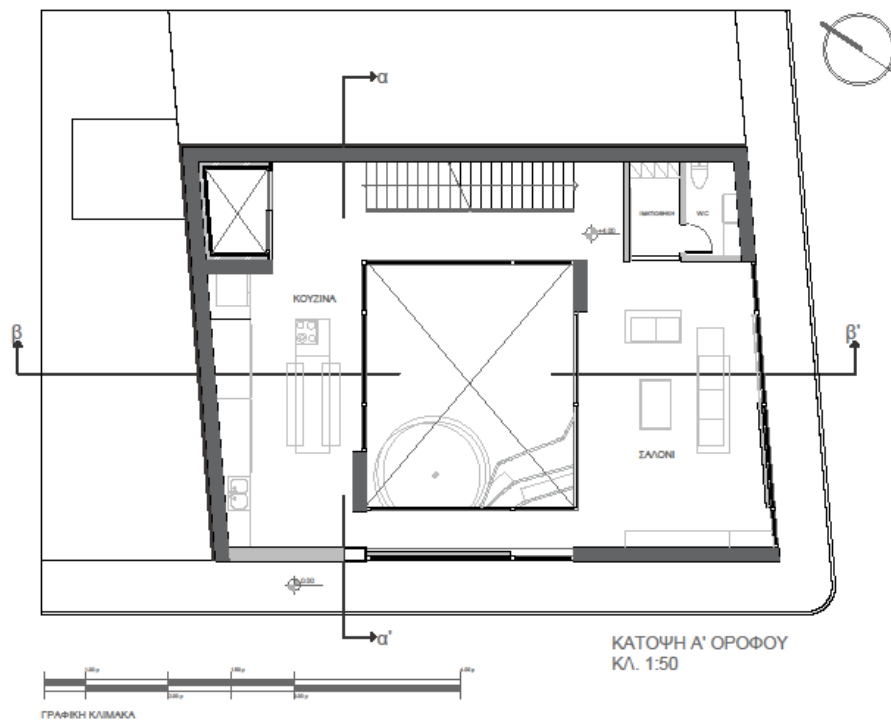
Στην παρούσα εργασία έγινε διερεύνηση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς της κατοικίας από πλευράς κατανάλωσης ενέργειας, τόσο κατά την κατασκευή, όσο και κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου.

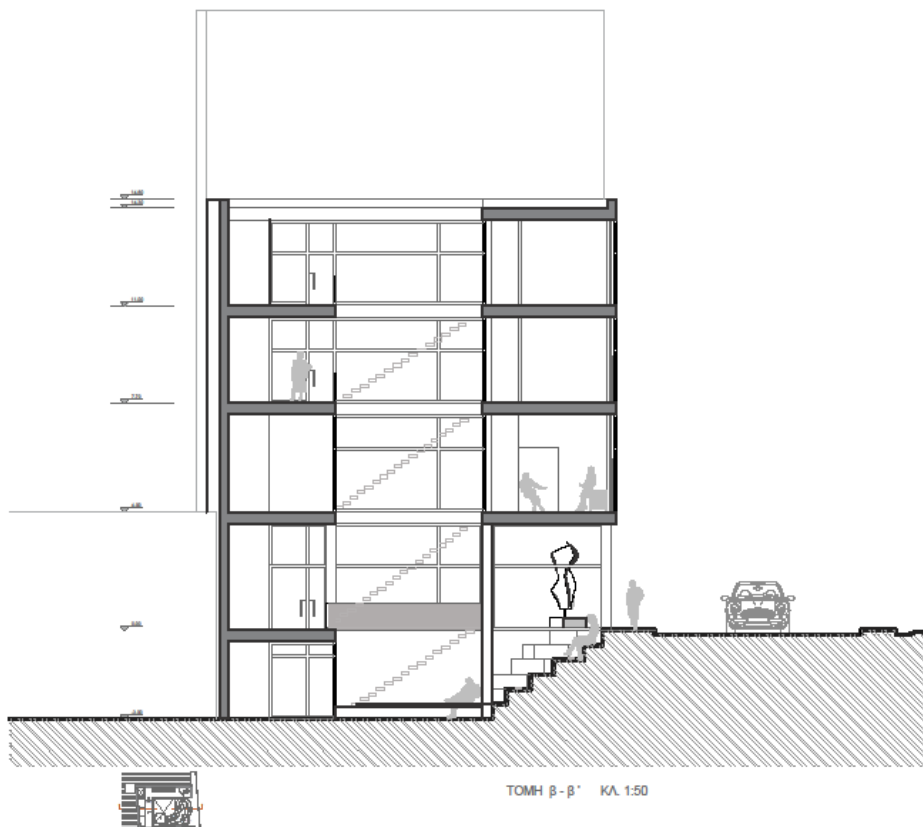
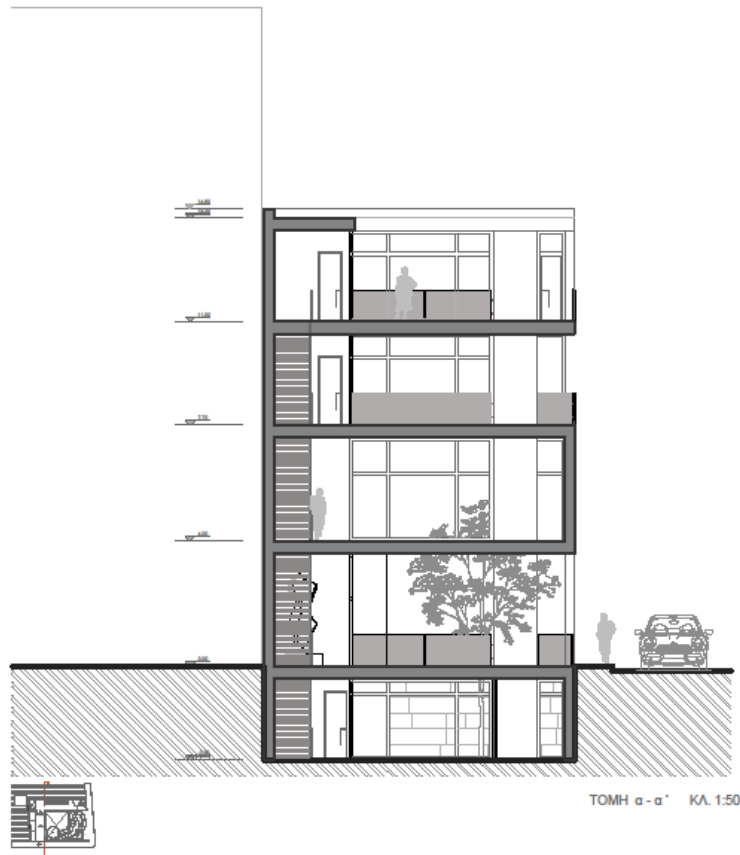
Η καταναλούμενη ενέργεια κατά την κατασκευή αφορά τα υλικά των δομικών στοιχείων, και συγκεκριμένα, την εμπεριεχόμενη ποσότητα ενέργειας και εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα κατά τη φάση παραγωγής τους. Από τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν, βρέθηκε πως το πιο ενεργοβόρο δομικό στοιχείο είναι το δάπεδο ορόφου πάνω από *pilotis*, στη συνέχεια το δώμα και τέλος, ο εξωτερικός τοίχος από οπτοπλινθοδομή. Το ίδιο ισχύει και για τις ποσότητες εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Το υλικά με την μεγαλύτερη τιμή εμπεριεχόμενης ενέργειας και διοξειδίου του άνθρακα είναι κυρίως, τα ασφαλιόπανα, η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη και το οπλισμένο σκυρόδεμα. Έτσι, δικαιολογείται και η παραπάνω κατάταξη των δομικών στοιχείων.

Όσον αφορά την ενέργεια που καταναλώνει το κτίριο κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, αυτή αναφέρεται κυρίως στα φορτία ψύξης και θέρμανσης. Αυτή σχετίζεται άμεσα με την επαρκή θερμομόνωση και υγραμόνωση της κατασκευής, αφού σε περίπτωση ανεπάρκειας, καταναλώνεται περισσότερη ενέργεια για τη θέρμανση των χώρων κατά το χειμώνα και για την ψύξη τους το καλοκαίρι. Από τους υπολογισμούς που εκπονήθηκαν συμπεραίνεται πως η κατασκευή είναι επαρκώς προστατευμένη τόσο ως προς τη θερμομόνωσή της όσο και ως προς την υγραμόνωση.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΧΕΔΙΑ







ΠΙΝΑΚΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

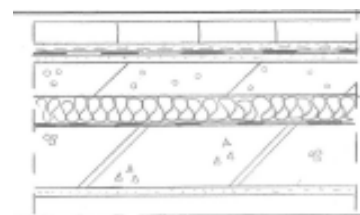
Βατό συμβατικό δώμα

Στέγη, δώμα
(ανερχόμενη ροή θερμότητας)

$$R_i = 0,10 \quad R_a = 0,04$$

ΖΩΝΗ Γ

$$U_R = 0,4$$



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_λ)

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελ. θερμικής αγωγιμ. λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση d/λ (m ² K/W)
Πλάκες πεζοδρομίου	2100	0,05	1,5	0,033
Τσιμεντοκονίαμα	2000	0,02	1,4	0,014
Γεωύφασμα	140	0,003	0,04	0,075
Ασφαλτόπανο σε δύο στρώσεις	1100	0,007	0,23	0,030
Τσιμεντοκονίαμα (εξομαλυντική στρώση)	2000	0,02	1,4	0,014
Ελαφροσκυρόδεμα (στρώση κλίσεων)	1000	0,08	0,35	0,229
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη		0,07	0,035	2,000
Φύλλο πολυαιθυλενίου	980	0,0005	0,5	0,001
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	0,2	2,5	0,080
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,02	0,87	0,023
Σd		0,4705		
R_λ				2,500

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U

Αντίσταση θερμ. μετάβασης (εσωτερικά) R_i	(m ² K)/W	0,1
Αντίστ. θερμοδιαφυγής R_λ	(m ² K)/W	2,500
Αντίσταση θερμ. μετάβασης (εξωτερικά) R_a	(m ² K)/W	0,04
Αντίστ. θερμοπερατότητας $1/U = (R_i + R_\lambda + R_a)$	(m ² K)/W	2,640

$$U_{\text{δομικού στοιχείου}} = W / (m^2K) = 0,379$$

$$U_{\text{max}} = U_R = W / (m^2K) = 0,4$$

$$U = 0,379 < 0,4 \quad \text{OK}$$

Επισκέψιμο συμβατικό
δώμα

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

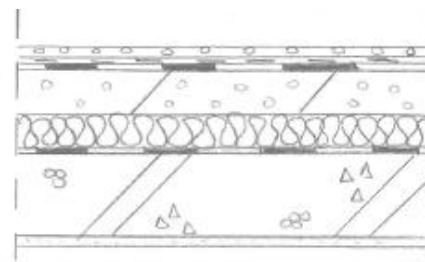
Στέγη, δώμα
(ανερχόμενη ροή θερμότητας)

$$Ri=0,10$$

$$Ra=0,04$$

ΖΩΝΗ Γ

$$U_R=0,4$$



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_{λ})

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελ. θερμικής αγωγιμ. λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση d/λ (m ² K/W)
Αμμοχάλικο	2200	0,02	2	0,01
Γεώφασμα	140	0,003	0,04	0,075
Ασφαλτόπανο σε δύο στρώσεις	1100	0,007	0,23	0,030
Τσιμεντοκονίαμα (εξομαλυντική στρώση)	2000	0,02	1,4	0,014
Ελαφροσκυρόδεμα (στρώση κλίσεων)	1000	0,08	0,35	0,229
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη		0,07	0,035	2,000
Φύλλο πολυαιθυλενίου	980	0,0005	0,5	0,001
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	0,2	2,5	0,080
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,02	0,87	0,023
	Σd	0,421		
	R_{λ}			2,462

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U

Αντίσταση θερμ. μετάβασης (εσωτερικά) R_i	(m ² K) / W	0,100
Αντίστ. θερμοδιαφυγής R_{λ}	(m ² K) / W	2,462
Αντίσταση θερμ. μετάβασης (εξωτερικά) R_a	(m ² K) / W	0,040
Αντίστ. θερμοπερατότητας $1/U = (R_i + R_{\lambda} + R_a)$	(m ² K) / W	2,602

$$U_{\text{δομικού στοιχείου}} = 0,384 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U_{\text{max}} = U_R = 0,400 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

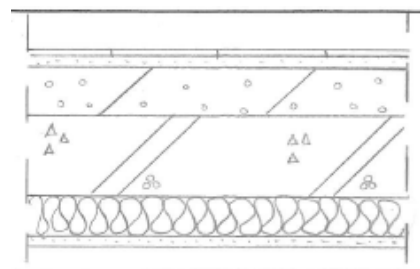
$$U = 0,384 < 0,4 \text{ OK}$$

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Δάπεδο 1ου ορόφου

Δάπεδο πάνω από ανοικτή
διάβαση (πιλοτή)
(κατερχόμενη ροή
θερμότητας)
ΖΩΝΗ Γ

$Ri=0,17$ $Ra=0,04$
 $U_{FA}=0,4$



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελ. θερμικής αγωγιμ. λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση d/λ (m ² K/W)
Πλακίδια επίστρωσης	2300	0,01	1,3	0,008
Κόλλα πλακιδίων ακρυλικής βάσης	1400	0,02	1,4	0,014
Γαρμπιλόδεμα (στρώση κλίσεων)	1700	0,08	0,81	0,099
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	0,2	2,5	0,08
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη		0,08	0,035	2,285714286
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,02	0,87	0,023
	Σd	0,41		
	R_L			2,509

αύξηση θερμομονώσης από 0,07 σε 0,08 για να
ικανοποιείται ο έλεγχος

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U

Αντίσταση θερμ. μετάβασης (εσωτερικά) R_i	(m ² K) / W	0,17
Αντίστ. θερμοδιαφυγής R_L	(m ² K) / W	2,509
Αντίσταση θερμ. μετάβασης (εξωτερικά) R_a	(m ² K) / W	0,04
Αντίστ. θερμοπερατότητας $1/U = (R_i + R_L + R_a)$	(m ² K) / W	2,719

$U_{\text{δομικού στοιχείου}}$ W / (m²K) **0,368**

$U_{\text{max}} = U_{FA}$ W / (m²K) **0,4**

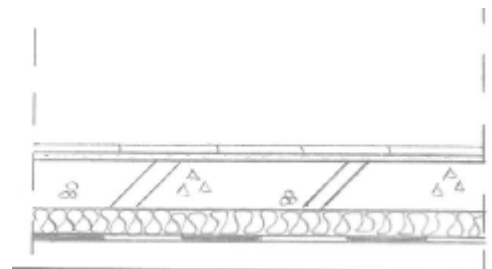
$U=0,368 < 0,4$ **OK**

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Δάπεδο υπογείου

Δάπεδο σε επαφή με το
έδαφος
ΖΩΝΗ Γ

$Ri=0,17$ $Ra=0,00$
 $U_{FB}=0,75$



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελ. θερμικής αγωγιμ. λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση d/λ (m ² K/W)
Πλακίδια επίστρωσης	2300	0,01	1,3	0,008
Κόλλα πλακιδίων ακρυλικής βάσης	1400	0,02	1,4	0,014
Γαρμπιλόδεμα (στρώση κλίσεων)	1700	0,08	0,81	0,099
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη		0,04	0,035	1,143
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	0,2	2,5	0,08
Ασφαλιόπανα	1100	0,007	0,23	0,030
Σκυρόδεμα εξυγιάνσεως	1800	0,1	1,15	0,087
Φύλλο πολυαιθυλενίου	980	0,0005	0,5	0,001
Λιθορριπή				
	Σd	0,4575		
	R_L			1,462

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U

Αντίσταση θερμ. μετάβασης (εσωτερικά) R_i	(m ² K) / W	0,17
Αντίστ. θερμοδιαφυγής R_L	(m ² K) / W	1,462
Αντίσταση θερμ. μετάβασης (εξωτερικά) R_a	(m ² K) / W	0
Αντίστ. θερμοπερατότητας $1/U = (R_i + R_L + R_a)$	(m ² K) / W	1,632

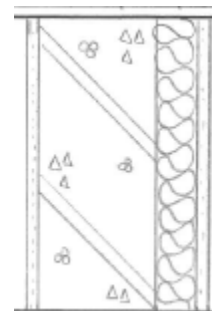
$U_{\text{δομικού στοιχείου}}$ W / (m²K) **0,613**

$U_{\text{max}} = U_{FB}$ W / (m²K) **0,75**

$U=0,613 < U_{FB}$ **OK**

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

	Εξωτερικός τοίχος (οπλισμένο σκυρόδεμα)	
Εξωτερικός τοίχος (σε επαφή με εξωτερικό αέρα)	$Ri=0,13$	$Ra=0,04$
ΖΩΝΗ Γ	$U_T=0,45$	



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_{λ})

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελ. θερμικής αγωγιμ. λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση d/λ (m ² K/W)
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα (εξωτερ)	1800	0,02	0,87	0,023
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη		0,07	0,035	2,000
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	0,2	2,5	0,080
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα (εσωτερ)	1800	0,01	0,87	0,011
	Σd	0,3		
	R_{λ}			2,114

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U

Αντίσταση θερμ. μετάβασης (εσωτερικά) R_i	(m ² K) / W	0,13
Αντίστ. θερμοδιαφυγής R_{λ}	(m ² K) / W	2,114
Αντίσταση θερμ. μετάβασης (εξωτερικά) R_a	(m ² K) / W	0,04
Αντίστ. θερμοπερατότητας $1/U = (R_i + R_{\lambda} + R_a)$	(m ² K) / W	2,284

$$U_{\text{δομικού στοιχείου}} \quad W / (m^2 K) \quad \mathbf{0,438}$$

$$U_{\text{max}} = U_R \quad W / (m^2 K) \quad \mathbf{0,45} \quad U = 0,438 < 0,45 \quad \mathbf{OK}$$

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

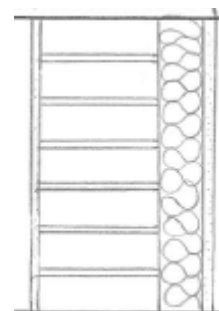
Εξωτερικός τοίχος
(οπτόπλινθοδομή)

Εξωτερικός τοίχος (σε επαφή με
εξωτερικό αέρα)

$$R_i=0,13 \quad R_a=0,04$$

ΖΩΝΗ Γ

$$U_T=0,45$$



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_{λ})

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος στρώσης d (m)	Συντελ. θερμικής αγωγιμ. λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση d/λ (m ² K/W)
Ασβεστοσιμεντοκονίαμα (εξωτερ)	1800	0,02	0,87	0,023
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	23	0,07	0,035	2,000
Οπτόπλινθοι	1500	0,2	0,51	0,392
Ασβεστοσιμεντοκονίαμα (εσωτερ)	1800	0,01	0,87	0,011
Σd		0,3		
	R_{λ}			2,427

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U

Αντίσταση θερμ. μετάβασης (εσωτερικά) R_i	(m ² K) / W	0,13
Αντίστ. θερμοδιαφυγής R_{λ}	(m ² K) / W	2,427
Αντίσταση θερμ. μετάβασης (εξωτερικά) R_a	(m ² K) / W	0,04
Αντίστ. θερμοπερατότητας $1/U=(R_i+R_{\lambda}+R_a)$	(m ² K) / W	2,597

$$U_{\text{δομικού στοιχείου}} \quad W / (m^2 K) \quad \mathbf{0,385}$$

$$U_{\text{max}} = U_R \quad W / (m^2 K) \quad \mathbf{0,4}$$

$$U=0,385 < 0,4 \quad \mathbf{OK}$$

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ

		Ζώνη Γ
Κούφωμα ανοίγματος	U_w	2,8
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη	U_{GF}	1,8
Εταιρεία κατασκευής	Keller AG	
Είδος κουφωμάτων	Keller minimal windows	
Συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_w \geq 1,1$ W/(m ² K)	τιμή αποδεκτή

Υπολογισμός οριζόντιων επιφανειών

Κάτοψη (σκαρίφημα)
Δάπεδο υπογείου

Όροφος: **υπόγειο**

$$A = (4,3 + 3,69) * 7,2 / 2 = 28,8$$

Κάτοψη (σκαρίφημα)
Δάπεδο ισόγειου & δώμα υπογείου

Όροφος: **ισόγειο**

$$A = 13,6 * 3,1 + (4,3 + 3,69) * 7,2 / 2 = 70,96 \text{ m}^2$$

Κάτοψη (σκαρίφημα)
Δάπεδο 1ου

Όροφος: **1ος**

$$A = (13,6 * 9,9) - (5,4 * 6,0) = 102,24 \text{ m}^2$$

ΠΙΝΑΚΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ

Εμπεριεχόμενη ενέργεια

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Επισκέψιμο συμβατικό δώμα

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΜΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος στρώσης d (m)	Εμπεριε- χόμενη ενέργεια E.E (kWh/kg)	Εμπεριε- χόμενη ενέργεια (E.E) * ρ (kWh/m ³)	Εμπεριε- χόμενη ενέργεια (E.E) * ρ*d (kWh/m ²)
Αμμοχάλικο (θραυστό)	2200	0,02	0,01	22	0,44
Γεώφασμα	140	0,003	0	0	0
Ασφαλτόπανο σε δύο στρώσεις	1100	0,007	13,88	15268	106,876
Τσιμεντοκονίαμα (εξομαλυντική στρώση)	2000	0,02	0,527	1054	21,08
Ελαφροσκυρόδεμα (στρώση κλίσεων)	1000	0,08	0,5	500	40
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)	23	0,07	27,8	639,4	44,758
Φύλλο πολυαιθυλενίου	980	0,0005	20,85	20433	10,2165
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	0,2	0,3	720	144
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,02	0,527	948,6	18,972
Σd		0,421			
Σ(E.E)					386,34

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Εξωτερικός τοίχος
(Οπτόπλινθοδομή)

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΜΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος στρώσης d (m)	Εμπειρι- χόμενη ενέργεια E.E (kWh/kg)	Εμπειρι- χόμενη ενέργεια (E.E) * ρ (kWh/m ³)	Εμπειρι- χόμενη ενέργεια (E.E) * $\rho * d$ (kWh/m ²)
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα (εξωτ.)	1800	0,02	0,527	948,6	18,972
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)	23	0,07	28	639,4	44,758
Οπτόπλινθοι	1500	0,2	0,833	1249,5	249,9
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα (εσωτ.)	1800	0,01	0,527	948,6	9,486
Σd		0,3			
					$\Sigma (E.E)$
					323,12

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Δάπεδο πάνω από
pilotis

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΜΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος στρώσης d (m)	Εμπειρι- χόμενη ενέργεια E.E (kWh/kg)	Εμπειρι- χόμενη ενέργεια (E.E) * ρ (kWh/m ³)	Εμπειρι- χόμενη ενέργεια (E.E) * ρ*d (kWh/m ²)
Πλακίδια επίστρωσης	2300	0,01	2,223	5112,9	51,129
Κόλλα πλακιδίων ακρυλικής βάσης	1400	0,02	17,13	23982	479,64
Γαρμπιλόδεμα (στρώση κλίσεων)	1700	0,08	0,5	850	68
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	0,2	0,3	720	144
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)	23	0,08	27,8	639,4	51,152
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,02	0,527	948,6	18,972
Σd		0,41			
Σ(E.E)					812,89

Εκπομπή CO₂

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Επισκέψιμο συμβατικό δώμα

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος στρώσης d (m)	Εκπομπές CO ₂ GWP (g CO ₂ /kg)	Εκπομπές CO ₂ GWP * ρ (g CO ₂ /m ³)	Εκπομπές CO ₂ GWP* ρ * d (g CO ₂ /m ²)
Αμμοχάλικο	2200	0,02	0	0	0
Γεωύφασμα	140	0,003	0	0	0
Ασφαλιτόπανο σε δύο στρώσεις	1100	0,007	1038	1141800	7992,6
Τσιμεντοκονίαμα (εξομαλυντική στρώση)	2000	0,02	98	196000	3920
Ελαφροσκυρόδεμα (στρώση κλίσεων)	1000	0,08	445	445000	35600
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)	23	0,07	1914	44022	3081,54
Φύλλο πολυαιθυλενίου	980	0,0005	751	735980	367,99
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	0,2	158	379200	75840
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,02	271	487800	9756
Σd		0,421			
$\Sigma (E.E)$					136558,13

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

Εξωτερικός τοίχος
 (Οπτόπλιθοδομή)

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος στρώσης d (m)	Εκπομπές CO ₂ GWP (g CO ₂ /kg)	Εκπομπές CO ₂ GWP * ρ (g CO ₂ /m ³)	Εκπομπές CO ₂ GWP*ρ*d (g CO ₂ /m ²)
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα (εξωτ.)	1800	0,02	271	487800	9756
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)	23	0,07	1914	44022	3081,54
Οπτόπλιθοι	1500	0,2	190	285000	57000
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα (εσωτ.)	1800	0,01	271	487800	4878
	Σd	0,3			
	Σ (E . E)				74715,54

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

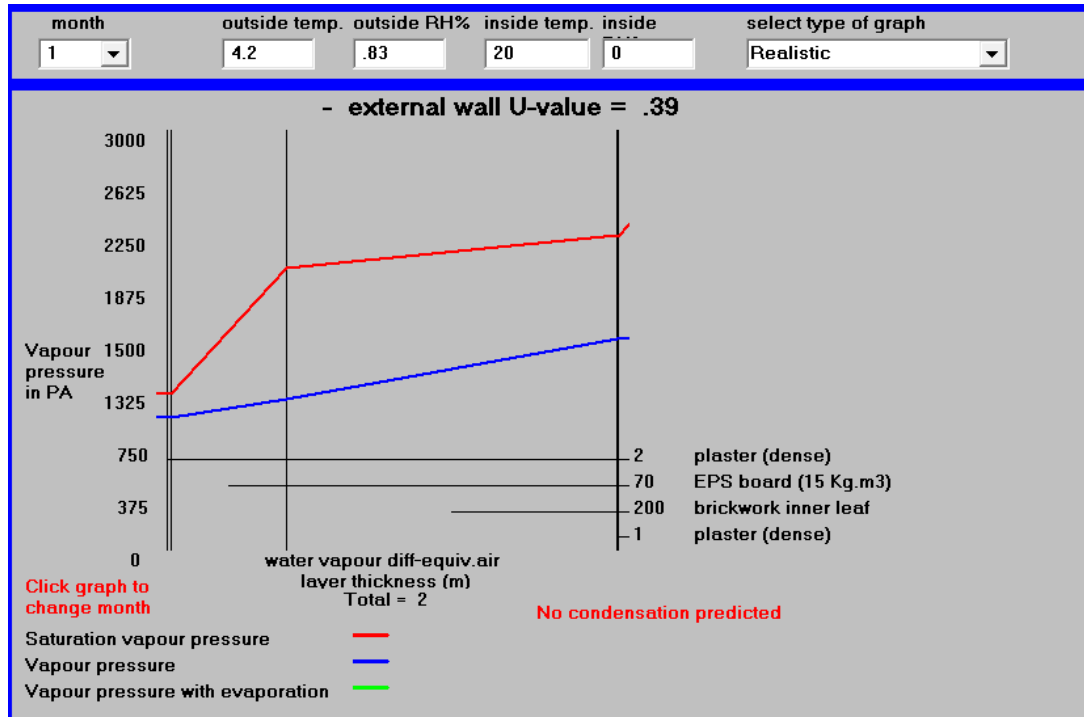
Δάπεδο πάνω από
pilotis

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂

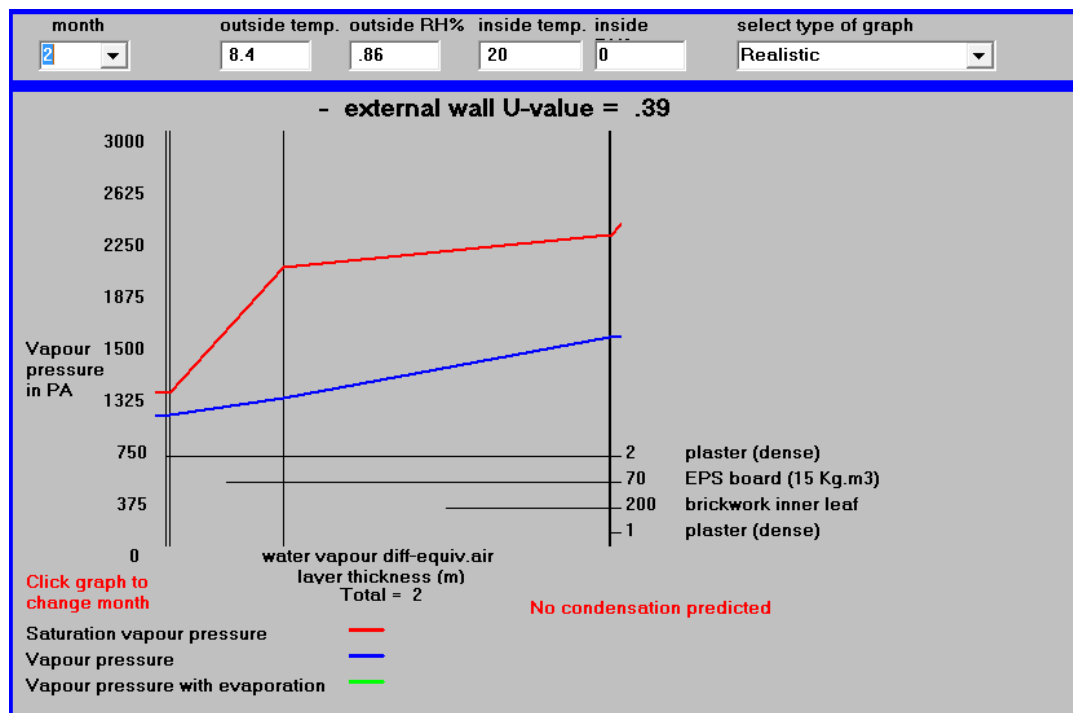
Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ (kg/m ³)	Πάχος στρώσης d (m)	Εκπομπές CO ₂ GWP (g CO ₂ /kg)	Εκπομπές CO ₂ GWP * ρ (g CO ₂ /m ³)	Εκπομπές CO ₂ GWP*ρ*d (g CO ₂ /m ²)
Πλακίδια επίστρωσης	2300	0,01	571	1313300	13133
Κόλλα πλακιδίων ακρυλικής βάσης	1400	0,02	5700,00	7980000	159600
Γαρμπιλόδεμα (στρώση κλίσεων)	1700	0,08	445	756500	60520
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2400	0,2	158	379200	75840
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)	23	0,08	1914	44022	3521,76
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0,02	271	487800	9756
Σd		0,41			
Σ (Ε.Ε)					322370,76

ΠΙΝΑΚΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΥΓΡΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ

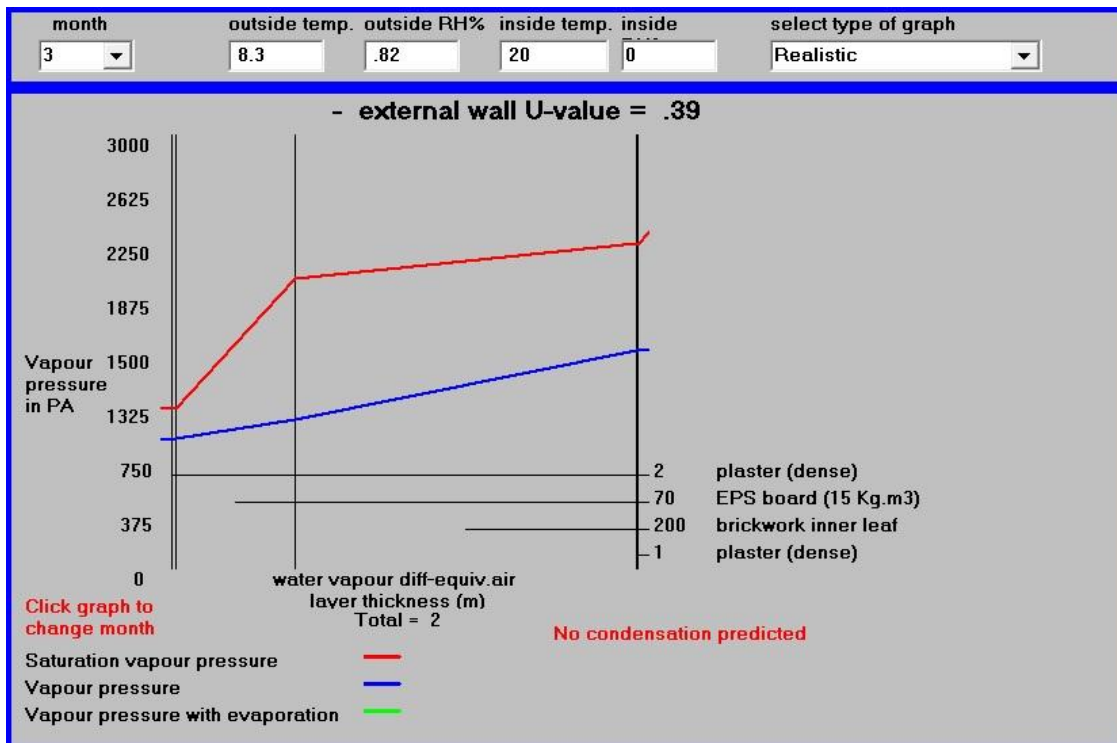
α.Εξωτερικός τοίχος



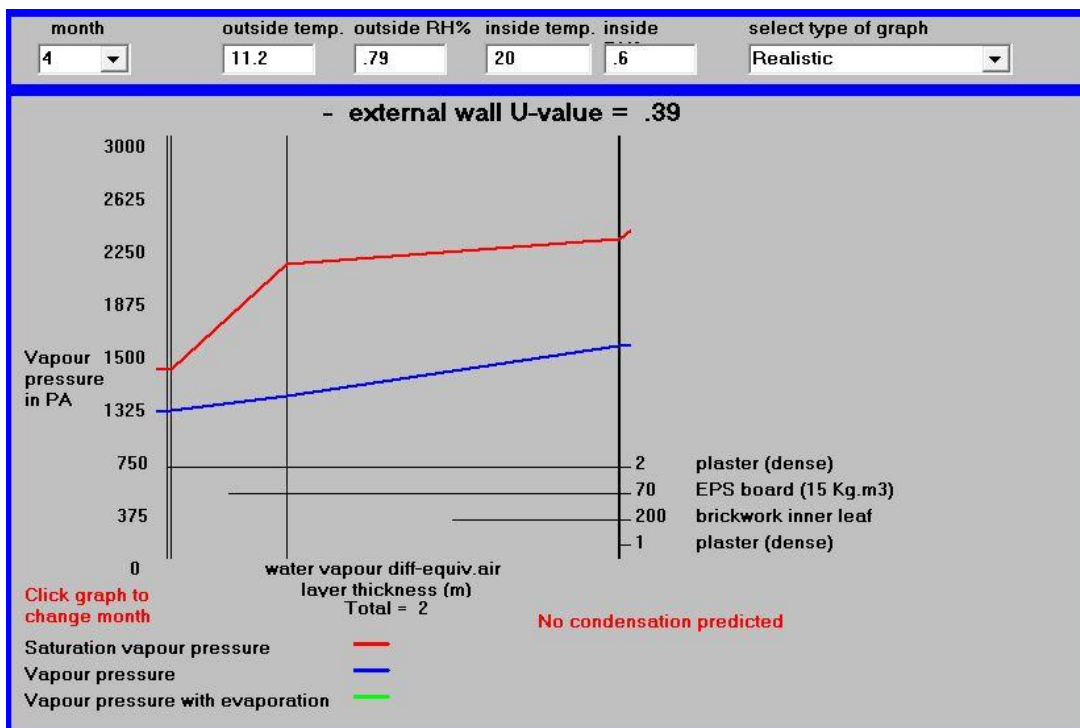
Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Ιανουάριο



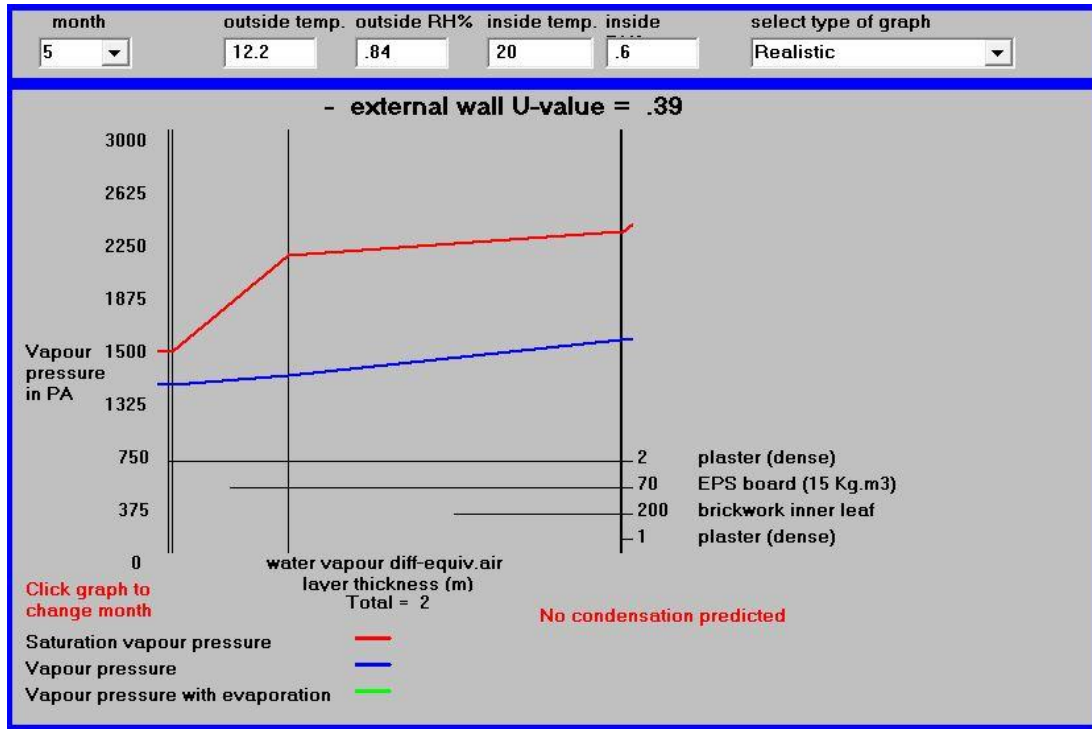
Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Φεβρουάριο



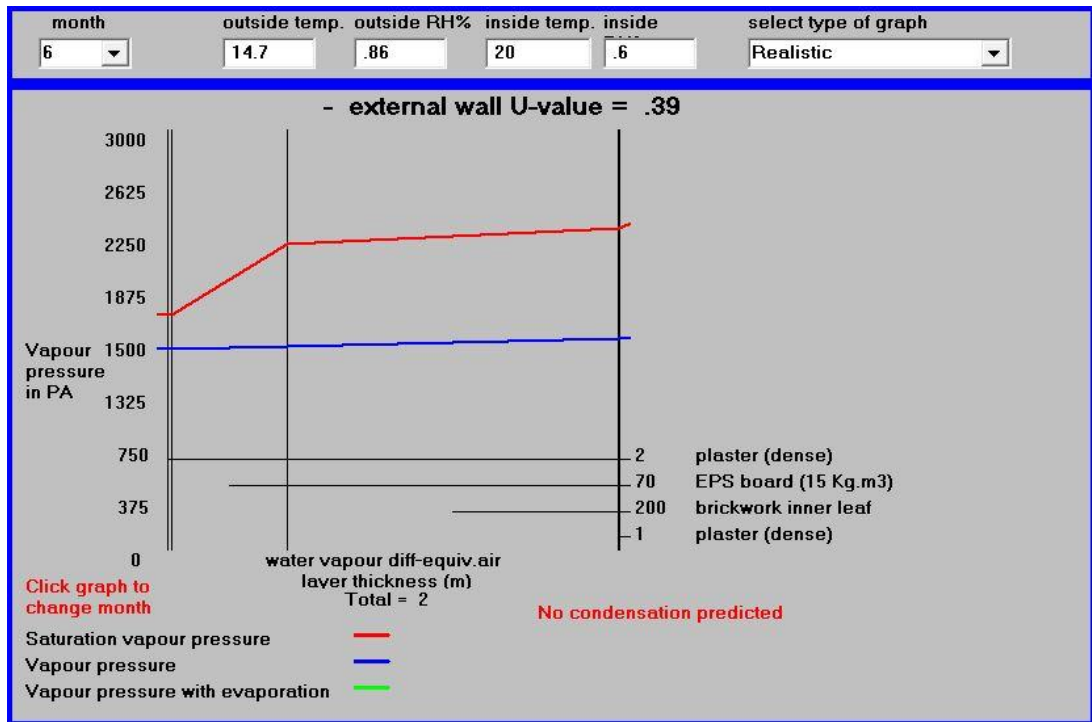
Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Μάρτιο



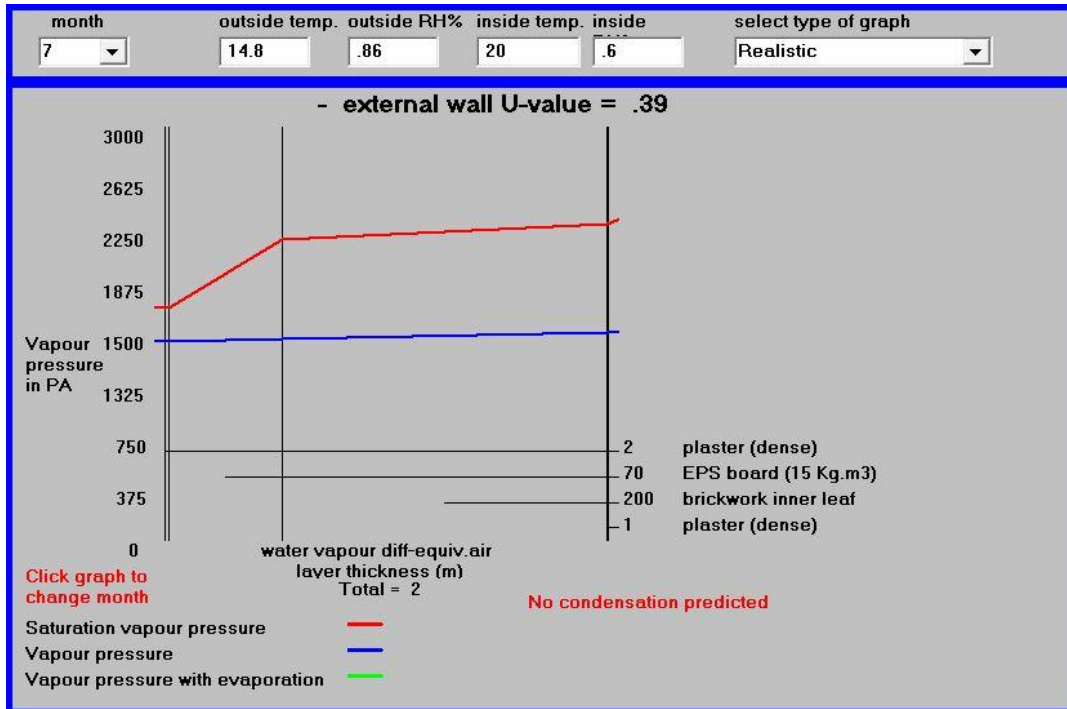
Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Απρίλιο



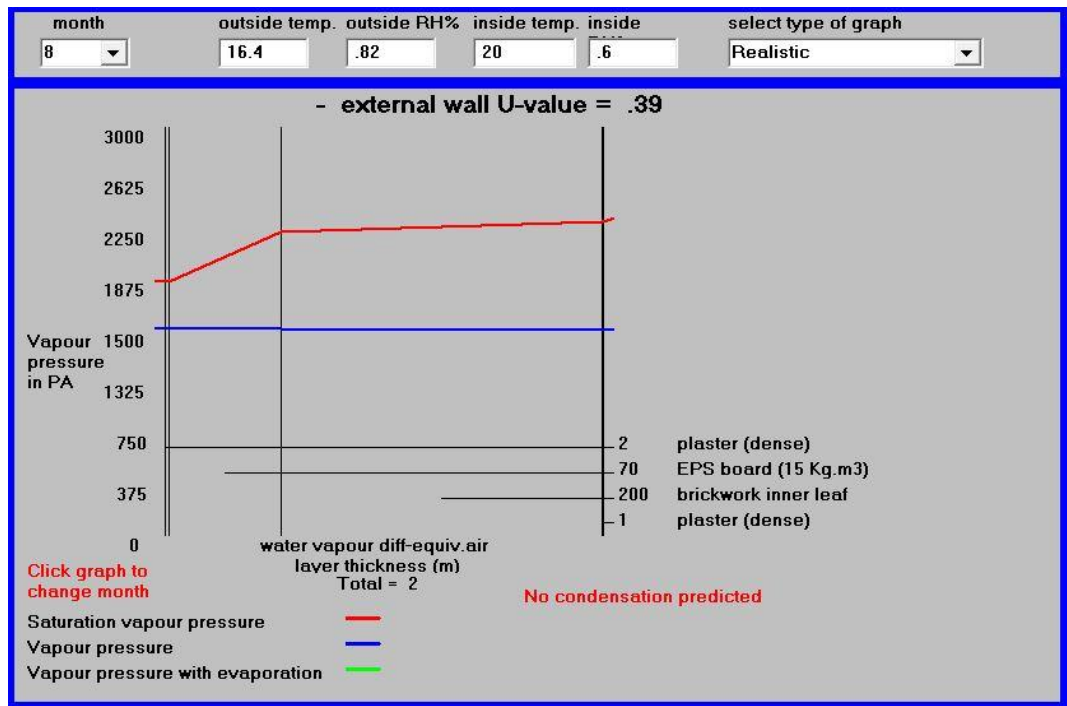
Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Μάιο



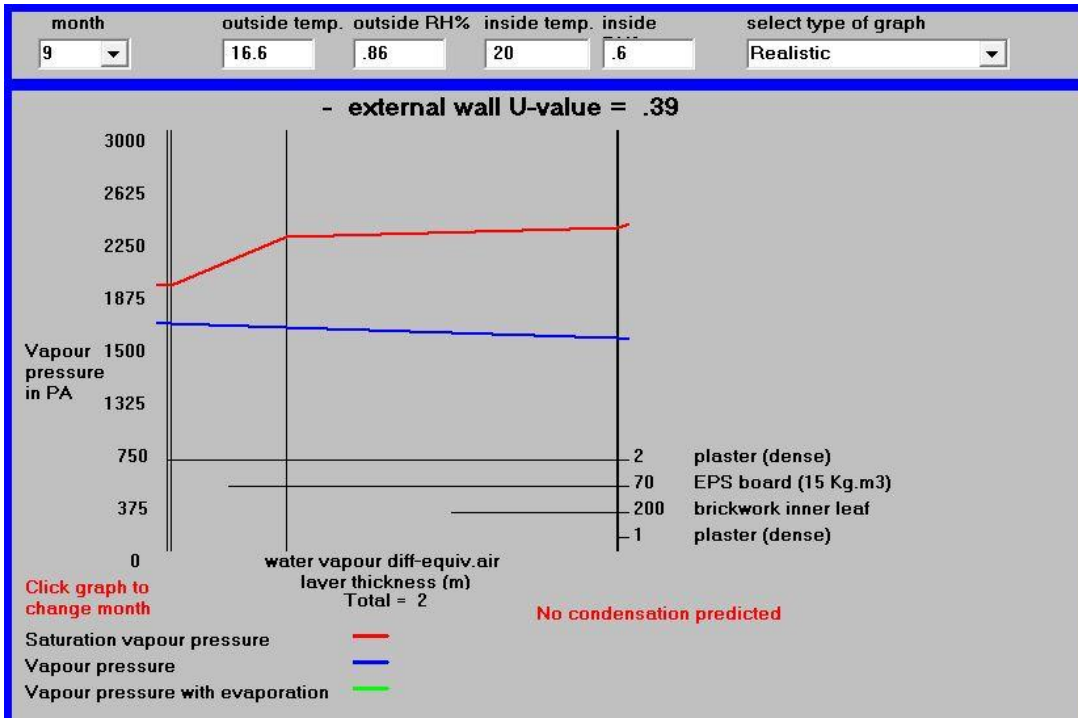
Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Ιούνιο



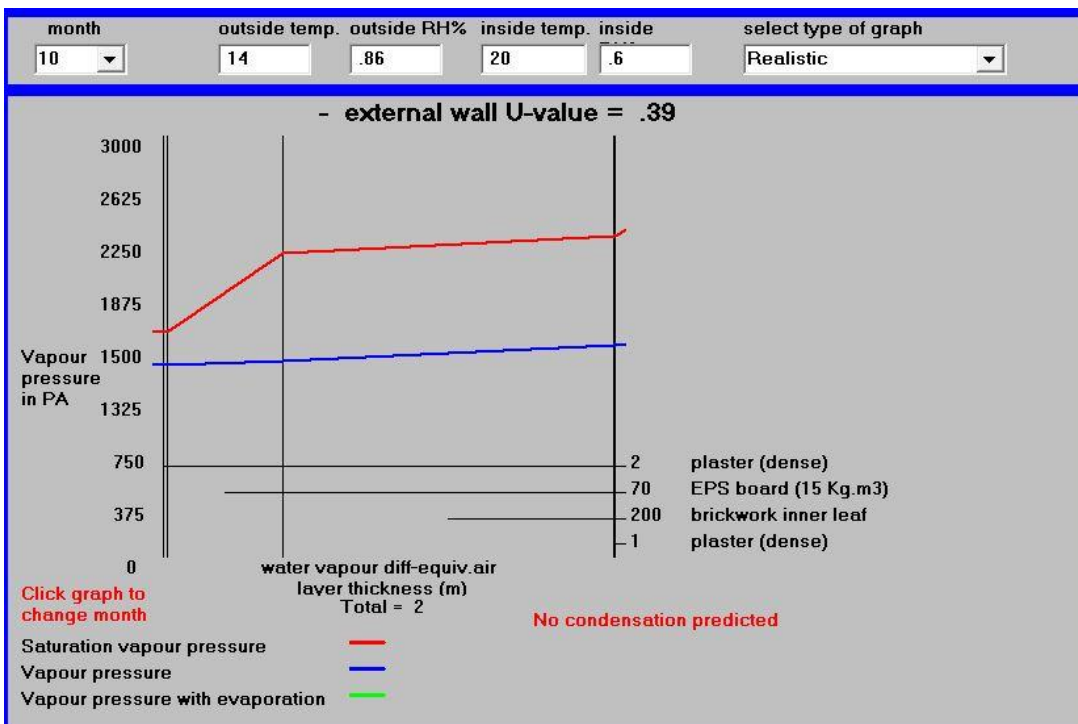
Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Ιούλιο



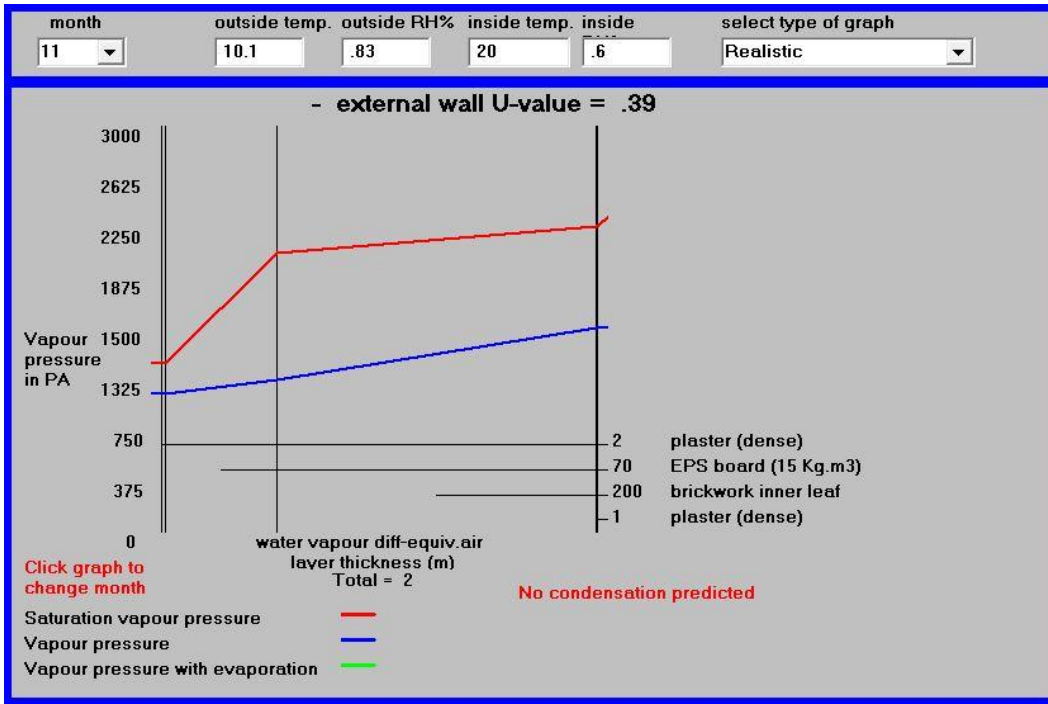
Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Αύγουστο



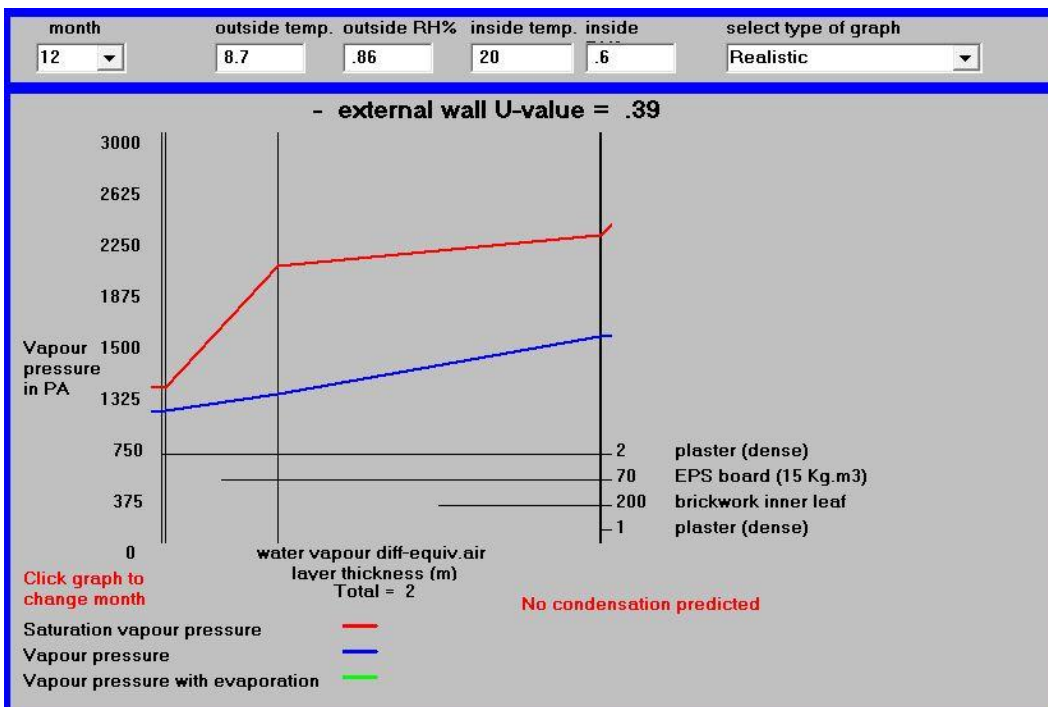
Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Σεπτέμβριο



Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Οκτώβριο

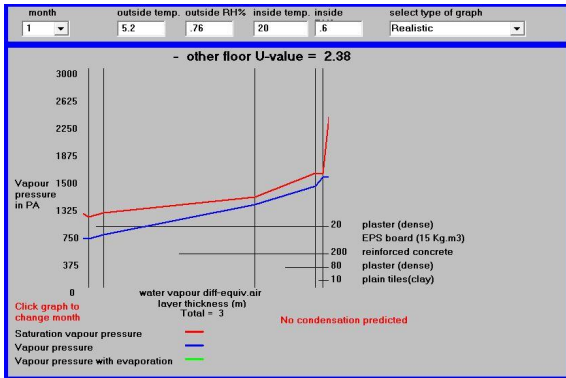


Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Νοέμβριο

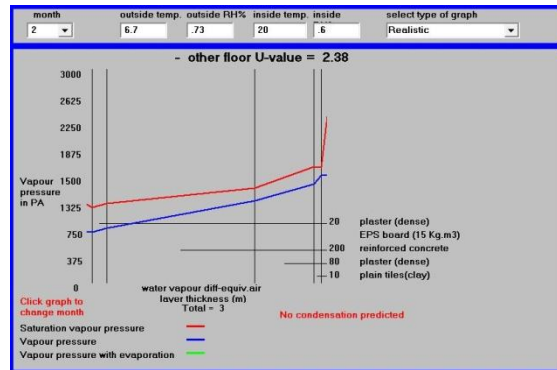


Διάγραμμα πιέσεων για τον μήνα Δεκέμβριο

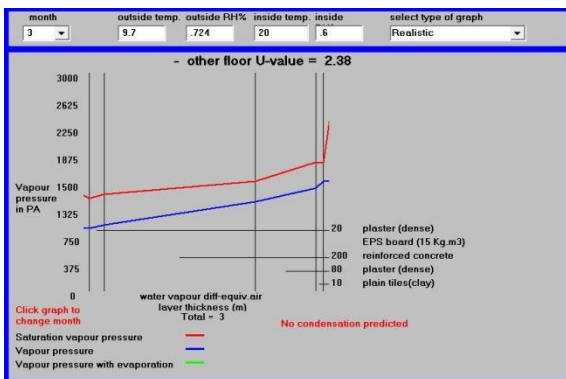
Β. Δάπεδο πάνω από pilotis



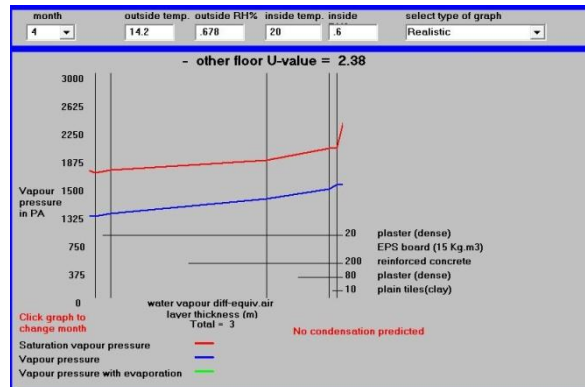
Ιανουάριος



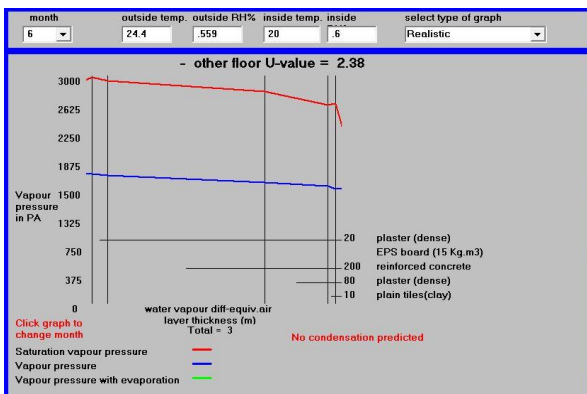
Φεβρουάριος



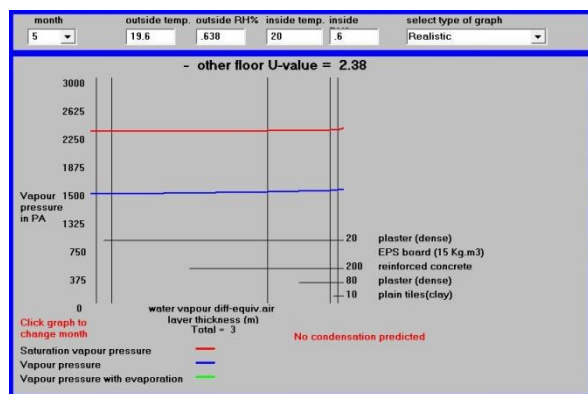
Μάρτιος



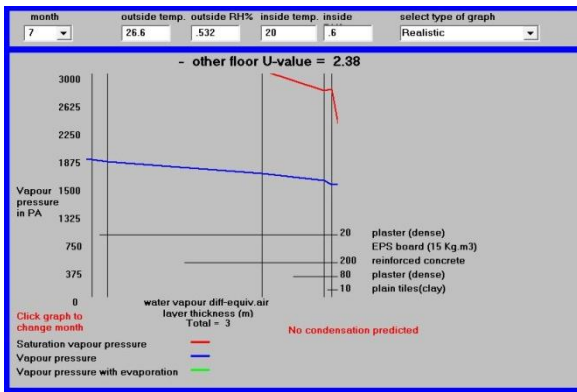
Απρίλιος



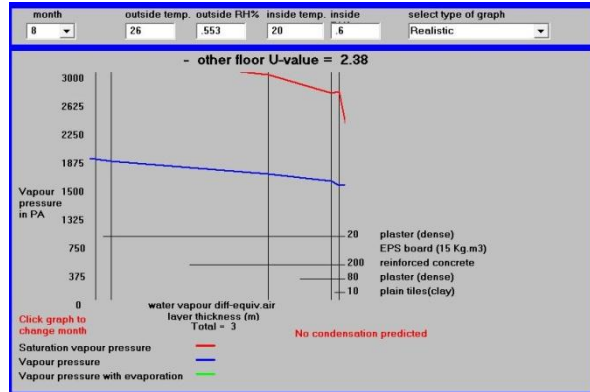
Μάιος



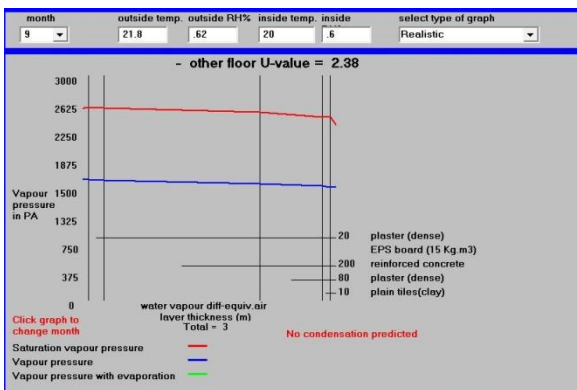
Ιούνιος



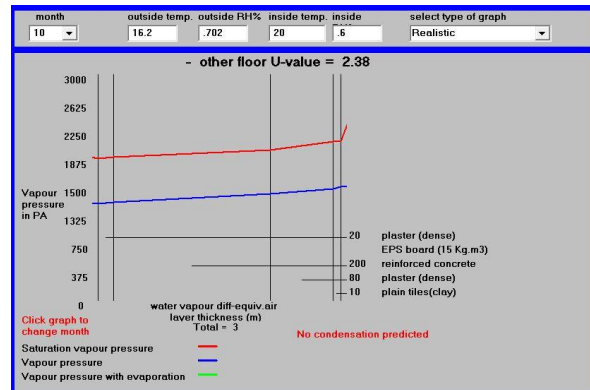
Ιούλιος



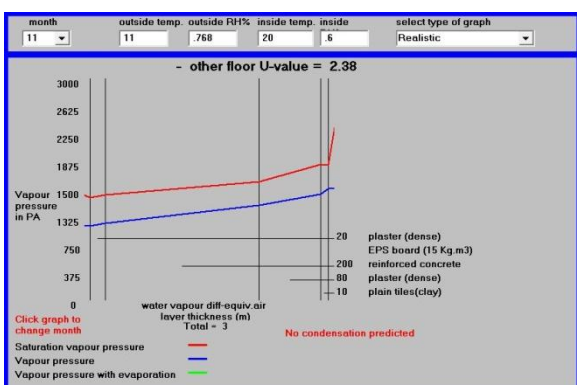
Αύγουστος



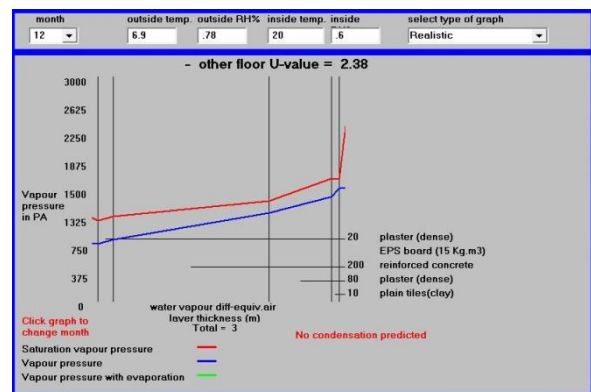
Σεπτέμβριος



Οκτώβριος

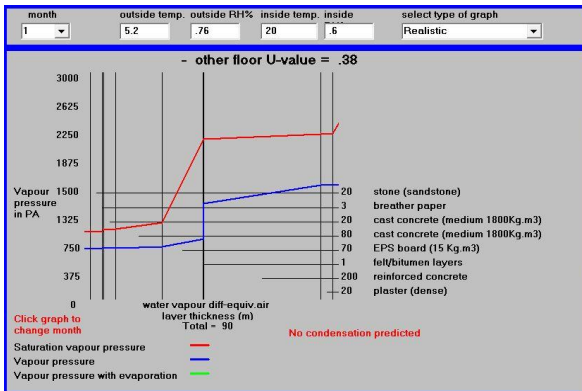


Νοέμβριος

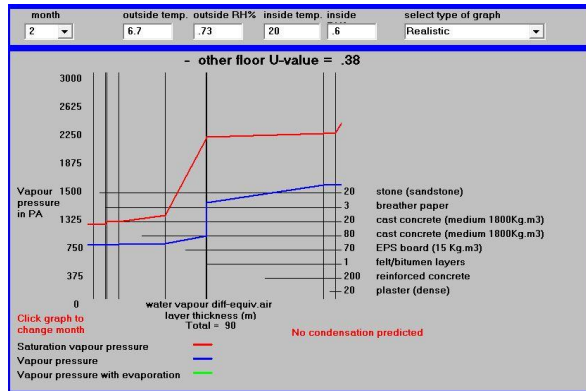


Δεκέμβριος

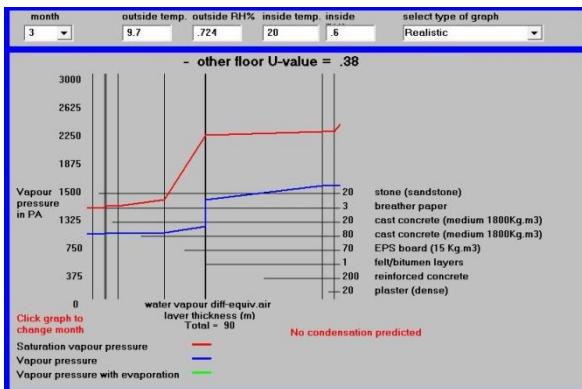
Γ. Δώμα (επισκέψιμο συμβατικό)



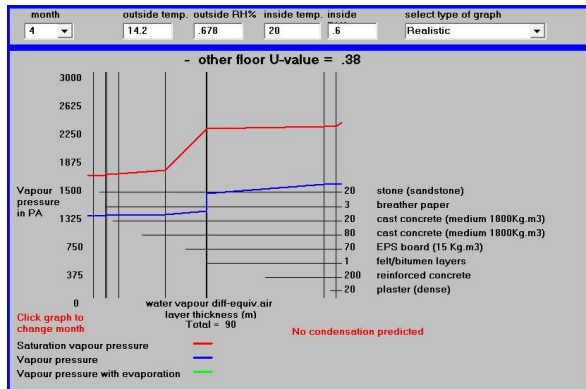
Ιανουάριος



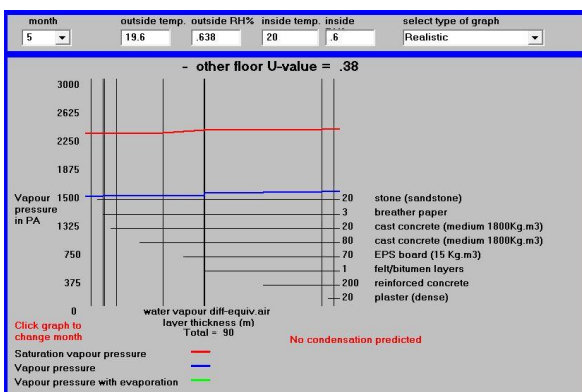
Φεβρουάριος



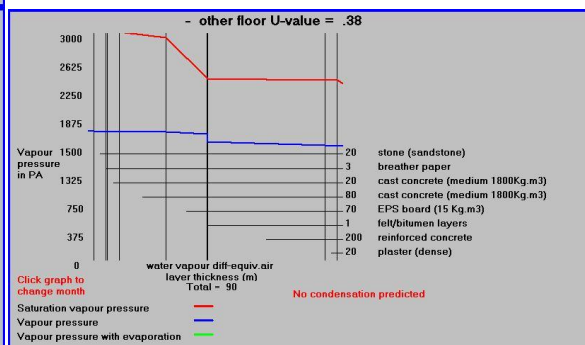
Μάρτιος



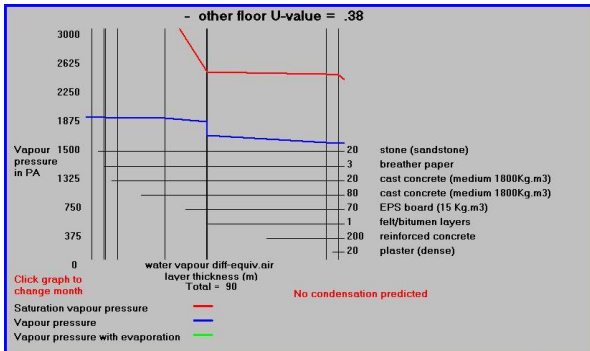
Απρίλιος



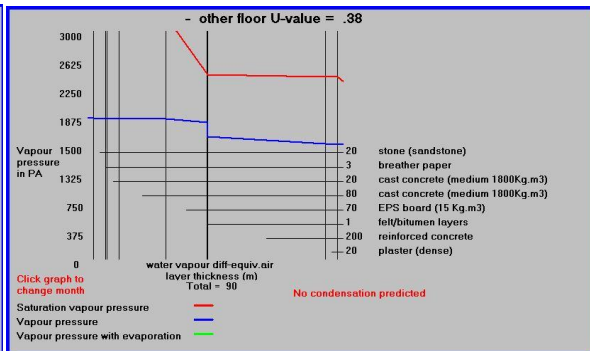
Μάιος



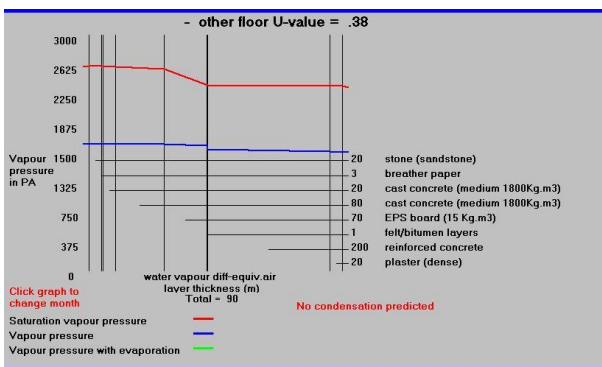
Ιούνιος



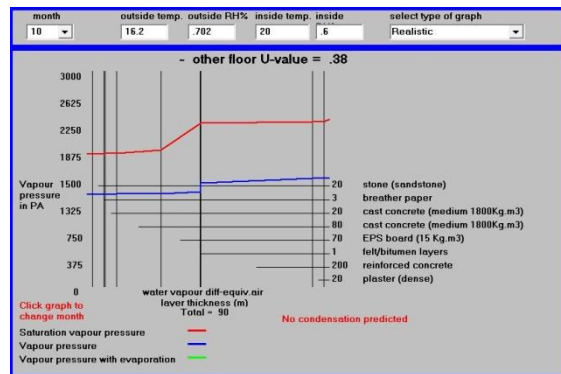
Ιούλιος



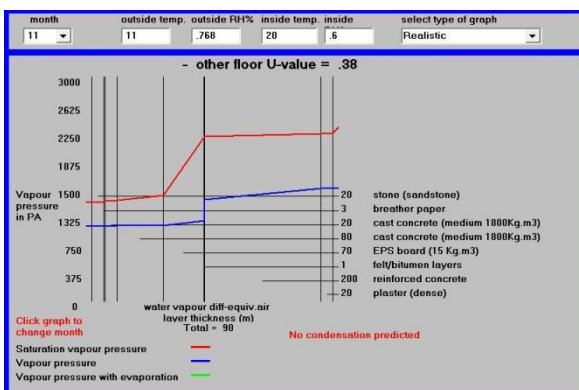
Αύγουστος



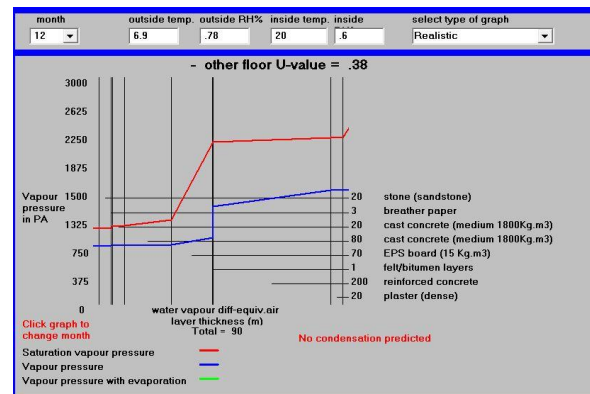
Σεπτέμβριος



Οκτώβριος



Νοέμβριος



Δεκέμβριος