



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ**

**Χρήση Υλικών Αλλαγής Φάσης (PCM) σε εσωτερικούς  
τοίχους, με συναλλαγή θερμότητας εκατέρωθεν και ηλιακή  
φόρτιση από μία ή δύο κατευθύνσεις.**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΕΚΠΟΝΗΣΗ: ΓΕΝΕΡΑΛΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ  
ΕΠΙΒΛΕΨΗ: κος ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ ΚΙΜΩΝ, Καθηγητής ΕΜΠ**

**ΕΜΠ, Απρίλιος 2014**



## **Ευχαριστίες**

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Κίμων Α. Αντωνόπουλο για την άψογη συνεργασία και την πολύτιμη επιστημονική του καθοδήγηση καθώς και την οικογένειά μου για την υπομονή και τη συμπαράστασή της.





## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο τη χρήση Υλικού Αλλαγής Φάσης (PCM) σε εσωτερική τοιχοποιία και τη μελέτη της ωριαίας θερμοκρασιακής του συμπεριφοράς, ανάλογα με τις συνθήκες ηλιακής του φόρτισης και θερμικής συναλλαγής με το περιβάλλον του.

Το βιβλιογραφικό τμήμα της εργασίας αποτελείται από τρία κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα Υλικά Αλλαγής Φάσης και οι ιδιότητές τους και αναπτύσσεται η θεωρία πίσω από αυτά, στο δεύτερο γίνεται μια αναφορά στη σχετική ερευνητική δραστηριότητα και παρατίθενται πρακτικές εφαρμογές τους σε διάφορους τομείς, ενώ το τρίτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στις κτιριακές εφαρμογές των ΥΑΦ.

Το τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας φιλοξενεί την υπολογιστική μελέτη. Πιο συγκεκριμένα, για τους μήνες Νοέμβριο έως και Μάρτιο, μελετάται στρώμα ΥΑΦ ενσωματωμένο σε ενδιάμεση τοιχοποιία δύο δωματίων σταθερής θερμοκρασίας, διατεταγμένων είτε κατά Νότο και Βορρά είτε κατά Ανατολή και Δύση.

Εξετάζονται συνολικά πέντε περιπτώσεις. Οι δύο πρώτες αφορούν σε στρώμα ΥΑΦ ακολουθούμενο από στρώμα μόνωσης, έτσι ώστε να υφίσταται θερμική συναλλαγή προς μία μόνο κατεύθυνση. Η ηλιακή φόρτιση γίνεται μέσω έναντι υαλοπίνακα εντός του δωματίου που επικοινωνεί θερμικά με στρώμα του ΥΑΦ. Στις τρεις επόμενες περιπτώσεις, η ενδιάμεση τοιχοποιία δε διαθέτει στρώμα μόνωσης, με αποτέλεσμα η θερμική συναλλαγή να λαμβάνει χώρα εκατέρωθεν. Η ηλιακή φόρτιση σε αυτές τις περιπτώσεις γίνεται είτε από έναν μόνο προσανατολισμό είτε εκατέρωθεν, μέσω ενός ή δύο υαλοπινάκων αντίστοιχα.

Ο υπολογισμός της ωριαίας θερμοκρασίας του ΥΑΦ γίνεται μέσω κατάλληλου θερμικού ισολογισμού. Η μοντελοποίηση της αλλαγής φάσης του πραγματοποιείται σύμφωνα με τη μέθοδο της Ενεργού Θερμοχωρητικότητας. Για τον προσδιορισμό της ενεργού θερμοχωρητικότητας  $c_{peff}$  χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές μέθοδοι: μια ακριβής, μέσω τεσσάρων προσαρμοσμένων σε πειραματικά αποτελέσματα πολυωνυμικών συναρτήσεων της θερμοκρασίας  $T_{PCM}$  και μία προσεγγιστική, με χρήση της απλουστευμένης τριγωνικής συνάρτησης.

Τα αποτελέσματα τοποθετούν την περίπτωση της εκατέρωθεν ηλιακής φόρτισης και εκατέρωθεν θερμικής συναλλαγής στο μέσο των πέντε υπό μελέτη περιπτώσεων, όσων αναφορά στο ύψος των τιμών της ωριαίας θερμοκρασίας που αναπτύσσει το στρώμα ΥΑΦ.

Προκύπτει επίσης πως η χρήση της τριγωνικής συνάρτησης για τον προσδιορισμό της  $c_{peff}$ , οδηγεί σε μέσες τιμές  $T_{PCM}$  που εμφανίζουν μικρή απόκλιση σε σχέση με τις αντίστοιχες που λαμβάνονται μέσω της χρήσης των πολυωνυμικών συναρτήσεων. Δε συμβαίνει όμως το ίδιο και για τις μέγιστες τιμές της  $T_{PCM}$  οι οποίες προκύπτουν πάντοτε υψηλότερες, και σε ορισμένες περιπτώσεις πολύ υψηλότερες, μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων σε σχέση με τις προκύπτουσες βάσει τριγωνικής συνάρτησης.

**Λέξεις - φράσεις κλειδιά:** Υλικά Αλλαγής Φάσης (PCM), ηλιακή φόρτιση εσωτερικής τοιχοποιίας, θερμοκρασία ΥΑΦ, ενεργός θερμοχωρητικότητα, προσαρμοσμένα πολυώνυμα προσδιορισμού ενεργού θερμοχωρητικότητας, τριγωνική συνάρτηση.





**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS  
SCHOOL OF MECHANICAL ENGINEERING  
SECTION OF THERMAL ENGINEERING**

**THESIS**

**On the use of Phase Change Materials (PCM) in interior walls with  
thermal exchange on both sides and PCM solar loading from one or  
two directions.**

**AUTHORING: VASSILIKI GENERALI  
SUPERVISION: Dr. KIMON ANTONOPOULOS, NTUA Professor**

**NTUA, April 2014**



## ABSTRACT

The scope of the present thesis is to study the hourly thermal behavior of a Phase Change Material (PCM) incorporated in an interior wall, setting as parameters the conditions of its solar loading and thermal exchange with its surroundings.

The theoretical part of the thesis consists of three chapters. The first chapter presents Phase Change Materials and their properties as well as the theory behind them. The second chapter references the research activity on PCMs and lists a number of their applications in various fields whereas the third chapter focuses on the PCM applications on the building sector.

The fourth and final chapter of the thesis hosts the computational study. In particular, a PCM layer embedded in an intermediate wall between two rooms of invariable temperature, orientated either towards the North and the South or the East and the West.

A total of five scenarios are examined. On the first two the PCM layer is followed by an insulation layer thus allowing thermal exchange towards a sole direction. The solar loading occurs through a glass window in the room in thermal contact with the PCM layer. The other three scenarios concern intermediate wall without insulation and therefore thermal exchange of two directions. In these cases, the solar loading emanates from one or two opposite directions.

The calculation of the hourly PCM temperature is conducted through the appropriate PCM layer thermal balance. The modeling of the phase change is made via the Effective Thermal Capacity method. The determination of the effective thermal capacity  $C_{peff}$  is realized through two different methods: a precise method using four tailored polynomial functions of PCM temperature, fitted to experimental measurements, and an approximate method, using the triangular function.

The study results place the scenario of bilateral solar loading and bilateral thermal exchange in the middle of the five scenarios, regarding the temperature levels developed in the PCM layer.

It also appears that the use of the triangular function for the determination of the PCM's effective thermal capacity, produces  $T_{pcm}$  average values deviating slightly from the corresponding average  $T_{pcm}$  values obtained via the use of the polynomial functions. The same does not apply for the maximum  $T_{pcm}$  values which always occur lower, and in some cases significantly lower, when the triangular function is used instead of the polynomial functions.

**Keywords - key phrases :** Phase Change Materials (PCMs), interior wall solar loading, PCM temperature, effective thermal capacity, fitted polynomials determining active thermal capacity, triangular function.



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup>	ΥΛΙΚΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΑΣΗΣ	17
1.1	Θεωρητικό Υπόβαθρο	17
1.1.1	Αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα	17
1.1.2	Ενθαλπία τήξεως	17
1.1.3	Φαινόμενο αλλαγής φάσης	19
1.1.4	Συστήματα θερμικής αποθήκευσης	20
1.1.4.1	Συστήματα αποθήκευσης αισθητής θερμότητας	20
1.1.4.2	Συστήματα αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας	20
1.1.4.3	Σύγκριση συστημάτων αποθήκευσης θερμότητας	20
1.2	Ορισμός και γενικά χαρακτηριστικά των Υλικών Αλλαγής Φάσης	21
1.3	Ιδιότητες των ΥΑΦ	22
1.3.1	Θερμοδυναμικές ιδιότητες	22
1.3.2	Κινητικές ιδιότητες	22
1.3.3	Χημικές ιδιότητες	22
1.3.4	Οικονομικές ιδιότητες	23
1.4	Κατηγοριοποίηση των ΥΑΦ	23
1.4.1	Οργανικά ΥΑΦ	24
1.4.1.1	Παραφίνες	24
1.4.1.2	Λιπαρά Οξέα	25
1.4.2	Ανόργανα ΥΑΦ	27
1.4.2.1	Ένυδρα άλατα	27
1.4.2.2	Άλας του Glauber	28
1.4.2.3	Σύγκριση οργανικών και ανόργανων ΥΑΦ	29
1.4.3	Εύτηκτα μίγματα	29
1.5	Βασικά προβλήματα ΥΑΦ και προτεινόμενοι τρόποι αντιμετώπισης	30
1.5.1	Φαινόμενο διαχωρισμού των φάσεων	30
1.5.2	Υπέρψυξη ή υπόψυξη	31
1.5.3	Χαμηλή θερμική αγωγιμότητα	32
1.5.4	Αστάθεια θερμικών ιδιοτήτων σε εκτεταμένη κυκλική φόρτιση	33
1.5.5	Ασυμβατότητα με άλλα υλικά	34
1.6	Η αγορά των ΥΑΦ	35
1.7	Μέθοδοι μοντελοποίησης της αλλαγής φάσης	37
1.7.1	Μέθοδος Ενθαλπίας	38
1.7.2	Μέθοδος Ενεργού Θερμοχωρητικότητας	40
1.8	Μέθοδοι μέτρησης ιδιοτήτων Υλικών Αλλαγής Φάσης	41

1.8.1	Μέθοδος Θερμοσταθμικής Ανάλυσης (TGA).....	42
1.8.2	Μέθοδος Διαφορικής Θερμικής Ανάλυσης (DTA).....	43
1.8.3	Μέθοδος Διαφορικής Θερμιδομετρικής Σάρωσης (DSC).....	46
1.8.4	Μέθοδος T-history.....	48
1.8.5	Μέθοδος Double Cell.....	49
1.8.6	Μέθοδος Thermal Delay.....	50
1.8.7	Προβλήματα κατά τη μέτρηση των ιδιοτήτων ΥΑΦ.....	52
1.8.8	Προβλήματα κατά την παρουσίαση των δεδομένων.....	53
1.9	Μέθοδοι ενσωμάτωσης ΥΑΦ.....	55
1.9.1	Ενσωμάτωση σε κάψουλες.....	55
1.9.1.1	Μακροενσωμάτωση.....	56
1.9.1.2	Μικροενσωμάτωση.....	56
1.9.2	Σύνθετα υλικά.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup>	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΑΣΗΣ.....	59
2.1	Εισαγωγή.....	59
2.2	Ιστορική αναδρομή εφαρμογών Υλικών Αλλαγής Φάσης.....	59
2.3	Διεθνής Ερευνητική Δραστηριότητα σχετικά με τα ΥΑΦ.....	61
2.3.1	Ερευνητική Δραστηριότητα στις ΗΠΑ.....	62
2.3.2	Ερευνητική Δραστηριότητα στην Ευρώπη.....	63
2.3.3	Ερευνητική Δραστηριότητα στην Ασία.....	64
2.4	Κτιριακές εφαρμογές ΥΑΦ.....	65
2.5	Λοιπές εφαρμογές ΥΑΦ.....	65
2.5.1	Εφαρμογές σε συστήματα φωτοβολταϊκών.....	65
2.5.2	Εφαρμογές ΥΑΦ σε οχήματα.....	66
2.5.3	Ηλεκτρονικές εφαρμογές.....	67
2.5.4	Εφαρμογές ΥΑΦ στις τηλεπικοινωνίες.....	70
2.5.5	Εφαρμογές ΥΑΦ στην ένδυση.....	71
2.5.6	Ιατρικές εφαρμογές των ΥΑΦ.....	73
2.5.7	Εφαρμογές ΥΑΦ στην αποθήκευση και μεταφορά προϊόντων.....	75
2.5.8	Εφαρμογές ΥΑΦ σε μαγειρικά σκεύη.....	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup>	ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΥΑΦ.....	80
3.1	Παθητικά Συστήματα Κτιρίων.....	80
3.1.1	Τοίχος Trombe.....	80
3.1.2	Ηλιακός Τοίχος.....	82
3.1.3	Γυψοσανίδα με ενσωματωμένο ΥΑΦ.....	83
3.1.4	Συστήματα Ενδοδαπέδιας Θέρμανσης με χρήση ΥΑΦ.....	85
3.1.5	Ενεργειακά Αποδοτικά Παράθυρα.....	88
3.2	Ενεργητικά Συστήματα Κτιρίων.....	91



3.2.1	Ενεργητικό πάνελ οροφής.....	91
3.2.2	Οροφές για ενεργητική θέρμανση και ψύξη .....	92
3.2.3	Free Cooling .....	95
3.2.4	Συνδυασμένο σύστημα ψύξης - θέρμανσης με ΥΑΦ .....	95
3.2.5	Ηλιακά συστήματα θέρμανσης αέρα με χρήση ΥΑΦ .....	98
3.2.6	Ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού με χρήση ΥΑΦ .....	99
3.2.7	Εναλλακτικές εφαρμογές ΥΑΦ στα κτίρια.....	103
3.2.8	Επισκόπηση χρήσης ΥΑΦ στη ρύθμιση της θερμοχωρητικότητας του κτιριακού κελύφους .....	104
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup>	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	112
4.1	Σκοπός υπολογιστικής μελέτης.....	112
4.2	Υπολογισμός ηλιακής ακτινοβολίας προσπίπτουσας επί κατακόρυφο υαλοπίνακα.....	112
4.3	Υπολογισμός ηλιακής ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας προσπίπτουσας επί κατακόρυφη επιφάνεια.....	126
4.4	Αιτιολόγηση της απόκλισης των τιμών της $G_t$ μεταξύ ανατολικού και δυτικού προσανατολισμού.....	132
4.5	Υπολογισμός της θερμοκρασίας στρώματος ΥΑΦ ενσωματωμένου σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας και ηλιακά φορτιζόμενου μέσω έναντι υαλοπίνακα. Προσδιορισμός της ενεργού θερμοχωρητικότητας μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της θερμοκρασίας του ΥΑΦ.....	134
4.5.1	Δωμάτια προσανατολισμένα κατά Νότο και Βορρά .....	138
4.5.2	Δωμάτια προσανατολισμένα κατά Ανατολή και Δύση .....	177
4.6	Υπολογισμός της θερμοκρασίας στρώματος ΥΑΦ ενσωματωμένου σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας και ηλιακά φορτιζόμενου μέσω έναντι υαλοπίνακα. Προσδιορισμός της ενεργού θερμοχωρητικότητας μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. ....	218
4.6.1	Δωμάτια προσανατολισμένα κατά Νότο και Βορρά .....	219
4.6.2	Δωμάτια προσανατολισμένα κατά Ανατολή και Δύση .....	258
4.7	Αποτελέσματα προσδιορισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας $c_{p,eff}(T_{pcm})$ βάσει των προσαρμοσμένων πολυωνύμων της $T_{pcm}$ και της τριγωνικής συνάρτησης.....	297
4.7.1	Δωμάτια προσανατολισμένα κατά Νότο και Βορρά .....	298
4.7.2	Δωμάτια προσανατολισμένα κατά Ανατολή και Δύση .....	321
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	345
	Παράρτημα Ι – Διαγράμματα $G_b$ , $G_d$ , $R_b$ .....	345
	ΕΥΡΕΤΗΡΙΑ.....	351
	Ευρετήριο Εικόνων .....	351
	Ευρετήριο Πινάκων .....	354
	Ευρετήριο Πινάκων Μελέτης .....	354
	Ευρετήριο Διαγραμμάτων.....	367
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	373



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**



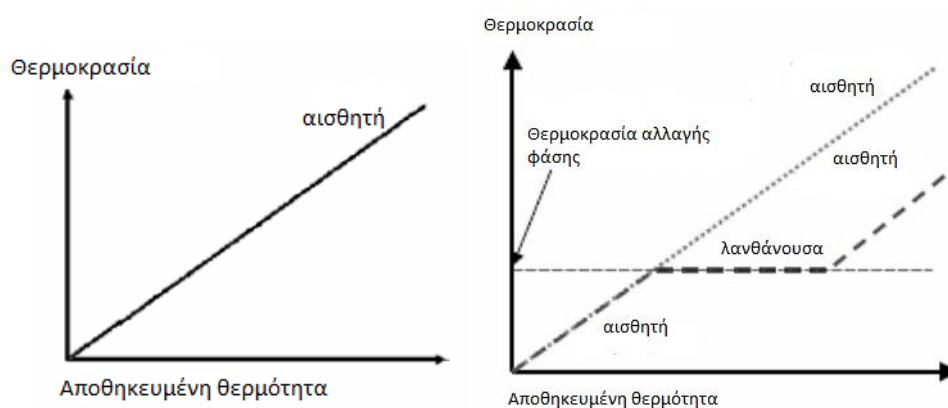
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> Υλικά Αλλαγής Φάσης

### 1.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο

#### 1.1.1 Αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα

Ως αισθητή θερμότητα ορίζεται η θερμότητα την οποία ένα σώμα δύναται να συναλλάσει με το περιβάλλον του χωρίς να επιφέρει αλλαγή στη φυσική του κατάσταση. Η συναλλαγή αισθητής θερμότητας συνοδεύεται από σημαντική μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος.

Ως λανθάνουσα θερμότητα ορίζεται η θερμότητα την οποία ένα σώμα συναλλάσει με το περιβάλλον του χωρίς όμως να παρατηρείται θερμοκρασιακή μεταβολή στο σώμα. Η συναλλαγή λανθάνουσας θερμότητας συνοδεύεται από μεταβολή της φυσικής κατάστασης του σώματος, δηλαδή μετάβασή του από μια φάση σε μια άλλη. [1]



Εικόνα 1: Αποθήκευση αισθητής και λανθάνουσας θερμότητας συναρτήσει της μεταβολής θερμοκρασίας [1]

#### 1.1.2 Ενθαλπία τήξεως

Ενθαλπία ή θερμότητα τήξεως καλείται η θερμική ενέργεια που απαιτείται να απορροφηθεί ή να αποδοθεί από ένα mole μιας ουσίας, προκειμένου αυτή να μεταβεί από μια φάση σε μια άλλη. Συναντάται και ως λανθάνουσα ενθαλπία ή λανθάνουσα θερμότητα τήξεως και η θερμοκρασία στην οποία λαμβάνει χώρα η μεταβολή ορίζεται ως θερμοκρασία τήξεως.

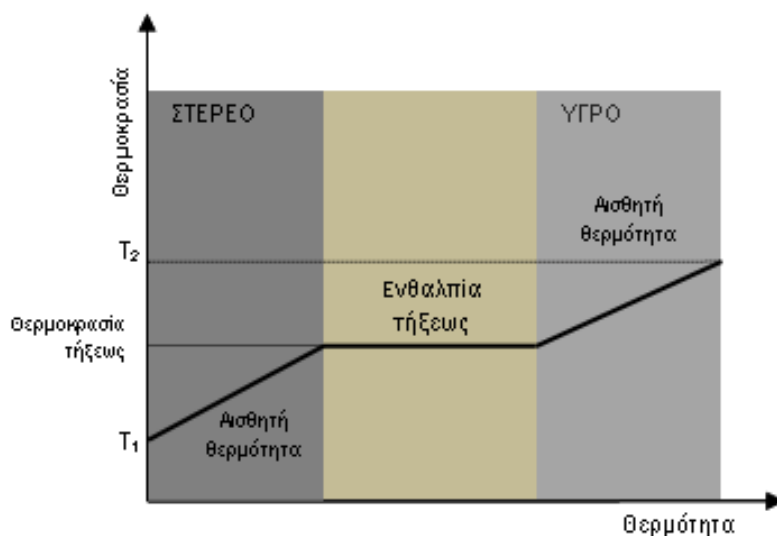
Προκειμένου ένα σώμα να μεταβεί από μια κατάσταση υψηλότερης σε μια κατάσταση χαμηλότερης ενεργειακής στάθμης, π.χ. από την υγρή στη στερεή, τα μόριά του θα πρέπει να τοποθετηθούν σε αυστηρότερη διάταξη και συνεπώς θα πρέπει να αφαιρεθεί από αυτό θερμική ενέργεια. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή κατά τη μετάβαση π.χ. από τη

στερεή στην υγρή κατάσταση, θα πρέπει να προστεθεί θερμική ενέργεια στο σώμα, έτσι ώστε να προκληθεί λύση των διαμοριακών δεσμών.

Η απορρόφηση θερμικής ενέργειας από ένα σώμα ή η αφαίρεση θερμότητας από αυτό συνοδεύεται συνήθως από αντίστοιχη αυξομείωση της θερμοκρασίας του. Κατά την αλλαγή φάσης όμως το εν λόγω φαινόμενο παρουσιάζει μια ασυνέχεια η οποία οφείλεται στην ενθαλπία τήξεως.

Η ενθαλπία τήξεως μπορεί να παρατηρηθεί μελετώντας τη μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού κατά τη μετάβασή του από την υγρή στη στερεή φάση. Εάν ένα δοχείο με νερό σε θερμοκρασία δωματίου, δηλαδή στους 20 περίπου °C, τοποθετηθεί σε ένα πολύ ψυχρό περιβάλλον, δηλαδή σε θερμοκρασία περί τους -20°C, η θερμοκρασία του νερού θα μειωθεί σταθερά έως ότου φθάσει λίγο κάτω από τη θερμοκρασία στερεοποίησής του (0°C). Αμέσως μετά, η θερμοκρασία θα αυξηθεί οριακά έως τους 0°C και τότε θα ξεκινήσει η δημιουργία κρυστάλλων στο νερό. Μόλις ολοκληρωθεί η στερεοποίηση και το σύνολο της μάζας του νερού έχει μετατραπεί σε πάγο, η θερμοκρασία του θα συνεχίσει να μειώνεται έως ότου εξισωθεί με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, δηλαδή τους -20 °C.

Η διακοπή της πτώσης της θερμοκρασίας του νερού κατά την έναρξη της στερεοποίησής του οφείλεται στην ενθαλπία τήξεως, δηλαδή στη λανθάνουσα θερμότητα η οποία πρέπει να αφαιρεθεί από το σώμα υπό σταθερή θερμοκρασία προκειμένου αυτό να μεταβεί στη στερεή κατάσταση.



Εικόνα 2: Διάγραμμα αλλαγής φάσης - ενθαλπία τήξεως [1]

Οι μονάδες μέτρησης της ενθαλπίας τήξεως είναι οι εξής:

- Kilojoule/kilogram [kJ/kg] ή joule/mole, στο διεθνές σύστημα μονάδων.
- Calories/gram [cal/gr], σε σύστημα μονάδων περιορισμένης πλέον χρήσεως.
- British Thermal Units/pound ή mole [Btu/lb] ή [Btu/mol], στο Βρετανικό μετρικό σύστημα. [2],[3]

### 1.1.3 Φαινόμενο αλλαγής φάσης

Αλλαγή φάσης καλείται η διαδικασία μετάβασης ενός θερμοδυναμικού συστήματος από μια φάση σε μια άλλη με ταυτόχρονη ραγδαία μεταβολή σε μία ή περισσότερες φυσικές του ιδιότητες, όπως η θερμοχωρητικότητα του, αλλά και μικρές μεταβολές σε άλλες του ιδιότητες, όπως η θερμοκρασία.

Ο όρος αλλαγή φάσης αναφέρεται κατά κύριο λόγο σε μεταβάσεις μεταξύ στερεής, υγρής και αέριας κατάστασης της ύλης, χωρίς να συμπεριλαμβάνει συνήθως την κατάσταση του πλάσματος. Πιο συγκεκριμένα οι αλλαγές φάσης περιλαμβάνουν:

- Μεταβάσεις μεταξύ των διαφορετικών καταστάσεων της ύλης (στερεής - υγρής - αέριας) εξαιτίας μεταβολών στις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

Πίνακας 1: Αλλαγές φάσεων σε θερμοδυναμικά συστήματα [1]

ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ			
	Στερεό	Υγρό	Αέριο	Πλάσμα
Στερεό	-	Τήξη	Εξάχνωση	-
Υγρό	Στερεοποίηση	-	Βρασμός / Ατμοποίηση	-
Αέριο	Εναπόθεση	Συμπύκνωση	-	Ιονισμός
Πλάσμα	-	-	Ανασυνδυασμός	-

- Μεταβάσεις μεταξύ δυο διαφορετικών κρυσταλλικών δομών ή μεταξύ μιας άμορφης και μια κρυσταλλικής δομής, στην στερεή κατάσταση.

Κάθε αλλαγή φάσης συνοδεύεται από απορρόφηση ή αποβολή λανθάνουσας θερμότητας. Οι μεταβάσεις μεταξύ των φάσεων λαμβάνουν χώρα σταδιακά, αφού η συναλλαγή θερμότητας μεταξύ συστήματος και περιβάλλοντος δε γίνεται στιγμιαία. Συνεπώς το θερμοδυναμικό σύστημα διέρχεται και από καταστάσεις μικτής φάσης, κατά τις οποίες ένα τμήμα του συστήματος έχει μεταβεί σε νέα φάση ενώ το υπόλοιπο όχι.

Έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις κατά τις οποίες η μετάβαση της κατάστασης της ύλης γίνεται μη αδιαβατικά με τρόπο τέτοιο ώστε το θερμοδυναμικό σύστημα να διέρχεται των ορίων της αλλαγής φάσης χωρίς να εμφανίζεται η αλλαγή, όπως συμβαίνει για παράδειγμα στις περιπτώσεις των φαινομένων της υπέρψυξης και της υπερθέρμανσης. Η προκύπτουσα κατάσταση της ύλης σε αυτές τις περιπτώσεις χαρακτηρίζεται ως ενεργειακά ημισταθερή. [1,2]



Εικόνα 3: Κομμάτι στερεού αργού (Ar), με θερμοκρασία τήξεως τους  $189,35^{\circ}\text{C}$  και βρασμού τους  $-185,85^{\circ}\text{C}$ , που λόγω της θερμοκρασίας στην οποία εκτίθεται μεταβαίνει πολύ γρήγορα από τη μια φάση στην άλλη. Στην εικόνα διακρίνονται ταυτόχρονα οι τρεις καταστάσεις της ύλης (στερεή, υγρή και αέρια) [1].

#### 1.1.4 Συστήματα θερμικής αποθήκευσης

Τα συστήματα θερμικής αποθήκευσης διακρίνονται σε συστήματα αποθήκευσης αισθητής και λανθάνουσας θερμότητας. Στην πρώτη περίπτωση χαρακτηριστικό μέγεθος της θερμικής συμπεριφοράς αποτελεί η θερμοχωρητικότητα του συστήματος υπό σταθερή πίεση ή όγκο, ενώ στη δεύτερη η λανθάνουσα θερμότητα που απαιτείται για τη μετάβαση του συστήματος από μια φάση σε μια άλλη. Η τιμή της λανθάνουσας θερμότητας είναι πολλαπλάσια της θερμοχωρητικότητας υπό σταθερή πίεση ή όγκο.

##### 1.1.4.1 Συστήματα αποθήκευσης αισθητής θερμότητας

Η θερμική αποθήκευση στα συστήματα αποθήκευσης αισθητής θερμότητας επιτυγχάνεται μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας του αποθηκευτικού μέσου το οποίο, για τον λόγο αυτό, θα πρέπει να έχει υψηλή ειδική θερμοχωρητικότητα. Τα υλικά αποθήκευσης αισθητής θερμότητας αποθηκεύουν ενέργεια σε όλο το θερμοκρασιακό εύρος εφαρμογών τους. Η αποθηκευτική ικανότητα ενός υλικού που θερμαίνεται από θερμοκρασία  $T_1$  σε  $T_2$  δίνεται από τη σχέση:

$$Q = mc(T_2 - T_1) \quad (1.1)$$

όπου  $c$  η θερμοχωρητικότητα του υλικού.

##### 1.1.4.2 Συστήματα αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας

Οι αποθήκες λανθάνουσας θερμότητας δε λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο στο σύνολο του θερμοκρασιακού εύρους εφαρμογής τους. Σε ένα τμήμα του εύρους αποθηκεύουν λανθάνουσα θερμότητα, ενώ σε ένα άλλο συναλλάσσουν αισθητή θερμότητα με το περιβάλλον τους. Η αποθηκευτική ικανότητα ενός τέτοιου υλικού που θερμαίνεται από θερμοκρασία  $T_1$  σε  $T_2$  είναι:

$$Q = m \left[ c_s T^* - T_1 + \lambda + c_l T_2 - T^* \right] \quad (1.2)$$

όπου  $c_s$  και  $c_l$  οι θερμοχωρητικότητες της στερεής και της υγρής φάσης αντίστοιχα,  $\lambda$  η θερμότητα αλλαγής φάσης και  $T^*$  η θερμοκρασία στην οποία το υλικό υφίσταται αλλαγή φάσης.

##### 1.1.4.3 Σύγκριση συστημάτων αποθήκευσης θερμότητας

Τα συστήματα αποθήκευσης αισθητής θερμότητας έχουν ερευνηθεί εκτενώς και η τεχνολογία που σχετίζεται με τη χρήση τους είναι πλέον αρκετά αναπτυγμένη. Παρουσιάζουν όμως ορισμένα μειονεκτήματα, όπως η περιορισμένη ικανότητα θερμικής αποθήκευσης ανά μονάδα όγκου του αποθηκευτικού μέσου και η μη ισοθερμική συμπεριφορά κατά την αποθήκευση και απόδοση της θερμότητας, δηλαδή κατά την φόρτιση και αποφόρτιση του συστήματος.



Από την άλλη, τα συστήματα αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας έτυχαν μεγάλης απήχησης κυρίως λόγω της ικανότητάς τους να αποθηκεύουν μεγάλα ποσά θερμότητας σε σχετικά μικρό χώρο, και του χαρακτηριστικού τους να αποθηκεύουν τη θερμότητα σε μια συγκεκριμένη, σταθερή θερμοκρασία, η οποία αντιστοιχεί στη θερμοκρασία αλλαγής φάσης του αποθηκευτικού μέσου. [2]

## 1.2 Ορισμός και γενικά χαρακτηριστικά των Υλικών Αλλαγής Φάσης

Υλικά Αλλαγής Φάσης (ΥΑΦ), ή κατά τη διεθνή βιβλιογραφία Phase Change Materials (PCMs), ονομάζονται τα υλικά που αλλάζουν φάση στο θερμοκρασιακό εύρος της εφαρμογής όπου χρησιμοποιούνται. Κατά τη διάρκεια της αλλαγής φάσης είτε απορροφούν και αποθηκεύουν μεγάλα ποσά λανθάνουσας θερμότητας, είτε τα αποδίδουν προς αξιοποίηση.

Η θερμική συναλλαγή λαμβάνει χώρα όταν ένα ΥΑΦ μετατρέπεται από στερεό σε υγρό ή αντίστροφα. Τα υλικά που μεταπίπτουν σε αέρια κατάσταση κατά την αλλαγή φάσης τους δεν αντιμετωπίζονται με ιδιαίτερο ενδιαφέρον αφενός λόγω των πρακτικών δυσκολιών που εμφανίζει η μεγάλη μεταβολή της πυκνότητάς τους και αφετέρου λόγω της ίδιας της φύσης των αερίων.

Η αρχή λειτουργίας ενός ΥΑΦ μπορεί να περιγραφεί ως εξής: Αρχικά, ένα στερεό παραδείγματος χάρη ΥΑΦ συμπεριφέρεται ακριβώς όπως τα συμβατικά υλικά αποθήκευσης ενέργειας, δηλαδή καθώς απορροφά θερμότητα παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας του. Όταν το ΥΑΦ φτάσει το θερμοκρασιακό επίπεδο αλλαγής φάσης (σημείο τήξης), προχωρά στην απορρόφηση και αποθήκευση θερμικής ενέργειας χωρίς παράλληλη αύξηση της θερμοκρασίας του, σε αντίθεση με τα συμβατικά υλικά αποθήκευσης αισθητής θερμότητας. Στη συνέχεια, όταν η περιβάλλουσα το ΥΑΦ θερμοκρασία ελαττωθεί επαρκώς, αυτό αλλάζει και πάλι φάση (στερεοποιείται) αποδίδοντας το ποσό θερμότητας που είχε απορροφήσει κατά τη φάση της υγροποίησής του.

Τα Υλικά Αλλαγής Φάσης παρέχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης των ιδιοτήτων τους προς βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς πληθώρας συστημάτων και κατασκευών, εισάγοντας μια χρονική υστέρηση μεταξύ της απορρόφησης και της απόδοσης της θερμότητας. Η ιδέα για την εκμετάλλευση των ΥΑΦ προήλθε από το νερό, το οποίο μπορεί να αποθηκεύσει μεγάλα ποσά θερμότητας κατά την αλλαγή φάσης του σε πάγο. Παρόλα αυτά, διαπιστώθηκε σύντομα πως το νερό δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές ως ΥΑΦ, κυρίως λόγω ιδιοτήτων του όπως η θερμοκρασία τήξεώς του, η μεγάλη μεταβολή της πυκνότητάς του συναρτήσει της θερμοκρασίας, καθώς και το γεγονός ότι η θερμοκρασία προσαγωγής στο σύστημα αποθήκευσης είναι ιδιαίτερα χαμηλή.

Ωστόσο, η δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλων ποσών θερμότητας κατά την αλλαγή φάσης του νερού ήταν η παρατήρηση που οδήγησε σε έρευνες για εύρεση Υλικών Αλλαγής Φάσης τα οποία θα παρουσίαζαν τα πλεονεκτήματα του νερού χωρίς να εμφανίζουν τα παραπάνω μειονεκτήματα και κυρίως την πολύ χαμηλή, συνεπώς μη λειτουργική, θερμοκρασία τήξεως. Με αυτή την αφορμή και μετά από μακροχρόνιες έρευνες, έχουν σήμερα δημιουργηθεί πολλά ΥΑΦ τα οποία παρουσιάζουν ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών αλλαγής φάσης και μπορούν έτσι να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλο πλήθος εφαρμογών.

### 1.3 Ιδιότητες των ΥΑΦ

Η πληθώρα των διαθέσιμων ΥΑΦ σήμερα κάνει εύκολη την εύρεση κάποιου με θερμότητα τήξης σε κάθε απαιτούμενο εύρος. Η αξιοποίηση ωστόσο καθενός από τα παραπάνω υλικά σε συγκεκριμένες εφαρμογές προϋποθέτει και την ύπαρξη συγκεκριμένων επιθυμητών ιδιοτήτων, θερμοδυναμικής, κινητικής και χημικής φύσεως. Επιπλέον, κατά την επιλογή ενός ΥΑΦ για μια εφαρμογή θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τόσο οικονομικά κριτήρια, όσο κριτήρια σχετικά με τη διαθεσιμότητά του. [3,4]

Η κατάλληλη θερμοκρασία αλλαγής φάσης και η υψηλή ενθαλπία τήξης είναι οι βασικότερες απαιτήσεις που οφείλει να πληροί ένα ΥΑΦ. Υπάρχουν ωστόσο επιπλέον απαιτήσεις που πρέπει να καλυφθούν ώστε επιλεγεί προς χρήση στην πλειοψηφία των σύγχρονων εφαρμογών. Οι βασικότερες απαιτούμενες από ένα ΥΑΦ ιδιότητες αναφέρονται παρακάτω κατηγοριοποιημένες.

#### 1.3.1 Θερμοδυναμικές ιδιότητες

- Θερμοκρασία αλλαγής φάσης του ΥΑΦ θα εντός του θερμοκρασιακού εύρους της εφαρμογής στην οποία χρησιμοποιείται.
- Θερμότητα αλλαγής φάσης ανά μονάδα όγκου αρκετά υψηλή έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες θερμικής αποθήκευσης της εφαρμογής με όσο το δυνατόν μικρότερο όγκο υλικού.
- Υψηλή ειδική θερμοχωρητικότητα.
- Υψηλή ενθαλπία αλλαγής φάσης έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μεγάλη αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας σε σχέση με την αποθήκευση αισθητής θερμότητας.
- Υψηλή θερμική αγωγιμότητα προκειμένου να μεγιστοποιείται η αποδοτικότητα αποθήκευσης ή ανάκτησης της θερμότητας [5,6].

#### 1.3.2 Κινητικές ιδιότητες

- Υψηλή ταχύτητα ανάπτυξης κρυστάλλων έτσι ώστε το σύστημα να μπορεί να ανταπεξέλθει στη ζήτηση ανακτώντας την αποθηκευμένη θερμότητα.
- Υψηλός βαθμός πυρήνωσης προς αποφυγή του φαινομένου της υπόψυξης [5,6].

#### 1.3.3 Χημικές ιδιότητες

- Μακροχρόνια χημική σταθερότητα προκειμένου το ΥΑΦ να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια σε κτιριακές εφαρμογές.
- Αντοχή στον εκφυλισμό μετά από πολλούς κύκλους τήξης - στερεοποίησης ( αντοχή έναντι της κόπωσης του υλικού).
- Υλικό μη τοξικό, μη εύφλεκτο, μη δηλητηριώδες και μη εκρηκτικό.

- Συμβατότητα με τα υπόλοιπα κατασκευαστικά υλικά κατά τη χρήση σε δομικές εφαρμογές έτσι ώστε να μην προκληθούν δομικές αστοχίες.
- Αποφυγή εμφάνισης του φαινομένου της υπέρψυξης ή υπόψυξης, το οποίο αποτελεί συχνό και σημαντικό πρόβλημα των ΥΑΦ. Το συγκεκριμένο φαινόμενο δεν επιτρέπει στο ΥΑΦ να στερεοποιηθεί στη θερμοκρασία τήξης, αλλά επιτρέπει την έναρξη της κρυσταλλοποίησής του μόνο όταν η θερμοκρασία φτάσει αρκετά χαμηλότερα, με αποτέλεσμα η έκλυση της αποθηκευμένης ενέργειας να γίνεται σε ένα εύρος θερμοκρασιών 5-10°C χαμηλότερα του σημείου τήξης. [5,6]

### 1.3.4 Οικονομικές ιδιότητες

- Χαμηλό κόστος του ΥΑΦ. Πολλές εφαρμογές έχουν κριθεί μη υλοποιήσιμες λόγω του πολύ υψηλού κόστους του απαιτούμενου ΥΑΦ.
- Χημικές ουσίες και πρώτες ύλες τους διαθέσιμες και άφθονες προκειμένου να είναι δυνατές οι εφαρμογές μεγάλης κλίμακας.
- Χρήση ανακυκλώσιμων ΥΑΦ, τόσο για περιβαλλοντικούς όσο και για οικονομικούς λόγους.

Φυσικά, δεν είναι δυνατό κάθε Υλικό Αλλαγής Φάσης να πληροί όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις. Συνήθως η επιλογή των ΥΑΦ γίνεται βάσει της θερμοκρασίας αλλαγής φάσης, της ενθαλπίας, της σταθερότητας σε κυκλική φόρτιση και της πιθανότητας εμφάνισης υπόψυξης, χαρακτηριστικά δηλαδή που αποτελούν και τους σημαντικότερους παράγοντες για τη σωστή και αποδοτική λειτουργία του. [5,6]

## 1.4 Κατηγοριοποίηση των ΥΑΦ

Η κατηγοριοποίηση των Υλικών Αλλαγής Φάσης μπορεί να γίνει με βάση πολλά διαφορετικά κριτήρια. Πρώτο και σημαντικότερο είναι η σύσταση, σύμφωνα με την οποία τα ΥΑΦ διακρίνονται σε οργανικά και ανόργανα. Άλλα κριτήρια κατηγοριοποίησης μπορεί να θεωρηθούν οι εφαρμογές που καλύπτουν τα ΥΑΦ, όπως επίσης και το εύρος θερμοκρασιών όπου λαμβάνει χώρα η αλλαγή της φάσης τους.



Εικόνα 4: Ταξινόμηση Υλικών Αλλαγής Φάσης βάσει της χημικής τους σύστασης [9]

### 1.4.1 Οργανικά ΥΑΦ

Στην κατηγορία των οργανικών ΥΑΦ ανήκουν οι παραφίνες, με χημικό τύπο  $C_nH_{2n+2}$ , και τα λιπαρά οξέα, με χημικό τύπο  $CH_3(CH_2)_{2n}COOH$ . Ανάμεσα στις δύο κατηγορίες, τα λιπαρά οξέα προσελκύουν κυρίως την προσοχή των ειδικών καθώς είναι σχετικά οικονομικά και κατά συνέπεια χρησιμοποιούνται ευρέως σε πληθώρα διαφορετικών εφαρμογών. Το εύρος της θερμοκρασίας τήξης των λιπαρών οξέων κυμαίνεται από τους  $-5$  έως τους  $71$  °C, ενώ η λανθάνουσα θερμότητα τήξης τους από τα  $45$  έως τα  $210$  kJ/kg.

#### 1.4.1.1 Παραφίνες

Οι παραφίνες αποτελούν τις απλούστερες οργανικές ενώσεις και ανήκουν στην ομάδα των αλκανικών υδρογονανθράκων. Έχουν μεγάλο μοριακό βάρος και χαρακτηρίζονται από τον γενικό μοριακό τύπο  $C_nH_{2n+2}$ , όπου  $n$  ο αριθμός των ατόμων άνθρακα που περιέχονται στο μόριο κάθε ένωσης. Οι περισσότερες παραφίνες αποτελούνται από ευθείες ανθρακικές αλυσίδες με δύο μεθυλικά μόρια προς στο τέλος της αλυσίδας. Χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τον αριθμό ατόμων άνθρακα στην αλυσίδα τους: τις  $n$ -παραφίνες, οι οποίες έχουν άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα, και τις ισοπαραφίνες, των οποίων η ανθρακική αλυσίδα αποτελείται από περιττό αριθμό ατόμων άνθρακα.

Το απλούστερο μόριο παραφίνης είναι αυτό του μεθανίου με χημικό τύπο  $CH_4$ , το οποίο σε θερμοκρασία δωματίου βρίσκεται σε αέρια φάση. Αέρια είναι ομοίως όλα τα στοιχεία με χημικό τύπο μέχρι  $C_4H_{10}$ . Βαρύτερα μέλη της σειράς παραφινών, όπως το οκτάνιο (με χημικό τύπο  $C_8H_{18}$ ) και το ορυκτέλαιο, εμφανίζονται ως υγρά σε θερμοκρασία δωματίου, ενώ ομοίως υγρά είναι όσα αλκάνια βρίσκονται μεταξύ των χημικών τύπων  $C_5H_{12}$  και  $C_{17}H_{36}$ . Η στερεή μορφή παραφίνης, η οποία ονομάζεται κερί παραφίνης, είναι από τα βαρύτερα μόρια και έχει χημικούς τύπους από  $C_{20}H_{42}$  μέχρι  $C_{40}H_{82}$ . Όλα τα αλκάνια με χημικό τύπο από  $C_{18}H_{38}$  κι έπειτα εμφανίζονται είναι στερεά σε θερμοκρασία δωματίου.

Η φυσική ιδιότητα των παραφινών που έχει τη μεγαλύτερη σημασία για τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας είναι το σημείο τήξης τους, το οποίο θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να εξασφαλίζεται η αλλαγή φάσης τους εντός του θερμοκρασιακού εύρους της εκάστοτε εφαρμογής. Το σημείο τήξης των παραφινών ακολουθεί ένα είδος γραμμικής μεταβολής καθώς εξαρτάται από το μοριακό βάρος του μορίου. Μάλιστα, όσο μεγαλύτερο είναι το μόριο της ένωσης, τόσο υψηλότερο είναι το σημείο τήξης της. Ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει το σημείο τήξης, πέραν του μοριακού μεγέθους, είναι και η σταθερότητα της μοριακής δομής της ένωσης. Αλκάνια με περιττό αριθμό ατόμων άνθρακα σχηματίζουν χαλαρές δομές στη στερεή τους φάση, σε αντίθεση με τα αλκάνια άρτιου αριθμού, τα οποία σχηματίζουν καλά οργανωμένες στερεές δομές με αποτέλεσμα, κατά τη μετάβασή τους στην υγρή φάση, να απαιτούν λιγότερη ενέργεια για τη διάσπαση της δομής τους, εμφανίζοντας έτσι χαμηλότερα σημεία τήξης.

Τα εμπορικά προϊόντα των παραφινών είναι άφθονα και αρκετά φθηνότερα σε σχέση με τα ένυδρα άλατα, τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω, με τιμές θερμότητας

αλλαγής φάσης περί τα 150 kJ/kg και δυνατότητα παραγωγής τους σχεδόν σε όλο το φάσμα των θερμοκρασιών. Η εμφάνιση της υπέρψυξης στις παραφίνες είναι αμελητέα. Επιπλέον, είναι αδρανείς με τους περισσότερους χημικούς αντιδραστήρες, παρουσιάζουν σταθερότητα, δεν εμφανίζουν διαχωρισμό των φάσεων και εκφυλισμό των ιδιοτήτων τους, συνεπώς έχουν και αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής. Οι παραφίνες έχουν επίσης χαμηλή πίεση ατμοποίησης, στοιχείο που εξηγεί τη μικρή απώλεια υλικού μετά από μεγάλο αριθμό κυκλικών φορτίσεων. Δεν παρουσιάζουν πρόβλημα διάβρωσης με κανένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μέταλλο. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των παραφινών είναι ότι μεγάλο τους ποσοστό διαθέτει σημεία τήξης από 20 - 26°C, δηλαδή ένα εύρος θερμοκρασιών κατάλληλο για εφαρμογές θέρμανσης στα κτίρια. [9-11].

Παρόλα τα πλεονεκτήματά τους, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι οι παραφίνες ολοκληρώνουν την αλλαγή φάσης τους σε θερμοκρασιακό εύρος περίπου 10K (περίπου 9K πριν το σημείο τήξης και 1K μετά). Ένα τέτοιο φαινόμενο, σε περίπτωση που δε ληφθεί υπόψη, μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένη επιλογή υλικού με αποτέλεσμα μεγάλες αποκλίσεις σε σχέση με τις αναμενόμενες τιμές. Σημειώνεται τέλος πως οι παραφίνες είναι εύφλεκτα υλικά, συνεπώς θα πρέπει να δίδεται μεγάλη προσοχή κατά τη χρήση τους. [12]

**Πίνακας 2: Παραδείγματα παραφινών και σακχαρωδών αλκοολών για χρήση ως ΥΑΦ [12]**

ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ	ΘΕΡΜΙΚΗ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ( kg/m <sup>3</sup> )
	ΤΗΞΗΣ ( °C )	ΤΗΞΗΣ ( kJ/kg )	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ( W/m K )	
Παραφίνη C14	4	165	Μη διαθέσιμη	Μη διαθέσιμη
Παραφίνη C15 - C16	8	153	Μη διαθέσιμη	Μη διαθέσιμη
Παραφίνη C16 - C18	20-22	152	Μη διαθέσιμη	Μη διαθέσιμη
Παραφίνη C18	28	244	0.148 (υγρό,40°C)	774 (υγρό,70°C)
Παραφίνη C18	28	244	0.358 (στερεό,25°C)	814 (στερεό,20°C)
Ερυθριτόλη	118	340	0.326 (υγρό,140°C)	1300 (υγρό,140°C)
Ερυθριτόλη	118	340	0.733 (στερεό,20°C)	1480 (στερεό,20°C)
Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE)	100-150	200	Μη διαθέσιμη	Μη διαθέσιμη

#### 1.4.1.2 Λιπαρά Οξέα

Σύμφωνα με την οργανική χημεία, λιπαρό οξύ ονομάζεται ένα καρβοξυλικό οξύ με μακρά, μη-διακλαδισμένη ανθρακική αλυσίδα η οποία είναι είτε κορεσμένη είτε ακόρεστη. Γενικότερα, τα λιπαρά οξέα, όπως για παράδειγμα το καπρυλικό οξύ, προέρχονται από φυσικά λίπη ή έλαια με τουλάχιστον οκτώ άτομα άνθρακα στην αλυσίδα τους. Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα δεν περιέχουν διπλούς δεσμούς ή άλλα λειτουργικά σύνολα κατά μήκος της ανθρακικής τους αλυσίδας.

Παρακάτω αναφέρονται, ενδεικτικά, κάποια κορεσμένα λιπαρά οξέα. [10-13]

- Βουτυρικό οξύ:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
- Μυριστικό οξύ:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
- Παλμιτικό οξύ:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
- Στεαρικό οξύ:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα είναι παρόμοιας μορφής με τα κορεσμένα, περιέχουν όμως αλκύλια κατά μήκος της ανθρακικής αλυσίδας με αποτέλεσμα να υπάρχουν διπλοί δεσμοί μεταξύ των ατόμων του άνθρακα. Κάποια παραδείγματα ακόρεστων λιπαρών οξέων είναι τα εξής:

- Άλφα-λινολεϊκό οξύ:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
- Λινολεϊκό οξύ:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
- Ολεϊκό οξύ:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

Σε σχέση με την αποθήκευση θερμότητας, τα λιπαρά οξέα εμφανίζουν καλές προοπτικές καθώς συγκεντρώνουν όλα τα πλεονεκτήματα των οργανικών ΥΑΦ. Το μεγάλο εύρος θερμοκρασιών τήξης, η έλλειψη εμφάνισης των φαινομένων της υπόψυξης και του διαχωρισμού των φάσεων, η μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα, η χημική σταθερότητα, η μη-τοξικότητα και η συμβατότητά τους με τα περισσότερα υλικά είναι μερικές μόνο από τις αξιοσημείωτες ιδιότητές τους.

Πίνακας 3: Παραδείγματα λιπαρών οξέων για χρήση ως ΥΑΦ [12]

ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ	ΘΕΡΜΙΚΗ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ
	ΤΗΞΗΣ ( $^{\circ}\text{C}$ )	ΤΗΞΗΣ ( $\text{kJ/kg}$ )	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ( $\text{W/m K}$ )	
Καπρυλικό οξύ	16	149	0.149 (υγρό,38 $^{\circ}\text{C}$ )	901 (υγρό,30 $^{\circ}\text{C}$ )
Καπρυλικό οξύ	16	149	0.149 (υγρό,38 $^{\circ}\text{C}$ )	981 (στερεό,13 $^{\circ}\text{C}$ )
Βουτύλιο στεατικού οξέος	19	140	Μη διαθέσιμη	Μη διαθέσιμη
Βουτύλιο στεατικού οξέος	19	123-200	Μη διαθέσιμη	Μη διαθέσιμη
Καπρινικό οξύ	32	153	0.153 (υγρό,38 $^{\circ}\text{C}$ )	886 (υγρό,40 $^{\circ}\text{C}$ )
Καπρινικό οξύ	32	153	0.149 (υγρό,40 $^{\circ}\text{C}$ )	1004 (στερεό,24 $^{\circ}\text{C}$ )
Λαυρικό οξύ	42-44	178	0.147 (υγρό,50 $^{\circ}\text{C}$ )	870 (υγρό,50 $^{\circ}\text{C}$ )
Λαυρικό οξύ	42-44	178	0.147 (υγρό,50 $^{\circ}\text{C}$ )	1007 (στερεό,24 $^{\circ}\text{C}$ )
Μυριστικό οξύ	49-58	186 , 204	Μη διαθέσιμη	861 (υγρό,55 $^{\circ}\text{C}$ )
Μυριστικό οξύ	49-58	186 , 204	Μη διαθέσιμη	990 (στερεό,24 $^{\circ}\text{C}$ )
Παλμιτικό οξύ	61 , 64	185 , 203	0.162 (υγρό,68 $^{\circ}\text{C}$ )	850 (υγρό,65 $^{\circ}\text{C}$ )
Παλμιτικό οξύ	61 , 64	185 , 203	0.159 (υγρό,80 $^{\circ}\text{C}$ )	989 (στερεό,24 $^{\circ}\text{C}$ )

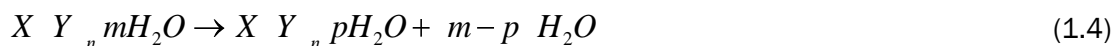
## 1.4.2 Ανόργανα ΥΑΦ

Τα ανόργανα Υλικά Αλλαγής Φάσης αντιπροσωπεύονται κυρίως από τα ένυδρα άλατα, τα οποία και αναλύονται στη συνέχεια. Ξεχωριστή αναφορά γίνεται στο άλας του Glauber.

### 1.4.2.1 Ένυδρα άλατα

Ένυδρα άλατα καλούνται τα ανόργανα άλατα τα οποία περιέχουν μόρια νερού συνδυασμένα με μία καθορισμένη αναλογία έτσι ώστε να αποτελούν εσωτερικό μέρος του κρυστάλλου. Τα μόρια αυτά είτε είναι δεσμευμένα στο κέντρο του μετάλλου, είτε έχουν κρυσταλλωθεί με το μεταλλικό σύνολο. Λόγω της μεγάλης τους πυκνότητας, συνήθως μεγαλύτερης του  $1\text{g/cm}^3$ , παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλές τιμές αποθήκευσης ενέργειας ανά μονάδα όγκου σε σχέση με τα οργανικά υλικά. Μερικά ένυδρα άλατα, όπως το θειικό δεκαένυδρο νάτριο ή το χλωριούχο εξαϋδρικό ασβέστιο, έχουν κατάλληλες θερμοκρασίες αλλαγής φάσης για χρήση ως αποθηκευτικά μέσα θερμότητας σε μονάδες θέρμανσης εσωτερικών χώρων.

Τα ένυδρα άλατα συμβολίζονται με τον χημικό τύπο  $X(Y)_n mH_2O$ , όπου με  $X(Y)_n$  συμβολίζεται ένα ανόργανο συστατικό. Η αρχή λειτουργίας των ένυδρων αλάτων βασίζεται στην αποβολή του κρυσταλλικού νερού κατά την απορρόφηση θερμότητας. Η θερμότητα αποθηκεύεται στο ΥΑΦ και αποβάλλεται με επανακρυστάλλωση του νερού του άλατος. Κατά τη θέρμανση ενός ένυδρου άλατος στη θερμοκρασία αλλαγής φάσης του, λαμβάνει χώρα μία από τις παρακάτω αντιδράσεις:



Σύμφωνα με τις παραπάνω αντιδράσεις, στο σημείο τήξης του ΥΑΦ οι κρύσταλλοι του ένυδρου άλατος μετατρέπονται σε νερό και άνυδρο άλας ή ένα άλας χαμηλότερης περιεκτικότητας σε νερό.

Ένα πρόβλημα των ένυδρων αλάτων είναι η ασυνεχής τήξη η οποία προκαλείται από το γεγονός ότι το νερό που αποβάλλεται κατά την αποκρυστάλλωση δεν είναι αρκετό προκειμένου να λυθεί το σύνολο στην στερεής φάσης. Εξαιτίας της διαφοράς στην πυκνότητα, το άνυδρο άλας ή το άλας με τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε νερό παραμένει στο κάτω μέρος του δοχείου. Η ασυνεχής τήξη κάνει τη διαδικασία μη αναστρέψιμη, καθώς το άνυδρο άλας ή το άλας χαμηλής περιεκτικότητας σε νερό δε μπορεί να επαναπροσλάβει το απαραίτητο νερό ώστε να γίνει επανακρυστάλλωση έως το αρχικό ένυδρο άλας. Κατά αυτόν τον τρόπο λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της αποσύνθεσης του ΥΑΦ ή αλλιώς του διαχωρισμού των φάσεων του, το οποίο θα αναλυθεί σε επόμενη ενότητα.

Τα περισσότερα ένυδρα άλατα εμφανίζουν πτωχές ιδιότητες πυρήνωσης, στοιχείο το οποίο οδηγεί στην εμφάνιση υπέρψυξης του υγρού προτού ξεκινήσει η αποκρυστάλλωση. Το πρόβλημα αυτό επιλύεται με την προσθήκη πυρηνοποιητών. Η συμβατότητα των

ένυδρων αλάτων με άλλα υλικά, όπως τα μέταλλα, είναι επίσης προβληματική καθώς πολλοί συνδυασμοί προκαλούν σοβαρές διαβρώσεις. Ένα επιπλέον πρόβλημα που μπορεί να παρουσιάσει ένα ένυδρο άλας είναι και η αφυδάτωσή του λόγω συνεχούς και μακράς χρήσης. Κατά την αφυδάτωση ενός ένυδρου άλατος οι φάσεις του διαχωρίζονται κυρίως λόγω της πίεσης των ατμών του νερού, το φαινόμενο αυτό όμως μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσω της χρήση αεροστεγών δοχείων αποθήκευσης. [9,11,13]

### 1.4.2.2 Άλας του Glauber

Ιδιαίτερη αναφορά αξίζει να γίνει στο άλας του θειικού νατρίου, γνωστό και ως άλας του Glauber, καθώς είναι ένα από τα ΥΑΦ τα οποία έχουν μελετηθεί εκτενέστερα. Ο χημικός του τύπος είναι  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  ενώ η χημική του σύσταση αποτελείται από 44% κατά βάρος  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  και 56%  $\text{H}_2\text{O}$ . Η θερμοκρασία τήξης του άλατος του Glauber είναι  $32,4^\circ\text{C}$  και η θερμότητα αλλαγής φάσης του  $254 \text{ kJ/kg}$ . Αν και πρόκειται για φθινό υλικό, παρουσιάζει αρκετά από τα μειονεκτήματα των ένυδρων αλάτων, όπως ο διαχωρισμός των φάσεων, ο σχηματισμός ιζήματος και η εμφάνιση υπόψυξης, τα οποία περιορίζουν τις εφαρμογές του.

Προς αντιμετώπιση των παραπάνω μειονεκτημάτων έχει προταθεί η προσθήκη επιπλέον νερού, η οποία όμως προκαλεί τη μείωση της πυκνότητας αποθήκευσης του υλικού. Αντί αυτής της αρχικής ιδέας αντιμετώπισης, έχουν σήμερα χρησιμοποιηθεί πολλών ειδών ουσίες ως πρόσθετα σταθεροποίησης, οι οποίες στοχεύουν παράλληλα και στην αύξηση του ρυθμού μεταφοράς θερμότητας. Έτσι, το άλας του Glauber αποτελεί πλέον ένα μέσο με ικανοποιητικές ιδιότητες και χρησιμοποιείται σε αρκετές εφαρμογές.

Υλικά Αλλαγής Φάσης με βελτιωμένες ιδιότητες μπορούν, γενικότερα, να προκύψουν μέσω ανάμιξης δύο ή περισσότερων ανόργανων συστατικών. Παραδείγματα τέτοιων, βελτιωμένων, μιγμάτων παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.[9,11,13]

Πίνακας 4: Παραδείγματα μιγμάτων ανόργανων υλικών για χρήση ως ΥΑΦ [12]

ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ	ΘΕΡΜΙΚΗ	
	ΤΗΣΗΣ ( $^\circ\text{C}$ )	ΤΗΣΗΣ ( $\text{kJ/kg}$ )	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ( $\text{W/m K}$ )	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ( $\text{kg/m}^3$ )
48% $\text{CaCl}_2$	27	188	Μη διαθέσιμη	1640
+ 4.3% $\text{NaCl}$	27	188	Μη διαθέσιμη	1640
+ 0.4% $\text{KCl}$	27	188	Μη διαθέσιμη	1640
+ 47.3% $\text{H}_2\text{O}$	27	188	Μη διαθέσιμη	1640
58.7% $\text{Mg}(\text{NO}_3) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	58 , 59	132	0.51 (υγρό, $65^\circ\text{C}$ )	1550 (υγρό, $50^\circ\text{C}$ )
+ 41.3% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	58 , 59	132	0.678 (στερεό, $53^\circ\text{C}$ )	1630 (στερεό, $24^\circ\text{C}$ )
66.9% $\text{NaF}$	832	Μη διαθέσιμη	Μη διαθέσιμη	2190 (υγρό)
+ 33.1% $\text{MgF}_2$	832	Μη διαθέσιμη	Μη διαθέσιμη	2940 (στερεό, $25^\circ\text{C}$ )



### 1.4.2.3 Σύγκριση οργανικών και ανόργανων ΥΑΦ

Προτού γίνει αναφορά στα εύτηκτα Υλικά Αλλαγής Φάσης, τα οποία προκύπτουν από συνδυασμό ανόργανων και οργανικών ΥΑΦ, παρατίθεται ο ακόλουθος πίνακας προς άμεση, εποπτική σύγκριση των ιδιοτήτων των δύο παραπάνω κατηγοριών ΥΑΦ.

Πίνακας 5: Σύγκριση ιδιοτήτων οργανικών και ανόργανων ΥΑΦ [4]

Ιδιότητες	ΟΡΓΑΝΙΚΑ	ΑΝΟΡΓΑΝΑ
Θερμοχωρητικότητα	μικρότερη τιμή θερμοχωρητικότητας σε σχέση με τα ανόργανα	υψηλότερη τιμή θερμοχωρητικότητας
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	μικρός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	μεγαλύτερος συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας σε σχέση με τα οργανικά
Υπέρψυξη	καθόλου ή μικρό πρόβλημα υπέρψυξης	πρόβλημα υπέρψυξης
Θερμότητα αλλαγής φάσης	μικρότερη τιμή σε σχέση με τα ανόργανα	μεγάλη τιμή θερμότητας αλλαγής φάσης
Διάβρωση	δεν παρουσιάζουν διαβρωτική συμπεριφορά	παρουσιάζουν διαβρωτική συμπεριφορά
Διαχωρισμός	δεν παρουσιάζουν διαχωρισμό	παρουσιάζουν διαχωρισμό φάσεων
Ανάφλεξη	εύφλεκτα	μη εύφλεκτα
Κόστος - διαθεσιμότητα	πιο ακριβά από τα ανόργανα-εύκολα διαθέσιμα	φθηνά-εύκολα διαθέσιμα

### 1.4.3 Εύτηκτα μίγματα

Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να μελετάται η ανάμιξη οργανικών ή/και ανόργανων υλικών προς δημιουργία νέων, βελτιωμένων ΥΑΦ. Τα εύτηκτα μίγματα Υλικών Αλλαγής Φάσης αποτελούν συνδυασμό ανόργανων, οργανικών ή ακόμα και ενός οργανικού με ένα ανόργανο υλικό. Θεωρούνται και αντιμετωπίζονται ως ένυδρα άλατα, ενώ παρέχουν πολλές δυνατότητες επίτευξης συγκεκριμένων επιθυμητών ιδιοτήτων και κυρίως επιθυμητών σημείων τήξης. Τέτοιου είδους μίγματα δεν εμφανίζουν διαχωρισμό φάσεων, ούτε κατά την τήξη αλλά ούτε κατά την πήξη τους, λόγω της σύνθετης κρυσταλλικής δομής που αναπτύσσουν κατά τις παραπάνω διεργασίες. Το μειονέκτημά τους βέβαια είναι το αυξημένο κόστος παραγωγής σε σχέση με τα συμβατικά ανόργανα ή οργανικά ΥΑΦ.

Το εύτηκτο μείγμα καπρικού και λαυρικού οξέος (capric and lauric acid eutectic mixture) φαίνεται να συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα ως Υλικό Αλλαγής Φάσης. Η περεταίρω μελέτη του εν λόγω υλικού θεωρείται σήμερα πρωταρχικής σημασίας προκειμένου να επιτευχθεί η ανάπτυξή του ως ένα αποτελεσματικότερο μέσο θερμικής αποθήκευσης. [9,12,13]

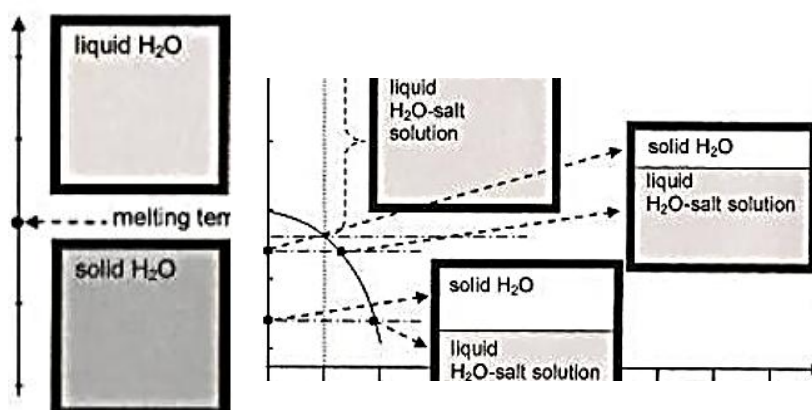
## 1.5 Βασικά προβλήματα ΥΑΦ και προτεινόμενοι τρόποι αντιμετώπισης

### 1.5.1 Φαινόμενο διαχωρισμού των φάσεων

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που εμφανίζονται σε σχέση με τη συμπεριφορά των Υλικών Αλλαγής Φάσης είναι το φαινόμενο του διαχωρισμού φάσεων, γνωστό και ως δυσαρμονική τήξη. Στη διεθνή βιβλιογραφία καλείται «phase separation» ή «semi congruent melting» και εμφανίζεται ιδιαίτερα σε ΥΑΦ που αποτελούνται από περισσότερα των δύο συστατικά.

Στην περίπτωση θέρμανσης μιας καθαρής (ενός μοναδικού δηλαδή συστατικού) στερεής ουσίας πάνω από τη θερμοκρασία τήξης της και μετατροπής της σε υγρή, διατηρείται η ίδια ομογενής σύσταση και στις δύο φάσεις. Όταν η ουσία επαναστερεοποιείται μέσω ψύξης κάτω από τη θερμοκρασία τήξης της, εμφανίζει και πάλι την ίδια ομογενή σύσταση χωρίς να μεταβληθεί ούτε η ενθαλπία αλλαγής φάσης ούτε το σημείο τήξης της. Στις περιπτώσεις όμως ουσιών αποτελούμενων από δύο ή περισσότερα συστατικά, το διάγραμμα φάσης τροποποιείται. [14,15]

Το φαινόμενο του διαχωρισμού φάσης παρουσιάζεται ιδιαίτερα έντονο στην περίπτωση των ένυδρων αλάτων. Οι πολλαπλοί κύκλοι φόρτισης των υλικών αυτών επηρεάζουν την θερμοαποθηκευτική τους ικανότητα. Κύρια αιτία εκφυλισμού των θερμικών ιδιοτήτων των συγκεκριμένων ΥΑΦ είναι ο διαχωρισμός των φάσεών τους και ο πιθανός σχηματισμός άνυδρων αλάτων με παράλληλη δημιουργία ιζήματος. Πιο συγκεκριμένα, η ουσία χωρίζεται σε δύο διαφορετικές φάσεις, μία με μόνο συστατικό το νερό και μία άλλη με ένα διάλυμα υψηλότερης συγκέντρωσης σε άλας. Το φαινόμενο αυτό δημιουργείται λόγω της ιδιότητας των ένυδρων αλάτων να τήκονται σύμφωνα με το κατώτερο συστατικό του μίγματος, δημιουργώντας έτσι μια μη αναστρέψιμη διαδικασία που οδηγεί σε συνεχή εξασθένηση των περισσότερων ιδιοτήτων τους. Λόγω βαρύτητας, το διάλυμα με τη μεγαλύτερη πυκνότητα βυθίζεται στον πυθμένα και με τον τρόπο αυτό παρατηρείται ο διαχωρισμός των φάσεων.

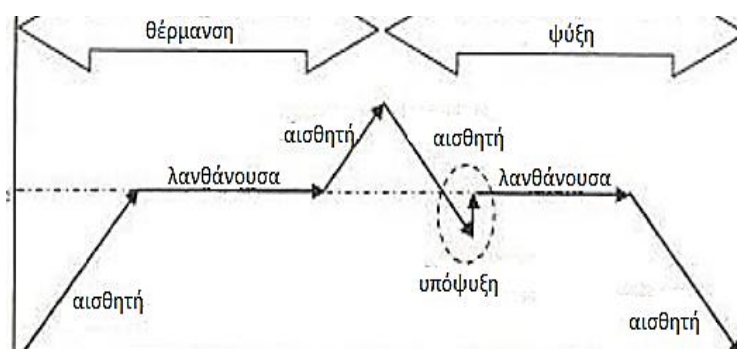


Εικόνα 5: Σχηματικό διάγραμμα φάσης του νερού (αριστερά) και σχηματικό διάγραμμα φάσης διαλύματος νερού-άλατος (δεξιά) [15]

Το πρόβλημα που προκύπτει από το διαχωρισμό των φάσεων είναι η μείωση της πυκνότητας αποθήκευσης θερμότητας. Επειδή, μετά την υγροποίηση, υπάρχουν περιοχές όπου το ΥΑΦ δεν έχει την κατάλληλη συγκέντρωση μορίων ώστε να επανέλθει στη στερεή του μορφή, δεν στερεοποιείται πλήρως και έτσι δεν μπορεί να αποβάλει όλη τη θερμότητα αλλαγής φάσης. Το φαινόμενο αυτό μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να αντιμετωπιστεί με τη χρήση ειδικών πρόσθετων υλικών που σχηματίζουν λεπτά πλέγματα μέσα στο ΥΑΦ. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται μικροί θάλαμοι με διαφορετικές πυκνότητες που περιορίζουν το μακροσκοπικό διαχωρισμό των φάσεων.

## 1.5.2 Υπέρψυξη ή υπόψυξη

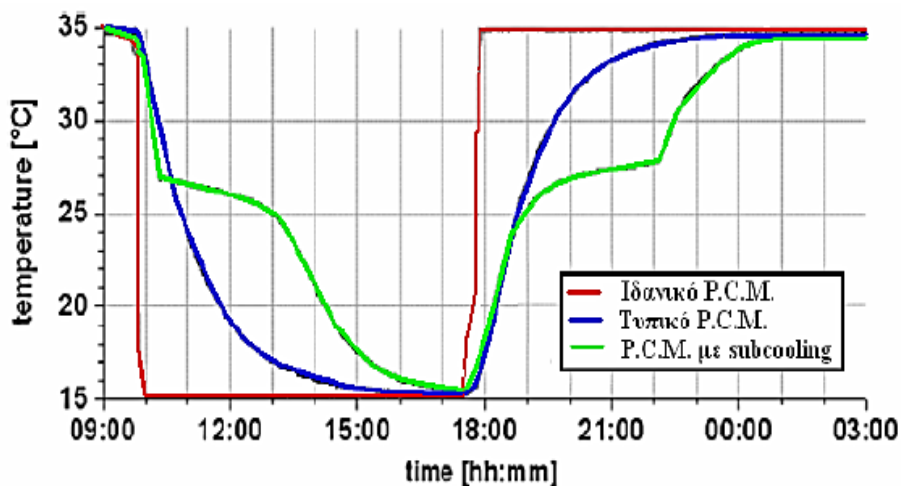
Θεωρητικά, η θερμοκρασία τήξης και η θερμοκρασία στερεοποίησης ενός ιδανικού Υλικού Αλλαγής Φάσης ταυτίζονται. Πρακτικά όμως, πολλά ΥΑΦ δεν στερεοποιούνται αμέσως όταν η θερμοκρασία τους πέσει κάτω από τη θερμοκρασία τήξης. Το φαινόμενο κατά το οποίο ένα ρευστό ψύχεται σε θερμοκρασία χαμηλότερη από τη θερμοκρασία τήξης του χωρίς να στερεοποιείται ονομάζεται υπόψυξη ή υπέρψυξη (subcooling ή supercooling) και κατά τη διάρκεια εμφάνισής του το ΥΑΦ δε βρίσκεται σε θερμοδυναμική ισορροπία.



Εικόνα 6: Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου της υπόψυξης [15]

Η εμφάνιση της υπόψυξης οδηγεί στη μείωση της θερμοκρασίας κρυστάλλωσης, συνεπώς η λανθάνουσα θερμότητα αποδίδεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία από την επιθυμητή ή σε μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών. Αξιοσημείωτη είναι η παρατήρηση ότι, όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός ψύξης του υπό μελέτη δείγματος, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο βαθμός υπόψυξής του. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι ο βαθμός υπόψυξης δεν είναι φυσική ιδιότητα του υλικού με σταθερή τιμή, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με διάφορες παραμέτρους όπως ο όγκος του δείγματος, η «καθαρότητα» του υλικού, ο ρυθμός ψύξης, η επιφάνεια του δοχείου αποθήκευσης και λοιπά.

Η υπόψυξη εμφανίζεται κυρίως στα ανόργανα ΥΑΦ. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται ενδεικτικά διαγράμματα ΥΑΦ, ενός ιδανικού, ενός τυπικού και ενός που εμφανίζει υπόψυξη. Ερμηνεύοντας την καμπύλη ψύξης του ΥΑΦ με υπόψυξη, παρατηρείται σαφώς η πτώση της θερμοκρασίας του υλικού κάτω από την αντίστοιχη θερμοκρασία στερεοποίησής του πριν ακόμη ξεκινήσει η διαδικασία αλλαγής της φάσης του. [14,15]



Εικόνα 7: Διάγραμμα θερμοκρασίας - χρόνου στερεοποίησης και τήξης για ιδανικό και για τυπικό ΥΑΦ και παρατήρηση του φαινομένου της υπόψυξης [16]

Ο συνηθέστερος τρόπος απαλλαγής από το φαινόμενο της υπόψυξης είναι η προσθήκη στο ΥΑΦ ειδικών πρόσθετων, τα οποία ονομάζονται και παράγοντες πυρήνωσης, προκειμένου να προκληθεί ετερογενής σχηματισμός κρυσταλλικής δομής. Οι περισσότεροι πυρήνες είναι υλικά με κρυσταλλική δομή παρόμοια με το στερεό ΥΑΦ, έτσι ώστε να επιτρέπουν μεν στη στερεή φάση του ΥΑΦ να αναπτυχθεί στη επιφάνειά τους, με υψηλότερη όμως θερμοκρασία τήξης προκειμένου να αποφευχθεί η αδρανοποίηση όταν το ΥΑΦ τηχθεί. Παράγοντες πυρήνωσης έχουν εντοπισθεί για τα περισσότερο μελετημένα ΥΑΦ.

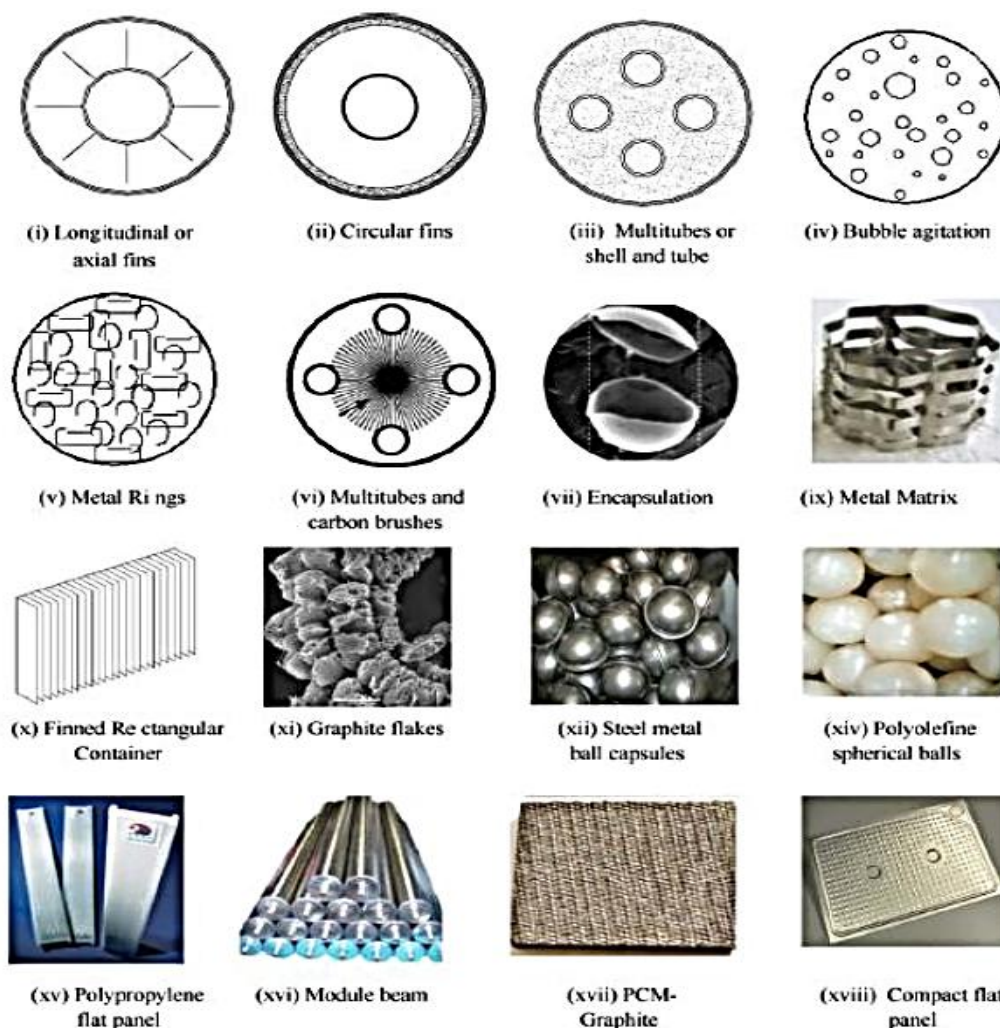
Το πρόβλημα με τη συγκεκριμένη μέθοδο είναι ότι υλικά με παρόμοια κρυσταλλική δομή έχουν και παρόμοιο σημείο τήξης. Έτσι, πολλοί παράγοντες πυρήνωσης παραμένουν σταθεροί μόνο έως μια θερμοκρασία της τάξης των 10 με 20K πάνω από τη θερμοκρασία τήξης του ΥΑΦ. Γενικά, η αναζήτηση πυρήνων είναι συνήθως χρονοβόρα και μη αποδοτική κι αυτό γιατί δεν έχει αναπτυχθεί ακόμη κάποια αξιόπιστη προσέγγιση για τον τρόπο αναζήτησής τους. Η δυσκολία εύρεσης πυρήνων μπορεί να παρακαμφθεί αν το ΥΑΦ ψύχεται τοπικά σε αρκετά χαμηλή θερμοκρασία έτσι ώστε να απομένει πάντα στερεή φάση, η οποία και ενεργεί ως ομογενής παράγοντας πυρήνωσης. [16,17]

### 1.5.3 Χαμηλή θερμική αγωγιμότητα

Η χαμηλή τιμή της θερμικής αγωγιμότητας είναι μια εγγενής ιδιότητα των μη μεταλλικών υγρών. Το πρόβλημα έγκειται στο ότι τα Υλικά Αλλαγής Φάσης αποθηκεύουν μεγάλα ποσά θερμότητας σε μικρό όγκο και στη συνέχεια η αποθηκευμένη θερμότητα πρέπει να μεταφερθεί μέσω της επιφάνειας αυτού του μικρού όγκου στο εξωτερικό περιβάλλον προκειμένου να χρησιμοποιηθεί από το σύστημα. Η χαμηλή θερμική αγωγιμότητα των ΥΑΦ οδηγεί σε εξαιρετικά αργούς ρυθμούς φόρτισης και αποφόρτισης.

Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες μελέτες για την εύρεση τεχνικών βελτίωσης της θερμικής αγωγιμότητας στα ΥΑΦ. Οι περισσότερες αφορούν σωληνώσεις με πτερύγια διαφορετικών διαμορφώσεων, ανάδευση με φυσαλίδες, εισαγωγή

μεταλλικού πλέγματος στα ΥΑΦ, χρήση ΥΑΦ με σωματίδια υψηλής αγωγιμότητας και εγκλεισμό ΥΑΦ σε μικροκάψουλες. Κάποιες από τις περιπτώσεις αυτές παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 8: Τεχνικές ενίσχυσης μεταφοράς θερμότητας σε συστήματα ΥΑΦ [15]

#### 1.5.4 Αστάθεια θερμικών ιδιοτήτων σε εκτεταμένη κυκλική φόρτιση

Το σημαντικότερο κριτήριο για την αξιοποίηση των Υλικών Αλλαγής Φάσης σε βιομηχανικές εφαρμογές είναι ο ωφέλιμος χρόνος ζωής τους, ο χρόνος δηλαδή προτού παρατηρηθεί εκφυλισμός των ιδιοτήτων τους (ο οποίος μετράται πιο αποτελεσματικά σε κύκλους φόρτισης και αποφόρτισης του υλικού, παρά σε πραγματικές μονάδες χρόνου). Τα ΥΑΦ κατά τη διάρκεια της χρήσης τους υπόκεινται σε πολλούς κύκλους φόρτισης και αποφόρτισης, δηλαδή σε κύκλους τήξης και στερεοποίησης. Ο αριθμός των κύκλων κυμαίνεται ανάλογα με τη χρήση των ΥΑΦ (από έναν κύκλο όταν το ΥΑΦ χρησιμοποιείται για θερμική προστασία στην περίπτωση πυρκαγιάς, έως και σε χιλιάδες κύκλους όταν χρησιμοποιείται για εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης κτιρίων). [18]

Η έλλειψη σταθερότητας των θερμικών ιδιοτήτων των ΥΑΦ οφείλεται κυρίως στους ακόλουθους παράγοντες.

- στο πρόβλημα διαχωρισμού των φάσεων
- στη χημική σύνθεση του υλικού ή υλικών που αποτελούν το ΥΑΦ
- στο φαινόμενο της διάβρωσης που πιθανόν να λάβει χώρα μεταξύ του ΥΑΦ και του υλικού συσκευασίας του

Το μεγαλύτερο μέρος των ερευνών που μελετούν είτε τη διατήρηση των ιδιοτήτων των ΥΑΦ κατά την περιοδική φόρτιση και αποφόρτισή τους είτε τη διαβρωτική τους ικανότητα δείχνουν ικανοποιητική σταθερότητα ιδιοτήτων. Αυτό οφείλεται, μεταξύ άλλων, στη συμπεριφορά τους σε σχέση με τον διαχωρισμό των φάσεων αλλά και στο γεγονός ότι είναι τελείως φιλικά προς όλα σχεδόν τα υλικά. Σημειώνεται τέλος ότι μερικά εύηχτα διαλύματα μπορεί να είναι ευπαθή σε μικροβιολογική επίθεση και για τον λόγο αυτό πρέπει να προστατεύονται με βιοκτόνα, έτσι ώστε να μην παρουσιαστούν προβλήματα με τις ιδιότητές τους. [18]

### **1.5.5 Ασυμβατότητα με άλλα υλικά**

Ένα πολύ σημαντικό θέμα που αφορά στα Υλικά Αλλαγής Φάσης είναι η συμβατότητά τους με τα υπόλοιπα υλικά με τα οποία συνεργάζονται στα διάφορα συστήματα. Η συμβατότητα μπορεί να εξεταστεί ως προς τρεις διαφορετικούς παράγοντες. Ο πρώτος αφορά την πιθανή διαρροή μορίων του ΥΑΦ ή των συστατικών του διαμέσου της συσκευασίας με αποτέλεσμα να μειωθεί ένα ποσοστό της αποθηκευτικής του ικανότητας. Ο δεύτερος αφορά στη σταθερότητα της συσκευασίας που έρχεται σε επαφή με το ΥΑΦ. Για παράδειγμα, οι μεταβολές των ιδιοτήτων του πλαστικού όταν έρχεται σε επαφή με οργανικά ΥΑΦ και η διάβρωση των μετάλλων λόγω της επαφής τους με ανόργανα ΥΑΦ είναι πολύ συχνά φαινόμενα. Τρίτος παράγοντας, ο οποίος και σχετίζεται άμεσα με τον προηγούμενο, είναι η ασυμβατότητα των ΥΑΦ με τα υλικά εκτός συσκευασίας (για περιπτώσεις διαρροών).

Ορισμένες από τις γνωστές και καθορισμένες μεθόδους ελέγχου της συμβατότητας μεταξύ υλικών μπορούν να εφαρμοστούν και στα Υλικά Αλλαγής Φάσης αρκεί να λαμβάνεται πάντοτε υπόψη η ιδιαιτερότητα τους ως υλικά. Παραδείγματος χάρη, οι συνηθισμένες μέθοδοι ελέγχου εξετάζουν την επίδραση ενός υλικού πάνω σε κάποια ιδιότητα ενός άλλου, όπως η επίδραση ενός διαβρωτικού υγρού στο πάχος ενός μεταλλικού δείγματος. Αν το υγρό αυτό είναι ΥΑΦ, υπάρχει πιθανότητα τα προϊόντα της διάβρωσης να επιδρούν και αυτά με το ΥΑΦ. Επιπλέον, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι στις πραγματικές εφαρμογές το ΥΑΦ αλλάζει φάση επιδρώντας όχι μόνο ηλεκτροχημικά αλλά και μηχανικά με τις επιφάνειες με τις οποίες έρχεται σε επαφή.



## 1.6 Η αγορά των ΥΑΦ

Η χρήση των Υλικών Αλλαγής Φάσης σε διάφορες εφαρμογές εξαρτάται και θα συνεχίσει να εξαρτάται και στο μέλλον από το τη διαθεσιμότητα των διαφόρων τύπων ΥΑΦ. Αυτή τη στιγμή είναι διαθέσιμα στην αγορά περισσότερα από 50 εμπορικά ΥΑΦ από εταιρείες όπως οι:

- RUBITHERM GmbH,
- Dorken GmbH & Co. KG,
- Climator AB, TEAP,
- CRISTOPIA Energy Systems και
- Mitsubishi Chemical.

Στον ακόλουθο πίνακα ακολουθεί μια συνοπτική παρουσίαση εμπορικών ΥΑΦ.

Πίνακας 6: Εμπορικά Υλικά Αλλαγής Φάσης και κατασκευάστριες εταιρείες. [129]

Company Information	Product Name	Product Information
<b>RubiTherm (Germany):</b> <a href="http://www.phasechangematerial.de/english/index.htm">http://www.phasechangematerial.de/english/index.htm</a> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Specialists for phase change heat storage materials</li> <li>• Research centre for storage technology</li> <li>• RUBITHERM is the innovation partner for paraffin wax-based PCM technology, working in line with the increasing significance of the economically and ecologically awareness of dealing with heat.</li> <li>• Offer unlimited fields of application for innovative companies</li> <li>• Experience from textiles to food transport</li> </ul>	RT20	22 °C melting point paraffin Heat Capacity Storage (HCS) = 172 kJ/kg
	RT27	27 °C melting point paraffin HCS = 179 kJ/kg
	GR27	28 °C melting point granular (paraffin) HCS = 72 kJ/kg
	PX27	28 °C melting point powder (PCM mixed with silica) HCS = 112 kJ/kg
	SP22 A4	22 °C melting point Blend of salt hydrates and organic compounds (paraffins) HCS = 165 kJ/kg
	SP25 A8	25 °C melting point Blend of salt hydrates and organic compounds (paraffins) HCS = 180 kJ/kg
<b>PCM Products Ltd (UK based):</b> <a href="http://www.pcmproducts.net/home.htm">http://www.pcmproducts.net/home.htm</a> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Development of Phase Change Materials (PCMs)</li> <li>• Experience in designing and advising on PCM installations facility in the UK</li> <li>• Manufacturing facility in the UK</li> </ul>	Under the PlusICE branding –range of PCM solutions currently available commercially (114 °C to + 164 °C)	<a href="http://www.pcmproducts.net">www.pcmproducts.net</a>
<b>Climator Sweden AB</b> <a href="http://www.climator.com">www.climator.com</a>	Climator has a number of ClimSel products that can change water to ice from -18 °C to +70 °C and then back again	<a href="http://www.climator.com">http://www.climator.com</a>
<b>Pennwalt corporation (Arkema)</b>	<b>Pennwalt PCM Pellets</b>	<b>Carbowax</b> Can put directly into materials Currently manufactures 4 PCM thermal storage capsules comprising: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paraffin wax with melting point temperature 47°C.</li> </ul>

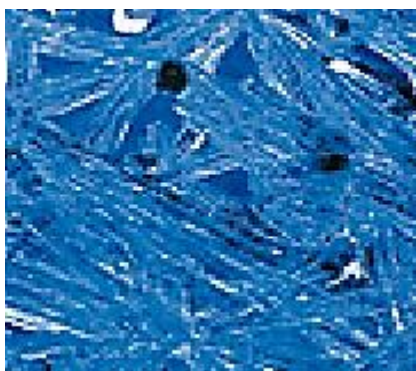
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.10H<sub>2</sub>O in-organic compound with melting point temperature 32°C.</li> <li>• CaC<sub>12</sub>.6H<sub>2</sub>O in-organic compound with melting point temperature 27°C.</li> <li>• Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.10H<sub>2</sub>O/ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.10H<sub>2</sub>O in-organic compound with melting point temperature 22 to 24°C.</li> </ul>
<p>PCM Energy PLtd (India):  <a href="http://www.teappcm.com/">http://www.teappcm.com/</a></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Provide know-how &amp; Turn-Key projects for PCM products</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• T-series 18 °C to 29 °C</li> <li>• S-series 32 °C to 45 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PCM Latest TM Brand with Melting Point 29 °C and Latent Heat of fusion 170 kJ/kg. It is best suited for Air-Condition Back-up to BT Shelter or Telecom Shelter.</li> <li>• PCM Latest TM Brand with Melting Point 36 °C and Latent Heat of fusion 260 kJ/kg. It is best suited for Air-Cooled Outdoor BTS and Electronic Cooling</li> </ul>
<p>Cristopia Energy Systems:  <a href="http://www.cristopia.com">www.cristopia.com</a></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Subsidiary of CIAT group (F-01350 Culoz) is a French Company located at Vence</li> </ul>	<p>The Cristopia Nodule</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Used in hot water storage tanks</li> <li>• Various melting points and HCS (as with Rubitherm products)</li> <li>• The STL is composed of a tank(s) filled with nodules (balls) and heat transfer fluid. Approximately 60% of the volume of the tank is occupied by the nodules and the remaining 40% is fluid (e.g. glycol).</li> <li>• The spherical nodules are blow moulded from a proprietary blend of polyolefins and filled with PCM. A range of PCMs allow thermal energy to be stored at temperatures between -33 °C and +27 °C.</li> <li>• A purpose manufactured tank is filled with nodules around which heat transfer fluid is circulating to ensure heat exchange.</li> </ul>
<p>Delta Membranes:  <a href="http://www.deltamembranes.com/">http://www.deltamembranes.com/</a>  <a href="http://www.doerken.de/bvf-en/produkte/pcm/index.php">http://www.doerken.de/bvf-en/produkte/pcm/index.php</a></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Specialists in waterproofing membranes for: damp proofing, sumps &amp; pumps, waterproof floors, walls, basements, vaults, home and commercial extensions and buildings. UK-based.</li> </ul>	<p>DELTA®-COOL offers new methods of passive indoor climate control using Phase Change Materials.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The product uses a salt hydrate, with a melting temperature of between 22 °C and 28 °C and a crystallization temperature of 22 °C, which provides a cooling capacity of 25-40 W/m<sup>2</sup>.</li> <li>• There are four versions: pouches that the firm says give the best heat transfer and flexible performance for passive climate control in commercial buildings; panels that provide a dimensionally stable package for passive cooling; balls that can be used for heat storage in active systems; and dimple sheets that can be used with floor heating systems.</li> </ul>
<p>BASF Group  <a href="http://www.micronal.de/portal/basf/ien/dt.jsp">www.micronal.de/portal/basf/ien/dt.jsp</a></p>	<p>Micronal® PCM</p>	<p>BASF's PCMs with the brand name Micronal® are microencapsulated, formaldehyde-free latent heat storers made from highly pure waxes. The temperature range of the products was tailored particularly to its employment in buildings, i.e. the melting range of the Micronal® PCM products is exactly in the well-being and human comfort range with a comfort feeling at a temperature between 21 °C (border of the chili feeling) and 26 °C (border of the heat feeling).</p>
<p>Weber – Saint Gobain  <a href="http://www.maxit.de">www.maxit.de</a></p>	<p>Maxit clima</p>	<p>PCM plaster used like normal plaster</p>



Όσον αφορά στις τιμές των ΥΑΦ, αυτές κυμαίνονται από 0,5 έως 10 €/kg. Για να δοθεί μια τάξη μεγέθους του κόστους των ΥΑΦ, επισημαίνεται ότι η αποθήκευση 1 kWh=3600 kJ απαιτεί 20 kg ΥΑΦ με πυκνότητα αποθήκευσης 180 kJ/kg ή, σε οικονομικές μονάδες, κατ' ελάχιστον  $20 \cdot 0,5 = 10\text{€}$ . Αν υποθεθεί ότι η συμβατική ενέργεια κοστίζει 0,05 €/kWh, η αποπληρωμή της επένδυσης απαιτεί  $10/0,05 = 200$  κύκλους χρήσης. Συνεπώς, η εποχική αποθήκευση θερμότητας είναι προς το παρόν ασύμφορη. Προκειμένου να είναι οικονομικά ανταγωνιστική η αποθήκευση θερμότητας μέσω ΥΑΦ, θα πρέπει η φόρτιση και η αποφόρτισή τους να γίνεται στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου.



Εικόνα 9: Παραφίνες της εταιρείας RUBITHERM GmbH, Γερμανία [7]



Εικόνα 10: Ένυδρα άλατα της εταιρείας Dorken GmbH & Co. KG/Γερμανία [8]

## 1.7 Μέθοδοι μοντελοποίησης της αλλαγής φάσης

Το κύριο χαρακτηριστικό των ΥΑΦ είναι η σχέση ενθαλπίας - θερμοκρασίας, η οποία και καθορίζει την ικανότητά τους να αποθηκεύουν θερμότητα. Αυτή η σχέση καθορίζεται πειραματικά μέσω θερμοδομετρικών μεθόδων. Τα ΥΑΦ είναι ιδιαίτερα δύσκολα δείγματα λόγω της μεγάλης θερμικής μάζας τους, αλλά και γιατί συχνά είναι ετερογενή υλικά ή παρουσιάζουν χαρακτηριστικά που εξαρτώνται από τον όγκο [20]. Η μεταφορά θερμότητας κατά την αποθήκευση στο ΥΑΦ είναι ένα παροδικό, μη γραμμικό φαινόμενο, με μια μεταβαλλόμενη διεπιφάνεια στερεού - υγρού, (φαινόμενο γνωστό και ως κινούμενο συνοριακό πρόβλημα). Η μη γραμμικότητα εισάγει μεγάλες δυσκολίες στη μελέτη και οι

αναλυτικές λύσεις για τα προβλήματα αλλαγής φάσης είναι γνωστές μόνο για ορισμένες φυσικές καταστάσεις που έχουν απλή γεωμετρία και απλές οριακές συνθήκες. [19]

Τα προβλήματα αλλαγής φάσης συνήθως επιλύονται αριθμητικά μέσω πεπερασμένων διαφορών ή πεπερασμένων στοιχείων. Το φαινόμενο αλλαγής φάσης πρέπει να μοντελοποιηθεί ξεχωριστά εξαιτίας της μη γραμμικής φύσης του προβλήματος. Ενώ έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι επίλυσης, οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες είναι η μέθοδος της ενθαλπίας και η μέθοδος της ενεργού θερμοχωρητικότητας. Αυτές οι μέθοδοι είναι ικανές να προσεγγίσουν Υλικά Αλλαγής Φάσης με ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών αλλαγής φάσης. Και οι δύο προαναφερθέντες μέθοδοι ανήκουν στην κατηγορία των μεθόδων σταθερού τομέα (fixed-domain methods), οι οποίες αντιμετωπίζουν τη στερεή και την υγρή φάση ως ένα ενιαίο μέσο. [21,22]

Πριν παρουσιαστούν συνοπτικά οι δύο αυτές μέθοδοι, αναφέρεται η γενική εξίσωση, γνωστή ως η συνθήκη του Stephan, η οποία περιγράφει την παραπάνω διαδικασία:

$$\lambda \rho \left( \frac{ds}{dt} \right) = k_s \left( \frac{\delta T_s}{\delta t} \right) - k_l \left( \frac{\delta T_l}{\delta t} \right) \quad (1.5)$$

όπου:  $\lambda$  η λανθάνουσα θερμότητα τήξης,  $\rho$  η πυκνότητα,  $s(t)$  η θέση της επιφάνειας,  $k$  η θερμική αγωγιμότητα,  $t$  ο χρόνος και  $T$  η θερμοκρασία. Οι δείκτες  $s$  και  $l$  υποδεικνύουν τις φάσεις του στερεού και του υγρού αντίστοιχα.

### 1.7.1 Μέθοδος Ενθαλπίας

Η μέθοδος της ενθαλπίας βασίζεται στην αριθμητική επίλυση της διαφορικής εξίσωσης μεταφοράς ενθαλπίας, η οποία χρησιμοποιείται στην ανάλυση φαινομένων αλλαγής φάσης υπό μονοδιάστατη αγωγή θερμότητας. Βασικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι δεν είναι απαραίτητο να είναι γνωστές οι οριακές συνθήκες στο κινούμενο μέτωπο αλλαγής φάσης, διευκολύνοντας έτσι τη διαφοροποίηση του χώρου. Μια από τις πιο αξιόπιστες προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται για να δώσουν αποτελέσματα σύμφωνα με τη μέθοδο της ενθαλπίας είναι η μέθοδος υπερπήδησης κόμβων (Node jumping), κατά την οποία το πλέγμα παραμένει σταθερό και το μέτωπο αλλαγής φάσης βρίσκεται συνεχώς πάνω σε ορισμένο κόμβο του πλέγματος. Κατά τη μοντελοποίηση βάσει της μεθόδου της ενεργού ενθαλπίας, χρησιμοποιούνται οι εξής παραδοχές για την τήξη και τη στερεοποίηση των ΥΑΦ:

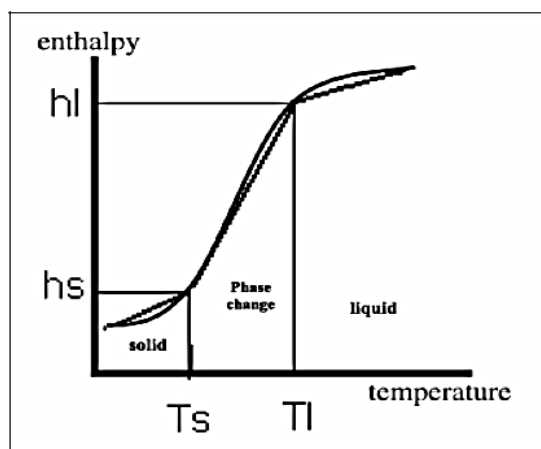
- το ΥΑΦ μπορεί, σε μακροσκοπική κλίμακα, να θεωρηθεί ως ένα συνεχές μέσο
- η μεταφορά θερμότητας δια συναγωγής στο εσωτερικό του ΥΑΦ είναι αμελητέα
- οι θερμικές ιδιότητες (θερμοχωρητικότητα και θερμική αγωγιμότητα) του ΥΑΦ είναι σταθερές σε κάθε φάση, η όμως θερμοχωρητικότητα μπορεί να είναι ασυνεχής

μεταξύ στερεής και υγρής φάσης. Αντίθετα, η θερμική αγωγιμότητα θεωρείται ανεξάρτητη της κατάστασης του ΥΑΦ

- η αλλαγή φάσης λαμβάνει χώρα υπό σταθερή πίεση
- η υπόψυξη είναι αμελητέα
- για ΥΑΦ πολλών συστατικών που υποβάλλονται σε μετασχηματισμό σε ένα εύρος θερμοκρασιών δεν θεωρούνται φαινόμενα διαχωρισμού κατά τη διάρκεια της στερεοποίησης [23]

Αναπτύσσοντας τη μέθοδο της ενθαλπίας, το πρόβλημα αλλαγής φάσης απλοποιείται αφού η εξίσωση (1.5) ισχύει και για τις δύο φάσεις οπότε οι συνθήκες της διεπιφάνειας επιτυγχάνονται αυτόματα και δημιουργείται μία πολτώδης ζώνη ανάμεσα στις δύο φάσεις του στερεού και του υγρού. Χάρη σε αυτή τη ζώνη αποφεύγονται απότομες ασυνέχειες που θα μπορούσαν να προκαλέσουν αριθμητικές αστάθειες. Το πάχος και η ποιότητα διακριτοποίησης αυτής της ζώνης είναι καθοριστικής σημασίας για τη συμπεριφορά του μοντέλου. Η μέθοδος της ενθαλπίας μπορεί να αντιμετωπίσει και πολτώδη και ισοθερμικά προβλήματα. Η θερμοκρασία σε ένα συγκεκριμένο σημείο του πλέγματος μπορεί να ταλαντώνεται με το χρόνο.

Η μέθοδος της ενθαλπίας έχει εφαρμοστεί επιτυχώς σε πολλές περιπτώσεις. Οι Hunter το 1989 και Amdjadi το 1990 επιβεβαίωσαν ότι η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η πιο αρμόζουσα για τυπικές εφαρμογές, υπό τον περιορισμό ότι δεν υπάρχει καμία μεταβολή στο αριθμητικό μοντέλο στην διεπιφάνεια. [21]



Εικόνα 1.1: Σχέση ενθαλπίας – θερμοκρασίας κατά την αλλαγή φάσης [23]

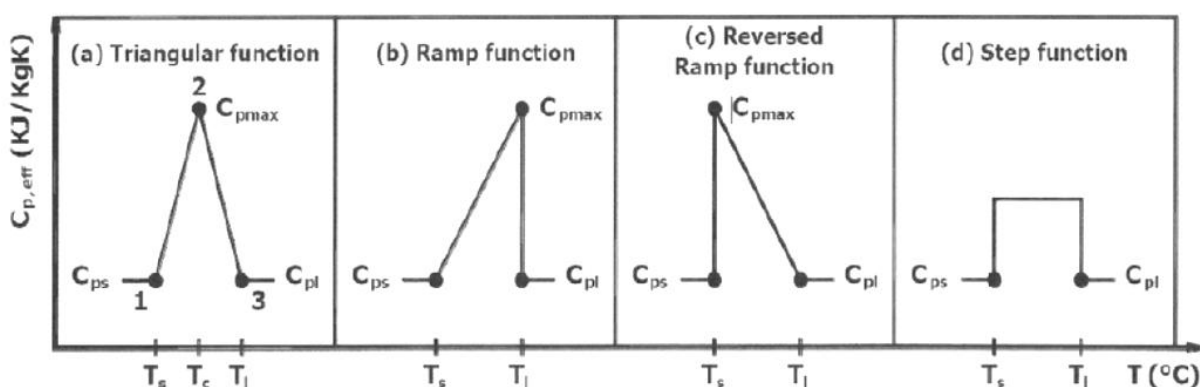
Οι καμπύλες ενθαλπίας - θερμοκρασίας επιτρέπουν την αξιολόγηση της διακύμανσης των θερμικών ιδιοτήτων των υλικών σε σχέση με τη θερμοκρασία. Η μέθοδος της ενθαλπίας είναι μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τη μελέτη οποιουδήποτε υλικού και όχι μόνο των Υλικών Αλλαγής Φάσης. [19, 24]

## 1.7.2 Μέθοδος Ενεργού Θερμοχωρητικότητας

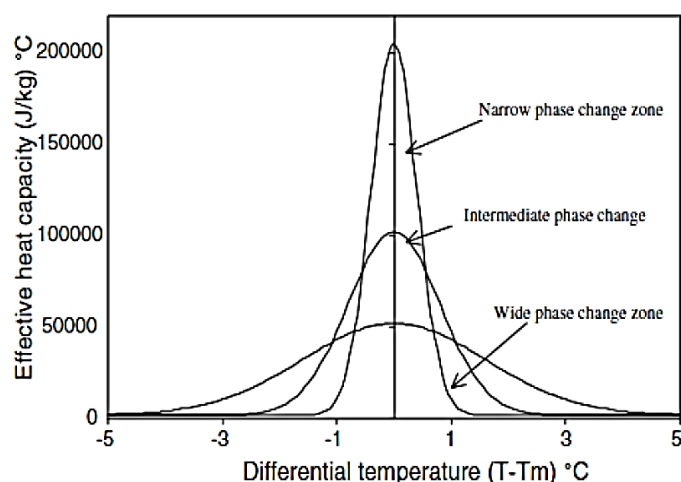
Πολλά Υλικά Αλλαγής Φάσης περιέχουν συστατικά που υποβάλλονται σε χημικές αντιδράσεις όχι μόνο κατά την παραγωγή τους αλλά και μετά την ενσωμάτωσή τους σε δομικά στοιχεία ενός κτιρίου. Η εμφάνιση αυτή των χημικών αντιδράσεων μπορεί να αλλάξει τη θερμική συμπεριφορά ενός συγκεκριμένου υλικού αφού συνοδεύεται από παραγωγή ή απορρόφηση θερμότητας, ανάλογα με το είδος της αντίδρασης. Τα φαινόμενα αυτά εντείνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Όταν οι αντιδράσεις γίνονται γρηγορότερα, κυρίως για ορισμένες συνιστώσες του υλικού, προκύπτει αυξημένος κίνδυνος πυρκαγιάς [19,25,26]. Εξαιτίας των παραπάνω, αναπτύχθηκε το μοντέλο της ενεργού θερμοχωρητικότητας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας, το οποίο περιλαμβάνει τις θερμικές επιδράσεις των χημικών αντιδράσεων και των διεργασιών αλλαγής φάσης. [25]

Η μέθοδος της ενεργού θερμοχωρητικότητας είναι εξαιρετικά εύχρηστη αφού ακολουθεί τη διαδικασία της συνηθισμένης αριθμητικής λύσης της διαφορικής εξίσωσης μεταφοράς ενέργειας. Η θερμοχωρητικότητα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αλλαγής φάσης είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας, συμβολίζεται με  $c_{peff}(T)$  και καλείται συνάρτηση της Ενεργού Θερμοχωρητικότητας. Η επιλογή της σωστής συνάρτησης  $c_{peff}(T)$  είναι εξέχουσας σημασίας. Η ενεργός θερμοχωρητικότητα του υλικού είναι ευθέως ανάλογη της αποθηκευμένης ενέργειας, της ενέργειας που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της αλλαγής φάσης αλλά και της ειδικής θερμότητας, ενώ είναι αντιστρόφως ανάλογη του θερμοκρασιακού εύρους τήξης ή στερεοποίησης [19].

Τα μόνα δεδομένα τα οποία απαιτούνται ώστε να δημιουργηθούν απλές συναρτήσεις  $c_{peff}(T)$  είναι η θερμότητα αλλαγής φάσης του ΥΑΦ, που συμβολίζεται ως  $H$ , οι θερμοκρασίες  $T_s$  και  $T_l$  στο τέλος των δύο περιοχών φάσεων του ΥΑΦ και οι αντίστοιχες θερμοχωρητικότητες του υλικού σε αυτά τα σημεία  $c_{ps}$  και  $c_{pl}$  αντίστοιχα.



Εικόνα 12 : Συναρτήσεις ενεργού θερμοχωρητικότητας  $c_{peff}(T)$  απλού γεωμετρικού σχήματος όπως προέκυψαν μετά από μετρήσεις στο Εργαστήριο Ψύξης και Κλιματισμού του ΕΜΠ [128].



Εικόνα 13: Μεταβολή της ενεργού θερμοχωρητικότητας με τη διαφορική θερμοκρασία. [27]

Σημειώνεται ότι σε όλες τις προσεγγίσεις εμφανίζεται ένα ασυνεχές σημείο αναβαθμού στη συμπεριφορά της ενεργούς θερμοχωρητικότητας, το οποίο μπορεί να προκαλέσει αριθμητικές ταλαντώσεις. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της αδυναμίας που υπάρχει να αξιολογηθεί η μήτρα του μεγέθους της χωρητικότητας [27].

Η μέθοδος της Ενεργού Θερμοχωρητικότητας μπορεί να αποδειχτεί ιδιαίτερα χρήσιμη για την εκτίμηση της συμπεριφοράς ενός υλικού ακόμα και σε ακραίες περιπτώσεις, όπως παραδείγματος χάρη, στην περίπτωση πυρκαγιάς σε ένα κτίριο.

## 1.8 Μέθοδοι μέτρησης ιδιοτήτων Υλικών Αλλαγής Φάσης

Η χρήση των Υλικών Αλλαγής Φάσης απαιτεί την πλήρη γνώση των ιδιοτήτων τους, κάτι το οποίο επιτυγχάνεται μέσω διάφορων θερμικών μεθόδων, οι οποίες περιγράφονται στη συνέχεια. Θερμική ανάλυση καλείται η μέτρηση των αλλαγών συγκεκριμένων φυσικών και χημικών ιδιοτήτων μιας ουσίας με την μεταβολή της θερμοκρασίας, όταν η μεταβολή αυτή γίνεται κατά προγραμματισμένο τρόπο.

Οι βασικές ιδιότητες του υλικού που πρέπει να εξετάζονται είναι:

- Το σημείο τήξης
- Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας
- Η ειδική θερμοχωρητικότητα υπό σταθερή πίεση
- Η λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης-στερεοποίησης
- Ο βαθμός supercooling
- Ο βαθμός διαχωρισμού των φάσεων
- Ο βαθμός διάβρωσης κατά την επαφή με διάφορα ευρέως χρησιμοποιούμενα υλικά

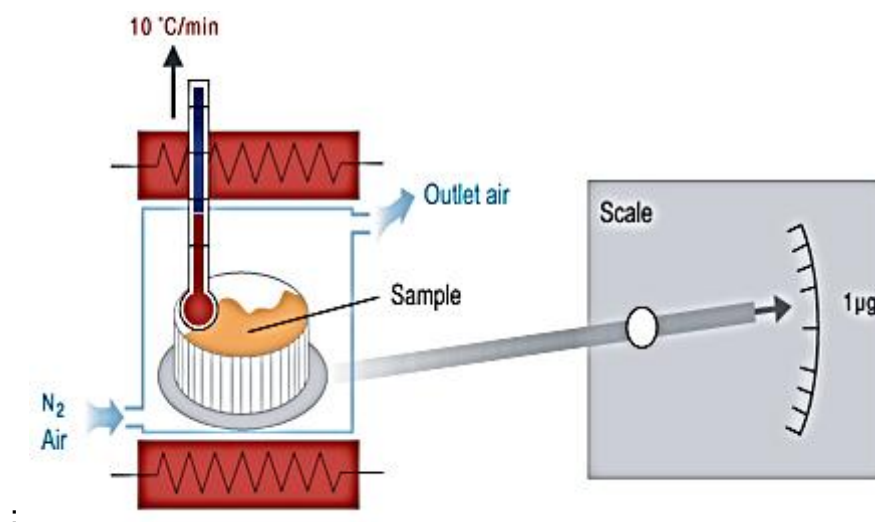
Οι ιδιότητες των ΥΑΦ εξετάζονται με δύο μεθόδους:

- Με μεθόδους οι οποίες μελετούν τις ιδιότητες σε περιορισμένο χρονικό διάστημα και για ένα μόνο κύκλο φόρτισης του υλικού
- Με μεθόδους οι οποίες μελετούν τις ιδιότητες σε μεγάλο χρονικό διάστημα και για πολλούς κύκλους φόρτισης του υλικού. [28]

### 1.8.1 Μέθοδος Θερμοσταθμικής Ανάλυσης (TGA)

Η συγκεκριμένη τεχνική έχει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογής. Μετρά τη μεταβολή της μάζας του δείγματος συναρτήσει της θερμοκρασίας. Η αρχή της συγκεκριμένης μέτρησης παρουσιάζεται παρακάτω.

Το προς μελέτη υλικό τοποθετείται σε έναν φούρνο και τα δείγματα θερμαίνονται με σταθερό ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας υπό ροή αργού. Μία συνηθισμένη διάταξη περιλαμβάνει έναν φούρνο ο οποίος ζεσταίνει το δείγμα σε υψηλή θερμοκρασία, μία χοάνη όπου τοποθετείται το δείγμα, έναν ευαίσθητο αναλυτικό ζυγό, έναν μικροεπεξεργαστή για έλεγχο του οργάνου και τη συλλογή των δεδομένων καθώς και ένα σύστημα καθαρισμού με διαβίβαση αερίου που διασφαλίζει αδρανή ατμόσφαιρα. [30]



Εικόνα 14: Σχηματική απεικόνιση της αρχής μέτρησης ιδιοτήτων ΥΑΦ με τη μέθοδο της θερμοσταθμικής ανάλυσης [29]



Εικόνα 15: Μηχάνημα Θερμοσταθμικής Ανάλυσης [31]

Οι περισσότεροι φούρνοι θερμοσταθμικών αναλυτών καλύπτουν εύρος θερμοκρασιών από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος (περίπου 293K) έως 1500K. Η καλή μόνωση και η σωστή ψύξη του εξωτερικού φούρνου είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για να αποφευχθεί η μεταφορά θερμότητας από και προς το ζυγό. Συνήθως χρησιμοποιείται άζωτο ή αργό ως για τον καθαρισμό του φούρνου και προστασία του δείγματος από οξείδωση. [31]

### 1.8.2 Μέθοδος Διαφορικής Θερμικής Ανάλυσης (DTA)

Η διαφορική θερμική ανάλυση (DTA) είναι μια τεχνική καταγραφής των θερμοκρασιακών διαφορών μεταξύ μιας ουσίας και ενός υλικού αναφοράς, συναρτήσει είτε του χρόνου είτε της θερμοκρασίας, ενώ τα δυο δείγματα υπόκεινται σε πανομοιότυπο θερμοκρασιακό καθεστώς, σε περιβάλλον ελεγχόμενης θέρμανσης ή ψύξης. Πιο απλά, η μέθοδος DTA περιλαμβάνει τη θέρμανση ή ψύξη ενός δείγματος και ενός αδρανούς υλικού αναφοράς, κάτω από όμοιες συνθήκες, και την καταγραφή των θερμοκρασιακών τους διαφορών. Οι διαφορές αυτές αναπαριστώνται διαγραμματικά ως προς το χρόνο ή τη θερμοκρασία. Η ύπαρξη του αδρανούς δείγματος συμβάλλει στον εντοπισμό των αλλαγών του μελετώμενου δείγματος που οφείλονται στην απορρόφηση ή έκλυση θερμότητας.

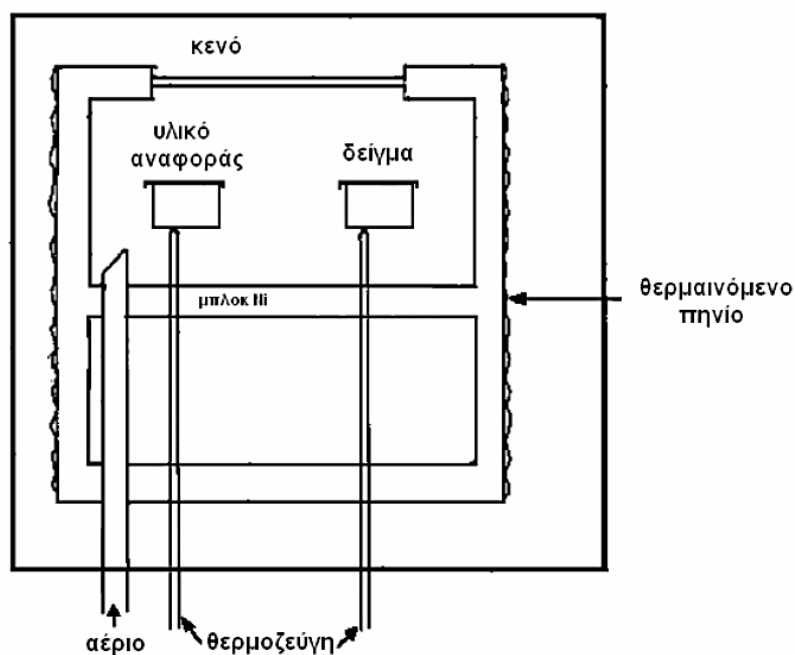
Θερμοκρασιακές διαφορές προκύπτουν όχι μόνο μεταξύ δείγματος και αδρανούς υλικού αναφοράς αλλά και μεταξύ δυο αδρανών δειγμάτων, όταν η απόκρισή τους στην προσφερόμενη θερμότητα είναι διαφορετική. Αυτός είναι και ο λόγος που καθιστά την DTA ικανή να εφαρμοστεί στη μελέτη θερμικών ιδιοτήτων και αλλαγών φάσης που δεν χαρακτηρίζονται από ενθαλπικές μεταβολές. Στις περιπτώσεις αυτές, η βασική καμπύλη του διαγράμματος θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από ασυνέχειες στις μεταβατικές θερμοκρασίες ενώ η κλίση της σε οποιοδήποτε σημείο θα πρέπει να εξαρτάται απ' την κατάσταση της μικροδομής του δείγματος στην αντίστοιχη θερμοκρασία.



Σε γενικές γραμμές, η καμπύλη DTA μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποτύπωμα για λόγους ταυτοποίησης υλικών όπως, για παράδειγμα, του πηλού, όπου η δομική ομοιότητα των διαφορετικών ειδών του μπορεί να προκαλέσει δυσκολίες στην ερμηνεία πειραμάτων διάθλασης. Ένα βασικό χαρακτηριστικό της εν λόγω καμπύλης είναι ότι η περιοχή που εκτείνεται κάτω από το ακρότατό της είναι ενδεικτική της ενθαλπικής μεταβολής και δεν επηρεάζεται από τη θερμοχωρητικότητα του δείγματος. Η διαφορική θερμική ανάλυση παρακολουθεί μόνο διαφορές του συνοδεύονται από μεταβολή ενθαλπίας, δηλαδή από φυσικές διεργασίες ή χημικές μεταβολές, και δεν ανταποκρίνεται σε μεταβολές μάζας.

Η κλασική διάταξη διεξαγωγής της διαφορικής θερμικής ανάλυσης αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Τη συσκευή συγκράτησης δείγματος, κατάλληλα συνδεδεμένη με θερμοζεύγη, δοχεία δειγμάτων και μια κεραμική ή μεταλλική κατασκευή (block)
- Την εστία
- Τη συσκευή προγραμματισμού θερμοκρασίας
- Το καταγραφικό σύστημα

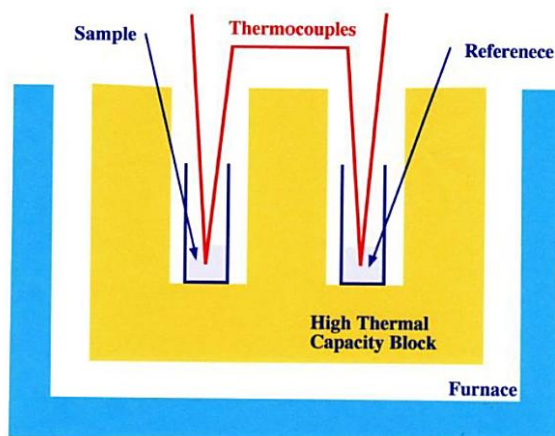


Εικόνα 16: Σχηματική αναπαράσταση κελιού DTA [32]

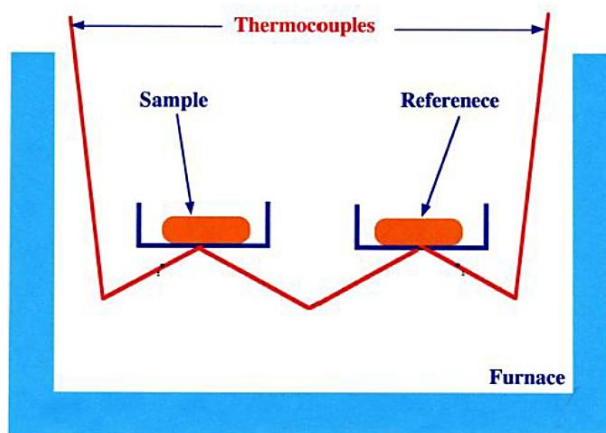
Η επιλογή της κατάλληλης εστίας βασίζεται στη δυνατότητά της να εξασφαλίζει εσωτερικά μια εκτενή, ομοιόμορφη ζώνη θερμότητας, ενώ πολύ σημαντική είναι η άμεση απόκρισή της στις εντολές του θερμοκρασιακού προγραμματιστή. Ο τελευταίος είναι, με τη σειρά του, απαραίτητος στη μετρητική διαδικασία καθώς διατηρεί σταθερούς τους ρυθμούς θέρμανσης. Ως προς το καταγραφικό σύστημα, αυτό θα πρέπει να εμφανίζει μικρή αδράνεια για να αναπαράγει αξιόπιστα τις αποκλίσεις της πειραματικής διάταξης. Τα τρία αυτά μέρη που αναφέρθηκαν διατίθενται στο εμπόριο σε μεγάλη ποικιλία.



Η συσκευή συγκράτησης δείγματος αποτελείται από δύο θερμοζεύγη, ένα για το μελετώμενο δείγμα και ένα για το δείγμα αναφοράς, περιβάλλεται δε από μια κατασκευή (block) η οποία εξασφαλίζει την ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας. Το δείγμα περιέχεται σε μικρό σκεύος, κοίλο στη βάση του για την καλύτερη εφαρμογή του πάνω στα θερμοστοιχεία. Το υλικό κατασκευής του σκεύους μπορεί να είναι πυρέξ, χαλαζίας, νικέλιο ή λευκόχρυσος, ανάλογα με τη θερμοκρασία και τη φύση των διεξαγόμενων μετρήσεων. Τα θερμοζεύγη δεν τοποθετούνται σε άμεση επαφή με τα δείγματα, προς αποφυγή νοθεύσεων και άλλων εκφυλισμών τους, παρόλο που κάτι τέτοιο θα αύξανε αρκετά την ευαισθησία της μέτρησης. Οι κατασκευές που περιστοιχίζουν τις συσκευές συγκράτησης δειγμάτων είναι είτε μεταλλικές είτε κεραμικές. Οι μεταλλικές είναι λιγότερο επιρρεπείς σε αποκλίσεις σε σχέση με τις πορώδεις κεραμικές. Παρόλα αυτά, η υψηλή θερμική αγωγιμότητά τους, οδηγεί σε μικρότερα DTA ακρότατα, συνεπώς μικρότερες μεταβολές στην ενθαλπία. Ολόκληρη η διάταξη συγκράτησης δείγματος μονώνεται ηλεκτρικά από τις καλωδιώσεις της εστίας με τη βοήθεια γειωμένου καλύμματος από κεραμικό συνήθως υλικό επικαλυμμένο με λευκόχρυσο. Το ίδιο κάλυμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί προς απομόνωση του δείγματος εντός περιοχής ελεγχόμενης ατμόσφαιρας ή σε κενό. [20]



Εικόνα 17: Διάταξη DTA [31]



Εικόνα 18: Βελτιωμένη διάταξη DTA [31]

Κατά τη διεξαγωγή πειραμάτων σε θερμοκρασιακό εύρος από -200 έως 500 °C, εμφανίζονται προβλήματα ανομοιόμορφης απομάκρυνσης της θερμότητας από τα δείγματα. Η χρήση θερμοστοιχείων σε μορφή επίπεδων δίσκων μπορεί περιορίσει αυτά τα φαινόμενα, επιτυγχάνοντας τη βέλτιστη θερμική επαφή με το δοχείο του δείγματος, το οποίο διαθέτει επίπεδη βάση, κατασκευασμένη από φύλλο αλουμινίου ή λευκόχρυσου.

Σε κάθε περίπτωση, η αναπαραγωγή της μεθόδου απαιτεί ότι το θερμοστοιχείο και το δοχείο βρίσκονται σε συνεχή επαφή μεταξύ τους. Κατά την επιλογή των πειραματικών παραμέτρων χρειάζεται μεγάλη προσοχή. Για παράδειγμα, το περιβάλλον, η σύνθεση και το μέγεθος των δειγμάτων επηρεάζουν σημαντικά τις χημικές αντιδράσεις διάσπασης υλικών σε μορφή σκόνης, ενώ αντίθετα δεν επιδρούν στις αλλαγές φάσης των στερεών. Παρακάτω παρουσιάζονται εν συντομία οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την πειραματική διαδικασία της DTA:

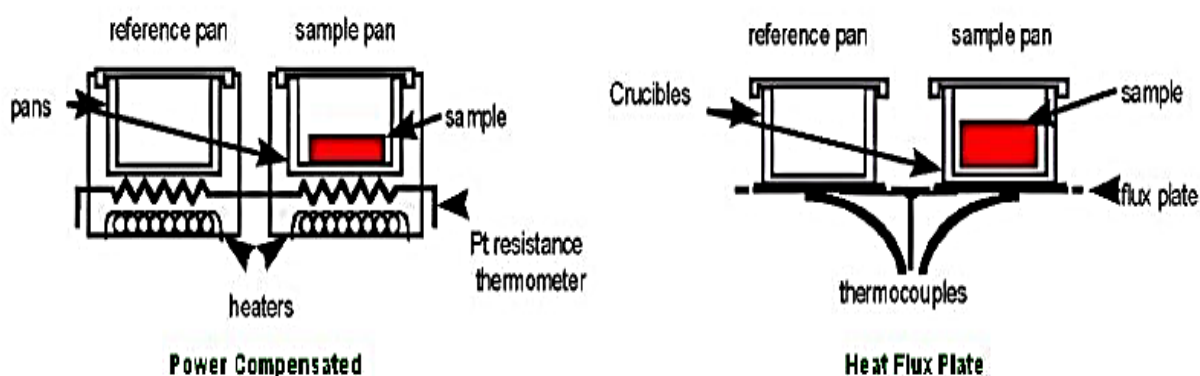
- Τα περισσότερα πειράματα πραγματοποιούνται σε δείγματα υλικών σε μορφή σκόνης, συνεπώς τα αποτελέσματά τους μπορεί να μην είναι αντιπροσωπευτικά για μεγαλύτερα δείγματα.
- Η συσκευασία στην οποία περιέχονται τα δείγματα παίζει σημαντικό ρόλο στις χημικές αντιδράσεις διάσπασης και μπορεί να προκαλέσει υψηλές αποκλίσεις μεταξύ φαινομενικά ίδιων δειγμάτων.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο ρυθμός απελευθέρωσης θερμότητας μπορεί να αυξηθεί τόσο ώστε να προκαλέσει κορεσμό της αποκριτικής ικανότητας της μετρητικής διάταξης, οπότε και ενδείκνυται η αραίωση του υπό μελέτη δείγματος με κάποιο αδρανές υλικό.
- Για τον υπολογισμό των θερμοκρασιών αλλαγής φάσης θα πρέπει η ακραία θερμοκρασία που θα εμφανιστεί κατά τη μετρητική διαδικασία να είναι ανεξάρτητη από το μέγεθος του δείγματος.
- Το σχήμα του ακρότατου που προκύπτει τελικά εξαρτάται από το βάρος του δείγματος και το ρυθμό θέρμανσης που χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία. Η επίδραση του ρυθμού θέρμανσης στο σχήμα και τη διάταξη του ακρότατου μπορεί να χρησιμοποιηθεί προς όφελος της μελέτης των χημικών διασπάσεων. Ωστόσο, για την ανάλυση της κινηματικής σημαντικό ρόλο παίζει η ελαχιστοποίηση των θερμικών μεταβολών, μέσω της μείωσης είτε του μεγέθους των δειγμάτων είτε του ρυθμού θέρμανσής τους. [20]

### 1.8.3 Μέθοδος Διαφορικής Θερμιδομετρικής Σάρωσης (DSC)

Η μέθοδος διαφορικής θερμιδομετρικής σάρωσης (DSC) μελετά τη θερμότητα που απορροφάται ή εκλύεται από το δείγμα κατά τη θέρμανση ή ψύξη του σε μία επιλεγμένη περιοχή θερμοκρασιών. Το διαφορικό θερμιδόμετρο έχει τη δυνατότητα να μετρά τις τιμές της ενθαλπίας μέσω της διαφορικής ροής θερμότητας που απαιτείται κατά την αλλαγή φάσης ή κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης που πραγματοποιείται στο υλικό έτσι ώστε να διατηρηθεί σταθερή η θερμοκρασία του. Αυτό επιτυγχάνεται τοποθετώντας σε δύο θερμαινόμενους υποδοχείς σφραγισμένα καψίδια αλουμινίου εκ των οποίων το ένα περιέχει

το δείγμα και το άλλο είναι κενό (δοκίμιο αναφοράς). Με τη χρήση του καψιδίου επιτυγχάνεται καλή θερμική επαφή με την πηγή παροχής ισχύος και τους αισθητήρες ελέγχου του συστήματος.

Στο περιβάλλον των υποδοχέων δημιουργείται αδρανής ατμόσφαιρα με ροή αζώτου και ο θερμικός ελεγκτής, δηλαδή ο υπολογιστής, αρχίζει να θερμαίνει τους υποδοχείς με προκαθορισμένο σταθερό ρυθμό. Η θερμοκρασία στους δύο υποδοχείς διατηρείται σταθερή με τη βοήθεια θερμοζευγών. Η σημαντικότερη αρμοδιότητα του θερμικού ελεγκτή είναι η εξασφάλιση του ίδιου ρυθμού θέρμανσης των δύο χωριστών καψιδίων με τους δύο χωριστούς θερμαινόμενους υποδοχείς τους. Τα δύο καψίδια είναι διαφορετικά λόγω του διαφορετικού περιεχομένου τους και επομένως το καψίδιο με το δείγμα απαιτεί περισσότερη θερμότητα προκειμένου να διατηρήσει το ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας του ακριβώς ίδιο με τον αντίστοιχο ρυθμό στο καψίδιο αναφοράς. Σε ένα πείραμα DSC μετράται η περίσσεια ροής θερμότητας που απαιτεί ο υποδοχέας του υπό μελέτη δοκιμίου, σε σχέση με τον υποδοχέα αναφοράς και τελικά λαμβάνεται από τη διάταξη DSC ένα διάγραμμα ροής θερμότητας (ισχύος) ως προς τη θερμοκρασία [33].



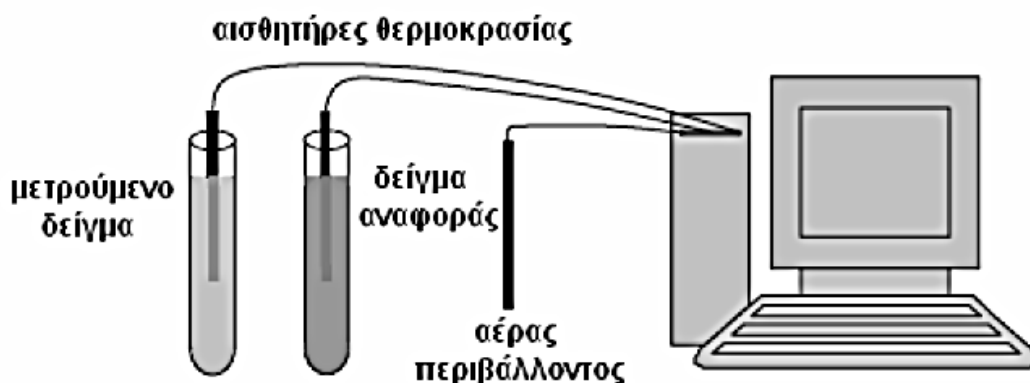
Εικόνα 19: Σχηματική απεικόνιση του εξοπλισμού για κάθε ρύθμιση της μεθόδου DSC [34].

Ένα βασικό πρόβλημα της μεθόδου DSC, το οποίο και οδήγησε στην αναζήτηση νέων διαδικασιών μέτρησης ιδιοτήτων, είναι το μικρό μέγεθος των δειγμάτων που εξετάζει (συνήθως μικρότερο του 0,1ml). Στα ανομοιογενή υλικά η μελέτη τόσο μικρού δείγματος παύει να είναι ενδεικτική. Επίσης, το φαινόμενο υπόψυξης που παρατηρείται κατά τη μέτρηση μικρών δειγμάτων δεν είναι αντιπροσωπευτικό των μεγαλύτερων δειγμάτων του ίδιου υλικού. Φαίνεται λοιπόν πως η μέτρηση ιδιοτήτων ανομοιογενών υλικών απαιτεί διαφορετικό τρόπο μελέτης ποσοτικά μεγαλύτερων δειγμάτων. Ο τρόπος αυτός είναι η μέθοδος T-history, η οποία και αναλύεται στη συνέχεια.

#### 1.8.4 Μέθοδος T-history

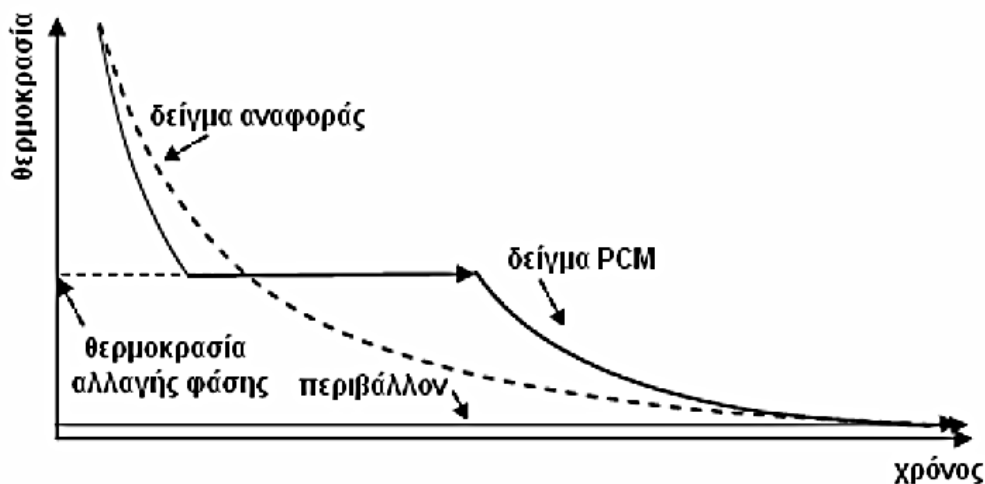
Η συγκεκριμένη μέθοδος προτάθηκε από τον Zhang το 1999 και αποτελεί ένα φθηνό και εύκολο τρόπο για την αξιολόγηση των ΥΑΦ που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε κάποια εφαρμογή, έχοντας ως αναφορά την ενθαλπία της αλλαγής φάσης τους. Η μέθοδος αυτή υπέστη βελτιώσεις και είναι πλέον κατάλληλη για τον προσδιορισμό της ειδικής θερμοχωρητικότητας  $c_p$ . Συγκεκριμένα, η T-history υπολογίζει την λανθάνουσα θερμότητα ενός ΥΑΦ μέσω σύγκρισης της θερμοκρασίας του με εκείνη ενός υλικού αναφοράς. Η λογική υπολογισμού της εν λόγω μεθόδου βασίζεται στην ερμηνεία των διαγραμμάτων φάσεων. Διάγραμμα φάσεως καλείται μια γραφική παράσταση, χρησιμοποιούμενη κυρίως στη φυσικοχημεία και στη θερμοδυναμική, που παρουσιάζει τις περιοχές σταθερότητας διαφόρων φάσεων ενός συστήματος (καθαρής ουσίας ή μίγματος) ως συνάρτηση χαρακτηριστικών παραμέτρων του, όπως της θερμοκρασίας, της πίεσης και συγκέντρωσης.

Η λειτουργία της μεθόδου είναι η ακόλουθη: Δύο πανομοιότυπες χοάνες, η μία εκ των οποίων περιέχει το υπό μελέτη ΥΑΦ ενώ η άλλη το υλικό αναφοράς, τοποθετούνται σε ένα μονωμένο δοχείο. Καταγράφονται οι θερμοκρασίες του περιβάλλοντος, του ΥΑΦ και του υλικού αναφοράς και στη συνέχεια η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αλλάζει ακαριαία. Η αντίδραση του ΥΑΦ και του υλικού αναφοράς σε αυτή την αλλαγή εξαρτάται από τις θερμοφυσικές τους ιδιότητες. Με τη βοήθεια του υλικού αναφοράς βαθμονομείται η θερμική αντίσταση μεταξύ των χοανών και του περιβάλλοντος. Έτσι, προσδιορίζονται η ειδική θερμότητα και η ενθαλπία του ΥΑΦ συναρτήσει της θερμοκρασίας. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα τέτοιας διάταξης. [35]



Εικόνα 20: Σχηματική αναπαράσταση πειραματικής διάταξης μεθόδου T-history σύμφωνα με τους ερευνητές Zhang et.al, 1999 [18]

Η θερμοκρασιακή «ιστορία» τους, καθώς μεταπίπτουν από την ίδια αρχική θερμοκρασία προς αυτήν του περιβάλλοντος, καταγράφεται όπως φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί:



Εικόνα 21: Θερμοκρασιακή «ιστορία» δείγματος υλικού αλλαγής φάσης (με λανθάνουσα θερμότητα) και δείγματος υλικού αναφοράς (με αισθητή θερμότητα) κατά την ψύξη τους έως σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος [18 ]

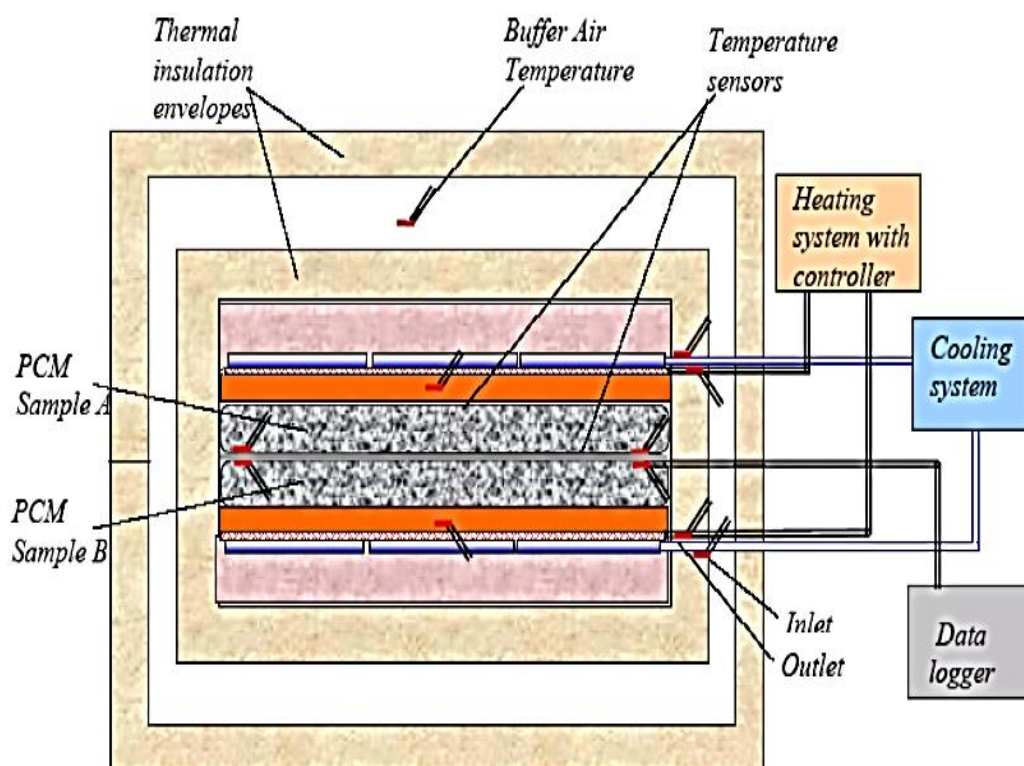
Για πολλά χρόνια, η T-history εφαρμοζόταν για την εύρεση των θερμοκρασιών αλλαγής φάσης μιγμάτων, πληροφορίας απαραίτητης για την κατασκευή των αντίστοιχων διαγραμμάτων φάσεων. Η συναλασσόμενη θερμότητα της διαδικασίας δεν καταγραφόταν, με αποτέλεσμα η τελευταία να μη συγκαταλέγεται στις θερμιδομετρικές μετρητικές μεθόδους. Τα πράγματα άλλαξαν όταν η φιλοσοφία της διαδικασίας επεκτάθηκε έτσι ώστε να υπολογίζει και το ποσό της αποθηκευόμενης θερμότητας, προϋπόθεση για το οποίο αποτελεί ο υπολογισμός της θερμορροής που αναπτύσσεται καθ' όλη διαδικασία

Σε σύγκριση με άλλες μεθόδους, όπως οι συμβατικές θερμιδομετρικές μέθοδοι, η διαφορική θερμική ανάλυση και η διαφορική θερμιδομετρική σάρωση, η T-history παρουσιάζει τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά: η πειραματική μονάδα είναι απλή και επιτρέπει τη μέτρηση της θερμοκρασίας τήξης, της ειδικής θερμότητας και της θερμικής αγωγιμότητας διαφόρων δειγμάτων ΥΑΦ ταυτόχρονα, καθώς και την παρακολούθηση της διαδικασίας σταδιακής αλλαγής κάθε δείγματος ΥΑΦ. Στη μέθοδο αυτή είναι δυνατή η απόκτηση δεδομένων κοντά στις συνθήκες ισορροπίας, ιδιαίτερα όσον αφορά σε δείγματα μεγάλου μεγέθους. [20]

### 1.8.5 Μέθοδος Double Cell

Η μέθοδος αυτή έχει αναπτυχθεί από τους Victor del Valle, Dale Bessete, Lisa Sorokon, John Zhou και Kaz Szymocha και αποτελεί μέθοδο θερμιδομετρικού τύπου η οποία επιτρέπει τη μέτρηση και σύγκριση της θερμικής αποθηκευτικής ικανότητας των ΥΑΦ σε πολλούς κύκλους. Η μέθοδος Double Cell αφορά στη συμμετρική θέρμανση και ψύξη, κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, ενός μεγάλου δείγματος ΥΑΦ, παραδείγματος χάρι 1-2 kg, το οποίο έχει τοποθετηθεί στο εσωτερικό ενός πολύ καλά μονωμένου καλύμματος. Αν τα αποτελέσματά της δεν θεωρούνται ιδιαίτερα ακριβή, η μέθοδος παρέχει αρκετές σημαντικές πληροφορίες στους ερευνητές και κατασκευαστές προϊόντων εμπορικής ή και

μεγαλύτερης κλίμακας που θέλουν να εξετάσουν τη συμπεριφορά μεγάλων δειγμάτων σε σχέση με τη θερμική αποθηκευτική τους ικανότητα σε μεγάλο αριθμό κύκλων. [35]



Εικόνα 22: Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου double-cell [35]

### 1.8.6 Μέθοδος Thermal Delay

Η μέθοδος Thermal Delay αναπτύχθηκε από την ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Ψύξης και Κλιματισμού του ΕΜΠ (Ε.Δ. Κραββαρίτης, Κ.Α. Αντωνόπουλος, Χ. Τζιβανίδης) και αποτελεί σημαντική βελτίωση της μεθόδου T-history. Η βασικότερη διαφορά μεταξύ των μεθόδων Thermal Delay και T-history είναι ότι η πρώτη βασίζεται στη χρήση της θερμικής υστέρησης, δηλαδή στη θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στο υπό μελέτη ΥΑΦ και ένα υλικό αναφοράς, ενώ η δεύτερη στηρίζεται στον προσδιορισμό της χρονικής υστέρησης ανάμεσα στα δύο υλικά, δηλαδή τη χρονική διαφορά απόκτησης μιας κοινής θερμοκρασίας.

Η ορθότητα και η ακρίβεια της μεθόδου Thermal Delay έχουν επιβεβαιωθεί και από την επαλήθευση, μέσω των σχετικών πειραματικών μετρήσεων, των γνωστών και απόλυτα αποδεκτών τιμών της θερμοχωρητικότητας και της θερμότητας αλλαγής φάσης της αιθυλικής αλκοόλης και του διασπασταγμένου νερού (WFI). Επιπλέον, συγκρίσεις τιμών ληφθέντων μέσω της Thermal Delay για συγκεκριμένα εμπορικά ΥΑΦ και των αντίστοιχων δεδομένων από τις παραγωγούς εταιρείες δίνουν αποκλίσεις μικρότερες του 1,7%.

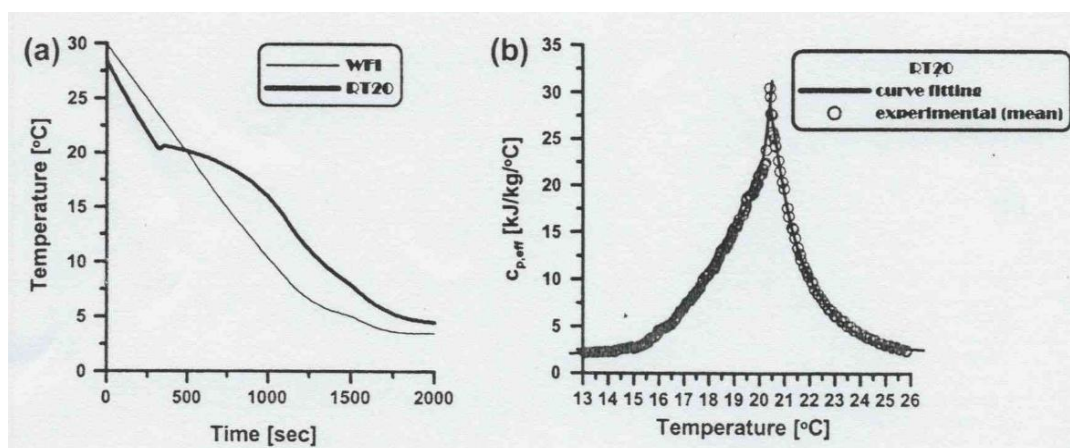
Παρακάτω παρουσιάζονται μετρήσεις ιδιοτήτων ορισμένων εμπορικών ΥΑΦ, σύμφωνα με τη μέθοδο Thermal Delay. [36]



Πίνακας 7: Ιδιότητες ΥΑΦ μετρημένες με τη μέθοδο Thermal Delay [36]

ΥΑΦ	RT21 (πρώην RT20)	RT27	RT58	SP25A8
Ονομαστικό θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας $T_s^* - T_l^*$ (°C)	11-26	19-35	50-65	13-30
Θερμότητα αλλαγής φάσης H (kJ/kg)	132,1	167,4	166,1	141,5
Πραγματικό θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας $T_s - T_l$ (°C)	15-26	22-31	53-62	22-32
Θερμοχωρητικότητα στερεάς φάσης $c_{ps}$ (kJ/kg °C)	1,9	2,0	1,9	2,6
Θερμοχωρητικότητα υγρής φάσης $c_{pl}$ (kJ/kg °C)	2,5	2,3	2,6	2,7

Μέσω πειραματικών μετρήσεων βάσει της μεθόδου Thermal Delay προέκυψαν καμπύλες θερμοκρασίας συναρτήσει του χρόνου, σύμφωνα με τις οποίες προτάθηκαν αναλυτικές εκφράσεις υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας διαφόρων ΥΑΦ συναρτήσει της θερμοκρασίας τους. Κάποια από τα ΥΑΦ που μελετήθηκαν με την συγκεκριμένη μέθοδο είναι η ελληνική παραφίνη, καθώς και Υλικά Αλλαγής Φάσης με εμπορικές ονομασίες RT21 (πρώην RT20), RT27, RT58 και SP25A8. Οι καμπύλες της ενεργού θερμοχωρητικότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας ΥΑΦ  $c_{peff}(T_{pcm})$ , ύστερα από εκτεταμένες δοκιμές, προσεγγίστηκαν από αντίστοιχες προσαρμοσμένες πολυωνυμικές εκφράσεις. Για τη βέλτιστη προσέγγιση των καμπυλών βρέθηκε ότι απαιτείται χρήση τεσσάρων διαφορετικών πολυωνυμικών σχέσεων για κάθε ΥΑΦ, κάθε μία εκ των οποίων καλύπτει ένα ορισμένο υποδιάστημα του θερμοκρασιακού εύρους αλλαγής φάσης του ΥΑΦ. Τα προκύπτοντα πολυώνυμα προσεγγίζουν σε ποσοστό μεγαλύτερο του 99% τις καμπύλες  $c_{peff}(T_{pcm})$  των RT21, RT27 και RT58, ενώ σε ποσοστό μεγαλύτερο του 98% τις καμπύλες  $c_{peff}(T_{pcm})$ , του SP25A8 και της ελληνικής παραφίνης. [36]



Εικόνα 23 : (α) Καμπύλες ψύξεως του ΥΑΦ με την εμπορική ονομασία RT21 (πρώην RT20) [7] και του υλικού αναφοράς WFI (δισαπασταγμένο νερό) όπως προέκυψαν από μετρήσεις με τη μέθοδο Thermal Delay και (β) καμπύλη θερμοχωρητικότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας  $c_{peff}(T)$  για το ΥΑΦ RT21 (πειραματικά δεδομένα μετρήσεων και αντίστοιχη αναλυτική προσέγγιση) βάση της μεθόδου Thermal Delay [36]

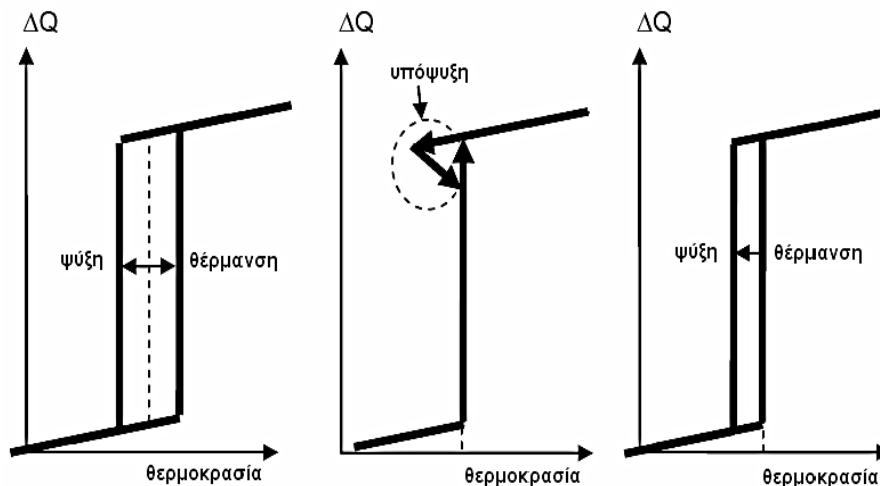
### 1.8.7 Προβλήματα κατά τη μέτρηση των ιδιοτήτων ΥΑΦ

Η μέτρηση των ιδιοτήτων των Υλικών Αλλαγής Φάσης παρουσιάζει διάφορα προβλήματα και δυσκολίες λόγω της υψηλής ενθαλπίας των συγκεκριμένων υλικών κατά την αλλαγή φάσης τους.

Σχετικά με την επιλογή κατάλληλου μεγέθους δείγματος, το πρόβλημα που προκύπτει εντοπίζεται στην εμφάνιση του φαινομένου της υπόψυξης. Η εμφάνιση του φαινομένου εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος του δείγματος γι' αυτό και η επιλογή του τελευταίου θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή, ανάλογα πάντα με την εφαρμογή. Αναφορικά με τον ορθό καθορισμό της συναλλασσόμενης θερμότητας αλλά και της θερμοκρασίας του δείγματος, σημειώνεται πως τα Υλικά Αλλαγής Φάσης τείνουν να δίνουν υψηλό σήμα στο θερμοκρασιακό εύρος τήξης τους και μικρό εκτός αυτού, συνεπώς οι διαδικασίες βαθμονόμησης θα πρέπει να πραγματοποιούνται για υψηλά σήματα. Ως προς τη θερμοδυναμική ισορροπία, οι μετρήσεις στα ΥΑΦ παρουσιάζουν αρκετά προβλήματα. Για την επίτευξη της θερμοδυναμικής ισορροπίας ο ρυθμός θέρμανσης ή ψύξης θα πρέπει να διατηρείται χαμηλός, διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης υπόψυξης. Ακόμη και η ισοθερμικότητα του δείγματος εισάγει δυσκολίες, καθώς μπορεί να διαρκέσει για μεγάλο χρονικό διάστημα κατά την αλλαγή φάσης, εξαιτίας των μεγάλων ποσών θερμότητας και της μικρής θερμικής αγωγιμότητας των ΥΑΦ.

Ένα ακόμη πρόβλημα που αξίζει να αναφερθεί είναι η υστέρηση (hysteresis). Πιο συγκεκριμένα, η μέτρηση της θερμοκρασίας ενός δείγματος γίνεται με απλή μέτρηση της θερμοκρασίας της επιφάνειάς του, η οποία όμως παρουσιάζει απόκλιση σε σχέση με την πραγματική θερμοκρασία της μάζας του δείγματος. Η απόκλιση αυτή οδηγεί σε εσφαλμένες μετρήσεις της συναλλασσόμενης θερμότητας, πολύ χαμηλές κατά την ψύξη και πολύ υψηλές κατά τη θέρμανση. Το φαινόμενο περιορίζεται σημαντικά εκτός του θερμοκρασιακού εύρους τήξης του υλικού, αφού σε αυτή τη φάση λαμβάνει χώρα η αποθήκευση αισθητής μόνο θερμότητας. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι δυο τρόποι μέτρησης, σε διαστήματα και σε βήματα, δεν καταλήγουν σε διαφορετικά αποτελέσματα κατά τη θέρμανση και την ψύξη, αφού οι ισοθερμικές συνθήκες επιτυγχάνονται τελικά με το πέρασ αρκετού χρόνου. Στον δυναμικό τρόπο μέτρησης όμως, λόγω του πλήθους των δεδομένων στο θερμοκρασιακό εύρος τήξης και στερεοποίησης του ΥΑΦ, παρατηρούνται διαφορές στα αποτελέσματα που προκύπτουν. Οι διαφορές αυτές δημιουργούν το φαινόμενο της υστέρησης, ένα φαινόμενο που χαρακτηρίζει το δείγμα. Εάν οι διαφορές οφείλονται εξ' ολοκλήρου σε σφάλματα μέτρησης, τότε το φαινόμενο ονομάζεται φαινομενική υστέρηση. Οι λόγοι εμφάνισης υστέρησης σε ένα δείγμα είναι αρκετοί, με σημαντικότερο και συχνότερο το φαινόμενο της υπόψυξης. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται ενδεικτικά παραδείγματα υστέρησης και των αιτιών εμφάνισής της. [18]



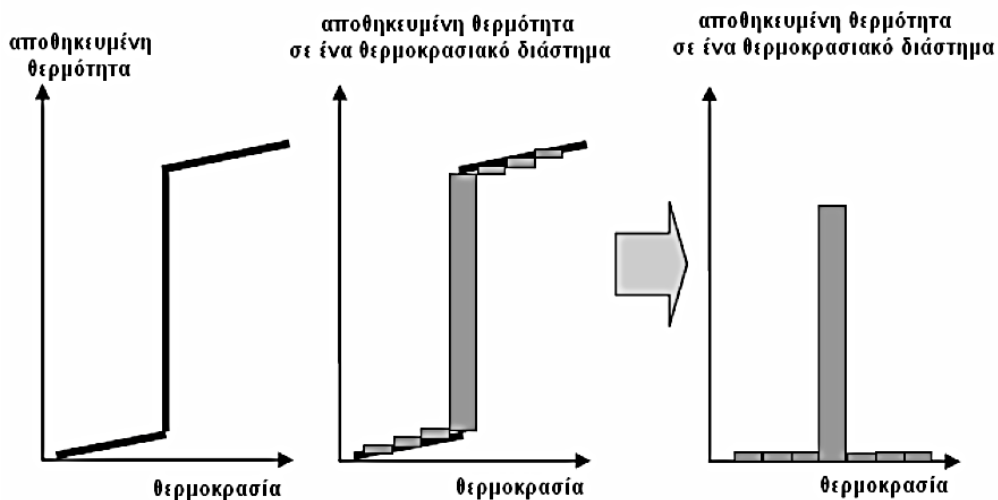


Εικόνα 24: Φαινομενική υστέρηση λόγω μη ισοθερμικών συνθηκών (αριστερά), πραγματική υστέρηση (ιδιότητα υλικού) λόγω υπόψυξης (κέντρο), πραγματική υστέρηση λόγω αργού ρυθμού απελευθέρωσης θερμότητας ή πραγματικής διαφοράς μεταξύ των θερμοκρασιών αλλαγής φάσης (δεξιά) [18]

### 1.8.8 Προβλήματα κατά την παρουσίαση των δεδομένων

Ο προσδιορισμός της αποθηκευόμενης θερμότητας σε ένα υλικό όταν αυτό δεν υπόκειται σε αλλαγή φάσης είναι μια αρκετά εύκολη διαδικασία καθώς η θερμότητα αυτή είναι αισθητή και εξαρτάται από ένα μόνο μέγεθος, τη θερμοχωρητικότητα. Σε περίπτωση όμως που ένα υλικό αλλάζει φάση, η περιγραφή της κατάστασης δυσχεραίνει καθώς απαιτείται μέτρηση πολλών διαφορετικών παραγόντων. Στην περίπτωση των ΥΑΦ, υλικών δηλαδή που συνήθως προέρχονται από ανάμιξη περισσότερων της μιας ουσιών, οι τιμές που ενδιαφέρουν κυρίως είναι η θερμοκρασία αλλαγής φάσης, η αντίστοιχη ενθαλπία και οι θερμοχωρητικότητες του υλικού κατά τη στερεή και υγρή κατάσταση.

Το πρώτο πρόβλημα που εμφανίζεται σχετίζεται ακριβώς με το γεγονός ότι τα ΥΑΦ δεν είναι καθαρές ουσίες, αλλά αποτελούν κυρίως προσμίξεις, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία τήξης τους να μην έχει συγκεκριμένη τιμή αλλά να κυμαίνεται εντός ενός θερμοκρασιακού εύρους. Εάν ένα Υλικό Αλλαγής Φάσης εμφανίζει μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος αλλαγής φάσης αλλά οι πίνακες δεδομένων δίνουν μια συγκεκριμένη τιμή θερμοκρασίας τήξης, μπορούν να προκύψουν σημαντικά λάθη κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος. Ο τρόπος αντιμετώπισης του συγκεκριμένου προβλήματος ανάγεται στον πρωταρχικό στόχο του προσδιορισμού της αποθήκευσης θερμότητας, δηλαδή στην έκφραση της θερμότητας που αποθηκεύεται ως συνάρτηση της θερμοκρασίας ( $\Delta Q/\Delta T = C$ ). Η έκφραση αυτή αναφέρεται στο πραγματικό πρόβλημα αποθήκευσης και μεταφοράς ενέργειας, χωρίς να δίνει πληροφορίες για συγκεκριμένη θερμοκρασία τήξης, ή να διαχωρίζει την αισθητή από τη λανθάνουσα θερμότητα. Προτείνεται λοιπόν η έκφραση της αποθηκευμένης θερμότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας σε δεδομένα θερμοκρασιακά διαστήματα, προς αποφυγήν του αρχικού προβλήματος. Ο εν λόγω τρόπος υπολογισμού της θερμότητας παρουσιάζεται Εικόνα 25 στην παρακάτω εικόνα.

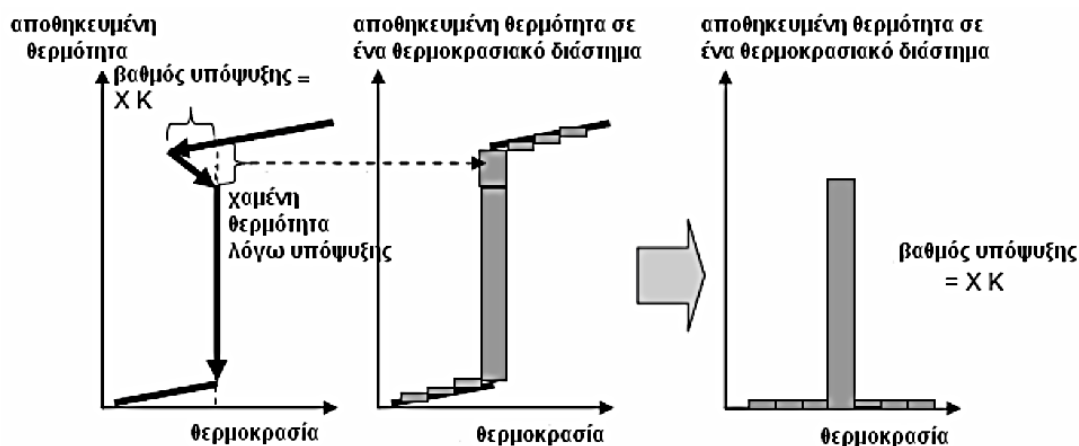


**Εικόνα 25: Γραφική απεικόνιση υπολογισμού της αποθηκευμένης θερμότητας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας σε δοσμένα θερμοκρασιακά διαστήματα [18]**

Άλλο ένα πρόβλημα στην παρουσίαση δεδομένων κατά τη μελέτη Υλικών Αλλαγής Φάσης είναι το φαινόμενο της υστέρησης. Σε αυτή την περίπτωση, όπως έχει προαναφερθεί, τα αποτελέσματα των μετρήσεων κατά τη θέρμανση και ψύξη του ίδιου δείγματος διαφέρουν, είτε εξαιτίας της μετρητικής διαδικασίας, είτε επειδή η υστέρηση χαρακτηρίζει, ως ιδιότητα, το υλικό. Προς επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος, ενδείκνυται η παρουσίαση της αποθηκευμένης θερμότητας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας σε δοσμένα θερμοκρασιακά διαστήματα, τόσο κατά τη θέρμανση όσο και κατά την ψύξη.

Τελευταίο φαινόμενο που προκαλεί προβλήματα υπολογισμού και παρουσίασης δεδομένων σχετικών με τα Υλικά Αλλαγής Φάσης είναι η εμφάνιση υπόψυξης στο υπό μελέτη δείγμα. Η εμφάνιση υπόψυξης είναι αρκετά συχνή και υποδηλώνει την παρουσία διαφορετικών δομών στην ίδια θερμοκρασία, τουλάχιστον για κάποιο μικρό θερμοκρασιακό εύρος. Για το λόγο αυτό, είναι αδύνατον να υπολογιστεί η αποθηκευμένη θερμότητα ως μια μοναδική τιμή σε ένα διάστημα, ακόμη και εάν η θέρμανση και η ψύξη αντιμετωπιστούν χωριστά. Το φαινόμενο της υπόψυξης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου και του μεγέθους του δείγματος, γεγονός που κάνει την εμφάνισή της απρόβλεπτη. Ο μοναδικός τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι η απαλοιφή του φαινομένου από τα δεδομένα αποθηκευμένης θερμότητας - θερμοκρασίας και η απόδοση ενός βαθμού υπόψυξης ως ξεχωριστή πληροφορία. Η διαδικασία απαλοιφής απεικονίζεται στην εικόνα 26, της σελίδας που ακολουθεί.

Τον τελευταίο καιρό, πέραν της χρήσης διαγραμμάτων, η αποθηκευμένη θερμότητα συναρτηθεί της θερμοκρασίας πινακοποιείται σταδιακά, απλοποιώντας σημαντικά την ανάγνωση των δεδομένων. Από τους πίνακες αυτούς εύκολα μπορεί να υπολογιστεί η θερμότητα που αποθηκεύεται στο δείγμα, για οποιοδήποτε θερμοκρασιακό διάστημα. Λόγω της πρόσφατης ανάπτυξης του συστήματος πινακοποίησης, ελάχιστα δεδομένα είναι διαθέσιμα προς το παρόν. [18]

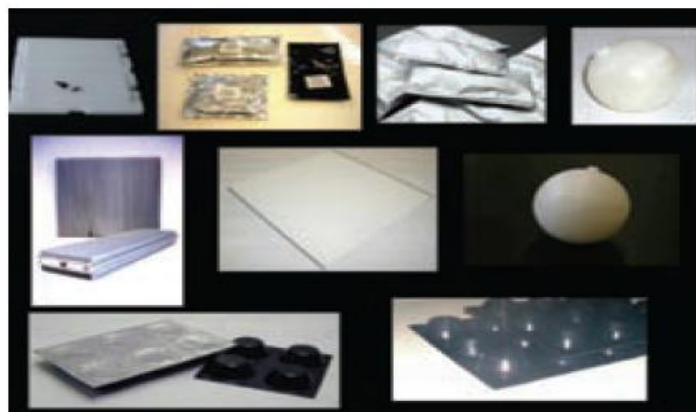


Εικόνα 26: Καθορισμός αποθηκευμένης θερμότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας σε γνωστά θερμοκρασιακά διαστήματα και βαθμός υπόψυξης [18]

## 1.9 Μέθοδοι ενσωμάτωσης ΥΑΦ

### 1.9.1 Ενσωμάτωση σε κάψουλες

Η δυνατότητα ενσωμάτωσης των Υλικών Αλλαγής Φάσης σε κάψουλες δημιουργεί ενδιαφέρουσες ευκαιρίες ένταξής τους σε ποικίλες εφαρμογές. Τα ΥΑΦ απορροφούν και απελευθερώνουν θερμική ενέργεια προκειμένου να διατηρήσουν σε συγκεκριμένη θερμοκρασία το προϊόν εντός του οποίου βρίσκονται. Το κέλυφος της κάψουλας παρέχει ένα μικροσκοπικό δοχείο για το ΥΑΦ, συνεπώς, ακόμα και όταν ο πυρήνας είναι σε υγρή κατάσταση, οι κάψουλες εξακολουθούν να λειτουργούν ως ένα στερεό, αποτρέποντας έτσι τη διαφυγή του ΥΑΦ κατά την τήξη του. Ανάλογα με το μέγεθος της κάψουλας, η μέθοδος αναφέρεται ως μικροενσωμάτωση ή μακροενσωμάτωση. [37]



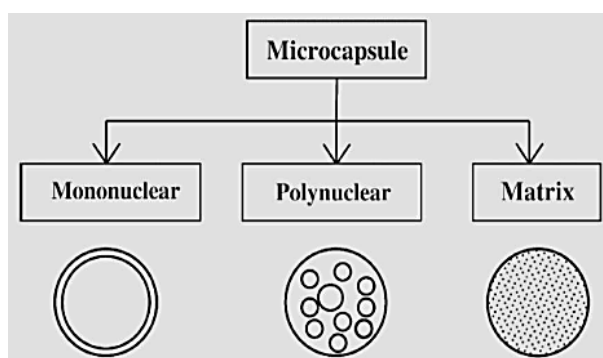
Εικόνα 27: Συσκευασίες ΥΑΦ για εφαρμογές, μεταλλικές ή πλαστικές, σε διάφορους τύπους και μεγέθη [39]

### 1.9.1.1 Μακροενσωμάτωση

Η μακροενσωμάτωση σε κάψουλες αναφέρεται στην ενσωμάτωση του ΥΑΦ σε κάποια μορφή συσκευασίας, όπως σωλήνες, σακουλάκια, σφαίρες, πάνελ ή γενικά σε δοχεία με διάμετρο μεγαλύτερη του 1cm. Η μάζα του Υλικού Αλλαγής Φάσης ανά μονάδα μεγέθους της συσκευασίας μπορεί να κυμαίνεται από μερικά ml μέχρι αρκετά lt. Η μακροενσωμάτωση χρησιμοποιείται κυρίως για υγρά ΥΑΦ, ώστε να αποτραπούν αλλαγές στη σύνθεσή τους λόγω επαφής με το περιβάλλον, αλλά και λόγω του μεγάλου διαχωρισμού των φάσεων. Το κύριο πλεονέκτημα της μικροενσωμάτωσης είναι η δυνατότητα εφαρμογής της τόσο σε αέρια όσο και σε ρευστά υλικά, καθιστώντας έτσι πιο εύκολο το χειρισμό αλλά και τη μεταφορά τους. Θα πρέπει να αναφερθεί βέβαια ότι αποτελεί πρόβλημα η μεγάλη σε σχέση με τον όγκο απαιτούμενη επιφάνεια προκειμένου να επιτευχθεί η ζητούμενη μεταφορά θερμότητας. [18,37,38]

### 1.9.1.2 Μικροενσωμάτωση

Μικροενσωμάτωση καλείται η διαδικασία κατά την οποία μεμονωμένα σωματίδια ή σταγονίδια στερεού ή υγρού υλικού (πυρήνας) περιβάλλονται ή επικαλύπτονται από μία συνεχή μεμβράνη πολυμερούς υλικού (περίβλημα), με τρόπο ώστε να προκύπτουν κάψουλες μεγέθους από μερικά μικρόμετρα έως κάποια χιλιοστά, γνωστές και ως μικροκάψουλες. Και οι τρεις καταστάσεις της ύλης (στερεά, υγρά και αέρια) μπορούν να μικροενσωματωθούν σε κάψουλες. Το γεγονός αυτό επιτρέπει υλικά υγρής ή αέριας κατάστασης να αντιμετωπίζονται ευκολότερα σαν στερεά, παρέχοντας παράλληλα ένα μέτρο προστασίας κατά το χειρισμό επικίνδυνων υλικών. Κατά τη μικροενσωμάτωση, δεν παρουσιάζονται προβλήματα λόγω αλλαγών φάσης συμπεριλαμβανομένων και των ογκομετρικών αλλαγών εντός του πυρήνα. [18,37,38]

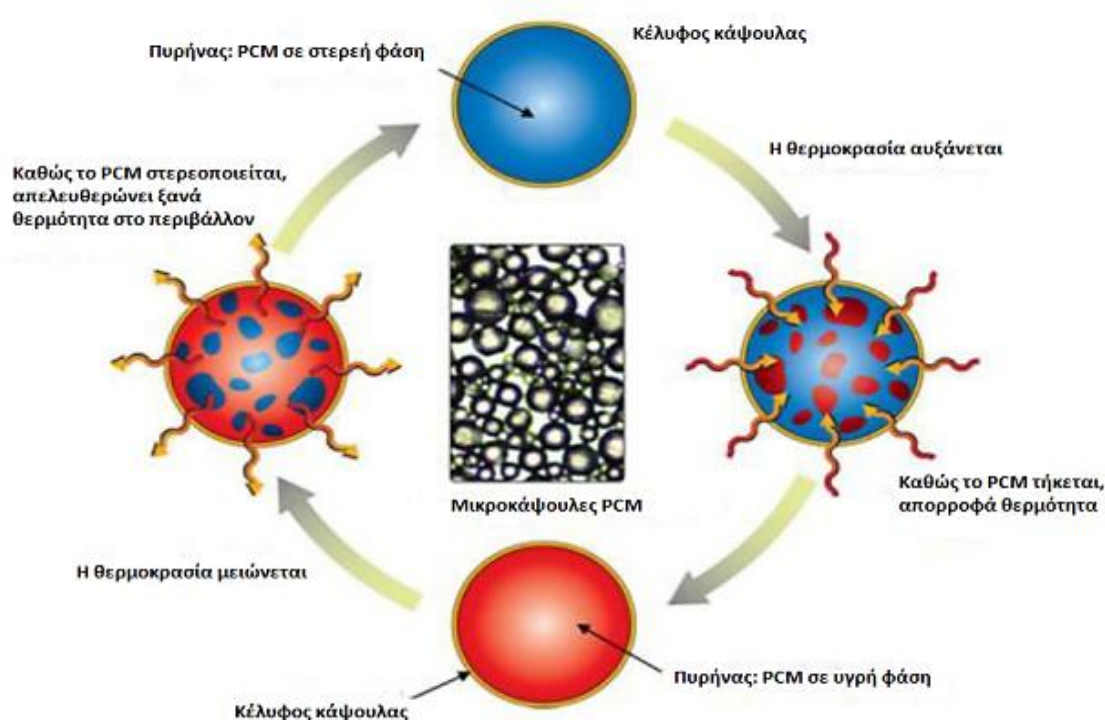


Εικόνα 28: Τύποι μικροενσωμάτωσης σε κάψουλες [39]

Ωστόσο, ένα σοβαρό μειονέκτημα της μικροενσωμάτωσης σε κάψουλες είναι η αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης του φαινομένου της υπόψυξης. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι, λόγω τεχνολογικών περιορισμών, η μικροενσωμάτωση σε κάψουλες εφαρμόζεται, σε εμπορική κλίμακα, μόνο σε ΥΑΦ που δεν είναι ευδιάλυτα στο νερό. Τέλος, όσον αφορά στα ένυδρα άλατα, η ενσωμάτωσή σε μικροκάψουλες εμφανίζει ένα επιπλέον

πρόβλημα: το υλικό του κελύφους πρέπει είναι αρκετά στεγανό για τα μικρά μόρια του νερού, προκειμένου να αποφευχθούν αλλαγές στη σύνθεση των ένυδρων αλάτων.

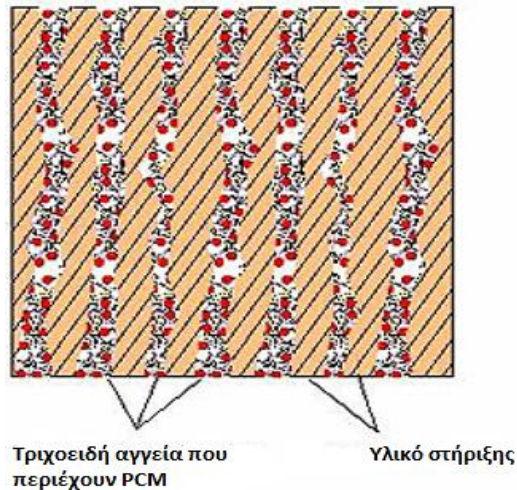
Πολλές φυσικές και χημικές μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για την παραγωγή των μικροκάψουλων. Οι φυσικές διεργασίες που χρησιμοποιούνται για την ενσωμάτωση σε μικροκάψουλες είναι η ξήρανση με ψεκασμό, διεργασίες φυγοκέντρωσης και ρευστοποιημένης κλίνης ή διεργασίες επίστρωσης, παραδείγματος χάρη σε κυλιόμενους κυλίνδρους. Οι χημικές διεργασίες που χρησιμοποιούνται είναι: ενσωμάτωση σε κάψουλες (complex coacervation) με ζελατίνη, διεπιφανειακή πολυσυμπύκνωση προκειμένου να προκύψει κέλυφος πολυαμιδίου ή πολυουρεθάνης, καθίζηση λόγω πολυσυμπύκνωσης αμινορητινών και άλλες. Οι διεργασίες αυτές μπορούν να αποφέρουν μικροκάψουλες καλύτερης ποιότητας από άποψη διάδοσης της στεγανότητας του κελύφους.



Εικόνα 29: Απεικόνιση της μικροενσωμάτωσης [39]

## 1.9.2 Σύνθετα υλικά

Ως σύνθετα υλικά χαρακτηρίζονται εκείνα που αποτελούνται από ένα Υλικό Αλλαγής Φάσης και τουλάχιστον ένα ακόμη υλικό. Το άλλο υλικό συντελεί στη βελτίωση τουλάχιστον μίας από τις ιδιότητες του ΥΑΦ. Το ΥΑΦ διανέμεται ομοιογενώς στη μήτρα του υποστηρικτικού υλικού και μαζί συνιστούν το τελικό προϊόν, το οποίο δεν αλλάζει κρυσταλλική δομή. Αυτό είναι πολύ σημαντικό επειδή με αυτόν τον τρόπο δεν προκύπτει απώλεια της αποθηκευτικής ικανότητας λανθάνουσας θερμότητας [31].



Εικόνα 30: Απεικόνιση σύνθετου υλικού [31]

Όταν το ΥΑΦ φτάνει στη θερμοκρασία τήξης του και αρχίζει να αλλάζει φάση μέσα στην ειδική δομή στήριξης, λόγω των ειδικά διασταυρωμένων συνδέσεων του υλικού στήριξης, το υγρό πλέον ΥΑΦ δεν έχει δυνατότητα διαρροής. Τα κενά αέρος που υπάρχουν μέσα στη σύνθετη δομή επιτρέπουν και τις μεταβολές όγκου. Σαν τελικό προϊόν λοιπόν προκύπτει ένα ΥΑΦ που δεν αλλάζει φάση εξωτερικά, συνεπώς ιδιαίτερα εύχρηστο. [7]

Επειδή το κύριο υλικό που χρησιμοποιείται στα σύνθετα ΥΑΦ είναι συνήθως οργανικό, είναι σημαντικό να βρεθεί τρόπος ενίσχυσης της θερμικής αγωγιμότητας, αρχικά του οργανικού ΥΑΦ, όπως λόγω χάρη οι παραφίνες, και κατ' επέκταση του τελικού σύνθετου προϊόντος.

Μέσω διαφόρων πειραμάτων που αφορούν τα σύνθετα ΥΑΦ έχουν προκύψει τα ακόλουθα συμπεράσματα.

- Τα σύνθετα ΥΑΦ με βάση τις παραφίνες είναι ευκολότερα στην παρασκευή τους και παρουσιάζουν πολύ καλές ιδιότητες με εξαίρεση τον μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ο οποίος επιδέχεται βελτιώσεων.
- Πολλά από τα σύνθετα ΥΑΦ με βάση την πολυαιθυλενογλυκόλη παρουσιάζουν το πρόβλημα της υπέρψυξης, γεγονός αποτρεπτικό για τη χρήση τους σε διάφορες εφαρμογές.

Τα σύνθετα Υλικά Αλλαγής Φάσης δεν είναι ακόμα διαθέσιμα στην αγορά καθώς εκκρεμεί ένα μεγάλο κομμάτι προς διερεύνηση σε σχέση με την αποδοτικότητα, την αποτελεσματικότητα και τη χρήση τους. [4]



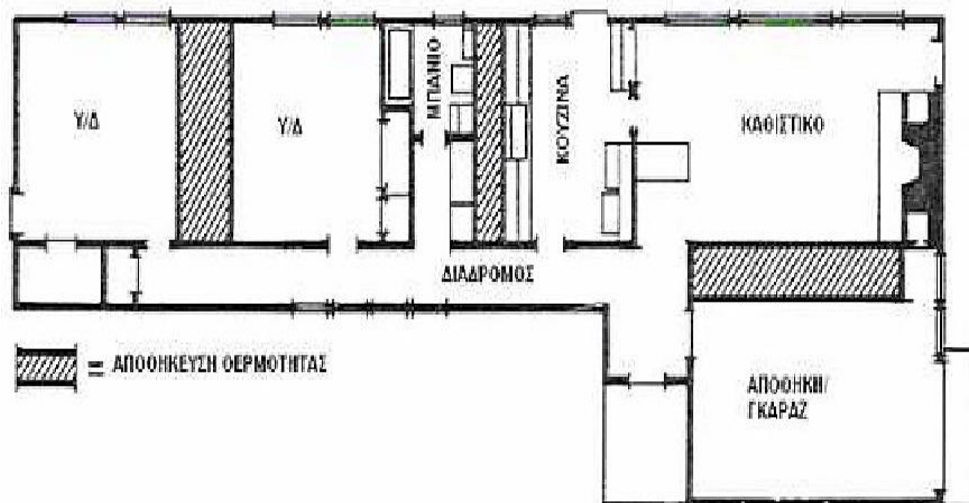
## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Εφαρμογές των Υλικών Αλλαγής Φάσης

### 2.1 Εισαγωγή

Οι εφαρμογές των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας υπό λανθάνουσα μορφή είναι αρκετά εκτεταμένες. Το βασικότερο πλεονέκτημά τους είναι η μεγάλη πυκνότητα αποθήκευσης ενέργειας, με μικρότερη θερμοκρασιακή διακύμανση κατά την ανάκτησή της. Οι πρακτικές δυσκολίες που ανακύπτουν οφείλονται στη χαμηλή τιμή του συντελεστή αγωγιμότητας, στη μεταβολή της πυκνότητας, στην αξιοπιστία και τη σταθερότητα των ιδιοτήτων σε μακροχρόνια χρήση καθώς και στο διαχωρισμό των φάσεων με ενδεχόμενη αλλαγή της χημικής σύστασης των υλικών. Η αποθήκευση θερμότητας είναι ένα πολύ σημαντικό μέσο εξοικονόμησης ενέργειας το οποίο βελτιώνει την αξιοποίηση της ήδη υπάρχουσας ενέργειας. Μικρής διάρκειας αποθήκευση είναι απαραίτητη σε όλες σχεδόν τις εφαρμογές, όπως είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα, η συντήρηση τροφίμων και ιατρικών προϊόντων, τα συστήματα ψύξης έκτακτης ανάγκης για ηλεκτρονικές συσκευές και τηλεπικοινωνίες, τα δοχεία αποθήκευσης και μεταφοράς προϊόντων, τα οχήματα, ακόμη και τα μαγειρικά σκεύη.

### 2.2 Ιστορική αναδρομή εφαρμογών Υλικών Αλλαγής Φάσης

Η Δρ. Maria Telkes ήταν η πρώτη που ασχολήθηκε με την εφαρμογή των Υλικών Αλλαγής Φάσης σε κτίρια. Το 1948 κατασκευάστηκε το πρώτο μεγάλης κλίμακας πείραμά της στην περιοχή Dover Mass, στη Βοστώνη των ΗΠΑ. Η επιλογή της περιοχής από την Telkes έγινε βάσει των ετήσιων επιπέδων ηλιοφάνειας, που για την περιοχή ήταν πάνω από τις μέσες τιμές, εξασφαλίζοντας έτσι τη μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση του ηλιακού συστήματος. Το εν λόγω κτίσμα διέθετε έναν όροφο πέντε δωματίων εκ των οποίων τα δύο ήταν υπονοδωμάτια, επιφάνειας 135 m<sup>2</sup>. Η ηλιακή ακτινοβολία παρείχε θερμότητα μέσω 28 ηλιακών συλλεκτών, η οποία στη συνέχεια οδηγείτο μέσω ανεμιστήρων σε τρία δοχεία αποθήκευσης θερμότητας. [9,14]



Εικόνα 31: Κάτοψη πρώτου σπιτιού με ΥΑΦ από τη Δρ. Maria Telkes [9]

Τα δοχεία χρησιμοποιούσαν ως ΥΑΦ το άλας του Glauber. Συνολικά περιλαμβάνονταν 21 τόνοι ΥΑΦ, συνολικής αποθηκευτικής ικανότητας 11 MJ και σημείου τήξης 32 °C. Με βάση τα οικονομικά δεδομένα της εποχής θεωρείται μία ακριβή κατασκευή, αφού κόστισε 20.000 \$, από τις οποίες οι 3.000 \$ αφορούσαν στο θερμαντικό σύστημα (συνολικό ποσοστό κόστους 15%).

Τα δύο πρώτα έτη λειτουργίας του, το σύστημα θέρμανσης αποδείχθηκε ιδιαίτερα αποτελεσματικό, ακόμα και σε περιόδους με επτά συνεχόμενες ημέρες συννεφιάς. Λειτουργήσε με επιτυχία παρέχοντας ένα άνετο περιβάλλον περίπου 21°C, χωρίς να χρειαστεί οποιοδήποτε βοηθητικό σύστημα θέρμανσης. Τον τρίτο χρόνο όμως, το σύστημα άρχισε να εμφανίζει σοβαρά προβλήματα, καθώς το άλας του Glauber είχε διαχωριστεί σε διάλυμα και άνυδρο άλας (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), χάνοντας έτσι την αποθηκευτική του ιδιότητα. Παρατηρήθηκε επίσης ότι τα δοχεία αποθήκευσης άρχισαν να διαβρώνονται, με αποτέλεσμα να αυξάνονται δραματικά οι απώλειες του συστήματος. [9]

Το 1953 ο Lawrence Gardshire κατασκεύασε ένα ηλιακό σπίτι με ΥΑΦ στη περιοχή του New Mexico. Το κτίριο ήταν διώροφο και κάθε όροφος είχε επιφάνεια 102 m<sup>2</sup>. Ο Gardshire, όπως και η Telkes, χρησιμοποίησε δοχεία αποθήκευσης με ΥΑΦ, χωρητικότητας 1.9 m<sup>3</sup>. Αντί όμως να τα εγκαταστήσει ανάμεσα στα δωμάτια, τα εγκατέστησε στη στέγη, δίπλα στους ηλιακούς συλλέκτες. Η καινοτομία ήταν ότι πρόσθεσε διφθορικό νάτριο στο άλας του Glauber, σαν πηκτικό παράγοντα, έτσι ώστε να υποβοηθείται η στερεοποίηση του αλάτος και να αποφεύγεται κατά το δυνατόν ο διαχωρισμός του. Δυστυχώς, και αυτή η κατασκευή αντιμετώπισε τα ίδια προβλήματα με την κατασκευή της Telkes, αν και πιο καθυστερημένα, λόγω αύξησης της διάρκειας ζωής του ΥΑΦ έπειτα από την προσθήκη του πηκτικού παράγοντα. [9,11]

Η επόμενη προσπάθεια κατασκευής ένα ηλιακού σπιτιού με ΥΑΦ έγινε το 1959 στον Καναδά από τους J.Hodgins και T.Hoffman. Το κτίριο ήταν δύο ορόφων, επιφάνειας 111m<sup>2</sup>. Η M.Telkes, λόγω της προηγούμενης εμπειρίας της, ανέλαβε τον σχεδιασμό της αποθήκευσης ενέργειας. Και σε αυτή την περίπτωση, η Telkes επέλεξε ως Υλικό Αλλαγής Φάσης το άλας του Glauber (ένυδρο άλας, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ·10H<sub>2</sub>O, σημείο τήξης στους 32°C). [9,14]

Προκειμένου να ξεπεραστούν τα προαναφερθέντα προβλήματα, το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας εκτός από τους 12 τόνους ΥΑΦ που περιελάμβανε, εμπλουτίστηκε με πυριτικό άλας νατρίου και χρώμιο, ουσία που εμποδίζει τη διάβρωση. Το ΥΑΦ τοποθετήθηκε σε κυλινδρικά δοχεία χάλυβα, διαμέτρου 0.1 m και ύψους 0.6 m, τα οποία στηρίχθηκαν κάθετα στους τοίχους. Παρά τα ικανοποιητικά αποτελέσματα, οι προσπάθειες δεν συνεχίστηκαν από αυτή την ομάδα επιστημόνων. [9,11]





Εικόνα 32: Το σπίτι που σχεδίασε η Telkes για τους Hodgins και Hoffman [11]

### 2.3 Διεθνής Ερευνητική Δραστηριότητα σχετικά με τα ΥΑΦ

Η αναγνώριση από το πανεπιστήμιο της Πενσυλβάνια της ανάγκης για ένα δομημένο πρόγραμμα έρευνας στον τομέα της θερμικής αποθήκευσης με χρήση Υλικών Αλλαγής Φάσης, οδήγησε το 1971 στην ανάπτυξη του πρώτου ερευνητικού προγράμματος, από μια ομάδα τριών κορυφαίων επιστημόνων στον τομέα της λανθάνουσας θερμότητας, με χρηματοδότηση από το National Science Foundation των ΗΠΑ. Στόχος της έρευνάς τους ήταν η εύρεση ενός αριθμού κατάλληλων οργανικών και ανόργανων ΥΑΦ για εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης, σε συνδυασμό με λεπτομερή ανάλυση του κόστους τους, οικονομική ανάλυση και ανάλυση της ικανότητάς τους για αποθήκευση ενέργειας. Η μελέτη αφορούσε στα ακόλουθα υλικά: ένυδρα άλατα, οργανικά εύτηκτα, ένυδρους κλειθρίτες και οργανικά-ανόργανα εύτηκτα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το  $K_2HPO_4 \cdot 6H_2O$  (ανόργανο ΥΑΦ) και ορισμένα κεριά παραφίνης (οργανικά ΥΑΦ) ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε εφαρμογές κλιματισμού. Τα δύο πιο υποσχόμενα ΥΑΦ για χρήση σε θέρμανση χώρων ήταν τα  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  και  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  (ανόργανα ΥΑΦ). [40]

Το 1973 αποτέλεσε χρονιά ορόσημο για την ανάπτυξη της τεχνολογίας των ΥΑΦ, εξαιτίας του Αραβοϊσραηλινού πολέμου και του επακόλουθου αραβικού πετρελαϊκού εμπάργκο που κατέστησε σαφές ότι η μελλοντική παροχή καυσίμου θα μπορούσε εύκολα να διαταραχθεί λόγω πολιτικών γεγονότων και εξάντλησης μιας σημαντικής πηγής ενέργειας. Το γεγονός αυτό ώθησε πολλές κυβερνητικές οργανώσεις στην έρευνα εναλλακτικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με έμφαση στον τομέα της ηλιακής ενέργειας, στην ανάκτηση απωλειών θερμότητας και στην αποθήκευση θερμότητας. Με σημαντική δαπάνη χρηματοδότησης πραγματοποιήθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο, στις ΗΠΑ,

τη Γερμανία και τη Γαλλία έρευνα επικεντρωμένη στην ηλιακή ενέργεια, λόγω της έλλειψης προόδου στον τομέα ως σύνολο.

### 2.3.1 Ερευνητική Δραστηριότητα στις ΗΠΑ

Ως αποτέλεσμα της αυξανόμενης ανάγκης για έρευνα σχετικά με τα συστήματα θερμικής αποθήκευσης, οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής πρωτοστάτησαν στο πρώτο μεγάλης κλίμακας ερευνητικό πρόγραμμα που χρηματοδοτήθηκε από τη National Science Federation. Η Dow Chemical, ηγέτης στον τομέα των ΥΑΦ εκείνη την περίοδο, βραβεύτηκε για την έρευνά της που αποτελείτο από περίπου 20.000 δοκιμές υποψήφιων ΥΑΦ. Λόγω του μεγέθους του ερευνητικού έργου, συμμετείχαν στη διαδικασία και επιστήμονες από τον Καναδά, ως σύμβουλοι. Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκαν τα ευρήματα του Πανεπιστημίου της Πενσυλβάνια ώστε να δημιουργήσει μια βάση δεδομένων όλων των προηγούμενων πηγών λανθάνουσας θερμότητας ΥΑΦ. Από τα αρχικά 20.000 ΥΑΦ που δοκιμάστηκαν, μόνο το 1% επιλέχθηκε για περαιτέρω έρευνα. Τα υλικά που επιλέχθηκαν ήταν μια σειρά ένυδρων αλάτων ομοιόμορφης τήξης και κάποια κοινά οργανικά υλικά. [40]

Κατά τη διάρκεια των ερευνητικών δραστηριοτήτων της Dow Chemical, η Δρ Maria Telkes (του Πανεπιστήμιο Delaware) συνέχισε την έρευνα για τους τρόπους βελτίωσης της μακροβιότητας του άλατος του Glauber. Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση διαφόρων πηκτικών μέσων για την πάχυνση του άλατος Glauber αύξησαν σημαντικά τη διάρκεια ζωής των υλικών, αν και η μείωση της ικανότητας αποθήκευσης θερμότητας εξακολουθούσε να υπάρχει μετά από περίπου 1.000 κύκλους ψύξης - απόψυξης. Περαιτέρω έρευνα πραγματοποιήθηκε από τον Δρ S.B Marks του Πανεπιστημίου του Delaware ο οποίος πειραματίστηκε με ανάμειξη του άλατος Glauber με ένα είδος πηλού, ως πηκτικό μέσο, γεγονός που τελικά οδήγησε σε αυξημένους κύκλους θερμικής αποθήκευσης, με μειωμένη όμως αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας. Ο Δρ S.B. Marks συνέχισε την έρευνά του χρησιμοποιώντας μια σειρά από άλλες μορφές πηκτικών μέσων, όπως ένα πολυμερές πολυκαρβοξυλικό οξύ το οποίο αύξησε την μακροβιότητα της ικανότητας αποθήκευσης θερμότητας.

Ο Δρ P. G. Rueffel ασχολήθηκε με τη χρήση του άλατος του Glauber ως ΥΑΦ και πραγματοποίησε μια σειρά δοκιμών χρησιμοποιώντας μήτρα τύρφης για την απορρόφηση του ΥΑΦ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η τύρφη σχηματίζει ένα ινώδες δίκτυο που απορροφά το ΥΑΦ και δημιουργεί ένα ιδανικό πηκτικό μέσο, με αποτέλεσμα τη μακροβιότητα της θερμικής αποθήκευσης. Εναλλακτικές λύσεις έχουν ερευνηθεί στις ΗΠΑ από την Boardman Energy Systems, όπου δημιουργήθηκε νέο ΥΑΦ από μίγμα άλατος Glauber και κοινού τσιμέντου Portland. Για πάνω από 2.000 κύκλους δεν εμφανίστηκε καμιά μείωση της θερμικής αποθήκευσης, γεγονός που καθιστά το σύστημα αυτό ασφαλές και χημικά σταθερό και παρέχει μεγάλες δυνατότητες ως σύστημα θερμικής αποθήκευσης με ΥΑΦ για κτιριακές εφαρμογές.

Κατά τη διάρκεια της αρχικής μελέτης της Dow Chemical για τον προσδιορισμό πιθανών ΥΑΦ, το κερί παραφίνης, μια σχετικά φθηνή οργανική ουσία, βρέθηκε να είναι ένα πιθανό υλικό αποθήκευσης θερμότητας για την οικοδομική βιομηχανία. Ο Δρ John Bailey και οι συνεργάτες του αποφάσισαν να το ερευνήσουν περαιτέρω, εστιάζοντας σε

θερμοσυσσωρευτές αλουμινίου κυψελωτού πλέγματος με ενσωματωμένη παραφίνη σημείου τήξης 36°C. Το 1974, περαιτέρω μελέτη πραγματοποιήθηκε και από τον Δρ Τ. R. Galloway. Η εν λόγω μελέτη βασίστηκε στη χρησιμοποίηση κεριού παραφίνης ως ΥΑΦ σε τρεις διαφορετικές εφαρμογές θέρμανσης: δεξαμενή ΥΑΦ με πλαστικό πηνίο ανταλλαγής θερμότητας, χαλύβδινα δοχεία γεμάτα με ΥΑΦ, περιβαλλόμενα από νερό μέσα σε μια δεξαμενή και μεγάλοι δίσκοι με κεριό ενσωματωμένοι σε κάψουλες περιβαλλόμενες επίσης από νερό σε μια δεξαμενή. Τα ερευνητικά ιδρύματα των ΗΠΑ έχουν κυρίως επικεντρωθεί στα οργανικά ΥΑΦ, με την έρευνα για τα ανόργανα να είναι πιο διερευνημένη στην Ευρώπη. [40]

### 2.3.2 Ερευνητική Δραστηριότητα στην Ευρώπη

#### Γερμανία (Δυτική)

Επιστήμονες στη Γερμανία, ερευνώντας την τεχνολογία θερμικής αποθήκευσης με ΥΑΦ, παρείχαν λεπτομερείς πίνακες των ΥΑΦ με φυσικές και θερμικές ιδιότητες υλικών για κατασκευές και μονώσεις. Η κύρια έρευνα επικεντρώθηκε γύρω από τα ένυδρα άλατα, παραφίνες και κλειθρίτες, για εφαρμογές κάτω των 100°C. Ερευνητικές ομάδες στο Πανεπιστήμιο της Στουτγάρδης πραγματοποιήθηκαν σημαντικές έρευνες διαφόρων οργανικών και υποψηφίων ένυδρων αλάτων σε δοχεία σωλήνων με πτερύγια που περιέχουν εναλλάκτες θερμότητας, σε συνδυασμό με σωλήνες θερμότητας. Επιπλέον, μια ιδιωτική εταιρεία στη Δυτική Γερμανία, διεξήγαγε έρευνα για να εξετάσει τις διαφορετικές επιδόσεις διαφόρων ΥΑΦ στο BBC Solar House, το οποίο θερμαίνεται με αντλία θερμότητας, χρησιμοποιώντας αρχικά νερό ως μέσο αποθήκευσης. Έπειτα οι ερευνητές αποφάσισαν να αλλάξουν το μέσο αποθήκευσης με πάγο και στη συνέχεια με παραφίνη (σημείο τήξης 18 έως 25°C) απ' όπου προέκυψε ότι η παραφίνη ήταν πιο αποτελεσματική, καθώς αύξησε το COP της αντλίας θερμότητας από 2,6 σε 3,3, ενώ παράλληλα απαιτούσε το μισό όγκο νερού, προσφέροντας έτσι μεγαλύτερη οικονομική αποδοτικότητα. [40]

#### Σουηδία

Στη Σουηδία παρατηρήθηκε σημαντική πρόοδος της τεχνολογίας αποθήκευσης με ΥΑΦ στην Energiteknik Studsvik AB, με επικεφαλής τον Prof. H. Hedman. Η έρευνα επικεντρώθηκε γύρω από εφαρμογές ένυδρων αλάτων, χρησιμοποιώντας αέρα ως ρευστό μέσο μεταφοράς θερμότητας. Τα συστήματα ενσωματωμένων ΥΑΦ σε μεταλλικές κάψουλες αποδείχθηκαν πιο αποτελεσματικά από τις δεξαμενές νερού και τα πετρώματα που χρησιμοποιούνται σήμερα για παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης σε κατοικίες στη Δανία. Ένα κοινό έργο κατασκευής τριών διαφορετικών συστημάτων θέρμανσης, το οποίο περιελάμβανε τρεις μεγάλες σουηδικές κατασκευές, πραγματοποιήθηκε για τη διερεύνηση της δυνατότητας ενσωμάτωσης ΥΑΦ εντός του κτιρίου. Το πρώτο σύστημα θέρμανσης ήταν ουσιαστικά ένα τυπικό περιφερειακό σύστημα θέρμανσης ζεστού νερού. Το δεύτερο, το οποίο χρησιμοποιούσε εξαναγκασμένη θέρμανση ζεστού αέρα και ισχύ εκτός αιχμής,

μετατράπηκε ώστε να χρησιμοποιήσει ΥΑΦ ενσωματωμένο σε κάψουλες εντός σφραγισμένων γραμμικών σωλήνων πολυαιθυλενίου. Το τρίτο σύστημα ήταν παρόμοιο με το δεύτερο, χρησιμοποιούσε όμως ηλιακούς συλλέκτες ως κύρια πηγή θερμότητας. [40]

## Γαλλία

Για πολλά χρόνια η Γαλλία διεξήγαγε επίσης έρευνα σχετική με την τεχνολογία θερμικής αποθήκευσης με χρήση ΥΑΦ και, μέσω της έρευνας στο CNRS στη Νίκαια, κατασκεύασε πολλά κτίρια στα οποία χρησιμοποιήθηκε η εν λόγω τεχνολογία. Το CNRS ανέπτυξε επίσης έρευνα χρησιμοποιώντας ως ΥΑΦ το κερί παραφίνης και προέβη σε δοκιμές συστημάτων που ενσωματώνουν μείγματα μετάλλων ώστε να αυξήσουν τα χαρακτηριστικά μεταφοράς θερμότητας. Τέλος, επιστήμονες από το Center Scientific et Technique du Batiment στο Παρίσι πατεντάρισαν συσκευές που έφεραν ΥΑΦ με σημεία τήξης από 15 έως 40°C για χρήση σε εφαρμογές κλιματισμού του αέρα. [40]

## Ηνωμένο Βασίλειο

Εκτός από τη Γαλλία, και το Ηνωμένο Βασίλειο με το βρετανικό Κέντρο Ερευνών Garston Watford πραγματοποιεί εδώ και πολλά χρόνια έρευνα για το θέμα της τεχνολογίας θερμικής αποθήκευσης με ΥΑΦ. Η ομάδα μελέτης θερμικής αποθήκευσης αποτελείται από τους Bromley, McKay και Wilkins, οι οποίοι έχουν διεξάγει έρευνα σε εφαρμογές θέρμανσης με αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας και ιδιαίτερα με αποθήκευση σε πάγο. Επίσης, μια μικρή ομάδα επιστημόνων στο Πανεπιστήμιο του Salford πραγματοποίησε έρευνα για το ενυδατωμένο φωσφορικό νάτριο και εξαένυδρο χλωριούχο ασβέστιο, σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Cardiff στην Ουαλία, το οποίο χρησιμοποίησε παραφίνη ως μέσο αποθήκευσης. [40]

### 2.3.3 Ερευνητική Δραστηριότητα στην Ασία

#### Ιαπωνία

Η Ιαπωνία, μαζί με τις ΗΠΑ κατέχει ηγετικό ρόλο στην τεχνολογία θερμικής αποθήκευσης με Υλικά Αλλαγής Φάσης, έχοντας πολλές ερευνητικές ομάδες οι οποίες επί πολλά χρόνια υποστηρίζονταν κυβερνητικά. Τα υλικά που κρίθηκαν ως τα πλέον επιτυχημένα κατά τη διάρκεια της έρευνας από την Mitsubishi Electronic Corporation και την Tokyo Electric Power Co είναι τα ένυδρα νιτρικά άλατα, τα φωσφορικά άλατα, τα φθοριούχα άλατα και το χλωριούχο ασβέστιο. Η έρευνα, μέχρι τη δεκαετία του 1970, επικεντρωνόταν στα συστήματα θέρμανσης με αποθήκευση θερμότητας μέσω ΥΑΦ, αν και πιο πρόσφατες έρευνες επικεντρώνονται σε εφαρμογές ψύξης. Στις αρχές της δεκαετίας του 1980 αρκετές νέες οργανώσεις, συμπεριλαμβανομένης της Nippon Pillar Packing Co, πατεντάρισαν ως ΥΑΦ ένα εξαένυδρο βρωμιούχο ασβέστιο μαζί με μόρια σχηματισμού πυρήνων. Άλλες, όπως η Kureha Chemical Industry, κινήθηκαν στην έρευνα του άλατος Glauber ως ΥΑΦ για εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης, χρησιμοποιώντας γύψο και άλλα ελαφρού τύπου αδρανή υλικά για τη σταθεροποίησή του. Σημαντική έρευνα και ανάπτυξη

πραγματοποιήθηκε επίσης σε μια σειρά από εύτηκτα νιτρικά άλατα για εφαρμογές σε θερμοκρασίες δωματίου. Οι Yoneda και Takamashi ανέπτυξαν μια σειρά από μοντέλα χρησιμοποιώντας έναν απλό εναλλάκτη θερμότητας για την παρακολούθηση του συστήματος ΥΑΦ και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το σύστημα ήταν πολύ αποτελεσματικό, αν και συνδεδεμένο με ηλιακό συλλέκτη εμφάνισε σημαντική μείωση της αποτελεσματικότητάς του. [40]

## 2.4 Κτιριακές εφαρμογές ΥΑΦ

Οι σημαντικότερες κτιριακές εφαρμογές των Υλικών Αλλαγής Φάσης συνοψίζονται παρακάτω:

### Παθητικά συστήματα κτιρίων

- Τοίχος Trombe
- Ηλιακός Τοίχος
- Γυψοσανίδα με ενσωματωμένο ΥΑΦ
- Ενεργειακά Αποδοτικά Παράθυρα
- Συστήματα Ενδοδαπέδιας Θέρμανσης

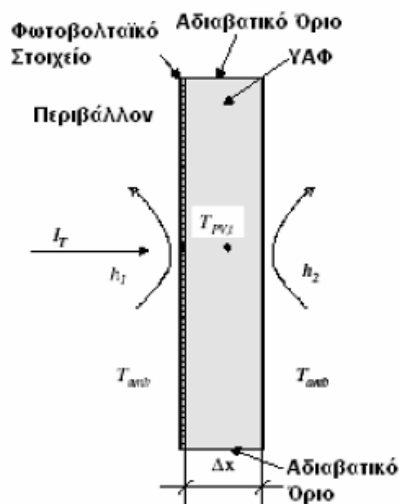
### Ενεργητικά συστήματα κτιρίων

- Ενεργητικό Πάνελ οροφής
- Οροφές για ενεργητική θέρμανση και ψύξη
- Συστήματα Ενδοδαπέδιας Θέρμανσης
- Συστήματα Free cooling
- Συνδυασμένο σύστημα θέρμανσης – ψύξης με χρήση ΥΑΦ
- Ηλιακά συστήματα θέρμανσης αέρα με χρήση ΥΑΦ
- Ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού με χρήση ΥΑΦ

## 2.5 Λοιπές εφαρμογές ΥΑΦ

### 2.5.1 Εφαρμογές σε συστήματα φωτοβολταϊκών

Έχει παρατηρηθεί ότι, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών σε κτίρια όπου γίνεται χρήση φωτοβολταϊκών, η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική παρουσιάζει σημαντικές απώλειες. Κάθε φωτοβολταϊκό στοιχείο έχει σχεδιαστεί για να εργάζεται υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Μια χαρακτηριστική τιμή θερμοκρασίας λειτουργίας είναι οι 25°C. Όταν η θερμοκρασία στην επιφάνεια του στοιχείου ξεπεράσει την τιμή αυτή, η απόδοση της μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική μειώνεται κατά 0.5%. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, κρίθηκε απαραίτητη η εισαγωγή ΥΑΦ σε φωτοβολταϊκά στοιχεία, όπως απεικονίζεται και στην εικόνα 33. Το ΥΑΦ, τοποθετημένο σε αδιαβατικό πλαίσιο, απορροφά την περίσσεια θερμότητα, διατηρώντας έτσι το φωτοβολταϊκό στοιχείο σε σταθερή θερμοκρασία και εξασφαλίζοντας την αποδοτική λειτουργία του. [41,42]



Εικόνα 33: Ενισχυμένο φωτοβολταϊκό στοιχείο [42]

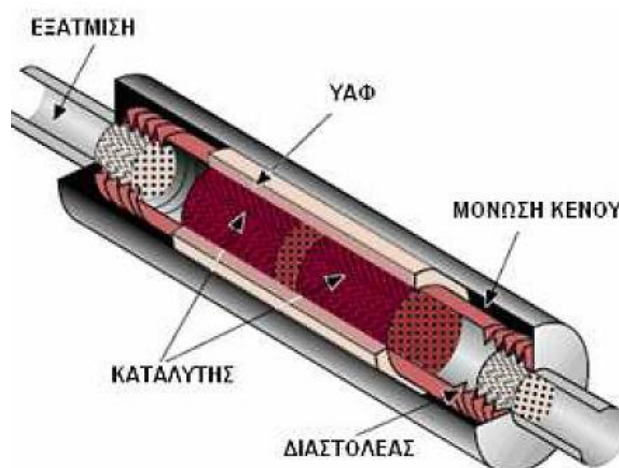
## 2.5.2 Εφαρμογές ΥΑΦ σε οχήματα

Όπως είναι φανερό, τα ΥΑΦ έχουν αξιοσημείωτες δυνατότητες βελτίωσης της θερμικής συμπεριφοράς διαφόρων συστημάτων, όπως για παράδειγμα των οχημάτων. Πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία προκύπτουν από τον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανία, για λογαριασμό του οποίου έχουν δοκιμαστεί ΥΑΦ σε πληθώρα εφαρμογών. Δύο από τα πλέον ενδιαφέροντα και επιτυχημένα παραδείγματα περιγράφονται αναλυτικότερα στη συνέχεια.

Τα ΥΑΦ χρησιμοποιούνται ήδη σήμερα σε μία μπαταρία λανθάνουσας θερμότητας την οποία προσφέρει η BMW σαν προαιρετικό εξοπλισμό στα μοντέλα της σειράς 4. Η αρχή λειτουργίας της είναι αρκετά απλή. Το υλικό αποθήκευσης ενέργειας είναι συνδεδεμένο με τη ψυκτική μονάδα του αυτοκινήτου και αποθηκεύει την πλεονάζουσα θερμότητα όταν ο κινητήρας λειτουργεί στα θερμοκρασιακά όρια σχεδίασης. Αυτή η θερμότητα βοηθά τόσο στη γρηγορότερη θέρμανση του κινητήρα, βελτιώνοντας έτσι τον συνολικό συντελεστή κατανάλωσης καυσίμου (km/lt καυσίμου), όσο και στη θέρμανση της καμπίνας του οχήματος, συμβάλλοντας στην οδηγική θερμική άνεση. Χάρη στην εξαιρετική μόνωση της μπαταρίας λανθάνουσας θερμότητας, μπορεί η αποθηκευμένη θερμική ενέργεια μπορεί να διατηρηθεί για τουλάχιστον δύο εικοσιτετράωρα, με το όχημα ακινητοποιημένο σε περιβάλλον  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Μία ακόμη εφαρμογή των Υλικών Αλλαγής Φάσης στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας αφορά στο σύστημα εξαγωγής του οχήματος. Με χρήση ΥΑΦ ο καταλύτης διατηρείται στη θερμοκρασία σχεδιασμού, ελαττώνοντας έτσι τις αναγκαστικά αυξημένες εκπομπές άκαυστων υδρογονανθράκων κατά την ψυχρή εκκίνηση του κινητήρα [43]. Ο καταλύτης (καταλυτικός μετατροπέας), που αποτελεί πλέον αναντικατάστατο εξάρτημα όλων των σύγχρονων αυτοκινήτων, μετατρέπει, μέσω οξειδωσης στα ευγενή μέταλλα που περιέχει, όπως το ρόδιο, το παλλάδιο και ο λευκόχρυσος, τα μονοξειδία αζώτου και άνθρακα από την καύση του καυσίμου στον κύλινδρο σε λιγότερο βλαβερά και μη δηλητηριώδη διοξειδία. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει η θερμοκρασία του

καταλύτη να είναι πολύ υψηλή καθώς η υψηλή θερμοκρασία αποτελεί παράγοντα απαραίτητο για την εν λόγω χημική διαδικασία. Η απαιτούμενη θερμοκρασία δεν αναπτύσσεται άμεσα κατά την εκκίνηση του αυτοκινήτου, αλλά έπειτα από λίγα λεπτά. Έχει παρατηρηθεί ότι κατά την περίοδο της «ψυχρής εκκίνησης» εκλύεται το 60 με 80% των τοξικών καυσαερίων. [44]



Εικόνα 34: ΥΑΦ σε καταλύτη αυτοκινήτου [44]

Για την αντιμετώπιση του εν λόγω προβλήματος σχεδιάστηκε ένας τριοδικός καταλύτης ενισχυμένος με ΥΑΦ, με σκοπό να αποθηκεύεται θερμότητα κατά την κίνηση του αυτοκινήτου και να απελευθερώνεται στην επόμενη εκκίνησή του. Σε οχήματα που εφαρμόστηκε το συγκεκριμένο σύστημα, τα αποτελέσματα ήταν εντυπωσιακά. Οι κινητήρες τέθηκαν σε λειτουργία 24 ώρες μετά από την προηγούμενη εκκίνησή τους και μετρήθηκαν οι εκπομπές των καυσαερίων τους. Διαπιστώθηκε ότι οι εκπομπές υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα ήταν μειωμένες κατά 84% και 91% αντίστοιχα, συγκρινόμενες με τις εκπομπές κινητήρων με συμβατικό καταλύτη. [44]

### 2.5.3 Ηλεκτρονικές εφαρμογές

Η χρήση των ΥΑΦ στα ηλεκτρονικά εξαρτήματα έχει δύο διαφορετικούς σκοπούς. Ο πρώτος αφορά κυρίως στην αντιμετώπιση της υπερθέρμανσης όλων των σύνθετων ηλεκτρικών συσκευών. Ο δεύτερος σκοπός είναι η χρήση των ΥΑΦ για τη δημιουργία πρωτοποριακών ηλεκτρονικών μνημών.

#### Χρήση ΥΑΦ σε φορητές ηλεκτρικές συσκευές [45,46]

Οι φορητές ηλεκτρικές συσκευές, όπως οι φορητοί υπολογιστές, τα κινητά τηλέφωνα, οι προσωπικοί ψηφιακοί κατάλογοι (PDAs), τα mini laptops και άλλες, έχουν γίνει πολύ δημοφιλείς. Τείνουν να γίνουν όλο και μικρότερες σε μέγεθος και συνεχώς

εξοπλίζονται με πιο σύνθετα εξαρτήματα και χαρακτηριστικά, ενώ μειώνεται η επιφάνεια μεταφοράς και απαγωγής θερμότητας.

Ο θερμικός έλεγχος των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων βασίζεται στο σωστό συνδυασμό των υλικών και των μεθόδων μεταφοράς θερμότητας έτσι ώστε να σταθεροποιηθεί η θερμοκρασία των εξαρτημάτων σε ένα αποδεκτό επίπεδο. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η ανάγκη για αποτελεσματική ψύξη που απαιτείται στους φορητούς υπολογιστές προκειμένου να απαχθεί η θερμότητα από αυτούς κατά την επαφή τους με το δέρμα του χρήστη. Η εξαναγκασμένη συναγωγή, μέσω ανεμιστήρων, μπορεί να ενισχύσει το ρυθμό μεταφοράς θερμότητας μεταξύ του θερμαινόμενου ηλεκτρονικού εξαρτήματος και του εξωτερικού αέρα. Αυτή η τεχνική όμως δεν είναι κατάλληλη για καινούρια εξαρτήματα, κυρίως λόγω του κόστους, του μεγέθους, της κατανάλωσης ενέργειας, της αξιοπιστίας, του βάρους, του θορύβου και της αισθητικής τους.

Μία εναλλακτική μέθοδος ψύξης, η οποία είναι ιδιαίτερα απλή, είναι η χρήση ενός οργανικού Υλικού Αλλαγής Φάσης το οποίο πραγματοποιεί αλλαγή φάσης από στερεό σε υγρό και αντίστροφα. Η θερμότητα που απάγεται από τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα μπορεί να αποθηκευτεί αποτελεσματικά σε μία ψύκτρα ΥΑΦ, ενώ αυτό αλλάζει φάση από στερεό σε υγρό. Η ψύκτρα ΥΑΦ μπορεί να παραχθεί με απλή σύνθεση ενός ΥΑΦ ενσωματωμένου σε μικροκάψουλες μέσα σε λεπτό μέταλλο. Το τηγμένο ΥΑΦ μπορεί να επαναστερεοποιηθεί απάγοντας θερμότητα στον περιβάλλοντα χώρο όταν η ηλεκτρονική συσκευή είναι ανενεργή. Εφόσον η αλλαγή φάσης πραγματοποιείται σε ομοιόμορφη θερμοκρασία, τη θερμοκρασία τήξης του ΥΑΦ, η θερμοκρασία της συσκευής μπορεί να διατηρηθεί σταθερή μέχρι την ολοκλήρωση της τήξης του ΥΑΦ. Η διαδικασία ψύξης με χρήση ΥΑΦ, μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις φάσεις:

- 1<sup>η</sup> φάση: απορρόφηση θερμότητας από την ηλεκτρονική συσκευή, ώστε να αυξηθεί σταδιακά η θερμοκρασία του στερεού ΥΑΦ έως το σημείο τήξης του.
- 2<sup>η</sup> φάση: τήξη του ΥΑΦ υπό σταθερή θερμοκρασία. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης απορροφάται θερμότητα χωρίς να επέρχεται καμία μεταβολή στη θερμοκρασία, ενώ μπορεί να υπάρξει μικρή μεταβολή όγκου κατά τη διάρκεια της μεταβολής από τη στερεή στην υγρή φάση.
- 3<sup>η</sup> φάση: ολοκλήρωση της τήξης του ΥΑΦ. Κατά συνέπεια, η θερμοκρασία του τηγμένου ΥΑΦ θα αυξηθεί αν συνεχιστεί η παροχή θερμότητας. Μέσω του ΥΑΦ, η θερμότητα μπορεί να απαχθεί από τα θερμά μέρη και να χρησιμοποιηθεί για την τήξη του υλικού. [45,46]

Από διάφορες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε κινητά τηλέφωνα, έχει προκύψει ότι η ενσωμάτωση ενός τέτοιου συστήματος με ΥΑΦ μπορεί να σταθεροποιήσει τη θερμοκρασία του κινητού τηλεφώνου για μεγαλύτερη περίοδο και να παρατείνει τη διάρκεια ζωής του. Χωρίς το ΥΑΦ, η θερμοκρασία του κινητού τηλεφώνου μπορεί να ξεπεράσει τους 45°C, γεγονός που θα μπορούσε να προκαλέσει δυσφορία στο χρήστη. Ένα υψηλότερο επίπεδο ισχύος μειώνει το χρόνο τήξης του ΥΑΦ και οδηγεί σε υψηλότερο μέγιστο της θερμοκρασίας της συσκευής. Αυτός ο παράγοντας είναι σημαντικός καθώς το επίπεδο ισχύος για τα μελλοντικά κινητά τηλέφωνα αναμένεται να αυξηθεί με τις πρόσθετες λειτουργίες. Με αφορμή τα παραπάνω, εκτός από την καινοτομία με το ΥΑΦ, προτάθηκε



επίσης να προστεθούν εσωτερικά πτερύγια στην ψύκτρα, αφού διαπιστώθηκε ότι βοηθούν στη μείωση της μέγιστης θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στις συσκευές. Τα ευρήματα των ερευνών έδειξαν ότι η επαναστερεοποίηση του ΥΑΦ παραμένει προβληματική και χρήζει περαιτέρω έρευνας, αφού ο απαιτούμενος χρόνος επαναστερεοποίησης είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο χρόνο τήξης. [45,46,47]

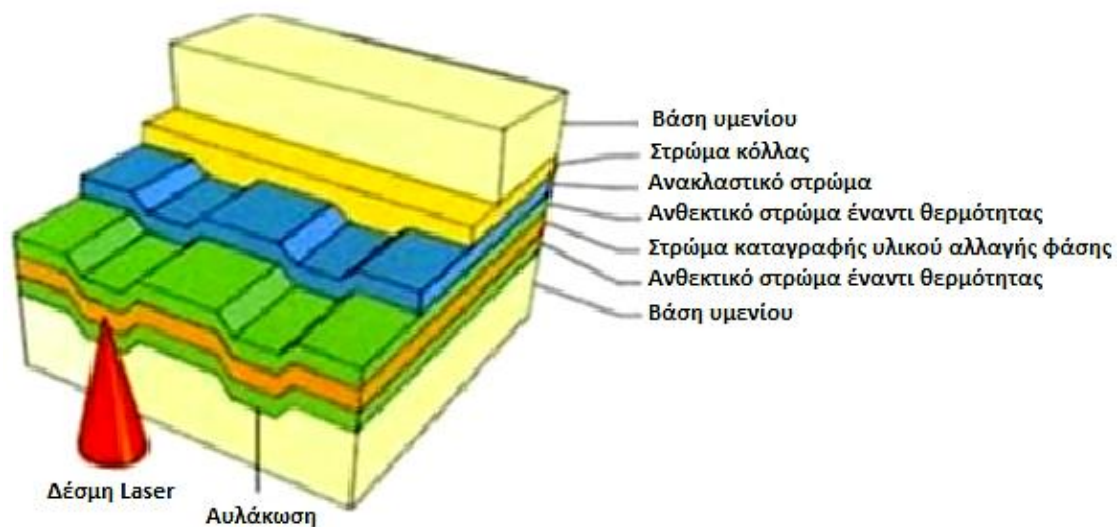


**Εικόνα 35: Το πρώτο τηλέφωνο από την Samsung με ηλιακές μπαταρίες και θήκη που περιέχει ΥΑΦ [47]**

### **Χρήση ΥΑΦ σε επαναγραφόμενα CDs και DVDs [48]**

Όλα τα καινοτόμα ηλεκτρονικά εξαρτήματα έχουν βασιστεί στην αύξηση της πυκνότητας αποθήκευσης μιας στερεής κατάστασης αμετάβλητης μνήμης η οποία είναι γνωστή ως «flash memory». Μια σπουδαία εναλλακτική είναι η εκμετάλλευση των Υλικών Αλλαγής Φάσης, τα οποία σήμερα χρησιμοποιούνται και σε επαναγραφόμενα CDs και DVDs.

Ένα αποθηκευτικό μέσο με ΥΑΦ λειτουργεί με διαφορετικό τρόπο από αυτόν ενός κλασικού μέσου με flash memory. Τα δεδομένα δεν αποθηκεύονται ως φορτίο αλλά ως φυσική αλλαγή δομής στο υλικό. Το ΥΑΦ λοιπόν υφίσταται σταθερή, γρήγορη και αναστρέψιμη μεταβολή μεταξύ μιας διατεταγμένης κρυσταλλικής μορφής και μιας άτακτης άμορφης ατομικής δομής. Ένα σχηματικό διάγραμμα των παραπάνω φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα. Οι δύο φάσεις έχουν αφενός διαφορετικές ανακλαστικότητες έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οπτικές μνήμες, και αφετέρου διαφορετικές αγωγιμότητες προκειμένου να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ηλεκτρονικές μνήμες.



Εικόνα 36: Σχηματική παράσταση των επιμέρους στρωμάτων ενός επαναγραφόμενου DVD που περιέχει ΥΑΦ [49]

#### 2.5.4 Εφαρμογές ΥΑΦ στις τηλεπικοινωνίες

Τα συστήματα τηλεπικοινωνιακών εφαρμογών περιέχουν μηχανήματα και ηλεκτρονικά εξαρτήματα τα οποία είναι υπεύθυνα για την εύρυθμη λειτουργία του αντίστοιχου δικτύου. Τέτοια εξαρτήματα περιέχουν ηλεκτρονικά κυκλώματα ιδιαίτερα ακριβά και ενεργοβόρα, καθώς επίσης και πολύ ευαίσθητα σε υψηλές θερμοκρασίες. Το βέλτιστο σημείο τοποθέτησης των κουβουκλίων που περιέχουν τέτοια μηχανήματα είναι σε ανοιχτούς χώρους (κοιλιάδες), σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο υψόμετρο (υψώματα, βουνά). Ως εκ τούτου, είναι συνήθως τοποθετημένα σε προσβάσιμες μεν περιοχές αλλά μακριά από κατοικημένους χώρους, καθιστώντας δύσκολη τη συνεχή επιτήρηση της θερμοκρασιακής τους κατάστασή. Τα Υλικά Αλλαγής Φάσης έχουν βρει εφαρμογή και σε αυτά τα συστήματα. [50,51]

Τα τηλεπικοινωνιακά κουβούκλια είναι μονωμένα και κλιματιζόμενα φυλάκια, τα οποία προστατεύουν την καρδιά της κινητής τηλεφωνίας, δηλαδή τον πομποδέκτη βάσης, ο οποίος αποτελεί το κομμάτι εκείνο ενός κλασικού δικτύου κινητής τηλεφωνίας το οποίο διαχειρίζεται την κίνηση και το σήμα του δικτύου. Εκτελεί μάλιστα διάφορες εργασίες σχετικές με το δίκτυο, όπως την αποκωδικοποίηση της συνομιλίας, το διαχωρισμό των καναλιών του δικτύου από άλλα δίκτυα (όπως ραδιοφωνικά, αεροπορικά, τηλεοπτικά, και λοιπά) και τη διαχείριση του σήματος για την εξυπηρέτηση όλης της περιοχής κάλυψης. Ο πομποδέκτης βάσης, καθώς και η αντίστοιχη μπαταρία, είναι ιδιαίτερως ευαίσθητα στη θερμοκρασία και ο περιβάλλον χώρος τους πρέπει να διατηρείται διαρκώς υπό τους 35°C.

Τα Υλικά Αλλαγής Φάσης που εγκαθίστανται σ' αυτά τα κουβούκλια απορροφούν θερμότητα από το εσωτερικό, δηλαδή θερμότητα η οποία παράγεται από τη λειτουργία του πομποδέκτη βάσης, ελαχιστοποιώντας ή ακόμα και εξαλείφοντας την ανάγκη χρήσης της γεννήτριας για κλιματισμό. Προκύπτει κατά συνέπεια οικονομικό όφελος λόγω της μικρότερης ποσότητας καυσίμου που καταναλώνει η γεννήτρια. Το ΥΑΦ θα επαναφορτιστεί

όταν είναι διαθέσιμη η πηγή ενέργειας, οπότε θα δουλεύει το κανονικό σύστημα κλιματισμού και άρα θα αποβάλλει την αποθηκευμένη θερμότητα. [51,52]



**Εικόνα 37: Συσκευασίες Υλικών Αλλαγής Φάσης που χρησιμοποιούνται σε τηλεπικοινωνιακά κουβούκλια [51]**

### 2.5.5 Εφαρμογές ΥΑΦ στην ένδυση

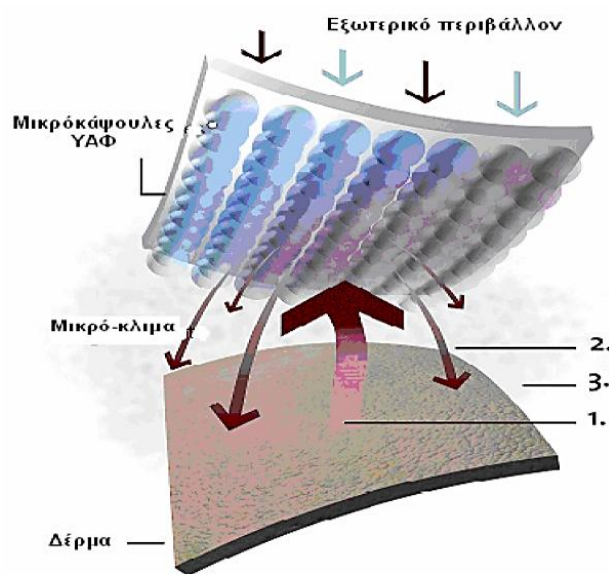
Η χρήση Υλικών Αλλαγής Φάσης στα ενδύματα έχει ως στόχο την παροχή θερμικής άνεσης. Ξεκίνησε από διαστημικές εφαρμογές, στις στολές δηλαδή των αστροναυτών, για την προστασία τους από τις απότομες θερμοκρασιακές μεταβολές. Σήμερα, οι εφαρμογές των ΥΑΦ έχουν επεκταθεί και στα ρούχα και γενικότερα στα υφάσματα. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε στολές που εκτίθενται σε ακραίες θερμοκρασίες όπως, για παράδειγμα σε πυροσβεστικές, ορειβατικές ακόμα και σε αγωνιστικές στολές. Η χρήση τους όμως έχει επεκταθεί και σε καθημερινά ρούχα και άλλα υφάσματα όπως κουβέρτες, κάλτσες, παπούτσια, γάντια και τα λοιπά. [53,54]

Στα ενδύματα χρησιμοποιούνται κυρίως οργανικά Υλικά Αλλαγής Φάσης σε μικροκάψουλες έτσι ώστε να μην εμφανίζονται διαρροές κατά τη μετάβασή τους στην υγρή φάση. Τα εν λόγω ΥΑΦ, όταν προστίθενται στις υφασμάτινες ίνες ή ανάμεσα στα στρώματα των ενδυμάτων, μπορούν να ελαττώσουν το ρυθμό μεταφοράς θερμότητας και να αυξήσουν τη θερμοχωρητικότητα του ενδύματος περίπου 10 φορές.

Επειδή τα Υλικά Αλλαγής Φάσης παρουσιάζουν αρκετά μεγαλύτερη πυκνότητα από τα συνήθη υλικά των ενδυμάτων, αλλά και λόγω του υψηλού κόστους τους, στα ενδύματα χρησιμοποιούνται ΥΑΦ σε ποσοστό 20 με 35% επί του ολικού βάρους του ενδύματος. Οι παραφίνες, που χρησιμοποιούνται συνήθως ως Υλικά Αλλαγής Φάσης, έχουν σημείο τήξης από 28 έως 30°C.

Παρακάτω παρουσιάζεται συνοπτικά η λειτουργία που επιτελεί ένα ΥΑΦ κατά την ενσωμάτωσή του σε ένα ένδυμα:

- Αρχικά το ΥΑΦ απορροφά την πλεονάζουσα θερμότητα
- Στη συνέχεια, η αποθηκευμένη θερμότητα ελευθερώνεται προς το ανθρώπινο σώμα, όποτε κάτι τέτοιο είναι επιθυμητό, με το αποτέλεσμα να είναι ουσιαστικά ένα μικροκλίμα σταθερής θερμοκρασίας [53, 54]



Εικόνα 38: Αρχή λειτουργίας υφασμάτων ενισχυμένων με ΥΑΦ [54]



Εικόνα 39: Προϊόντα για διάφορες αθλητικές δραστηριότητες [55]

Μία ακόμη εφαρμογή των ΥΑΦ στον τομέα της ένδυσης είναι τα ειδικά γιλέκα τα οποία είναι ενισχυμένα με μικροκάψουλες ΥΑΦ. Τα γιλέκα αυτά μπορούν να φορεθούν αυτόνομα ή σε συνδυασμό με κάποιο ένδυμα ώστε να απομακρύνουν την επιπλέον θερμότητα σε περίπτωση αυξημένης δραστηριότητας. Τα γιλέκα αυτά έχουν μεγάλη απήχηση στα σώματα ασφαλείας και στις ένοπλες δυνάμεις.



Εικόνα 40: Προϊόντα για χρήση από τις ένοπλες δυνάμεις και τα σώματα ασφαλείας [55]

## 2.5.6 Ιατρικές εφαρμογές των ΥΑΦ

Οι ιατρικές εφαρμογές των ΥΑΦ είναι υψίστης σημασίας. Οι κυριότερες αυτών είναι η χρήση ΥΑΦ σε δοχεία μεταφοράς αίματος, στα χειρουργικά τραπέζια και σε ορισμένες ειδικές θεραπείες. Η μεταφορά του αίματος και των υποπροϊόντων του είναι πολύ κρίσιμη από την άποψη της θερμοκρασίας. Μερικά προϊόντα πρέπει να μεταφέρονται σε θερμοκρασία μεταξύ 20 και 24°C, άλλα μεταξύ 2 και 6°C και άλλα μεταξύ -30 και -26°C. Σχεδιάστηκαν λοιπόν ειδικά κιβώτια και θήκες που επιτρέπουν την ασφαλή μεταφορά των προϊόντων αίματος από το νοσοκομείο στο όχημα μεταφοράς (το οποίο είναι ήδη κλιματιζόμενο στη σωστή θερμοκρασία) και από το όχημα μεταφοράς στον τελικό προορισμό.



Εικόνα 41: Ειδικές θήκες για μεταφορά αίματος (RUBITHERM) [7]

Μία άλλη σημαντική εφαρμογή των ΥΑΦ στον ιατρικό τομέα είναι ένα στρώμα για χειρουργικά τραπέζια. Το στρώμα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποτρέψει τη μείωση της θερμοκρασίας του σώματος του ασθενούς κατά τη διάρκεια πολύωρης εγχείρησης ή κατά τη διάρκεια εγχείρησης ασθενών με κάποιο σοβαρό έγκαυμα. Το στρώμα μπορεί να θερμανθεί ηλεκτρικά πριν από τη χρήση του και να απελευθερώσει την



αποθηκευμένη θερμότητα κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Προκειμένου ένα ΥΑΦ να κριθεί κατάλληλο για την εφαρμογή αυτή θα πρέπει, εκτός άλλων, να διαθέτει σημείο τήξης περίπου στους 37°C [57,58]. Άλλου είδους εφαρμογή είναι και τα ζεστά ή κρύα μαξιλάρια που χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία του τοπικού πόνου στο σώμα, όπως αυτό που φαίνεται παρακάτω.

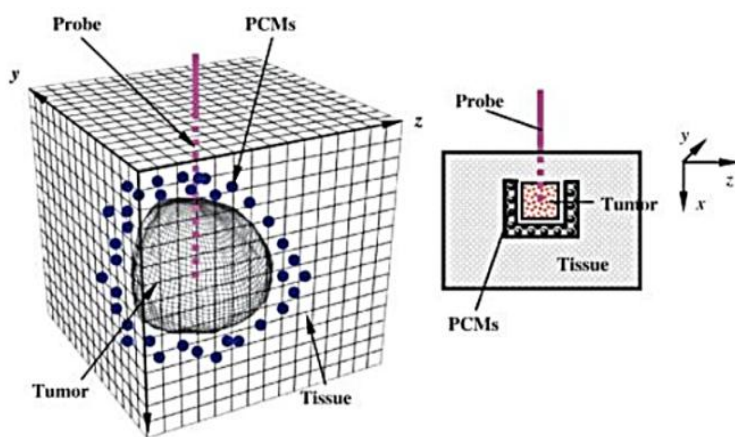


**Εικόνα 42: Ειδικό θερμικό μαξιλάρι με PCM για ιατρικές εφαρμογές από τη Rubitherm (αριστερά)[8] και κρύο προϊόν για θεραπεία ψύξης (δεξιά) [57]**

Μία από τις πιο σημαντικές ιατρικές εφαρμογές των Υλικών Αλλαγής Φάσης είναι η χρήση τους στο τομέα της καρδιαγγειακής χειρουργικής. Ειδικότερα, ένα νέο θερμοευαίσθητο συνθετικό gel θα χρησιμοποιείται σύντομα αντί ραμμάτων σε πληγές ως ένας αποτελεσματικός τρόπος επανασύνδεσης των κατεστραμμένων αιμοφόρων αγγείων, έτσι ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος τραυματισμού των κυττάρων από το τρύπημα της βελόνας κάτι που μπορεί τελικά να οδηγήσει σε εμφάνιση θρόμβων. Ο Gurtner αρχικά πρότεινε τη χρήση πάγου αλλά αυτό προϋπέθετε την επαρκή ψύξη του αγγείου, γεγονός χρονοβόρο και δύσκολο, ειδικά σε ένα χειρουργικό τραπέζι. Προσπάθησε λοιπόν να βρει ένα είδος βιοσυμβατού Υλικού Αλλαγής Φάσης που θα μπορούσε εύκολα να μετατραπεί από υγρό σε στερεό και αντίστροφα. Με τη συμβολή του Gerald Fuller, ανακάλυψε ένα θερμοαναστρέψιμο πολυμερές, το Poloxamer 407, το οποίο είχε ήδη εγκριθεί από το FDA για ιατρική χρήση. Δοκιμάζοντας διαφορετικά υλικά, η ομάδα επιστημόνων του Stanford University Medical Center βρήκε τον τρόπο να τροποποιήσει το εν λόγω πολυμερές έτσι ώστε να γίνεται στερεό και ελαστικό όταν θερμαίνεται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από αυτή του σώματος και να διαλύεται στο κυκλοφορικό σύστημα στη θερμοκρασία σώματος. Αποδείχτηκε ότι η χρήση του πολυμερούς είχε αποτέλεσμα 5 φορές ταχύτερο από την παραδοσιακή μέθοδο ραμμάτων καθώς και ότι, σύμφωνα με τους ερευνητές, η τεχνική αυτή μπορούσε να λειτουργήσει και για εξαιρετικά λεπτά αιμοφόρα αγγεία, πλάτους ακόμα και 0,2mm. Η συγκριμένη τεχνολογία έχει μεγάλες δυνατότητες βελτίωσης της απόδοσης και των αποτελεσμάτων στη χειρουργική θεραπεία των καρδιαγγειακών παθήσεων. [57,58]

Εκτός από την καρδιαγγειακή χειρουργική, τα Υλικά Αλλαγής Φάσης χρησιμοποιούνται και στην κρυσταλλοχειρουργική. Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει γίνει στην κρυσταλλοχειρουργική για τη θεραπεία των όγκων, η θερμική βλάβη στις παράλληλες δομές παραμένει ένα ακόμα πρόβλημα ζωτικής σημασίας. Προτάθηκε λοιπόν μια νέα μέθοδος που θα μπορούσε να αποτρέψει τη θερμική βλάβη του υγιούς ιστού γύρω από τον καρκινικό μέσω της χρήσης μικροκάψουλων με μικρο-νανοσωματίδια αλλαγής φάσης. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μέθοδο, τα ΥΑΦ με υψηλή θερμότητα αλλαγής φάσης και

χαμηλή θερμική αγωγιμότητα ενσωματώνονται σε μικροκάψουλες από λιποσώματα και οδηγούνται στον υγιή ιστό μέσω μιας κύριας οδού, όπως αρτηριακή ή υποδερμική ένεση ή άμεση έγχυση. Κατά τη διάρκεια της κρυσταλλοποίησης, τα ΥΑΦ μπορούν να αποτρέψουν την θερμική βλάβη στους παρακείμενους υγιείς ιστούς, μέσω αποθήκευσης θερμότητας υπό σταθερή θερμοκρασία. Έτσι, όταν η θερμοκρασία του υγιούς ιστού φτάνει τη θερμοκρασία αλλαγής φάσης του ΥΑΦ, επιβραδύνεται η μείωση της θερμοκρασίας του μέσω δέσμευσης της θερμότητας που μεταφέρεται από τον καρκινικό ιστό στον υγιή, εξαιτίας της χαμηλής αγωγιμότητάς του. Επίσης, μέσω ενσωμάτωσης των ΥΑΦ στον υγιή ιστό, μπορεί να επιβραδυνθεί η μετάσταση των όγκων.



**Εικόνα 43: Σκίτσο θερμικής προστασίας με μικροκάψουλες αλλαγής φάσης νανοσωματιδίων σε βιολογικό ιστό ενσωματωμένο σε έναν όγκο κατά τη διάρκεια της κρυσταλλοποίησης [56]**

## 2.5.7 Εφαρμογές ΥΑΦ στην αποθήκευση και μεταφορά προϊόντων

Η εφαρμογή των ΥΑΦ σε δοχεία μεταφοράς [59] απετέλεσε μία από τις πρώτες εμπορικές εφαρμογές τους καθώς εξασφάλιζε τη μεταφορά αγαθών χωρίς να είναι απαραίτητη η σύνδεση με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και χωρίς την παραγωγή του παραμικρού θορύβου. Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι εφαρμογές σε δοχεία μεταφοράς είναι εφαρμογές όπου η έμφαση δίνεται στο να διατηρηθεί η θερμοκρασία του προϊόντος είτε πάνω ή κάτω από μια ορισμένη θερμοκρασία είτε μέσα σε ένα στενό εύρος θερμοκρασιών και όχι στην παροχή μεγαλύτερων επιπέδων θέρμανσης ή ψύξης. Ως εκ τούτου, συνήθως κανένα εσωτερικό ρευστό μεταφοράς θερμότητας δε χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το ΥΑΦ, μιας και η θερμότητα που ανταλλάσσεται στην επιφάνεια είναι επαρκής.

Στα μεταφερόμενα αγαθά που απαιτούν είτε χαμηλές είτε υψηλές θερμοκρασίες συντήρησης, προστίθεται ένα υψηλό κόστος το οποίο αφορά στη διατήρηση της θερμοκρασίας τους, μέσω χρήσης είτε φορτηγού ψυγείου είτε ενός οχήματος με κάποια θερμαντική διάταξη. Τα οχήματα αυτά, τα οποία χρησιμοποιούν ντίζελ ως καύσιμο, καθιστούν σχεδόν απαγορευτική τη λειτουργία τους από πλευράς κόστους. Το κόστος της ενέργειας που παράγεται από ντίζελ είναι περίπου 6 φορές μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος της συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των ΥΑΦ, για τις συγκεκριμένες εφαρμογές, είναι ότι μπορούν να απορροφήσουν και να αποδώσουν

ικανοποιητικά ποσά θερμότητας σχεδόν ισοθερμοκρασιακά. Είναι προφανές ότι, ανάλογα με τις θερμοκρασιακές απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής, επιλέγεται και υλικό με αντίστοιχο σημείο τήξης. Σε γενικές γραμμές, πριν από κάθε μεταφορά, τα ΥΑΦ φορτίζονται θερμικά είτε σε ψυγείο είτε σε φούρνο, έτσι ώστε να είναι έτοιμα προς χρήση. Μια ηλεκτρική θερμαντική μονάδα δεν μπορεί να είναι διαθέσιμη υπό οποιεσδήποτε συνθήκες και σε αυτές τις περιπτώσεις τα ΥΑΦ αποτελούν ιδανική λύση, αφού επιτρέπουν την κατασκευή ενός αυτοθερμαινόμενου σκεύους μεταφοράς. [59]

Η κατασκευή των δοχείων μεταφοράς προβλέπει την προθέρμανση των πλακών στις οποίες περιέχονται τα ΥΑΦ είτε σε έναν συμβατικό φούρνο είτε μέσω ηλεκτρικών αντιστάσεων. Μόλις οι πλάκες με το ΥΑΦ φορτιστούν, αποθηκεύσουν δηλαδή ένα μεγάλο ποσό θερμότητας αλλαγής φάσης, τοποθετούνται, σαν εσωτερική επένδυση, στα θερμικά μονωμένα δοχεία. Πρέπει να σημειωθεί ότι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των ΥΑΦ που εκμεταλλεύεται η εφαρμογή αυτή είναι το γεγονός ότι η αποφόρτισή τους γίνεται υπό περίπου σταθερή θερμοκρασία, χωρίς συνεπώς να επιβαρύνεται επιπλέον το εσωτερικό του δοχείου [24] .



**Εικόνα 44: Κουτιά μεταφοράς με ΥΑΦ για διάφορους σκοπούς [59]**

Η εταιρεία ACME ανέπτυξε ένα σύστημα θερμικής διαχείρισης, με ενσωμάτωση ΥΑΦ στα τοιχώματα του δοχείου και χρήση εξαναγκασμένης συναγωγής για τη μείωση των διαφορών θερμοκρασίας (εικόνα 45). Με το συγκεκριμένο σύστημα, εμπορευματοκιβώτια εξοπλισμένα με επαναφορτιζόμενα ΥΑΦ που μπορούν να μεταφερθούν με τα συνήθη οχήματα αντί με ακριβά φορτηγά ψυγεία. Το σύστημα διαθέτει επίσης ανεμιστήρα στην κορυφή προς επιβολή συναγωγής ενώ τα προφίλ ΥΑΦ φορτίζονται περιοδικά από μια ψυκτική μονάδα. Μόλις ολοκληρωθεί η θερμική φόρτιση, η επιθυμητή θερμοκρασία στο εσωτερικό του εμπορευματοκιβωτίου μπορεί να διατηρηθεί για έως και 48 ώρες. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται ότι το σύστημα επιτρέπει επίσης την επίτευξη ψύξης χωρίς τη λειτουργία του κινητήρα του φορτηγού .





Εικόνα 45: Δοχείο μεταφοράς, που μπορεί να διατηρήσει θερμοκρασία  $-18^{\circ}\text{C}$  σε θερμοκρασία περιβάλλοντος γύρω στους  $20^{\circ}\text{C}$  για 4 ημέρες από να-Q-tec AG (αριστερά). Σύστημα θερμικής διαχείρισης που αναπτύχθηκε από την εταιρεία ACME (δεξιά) [53]

Σε πολλές εφαρμογές τροφοδοσίας, γεύματα και προϊόντα ευαίσθητα σε αλλοίωση, όπως τυριά, σαλάτες, κατεψυγμένα επιδόρπια, είδη ζαχαροπλαστικής και ψάρια, παράγονται σε ένα σημείο και μεταφέρονται σε ένα άλλο προκειμένου να καταναλωθούν. Την ασφαλή τους μεταφορά εξασφαλίζουν δοχεία μεταφοράς τροφίμων με ενσωματωμένα Υλικά Αλλαγής Φάσης, παραδείγματα των οποίων παρουσιάζονται στην εικόνα που ακολουθεί. [53,57]



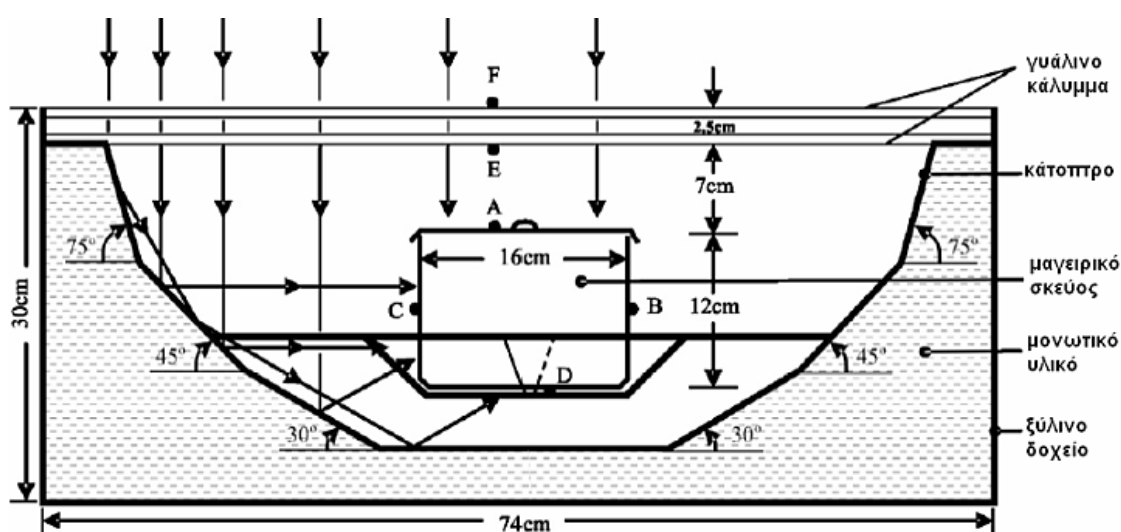
Εικόνα 46: Καροτσάκι μεταφοράς τροφίμων από να-Q-tec (αριστερά) [52] Δοχείο μεταφοράς ζεστών τροφίμων (κέντρο) Δοχείο μεταφοράς παγωτού (δεξιά) [57].

## 2.5.8 Εφαρμογές ΥΑΦ σε μαγειρικά σκεύη

Μία πολύ ενδιαφέρουσα εφαρμογή, η οποία εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια, είναι το μαγείρεμα με ειδικά ηλιακά σκεύη, τα οποία μάλιστα θεωρείται ότι έχουν εξαιρετικό ενεργειακό δυναμικό, ιδίως σε χώρες θερμού κλίματος και υψηλής ηλιοφάνειας.

Η λειτουργία τους παρόλα αυτά περιορίζεται σημαντικά αν δεν είναι εξοπλισμένα με κάποιο σύστημα αποθήκευσης θερμότητας μιας και είναι τότε είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθούν χωρίς τη στιγμιαία παρουσία ηλιακής ακτινοβολία, δηλαδή τα απογεύματα ή τις συνεφιασμένες ημέρες. Γίνεται λοιπόν εμφανής η μεγάλη σημασία των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας με ΥΑΦ τα οποία, σε συνδυασμό με τα ηλιακά σκεύη, παρέχουν τη δυνατότητα «ηλιακού μαγειρέματος» υπό οποιοσδήποτε καιρικές συνθήκες.

Η πρώτη πειραματική εφαρμογή προς αυτήν την κατεύθυνση έγινε από τους Domanski et al [60], οι οποίοι μελέτησαν τη δυνατότητα μαγειρέματος με ΥΑΦ κατά τις ώρες χωρίς ηλιοφάνεια, χρησιμοποιώντας ένα μη συμβατικό ηλιακό σκεύος τύπου κουτιού με εσωτερικά κάτοπτρα πολλών βαθμίδων, όπως φαίνεται παρακάτω:

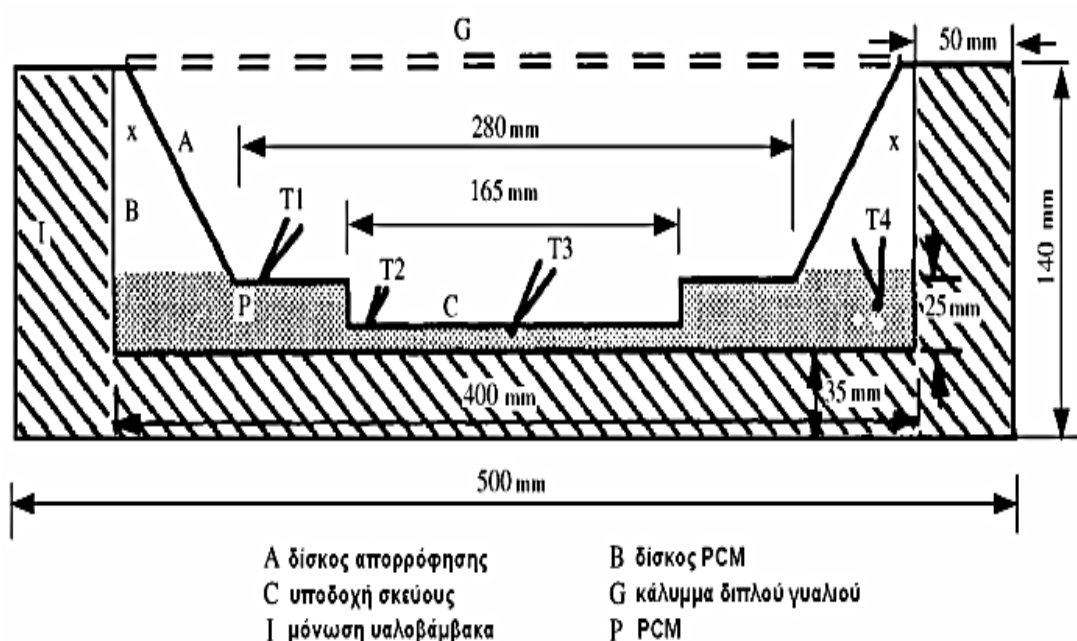


Εικόνα 47: Σχηματική αναπαράσταση ηλιακού μαγειρικού σκεύους των Domanski et al [60]

Η συγκεκριμένη μονάδα αποθήκευσης ενέργειας αποτελούταν από δυο ομόκεντρα, κυλινδρικά δοχεία αλουμινίου, πάχους τοιχωμάτων 1,5mm συνδεδεμένα στην κορυφή τους μέσω 4 βιδών και σχηματίζοντας έτσι ένα δοχείο διπλού τοιχώματος με κενό ανάμεσα στο εσωτερικό και το εξωτερικό τοίχωμα. Το εξωτερικό τοίχωμα είχε διάμετρο 180mm και ύψος 120mm, ενώ το εσωτερικό 140mm και 100mm αντίστοιχα. Το ενδιάμεσο κενό είχε πάχος 20mm. Οι εξωτερικές επιφάνειες του δοχείου ήταν βαμμένες μαύρες, με συμβατική βαφή εμπορίου. Κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων, το ενδιάμεσο κενό των δυο κυλίνδρων πληρώθηκε αρχικά με 1.1kg στεατικού οξέος και εν συνεχεία με 2kg νιτρικού μαγνησίου έξι μορίων νερού, υλικά δηλαδή που απετέλεσαν το ΥΑΦ του συστήματος. Παρατηρήθηκε ότι ο χρόνος θερμικής αποφόρτισης του σκεύους έτεινε να αυξηθεί όσο η αρχική θερμοκρασία και ο βαθμός υπερθέρμανσης του ΥΑΦ αυξάνονταν, ενώ η αύξηση της μάζας του επέφερε αντίθετα αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα της έρευνας επιβεβαίωσαν ότι η ολική απόδοση των ηλιακών σκευών με ΥΑΦ είναι 3 με 4 φορές υψηλότερη από εκείνη των ηλιακών σκευών που χρησιμοποιούν συστήματα ατμού ή θερμαντικών σωλήνων. Μάλιστα, το συγκεκριμένο σύστημα θα μπορούσε να επιτύχει ακόμη μεγαλύτερες

θερμοκρασίες εάν, αντί των ΥΑΦ που δοκιμάστηκαν χρησιμοποιούνταν άλλα, με σημεία τήξης άνω των 100 °C.

Οι Buddhi και Sahoo [61] επίσης πρότειναν τη χρήση ΥΑΦ σε ηλιακά σκεύη μαγειρικής. Στο πείραμά τους χρησιμοποίησαν ως Υλικό Αλλαγής Φάσης 3.2kg στεατικού οξέος εμπορίου με σημείο τήξης 54,1°C και θερμότητα τήξης 160 kJ/kg. Η πειραματική διάταξη που μελετήθηκε ήταν παρόμοια στη μορφή με την κλασσική μαγειρική χύτρα αλουμινίου και είχε διάμετρο 0,16m και ύψος 0,06m. Τελικά, το συγκεκριμένο σύστημα παρείχε τη δυνατότητα μαγειρέματος χωρίς ηλιοφάνεια, για σύντομο όμως χρονικό διάστημα. Η ποσότητα της αποθηκευμένης σε αυτό θερμότητας ήταν ανεπαρκής για πιο εκτεταμένη χρήση και η θερμοκρασία τήξης του ΥΑΦ που χρησιμοποιήθηκε αρκετά χαμηλή. Μια εικόνα της εν λόγω πειραματικής διάταξης παρουσιάζεται παρακάτω:



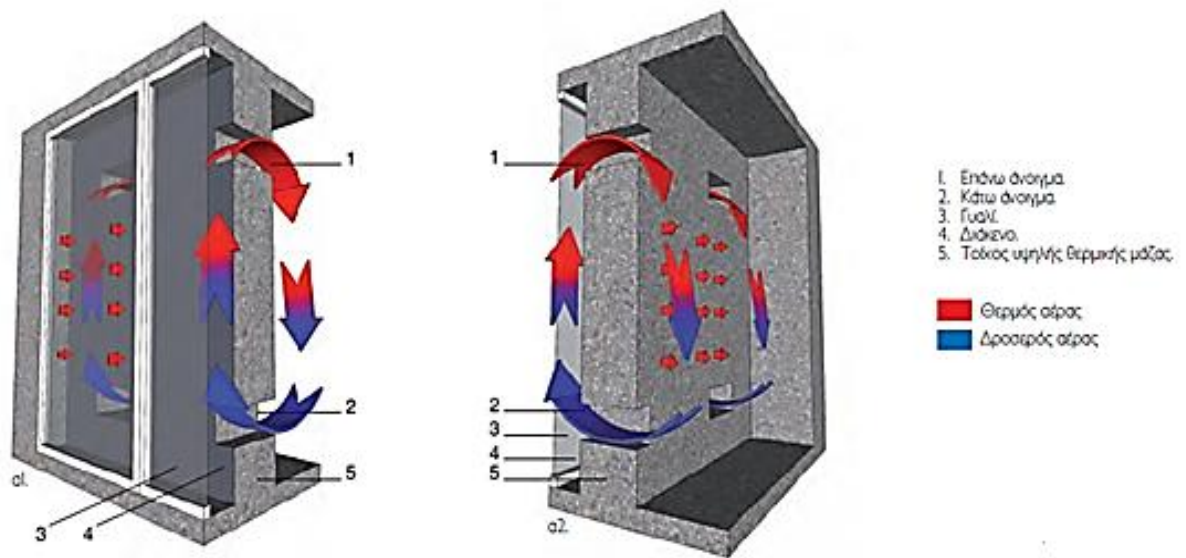
Εικόνα 48: Σχηματική απεικόνιση ηλιακού μαγειρικού σκεύους με ΥΑΦ των Buddhi και Sahoo [61]

### 3.1 Παθητικά Συστήματα Κτιρίων

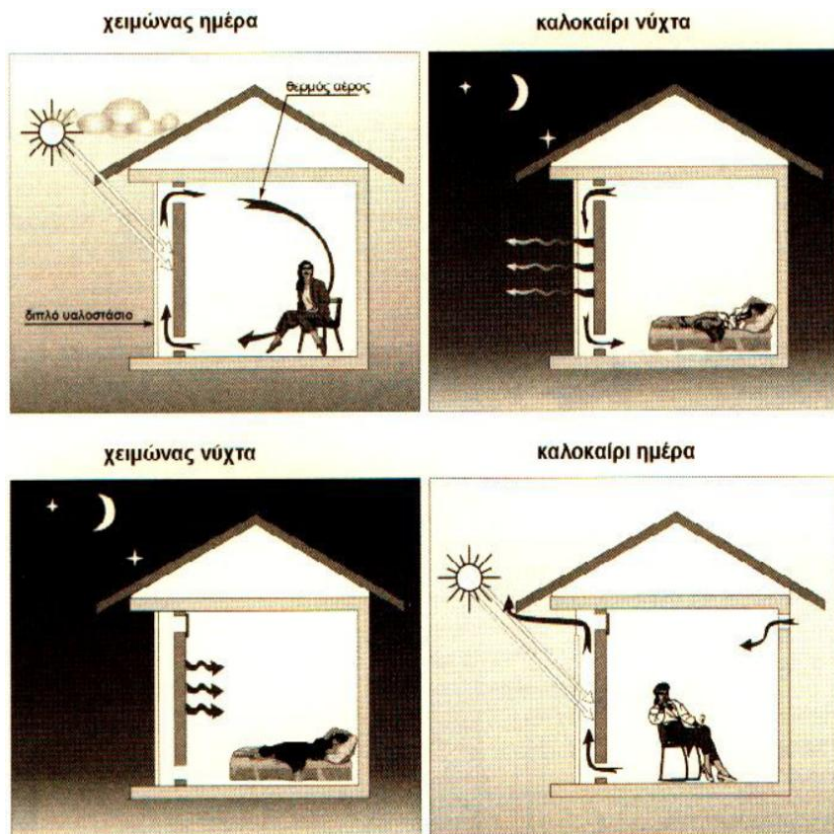
Στα παθητικά συστήματα ψύξης - θέρμανσης η συλλογή, αποθήκευση και διανομή της ενέργειας γίνεται με φυσικά μέσα, χωρίς τη χρήση μηχανικής ή ηλεκτρικής ισχύος ή ηλεκτρονικού ελέγχου. Στα συστήματα αυτά, στοιχεία του κτιρίου όπως οι τοίχοι, η οροφή και τα παράθυρα επιλέγονται και τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να συμμετέχουν στη συλλογή, αποθήκευση, μεταφορά και διανομή της θερμικής ενέργειας. Τόσο τα στοιχεία του κτιρίου, όπως τα κατασκευαστικά του υλικά (πέτρες, τούβλα, τσιμέντο, νερό, μόνωση και άλλα), όσο και οι διάφορες θερμικές διεργασίες όπως η πρόσληψη θερμικής ακτινοβολίας, η φυσική ή εξαναγκασμένη συναγωγή, αγωγή, εξάτμιση και λοιπά, συνδυάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξυπηρετούν τις ιδιαίτερες ανάγκες κάθε κτιρίου, οι οποίες εξαρτώνται κυρίως από το κλίμα της περιοχής και τη χρήση του κτιρίου. Τα κατασκευαστικά υλικά βοηθούν στην αποθήκευση σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας και στη χρονική καθυστέρηση και μείωση της έντασης του κύματος θερμότητας. Η θερμότητα σε αυτά τα υλικά αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και αποδίδεται κατά τη διάρκεια της νύχτας, οπότε είναι και πιο απαραίτητη. [62]

#### 3.1.1 Τοίχος Trombe

Ο τοίχος Trombe αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα περίπτωσης με έμμεσο θερμικό κέρδος. Αποτελείται από έναν συνηθισμένο αλλά παχύ τοίχο που τοποθετείται στην νότια πλευρά του κτιρίου, με ένα γυάλινο ή πλαστικό κάλυμμα τοποθετημένο σε απόσταση περίπου τεσσάρων ιντσών από αυτόν. Ηλιακή θερμότητα αποθηκεύεται στον χώρο ανάμεσα στον τοίχο και το κάλυμμα, ενώ το μαύρο χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου ευνοεί την απορρόφηση της θερμότητας, η οποία αποθηκεύεται στη μάζα του τοίχου. Για αρκετές ώρες η αποθηκευμένη θερμότητα αποδίδεται σταδιακά από τον τοίχο Trombe στο εσωτερικό του κτιρίου. Η θερμότητα αρχίζει να μεταδίδεται στον εσωτερικό χώρο μέσω ακτινοβολίας όταν η θερμοκρασία του γίνει χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του τοίχου. Οι όποιες πιθανές απώλειες μπορούν να ελεγχθούν με την προσθήκη μονωτικής κουρτίνας (η οποία παραμένει κλειστή τις βραδινές και νυχτερινές ώρες) ανάμεσα στο κάλυμμα και τον τοίχο. Ο παραδοσιακός τοίχος Trombe βασίζεται στην αισθητή θερμότητα αλλά, προκειμένου να αυξηθεί η δυνατότητα αποθήκευσης θερμότητας ανά μονάδα μάζας, ο τοίχος Trombe με ΥΑΦ αποτελεί μια αρκετά ελκυστική εναλλακτική πρόταση. Κατασκευάζεται λοιπόν στη νότια πλευρά του κτιρίου ένας τοίχος που περιέχει ΥΑΦ και ο οποίος θερμαίνεται κατά την διάρκεια της ημέρας από την ηλιακή ακτινοβολία, τήκοντας το ΥΑΦ, ενώ το βράδυ αποδίδει τη θερμότητα που έχει απορροφηθεί προς θέρμανση του κτιρίου. Για δεδομένο επιθυμητό ποσό θερμότητας προς αποθήκευση, οι μονάδες αλλαγής φάσης απαιτούν λιγότερο χώρο σε σχέση με τους τοίχους με νερό ή τους παραδοσιακούς τοίχους Trombe, είναι δε πολύ ελαφρύτεροι. Ως ΥΑΦ σε τοίχους Trombe χρησιμοποιούνται συνήθως ένυδρα άλατα και υδρογονάνθρακες. Ένα σχηματικό διάγραμμα των φάσεων λειτουργίας του τοίχου Trombe με χρήση ΥΑΦ παρουσιάζεται παρακάτω. [62]



Εικόνα 49: Φάσεις λειτουργίας του τοίχου Trombe κατά τη διάρκεια της ημέρας [62]



Εικόνα 50: Σχηματική παράσταση της λειτουργίας του τοίχου Trombe [62]



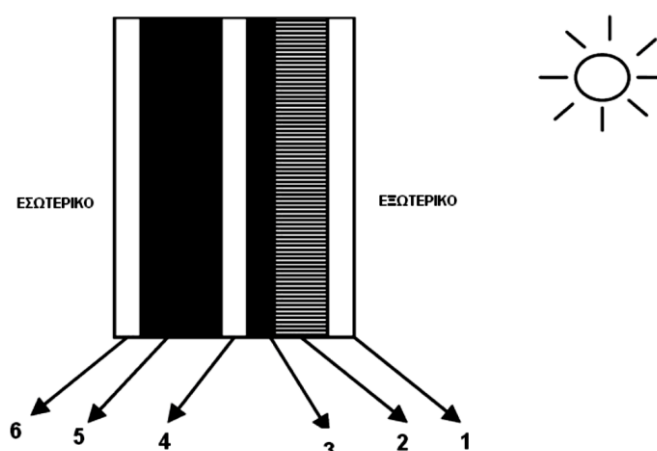
Ο Bourdeau [63] μελέτησε δύο τοίχους παθητικής αποθήκευσης θερμότητας που χρησιμοποιούσαν χλωριούχο εξαϋδρικό ασβέστιο με σημείο τήξης τους 29°C και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ένας τοίχος πάχους 8,1 cm με ΥΑΦ παρουσίαζε ελαφρώς καλύτερη συμπεριφορά από έναν κλασσικό τοίχο πάχους 40 cm.

Οι Buddhi και Sharma [64] μελέτησαν τη μεταφορά θερμότητας, προερχόμενης από ηλιακή ακτινοβολία, μέσω ενός Υλικού Αλλαγής Φάσης με παραμέτρους τη θερμοκρασία και το πάχος. Το ΥΑΦ που επιλέχθηκε ήταν το στεαρικό οξύ (stearic acid). Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι μέσω ΥΑΦ η ηλιακή ακτινοβολία μεταφέρεται πολύ πιο γρήγορα σε σχέση με γυαλί ίδιου πάχους. Προτάθηκε μάλιστα και η εισαγωγή των ΥΑΦ σε τοίχους και παράθυρα ως διαφανές μονωτικό υλικό.

### 3.1.2 Ηλιακός Τοίχος

Ένας τοίχος με ενσωματωμένα Υλικά Αλλαγής Φάσης έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύει μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει πάνω του. Η μεγάλη θερμική μάζα των τοίχων με ενσωματωμένα ΥΑΦ έχουν τους επιτρέπει να ελαχιστοποιούν τις επιπτώσεις των διακυμάνσεων της εξωτερικής θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου. Επιπλέον, είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί όσον αφορά στη μετατόπιση του φορτίου από τις ώρες αιχμής σε περιόδους χαμηλότερης ζήτησης. Ο ηλιακός τοίχος συνιστά μία ακόμα εφαρμογή θερμικής αποθήκευσης με χρήση ΥΑΦ. [65]

Οι Stritih και Novak [66] παρουσίασαν έναν πειραματικό ηλιακό τοίχο, για τον αερισμό του κτιρίου, ο οποίος απορροφά την ηλιακή ενέργεια και την αποθηκεύει σε μαύρο κερί παραφίνης με σημείο τήξης τους 25 με 30°C. Η αποτελεσματικότητα της απορρόφησης διαπιστώθηκε ότι έφτανε το 79%. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν ότι η ποσότητα της ενέργειας που αποθηκεύεται σε αισθητή ή λανθάνουσα μορφή καθορίζεται από το πάνελ και ότι το σημείο τήξης του ΥΑΦ έχει επίδραση στη θερμοκρασία του αέρα που εξέρχεται και αερίζει τον εσωτερικό χώρο. Ο ηλιακός τοίχος αποτελείται από έξι βασικά μέρη, όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί



Εικόνα 51: Στοιχεία του ηλιακού τοίχου με ενσωματωμένα ΥΑΦ [66]

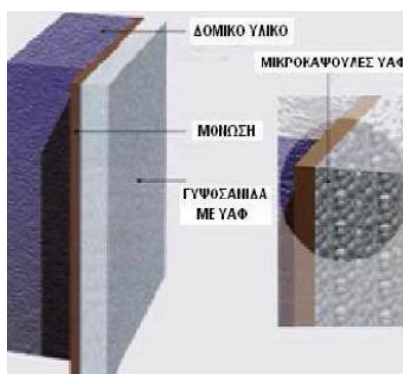
Η ηλιακή ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος διέρχεται από το γυαλί με το διαφανές μονωτικό υλικό (στρώμα 1 και 2) το οποίο εμποδίζει τη μεταφορά θερμότητας μέσω συναγωγής και λόγω θερμικής ακτινοβολίας. Το ΥΑΦ, το οποίο τοποθετείται μέσα σε μία διάφανη πλαστική θήκη (στρώμα 3), απορροφά και αποθηκεύει ενέργεια κυρίως υπό τη μορφή θερμότητας αλλαγής φάσης. Ο αέρας που προορίζεται για τον αερισμό του σπιτιού θερμαίνεται στο κανάλι (στρώμα 4) και οδηγείται στο δωμάτιο. Η μόνωση και ο γύψος (στρώμα 5 και στρώμα 6 αντίστοιχα) αποτελούν βασικά συστατικά κάθε τέτοιου τοίχου.

### 3.1.3 Γυψοσανίδα με ενσωματωμένο ΥΑΦ

Γυψοσανίδες με ΥΑΦ θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν τις παραδοσιακές γυψοσανίδες κατά τη διάρκεια της κατασκευής ή και της ανακαίνισης ενός κτιρίου, παρέχοντάς του τη δυνατότητα θερμικής αποθήκευσης. Η αποθηκευμένη θερμότητα μπορεί να διανέμεται σε όλη του την έκταση, ενισχύοντας έτσι το παθητικό σύστημα και περιορίζοντας τα απαιτούμενα μέγιστα ηλεκτρικά φορτία ψύξης - θέρμανσης.

Η γυψοσανίδα με ΥΑΦ αποτελεί μία εξαιρετικά ενδιαφέρουσα εφαρμογή για κτιριακές κατασκευές. Κατά τη διάρκεια των περασμένων 20 ετών, πολλά είδη καψουλών μεγάλων διαστάσεων διατέθηκαν στο εμπόριο τόσο για ενεργητικά όσο και για παθητικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων άμεσου κέρδους. Παρόλα αυτά, η επιφάνεια των περισσότερων εμπορικών προϊόντων με ΥΑΦ αποθηκευμένα σε κάψουλες, δεν ήταν ικανή να μεταδώσει θερμότητα στο κτίριο έπειτα από την τήξη του ΥΑΦ λόγω άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Στο πλαίσιο αυτό έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες, οι οποίες αναφέρονται στη συνέχεια. [67]

Οι Peippo et al [68] μελέτησαν μια γυψοσανίδα με ενσωματωμένο ΥΑΦ ως μέσο αποθήκευσης σε μια ελαφριά κατασκευής κατοικία έκτασης 120 m<sup>2</sup> στο Madison, Wisconsin, η οποία διέθετε καλή μόνωση και μια μεγάλη νότια επιφάνεια κατασκευασμένη από γυαλί. Το κτίριο μπορούσε να επιτύχει εξοικονόμηση ενέργειας έως και 3 GJ το χρόνο, ή αλλιώς το 15 % του ετήσιου ενεργειακού κόστους. Επιπλέον, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, η βέλτιστη αποθήκευση ενέργειας προκύπτει όταν το ΥΑΦ έχει θερμοκρασία τήξης περίπου 1 έως 3°C πάνω από τη μέση θερμοκρασία δωματίου.



Εικόνα 52: Εφαρμογή ενισχυμένης γυψοσανίδας σε τοίχο [69]

Οι Stetiu και Feustel [69], μελέτησαν τη χρήση διπλής γυψοσανίδας με ΥΑΦ για την περαιτέρω αύξηση της αποθηκευτικής ικανότητας ενός κτιρίου, έτσι ώστε οι θερμοκρασίες του δωματίου να διατηρηθούν πιο κοντά στα ανώτερα όρια θερμικής άνεσης, χωρίς τη χρήση μηχανικής ψύξης. Τα αποτελέσματα από την προσομοίωση μιας οικίας με υψηλά εσωτερικά φορτία και δεδομένες καιρικές συνθήκες για την περιοχή Sunnyvale, California, έδειξαν σημαντική πτώση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα όταν η θερμότητα αποθηκεύεται στο ΥΑΦ των γυψοσανίδων. Αν και οι προσομοιώσεις έδειξαν σημαντικά πιθανά οφέλη από τη χρήση των ΥΑΦ στους τοίχους, οι ερευνητές κατέληξαν στο ότι η ψύξη του κτιρίου μέσω της κίνησης του αέρα στον χώρο αποτελεί έναν μη αποδοτικό τρόπο μεταφοράς της θερμότητας. Η κίνηση του αέρα κοντά στους τοίχους, η οποία καθορίζει και το ποσό της συναλλασσόμενης θερμότητας, είναι σχετικά μικρή. Σε περιόδους λοιπόν που η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι σχετικά υψηλή καθώς και στη διάρκεια της νύχτας θα ήταν αποδοτική η εξαναγκασμένη παροχή αέρα κατά μήκος των επιφανειών των τοίχων προκειμένου να διευκολύνεται η ανταλλαγή θερμότητας. Η μειωμένη ικανότητα απόρριψης του αέρα που χρησιμοποιείται για ψύξη το καλοκαίρι απαιτεί είτε αύξηση της αποθηκευτικής ικανότητας είτε μείωση του ποσού της θερμότητας που αποθηκεύεται.

Ο Neeper [70] εξέτασε τη δυναμική μίας γυψοσανίδας με ενσωματωμένα λιπαρά οξέα και παραφινικά κεριά ως ΥΑΦ τα οποία υπόκειντο σε ημερήσια θερμοκρασιακή διακύμανση του δωματίου, χωρίς όμως να προσπίπτει άμεσα σε αυτά ηλιακή ακτινοβολία. Η παρατήρηση που έγινε από τον συγγραφέα είναι ότι η μέγιστη τιμή της ημερήσιας αποθηκευμένης ενέργειας προκύπτει όταν η τιμή της θερμοκρασίας τήξης του ΥΑΦ στις κάπουλες πλησιάζει την τιμή της θερμοκρασίας που δημιουργεί την αίσθηση της άνεσης. Βρέθηκε μάλιστα ότι η ημερήσια αποθηκευμένη ενέργεια μειώνεται όταν η αλλαγή φάσης πραγματοποιηθεί μέσα σε ένα εύρος θερμοκρασιών.

Οι προσομοιώσεις των «ενεργειακών» κτιρίων βοηθούν στην εκτίμηση των διαφόρων εφαρμογών των ΥΑΦ για λόγους αποθήκευσης θερμότητας στα κτίρια. Έτσι, το Fraunhofer Institute στη Γερμανία διεξήγαγε μια προσομοίωση σχετικά με την θερμική συμπεριφορά των κτιριακών στοιχείων προκειμένου να συγκρίνει τη δυναμική απόδοση διαφόρων ειδών τοίχου που περιείχαν ποικίλα ΥΑΦ. Ως βάση τους χρησιμοποίησαν ένα μοντέλο που εξετάζει την αλλαγή φάσης και είναι εμπειρικά αποδεδειγμένο από μετρήσεις σε δείγματα τοίχων, διαστάσεων  $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$ . Ερευνήθηκε η επίδραση που έχουν τα ΥΑΦ συναρτήσει της ποσότητάς τους, του θερμοκρασιακού εύρους αλλαγής φάσης και της κατασκευής και χρήσης του κτιρίου. Με τη βοήθεια θερμογράφων αποτυπώθηκε ποσοτικά η επίδραση του ΥΑΦ στα κατασκευαστικά υλικά, δηλαδή σε τέσσερα δείγματα τοίχων με διαφορετική ποσότητα ΥΑΦ στο καθένα, τα οποία θερμάνθηκαν σε ειδικό φούρνο και στη συνέχεια παρακολούθηθηκε η ψύξη τους. Η ποικιλία στις τιμές της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας, συναρτήσει του χρόνου, αποδεικνύει την επίδραση των ΥΑΦ. Όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του ΥΑΦ, τόσο περισσότερο διαρκεί η αποβολή της θερμότητας που αυτό έχει απορροφήσει. Επομένως, σε συγκεκριμένο θερμοκρασιακό εύρος, η θερμική μάζα ενός στοιχείου του κτιρίου μπορεί να αυξηθεί σημαντικά λόγω της διαδικασίας αλλαγής φάσης, έτσι ώστε η θερμική άνεση που συνδέεται με τις βαριές κατασκευές των κτιρίων να μπορεί να προσεγγισθεί και από κατασκευαστικά υλικά που προορίζονται συνήθως για πιο ελαφριές κατασκευές.



Οι Kissock et al [71] παρουσίασαν τα αποτελέσματα της πειραματικής μελέτης τους πάνω στην θερμική συμπεριφορά γυψοσανίδων οι οποίες περιείχαν 30% κατά βάρος εμπορική παραφίνη. Στις προσομοιώσεις που πραγματοποίησαν, η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του γύρω χώρου και οι εσωτερικές θερμοκρασίες στα κελιά των δοκιμών παρακολουθούνταν συνεχόμενα επί 14 ημέρες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέγιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια αλλαγής φάσης στο δοκιμαστικό κελί με ΥΑΦ ήταν σχεδόν 10 φορές μικρότερη από την αντίστοιχη στο κελί αναφοράς (κατά τις θερμές ημέρες).

Οι γυψοσανίδες με ΥΑΦ παρουσιάζουν όμως και κάποια μειονεκτήματα. Η κατάλληλη θερμοκρασία αλλαγής φάσης ποικίλει ανάλογα με το κλίμα της εκάστοτε περιοχής, ενώ η επίτευξη σωστής θερμοκρασίας γίνεται ακόμη δυσκολότερη σε περιοχές που έχουν ανάγκη τόσο από θέρμανση όσο και από ψύξη. Άλλα προβλήματα που προκύπτουν είναι η διάβρωση, η αναφλεξιμότητά τους και θέματα που αφορούν στην εφαρμογή τους όπως, για παράδειγμα, η δυνατότητα βαφής του τοίχου. [70,71]

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται μια εφαρμογή στο εσωτερικό ενός κτιρίου στην Ολλανδία με γυψοσανίδες με ενσωματωμένα ΥΑΦ τα οποία στη συνέχεια επικαλύπτονται με επίχρισμα και με μικροκάψουλες ΥΑΦ προς επίτευξη μέγιστης αποδοτικότητας.



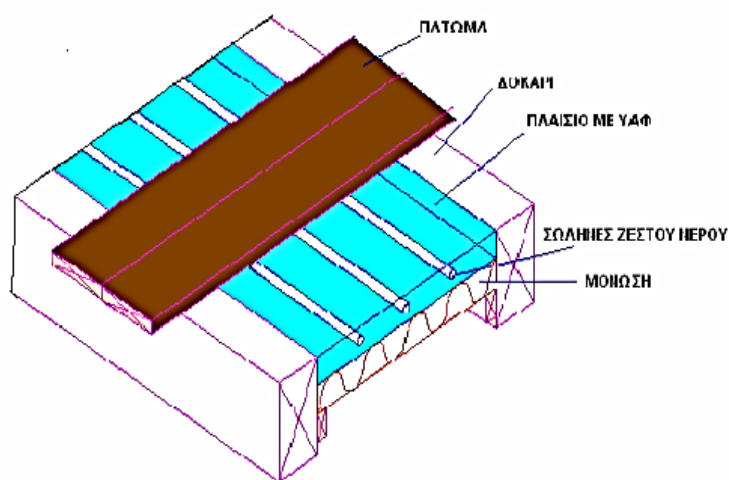
Εικόνα 53: Εφαρμογή επιχρίσματος με πρόσμιξη μικροκάψουλων ΥΑΦ σε γυψοσανίδα [72]

### 3.1.4 Συστήματα Ενδοδαπέδιας Θέρμανσης με χρήση ΥΑΦ

Η ενδοδαπέδια θέρμανση εμφανίζει το μεγάλο πλεονέκτημα της ομοιόμορφης θερμικής άνεσης σε ολόκληρο το χώρο τον οποίο θερμαίνει, για θερμοκρασίες περίπου 25 με 28°C. Το περιβάλλον που διαμορφώνεται μέσω της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι πολύ φιλικό προς τον άνθρωπο, ενώ το σύστημα δεν παρουσιάζει προβλήματα ή κινδύνους για τους χρήστες και δεν παρεμβάίνει στην αισθητική του χώρου, γεγονός που καθιστά την εφαρμογή κατάλληλη για οποιοδήποτε είδος εσωτερικού χώρου. Η ενδοδαπέδια θέρμανση μπορεί να εφαρμοστεί με συστήματα ύδατος (θερμά-υγρά) και με ηλεκτρικά συστήματα

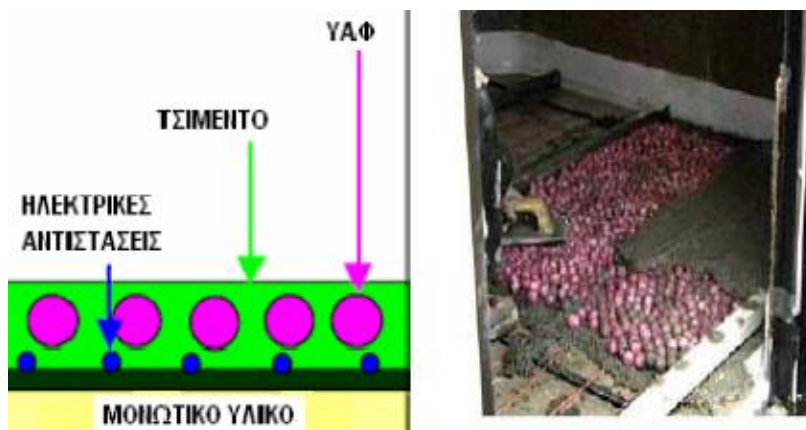
(ξηρά). Στα συστήματα ύδατος το νερό θερμαίνεται κυρίως μέσω καύσης πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Συνεπώς, η εφαρμογή των Υλικών Αλλαγής Φάσης δεν προσφέρει κάποιο ιδιαίτερο πλεονέκτημα εάν ως ενεργειακή πρώτη ύλη διατίθενται μόνο συμβατικά καύσιμα. Αυτό φυσικά δεν ισχύει στην περίπτωση που η ενδοδαπέδια θέρμανση χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με συστήματα εκμετάλλευσης μιας διαφορετικής πηγής ενέργειας, όπως λόγω χάρη η ηλιακή. [73]

Αν κατά τη διάρκεια θέρμανσης του νερού μέσω ηλιακής ακτινοβολίας δεν υπάρχουν απαιτήσεις θέρμανσης του χώρου, τότε η θερμική ενέργεια αποθηκεύεται στο Υλικό Αλλαγής Φάσης που βρίσκεται το δάπεδο. Η φόρτιση του ΥΑΦ εξασφαλίζει κατ' αυτόν τον τρόπο θερμότητα για μετέπειτα χρήση.



Εικόνα 54: Διάταξη υγρού συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης [73]

Από την άλλη πλευρά, τα ηλεκτρικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα Υλικά Αλλαγής Φάσης, εκμεταλλευόμενα το χαμηλό κόστος του ηλεκτρισμού στις ώρες μη αιχμής. Σε τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σφαιρίδια ΥΑΦ τα οποία καλύπτουν τις ηλεκτρικές αντιστάσεις. [73,74]



Εικόνα 55: Διάταξη ξηρού συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης [74]

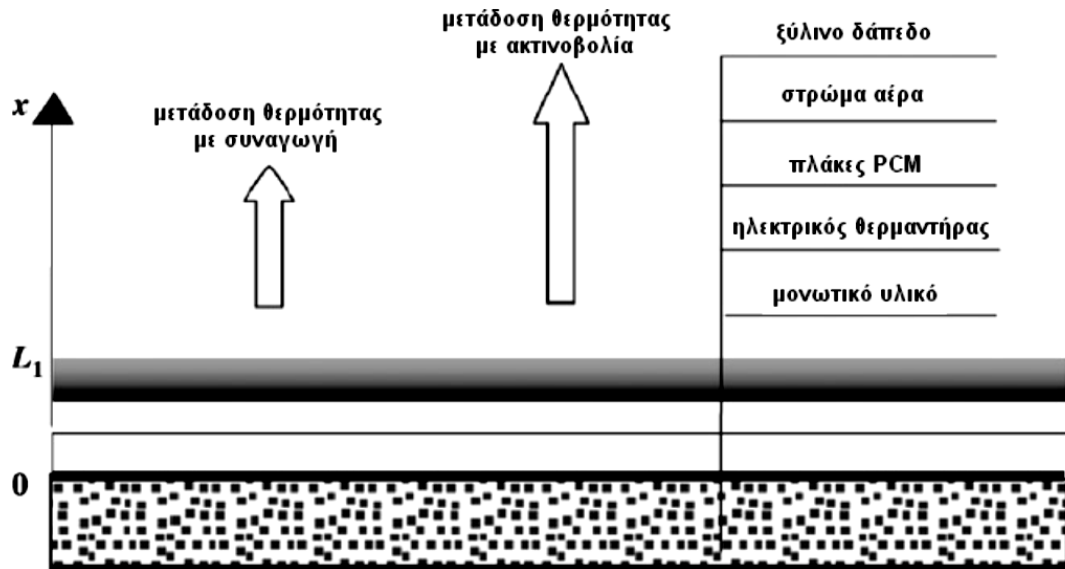
Έχει επίσης μελετηθεί το κατά πόσον επηρεάζεται η ενδοδαπέδια θέρμανση από τη χρήση χαλιών και ξύλινων επενδύσεων πατώματος πάνω από τσιμέντο ή μίγμα γύψου - τσιμέντου. Υλικά όπως το τσιμέντο και τα μίγματα αυτού αποτελούν τη θερμική μάζα του δαπέδου και τα μέσα αποθήκευσης της ενέργειας.

Γενικότερα, η θέρμανση μέσω ακτινοβολίας εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη θέρμανση μέσω συναγωγής. Ένα από αυτά είναι η εξοικονόμηση ζωτικού χώρου καθώς, στα συστήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης, η ακτινοβολία απορροφάται άμεσα από το δάπεδο. Η θερμική μάζα του δαπέδου αποθηκεύει την ακτινοβολία κάνοντας δυνατή την καλύτερη κατανομή των ενεργειακών φορτίων κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ωστόσο, όσο πυκνότερη είναι η θερμική μάζα του δαπέδου, τόσο μεγαλύτερες είναι και οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου. Ένα υλικό με μεγάλη πυκνότητα το οποίο αποτελεί συνήθως τη θερμική μάζα του δαπέδου είναι το τσιμέντο. Η χρήση ΥΑΦ αντί άλλων υλικών εγγυάται μεγάλη αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας μέσα στο μικρό εύρος θερμοκρασιών που συναντώνται στην πλειοψηφία των κτιρίων. [74]

Οι Kunring Lina et al. [81] προώθησαν ένα νέο είδος ενδοδαπέδιου ηλεκτρικού συστήματος θέρμανσης με πλάκες ΥΑΦ σταθερού σχήματος. Σε αντίθεση με τα συμβατικά Υλικά Αλλαγής Φάσης, τα σταθερού σχήματος ΥΑΦ μπορούν να διατηρήσουν το σχήμα τους αμετάβλητο κατά τη διαδικασία της αλλαγής φάσης αποφεύγοντας συνεπώς τον κίνδυνο διαρροής τους. Το σύστημα αυτό μπορεί να φορτιστεί χρησιμοποιώντας το φθηνό νυχτερινό ηλεκτρικό ρεύμα και να αποδώσει την αποθηκευμένη ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Για να υπολογιστεί η θερμική απόδοση του ενδοδαπέδιου ηλεκτρικού συστήματος θέρμανσης με πλάκες ΥΑΦ σταθερού σχήματος, το σύστημα εφαρμόστηκε σε ένα πειραματικό σπίτι στα πλαίσια μελέτης του πανεπιστημίου της Tsinghua στο Πεκίνο. Οι διαστάσεις του πειραματικού σπιτιού ήταν:  $M \times \Pi \times \Upsilon = 3m \times 2m \times 2m$ . Διέθετε ένα παράθυρο νότιου προσανατολισμού, διαστάσεων  $1,6m \times 1,5m$ , με διπλό τζάμι καλυμμένο με μαύρη κουρτίνα. Η οροφή και οι τοίχοι ήταν κατασκευασμένα από πολυεστερικά πάχους  $100mm$ , καλυμμένα από μέταλλο. Το ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης περιελάμβανε μόνωση πολυεστερίνης πάχους  $120mm$ , ηλεκτρικούς θερμαντήρες, ΥΑΦ πάχους  $15mm$ , ξύλινα στηρίγματα, στρώμα αέρα πάχους  $10mm$  και δάπεδο πάχους  $8mm$ . Στην εικόνα 64 αναπαριστάται η κατασκευή του εν λόγω συστήματος θέρμανσης [81]. Το πείραμα κατέληξε στα εξής συμπεράσματα:

- Η θερμοκρασία του ΥΑΦ διατηρήθηκε στη θερμοκρασία αλλαγής φάσης για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά το τέλος της λειτουργίας των θερμαντήρων. Πάνω από το 50% της ηλεκτρικής θερμικής ενέργειας μεταφέρθηκε από την περίοδο της μέγιστης ζήτησης σε περίοδο μικρότερης ζήτησης, γεγονός που μεταφράζεται σε σημαντικό οικονομικό όφελος λόγω του διαφορετικού κόστους του ηλεκτρικού ρεύματος μεταξύ μέρας και νύχτας. [82]
- Η μικρή διαφορά στην εσωτερική θερμοκρασία κατά μήκος της κατακόρυφης διεύθυνσης εμφανίστηκε εξαιτίας του γεγονότος ότι η ενδοδαπέδια θέρμανση μπορούσε να ζεστάνει τον εσωτερικό αέρα ομοιόμορφα, συνεπώς το σύστημα θέρμανσης αποδείχθηκε ενεργειακά αποδοτικό. [81]



Εικόνα 56: Απεικόνιση ενδοδαπέδιου ηλεκτρικού συστήματος θέρμανσης με πλάκες ΥΑΦ σταθερού σχήματος [81]

Οι δυνατότητες χρήσης ΥΑΦ σε ενδοδαπέδια θέρμανση μελετήθηκαν και από άλλους ερευνητές [82,83]. Μία από τις περιπτώσεις μελέτης, [83], αφορά σε στρώμα ΥΑΦ, με σημείο τήξης περί τους 40°C, πάχους 30mm, τοποθετημένο ανάμεσα στον θερμαντήρα και στα πλακάκια του δαπέδου. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν ότι το στρώμα αυτό είναι ικανό να παρέχει την αναγκαία θερμότητα κατά τη διάρκεια της μέρας, όταν ο θερμαντήρας χρησιμοποιείται μόνο οκτώ ώρες κατά τη διάρκεια της νύχτας, επιτυγχάνοντας μεταφορά θερμότητας της τάξεως των 7,2 MJ/m<sup>2</sup> ανά ημέρα, και ουσιαστικά μεταφέροντας ηλεκτρική ενέργεια από περιόδους αυξημένης ζήτησης σε περιόδους περιορισμένης ζήτησης. Στα πλαίσια μια άλλης μελέτης, [84], δυο πλάκες σκυροδέματος με διαστάσεις 0,5m x 0,5m x 0,5m κατασκευάστηκαν για να προσομοιώσουν τα συστήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης με και χωρίς ΥΑΦ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σύστημα με μέσο αποθήκευσης θερμότητας το CaCl<sub>2</sub> 6H<sub>2</sub>O είναι ικανό να εξασφαλίσει ομοιόμορφη θέρμανση κατά τη διάρκεια της ημέρας και να κρατήσει την επιφάνεια του δαπέδου κοντά στην επιθυμητή θερμοκρασία των 24°C [85].

### 3.1.5 Ενεργειακά Αποδοτικά Παραθύρα

Η μετατροπή ενός απλού παραθύρου σε ενεργειακά αποδοτικό μπορεί να πραγματοποιηθεί με ποικίλους τρόπους. Ένας από αυτούς είναι και η χρήση παραθυρόφυλλων που περιέχουν Υλικό Αλλαγής Φάσης στις εξωτερικές επιφάνειες παραθύρων. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι γρίλιες παραμένουν ανοιχτές έτσι ώστε η εξωτερική τους πλευρά να είναι εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι το ΥΑΦ απορροφά την ακτινοβολία και την αποθηκεύει ως θερμότητα αλλαγής φάσης ενώ τήκεται.

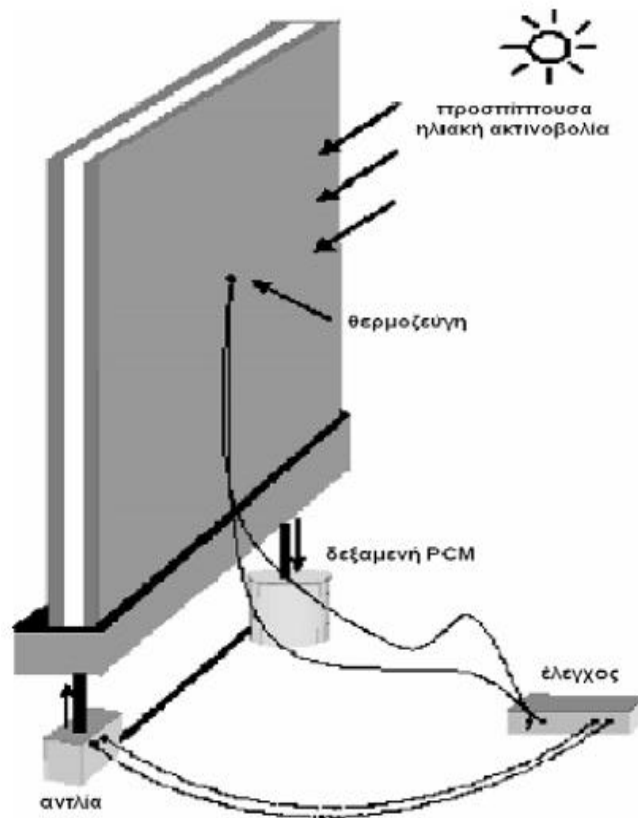
Κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν τα παραθυρόφυλλα είναι κλειστά και τα παράθυρα ανοιχτά, η αποθηκευμένη θερμότητα αποδίδεται στο χώρο. Κατά την εφαρμογή αυτού του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας, διαπιστώθηκε ότι η χρήση παντζουριών με ΥΑΦ μπορεί να μειώσει τη θερμοκρασία του δωματίου έως και 2°C. [75]



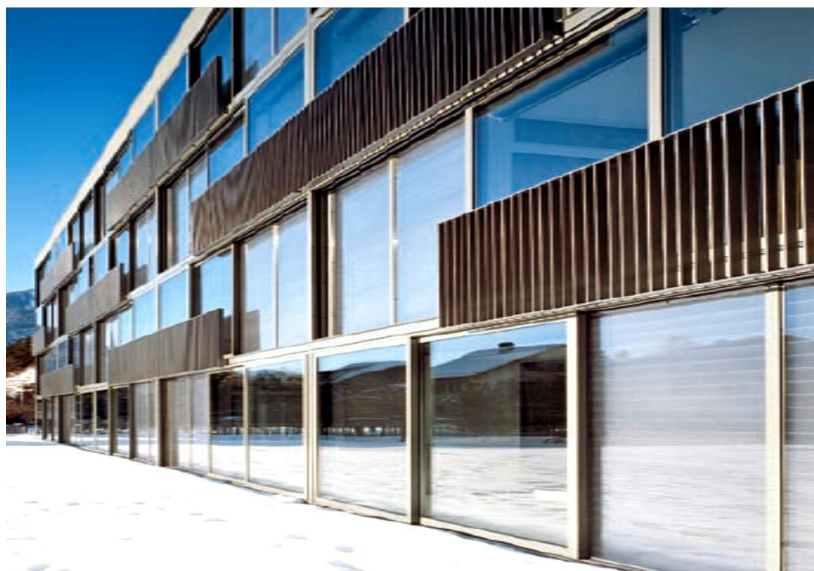
**Εικόνα 57: Κάθετες και οριζόντιες εσωτερικές γρίλιες παραθύρων με ΥΑΦ [75]**

Μια πρωτότυπη ιδέα που προτάθηκε είναι τα θερμικά ενεργά παράθυρα με κινούμενες κουρτίνες με ΥΑΦ. Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από ένα παράθυρο και μια κουρτίνα με ΥΑΦ και με δυνατότητα κίνησης. Το παράθυρο διαθέτει διπλά τζάμια, ανάμεσα στα οποία υπάρχει ένα κενό, ενώ στην άκρη βρίσκεται ένας εξαεριστήρας. Οι πλευρές και το κάτω μέρος του παραθύρου είναι σφραγισμένα, εκτός από δύο τρύπες στο κάτω μέρος οι οποίες επικοινωνούν, μέσω πλαστικού σωλήνα, με μια αντλία και μια δεξαμενή γεμάτη ΥΑΦ. Η αντλία με τη σειρά της επικοινωνεί με τη δεξαμενή του ΥΑΦ, το οποίο είναι σε υγρή μορφή. Η λειτουργία της αντλίας ελέγχεται από έναν αισθητήρα διαφοράς θερμοκρασίας. Όταν η διαφορά θερμοκρασίας αγγίζει μία προκαθορισμένη τιμή, τότε ξεκινά η λειτουργία της αντλίας και το ΥΑΦ αντλείται έως ότου γεμίσει το κενό μεταξύ των φύλλων του παραθύρου. Εξαιτίας της χαμηλότερης θερμοκρασίας της εξωτερικής επιφάνειας, το ΥΑΦ ξεκινά να ψύχεται σχηματίζοντας ένα στερεό στρώμα το οποίο αυξάνεται σε πάχος με το χρόνο, αποτρέποντας έτσι τη μείωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι όλη η ποσότητα του υλικού να αλλάξει φάση και να βρεθεί σε στερεή κατάσταση. Αν η σχεδίαση του παραπάνω συστήματος γίνει σωστά, έχει προβλεφθεί πως η εκ νέου αύξηση της εξωτερικής θερμοκρασίας θα ξεκινήσει πριν ολοκληρωθεί η στερεοποίηση του ΥΑΦ. [75]

Αντίστοιχη εφαρμογή έχει υλοποιηθεί σε πραγματικό κτίριο, συγκεκριμένα σε οίκο ευγηρίας, το οποίο φέρει υαλοπίνακες με ενσωματωμένο ΥΑΦ, όπως φαίνεται στην εικόνα 58.



Εικόνα 58: Διάταξη ενεργειακά αποδοτικού παραθύρου με ΥΑΦ [75]



Εικόνα 59: Κοντινή άποψη της νότιας πρόσοψης των διαμερισμάτων με υαλοπίνακες με ενσωματωμένα Υλικά Αλλαγής Φάσης [72]



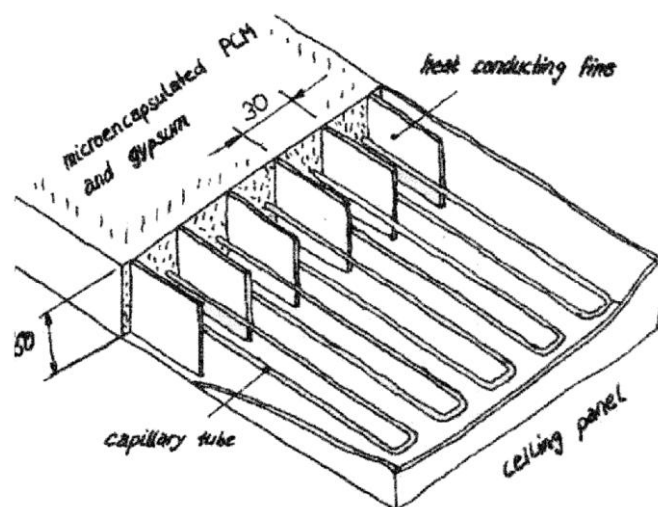
## 3.2 Ενεργητικά Συστήματα Κτιρίων

Στα ενεργητικά συστήματα ψύξης - θέρμανσης η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται χρησιμοποιώντας κάποιο είδος συλλεκτών σε συνδυασμό με δεξαμενές νερού. Στα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού, το νερό αποθηκεύεται σε πλαστικό (όπως για παράδειγμα το fiberglass, το οποίο χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό και είναι κατασκευασμένο από άμμο και ανόργανα συστατικά) ή σε ατσάλινες δεξαμενές με επένδυση γυαλιού, τα οποία και διαχωρίζονται θερμικά από το υπόλοιπο κτίριο μέσω μόνωσης. Η ηλιακή ενέργεια που αποθηκεύεται στη μονάδα αποθήκευσης μπορεί να βρίσκεται σε αισθητή ή λανθάνουσα μορφή ενώ η απόδοσή της στο χώρο γίνεται μέσω ηλεκτρικών βανών, αντλιών, ανεμιστήρων ή άλλων μηχανικών μέσων. [62]

### 3.2.1 Ενεργητικό πάνελ οροφής

Η ιδέα των πάνελ οροφής αναπτύχθηκε από τους Markus Koschenz και Beat Lehmann [76] προκειμένου να επιτευχθεί ικανοποιητική αποθήκευση θερμότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Σύμφωνα με το εν λόγω σύστημα, το ΥΑΦ τήκεται κατά τη διάρκεια της ημέρας μετά από έκθεσή του σε θερμικά φορτία, ενώ ψύχεται και στερεοποιείται κατά τη διάρκεια της νύχτας με τη βοήθεια ενός ολοκληρωμένου συστήματος σωλήνων νερού. Η προσωρινή αποθήκευση θερμικής ενέργειας στο ΥΑΦ μειώνει το εύρος της θερμοκρασιακής διακύμανσης του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει στη διαδικασία απόρριψης θερμότητας να μη γίνεται παράλληλα με το θερμικό κέρδος. [76]

Η διάταξη των πάνελ οροφής απαιτεί πολύ αυστηρές προφυλάξεις πυρόσβεσης προκειμένου να αποτραπεί η διαρροή της υγρής παραφίνης που χρησιμοποιείται συνήθως ως ΥΑΦ. Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται πολλές φορές μικροκάψουλες παραφίνης οι οποίες ενσωματώνονται σε ορισμένα υλικά όπως ο γύψος. Με τον τρόπο αυτό, το ΥΑΦ βρίσκεται σε μια σταθερή δομή, ενώ παράλληλα το περιεχόμενο μέσα στο γύψο νερό καθυστερεί την εξάπλωση της φλόγας σε περίπτωση πυρκαγιάς. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται μια τυπική μορφή πάνελ οροφής με ΥΑΦ.



Εικόνα 60: Σχηματική απεικόνιση θερμικά ενεργοποιημένου πάνελ οροφής με ΥΑΦ [76]

Στις κτιριακές εφαρμογές, τα ΥΑΦ μπορούν να ενσωματωθούν σε δομικά υλικά όπως το σκυρόδεμα, τα στοιχεία ξηράς δόμησης, το ξύλο και άλλα, προκειμένου να ενισχύσουν τη θερμική συμπεριφορά κτιρίων βαριάς ή ελαφριάς κατασκευής. Μπορούν επίσης να ενσωματωθούν σε κυκλώματα νερού και αέρα στο πλαίσιο ειδικών συστημάτων θέρμανσης.



**Εικόνα 61: Έκχυση τσιμέντου με προσμίξεις ΥΑΦ στην οροφή του κτιρίου WIL0, στην Ολλανδία [72]**

Στην παραπάνω εικόνα διακρίνονται οι σωληνώσεις του συστήματος θέρμανσης του κτιρίου οι οποίες ενσωματώνονται στη μάζα του τσιμέντου προκειμένου το νερό που κυκλοφορεί σε αυτές να απορροφά μέρος της αποθηκευμένης θερμότητας.

### **3.2.2 Οροφές για ενεργητική θέρμανση και ψύξη**

Η οροφή αποτελεί ένα πολύ σημαντικό τμήμα του κτιριακού κελύφους καθώς, με τη βοήθεια των ΥΑΦ, μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για τη θέρμανση όσο και για τον δροσισμό του κτιρίου. Στη συνέχεια παρατίθενται μερικές αξιοσημείωτες μελέτες διαφόρων επιστημόνων. Ο Bruno [77] ανέπτυξε ένα σύστημα δροσισμού με χρήση Υλικών Αλλαγής Φάσης στο οποίο η αποθήκευση της ενέργειας γινόταν κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης και η απόδοσή της κατά τις ώρες αιχμής. Το ΥΑΦ που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη μελέτη είχε σημείο τήξης εύρους 20 έως 30 °C, περιελάμβανε δηλαδή την θερμοκρασία θερμικής άνεσης.

Ακόμη, ο Benard [78] μελέτησε στο Περού μια ηλιακή στέγη λανθάνουσας θερμότητας ως προς την ικανότητά της να διατηρεί ισοθερμικές τις συνθήκες ενός πειραματικού εκκολαπτηρίου πτηνών, το οποίο ήταν χωρισμένο σε δυο συνδεδεμένα μεταξύ τους τμήματα: μια αυλή και μια θερμαινόμενη περίφραξη. Δυο ημικυκλικές δεξαμενές, οι επιφάνειες των οποίων ήταν καλυμμένες με γυαλί, γεμάτες με 42kg παραφίνης βρίσκονταν τοποθετημένες κάτω από αεροστεγή, γυάλινη σκεπή. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, προκειμένου να διατηρηθεί η θερμοκρασία της περίφραξης στο εύρος 22 έως 30 °C, τοποθετούνταν μεταξύ της γυάλινης οροφής και των δεξαμενών παραφίνης



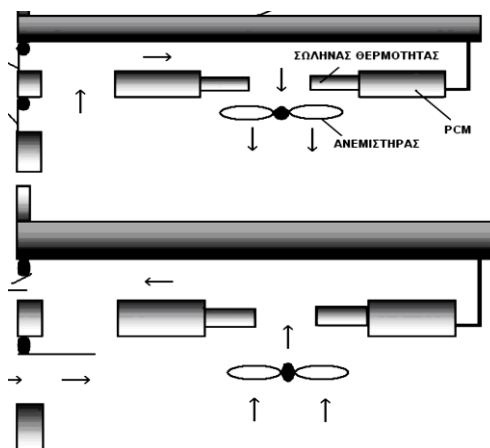
κατάλληλοι, μεγάλου πάχους, μονωτές πολυουρεθάνης. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η υπό μελέτη εγκατάσταση.



**Εικόνα 62: Πειραματική εγκατάσταση του ερευνητή Benard. Αριστερά φαίνεται η αυλή και δεξιά η θερμαινόμενη από τον ήλιο περίφραξη [78]**

Ένα σύστημα θέρμανσης χώρου, το οποίο περιλαμβάνει την τοποθέτηση ΥΑΦ στο διάκενο της οροφής, αναπτύχθηκε και από τους Guthertz και Schiler [65]. Στο εν λόγω σύστημα, ηλιακά κάτοπτρα χρησιμοποιήθηκαν για την καθοδήγηση της ηλιακής ακτινοβολίας από το παράθυρο προς το ΥΑΦ. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του συγκεκριμένου συστήματος ήταν η δυνατότητά του να εκμεταλλεύεται μεγάλη περιοχή για την αποθήκευση της θερμότητας, χωρίς την ανάγκη τεράστιων όγκων για το μέσο αποθήκευσης, πράγμα απαραίτητο σε ένα σύστημα αποθήκευσης αισθητής θερμότητας. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης έδειξαν ότι με τη χρήση αυτού του συστήματος μπορεί να ανακτηθεί ποσοστό από 17 έως και 36% της χαμένης θερμότητας από τα αρχικά κέρδη.

Οι Turnpenny et al. [79] με τη σειρά τους μελέτησαν μια διάταξη αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας αποτελούμενη από σωλήνες με ενσωματωμένο Υλικό Αλλαγής Φάσης. Σκοπός λειτουργίας της εν λόγω διάταξης ήταν η «αποθήκευση της δροσιάς» κατά τη διάρκεια της νύχτας και η απελευθέρωσή της κατά τη διάρκεια της ημέρας. Με τη βοήθεια ενός μονοδιάστατου μοντέλου προσομοίωσης της μεταφοράς θερμότητας από τον αέρα στο ΥΑΦ, οι μελετητές κατάφεραν να πραγματοποιήσουν τη διαστασιολόγηση της πειραματικής διάταξης. Μια αναπαράστασή της φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



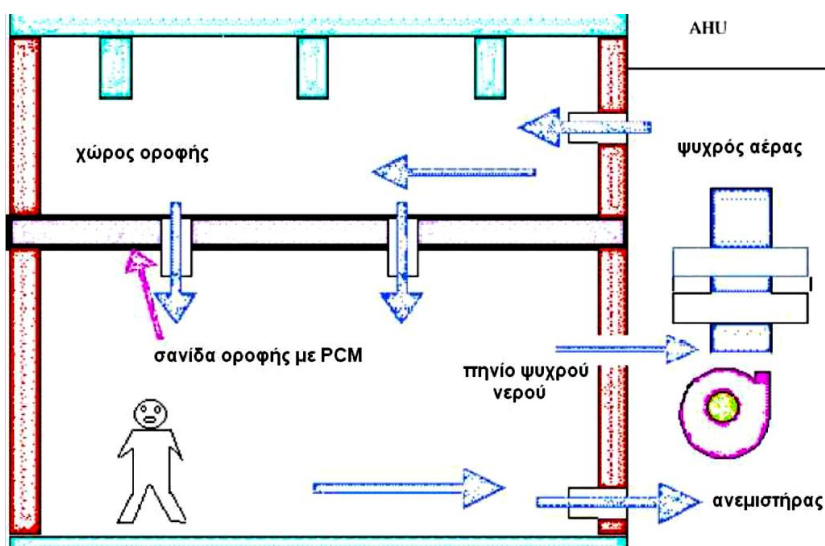
**Εικόνα 63: Σχεδιάγραμμα της διάταξης των μελετητών Turnpenny et al. Στο επάνω μέρος φαίνεται η λειτουργία κατά τη διάρκεια της ημέρας ενώ στο κάτω μέρος η λειτουργία κατά τις νυχτερινές ώρες. [79]**

Μια τελευταία μελέτη αξία αναφοράς είναι αυτή των ερευνητών Kodo και Ibamoto [80] σε σχέση με την επίδραση της χρήσης ΥΑΦ σε συστήματα κλιματισμού, εγκατεστημένα στις οροφές κτιρίων με γραφεία. Στα συγκεκριμένα κτίρια, η μονωτική επένδυση της σανίδας οροφής εμπλουτίστηκε με μικροενσωματωμένο ΥΑΦ σημείου τήξης περί τους 25 °C, θερμοκρασία που ορίζει και τη θερμική άνεση του χώρου.

Κατά τη διάρκεια της νύχτας, ο ψυχρός αέρας από τη μονάδα διαχείρισης αέρα (AHU) εισέρχεται στο χώρο της οροφής ψύχοντας τη σανίδα με το ΥΑΦ, με αποτέλεσμα το τελευταίο να αποθηκεύει ψυκτική ενέργεια στο εσωτερικό του. Η ενέργεια αυτή αποδίδεται στο δωμάτιο κατά τη διάρκεια των ωρών που το θερμικό φορτίο γίνεται μέγιστο, κρατώντας το με αυτόν τον τρόπο δροσερό. Η πειραματική μελέτη απέδειξε ότι η αύξηση της θερμοκρασίας του δωματίου στις ώρες αιχμής είναι της τάξης των 2 °C, σε αντίθεση με την αύξηση των 6 °C που παρατηρείται όταν δεν χρησιμοποιείται σανίδα οροφής με ΥΑΦ. Σε γενικές γραμμές, το συγκεκριμένο σύστημα παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Αποτελεσματικότερη αποθήκευση θερμότητας λόγω της υψηλής πυκνότητας του ψυχρού αέρα που έρχεται σε επαφή με τη σανίδα οροφής με ΥΑΦ.
- Μεγαλύτερη επιφάνεια αποθήκευσης θερμότητας λόγω της απρόσκοπτης ροής του ψυχρού αέρα στο εσωτερικό του χώρου οροφής, χωρίς την επίδραση οποιασδήποτε ακτινοβολίας.
- Αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης του δωματίου, καθώς η θερμοκρασία της σανίδας οροφής διατηρείται στο σημείο τήξης του ΥΑΦ για αρκετά μεγάλη χρονική περίοδο. [80]

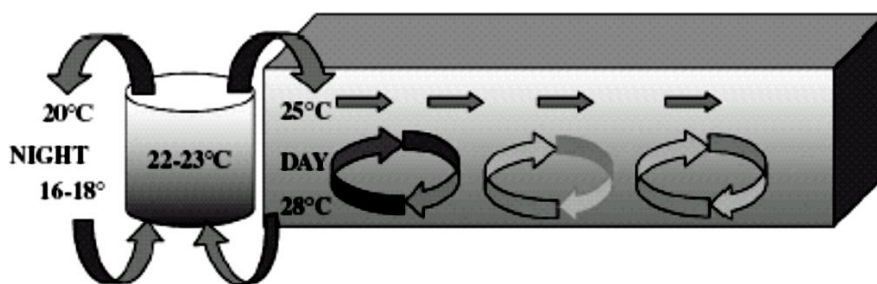
Η επόμενη **Error! Reference source not found.**εικόνα παρουσιάζει μια απεικόνιση της εγκατάστασης που περιγράφηκε παραπάνω.



Εικόνα 64: Απεικόνιση του συστήματος οροφής με PCM από τους Kodo και Ibamoto [80].

### 3.2.3 Free Cooling

Η μορφή κλιματισμού «Free cooling», σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, ερευνήθηκε στο University of Zaragoza στην Ισπανία [86]. Στόχος της έρευνας ήταν να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί μια πειραματική εγκατάσταση για την μελέτη των ΥΑΦ με θερμοκρασία τήξης μεταξύ των 20°C και 25 °C , όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 65: Σύστημα Free Cooling

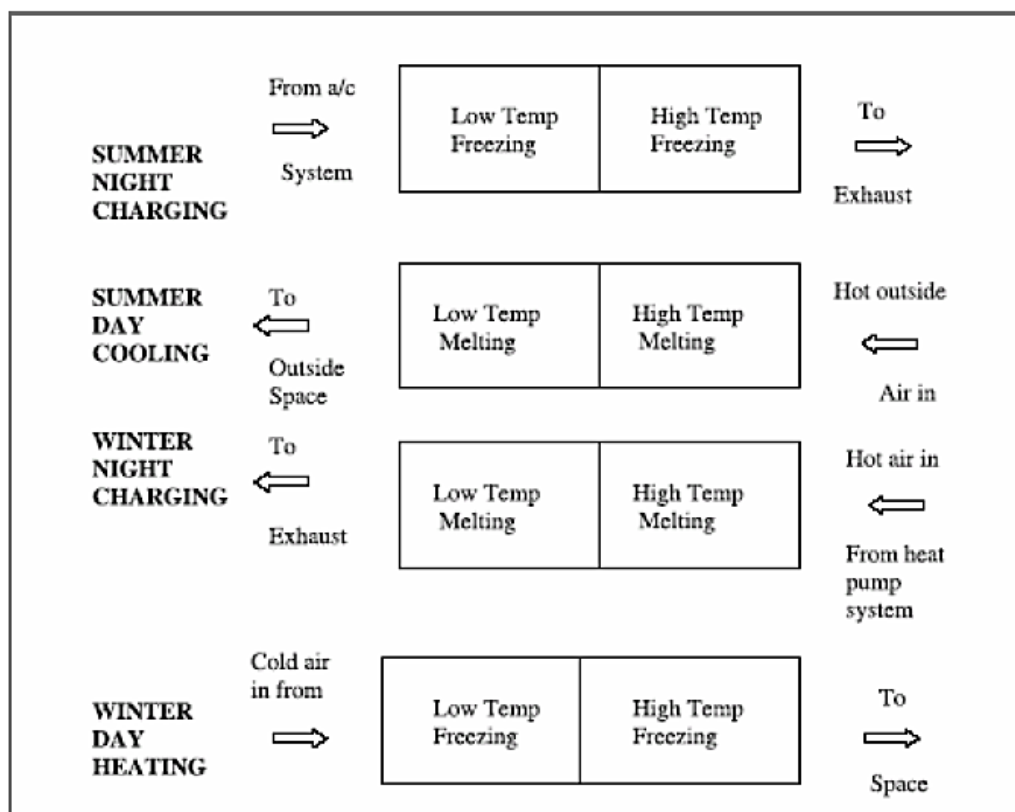
Το συγκεκριμένο θερμοκρασιακό εύρος φαίνεται να είναι το καταλληλότερο για τον κλιματισμό σύμφωνα με τη μέθοδο free cooling, καθώς οι θερμοκρασίες του περιβάλλοντος συνήθως πέφτουν κάτω από τους 20 με 25 °C κατά τη διάρκεια της νύχτας, επομένως είναι αρκετά χαμηλές ώστε να ψύχουν τον αέρα στα κτίρια. Η εγκατάσταση του free cooling, προς αποθήκευση του κρύου κατά τη διάρκεια της νύχτας και απόδοσής του κατά τη διάρκεια της ημέρας απαιτεί κλίματα στα οποία η θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στην ημέρα και τη νύχτα είναι, για τους καλοκαιρινούς μήνες, μεγαλύτερη από 15°C. [86]

### 3.2.4 Συνδυασμένο σύστημα ψύξης - θέρμανσης με ΥΑΦ

Το κέντρο βιώσιμης ενέργειας στην UniSA [87] άρχισε να ασχολείται με τα ΥΑΦ στα μέσα της δεκαετίας του 1990, κατά την προσπάθεια ανάπτυξης μιας μονάδας αποθήκευσης η οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη εσωτερικών χώρων. Η φόρτιση της υπό μελέτη μονάδας αποθήκευσης κατά τη διάρκεια της νύχτας και η χρήση της ενέργειας την ημέρα, γινόταν μέσω συστήματος αποθήκευσης ενέργειας αποτελούμενο από δύο διαφορετικά ΥΑΦ, ενσωματωμένα σε ένα σύστημα αντιστρεπτού κύκλου. Το σύστημα χρησιμοποιούσε ηλεκτρική ενέργεια παραγόμενη σε ώρες χαμηλής ζήτησης. Καθώς ο αέρας ωθείτο στο σύστημα, υπόκειτο σε διαδικασία θέρμανσης ή ψύξης δύο βημάτων, περνώντας πρώτα από το ένα ΥΑΦ και έπειτα από το άλλο, όπως φαίνεται και στην εικόνα 66. Το σημείο τήξης - στερεοποίησης του πρώτου ΥΑΦ βρίσκεται χαμηλότερα από την θερμοκρασία που δημιουργεί την αίσθηση άνεσης, ενώ το δεύτερο το σημείο τήξης - στερεοποίησης του δεύτερου ΥΑΦ βρίσκεται πάνω από αυτή τη θερμοκρασία.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η ροή του αέρα γινόταν με τρόπο ώστε το σύστημα να αποθηκεύει θερμότητα τη νύχτα (με την τήξη και των δύο υλικών) και να την αποδίδει την ημέρα, σε θερμοκρασία υψηλότερη των συνθηκών άνεσης.

Το καλοκαίρι, λόγω αντιστροφής της κατεύθυνσης της ροής του αέρα, το σύστημα αποθήκευσε ψυχρή ενέργεια τη νύχτα και απέδιδε τον ψυχρό αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας σε θερμοκρασία χαμηλότερη της θερμοκρασίας άνεσης. Με τη χρήση υπολογιστικού μοντέλου για το σύστημα αποθήκευσης, η μελέτη κατέληξε στον προσδιορισμό των θερμών και ψυχρών φορτίων που μεταφέρονται στις περιόδους χαμηλής ζήτησης.



**Εικόνα 66: Φόρτιση κατά της διάρκειας της νύχτας και απόδοση της αποθηκευμένης θερμότητας κατά τη διάρκεια της μέρας [87]**

Το υπολογιστικό μοντέλο έδωσε μάλιστα τη δυνατότητα υπολογισμού του ετήσιου κέρδους από την εξοικονόμηση ενέργειας. Μέσω της χρήσης συστήματος αποθήκευσης θερμότητας το οποίο περιέχει δύο διαφορετικά ΥΑΦ, μπορεί να μειωθεί η απαιτούμενη ισχύς και συνεπώς το αρχικό κόστος της κλιματιστικής μονάδας μιας κατοικίας. Μπορεί επιπλέον να μετατοπιστεί ένα μέρος των φορτίων θέρμανσης και ψύξης σε ώρες χαμηλότερης ζήτησης, οπότε και η τιμή του ρεύματος είναι χαμηλότερη.

Οι υπολογισμοί για ένα τυπικό σπίτι στην Αδελαΐδα έδειξαν ότι σύστημα αποθήκευσης θερμότητας αποτελούμενο από 100 kg ΥΑΦ θερμοκρασίας τήξης 29°C και από 80 kg ΥΑΦ θερμοκρασίας τήξης 18°C μείωσε το ποσοστό του απαιτούμενου φορτίου για τον οικιακό κλιματισμό κατά 50%. Επιπλέον, το ετήσιο ηλεκτρικό κόστος μειώθηκε κατά 32% εξ αιτίας της μετατόπισης του φορτίου σε ώρες χαμηλής ζήτησης. [87]

Δυο χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογής αντίστοιχου συστήματος παρουσιάζονται παρακάτω. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη κατά σειρά εικόνα παρουσιάζεται ένας φουτουριστικός εκθεσιακός χώρος με το όνομα “Floating Pavilion” που βρίσκεται στην Ολλανδία και φέρει συνδυασμένο σύστημα ψύξης – θέρμανσης με χρήση ΥΑΦ. Στη δεύτερη εικόνα παρουσιάζονται τα γραφεία της επιτροπής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ολλανδία, τα οποία φέρουν σύστημα κλιματισμού με ενσωματωμένα ΥΑΦ.



Εικόνα 67: Χώρος εκδηλώσεων και εκθέσεων “Floating pavilion” στην περιοχή του Rijnhaven (Rotterdam), ο οποίος φέρει σύστημα κλιματισμού με ενσωματωμένα ΥΑΦ [72]



Εικόνα 68: Κτίριο γραφείων επιτροπής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ολλανδία, το οποίο φέρει σύστημα κλιματισμού με ενσωματωμένα ΥΑΦ [72]



### 3.2.5 Ηλιακά συστήματα θέρμανσης αέρα με χρήση ΥΑΦ

Η αποτυχία των προσπαθειών από τους Telkes και Raymond [88] αλλά και από τους Hodgins και Hoffman [89] για τη χρήση ΥΑΦ σε ενεργητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης κτιρίων, δημιούργησε την ανάγκη αριθμητικής μοντελοποίησης των ηλιακών συστημάτων θέρμανσης αέρα με χρήση ΥΑΦ. Το εγχείρημα έγινε από τους Jurinak και Abdel-Khalik [89-91]. Η επίδραση παραγόντων όπως οι διαστάσεις και τα θερμικά χαρακτηριστικά της μονάδας αποθήκευσης, η επιφάνεια και η τοποθεσία των συλλεκτών καθώς και το πώς αυτοί οι παράγοντες επιδρούν στη λειτουργικότητα του συστήματος, ερευνήθηκαν μέσω κατάλληλων πειραμάτων. Τα ΥΑΦ που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα αυτά ήταν το άλας του Glauber και η παραφίνη. Το κύριο συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν οι ερευνητές ήταν ότι το συγκεκριμένο σύστημα απαιτεί περίπου το ποσοστό του όγκου αποθήκευσης μιας κλίνης χαλικίων και το 1/4 μιας απλής δεξαμενής νερού. Άρα, αναφορικά με τον όγκο, η χρήση του συγκεκριμένου συστήματος προέκυψε αρκετά συμφέρουσα.

Ο Enib [92] σχεδίασε και μελέτησε επιτυχώς τη συμπεριφορά ενός ηλιακού θερμαντήρα αέρα φυσικής κυκλοφορίας, με αποθήκευση ενέργειας μέσω Υλικού Αλλαγής Φάσης. Κατά τη διάρκεια της ημέρας εξετάστηκε η απόκριση του συστήματος υπό από φυσιολογικές, χωρίς φόρτιση, περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας περιορίστηκαν μεταξύ 19 και 41 °C, ενώ η ημερήσια ολική ακτινοβολία κυμάνθηκε στα 4,9 έως 19,9 MJ/m<sup>2</sup>. Η μέγιστη θερμοκρασιακή αύξηση του θερμαινόμενου αέρα παρατηρήθηκε ίση με 15 K, ενώ η ολική απόδοση του συστήματος έφτασε το 50%. Σε γενικές γραμμές, το σύστημα κρίθηκε κατάλληλο για χρήση ως ηλιακός θάλαμος ξήρανσης γεωργικής σοδειάς καθώς, σε αυτή την περίπτωση, δεν απαιτείται άμεση έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία. Η επόμενη εικόνα αποτελεί πραγματική απεικόνιση της περιγραφείσας διάταξης.



Εικόνα 69: Φωτογραφία ενός συστήματος θέρμανσης αέρα. (Α) Κατασκευή συλλέκτη και υποσυστημάτων αποθήκευσης ενέργειας και θέρμανσης αέρα. (Β) Θερμαινόμενος χώρος [92].

### 3.2.6 Ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού με χρήση ΥΑΦ

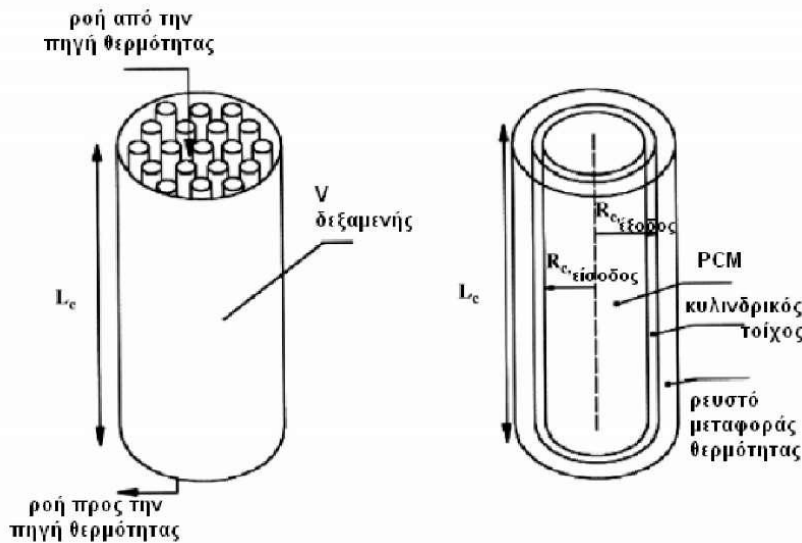
Η χρήση ηλιακών θερμαντήρων νερού για τη θέρμανση κτιριακών εγκαταστάσεων είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη καθώς αυτοί αποτελούν μια σχετικά φθηνή και απλή λύση ως προς την κατασκευή αλλά και τη συντήρησή τους. Συνεπώς, πολλοί ερευνητές βρήκαν ενδιαφέρουσα την ενσωμάτωση Υλικών Αλλαγής Φάσης σε τέτοιου είδους συστήματα προκειμένου η απορροφώμενη από τον ήλιο θερμότητα να αποθηκεύεται και να χρησιμοποιείται όποτε κρίνεται απαραίτητο.

Ο πρώτος που ασχολήθηκε με τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού με ΥΑΦ ήταν ο Prakash [93]. Εκείνος και η ομάδα του ανέλυσαν τη λειτουργία ενός ηλιακού θερμαντήρα νερού στον οποίο η αποθήκευση ενέργειας πραγματοποιούταν από ένα στρώμα ΥΑΦ τοποθετημένο στον πυθμένα του θερμαντήρα. Η λειτουργία του είχε ως εξής: Κατά τη διάρκεια ωρών με ηλιοφάνεια, το νερό ζεσταινόταν μεταφέροντας θερμότητα στο Υλικό Αλλαγής Φάσης. Τις υπόλοιπες ώρες, το θερμό πλέον νερό απομακρυνόταν και αντικαθίστατο με κρύο, το οποίο απορροφούσε την αποθηκευμένη στο ΥΑΦ θερμότητα προκαλώντας την αλλαγή της φάσης του από υγρή σε στερεή. Το συγκεκριμένο είδος συστήματος δεν ήταν ιδιαίτερα αποδοτικό λόγω ανεπαρκούς μετάδοσης της θερμότητας μεταξύ νερού και ΥΑΦ.

Οι Bansal και Buddhi [94] μελέτησαν θεωρητικά τη φόρτιση και αποφόρτιση μιας κυλινδρικής μονάδας αποθήκευσης θερμότητας σε κλειστό βρόχο με έναν επίπεδο συλλέκτη. Τα Υλικά Αλλαγής Φάσης που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη έρευνα ήταν η παραφίνη και το στεατικό οξύ.

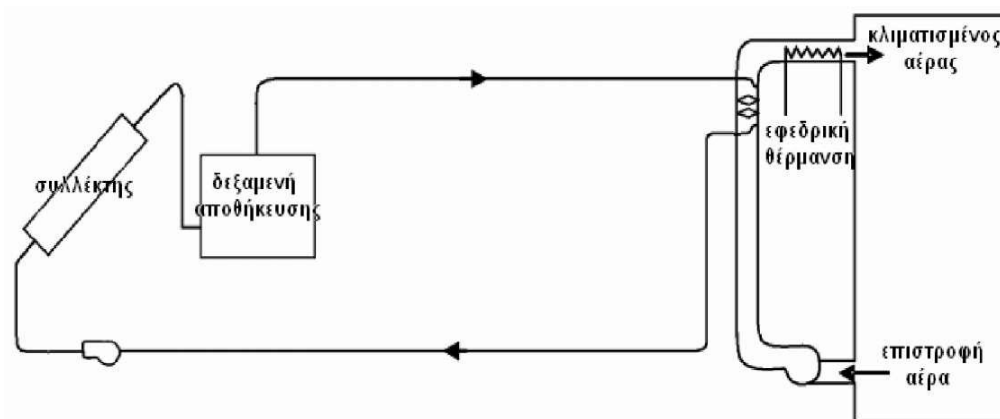
Μια συγκριτική μελέτη ανάμεσα σε ηλιακά συστήματα αποθήκευσης λανθάνουσας και αισθητής θερμότητας πραγματοποιήθηκε από τους Chaurasia et al. [95] με στόχο να διερευνηθεί το αν και για πόσο χρονικό διάστημα το νερό που έχει θερμανθεί από τον ήλιο διατηρεί τη θερμοκρασία του κατά τη διάρκεια της νύχτας. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν δύο πανομοιότυπες μονάδες αποθήκευσης. Η μια περιείχε ως Υλικό Αλλαγής Φάσης 17,5 kg παραφίνης (με σημείο τήξης στους 54°C), τοποθετημένα στο εσωτερικό σωλήνων αλουμινίου, ενώ η άλλη περιείχε απλώς νερό σε μια δεξαμενή. Κατά τη διάρκεια της ημέρας οι δυο μονάδες φορτίστηκαν χωριστά με τη βοήθεια επίπεδων ηλιακών συλλεκτών ίδιας επιφάνειας απορρόφησης. Τα αποτελέσματα της μελέτης απέδειξαν ότι η αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας αποφέρει περισσότερο ζεστό νερό σε σύγκριση με την αποθήκευση αισθητής θερμότητας.

Αρκετοί ερευνητές ασχολήθηκαν και με τη σύγκριση δοχείων αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας διαφορετικών μεγεθών. Τα δοχεία αυτά αποτελούνταν από έναν αριθμό κλειστών κυλινδρικών σωλήνων γεμάτων με ΥΑΦ. Οι σωλήνες με τη σειρά τους περιβάλλονταν από το ρευστό μεταφοράς θερμότητας. Μια σχηματική απεικόνιση αυτών των δοχείων φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 70: Κυλινδρικό δοχείο αποθήκευσης θερμότητας με ΥΑΦ [95]

Ένα ακόμα παράδειγμα μελέτης ηλιακού συστήματος θέρμανσης με νερό είναι αυτή που διεξήχθη από τον Kaygusuz [96] στην πόλη Trabzon της Τουρκίας το 1991. Το ακριβές σύστημα που ερευνήθηκε απεικονίζεται παρακάτω.



Εικόνα 71: Σχηματική απεικόνιση ηλιακού συστήματος θέρμανσης με ΥΑΦ από τον Kaygusuz [97]

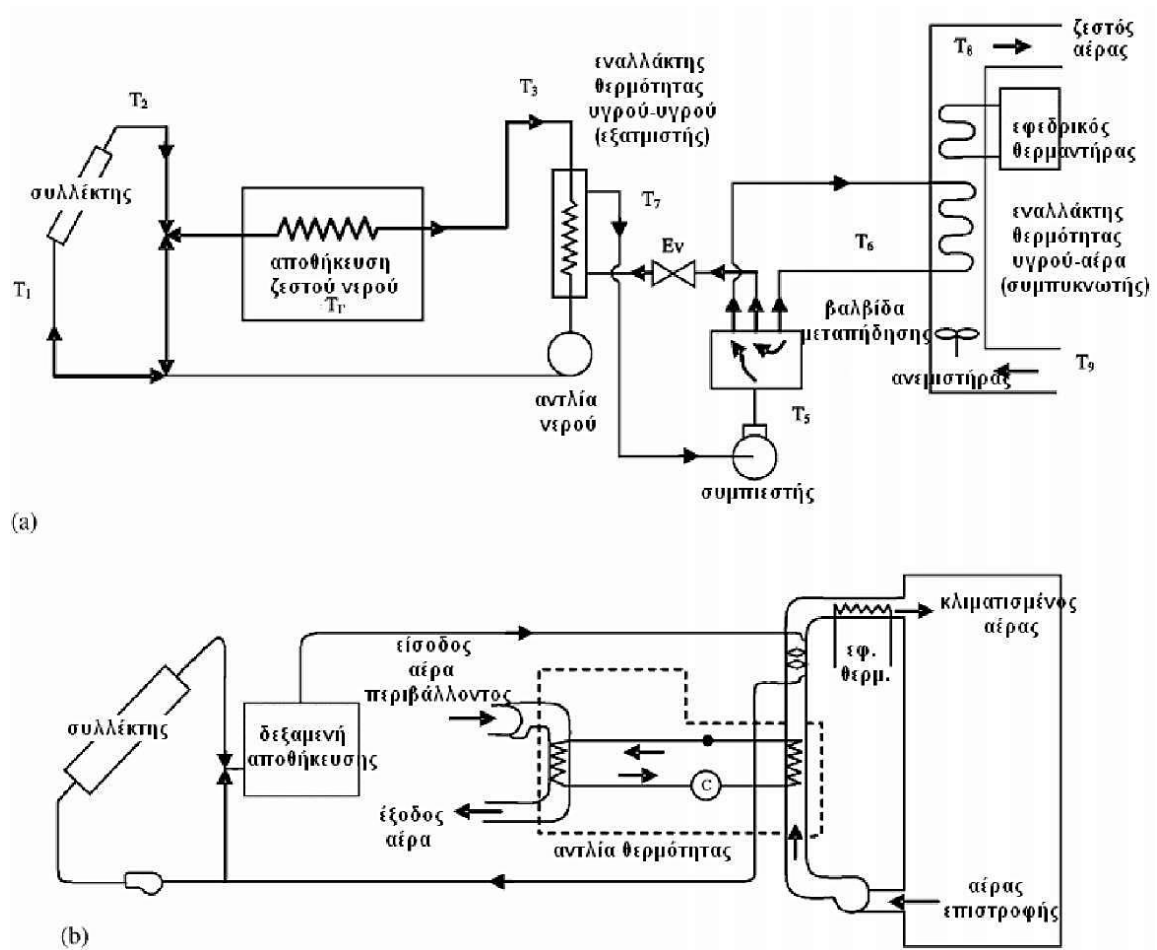
Το συγκεκριμένο σύστημα σχεδιάστηκε για τη θέρμανση εργοστασιακών εγκαταστάσεων και αποτελείται από έναν ηλιακό συλλέκτη, μια δεξαμενή αποθήκευσης ενέργειας, έναν εναλλάκτη θερμότητας νερού - αέρα, έναν εφεδρικό ηλεκτρικό θερμαντήρα, μια αντλία διακίνησης του νερού στο κύκλωμα σωληνώσεων και τέλος εξοπλισμούς μέτρησης και αυτομάτου ελέγχου. Η ηλιακή ενέργεια που δεσμεύεται από τους συλλέκτες μεταφέρεται στη δεξαμενή αποθήκευσης με τη βοήθεια νερού που διαρρέει στις σωληνώσεις του κυκλώματος. Στο εσωτερικό της δεξαμενής περιέχονται μικρότεροι σωλήνες από PVC οι οποίοι με τη σειρά τους φιλοξενούν 1500kg χλωριούχου ασβεστίου έξι μορίων νερού. Με αυτόν τον τρόπο, η αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας γίνεται με τη βοήθεια του ΥΑΦ της δεξαμενής και η θερμότητα αποδίδεται ή απομακρύνεται από το



χώρο του κτιρίου, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες του. Στην περίπτωση που απαιτείται θερμικό φορτίο, το σύστημα μπορεί να το αποδώσει με τη βοήθεια τόσο της δεξαμενής όσο και του εφεδρικού θερμαντήρα. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο συγκρίθηκαν οι αποδόσεις του απλού ηλιακού συλλέκτη και του συγκεκριμένου ηλιακού συστήματος με ΥΑΦ. Η διαφορά ήταν σημαντική με το βαθμό απόδοσης στην πρώτη περίπτωση να είναι 0,6 ενώ στη δεύτερη 0,7, οφειλόταν δε στην αδυναμία του απλού συλλέκτη να αποθηκεύσει τη θερμότητα κατά τη διάρκεια ημερών με συννεφιά. Εκτός της πειραματικής διαδικασίας, η μελέτη του συγκεκριμένου συστήματος περιελάμβανε και θεωρητική διερεύνηση με την κατασκευή αριθμητικών μοντέλων προσομοίωσης. Αποδείχθηκε τελικά ότι το συγκεκριμένο ηλιακό σύστημα θέρμανσης μπορεί να εφαρμοστεί αποδοτικά για την αποθήκευση θερμότητας οικιακής χρήσης, ειδικά όταν ως Υλικό Αλλαγής Φάσης χρησιμοποιηθεί είτε το άλας Glauber είτε το  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . [97]

Οι Esen και Ayhan [98] ανέπτυξαν την αριθμητική προσομοίωση συστήματος βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης θερμότητας του οποίου η δεξαμενή αποθήκευσης περιέχει Υλικό Αλλαγής Φάσης. Τα αποτελέσματα της εν λόγω μελέτης έδειξαν ότι οι ιδιότητες του ΥΑΦ, η ακτίνα των κυλίνδρων στους οποίους περιέχεται, η παροχή μάζας και η θερμοκρασία εισόδου του υγρού μεταφοράς θερμότητας είναι παράγοντες που πρέπει να επιλέγονται προσεκτικά έτσι ώστε η λειτουργία της δεξαμενής να είναι η βέλτιστη δυνατή. Δυο χρόνια αργότερα, οι ίδιοι ερευνητές [99] εξέτασαν συγκριτικά δύο διαφορετικά είδη δεξαμενών αποθήκευσης με σκοπό την παρουσίαση της μεταβατικής συμπεριφοράς της καθεμιάς εξ αυτών κατά την αλλαγή φάσης. Στην πρώτη περίπτωση, η δεξαμενή περιείχε το ΥΑΦ τοποθετημένο στο εσωτερικό κυλίνδρων, ενώ το ρευστό μεταφοράς θερμότητας έρρεε παράλληλα σε αυτούς. Αντίθετα, στη δεύτερη περίπτωση, το ρευστό μεταφοράς θερμότητας ήταν αυτό που έρρεε στο εσωτερικό των σωλήνων της δεξαμενής, οι οποίοι με τη σειρά τους περιβάλλονταν από το ΥΑΦ. Τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης των δύο ειδών δεξαμενών απέδειξαν ότι η επιλογή του κατάλληλου για την εφαρμογή ΥΑΦ και η διάταξη της δεξαμενής αποθήκευσης είναι παράμετροι που πρέπει να εξετάζονται ταυτόχρονα. Ακόμη, φάνηκε ότι οι θερμοφυσικές ιδιότητες του επιλεγμένου ΥΑΦ παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του χρόνου τήξης του. Τέλος, διαπιστώθηκε ότι το δεύτερο είδος δεξαμενής ήταν πολύ πιο αποδοτικό ως προς την αποθήκευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με το πρώτο. Μια ακόμη έρευνα του Esen [100] αφορούσε στην πειραματική και θεωρητική μελέτη της μεταφοράς θερμότητας σε κυλινδρική δεξαμενή αποθήκευσης με ΥΑΦ, συνδυασμένης με ηλιακό σύστημα θέρμανσης. Το ίδιο σύστημα χρησιμοποιήθηκε και από τον Kaygusuz [96] σε πειράματα κατά τα οποία 1090kg συσκευασμένου  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  προστέθηκαν σε μια δεξαμενή αποθήκευσης θερμότητας όγκου 4,25m<sup>3</sup>. Η λειτουργία των ηλιακών συλλεκτών που χρησιμοποιήθηκαν βασίζεται στην κυκλοφορία νερού στις σωληνώσεις του συστήματος. Οι συλλέκτες τοποθετήθηκαν προσανατολισμένοι προς τον ισημερινό και υπό γωνία 48° ως προς την επιφάνεια του ορίζοντα. Το βασικό συμπέρασμα από την παραπάνω πειραματική διαδικασία ήταν μάλλον αρνητικό, καθώς διαπιστώθηκε ότι η αποθηκευμένη από το σύστημα θερμότητα ήταν ανεπαρκής για θερμική χρήση.

Μια ακόμη μελέτη ηλιακού θερμικού συστήματος αντλιών με τη χρήση ΥΑΦ για οικιακή θέρμανση έγινε από τον Kaygusuz [101,102,103] και παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί.



(a)

(b)

**Εικόνα 72: Θερμικά συστήματα αντλιών, εκμεταλλευόμενα τα ηλιακά θερμικά συστήματα αποθήκευσης θερμότητας με PCM. (a) Σύνδεση των 2 συστημάτων σε σειρά και (b) παράλληλα [97]**

Το συγκεκριμένο σύστημα θέρμανσης αποτελεί το συνδυασμό ενός ηλιακού συστήματος αποθήκευσης θερμότητας με ΥΑΦ και ενός συστήματος θερμικών αντλιών. Αποτελείται από επίπεδους, υδρόψυκτους ηλιακούς συλλέκτες, μια δεξαμενή αποθήκευσης ενέργειας με ΥΑΦ, μια θερμική αντλία (εξατμιστής), έναν αερόψυκτο συμπυκνωτή, μια αντλία κυκλοφορίας του νερού, έναν εναλλάκτη θερμότητας υγρού - αέρα για άμεση ηλιακή θέρμανση, έναν εφεδρικό θερμαντήρα και μερικά ακόμη μέρη συμβατικού εξοπλισμού. Η μελέτη του ερευνητή επικεντρώθηκε σε δύο είδη λειτουργίας του συστήματος, ανάλογα αφενός με τον τρόπο σύνδεσης των αντλιών, δηλαδή είτε σε σειρά είτε παράλληλα, και αφετέρου της χρησιμοποιούμενης δεξαμενής αποθήκευσης. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι, κατά τη σύνδεση σε σειρά, μια σχετικά υψηλή απόδοση συλλεκτών της τάξης του 60 έως 68%, μπορούσε να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας επίπεδους, υδρόψυκτους ηλιακούς συλλέκτες συνολικής επιφάνειας 30m<sup>2</sup>. Στην παράλληλη σύνδεση, η απόδοση των συλλεκτών φάνηκε να ποικίλει ως προς την τιμή της, εκτεινόμενη σε ένα εύρος της τάξης του 48 με 60%. Παρόλα αυτά, και στις δυο περιπτώσεις η απόδοση της ενεργειακής αποθήκευσης ήταν πολύ μικρότερη από αυτή των συλλεκτών. [97]

### 3.2.7 Εναλλακτικές εφαρμογές ΥΑΦ στα κτίρια

Στην πανεπιστήμιο της Lleida (Καταλονία, Ισπανία) πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα κτιριακής εφαρμογής ΥΑΦ με χρήση του προγράμματος TRNSYS. Στην εφαρμογή αυτή χρησιμοποιήθηκαν ωριαία δεδομένα θερμοκρασιών, υγρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας για το μέσο χρόνο κατά τη διάρκεια των μηνών Ιουνίου, Ιουλίου και Αυγούστου.

Στα πλαίσια του πειράματος, κατασκευάστηκαν πειραματικοί οικίσκοι από οπλισμένο σκυρόδεμα το οποίο περιείχε 5% υλικό ΥΑΦ (Microsil). Οι μετρήσεις έδειξαν ότι η προσθήκη του ΥΑΦ στη δομή του κτιρίου μπορεί να μειώσει τη μέγιστη θερμοκρασία στο εσωτερικό του και να βελτιώσει τη θερμική του αδράνεια [104]. Ωστόσο, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί με βέλτιστο τρόπο το ΥΑΦ απαιτείται η προσθήκη ενός τοίχου Trombe (τοίχος μάζας θερμοσιφωνικής ροής) κατά τη διάρκεια του χειμώνα καθώς και προσεκτική πολιτική αερισμού. Η πολιτική αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο.



**Εικόνα 73: Πειραματικοί οικίσκοι από οπλισμένο σκυρόδεμα με 5% ΥΑΦ, κατασκευασμένοι από το πανεπιστήμιο της Lleida [104]**

Η ανάπτυξη ενός νέου τοίχου που περιέχει ΥΑΦ και Vacuum Isolation Panel (VIP) έγινε στο Επιστημονικό κέντρο Τεχνολογίας Δόμησης (CSTB) της Γαλλίας. Προσομοιώθηκε, με τη βοήθεια του TRNSYS, η συμπεριφορά ενός μικρού οικίσκου όπου είχε προστεθεί ο νέος αυτός τοίχος. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης επιβεβαιώθηκαν από τις πειραματικές μετρήσεις και έδειξαν σημαντική βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς του οικίσκου [105].

Επίσης, πολλά πανεπιστήμια πραγματοποίησαν πειράματα και μελέτες στην τοποθέτηση ζωνών Υλικών Αλλαγής Φάσης στις στέγες κτιρίων. Το πανεπιστήμιο της νοτίου Αυστραλίας (UniSA) ανέπτυξε ένα σύστημα ηλιακής θέρμανσης αέρα αποθήκευσης

ενσωματωμένο σε στέγη, το οποίο χρησιμοποιεί τα υπάρχοντα αυλακωτά φύλλα της σιδερένιας στέγης ως ηλιακούς συλλέκτες για τη θέρμανση αέρα.

Η ελεύθερη ψύξη μελετήθηκε επίσης από το πανεπιστήμιο της Zaragoza στην Ισπανία. Το αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας ήταν να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί μια πειραματική εγκατάσταση προκειμένου να μελετηθούν τα ΥΑΦ με θερμοκρασίες τήξεως μεταξύ 20 και 25°C.[105]

Το πανεπιστήμιο του Nottingham προέβη στην αντικατάσταση ενός ολοκληρωμένου συστήματος αέριου κλιματισμού από ένα σύστημα νυκτερινής ψύξης. Το κέντρο διατήρησης ενέργειας (SEC) στο πανεπιστήμιο της νοτίου Αυστραλίας ξεκίνησε μελέτη με ΥΑΦ στα μέσα της δεκαετίας του 1990, με την ανάπτυξη μιας μονάδας αποθήκευσης που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για θέρμανση αλλά και για ψύξη χώρου.

Με σκοπό την επίτευξη χωρητικότητας θερμικής αποθήκευσης περίπου ίση με το θερμικό κέρδος εντός του χώρου κατά τη διάρκεια του καθημερινού κύκλου, αναπτύχθηκε από τους Koschenz και Lehmann [76] μια νέα ιδέα για τον πίνακα από μπετόν αναφορικά με την ενσωμάτωση αυτού του συστήματος σε ένα «ελαφρύ» κτίριο. Οι Velraj et al. [105], παρουσίασαν τέλος μια λεπτομερή έρευνα ψυχρής θερμικής ενεργειακής αποθήκευσης, βασισμένη στα ΥΑΦ, σε συνδυασμό με ένα σύστημα κλιματισμού σε κτίριο στο Tidel Park, στο Chennai της Ινδίας. Το συγκεκριμένο πρόκειται για ένα ενεργειακό σύστημα όπου η δεξαμενή αποθήκευσης βρίσκεται χωριστά από το κτίριο.

### **3.2.8 Επισκόπηση χρήσης ΥΑΦ στη ρύθμιση της θερμοχωρητικότητας του κτιριακού κελύφους**

Τα υλικά αποθήκευσης θερμότητας αυξάνουν τη θερμική μάζα του κτιρίου και μπορεί να αποτελούν στοιχεία του φέροντος οργανισμού ή του κελύφους του κτιρίου γενικότερα. Ως υλικά αποθήκευσης θερμότητας χρησιμοποιούνται το νερό ή διαλύματά του, τα συμπαγή υλικά όπως οι φυσικοί λίθοι, το συμπαγές τούβλο, οι κεραμικές πλάκες, το σκυρόδεμα και λοιπά, καθώς και τα Υλικά Αλλαγής Φάσης τα οποία, μεταβάλλοντας τη φυσική τους κατάσταση σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, έχουν την ιδιότητα να ομαλοποιούν τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο εσωτερικό του κτιρίου [117]. Από το 1980, έχουν γίνει πολλές προσπάθειες ενσωμάτωσης των ΥΑΦ σε κτιριακά υλικά όπως ο σοβάς και το ξύλο. Συνήθως, σε αυτές τις απόπειρες ως ΥΑΦ χρησιμοποιήθηκε η παραφίνη ή ένα λιπαρό οξύ. Στο αρχικό στάδιο της έρευνας, το ΥΑΦ ήταν ενσωματωμένο με εμπότισμό. [116]

Εντούτοις, η διαρροή και η εξάτμιση των συστατικών του ΥΑΦ αποτέλεσε πρόβλημα διότι το ΥΑΦ απορροφούταν από τους πόρους και τα κανάλια των άλλων υλικών. Κοινή προσέγγιση σε αυτά τα προβλήματα αποτελεί η ενθυλάκωση, αν και η διαδικασία αυτή απαιτεί την κοπή των δομικών υλικών ή την τοποθέτηση σε αυτά καρφιών και βιδών. Για τα συγκεκριμένα προβλήματα, η μικροενσωμάτωση μπορεί να αποτελέσει μια πιθανή

εναλλακτική, καθώς δεν εμφανίζει απώλεια του ΥΑΦ υπό συνθήκες από τακτικής χρήσης ενώ η ποσότητα του ΥΑΦ που απελευθερώνεται σε περίπτωση που μία κάψουλα υποστεί βλάβη είναι πολύ μικρή. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι η μικροενσωμάτωση δεν επιφέρει κατασκευαστικές αλλοιώσεις στη δομή του κτιρίου, γεγονός που αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα αφού η εγκατάσταση δεν απαιτεί ειδικά εκπαιδευμένους τεχνίτες για την.

Έχουν πραγματοποιηθεί λεπτομερείς μελέτες για τη χρήση ΥΑΦ σε συνδυασμό με την αρχιτεκτονική των κτιρίων για θέρμανση ή ψύξη χώρων ή ακόμα και συνδυασμό ψύξης - θέρμανσης. Οι θερμικές βελτιώσεις σε ένα κτίριο, λόγω ένταξης ΥΑΦ σε αυτό, εξαρτώνται από τη θερμοκρασία τήξης του ΥΑΦ, τον τύπο του ΥΑΦ, το κλίμα, τον σχεδιασμό και τον προσανατολισμό του κτιρίου [116].

Προκειμένου να αναλυθεί η θερμική απόδοση της οροφής ενός κτιρίου με ενσωματωμένα Υλικά Αλλαγής Φάσης, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο που βασίστηκε στη χρήση πειραματικών αποτελέσματα. Στη συνέχεια έγιναν αρκετά πειράματα προσομοίωσης χρησιμοποιώντας αυτό το μοντέλο για τη μέση κατάσταση περιβάλλοντος που επικρατεί στην πόλη Chennai στην Ινδία, για όλους τους μήνες του χρόνου. Το συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι, για την εξομάλυνση των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων στο εσωτερικό του κτιρίου και προκειμένου αυτό να είναι λειτουργικό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, η προτεινόμενη λύση είναι ένα διπλό στρώμα ΥΑΦ στην οροφή του κτιρίου [117].

Η χρήση ΥΑΦ σε ένα σύστημα θερμικής διαχείρισης είναι πολύ σημαντική όταν υπάρχει αναντιστοιχία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Η οικονομική και αποτελεσματική αποθήκευση θερμικής ενέργειας παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ενεργειακής ζήτησης σε μικρά επίπεδα. Σε μια μελέτη με αντικείμενο τη χρήση ΥΑΦ σε ένα σύστημα θερμικής διαχείρισης, εμφανίστηκε σημαντική βελτίωση στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του αέρα στους εσωτερικούς χώρους της αίθουσας δοκιμών, για διάφορες τιμές θερμικών φορτίων. Κατέστη επίσης σαφές ότι η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα του δωματίου δοκιμής μπορεί να διατηρηθεί στα όρια θερμικής άνεσης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το σύστημα θερμικής διαχείρισης δοκιμάστηκε με τρία διαφορετικά φορτία θερμότητας (1,2 και 3 kW) στην αίθουσα δοκιμών. Το προφίλ της θερμοκρασίας του δωματίου δοκιμής υπό την παρουσία των συστημάτων θερμικής διαχείρισης, διατηρήθηκε για 9, 3,5 και 2,5 ώρες, με αντίστοιχα φορτία 1, 2 και 3 kW. Κατά τη διάρκεια του πειράματος, το θερμοκρασιακό προφίλ του δωματίου δοκιμής με φορτίο ισχύος 1 kW, προέκυψε μεγαλύτερης διάρκειας όταν χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με συστήματα θερμικής διαχείρισης, ενώ το μικρότερης διάρκειας θερμοκρασιακό προφίλ προέκυψε κατά τη χρήση θερμαντικού σώματος εσωτερικού χώρου, ισχύος 3 kW, χωρίς σύστημα θερμικής διαχείρισης. [117]

Στα πλαίσια άλλης έρευνας, μελετήθηκε η ανάπτυξη ενός θερμικά ενισχυμένου τοιχώματος το οποίο μειώνει τις αιχμές των ψυκτικών φορτίων σε κτίρια κατοικιών. Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε και αξιολογήθηκε ένα πλαίσιο το οποίο περιλαμβάνει μακροενσωματωμένη κρυσταλλική παραφίνη ως ΥΑΦ και το οποίο ονομάστηκε Phase Change Frame Wall (PCFW). Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι το PCFW μειώνει τις αιχμές ροής θερμότητας έως και κατά 38%. Σε κτιριακές εφαρμογές το συμπέρασμα αυτό θα μπορούσε να μεταφραστεί σε χαμηλότερα φορτία ψύξης, καθώς ένα τμήμα του θερμικού φορτίου μετατοπίζεται σε άλλες ώρες της ημέρας, ενώ η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου παραμένει σχετικά σταθερή. [117]

Ένα νέο είδος σύνθετου συστήματος ΥΑΦ για την ετήσια θερμική διαχείριση της ενέργειας μελετήθηκε από μια άλλη ομάδα ερευνητών. Ο νεωτερισμός της συγκεκριμένης έρευνας έγκειται στη χρήση δύο διαφορετικών ΥΑΦ, με διαφορετικές θερμοφυσικές ιδιότητες, ενσωματωμένων στη δομή του τοίχου. Η θερμοφυσικές ιδιότητες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του νέου συστήματος είναι το σημείο τήξης των ΥΑΦ και η θερμότητα αλλαγής φάσης τους. Το πρώτο στρώμα ΥΑΦ είναι ενεργό κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης και η λειτουργία του αφορά στην εξομάλυνση του πλάτους των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων του τοιχώματος που εκτίθεται στο εξωτερικό περιβάλλον. Κατά τη διάρκεια της αλλαγής φάσης του πρώτου στρώματος, ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας επιβραδύνεται σημαντικά. Το δεύτερο στρώμα ΥΑΦ ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης και συμβάλλει στην αύξηση της εσωτερικής θερμικής άνεση μέσω της εξομάλυνσης των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων, της μετατόπισης του μέγιστου φορτίου, της μείωσης των κύκλων φόρτισης των εξοπλισμών θέρμανσης και, τέλος, της μείωσης του μέγιστου της θερμοκρασίας στην εσωτερική πλευρά του κελύφους. Η θερμοκρασία του δεύτερου στρώματος επηρεάζεται από το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου σε μικρό σχετικά βαθμό κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, δεδομένου ότι βρίσκεται σε επαφή με το εσωτερικό περιβάλλον [41]. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η παρουσία του ΥΑΦ μειώνει την ετήσια ενεργειακή ζήτηση για ψύξη – θέρμανση, όπως επίσης και τις αιχμές των αντίστοιχων φορτίων. Η ποσοστό μείωσης του συνολικού φορτίου ψύξης, παραδείγματος χάρη, υπολογίστηκε στη συγκεκριμένη μελέτη περίπου στο 1%, ενώ η αξία της ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας προέκυψε 12,8% , ποσοστό συνεπές με τα αντίστοιχα ευρήματα άλλων ερευνών. Η μέγιστη δυνατή μείωση των φορτίων θέρμανσης κατά τη συγκεκριμένη μελέτη μπορεί να φτάσει σε ποσοστό 35,4%. [118]

Σε πείραμα που έγινε στο Puigverd de Lleida της Ισπανίας, μελετήθηκε η θερμική συμπεριφορά τριών διαφορετικών θαλάμων, ίδιων εσωτερικών διαστάσεων (2,4m x 2,4m x 2,4m), χωρίς παράθυρα και με μια μεταλλική μονωμένη πόρτα στη βόρεια πλευρά. Τα κατασκευαστικά στοιχεία των υπό μελέτη θαλάμων, είχαν ως εξής: [119]

- Θάλαμος αναφοράς (REF): χτίστηκε με παραδοσιακές τεχνικές, χωρίς μόνωση, με δύο στρώσεις από τούβλα και διάκενο αέρα μεταξύ τους.
- Θάλαμος πολυουρεθάνης (PU): χτίστηκε επίσης με παραδοσιακές τεχνικές, με τη χρήση δηλαδή τούβλων, αλλά με 5cm αφρού πολυουρεθάνης στους τοίχους και 3cm στην οροφή.
- Θάλαμος ΥΑΦ (PCM): χτίστηκε όπως και ο προηγούμενος θάλαμος, με την προσθήκη όμως ενός στρώματος ΥΑΦ στα νότια και δυτικά τοιχώματα καθώς και στην οροφή. Τα πάνελ που χρησιμοποιήθηκαν περιείχαν παραφίνη και τοποθετήθηκαν στην εσωτερική πλευρά του αφρού πολυουρεθάνης.

Στα ελεύθερα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν, στα οποία συμμετείχαν μόνο τα εσωτερικά κέρδη, το ΥΑΦ αποθήκευε τη θερμότητα και διατηρούσε τη θερμοκρασία υψηλότερα σε σχέση με τους άλλους θαλάμους, μειώνοντας συνεπώς τη θερμική άνεση του Θαλάμου ΥΑΦ. Αντιθέτως, στα θερμοκρασιακά ελεγχόμενα πειράματα, η διαφορά στην κατανάλωση ενέργειας μεταξύ των θαλάμων πολυουρεθάνης και αυτού με ΥΑΦ προέκυψε της τάξης του 6,4%, με θερμοκρασία χώρου 24<sup>0</sup>C και 26<sup>0</sup>C, αντίστοιχα. Και στις δύο περιπτώσεις, η κατανάλωση ενέργειας του Θαλάμου ΥΑΦ προέκυψε υψηλότερη από αυτήν του Θαλάμου πολυουρεθάνης (PU), λόγω της μειωμένης απαγωγής θερμότητας.

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων ανέδειξαν και την ανάγκη για νυχτερινό αερισμό και στερεοποίηση του ΥΑΦ κατά τη διάρκεια της νύχτας καθώς, σε αντίθετη περίπτωση, η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται. [119]

Σε μια έρευνα των Diaconu και Cruceu [118] αναπτύχθηκε ένας νέος τύπος σύνθετων πάνελ ΥΑΦ για ελαφριά κατασκευή προς επίτευξη ετήσιας ενεργειακής εξοικονόμησης. Διαπιστώθηκε ότι επιλέγοντας κατάλληλα το σημείο τήξης του ΥΑΦ μειώνεται η ετήσια ενεργειακή ζήτηση για ψύξη και θέρμανση, καθιστώντας δυνατή τη μείωση του αντίστοιχου εξοπλισμού. Τα συμπεράσματα αυτά βασίστηκαν σε πραγματικά δεδομένα θερμοκρασίας περιβάλλοντος, χωρίς όμως να λαμβάνουν υπόψη την επίδραση των εσωτερικών φορτίων και του εξαερισμού στην εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια με ΥΑΦ, η οποία έχει αξιολογηθεί σε άλλη έρευνα [120]. Η ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση υπολογίστηκε για διάφορες τιμές του σημείου τήξης του ΥΑΦ και έλαβε ελάχιστη τιμή περίπου 19°C για όλα τα εσωτερικά φορτία με ή χωρίς εξαερισμό. Το υψηλότερο ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας χωρίς αερισμό προέκυψε για σημείο τήξεως του ΥΑΦ 18°C. Η μέγιστη ενεργειακή εξοικονόμηση, σε ποσοστό περίπου 15%, εντοπίστηκε, με δραστικό εξαερισμό, για σημείο τήξεως του ΥΑΦ 19°C. Τέλος, για στρώμα ΥΑΦ με σημείο τήξης 17°C παρατηρήθηκαν εμπόδια κατά την αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας, πιθανόν εξαιτίας των διακυμάνσεων. [120]

Σε μία άλλη έρευνα που πραγματοποίησε το University of Lleida στην Ισπανία, μελετήθηκαν δύο γειτονικά κτίρια. Σε ένα εκ των δύο τοποθετήθηκαν πάνελ με Υλικό Αλλαγής Φάσης στο νότιο και δυτικό τοίχο καθώς και στην οροφή. Το ΥΑΦ που χρησιμοποιήθηκε ήταν της εταιρείας BASF, με θερμοκρασία τήξεως 26°C και ενθαλπία αλλαγής φάσης 110 kJ/kg. Τα κτίρια δοκιμής βρίσκοντας στην πόλη Puigverd και ήταν πλήρως εξοπλισμένα με τα κατάλληλα όργανα για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση των θερμικών τους χαρακτηριστικών. Η συμπεριφορά των κτιρίων διερευνήθηκε κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του φθινοπώρου του 2005. Τα τελικά αποτελέσματα συμφωνούσαν με την αναμενόμενη απόδοση. Σύγκριση των θερμοκρασιών του νότιου τοιχώματος στα δύο κτίρια έδειξε μείωση της θερμοκρασίας έως 4°C στο κτίριο στο οποίο χρησιμοποιήθηκε ΥΑΦ. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν επίσης τη σημασία της ψύξης κατά τη διάρκεια της νύχτας για την αποδοτικότερη λειτουργία κατά τη διάρκεια της ημέρας. [53]

Σήμερα, έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμα συστήματα ψύξης χώρου με παράλληλη χρήση ΥΑΦ και παρέχεται πλέον η δυνατότητα εκμετάλλευσης του ψυχρού αέρα του περιβάλλοντος, μέσω της εισαγωγής του στο κτίριο και της θερμικής του επίδρασης με το ΥΑΦ, κατά τη διάρκεια της νύχτας, και απελευθέρωσης της αποθηκευμένης «ψυκτικής» ενέργειας στον εσωτερικό χώρο κατά τη διάρκεια των θερμών ημερών. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκαν διαφορετικές συμπεριφορές σε κάθε εξεταζόμενο κτίριο, ανάλογα με το φωτισμό ή τη θερμική του μάζα. Οι προσομοιώσεις κατέληξαν στο ότι η χρήση ΥΑΦ έχει σημαντική επίδραση στη μέγιστη θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα αποτελέσματα είναι περισσότερο εμφανή σε κτίρια με μικρή θερμοχωρητικότητα, υποδεικνύοντας ότι η εισαγωγή ΥΑΦ είναι δυνατόν να προκαλέσει μεταβολές στη θερμική αδράνεια του κτιρίου. Μέσω προσομοιώσεων υπολογίστηκε ότι για ένα κτίριο μικρής θερμοχωρητικότητας το απαιτούμενο ποσό ΥΑΦ είναι περίπου 3 με 4 kg/m<sup>2</sup> (εμβαδόν δαπέδου). [117]

Σε μια ακόμη μελέτη, πραγματοποιήθηκε κατάλληλη προσομοίωση προκειμένου να διερευνηθούν οι επιπτώσεις των διαφόρων παραμέτρων των ΥΑΦ, συμπεριλαμβανομένων της μέσης θερμοκρασίας αλλαγής φάσης, του εύρους της θερμοκρασίας αλλαγής φάσης, των συντελεστών μεταφοράς θερμότητας αλλά και του πάχους του πάνελ, στην αποδοτική αποθήκευση θερμότητας και την εξομάλυνση των θερμοκρασιακών αιχμών [122]. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν ότι για να μεγιστοποιηθεί η θερμική αποθήκευση η μέση θερμοκρασία αλλαγής φάσης θα πρέπει να μην απέχει ιδιαίτερα από τη μέση θερμοκρασία δωματίου. Η θερμική αποθήκευση αυξάνεται με την αύξηση του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας μέσω συναγωγής. Η βέλτιστη μέση θερμοκρασία αλλαγής φάσης ώστε να μεγιστοποιηθεί η αποθήκευση θερμότητας πρέπει να μετατοπιστεί σε υψηλότερη θερμοκρασία. Τέλος, το απαιτούμενο πάχος του πάνελ καθορίστηκε στα 15mm, αφού για το πάχος αυτό η αποθήκευση θερμικής ενέργειας έλαβε τη μέγιστη τιμή της. [122]

Πολλές εξελίξεις λαμβάνουν χώρα στον τομέα της θερμικής αποθήκευσης με χρήση ΥΑΦ στα κτίρια. Σε μια λεπτομερή μελέτη σχετικά με την ενσωμάτωση ΥΑΦ σε οικοδομικά υλικά, ερευνήθηκε η αλληλεπίδραση της χρήσης ΥΑΦ με την αρχιτεκτονική των κτιρίων για θέρμανση και ψύξη χώρου αλλά και για συνδυασμένη ψύξη - θέρμανση. Είναι προφανές ότι οι θερμικές βελτιώσεις σε ένα κτίριο μέσω χρήσης ΥΑΦ εξαρτώνται από τη θερμοκρασία τήξης του, τον τύπο του, το ποσοστό ανάμιξης του ΥΑΦ με το συμβατικό υλικό, το κλίμα, τη σχεδίαση και τον προσανατολισμό του κτιρίου. Η βελτιστοποίηση των παραμέτρων αυτών είναι θεμελιώδης για αποδοτική χρήση ΥΑΦ στα δομικά υλικά. Πληροφορίες όπως το εύρος λειτουργίας και οι περιορισμοί σε ένα έργο που ΥΑΦ χρησιμοποιούνται ως μέσο μεταφοράς θερμότητας, είναι πλέον δυνατό να υπολογίζονται μέσω προγραμμάτων προσομοίωσης τα οποία αποτελούν αξιολογικά εργαλεία για τη λήψη αποφάσεων κατά τον σχεδιασμό μιας εφαρμογής με χρήση ΥΑΦ. [117]

Η δυναμική ανάλυση επιβεβαιώνει ότι η εισαγωγή του ΥΑΦ στο τούβλο είναι μια έγκυρη μέθοδος για τη μείωση των διακυμάνσεων της ροής θερμότητας. Αυτή η νέα τεχνολογία απέδειξε τη δυνατότητα μείωσης των αιχμών των θερμικών φορτίων και μετατόπισής τους στις ώρες της ημέρας κατά τις οποίες το ΥΑΦ είναι αποδοτικότερο, εξασφαλίζοντας έτσι σταθερή θερμοκρασία στο εσωτερικό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν μέσω της χρήση ΥΑΦ είναι δυνατή η απορρόφηση της πλεονάζουσας θερμότητας, με παράλληλη αλλαγή της φάσης του από στερεό σε υγρό. Κατά τη διάρκεια της νύχτας το ΥΑΦ επαναστερεοποιείται και απελευθερώνει την αποθηκευμένη θερμότητα. Μία τέτοια εφαρμογή ΥΑΦ μπορεί να επιτύχει υστέρηση έξι περίπου ωρών μεταξύ της απορρόφησης και της απελευθέρωσης θερμότητας. [123]

Τέλος, αναφέρεται ένα πείραμα που πραγματοποιήθηκε από την DuPont σε πραγματικό κτίριο στη Γαλλία. Αρχικά, εγκαταστάθηκε ένα πάνελ με ενσωματωμένο ΥΑΦ στη σοφίτα του κτιρίου, η οποία και αποτελεί το πλέον ευαίσθητο τμήμα του σε υπερθέρμανση, προκειμένου να δοκιμαστεί η απόδοση του πάνελ στο πιο απαιτητικό σενάριο. Ως αναφορά χρησιμοποιήθηκε ένα δεύτερο δωμάτιο δοκιμής με πανομοιότυπη δομή, αλλά χωρίς τα πάνελ με ΥΑΦ. Οι δύο αίθουσες δοκιμών διαχωρίστηκαν μέσω ουδέτερης ζώνης. Κατά τη διάρκεια των πρώτων έξι εβδομάδων των πειραμάτων, τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 2006, παρατηρήθηκε σαφέστατη μείωση, κατά μέσο όρο γύρω στους 6,7 °C στο κτίριο όπου είχαν τοποθετηθεί τα πάνελ με το Υλικό Αλλαγής Φάσης [124].





## ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ



## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> Υπολογιστική Μελέτη

### 4.1 Σκοπός υπολογιστικής μελέτης

Βασικός σκοπός της παρούσας υπολογιστικής μελέτης είναι ο προσδιορισμός της θερμοκρασιακής συμπεριφοράς στρώματος ΥΑΦ ενσωματωμένου σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων σταθερής θερμοκρασίας και φορτιζόμενου ηλιακά μέσω υαλοπινάκων από μία ή δύο κατευθύνσεις. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται η ωριαία αναπτυσσόμενη θερμοκρασία σε στρώμα του RT21 της Rubitherm [7], εντός τοιχοποιίας μεταξύ δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά ή Ανατολή και Δύση, αντίστοιχα, με χρήση ή μη ενδιάμεσης μόνωσης και με ηλιακή φόρτιση από έναν ή δύο υαλοπίνακες σε έναν ή δύο αντιδιαμετρικούς προσανατολισμούς αντίστοιχα. Ο υπολογισμός της θερμοκρασίας του στρώματος του ΥΑΦ γίνεται με βάση τον θερμικό ισολογισμό που περιγράφει σε κάθε περίπτωση τη συναλλαγή ενέργειας μεταξύ του ίδιου και του περιβάλλοντός του. Ο προσδιορισμός της αντίστοιχης θερμοχωρητικότητας του ΥΑΦ γίνεται σύμφωνα με τη μέθοδο της Ενεργού Θερμοχωρητικότητας. Για τον εν λόγω προσδιορισμό χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές προσεγγίσεις: μια ακριβέστερη, με χρήση τεσσάρων προσαρμοσμένων σε πειραματικά αποτελέσματα για το υπό μελέτη ΥΑΦ πολυωνυμικών συναρτήσεων  $c_{p,eff}(T_{pcm})$  [36] και μία απλουστευμένη, με χρήση της τριγωνικής συνάρτησης (Triangular Function)  $c_{p,eff}(T_{pcm})$  [128].

### 4.2 Υπολογισμός ηλιακής ακτινοβολίας προσπίπτουσας επί κατακόρυφο υαλοπίνακα [125].

Η προσπίπτουσα ακτινοβολία επί κατακόρυφου υαλοπίνακα έναντι της εσωτερικής τοιχοποιίας υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$G_t = G_b R_b + G_d \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + (G_b + G_d) \rho \left( \frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (4.1)$$

Στην παραπάνω σχέση, το  $\rho$  είναι ο συντελεστής ανακλαστικότητας του εδάφους, ο οποίος λαμβάνει την τιμή 0,2 για συνηθισμένο έδαφος και  $\beta$  είναι η κλίση του υαλοπίνακα, η οποία λαμβάνει την τιμή 90° για κατακόρυφους υαλοπίνακες. Το δύο κλάσματα της σχέσης παριστούν τους παράγοντες όρασης του ουρανού και του εδάφους αντίστοιχα. Με  $G_b$  και  $G_d$  συμβολίζονται αντίστοιχα η στιγμιαία άμεση και στιγμιαία διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία, οι οποίες δίδονται από τις σχέσεις:

$$G_b = M_t + A_t \sin \left( \frac{360}{365} D - P_t \right) \quad (4.2)$$

$$G_d = m_t + a_t \sin \left( \frac{360}{365} D - P_t \right) \quad (4.3)$$

Το μέγεθος D είναι ο αύξων αριθμός της ημέρας του έτους για την οποία γίνονται οι υπολογισμοί, συνεπώς  $D=1÷365$ , και  $M_t$ ,  $A_t$ ,  $P_t$ ,  $m_t$ , και  $a_t$  συντελεστές οι οποίοι λαμβάνονται, για τις αντίστοιχες ώρες της ημέρας, από τον πίνακα που ακολουθεί.

Με  $R_b$  συμβολίζεται ο λόγος της άμεσης ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεση ακτινοβολία οριζόντιου επιπέδου, ο οποίος υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$R_b = \frac{G_{b_T}}{G_b} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (4.4)$$

όπου:

$$\cos \theta = \sin \delta \sin \phi \cos \beta - \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma + \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega + \cos \delta \sin \phi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \gamma \sin \beta \sin \omega$$

(4.5)

και:

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega \quad (4.6)$$

**Πίνακας μελέτης 1: Συντελεστές υπολογισμού στιγμιαίας άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας**

Ωρα ημέρας	$M_t$ (kW/m <sup>2</sup> )	$A_t$ (kW/m <sup>2</sup> )	$P_t$ (deg)	$m_t$ (kW/m <sup>2</sup> )	$a_t$ (kW/m <sup>2</sup> )	$p_t$ (deg)
7	0,007	0,046	86,18	0,048	0,111	81,23
8	0,057	0,068	87,31	0,134	0,127	82,45
9	0,119	0,104	87,94	0,208	0,133	83,94
10	0,191	0,129	88,31	0,261	0,129	85,60
11	0,258	0,153	89,35	0,283	0,117	86,05
12	0,319	-0,181	-88,88	0,271	0,095	82,71
13	0,342	-0,194	-89,18	0,243	0,081	81,95
14	0,325	0,183	87,21	0,210	0,083	87,23
15	0,269	0,166	86,22	0,176	0,087	89,53
16	0,183	0,147	82,10	0,141	-0,085	-88,19
17	0,078	0,131	79,85	0,104	-0,079	-88,97
18	-0,025	0,114	77,36	0,051	0,091	86,79

Στις δύο παραπάνω σχέσεις  $\phi$  είναι το γεωγραφικό πλάτος το οποίο στην παρούσα μελέτη, δηλαδή για την περιοχή της Αθήνας, λαμβάνει την τιμή  $37,97^\circ$ . Με  $\gamma$  συμβολίζεται το αζιμούθιο, το οποίο λαμβάνει τις τιμές:  $0^\circ$  για νότιο προσανατολισμό υαλοπινάκων,  $90^\circ$  για δυτικό προσανατολισμό,  $180^\circ$  για βόρειο προσανατολισμό και  $-90^\circ$  για ανατολικό προσανατολισμό υαλοπινάκων. Το μέγεθος  $\omega$  καλείται ωριαία γωνία και δίδεται από τη σχέση:

$$\omega = \pm 0,25^* \text{ (λεπτά από το ηλιακό μεσημέρι)} \quad (4.7)$$

Το  $\omega$  παίρνει θετικές τιμές μετά το ηλιακό μεσημέρι και αρνητικές πριν από αυτό. Τέλος, το μέγεθος  $\delta$  παριστά την ηλιακή απόκλιση, η οποία υπολογίζεται με βάση τη σχέση:

$$\delta = 23,45 \sin \left[ \frac{360}{365} (84 + n) \right] \quad (4.8)$$

όπου:  $n$  ο αύξων αριθμός της ημέρας του έτους, δηλαδή  $n=1 \div 364$ .

Για κάθε εξεταζόμενη ημερομηνία η ηλιακή ακτινοβολία λαμβάνει μη μηδενικές τιμές μόνο από την ανατολή έως και τη δύση του, οι οποίες προσδιορίζονται από τις σχέσεις:

$$t_{\text{sunrise}} = 12 + N/2 \quad (4.9)$$

$$t_{\text{sunset}} = 12 - N/2 \quad (4.10)$$

όπου  $N$  είναι η διάρκεια της ημέρας σε ώρες και δίνεται από τη σχέση [1]:

$$N = \frac{2}{15} \arccos \left( \tan \phi \tan \delta \right) \quad (4.11)$$

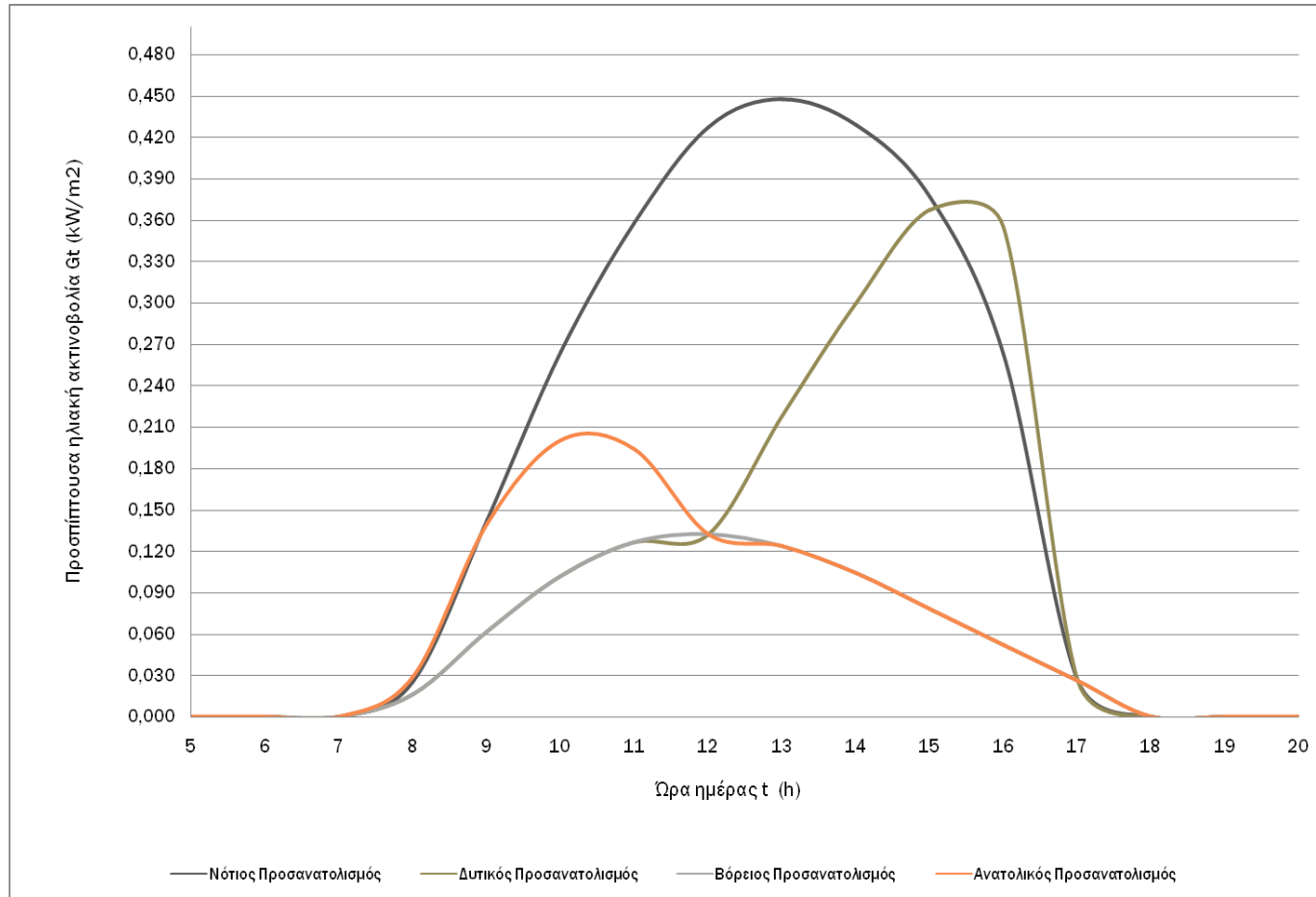
Παρακάτω παρατίθενται πίνακες με τις τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε ώρα (από την ανατολή έως τη δύση του ήλιου) κάθε 21<sup>ης</sup> ημέρας των χειμερινών μηνών, δηλαδή από τον Νοέμβριο έως και τον Μάρτιο. Επίσης, ακολουθούν αντίστοιχα διαγράμματα της προσπίπτουσας επί των υαλοπινάκων ακτινοβολίας, για τις ίδιες ώρες των παραπάνω ημερών και για καθέναν από τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς. Για λόγους πληρότητας, τα διαγράμματα που παρουσιάζουν τη στη στιγμιαία άμεση και στιγμιαία διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία,  $G_b$  και  $G_d$  αντίστοιχα, καθώς και τον λόγο  $R_b$  της άμεσης ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου προς την άμεση ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου, παρατίθενται σε παράρτημα στο τέλος της υπολογιστικής μελέτης.

Οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας που παρουσιάζονται παρακάτω χαρακτηρίζονται ως κανονικοποιημένες διότι σε λίγες περιπτώσεις, που αφορούν στις περιόδους ανατολής και δύσης του ηλίου, οι αντίστοιχες σχέσεις υπολογισμού των  $G_b, G_d, R_b$  και  $G_t$  δίνουν αρνητικές τιμές ή γενικά τιμές χωρίς φυσική σημασία. Οι τιμές αυτές σε κάθε περίπτωση έχουν αντικατασταθεί από μηδενικές και για τον λόγο αυτό τα συνολικά αποτελέσματα αναφέρονται ως κανονικοποιημένα.

Πίνακας μελέτης 2: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας για την 21η Νοεμβρίου

Ωρα ημέρας	Gb (kW/m2) κανονικοποιημένες τιμές	Gd (kW/m2) κανονικοποιημένες τιμές	Rb νότιος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάλων νότιου προσανατολισμού	Rb δυτικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάλων δυτικού προσανατολισμού	Rb βόρειος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάλων βόρειου προσανατολισμού	Rb ανατολικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάλων ανατολικού προσανατολισμού
1	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	0,002523	0,026183	3,648488	0,025168	0,000000	0,015962	0,000000	0,015962	0,015962	0,029218
9	0,036372	0,096955	2,221375	0,142606	0,000000	0,061810	0,000000	0,061810	0,061810	0,140193
10	0,089018	0,155397	1,823225	0,264439	0,000000	0,102140	0,000000	0,102140	0,102140	0,200307
11	0,138765	0,187751	1,668901	0,358112	0,000000	0,126527	0,000000	0,126527	0,126527	0,194017
12	0,181514	0,190578	1,626209	0,427679	0,000000	0,132498	0,000000	0,132498	0,132498	0,132498
13	0,193981	0,173864	1,668901	0,447452	0,486361	0,218061	0,000000	0,123716	0,123716	0,123716
14	0,178203	0,143437	1,823225	0,428786	1,102779	0,300401	0,000000	0,103883	0,103883	0,103883
15	0,134147	0,108371	2,221375	0,376428	2,155031	0,367528	0,000000	0,078437	0,078437	0,078437
16	0,057732	0,077105	3,648488	0,262670	5,253416	0,355325	0,000000	0,052036	0,052036	0,052036
17	0,000000	0,043912	0,000000	0,026347	0,000000	0,026347	0,000000	0,026347	0,026347	0,026347
18	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Διάγραμμα 1: Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία Gt για την 21η Νοεμβρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς

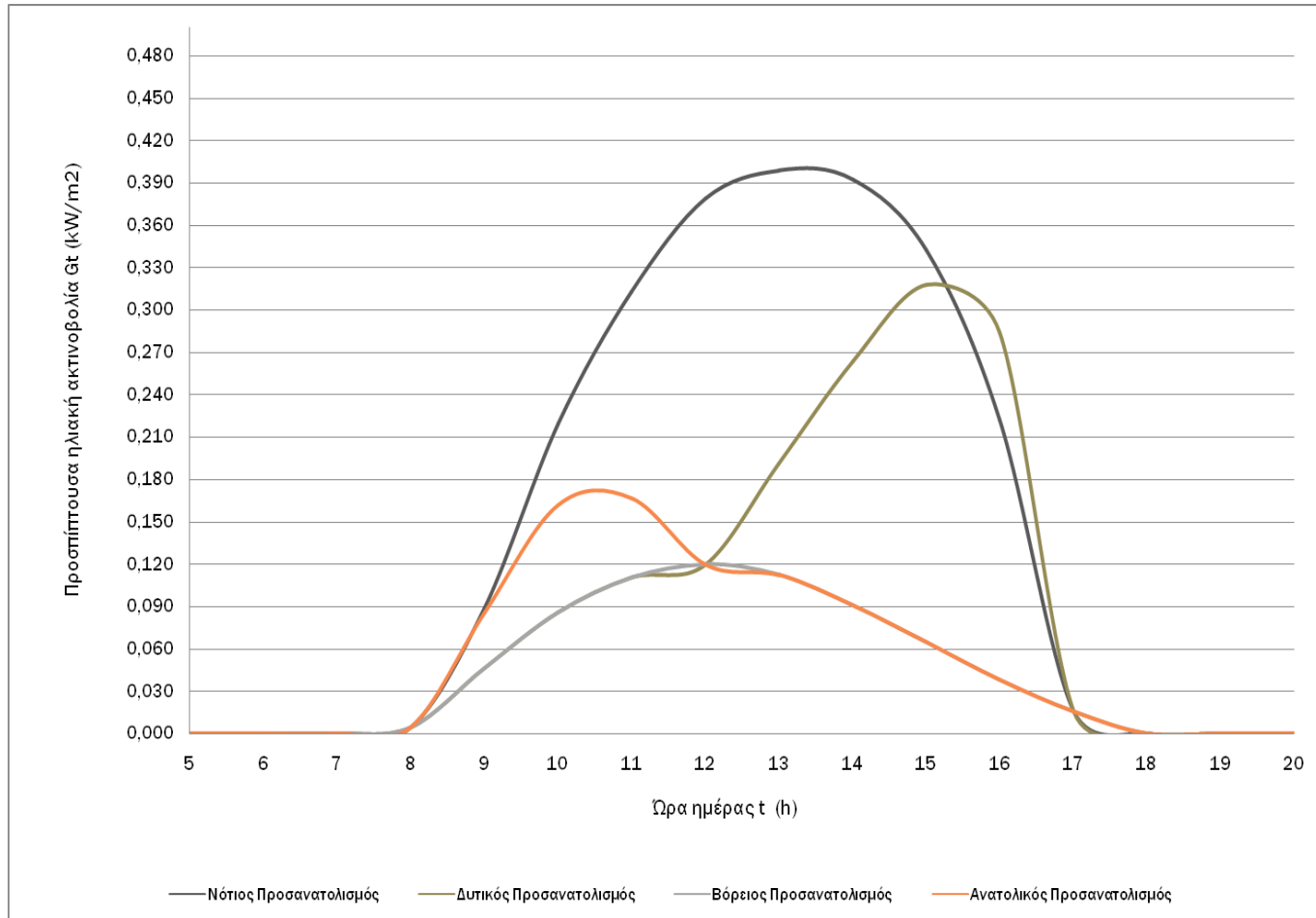




Πίνακας μελέτης 3: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας για την 21η Δεκεμβρίου

Ωρα ημέρας	Gb (kW/m2) κανονικοποιημένες τιμές	Gd (kW/m2) κανονικοποιημένες τιμές	Rb νότιος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού	Rb δυτικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού	Rb βόρειος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού	Rb ανατολικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού
1	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	0,000000	0,007103	5,103165	0,004262	0,000000	0,004262	0,000000	0,004262	6,803580	0,004262
9	0,015963	0,075293	2,674166	0,089460	0,000000	0,046772	0,000000	0,046772	2,433610	0,085620
10	0,063310	0,132586	2,103640	0,219064	0,000000	0,085883	0,000000	0,085883	1,202387	0,162006
11	0,106974	0,166623	1,892946	0,313166	0,000000	0,110671	0,000000	0,110671	0,523296	0,166650
12	0,141315	0,176096	1,835637	0,379193	0,000000	0,119789	0,000000	0,119789	0,000000	0,119789
13	0,151362	0,162041	1,892946	0,398882	0,523296	0,191568	0,000000	0,112361	0,000000	0,112361
14	0,143393	0,127635	2,103640	0,392567	1,202387	0,263334	0,000000	0,090920	0,000000	0,090920
15	0,103935	0,090166	2,674166	0,342432	2,433610	0,317430	0,000000	0,064493	0,000000	0,064493
16	0,036086	0,057758	5,103165	0,222418	6,803580	0,283779	0,000000	0,038263	0,000000	0,038263
17	0,000000	0,026423	0,000000	0,015854	0,000000	0,015854	0,000000	0,015854	0,000000	0,015854
18	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

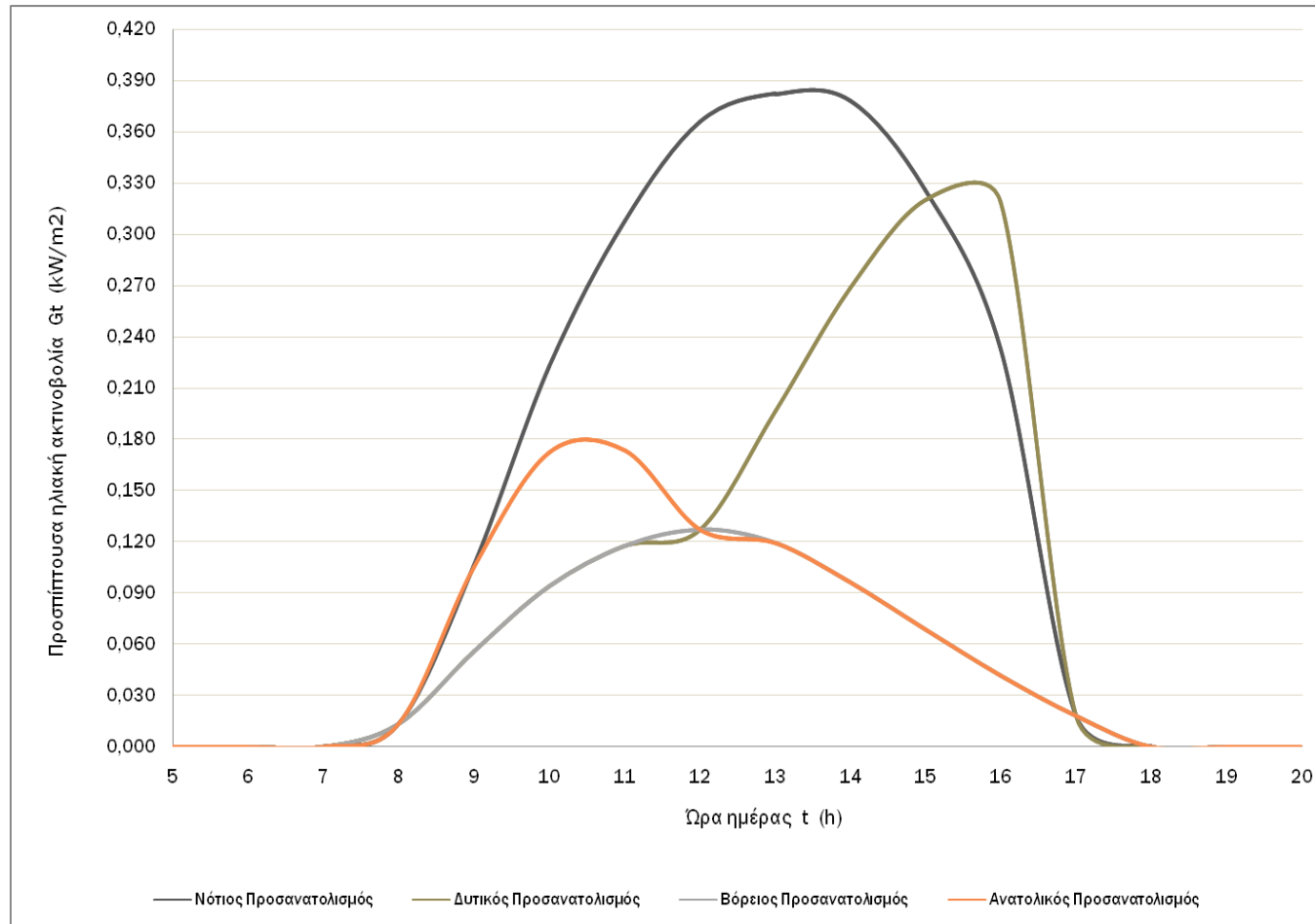
Διάγραμμα 2: Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία Gt για την 21η Δεκεμβρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς



Πίνακας μελέτης 4: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας για την 21η Ιανουαρίου

Ωρα ημέρας	Gb (kW/m2) κανονικοποιημένες τιμές	Gd (kW/m2) κανονικοποιημένες τιμές	Rb νότιος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού	Rb δυτικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού	Rb βόρειος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού	Rb ανατολικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού
1	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	0,000000	0,022140	0,013284	0,013284	0,013284	0,013284	0,013284	0,013284	0,013284	0,013284
9	0,023107	0,089257	0,106290	0,106290	0,106290	0,055865	0,055865	0,055865	0,055865	0,105105
10	0,071736	0,144193	0,222675	0,222675	0,222675	0,093690	0,093690	0,093690	0,093690	0,172157
11	0,115512	0,176672	0,307976	0,307976	0,307976	0,117555	0,117555	0,117555	0,117555	0,173347
12	0,148479	0,187122	0,365738	0,365738	0,365738	0,127121	0,127121	0,127121	0,127121	0,127121
13	0,159575	0,171994	0,382214	0,382214	0,382214	0,196228	0,196228	0,119154	0,119154	0,119154
14	0,157181	0,133874	0,378664	0,378664	0,378664	0,267974	0,267974	0,096042	0,096042	0,096042
15	0,117937	0,094878	0,326092	0,326092	0,326092	0,320042	0,320042	0,068721	0,068721	0,068721
16	0,053952	0,060584	0,232742	0,232742	0,232742	0,318947	0,318947	0,041745	0,041745	0,041745
17	0,000000	0,029616	0,017769	0,017769	0,017769	0,017769	0,017769	0,017769	0,017769	0,017769
18	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

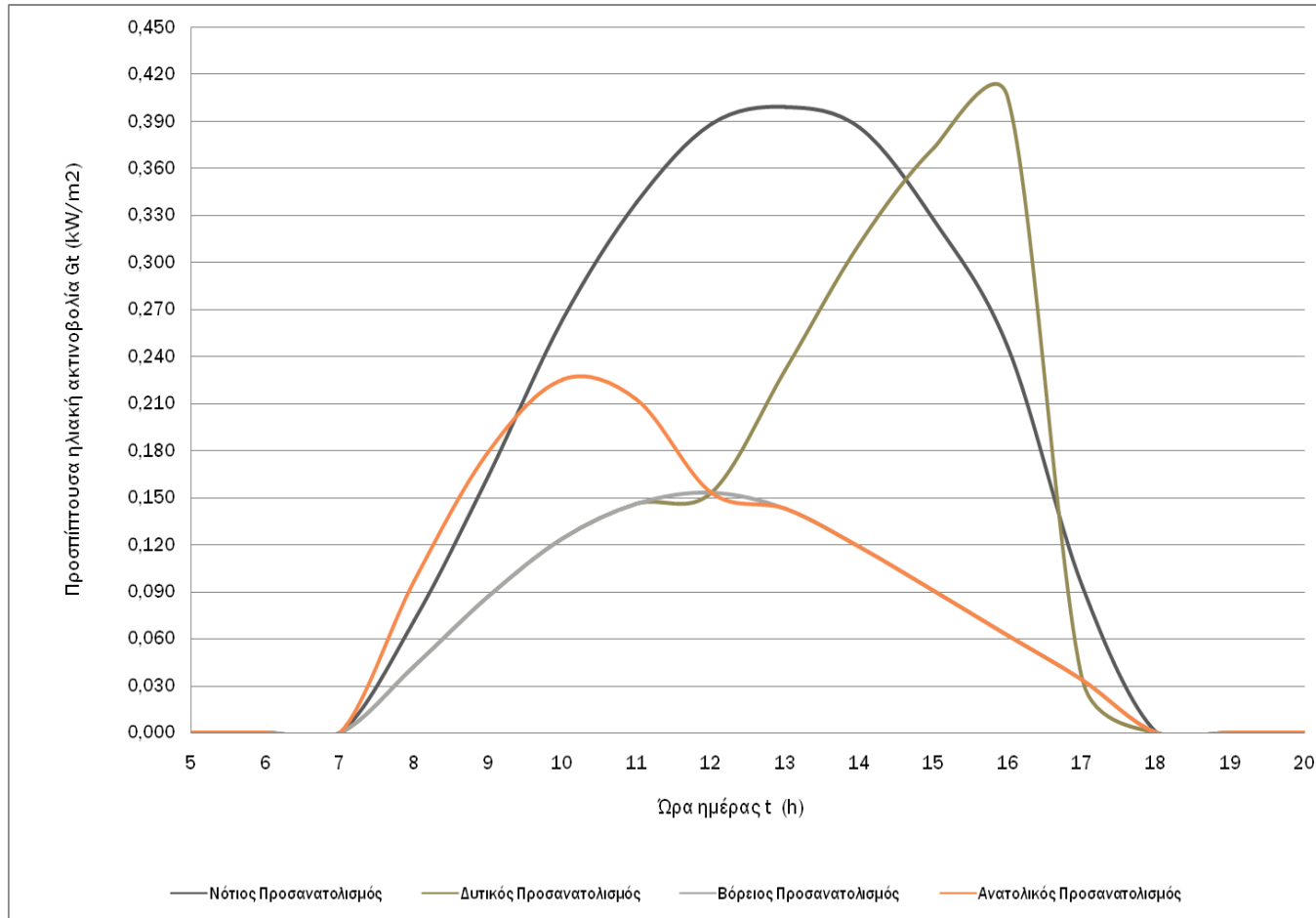
Διάγραμμα 3: Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία  $G_t$  για την 21η Ιανουαρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς



Πίνακας μελέτης 5: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας για την 21η Φεβρουαρίου

Ωρα ημέρας	Gb (kW/m2) κανονικοποιημένες τιμές	Gd (kW/m2) κανονικοποιημένες τιμές	Rb νότιος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάλων νότιου προσανατολισμού	Rb δυτικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάλων δυτικού προσανατολισμού	Rb βόρειος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάλων βόρειου προσανατολισμού	Rb ανατολικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m2) υαλοπινάλων ανατολικού προσανατολισμού
1	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
7	0,000000	0,000000	3,853889	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
8	0,017009	0,068282	1,705915	0,071686	0,000000	0,042670	0,000000	0,042670	3,183328	0,096816
9	0,056916	0,136241	1,358811	0,164775	0,000000	0,087436	0,000000	0,087436	1,624340	0,179888
10	0,113326	0,188282	1,229560	0,263643	0,000000	0,124302	0,000000	0,124302	0,891901	0,225377
11	0,163673	0,216290	1,174238	0,338332	0,000000	0,146141	0,000000	0,146141	0,404813	0,212398
12	0,203062	0,221472	1,158360	0,388408	0,000000	0,153190	0,000000	0,153190	0,000000	0,153190
13	0,218516	0,201692	1,174238	0,399457	0,404813	0,231325	0,000000	0,142867	0,000000	0,142867
14	0,217636	0,161281	1,229560	0,386129	0,891901	0,312642	0,000000	0,118532	0,000000	0,118532
15	0,173947	0,122148	1,358811	0,327045	1,624340	0,373233	0,000000	0,090683	0,000000	0,090683
16	0,107703	0,085772	1,705915	0,245965	3,183328	0,405086	0,000000	0,062233	0,000000	0,062233
17	0,015367	0,053492	3,853889	0,092855	0,000000	0,033632	0,000000	0,033632	0,000000	0,033632
18	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
19	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

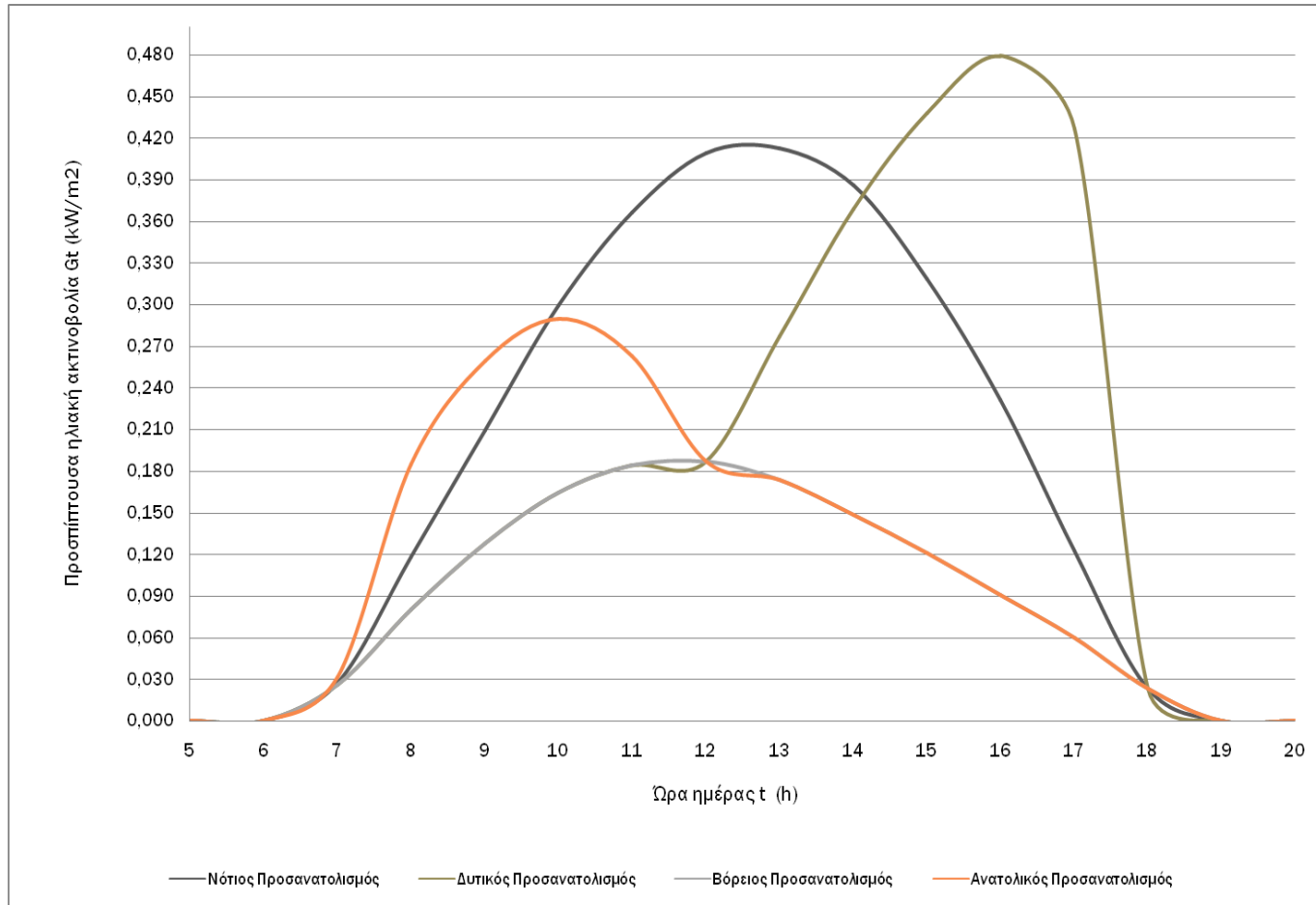
Διάγραμμα 4: Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία Gt για την 21η Φεβρουαρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς



Πίνακας μελέτης 6: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας για την 21η Μαρτίου

Ωρα ημέρας	Gb (kW/m <sup>2</sup> ) κανονικοποιημένες τιμές	Gd (kW/m <sup>2</sup> ) κανονικοποιημένες τιμές	Rb νότιος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάλων νότιου προσανατολισμού	Rb δυτικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάλων δυτικού προσανατολισμού	Rb βόρειος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάλων βόρειου προσανατολισμού	Rb ανατολικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάλων ανατολικού προσανατολισμού
1	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
5	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
6	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,281324	0,000000	0,000000	0,000000
7	0,001174	0,043495	0,825194	0,027184	0,000000	0,026215	0,000000	0,026215	4,836859	0,031894
8	0,047059	0,126145	0,803368	0,118199	0,000000	0,080393	0,000000	0,080393	2,221535	0,184937
9	0,102666	0,196325	0,796600	0,209846	0,000000	0,128062	0,000000	0,128062	1,278440	0,259315
10	0,169918	0,245959	0,793617	0,299417	0,000000	0,164567	0,000000	0,164567	0,737048	0,289805
11	0,230260	0,268446	0,792246	0,366516	0,000000	0,184093	0,000000	0,184093	0,341839	0,262805
12	0,280701	0,264694	0,791842	0,409158	0,000000	0,186887	0,000000	0,186887	0,000000	0,186887
13	0,301944	0,238696	0,792246	0,412626	0,341839	0,276628	0,000000	0,173412	0,000000	0,173412
14	0,298564	0,197981	0,793617	0,385591	0,737048	0,368701	0,000000	0,148645	0,000000	0,148645
15	0,247862	0,159958	0,796600	0,318207	1,278440	0,437637	0,000000	0,120761	0,000000	0,120761
16	0,174805	0,122015	0,803368	0,231122	2,221535	0,479025	0,000000	0,090690	0,000000	0,090690
17	0,075837	0,087405	0,825194	0,122607	4,836859	0,426842	0,000000	0,060027	0,000000	0,060027
18	0,000000	0,038515	0,000000	0,023109	0,000000	0,023109	1,281324	0,023109	0,000000	0,023109
19	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
21	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
22	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
23	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
24	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Διάγραμμα 5: Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία Gt για την 21η Μαρτίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς





Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται, όπως ήταν αναμενόμενο, ότι η ηλιακή ακτινοβολία ακολουθεί μια καμπανόμορφη καμπύλη κατά τη διάρκεια της ημέρας σε κάθε προσανατολισμό, με το Βορρά και τον Νότο να εμφανίζουν τις μέγιστες τιμές τους κατά τις μεσημεριανές ώρες, περί τις 12:00 και τις 13:00 αντίστοιχα. Στον ανατολικό προσανατολισμό η κορυφή της καμπαδονειδούς καμπύλης μετατοπίζεται στις πρωινές ώρες, με μέγιστο περί τις 9:30 με 10:30, ενώ αντίστοιχα ο δυτικός προσανατολισμός εμφανίζει καμπύλη Gt με κορυφή μετατοπισμένη στις απογευματινές ώρες και εμφάνιση μέγιστης τιμής περί τις 15:30 με 17:00, αναλόγως του μήνα.

Εν γένει, υψηλότερες τιμές προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας παρατηρούνται κυρίως στο νότιο και δευτερευόντως στον δυτικό προσανατολισμό. Η αυξημένη περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς κατά τις πρωινές ώρες και η συνεπαγόμενη συγκράτηση ηλιακής ισχύος αποτρέπει την εμφάνιση τιμών Gt ανατολικού προσανατολισμού αντίστοιχων με αυτές του δυτικού, ενώ οι χαμηλές τιμές Gt του βόρειου προσανατολισμού οφείλονται στην ηλιακή πορεία.

Οι μέγιστες τιμές Gt του βόρειου προσανατολισμού κυμαίνονται από το 30% περίπου των αντίστοιχων του νότιου προσανατολισμού κατά το Νοέμβριο έως το 45% κατά τον Μάρτιο, μιας και κατά την πορεία προς τους ανοιξιάτικους μήνες η προσπίπτουσα ακτινοβολία στο νότιο προσανατολισμό δεν ακολουθεί την αντίστοιχη ανοδική πορεία τιμών που παρατηρείται στους υπόλοιπους τρεις προσανατολισμούς, αλλά αυξάνεται με σημαντικά μικρότερο ρυθμό (μάλιστα μεταξύ Δεκεμβρίου και Ιανουαρίου εμφανίζει οριακή μείωση). Η παραπάνω παρατήρηση οφείλεται στην μεταβολή της πορείας του ήλιου, ο οποίος αφενός απομακρύνεται και αυξάνει την κλίση του σε σχέση με τον ορίζοντα και αφετέρου μετατοπίζει τα σημεία ανατολής και δύσης του προς το Βορρά. Η επίδραση του γεγονότος αυτού είναι εντονότερη στις τιμές Gt που αντιστοιχούν στον ανατολικό και τον δυτικό προσανατολισμό. Στην πρώτη περίπτωση, δηλαδή κατά την Ανατολή, εμφανίζεται αύξηση της τάξης του 55% στην τιμή της μέγιστης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας από τον Δεκέμβριο στον Μάρτιο, με ταυτόχρονη ελαφριά μετατόπιση προς νωρίτερα το πρωί. Στον δυτικό προσανατολισμό, ενώ η αντίστοιχη αύξηση της μέγιστης τιμής Gt μεταξύ Δεκεμβρίου και Μαρτίου είναι της τάξης του 33% (με ταυτόχρονη ελαφρά μετατόπιση προς τις πιο απογευματινές ώρες), παρατηρείται το φαινόμενο της υπέρβασης της μέγιστης τιμής Gt του νότιου προσανατολισμού κατά τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο κατά περίπου 5 και 13% αντίστοιχα.

### 4.3 Υπολογισμός ηλιακής ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας προσπίπτουσας επί κατακόρυφη επιφάνεια [125].

Η μεγάλη διαφορά μεταξύ των προκύπτουσών τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας  $G_t$  σε ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό, παρά την αναμενόμενη μικρή μεταξύ τους απόκλιση λόγω του μεγαλύτερου ποσοστού υδρατμών της ατμόσφαιρας κατά τις πρώτες πρωινές ώρες, επέβαλε την επιπλέον μελέτη προς επιβεβαίωση της ορθότητας των ανωτέρω υπολογισμών.

Προς αυτή την κατεύθυνση, ακολουθεί ο υπολογισμός της ηλιακής ακτινοβολίας κατακόρυφης επιφάνειας εκτός ατμόσφαιρας για κάθε έναν από τους κύριους προσανατολισμούς και για κάθε μήνα από τον Οκτώβριο έως και τον Μάρτιο, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$G_{ot} = G_{on} \cos \theta = G_{sc} \left( 1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365} \right) \cos \theta \quad (4.12)$$

όπου:  $G_{ot}$  η ηλιακή ακτινοβολία κατακόρυφης επιφάνειας εκτός ατμόσφαιρας,  $G_{on}$  η ηλιακή ακτινοβολία οριζόντιας επιφάνειας εκτός ατμόσφαιρας,  $\cos \theta$  το συνημίτονο της γωνίας πρόσπτωσης, δηλαδή της γωνίας μεταξύ των προσπίπτουσών ηλιακών ακτινών και της καθέτου στην επιφάνεια, η οποία υπολογίζεται από τη σχέση (4.5) όπως περιγράφεται στην ανωτέρω ενότητα,  $G_{sc}$  η ηλιακή σταθερά, η οποία ισούται με  $1353 \text{ W/m}^2$  και  $n$  ο αύξων αριθμός της ημέρας του έτους.

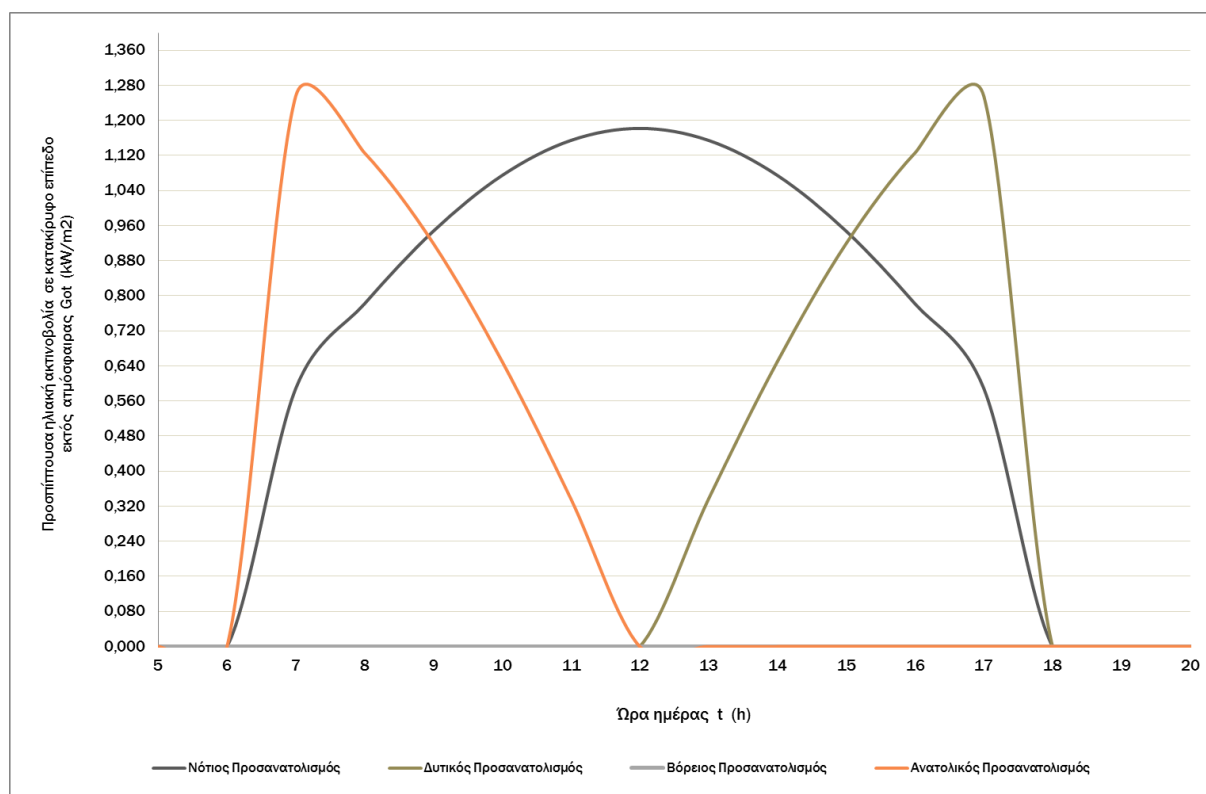
Στις ακόλουθες σελίδες παρατίθενται οι πίνακες των υπολογισμών της  $G_{ot}$  και τα αντίστοιχα διαγράμματα για κάθε προσανατολισμό και μήνα υπό μελέτη. Όπως ήταν αναμενόμενο, τα αποτελέσματα δίνουν απόλυτα συμμετρικά διαγράμματα ηλιακής ακτινοβολίας κατακόρυφης επιφάνειας εκτός ατμόσφαιρας στον ανατολικό και το δυτικό προσανατολισμό. Οι δύο καμπύλες παρουσιάζουν τα ίδια μέγιστα με μόνη διαφορά τις αντίστοιχες ώρες της ημέρας. Στον ανατολικό προσανατολισμό η μέγιστη τιμή του  $G_{ot}$  παρουσιάζεται περί τις 7:00 το πρωί ενώ στον δυτικό προσανατολισμό μεταξύ 17:30 και 18:00 το απόγευμα.

Τα αποτελέσματα αυτά, αν και δε βοηθούν στην εξήγηση της μεγάλης προκύπτουσας απόκλισης μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας προσπίπτουσας επί κατακόρυφο υαλοπίνακα (εντός ατμόσφαιρας) στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό, είναι απολύτως αναμενόμενα και δεν συστήνουν την ύπαρξη κάποιου λάθους στους έως τώρα υπολογισμούς.

Πίνακας Μελέτης 7 : Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας για την 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς

Ωρα ημέρας	Ημέρα ανάλυσης (1-365)	G <sub>0n</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) κάθετος ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) νότιος προσανατολισμός κανονικοποιημένες ημέρες	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) βόρειος προσανατολισμός κανονικοποιημένες ημέρες	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) ανατολικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες ημέρες	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) δυτικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες ημέρες
1	325	1,387476	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
2	325	1,387476	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
3	325	1,387476	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
4	325	1,387476	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
5	325	1,387476	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
6	325	1,387476	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
7	325	1,387476	0,58903	0,00000	1,25581	0,00000
8	325	1,387476	0,78195	0,00000	1,12592	0,00000
9	325	1,387476	0,94761	0,00000	0,91931	0,00000
10	325	1,387476	1,07473	0,00000	0,65005	0,00000
11	325	1,387476	1,15464	0,00000	0,33649	0,00000
12	325	1,387476	1,18190	0,00000	0,00000	0,00000
13	325	1,387476	1,15464	0,00000	0,00000	0,33649
14	325	1,387476	1,07473	0,00000	0,00000	0,65005
15	325	1,387476	0,94761	0,00000	0,00000	0,91931
16	325	1,387476	0,78195	0,00000	0,00000	1,12592
17	325	1,387476	0,58903	0,00000	0,00000	1,25581
18	325	1,387476	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
19	325	1,387476	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
20	325	1,387476	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
21	325	1,387476	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
22	325	1,387476	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
23	325	1,387476	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
24	325	1,387476	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

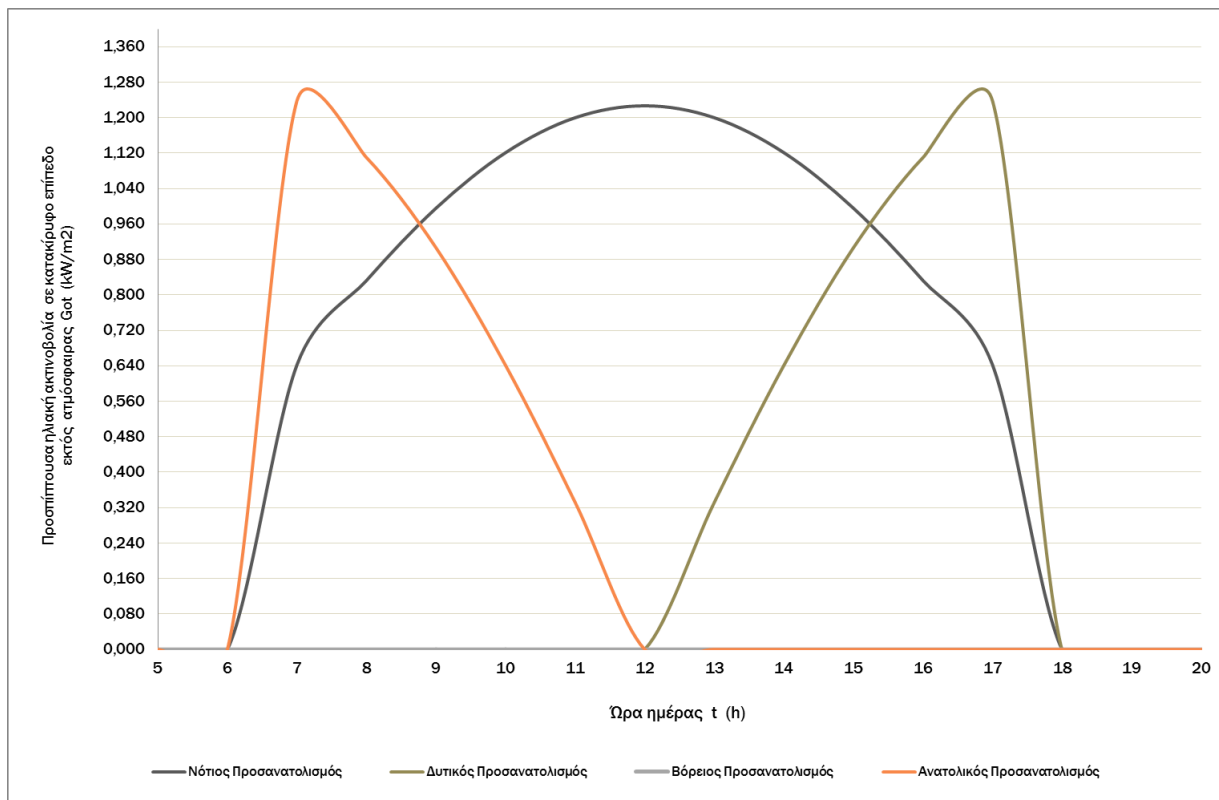
Διάγραμμα 6 : Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας G<sub>0t</sub> για την 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς



Πίνακας Μελέτης 8 : Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας για την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς

Ωρα ημέρας	Ημέρα ανάλυσης (1-365)	G <sub>0n</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) κάθετος ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) νότιος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) βόρειος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) ανατολικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) δυτικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές
1	355	1,396989	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
2	355	1,396989	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
3	355	1,396989	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
4	355	1,396989	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
5	355	1,396989	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
6	355	1,396989	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
7	355	1,396989	0,64234	0,00000	1,23794	0,00000
8	355	1,396989	0,83251	0,00000	1,10991	0,00000
9	355	1,396989	0,99581	0,00000	0,90624	0,00000
10	355	1,396989	1,12112	0,00000	0,64081	0,00000
11	355	1,396989	1,19990	0,00000	0,33171	0,00000
12	355	1,396989	1,22676	0,00000	0,00000	0,00000
13	355	1,396989	1,19990	0,00000	0,00000	0,33171
14	355	1,396989	1,12112	0,00000	0,00000	0,64081
15	355	1,396989	0,99581	0,00000	0,00000	0,90624
16	355	1,396989	0,83251	0,00000	0,00000	1,10991
17	355	1,396989	0,64234	0,00000	0,00000	1,23794
18	355	1,396989	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
19	355	1,396989	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
20	355	1,396989	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
21	355	1,396989	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
22	355	1,396989	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
23	355	1,396989	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
24	355	1,396989	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

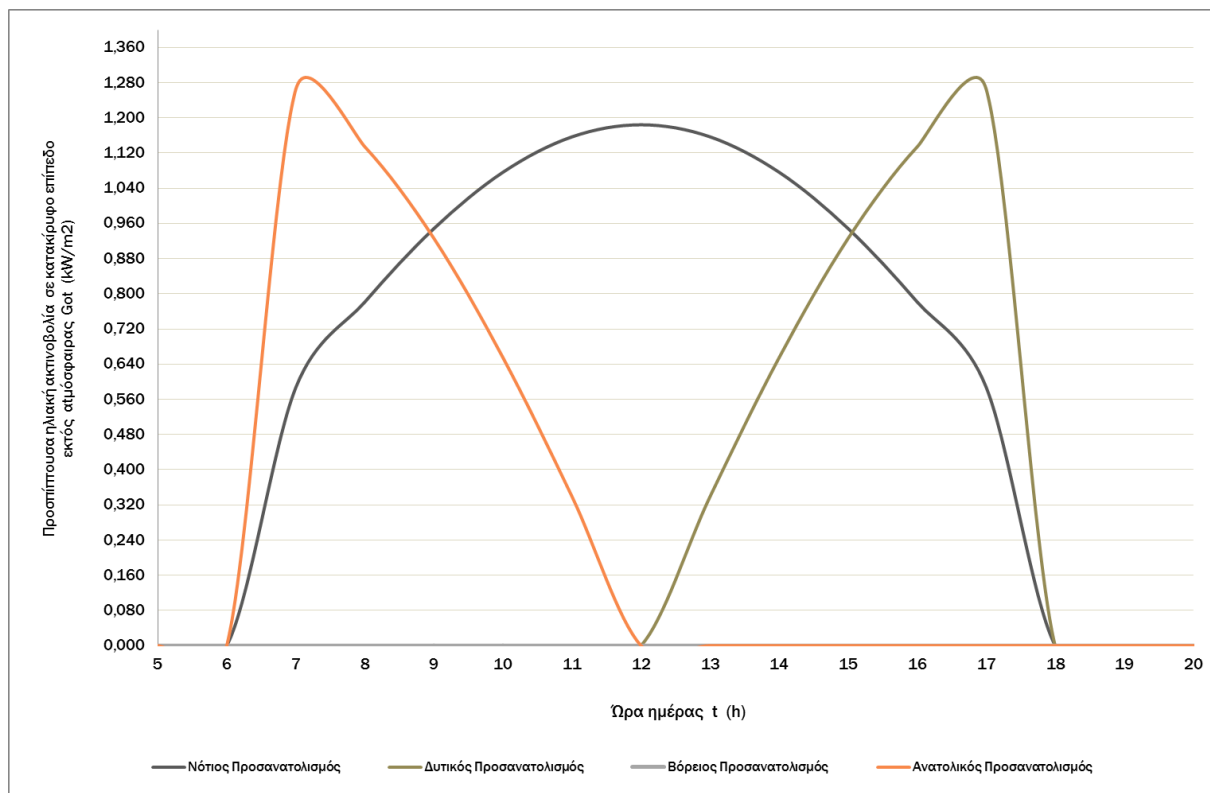
Διάγραμμα 7 : Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας G<sub>0t</sub> για την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς



Πίνακας Μελέτης 9 : Οριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς

Ωρα ημέρας	Ημέρα ανάλυσης (1-365)	G <sub>0n</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) κάθετος ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) νότιος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) βόρειος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) ανατολικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) δυτικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές
1	21	1,394763	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
2	21	1,394763	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
3	21	1,394763	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
4	21	1,394763	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
5	21	1,394763	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
6	21	1,394763	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
7	21	1,394763	0,58707	0,00000	1,26488	0,00000
8	21	1,394763	0,78138	0,00000	1,13406	0,00000
9	21	1,394763	0,94824	0,00000	0,92595	0,00000
10	21	1,394763	1,07628	0,00000	0,65475	0,00000
11	21	1,394763	1,15677	0,00000	0,33892	0,00000
12	21	1,394763	1,18422	0,00000	0,00000	0,00000
13	21	1,394763	1,15677	0,00000	0,00000	0,33892
14	21	1,394763	1,07628	0,00000	0,00000	0,65475
15	21	1,394763	0,94824	0,00000	0,00000	0,92595
16	21	1,394763	0,78138	0,00000	0,00000	1,13406
17	21	1,394763	0,58707	0,00000	0,00000	1,26488
18	21	1,394763	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
19	21	1,394763	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
20	21	1,394763	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
21	21	1,394763	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
22	21	1,394763	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
23	21	1,394763	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
24	21	1,394763	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

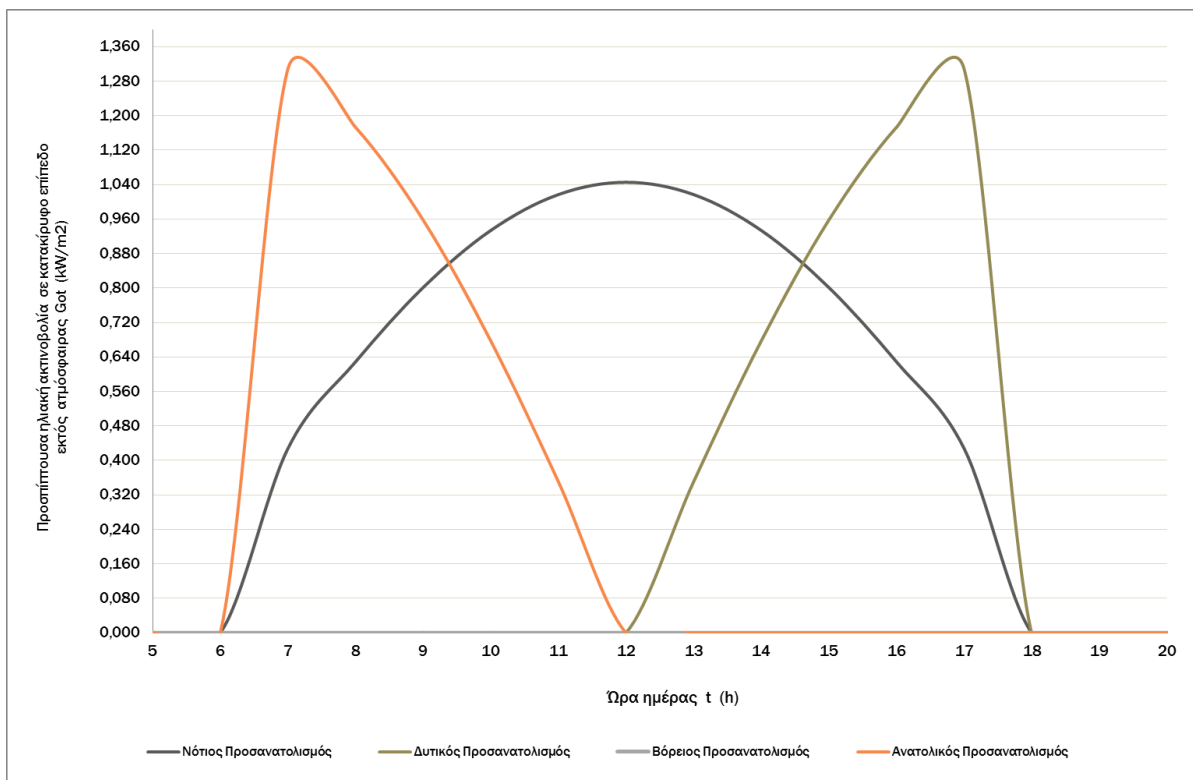
Διάγραμμα 8 : Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας G<sub>0t</sub> για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς



Πίνακας Μελέτης 10 : Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας για την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς

Ωρα ημέρας	Ημέρα ανάλυσης (1-365)	Gon (kW/m <sup>2</sup> ) κάθετος ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας	Got (kW/m <sup>2</sup> ) νότιος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Got (kW/m <sup>2</sup> ) βόρειος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Got (kW/m <sup>2</sup> ) ανατολικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	Got (kW/m <sup>2</sup> ) δυτικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές
1	52	1,380924	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
2	52	1,380924	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
3	52	1,380924	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
4	52	1,380924	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
5	52	1,380924	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
6	52	1,380924	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
7	52	1,380924	0,42763	0,00000	1,30835	0,00000
8	52	1,380924	0,62862	0,00000	1,17303	0,00000
9	52	1,380924	0,80121	0,00000	0,95778	0,00000
10	52	1,380924	0,93365	0,00000	0,67725	0,00000
11	52	1,380924	1,01690	0,00000	0,35057	0,00000
12	52	1,380924	1,04529	0,00000	0,00000	0,00000
13	52	1,380924	1,01690	0,00000	0,00000	0,35057
14	52	1,380924	0,93365	0,00000	0,00000	0,67725
15	52	1,380924	0,80121	0,00000	0,00000	0,95778
16	52	1,380924	0,62862	0,00000	0,00000	1,17303
17	52	1,380924	0,42763	0,00000	0,00000	1,30835
18	52	1,380924	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
19	52	1,380924	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
20	52	1,380924	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
21	52	1,380924	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
22	52	1,380924	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
23	52	1,380924	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
24	52	1,380924	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

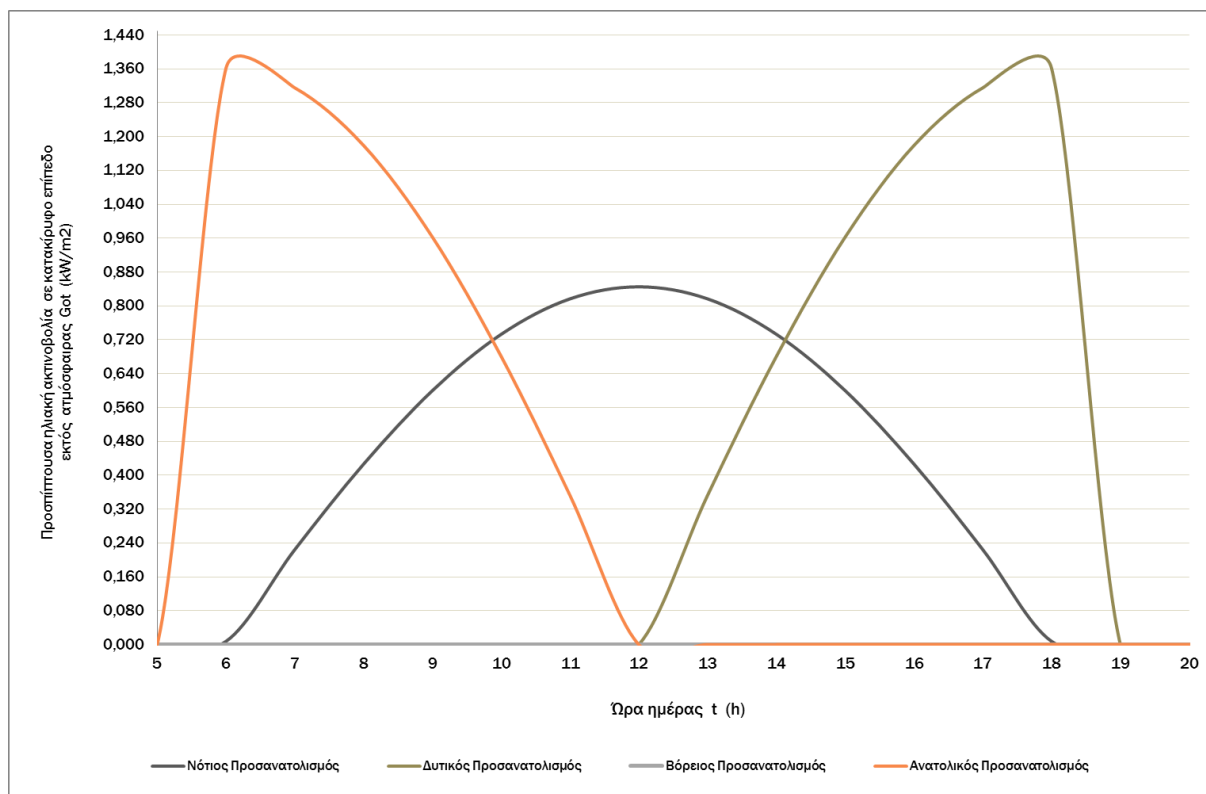
Διάγραμμα 9 : Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας Got για την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς



**Πίνακας Μελέτης 11 : Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας για την 21<sup>η</sup> Μαρτίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς**

Ωρα ημέρας	Ημέρα ανάλυσης (1-365)	G <sub>0n</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) κάθετος ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) νότιος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) βόρειος προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) ανατολικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές	G <sub>0t</sub> (kW/m <sup>2</sup> ) δυτικός προσανατολισμός κανονικοποιημένες τιμές
1	80	1,361593	0,00000	0,80159	0,35240	0,00000
2	80	1,361593	0,00000	0,71791	0,68078	0,00000
3	80	1,361593	0,00000	0,58478	0,96277	0,00000
4	80	1,361593	0,00000	0,41129	1,17914	0,00000
5	80	1,361593	0,00000	0,20925	1,31516	0,00000
6	80	1,361593	0,00756	0,00000	1,36156	0,00000
7	80	1,361593	0,22437	0,00000	1,31516	0,00000
8	80	1,361593	0,42641	0,00000	1,17914	0,00000
9	80	1,361593	0,59990	0,00000	0,96277	0,00000
10	80	1,361593	0,73303	0,00000	0,68078	0,00000
11	80	1,361593	0,81672	0,00000	0,35240	0,00000
12	80	1,361593	0,84526	0,00000	0,00000	0,00000
13	80	1,361593	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
14	80	1,361593	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
15	80	1,361593	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
16	80	1,361593	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
17	80	1,361593	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
18	80	1,361593	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
19	80	1,361593	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
20	80	1,361593	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
21	80	1,361593	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
22	80	1,361593	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
23	80	1,361593	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
24	80	1,361593	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

**Διάγραμμα 10 : Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας G<sub>0t</sub> για την 21<sup>η</sup> Μαρτίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς**

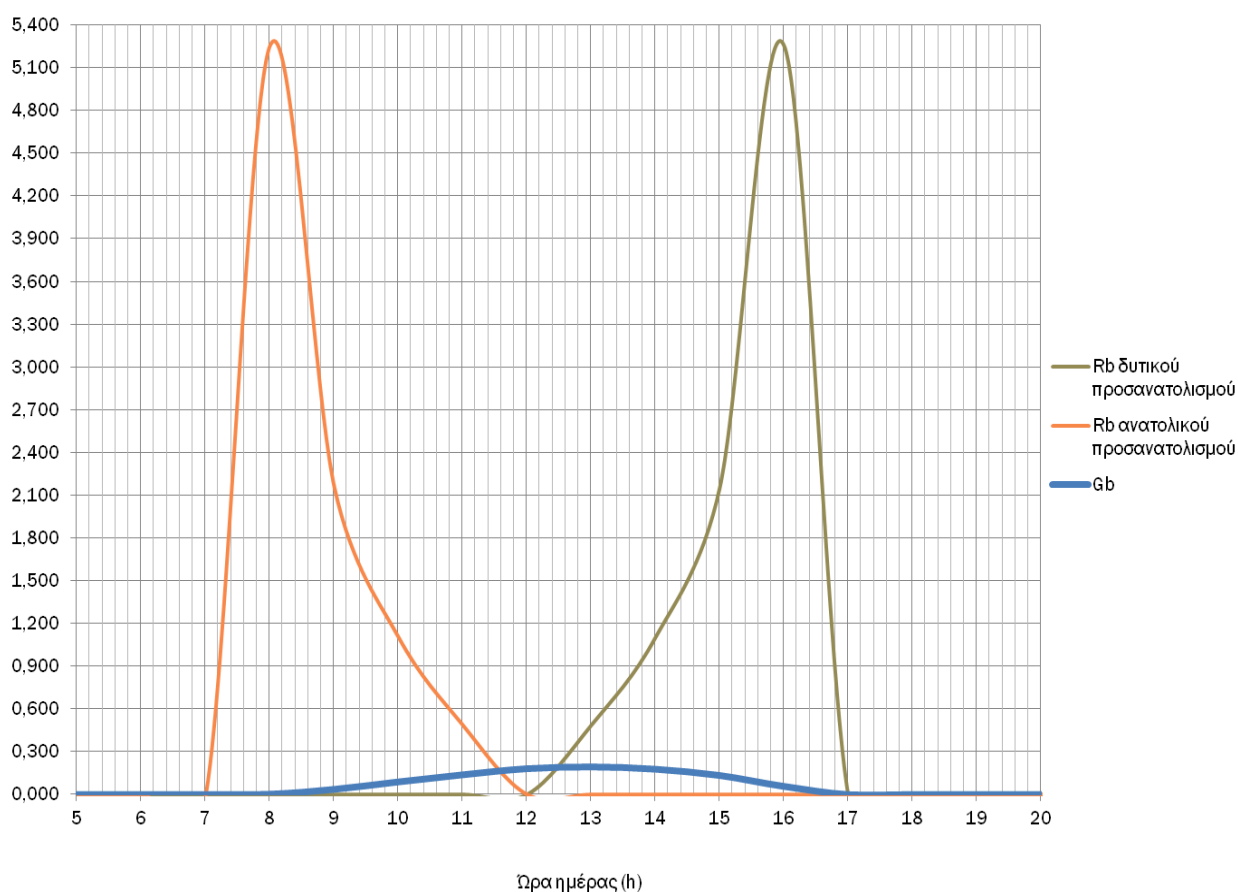


#### 4.4 Αιτιολόγηση της απόκλισης των τιμών της $G_t$ μεταξύ ανατολικού και δυτικού προσανατολισμού.

Εκκρεμεί η αιτιολόγηση της μεγάλης απόκλισης που παρουσιάζουν τα μέγιστα των τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας προσπίπτουσας επί κατακόρυφο υαλοπίνακα στον ανατολικό και τον δυτικό προσανατολισμό. Όπως είναι προφανές από τα παραπάνω διαγράμματα η ηλιακή ακτινοβολία  $G_{ot}$  κατακόρυφης επιφάνειας εκτός ατμόσφαιρας είναι απολύτως συμμετρική σε ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό, παρουσιάζοντας ίδιες τιμές μέγιστων. Εντός ατμόσφαιρας όμως, η αντίστοιχη ακτινοβολία  $G_t$  παρουσιάζει πολύ χαμηλότερες τιμές στην Ανατολή σε σχέση με τη Δύση.

Πολύτιμος αρωγός στην αιτιολόγηση αυτού του φαινομένου είναι το ακόλουθο διάγραμμα που παρουσιάζει για το μήνα Νοέμβριο το διάγραμμα της αμέσου ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου  $G_b$  και τα διαγράμματα του λόγου  $R_b$  της αμέσου ακτινοβολίας κεκλιμένου προς οριζόντιου επιπέδου για τον ανατολικό και τον δυτικό προσανατολισμό.

Διάγραμμα 11 : Άμεσος ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου  $G_b$  ( $\text{kW}/\text{m}^2$ ) και λόγος  $R_b$  της αμέσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου για τον ανατολικό και τον δυτικό προσανατολισμό κατά την 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.





Η σχέση (4.1) για κλίση υαλοπίνακα  $\beta=90^\circ$  και για συντελεστή ανακλαστικότητας εδάφους  $\rho=0,2$  (τυπική τιμή) δίνει:

$$G_t = G_b R_b + \left[ \frac{1}{2} G_d + \frac{0,2}{2} (G_b + G_d) \right] \quad (4.13)$$

Το τμήμα εντός της αγκύλης είναι κοινό για τους δύο προσανατολισμούς, ανατολικό και δυτικό, ενώ το μόνο που μεταβάλλεται ανάλογα με τον προσανατολισμό είναι ο λόγος  $R_b$  και συνεπώς το πρώτο τμήμα του δεύτερου μέλους της παραπάνω σχέσης.

Όπως όμως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα, στις 8:00 το πρωί, δηλαδή την ώρα που η καμπύλη  $R_b$  ανατολικού προσανατολισμού παρουσιάζει μέγιστη τιμή, ίση με  $R_{b_{\max}}^{\text{ανατ}} = 5,2534$ , η αντίστοιχη τιμή της αμέσου ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου είναι  $G_{b8} = 0,0025 \text{ kW/m}^2$ . Έτσι, το γινόμενο που αποτελεί το πρώτο τμήμα της σχέσης παίρνει τιμή  $G_b R_b = 0,01313 \text{ kW/m}^2$ .

Αντίστοιχα, στις 16:00 το απόγευμα, δηλαδή την ώρα που η καμπύλη  $R_b$  δυτικού προσανατολισμού παρουσιάζει μέγιστη τιμή, ίση με  $R_{b_{\max}}^{\text{δυτκ}} = 5,2534$ , η αντίστοιχη τιμή της αμέσου ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου είναι  $G_{b16} = 0,0577 \text{ kW/m}^2$ , δηλαδή περίπου 23 φορές μεγαλύτερη από την  $G_{b8}$ . Έτσι, το γινόμενο που αποτελεί το πρώτο τμήμα της σχέσης παίρνει τιμή  $G_b R_b = 0,3031 \text{ kW/m}^2$ , δηλαδή 23 φορές περίπου μεγαλύτερη σε σχέση με την αντίστοιχη του ανατολικού προσανατολισμού.

Συνεπώς, οι πολύ χαμηλές τιμές της αμέσου ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου  $G_b$  κατά τις πρώτες πρωινές ώρες, οπότε εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές του λόγου  $R_b$  για την ανατολή, δεν επιτρέπουν τελικά στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε κατακόρυφο επίπεδο  $G_t$  να πάρει υψηλές τιμές στον ανατολικό προσανατολισμό, σε αντίθεση με τον δυτικό, όπου οι μέγιστες τιμές του λόγου  $R_b$  συμπίπτουν χρονικά με πολύ υψηλότερες τιμές της ακτινοβολίας  $G_b$ .

Γενικότερα, η θέση της καμπύλης  $G_b$  στον ωριαίο άξονα και η εμφάνιση των μεγαλύτερων τιμών της κατά τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες και των μικρότερων κατά τις πρωινές, σε συνδυασμό με τις μορφές των καμπυλών  $R_b$  για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό και τις ώρες που η κάθε μία παρουσιάζει μέγιστο, καταλήγουν σε πολύ χαμηλότερες τιμές της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κατακόρυφου επιπέδου  $G_t$  στον ανατολικό σε σχέση με τον δυτικό προσανατολισμό.

#### 4.5 Υπολογισμός της θερμοκρασίας στρώματος ΥΑΦ ενσωματωμένου σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας και ηλιακά φορτιζόμενου μέσω έναντι υαλοπίνακα. Προσδιορισμός της ενεργού θερμοχωρητικότητας μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της θερμοκρασίας του ΥΑΦ.

Στο παρόν τμήμα θα γίνει προσδιορισμός της θερμοκρασιακής συμπεριφοράς στρώματος του Υλικού Αλλαγής Φάσης RT21 (πρώην RT20) της εταιρείας Rubitherm [7], σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων με εσωτερική θερμοκρασία σταθερή στους 20°C. Δεδομένου του ότι η περίοδος μελέτης αφορά στους χειμερινούς μήνες, το συγκεκριμένο ΥΑΦ επιλέγεται εξαιτίας των θερμοκρασιακών ορίων λειτουργίας του, οι τιμές των οποίων κυμαίνονται από  $T_s=15^\circ\text{C}$  έως  $T_l=26^\circ\text{C}$ , με αντίστοιχο ονομαστικό εύρος λειτουργίας  $T_s^* - T_l^* = 11 - 26^\circ\text{C}$ .

Η τοιχοποιία και συνεπώς το στρώμα του ΥΑΦ θερμαίνονται μέσω ενός έναντι υαλοπίνακα ή δύο έναντι υαλοπινάκων, κατά περίπτωση. Τα δύο δωμάτια διατάσσονται κατά Νότο και Βορρά ή Ανατολή και Δύση, ανά περίπτωση μελέτης. Η τοιχοποιία άλλοτε διαθέτει στρώμα μόνωσης αμέσως μετά το στρώμα του ΥΑΦ και άλλοτε όχι. Ως μήνες μελέτης λαμβάνονται οι μήνες από τον Οκτώβριο έως και τον Μάρτιο.

Τα υπό μελέτη δωμάτια βρίσκονται σε κτίριο στην περιοχή της Αθήνας, έχουν κοινές διαστάσεις  $[M \times \Pi \times Y] = [4\text{m} \times 3\text{m} \times 2,7\text{m}]$  και χωρίζονται από ενδιάμεση, εσωτερική τοιχοποιία που αποτελείται από τα εξής στρώματα:

- Στρώμα επιχρίσματος πάχους 0,02m με ειδική θερμική αγωγιμότητα  $1,2\text{W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$
- Στρώμα ΥΑΦ (RT21) πάχους 0,02m με ειδική θερμική αγωγιμότητα  $0,2\text{W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$
- Στρώμα μόνωσης πάχους 0,04m με ειδική θερμική αγωγιμότητα  $0,038\text{W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$   
(στις περιπτώσεις μελέτης με τον χαρακτηρισμό ΜΣΜ – με στρώμα μόνωσης)
- Στρώμα οπτόπλινθου πάχους 0,09m με ειδική θερμική αγωγιμότητα  $0,72\text{W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$
- Στρώμα επιχρίσματος πάχους 0,02m με ειδική θερμική αγωγιμότητα  $1,2\text{W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$

Κάθε στρώμα επιχρίσματος έρχεται σε επαφή με τον αέρα του αντίστοιχου δωματίου, που διατηρείται σε σταθερή θερμοκρασία (20°C). Η ενδιάμεση τοιχοποιία θερμαίνεται από έναν ή δύο, κατά περίπτωση, έναντι υαλοπίνακες διαστάσεων  $[M \times Y] = [2\text{m} \times 2\text{m}]$ .

Στόχος της μελέτης είναι ο προσδιορισμός της θερμοκρασίας που αναπτύσσει το ΥΑΦ στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου μιας ώρας. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται η ακόλουθη σχέση, η οποία περιγράφει τον ισολογισμό ενέργειας στο στρώμα του ΥΑΦ:

$$\begin{aligned}
 Q_{tot} &= Q_{m1} + Q_{m2} + Q_{sun} = m_{pcm} c p_{eff} \left( \Theta_0 - T_1 \right) \Rightarrow \\
 U_1 A_w \left( \Theta_{m1} - T_0 \right) \geq 3600 + U_2 A_w \left( \Theta_{m2} - T_0 \right) \geq 3600 + 0,9 \left[ \left( \frac{G t_0 + G t_1}{2} \right)_{or1} + \left( \frac{G t_0 + G t_1}{2} \right)_{or2} \right] A_g 3600 \\
 &= m_{pcm} c p_{eff} \left( \Theta_0 - T_1 \right)
 \end{aligned}
 \tag{4.14}$$

όπου:

- $Q_{tot}$  το σύνολο της θερμότητας που συναλλάσσεται μεταξύ του στρώματος του ΥΑΦ και του περιβάλλοντός του
- $Q_{rm1}$  η θερμότητα που συναλλάσσεται μεταξύ του στρώματος του ΥΑΦ και του δωματίου 1
- $Q_{rm2}$  η θερμότητα που συναλλάσσεται μεταξύ του στρώματος του ΥΑΦ και του δωματίου 2 (περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει στρώμα μόνωσης μετά το στρώμα του ΥΑΦ, οπότε παρατηρείται συναλλαγή θερμότητας μεταξύ του στρώματος ΥΑΦ και των δύο δωματίων )
- $Q_{sun}$  η συνολική ηλιακή θερμική ενέργεια (και από τους δύο υαλοπίνακες, σε όποιες περιπτώσεις αυτοί υφίστανται) που προσπίπτει στην τοιχοποιία και αλληλεπιδρά με το στρώμα του ΥΑΦ
- $U_1$  η θερμοπερατότητα του τμήματος της τοιχοποιίας έως το στρώμα του ΥΑΦ θεωρώντας το από το δωμάτιο 1, με

$$U_1 = (1/h_i + l_{\text{επιχρ}}/k_{\text{επιχρ}})^{-1} \quad (4.15)$$

όπου  $h_i=8 \text{ W/m}^2\text{°C}$  ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής, ενώ  $l_{\text{επιχρ}}$  και  $k_{\text{επιχρ}}$  το πάχος και η ειδική θερμική αγωγιμότητα του επιχρίσματος

- $U_2$ , αντίστοιχα, η θερμοπερατότητα του τμήματος της τοιχοποιίας έως το στρώμα του ΥΑΦ θεωρώντας το από το δωμάτιο 2, με

$$U_2 = (1/h_i + l_{\text{επιχρ}}/k_{\text{επιχρ}} + l_{\text{οπτοπ}}/k_{\text{οπτοπ}})^{-1} \quad (4.16)$$

όπου  $h_i=8,3 \text{ W/m}^2 \text{°C}$  ο εσωτερικός συντελεστής συναγωγής,  $l_{\text{επιχρ}}$  και  $k_{\text{επιχρ}}$  το πάχος και η ειδική θερμική αγωγιμότητα του επιχρίσματος, ενώ  $l_{\text{οπτοπ}}$  και  $k_{\text{οπτοπ}}$  το πάχος και η ειδική θερμική αγωγιμότητα του οπτόπλινθου

- $A_w$  η επιφάνεια του στρώματος του ΥΑΦ, η οποία ταυτίζεται με την επιφάνεια της ενδιάμεσης τοιχοποιίας
- $T_{rm1}$  και  $T_{rm2}$  αντίστοιχα η κοινή θερμοκρασία των δωματίων 1 και 2, η οποία μέσω ενεργητικού συστήματος κλιματισμού διατηρείται σταθερή στους  $20\text{°C}$
- $T_0$  και  $T_1$  αντίστοιχα η θερμοκρασία του ΥΑΦ στο τέλος της πρώτης και της δεύτερης ώρας από την έναρξη της μελέτης
- $G_{to}$  και  $G_{t1}$  η αντίστοιχη ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτουσα επί υαλοπίνακα την πρώτη και τη δεύτερη ώρα από την έναρξη της μελέτης. Χρησιμοποιείται ο μέσος όρος των δύο τιμών προς εξομάλυνση των αποτελεσμάτων του υπολογιστικού μοντέλου και καλύτερη προσέγγιση της πραγματικότητας. Ο κάθε μέσος όρος στη σχέση (4.14) αντιστοιχεί σε έναν προσανατολισμό εκ των νότιο - βόρειο ή ανατολικό - δυτικό, αναλόγως τη διάταξη των δύο δωματίων
- $c_{peff}$  η θερμοχωρητικότητα του ΥΑΦ η οποία υπολογίζεται ως συνάρτηση της θερμοκρασίας του είτε με την ακριβή μέθοδο των τεσσάρων πολυωνυμικών σχέσεων  $c_{peff}(T_{pcm})$ , αντίστοιχων σε τέσσερα θερμοκρασιακά υποεύρη εντός του εύρους λειτουργίας του υπό μελέτη ΥΑΦ [36] στο παρόν κεφάλαιο , είτε με την προσεγγιστική μέθοδο της τριγωνικής συνάρτησης [126] στο επόμενο κεφάλαιο και τέλος
- $m_{pcm}$  η μάζα του ΥΑΦ, η οποία αποτελεί το γινόμενο του όγκου του ( $l_{pcm} \times A_w$ ) επί την πυκνότητά του  $\rho_{pcm}$

Γίνεται η παραδοχή ότι το στρώμα του ΥΑΦ αναπτύσσει ομοιόμορφη θερμοκρασία στο σύνολο της επιφάνειάς του. Για λόγους απλούστευσης του υπολογιστικού μοντέλου η πυκνότητα του υπό μελέτη ΥΑΦ (RT21) θεωρείται σταθερή και λαμβάνεται ίση με τον μέσο όρο της πυκνότητάς του στη στερεή και την υγρή του μορφή, όπως αυτές δίδονται από την εταιρεία παραγωγής του (Rubitherm),  $\rho_{RT21}=815\text{kg/m}^3$  [7].

Ο συντελεστής 3600 τοποθετείται για λόγους μετατροπής της ισχύος σε ενέργεια, ενώ ο συντελεστής 0,9 παριστά την απορρόφηση ενός ποσοστού (θεωρούμενο στην παρούσα μελέτη της τάξης του 10%) της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στον υαλοπίνακα αφενός από τον ίδιο τον υαλοπίνακα και αφετέρου από τον αέρα του αντίστοιχου δωματίου.

Η θερμοκρασία  $T_o$  του ΥΑΦ κατά την έναρξη της μελέτης λαμβάνεται αρχικά αυθαίρετα και στη συνέχεια επανακαθορίζεται μέσω επαναλήψεων έως σύγκλισης. Οι υπολογισμοί της ωριαίας θερμοκρασίας του ΥΑΦ γίνονται μέσω υπολογιστικού μοντέλου σε περιβάλλον Microsoft Excel™.

Ο προσδιορισμός της απαραίτητης για την επίλυση του προβλήματος θερμοχωρητικότητας του ΥΑΦ γίνεται με βάση τη μέθοδο της Ενεργού Θερμοχωρητικότητας, η οποία αποτελεί μέθοδο μακροσκοπικού προσδιορισμού της συμπεριφοράς των ΥΑΦ.

Στην παρούσα μελέτη ο εν λόγω προσδιορισμός της ενεργού θερμοχωρητικότητας του RT21 πραγματοποιείται με χρήση τεσσάρων προσαρμοσμένων για το συγκεκριμένο ΥΑΦ πολυωνύμων που έχουν προκύψει έπειτα από πειραματικές μετρήσεις από την ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Ψύξης και Κλιματισμού του ΕΜΠ (Ε.Δ. Κραββαρίτης, Κ.Α. Αντωνόπουλος, Χ. Τζιβανίδης). Για το υπό μελέτη ΥΑΦ (RT21 -πρώην RT20- της Rubitherm [7]), τα πολυώνυμα αυτά έχουν ως εξής [36]:

$$C_{p,eff}(T) = 444.4711352 - 170.5210626T + 24.80658991T^2 - 1.912462169T^3 + 0.06910480624T^4 - 0.0009667426392T^5$$

για  $15\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 19.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (4.17)

$$C_{p,eff}(T) = 5529.086311 - 564.4394794T + 14.50378915T^2$$

για  $19.5\text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq 20.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (4.18)

$$C_{p,eff}(T) = 3780.001949 - 342.8478233T + 7.797040983T^2$$

για  $20.5\text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq 22\text{ }^{\circ}\text{C}$  (4.19)

$$C_{p,eff}(T) = 3734.906512 - 536.9879458T + 28.98735267T^2 - 0.6959772441T^3 + 0.006270432248T^4$$

για  $22\text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq 26\text{ }^{\circ}\text{C}$  (4.20)

Ακολουθούν δύο πίνακες με τα χαρακτηριστικά της υπό μελέτη τοιχοποιίας και του υπό μελέτη ΥΑΦ αντίστοιχα.

Πίνακας Μελέτης 12: Χαρακτηριστικά υπό μελέτη τοιχοποιίας

Χαρακτηριστικά Τοιχοποιίας	
Επιφάνεια τοίχου $A_w$ (m <sup>2</sup> )	10,800
Επιφάνεια υαλοπίνακα $A_g$ (m <sup>2</sup> )	4,000
Πάχος σοβά $l$ (m)	0,020
Ειδική θερμική αγωγιμότητα σοβά $k$ (W/m °C)	1,200
Εσωτερικός συντελεστής συναγωγής $h_i$ (W/m <sup>2</sup> °C)	8,000
Συντελεστής θερμοπερατότητας πρώτου δωματίου $U_1$ (W/m <sup>2</sup> °C)	7,059
Πάχος τούβλου $l$ (m)	0,090
Ειδική θερμική αγωγιμότητα τούβλου $k$ (W/m °C)	0,720
Συντελεστής θερμοπερατότητας δεύτερου δωματίου $U_2$ (W/m <sup>2</sup> °C)	3,750
Θερμοκρασία δωματίων $T_{rm_1}$ και $T_{rm_2}$ (°C)	20,000

Πίνακας Μελέτης 13: Ιδιότητες υπό μελέτη ΥΑΦ

Ιδιότητες ΥΑΦ	
Ονομασία	RT21
Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	815,000
Πάχος (m)	0,020
Όγκος (m <sup>3</sup> )	0,080
Μάζα (kg)	65,200
$T_i$ (°C)	26
$T_s$ (°C)	15
$T_c$ (°C)	20,5
$c_{pmax}$ (kJ/kg °C)	32,794
$c_{ps}$ (kJ/kg °C)	1,9
$c_{pl}$ (kJ/kg °C)	2,5
$H$ (kJ/kg)	190,819
$b$ (°C)	11

Τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζονται σε δύο υποενότητες. Στην πρώτη τα δύο δωμάτια είναι διατεταγμένα κατά το νότιο και βόρειο προσανατολισμό και στη δεύτερη κατά τον ανατολικό και δυτικό αντίστοιχα.

#### 4.5.1 Δωμάτια προσανατολισμένα κατά Νότο και Βορρά

Αρχικά θεωρείται ότι τα δύο δωμάτια είναι διατεταγμένα κατά τον νότιο και τον βόρειο προσανατολισμό. Οι πέντε περιπτώσεις μελέτης είναι οι εξής:

1. Ενδιάμεση τοιχοποιία με στρώμα μόνωσης (ΜΣΜ) μετά το στρώμα του ΥΑΦ και έναντι υαλοπίνακας στο νότιο δωμάτιο
2. Ενδιάμεση τοιχοποιία με στρώμα μόνωσης (ΜΣΜ) μετά το στρώμα του ΥΑΦ και έναντι υαλοπίνακας στο βόρειο δωμάτιο
3. Ενδιάμεση τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) και έναντι υαλοπίνακας στο νότιο δωμάτιο
4. Ενδιάμεση τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) και έναντι υαλοπίνακας στο βόρειο δωμάτιο
5. Ενδιάμεση τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) και έναντι υαλοπίνακας στο νότιο και στο βόρειο δωμάτιο

Επισημαίνεται ότι, στις δύο πρώτες περιπτώσεις, το στρώμα της μόνωσης ακολουθεί το στρώμα του ΥΑΦ το οποίο, σε κάθε περίπτωση που υπάρχει ένας μόνος υαλοπίνακας, βρίσκεται πιο κοντά στο δωμάτιο με τον υαλοπίνακα.

Προφανώς, στις περιπτώσεις όπου το στρώμα του ΥΑΦ ακολουθείται από στρώμα μόνωσης, παρατηρείται συναλλαγή θερμικής ενέργειας μεταξύ του ΥΑΦ και ενός μόνο δωματίου (συναλλαγή ως προς μια κατεύθυνση), ενώ στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει στρώμα μόνωσης στην ενδιάμεση τοιχοποιία, η συναλλαγή θερμικής ενέργειας λαμβάνει χώρα μεταξύ του ΥΑΦ και των δύο δωματίων (συναλλαγή ως προς δύο κατευθύνσεις). Στις τρεις τελευταίες περιπτώσεις, αυτές δηλαδή που δεν περιλαμβάνουν ενδιάμεση μόνωση, αναλόγως την ύπαρξη ενός ή δύο υαλοπινάκων, η ηλιακή φόρτιση του στρώματος του ΥΑΦ γίνεται από μία ή δύο κατευθύνσεις αντίστοιχα.

Παρακάτω παρατίθενται, για κάθε περίπτωση μελέτης, πίνακες με τις προκύπτουσες τιμές των μεγεθών  $Q_{rm1}$ ,  $Q_{rm2}$ ,  $Q_{sun}$ ,  $C_{peff}$  και  $T_{pcm}$  καθώς και τα αντίστοιχα διαγράμματα  $T_{pcm}(t)$  για κάθε έναν εκ των μηνών από Οκτώβριο έως και Μάρτιο.

Οι προκύπτουσες, ανά περίπτωση μελέτης, καμπύλες της ωριαίας μεταβολής της θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ παρουσιάζονται συγκεντρωτικά, σε κοινό διάγραμμα, προς διευκόλυνση των συγκριτικών παρατηρήσεων. Το κάθε διάγραμμα, ανά μήνα μελέτης, ακολουθείται από έναν πίνακα στατιστικών τιμών της  $T_{pcm}$ , προς αρωγή του κριτικού σχολιασμού. Οι συγκριτικές παρατηρήσεις αφορούν αρχικά στις διαφορές μεταξύ των πέντε διαφορετικών περιπτώσεων μελέτης ανά μήνα κι έπειτα στην εξέλιξη της θερμοκρασιακής συμπεριφοράς του στρώματος ΥΑΦ ανά περίπτωση κατά τη διάρκεια των πέντε υπό μελέτη μηνών.

Πίνακας Μελέτης 14: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότιο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p,eff</sub> (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-287,8446876	-287,8446876	17,96089726	21,04881681
2	0	0	-262,8597994	-262,8597994	19,35564791	20,95777962
3	0	0	-241,6877119	-241,6877119	20,63871478	20,8806351
4	0	0	-223,4311438	-223,4311438	21,8196109	20,81411382
5	0	0	-207,4670626	-207,4670626	22,90877286	20,75594566
6	0	0	-193,3483677	-193,3483677	23,91599872	20,70450151
7	0	163,0910374	-180,7446343	-17,65359686	24,85001228	20,65857741
8	0,02516837	1087,180282	-179,6371086	907,5431735	24,93365866	20,65454193
9	0,142606365	2637,653721	-236,3822269	2401,271494	20,97477851	20,86130355
10	0,264438962	4034,127787	-414,862862	3619,264925	12,86888684	21,51163166
11	0,358111622	5091,921682	-853,3194632	4238,602219	5,953873841	23,10923158
12	0,427678761	5670,846108	-1963,184714	3707,661394	2,5	27,15323648
13	0,447451811	5678,021104	-4275,288247	1402,732857	2,5	35,57782497
14	0,428786013	5217,786177	-5150,034684	67,75149314	2,5	38,76512981
15	0,376427903	4141,354121	-5192,284623	-1050,930502	2,5	38,91907548
16	0,262669955	1872,830632	-4536,922693	-2664,092061	2,5	36,53113978
17	0,026347117	170,7293208	-2875,590653	-2704,861333	2,5	30,47776087
18	0	0	-1188,834831	-1188,834831	3,655146982	24,33174557
19	0	0	-681,7695258	-681,7695258	8,014099747	22,48415679
20	0	0	-549,143101	-549,143101	10,16651308	22,00090722
21	0	0	-464,9336707	-464,9336707	11,77949266	21,69407416
22	0	0	-403,4001685	-403,4001685	13,1912963	21,46986515
23	0	0	-355,7246065	-355,7246065	14,82412128	21,29615019
24	0	0	-318,3142222	-318,3142222	16,43488299	21,15983834
1	0	0	-288,11911	-288,11911	17,94629552	21,04981672

Πίνακας Μελέτης 15 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{ eff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>pcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-256,7895962	-256,7895962	19,71402364	20,93566168
2	0	0	-236,4824277	-236,4824277	20,96837753	20,86166865
3	0	0	-218,8999017	-218,8999017	22,12339574	20,79760338
4	0	0	-203,4743395	-203,4743395	23,18942798	20,74139741
5	0	0	-189,7949463	-189,7949463	24,17599986	20,69155395
6	0	0	-177,5559045	-177,5559045	25,09152952	20,64695867
7	0	103,4346137	-166,5238803	-63,08926657	25,94334506	20,6067614
8	0,015962132	503,9651095	-162,73268	341,2324295	26,2418924	20,59294744
9	0,061810262	1062,396129	-183,0049494	879,3911795	24,68008896	20,6668133
10	0,102139758	1481,760759	-238,5547629	1243,205996	20,83645963	20,8692196
11	0,126527026	1678,484306	-331,5726325	1346,911674	15,83087376	21,20814788
12	0,13249833	1660,271812	-464,2147518	1196,057061	11,79146144	21,69145464
13	0,123716456	1474,841358	-622,3510197	852,4903382	8,911627532	22,26765418
14	0,103882519	1181,432977	-771,4860476	409,946929	6,844996622	22,81105599
15	0,078437384	845,4702426	-864,8548139	-19,38457131	5,840542925	23,15126283
16	0,052036418	507,9253126	-859,6805306	-351,755218	5,891019689	23,13240934
17	0,026347117	170,7293208	-766,5917599	-595,862439	6,903375669	22,79322272
18	0	0	-632,0268814	-632,0268814	8,75834787	22,30291002
19	0	0	-519,5247941	-519,5247941	11,18320703	21,89298729
20	0	0	-447,1000223	-447,1000223	12,10798793	21,62909387
21	0	0	-389,5321825	-389,5321825	13,61772316	21,41933451
22	0	0	-344,9371932	-344,9371932	15,25886055	21,2568442
23	0	0	-309,6948203	-309,6948203	16,84707499	21,12843192
24	0	0	-281,0361093	-281,0361093	18,32816701	21,02400846
1	0	0	-257,1310232	-257,1310232	19,69366383	20,93690573



Πίνακας Μελέτης 16 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

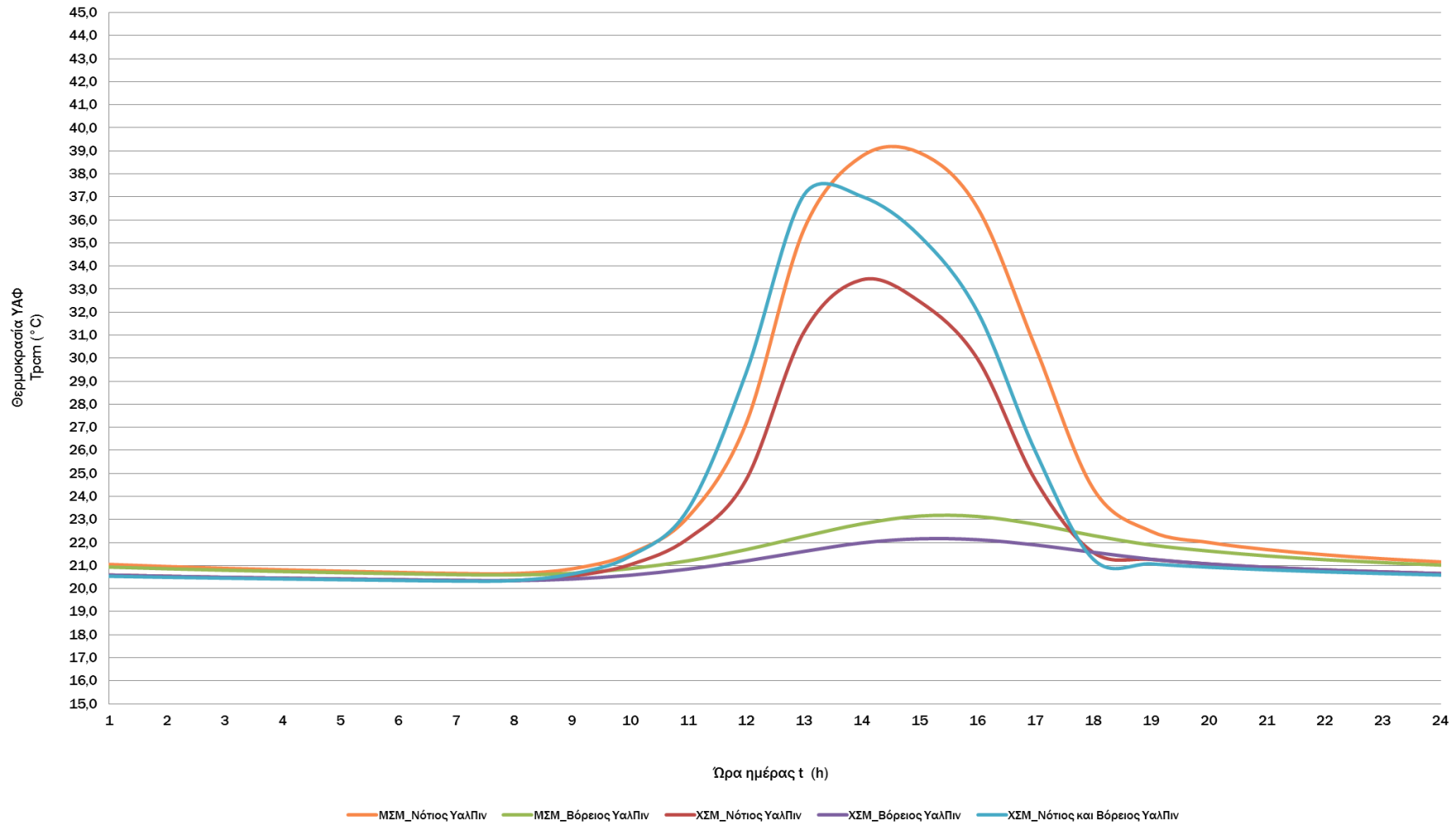
Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλασσομένης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-161,3611298	-85,7231002	-247,08423	26,35063149	20,58794993
2	0	0	0	-146,7426833	-77,95705052	-224,6997339	27,53380644	20,53468485
3	0	0	0	-134,0198592	-71,1980502	-205,2179094	32,45530771	20,48832682
4	0	0	0	-124,1621331	-65,96113319	-190,1232662	31,43679162	20,45240832
5	0	0	0	-114,7335969	-60,95222335	-175,6858202	30,49763533	20,41805366
6	0	0	0	-105,7527402	-56,18114325	-161,9338835	29,63490766	20,3853302
7	0	0	163,0910374	-97,23388234	-51,65549999	14,20165509	28,84526722	20,35429012
8	0,02516837	0	1087,180282	-98,00144107	-52,06326557	937,1155755	28,91526907	20,35708687
9	0,142606365	0	2637,653721	-148,5272341	-78,90509314	2410,221393	27,38699921	20,5411872
10	0,264438962	0	4034,127787	-285,7290024	-151,7935325	3596,605252	18,0739942	21,0411079
11	0,358111622	0	5091,921682	-595,9604766	-316,6040032	4179,357203	9,344319333	22,17149522
12	0,427678761	0	5670,846108	-1293,243418	-687,0355658	3690,567125	3,267707092	24,71217809
13	0,447451811	0	5678,021104	-3053,991439	-1622,432952	1001,596712	2,5	31,12779803
14	0,428786013	0	5217,786177	-3678,58874	-1954,250268	-415,0528305	2,5	33,40363695
15	0,376427903	0	4141,354121	-3419,761135	-1816,748103	-1095,155118	2,5	32,4605494
16	0,262669955	0	1872,830632	-2736,820665	-1453,935978	-2317,926012	2,5	29,97212605
17	0,026347117	0	170,7293208	-1291,358324	-686,0341094	-1806,663112	3,273685605	24,70530939
18	0	0	0	-430,9840226	-228,960262	-659,9442846	12,46148181	21,57037217
19	0	0	0	-348,421148	-185,0987349	-533,5198829	15,11582108	21,26953865
20	0	0	0	-293,3953832	-155,8662973	-449,2616806	17,66858203	21,06904182
21	0	0	0	-253,7543559	-134,8070016	-388,5613575	19,89608062	20,92460221
22	0	0	0	-223,3077212	-118,6322269	-341,9399481	21,82782912	20,81366411
23	0	0	0	-198,8854237	-105,6578813	-304,543305	23,51606704	20,72467683
24	0	0	0	-178,6956436	-94,93206067	-273,6277043	25,00496291	20,65111153

Πίνακας Μελέτης 17 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_{p\ eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{rcm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-161,6760183	-85,8903847	-247,566403	26,32563209	20,58909729
2	0	0	0	-147,0151355	-78,10179075	-225,1169263	27,51135034	20,53567758
3	0	0	0	-134,2582851	-71,32471396	-205,582999	32,48040578	20,48919557
4	0	0	0	-124,3906525	-66,08253413	-190,4731866	31,4599789	20,45324097
5	0	0	0	-114,9517252	-61,06810399	-176,0198292	30,51897576	20,41884845
6	0	0	0	-105,9600862	-56,29129578	-162,2513819	29,65447563	20,3860857
7	0	0	103,4346137	-97,43015795	-51,75977141	-45,75531563	28,86314609	20,35500529
8	0	0,015962132	503,9651095	-94,95874619	-50,44683391	358,5595294	28,63910634	20,34600023
9	0	0,061810262	1062,396129	-114,4773626	-60,81609886	887,1026675	30,47259023	20,41712002
10	0	0,102139758	1481,760759	-159,8622993	-84,92684651	1236,971613	26,46990694	20,58248866
11	0	0,126527026	1678,484306	-232,7164903	-123,6306355	1322,13718	21,21038043	20,84794675
12	0	0,13249833	1660,271812	-329,8961292	-175,2573187	1155,118365	15,90523969	21,20203922
13	0	0,123716456	1474,841358	-443,1188251	-235,4068758	796,3156568	12,19031186	21,61458763
14	0	0,103882519	1181,432977	-544,9586537	-289,5092848	346,9650381	11,11609233	21,98566039
15	0	0,078437384	845,4702426	-593,619627	-315,3604268	-63,50981127	9,383750125	22,16296589
16	0	0,052036418	507,9253126	-583,0681901	-309,754976	-384,8978534	9,563647021	22,12451973
17	0	0,026347117	170,7293208	-520,3246279	-276,4224586	-626,0177656	11,17905682	21,89590164
18	0	0	0	-433,0217187	-230,0427881	-663,0645068	12,41381665	21,5777969
19	0	0	0	-349,7499719	-185,8046725	-535,5546444	15,06192607	21,27438047
20	0	0	0	-294,3167017	-156,3557478	-450,6724495	17,62068006	21,07239882
21	0	0	0	-254,443091	-135,1728921	-389,615983	19,85460226	20,92711174
22	0	0	0	-223,8500397	-118,9203336	-342,7703733	21,79174181	20,81564015
23	0	0	0	-199,3278892	-105,8929411	-305,2208303	23,48438242	20,72628903
24	0	0	0	-179,0658922	-95,12875523	-274,1946474	24,9768993	20,6524606

Πίνακας Μελέτης 18 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{p,cm}$ . 21<sup>ο</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm1</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Q <sub>rm2</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	c <sub>p,eff</sub> (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>p,cm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-147,0571199	-78,12409493	-225,1812148	27,50789127	20,53583056
2	0	0	0	-134,2950217	-71,3442303	-205,639252	32,48427484	20,48932943
3	0	0	0	-124,4258647	-66,10124061	-190,5271053	31,46355357	20,45336928
4	0	0	0	-114,9853381	-61,08596087	-176,071299	30,52226589	20,41897093
5	0	0	0	-105,9920394	-56,30827094	-162,3003104	29,65749265	20,38620213
6	0	0	0	-97,46040691	-51,77584117	-149,2362481	28,86590281	20,35511551
7	0	0	266,5256512	-89,40038174	-47,4939528	129,6313166	28,14382087	20,32574728
8	0,02516837	0,015962132	1591,145392	-96,58120265	-51,30876391	1443,255425	28,78592091	20,35191196
9	0,142606365	0,061810262	3700,049849	-174,7458354	-92,83372507	3432,470289	25,30611166	20,63671965
10	0,264438962	0,102139758	5515,888546	-386,2060107	-205,1719432	4924,510592	13,72591988	21,40721497
11	0,358111622	0,126527026	6770,405989	-945,5369428	-502,3165009	5322,552545	5,125462318	23,44524349
12	0,427678761	0,13249833	7331,117921	-2564,489543	-1362,38507	3404,243308	2,5	29,34420487
13	0,447451811	0,123716456	7152,862462	-4687,381075	-2490,171196	-24,68981013	2,5	37,07936349
14	0,428786013	0,103882519	6399,219154	-4671,984471	-2481,99175	-754,757067	2,5	37,02326303
15	0,376427903	0,078437384	4986,824364	-4201,316765	-2231,949531	-1446,441933	2,5	35,30829583
16	0,262669955	0,052036418	2380,755944	-3299,313279	-1752,760179	-2671,317514	2,5	32,02167476
17	0,026347117	0,026347117	341,4586416	-1633,475435	-867,7838251	-2159,800619	2,623724091	25,95187809
18	0	0	0	-350,1325145	-186,0078983	-536,1404129	15,04647851	21,27577434
19	0	0	0	-294,5816405	-156,4964965	-451,078137	17,60693767	21,07336417
20	0	0	0	-254,6409865	-135,2780241	-389,9190105	19,84270236	20,92783281
21	0	0	0	-224,0057799	-119,0030706	-343,0088505	21,7813897	20,81620762
22	0	0	0	-199,4549057	-105,9604186	-305,4153243	23,47529435	20,72675184
23	0	0	0	-179,1721482	-95,18520371	-274,3573519	24,96885069	20,65284776
24	0	0	0	-162,0418362	-86,0847255	-248,1265617	26,29661512	20,59043022



Διάγραμμα 12 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{ροπm}}$ . 21η Νοεμβρίου.

Πίνακας μελέτης 19: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	20,65454193	20,35429012	20,32574728	20,59294744	20,34600023
Μέγιστη Τιμή	38,91907548	33,40363695	37,07936349	23,15126283	22,16296589
Διασπορά	6,263291443	4,219430764	5,728607878	0,849458135	0,607434886
Μέση Τιμή	24,74241598	22,94735526	23,81656433	21,46330847	20,97718578

Η συγκεκριμένη ενότητα αφορά σε δύο δωμάτια διατεταγμένα κατά Νότο και Βορρά αντίστοιχα. Η ημερομηνία μελέτης είναι η 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ο υαλοπίνακας νότιου προσανατολισμού δέχεται αρκετά υψηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας ομαλά αυξανόμενες έως τις 13:00, οπότε και εμφανίζεται η μέγιστη τιμή  $G_{\max}^{vor} \approx 0,447 kW/m^2$ , και έπειτα ομαλά μειούμενες. Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στον υαλοπίνακα βόρειου προσανατολισμού λαμβάνει σημαντικά χαμηλότερες τιμές, με μέγιστη την  $G_{\max}^{bor} \approx 0,132 kW/m^2$  στις 12:00.

Οι μεγάλες διαφορές στη ηλιακή φόρτιση της τοιχοποιίας ανάλογα με τον προσανατολισμό των υαλοπινάκων αντανακλάται σαφώς και στην αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στο στρώμα του ΥΑΦ. Έτσι, στις περιπτώσεις όπου το στρώμα του ΥΑΦ ακολουθείται από στρώμα μόνωσης (ΜΣΜ) και συνεπώς συναλλάσσει θερμότητα μόνο με το δωμάτιο εκείνο που φέρει υαλοπίνακα, παρατηρείται σημαντική διαφορά στη μέγιστη θερμοκρασία που αναπτύσσει το ΥΑΦ μεταξύ των περιπτώσεων νότιου και βόρειου υαλοπίνακα:  $T_{pcm_{\max}}^{vor\gamma\alpha\lambda} \approx 38,9^\circ C$  ενώ  $T_{pcm_{\max}}^{bor\gamma\alpha\lambda} \approx 23,2^\circ C$ .

Παρόλα αυτά, στις περιπτώσεις θερμικής συναλλαγής με ένα μόνο δωμάτιο, η μέση τιμή της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ όταν αυτό φορτίζεται από υαλοπίνακα νότιου προσανατολισμού είναι μόνο κατά 3°C περίπου υψηλότερη σε σχέση με την αντίστοιχα αναπτυσσόμενη θερμοκρασία λόγω φόρτισης από βόρειο υαλοπίνακα:  $T_{pcm_{aver}}^{vor\gamma\alpha\lambda} \approx 24,7^\circ C$  και  $T_{pcm_{aver}}^{bor\gamma\alpha\lambda} \approx 21,5^\circ C$  αντίστοιχα, φαινόμενο λογικό εφόσον οι αξιόλογα υψηλότερες τιμές  $T_{pcm}$  στην πρώτη περίπτωση εμφανίζονται για λίγες μόνον ώρες μέσα στο εικοσιτετράωρο (12:00 έως 17:00). Η παρατήρηση αυτή αντικατοπτρίζεται και στις τιμές της διασποράς της  $T_{pcm}$ , η οποία λαμβάνει εξαπλάσια σχεδόν τιμή στην περίπτωση της ηλιακής φόρτισης από το νότιο προσανατολισμό σε σχέση με το βόρειο.

Στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει στρώμα ενδιάμεσης μόνωσης (ΧΣΜ), συνεπώς το ΥΑΦ συναλλάσσει θερμότητα με δύο δωμάτια (δύο κατευθύνσεις), παρατηρούνται τα εξής: Όταν η ηλιακή φόρτιση γίνεται από μία μόνο κατεύθυνση, οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες στο στρώμα του ΥΑΦ είναι μικρότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες περιπτώσεις με στρώμα μόνωσης στην ενδιάμεση τοιχοποιία, με το φαινόμενο να αμβλύνεται σημαντικά στο βόρειο προσανατολισμό. Παραδείγματος χάρη, για τις μέγιστες τιμές προκύπτει:  $T_{pcm_{\max}}^{vor\gamma\alpha\lambda} \approx 38,9^\circ C$  ενώ  $T_{pcm_{\max}}^{vor\gamma\alpha\lambda} \approx 33,4^\circ C$  και  $T_{pcm_{\max}}^{bor\gamma\alpha\lambda} \approx 23,2^\circ C$  ενώ  $T_{pcm_{\max}}^{bor\gamma\alpha\lambda} \approx 22,2^\circ C$ .

Στην περίπτωση της νότιας ηλιακής φόρτισης της τοιχοποιίας, η συναλλαγή θερμότητας του στρώματος ΥΑΦ με δύο δωμάτια (μελέτη ΧΣΜ) αντί με ένα δωμάτιο (μελέτη ΜΣΜ) επιφέρει μείωση της μέγιστης τιμής  $T_{pcm}$  κατά  $5,5^{\circ}\text{C}$ , φαινόμενο λογικό αφού αυξάνονται οι θερμικές απώλειες του στρώματος ΥΑΦ. Η μείωση αυτή εν μέρει εξισορροπείται όταν προστίθεται υαλοπίνακας βόρειου προσανατολισμού στο δεύτερο δωμάτιο, οπότε η μέγιστη θερμοκρασία του ΥΑΦ ανέρχεται σε  $T_{pcm}_{\chi\sigma\mu}^{νοτ\&βορ\acute{\alpha}\lambda} \approx 30,7^{\circ}\text{C}$ .

Στην περίπτωση της βόρειας ηλιακής φόρτισης της ενδιάμεσης τοιχοποιίας, η διαφορά στην αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στο στρώμα του ΥΑΦ με και χωρίς μόνωση μειώνεται στον  $1^{\circ}\text{C}$ . Το γεγονός αυτό οφείλεται στις γενικά σημαντικά χαμηλότερες αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες στο στρώμα του ΥΑΦ στην περίπτωση αυτή (λόγω των χαμηλότερων τιμών της αντίστοιχης ηλιακής ακτινοβολίας), που μάλιστα δεν απέχουν ιδιαίτερα από τη σταθερή εσωτερική θερμοκρασία των  $20^{\circ}\text{C}$  στα δύο δωμάτια, με αποτέλεσμα να μην αυξάνονται αξιόλογα οι θερμικές απώλειες του ΥΑΦ κατά τη θερμική συναλλαγή με δύο δωμάτια αντί για ένα.

Για τις αντίστοιχες μέσες τιμές των αναπτυσσόμενων θερμοκρασιών ισχύουν οι ίδιες παρατηρήσεις που έγιναν παραπάνω. Στην περίπτωση της βόρειας ηλιακής φόρτισης της ενδιάμεσης τοιχοποιίας, η διαφορά  $T_{pcm}_{\mu\sigma\mu}^{βορ\acute{\alpha}\lambda}$  και  $T_{pcm}_{\chi\sigma\mu}^{βορ\acute{\alpha}\lambda}$  είναι μόνο  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Στην περίπτωση της νότιας ηλιακής φόρτισης, η διαφορά αυξάνεται στους  $1,8^{\circ}\text{C}$ , παραμένει όμως σημαντικά μικρότερη σε σχέση με την αντίστοιχη διαφορά μεταξύ των μέγιστων τιμών ( $5,5^{\circ}\text{C}$ ), αφού οι ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες στο στρώμα ΥΑΦ αναπτύσσονται για λίγες μόνον ώρες μέσα στο εικοσιτετράωρο.

Στην περίπτωση που η ενδιάμεση τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) φορτίζεται ηλιακά από δύο υαλοπίνακες, άρα δύο κατευθύνσεις, η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας που αναπτύσσει το ΥΑΦ είναι  $T_{pcm}_{\chi\sigma\mu}^{νοτ\&βορ\acute{\alpha}\lambda} \approx 37,1^{\circ}\text{C}$ , δηλαδή κατά  $3,7^{\circ}\text{C}$  υψηλότερη σε σχέση με την περίπτωση ηλιακής φόρτισης μόνο από νότιο υαλοπίνακα. Το γεγονός αυτό είναι απόλυτα αναμενόμενο αφού αυξάνεται το ποσοστό της προσλαμβανόμενης ηλιακής ακτινοβολίας από το στρώμα του ΥΑΦ, ενώ η συναλλαγή θερμότητας συνεχίζει να γίνεται προς δύο κατευθύνσεις.

Αξίζει πάντως να σημειωθεί ότι η αντίστοιχη αύξηση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας του ΥΑΦ μεταξύ των δύο προαναφερθέντων περιπτώσεων είναι μόνο  $0,9^{\circ}\text{C}$

( $T_{pcm}_{\chi\sigma\mu}^{νοτ\&βορ\acute{\alpha}\lambda} \approx 23,8^{\circ}\text{C}$  ενώ  $T_{pcm}_{\chi\sigma\mu}^{νο\acute{\alpha}\lambda} \approx 22,9^{\circ}\text{C}$ ). Όπως εξηγήθηκε και παραπάνω, αυτό συμβαίνει διότι η συμβολή του βόρειου υαλοπίνακα στη ηλιακή φόρτιση του στρώματος ΥΑΦ δεν είναι εξαιρετικά μεγάλη εξ αιτίας των εν γένει χαμηλών τιμών της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στον βόρειο προσανατολισμό. Παρόλα αυτά, τις λίγες ώρες του εικοσιτετράωρου όπου οι μέγιστες τιμές της νότιας ηλιακής φόρτισης συνδυάζονται με τις μέγιστες τιμές της βόρειας ηλιακής φόρτισης, προκύπτει αξιόλογη αύξηση της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας στο στρώμα του ΥΑΦ.

Σημειώνεται επίσης ότι οι καμπύλες που αφορούν στην αποκλειστικά βόρεια ηλιακή φόρτιση έχουν μέγιστα μετατοπισμένα προς τα δεξιά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μικρότερες τιμές της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στον βόρειο προσανατολισμό καθυστερούν να μεταφραστούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες στο στρώμα ΥΑΦ, ενώ στις

περιπτώσεις νότιας ηλιακής φόρτισης ή φόρτισης από δύο κατευθύνσεις, οι ιδιαίτερα υψηλές τιμές της προσπίπτουσας ηλιακής προκαλούν άμεσα αύξηση στην θερμοκρασία του στρώματος ΥΑΦ.

Ως τελευταία παρατήρηση επαναλαμβάνεται η ύπαρξη σημαντικά μεγαλύτερης διασποράς τιμών της θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ στις περιπτώσεις της νότιας ηλιακής φόρτισης σε σχέση με τη βόρεια. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται διότι στον βόρειο προσανατολισμό η ηλιακή ακτινοβολία δε λαμβάνει κατά τη διάρκεια της ημέρας ιδιαίτερα μεγάλες τιμές, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει αντίστοιχα μεγάλη διακύμανση στις αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες του ΥΑΦ. Στο νότιο προσανατολισμό όμως, λίγες ώρες μέσα στο εικοσιτετράωρο (τις μεσημεριανές) εμφανίζονται μεγάλες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας που αντικατοπτρίζονται σε υψηλές τιμές της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ, με αποτέλεσμα την αύξηση της διασποράς των τιμών  $T_{pcm}$ .

Ακολούθως παρατίθενται αντίστοιχοι πίνακες και διαγράμματα για τις υπόλοιπες ημερομηνίες μελέτης, συνοδευόμενα από συνοπτικές παρατηρήσεις.

Πίνακας Μελέτης 20 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλασσόμενης θερμότητας	$c_{p\ eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{rcm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-288,0820116	-288,0820116	17,94826858	21,04968154
2	0	0	-263,0589294	-263,0589294	19,3440208	20,95850519
3	0	0	-241,8580674	-241,8580674	20,62802056	20,88125582
4	0	0	-223,5791595	-223,5791595	21,80975928	20,81465314
5	0	0	-207,5972868	-207,5972868	22,89967476	20,75642016
6	0	0	-193,4641169	-193,4641169	23,9075734	20,70492327
7	0	27,61830196	-180,8483938	-153,2300918	24,8421888	20,65895548
8	0,004262084	607,3167454	-171,2322395	436,0845059	25,57671646	20,6239172
9	0,089459636	1999,236319	-197,813348	1801,422971	23,59300564	20,72077052
10	0,219064487	3448,855661	-316,8497101	3132,005951	16,50383333	21,15450212
11	0,313166325	4486,485574	-612,7088364	3873,776738	9,067215396	22,23252105
12	0,37919256	5041,919917	-1278,760435	3763,159482	3,314536573	24,65940659
13	0,398881501	5128,585299	-3048,775773	2079,809526	2,5	31,10879375
14	0,392566847	4762,791952	-4345,748296	417,0436561	2,5	35,83455955
15	0,342431911	3660,224584	-4605,817382	-945,5927977	2,5	36,78217067
16	0,222417562	1544,00014	-4016,144212	-2472,144071	2,5	34,63358445
17	0,015854064	102,7343377	-2474,511243	-2371,776906	2,5	29,01635184
18	0	0	-995,4673988	-995,4673988	4,745978113	23,62717459
19	0	0	-668,4668123	-668,4668123	8,206105446	22,43568583
20	0	0	-541,470831	-541,470831	11,11737236	21,97295184
21	0	0	-465,5396534	-465,5396534	11,76948719	21,69628217
22	0	0	-403,8735709	-403,8735709	13,17744245	21,47159009
23	0	0	-356,0918786	-356,0918786	14,80974408	21,29748841
24	0	0	-318,6065143	-318,6065143	16,42117481	21,16090337



Πίνακας Μελέτης 21 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλάσσομενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλάσσομενης θερμότητας	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-237,9104107	-237,9104107	20,87738168	20,86687178
2	0	0	-220,1446161	-220,1446161	22,03952377	20,80213873
3	0	0	-204,5723046	-204,5723046	23,11192119	20,74539806
4	0	0	-190,7729742	-190,7729742	24,10417756	20,69511758
5	0	0	-178,4342075	-178,4342075	25,024796	20,65015894
6	0	0	-167,3180474	-167,3180474	25,88118339	20,60965509
7	0	27,61830196	-157,2393159	-129,6210139	26,67976054	20,57293132
8	0,004262084	330,7009775	-149,6650472	181,0359303	27,29374049	20,54533303
9	0,046772018	859,6018126	-160,0057234	699,5960892	26,45847326	20,58301125
10	0,085882583	1273,666402	-201,2277951	1072,438607	23,3487923	20,7332117
11	0,110670874	1493,379925	-272,8347554	1220,54517	18,7833093	20,99412527
12	0,119788991	1504,329179	-374,1393091	1130,18987	14,13766386	21,36324765
13	0,112360574	1317,260591	-498,7688456	818,4917453	11,33722103	21,81735905
14	0,090920382	1007,081057	-611,3212847	395,7597724	9,089840755	22,22746524
15	0,064493362	665,8638025	-679,1982776	-13,33447505	8,050820338	22,47478796
16	0,038263398	350,6811553	-676,6161184	-325,9349632	8,087884959	22,46537938
17	0,015854064	102,7343377	-613,7895693	-511,0552317	9,049634228	22,23645891
18	0	0	-525,7487585	-525,7487585	11,15440657	21,91566549
19	0	0	-452,2670904	-452,2670904	12,00603559	21,64792107
20	0	0	-393,539446	-393,539446	13,49041334	21,43393574
21	0	0	-348,0605164	-348,0605164	15,1305108	21,26822462
22	0	0	-312,1973698	-312,1973698	16,72581492	21,13755043
23	0	0	-283,0976254	-283,0976254	18,21595124	21,03151998
24	0	0	-258,8688428	-258,8688428	19,59040902	20,94323781

Πίνακας Μελέτης 22 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{p,cm}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

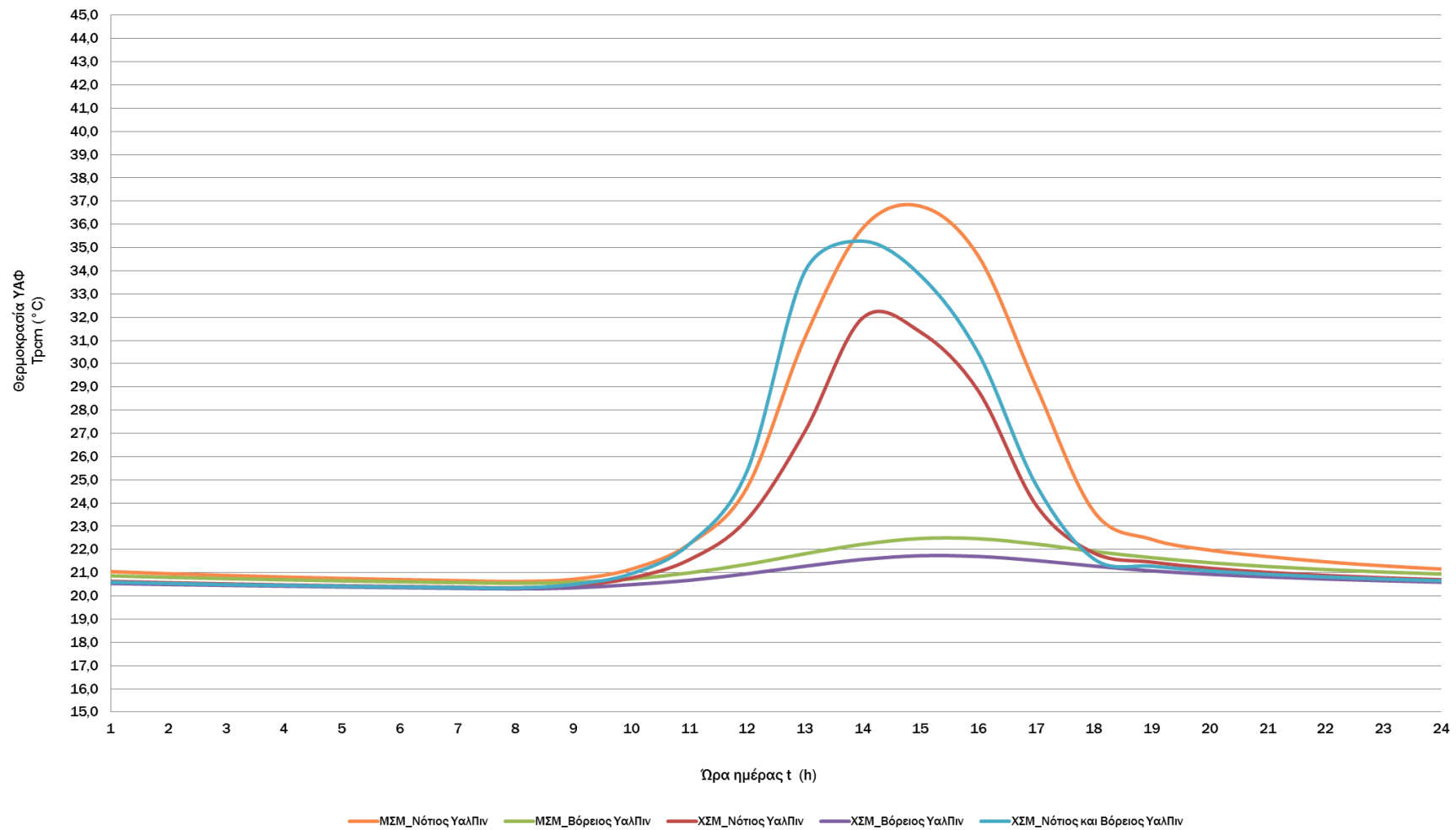
Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-172,4838519	-91,63204633	-264,1158983	25,4800286	20,62847768
2	0	0	0	-156,3238334	-83,0470365	-239,3708699	26,75333969	20,56959559
3	0	0	0	-142,3749156	-75,63667391	-218,0115895	27,8959054	20,51877005
4	0	0	0	-130,1910152	-69,16397681	-199,354992	32,05526043	20,4743757
5	0	0	0	-120,4954077	-64,01318532	-184,508593	31,06748877	20,43904791
6	0	0	0	-111,2365445	-59,09441424	-170,3309587	30,15800539	20,40531148
7	0	0	27,61830196	-102,4313653	-54,41666281	-129,2297261	29,32371459	20,37322814
8	0,004262084	0	607,3167454	-95,56082863	-50,76669021	460,9892265	28,69346992	20,34819403
9	0,089459636	0	1999,236319	-120,6077831	-64,07288476	1814,555651	31,07873001	20,43945737
10	0,219064487	0	3448,855661	-211,6314337	-112,4291992	3124,795028	22,6195687	20,77111934
11	0,313166325	0	4486,485574	-427,0010509	-226,8443083	3832,640215	12,55713261	21,55585945
12	0,37919256	0	5041,919917	-902,8343079	-479,6307261	3659,454883	5,487457681	23,28964833
13	0,398881501	0	5128,585299	-1942,496939	-1031,951499	2154,136861	2,5	27,07785664
14	0,392566847	0	4762,791952	-3285,820106	-1745,591931	-268,6200855	2,5	31,97250982
15	0,342431911	0	3660,224584	-3118,308194	-1656,601228	-1114,684838	2,5	31,36214834
16	0,222417562	0	1544,00014	-2423,188959	-1287,319134	-2166,507953	2,5	28,82934934
17	0,015854064	0	102,7343377	-1072,151159	-569,5803033	-1538,997125	4,246729702	23,90658644
18	0	0	0	-507,1746253	-269,4365197	-776,611145	11,26410176	21,8479871
19	0	0	0	-399,688038	-212,3342702	-612,0223081	13,30153806	21,4563393
20	0	0	0	-327,9560921	-174,2266739	-502,182766	15,99202168	21,19497033
21	0	0	0	-279,0001226	-148,2188151	-427,2189377	18,43985671	21,01658995
22	0	0	0	-242,8807519	-129,0303995	-371,9111514	20,56394697	20,88498216
23	0	0	0	-214,6852425	-114,0515351	-328,7367775	22,40977189	20,78224647
24	0	0	0	-191,8156683	-101,9020738	-293,717742	24,02782456	20,69891683

Πίνακας Μελέτης 23 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Γαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{reff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{room}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφώμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm1</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Q <sub>rm2</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>room</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-147,6145659	-78,42023814	-226,0348041	27,46199808	20,53786172
2	0	0	0	-134,7826825	-71,6033001	-206,3859826	32,53568388	20,49110631
3	0	0	0	-124,8933387	-66,34958616	-191,2429248	31,51105594	20,45507261
4	0	0	0	-115,4316285	-61,32305263	-176,7546811	30,56599127	20,42059707
5	0	0	0	-106,4163393	-56,53368026	-162,9500196	29,69759216	20,38774815
6	0	0	0	-97,86211964	-51,98925106	-149,8513707	28,90254602	20,35657923
7	0	0	27,61830196	-89,7791334	-47,69516462	-109,8559961	28,17719228	20,32712733
8	0	0,004262084	330,7009775	-83,70095739	-44,46613362	202,5338865	27,64832123	20,30498034
9	0	0,046772018	859,6018126	-95,12122159	-50,53314897	713,947442	28,65376291	20,34659224
10	0	0,085882583	1273,666402	-133,9659241	-71,16939718	1068,53108	32,44963323	20,4881303
11	0	0,110670874	1493,379925	-185,3022269	-98,44180802	1209,63589	24,50847077	20,67518387
12	0	0,119788991	1504,329179	-262,2481601	-139,319335	1102,761684	19,39141257	20,95555099
13	0	0,112360574	1317,260591	-350,9064689	-186,4190616	779,9350605	15,0153179	21,27859439
14	0	0,090920382	1007,081057	-431,8852309	-229,4390289	345,7567972	12,440295	21,57365589
15	0	0,064493362	665,8638025	-475,2150892	-252,4580161	-61,80930282	11,62003222	21,73153646
16	0	0,038263398	350,6811553	-466,9224316	-248,0525418	-364,2938182	11,74694061	21,70132059
17	0	0,015854064	102,7343377	-418,5749063	-222,367919	-538,2084876	12,77030978	21,52515719
18	0	0	0	-352,8702223	-187,4623056	-540,3325279	14,93681065	21,2857497
19	0	0	0	-296,4739423	-157,5017818	-453,9757241	17,50920646	21,08025913
20	0	0	0	-256,0523528	-136,0278124	-392,0801652	19,75806892	20,93297539
21	0	0	0	-225,1153955	-119,5925539	-344,7079494	21,70777847	20,82025071
22	0	0	0	-200,3592436	-106,4408482	-306,8000918	23,41068527	20,73004697
23	0	0	0	-179,9282927	-95,58690551	-275,5151982	24,91164224	20,65560292
24	0	0	0	-162,6861822	-86,42703431	-249,1132165	26,24557246	20,59277801

Πίνακας Μελέτης 24 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλασσομένης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-162,242108	-86,19111987	-248,4332278	26,28074114	20,59115994
2	0	0	0	-147,5047615	-78,36190454	-225,866666	27,47103293	20,53746162
3	0	0	0	-134,6866403	-71,55227766	-206,238918	32,5255519	20,49075636
4	0	0	0	-124,8012649	-66,30067196	-191,1019368	31,50169321	20,45473712
5	0	0	0	-115,34372	-61,27635123	-176,6200712	30,55737235	20,42027676
6	0	0	0	-106,3327556	-56,48927643	-162,8220321	29,68968739	20,3874436
7	0	0	55,23660391	-97,78297904	-51,94720762	-94,49358275	28,8953221	20,35629086
8	0,004262084	0,004262084	938,0177229	-92,68471884	-49,23875689	796,0942472	28,43503794	20,33771438
9	0,089459636	0,046772018	2858,838131	-136,3320702	-72,42641229	2650,079649	32,69962758	20,4967518
10	0,219064487	0,085882583	4722,522063	-262,6786068	-139,5480099	4320,295446	19,36623479	20,95711941
11	0,313166325	0,110670874	5979,865499	-610,4673135	-324,3107603	5045,087426	9,103795193	22,22435364
12	0,37919256	0,119788991	6546,249096	-1474,426921	-783,2893019	4288,532873	2,833466873	25,37235461
13	0,398881501	0,112360574	6445,84589	-3834,023865	-2036,825178	574,9968465	2,5	33,96999436
14	0,392566847	0,090920382	5769,873009	-4192,592811	-2227,314931	-650,0347336	2,5	35,27650844
15	0,342431911	0,064493362	4326,088387	-3787,230119	-2011,966001	-1473,107734	2,5	33,79949246
16	0,222417562	0,038263398	1894,681295	-2868,597798	-1523,94258	-2497,859082	2,5	30,45228107
17	0,015854064	0,015854064	205,4686753	-1310,928908	-696,4309822	-1801,891215	3,213279137	24,77661853
18	0	0	0	-436,6956288	-231,9945528	-668,6901815	12,33004989	21,59118349
19	0	0	0	-352,146851	-187,0780146	-539,2248656	14,96563682	21,28311395
20	0	0	0	-295,9745868	-157,2364992	-453,211086	17,53492454	21,07843964
21	0	0	0	-255,6802655	-135,8301411	-391,5104066	19,78034133	20,93161962
22	0	0	0	-224,8230489	-119,4372447	-344,2602936	21,72714784	20,81918549
23	0	0	0	-200,1210876	-106,3143278	-306,4354154	23,42768355	20,7291792
24	0	0	0	-179,7292282	-95,48115248	-275,2103807	24,9266916	20,65487759



Διάγραμμα 13 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Γαλοπύλακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{eff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{trcm}}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Πίνακας μελέτης 25: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωσης μελέτης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου

	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	20,6239172	20,34819403	20,33771438	20,54533303	20,30498034
Μέγιστη Τιμή	36,78217067	31,97250982	35,27650844	22,47478796	21,73153646
Διασπορά	5,234271725	3,533991252	4,854688785	0,64066386	0,467702722
Μέση Τιμή	24,01054369	22,53514866	23,24953808	21,24002942	20,81893573

Για την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου παρατηρείται παρόμοια συμπεριφορά των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο ΥΑΦ σε επίπεδο μεγίστων, ελαχίστων και μέσων τιμών. Η μόνη διαφορά που μπορεί ο παρατηρητής να εντοπίσει είναι μια ταυτόχρονη μικρή μείωση όλων αυτών των τιμών για τον μήνα Δεκέμβριο, η οποία οφείλεται στην αντίστοιχη μείωση των επιπέδων της ηλιακής ακτινοβολίας τον εν λόγω μήνα.

Συγκεκριμένα, ενώ υαλοπίνακας νότιου προσανατολισμού δέχεται μέγιστη τιμή προσπίπτουσας ακτινοβολίας  $G_{\max}^{nor} \approx 0,447 kW/m^2$  κατά την 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου, η αντίστοιχη τιμή αυτή μειώνεται στα  $0,399 kW/m^2$  για την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου (μείωση κατά 10,7%). Αντίστοιχα, για υαλοπίνακα βόρειου προσανατολισμού, η τιμή της ακτινοβολίας  $G_{\max}^{bor}$  μειώνεται από  $0,132 kW/m^2$  σε  $0,119 kW/m^2$  (μείωση κατά 9,8%).

Η μεταβολή αυτή στην ηλιακή φόρτιση της τοιχοποιίας για τον μήνα Δεκέμβριο αντανακλάται και στην αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στο στρώμα του ΥΑΦ που παρατηρείται ανά περίπτωση μελέτης. Ενδεικτικά αναφέρεται για τις περιπτώσεις όπου υπάρχει στρώμα μόνωσης (ΜΣΜ) στην ενδιάμεση τοιχοποιία, η μέση θερμοκρασία που αναπτύσσει το ΥΑΦ στις περιπτώσεις νότιου και βόρειου προσανατολισμού υαλοπίνακα είναι για την 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου  $T_{pcm_{aver}}^{norYal} \approx 24,74^\circ C$  και  $T_{pcm_{aver}}^{borYal} \approx 21,46^\circ C$ , ενώ για την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου οι αντίστοιχες τιμές είναι  $T_{pcm_{aver}}^{norYal} \approx 24,01^\circ C$  (μείωση 2,9%) και  $T_{pcm_{aver}}^{borYal} \approx 21,24^\circ C$  (μείωση 1%). Οι μέγιστες τιμές της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας στο στρώμα ΥΑΦ μειώνονται αντίστοιχα κατά 5,4% για τη νότια και 2,9% για τη βόρεια ηλιακή φόρτιση (ΜΣΜ) από την 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου στην 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Αντίστοιχες μεταβολές παρατηρούνται και στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει στρώμα ενδιάμεσης μόνωσης (ΧΣΜ) και συνεπώς η συναλλαγή θερμότητας γίνεται προς δύο κατευθύνσεις. Και για τον Δεκέμβριο, στις περιπτώσεις ηλιακής φόρτισης από μία μόνο κατεύθυνση, οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες στο στρώμα του ΥΑΦ όταν δεν υπάρχει μόνωση είναι μικρότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες περιπτώσεις με ύπαρξη μόνωσης, αφού η συναλλαγή θερμότητας προς δύο κατευθύνσεις αυξάνει τις θερμικές απώλειες του ΥΑΦ. Το φαινόμενο αμβλύνεται σημαντικά στο βόρειο προσανατολισμό λόγω των χαμηλότερων τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας.

Παρατηρώντας τα διαγράμματα  $T_{pcm}(t)$  για τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο παρατηρείται σχεδόν απόλυτη ταύτιση τόσο στην μορφή των καμπυλών όσο και στη θέση εμφάνισης των μεγίστων τους πάνω στον ωριαίο άξονα.

Πίνακας Μελέτης 26 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{p,cm}$ . 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-288,5632636	-288,5632636	17,92269559	21,05143507
2	0	0	-263,4626156	-263,4626156	19,32047495	20,95997609
3	0	0	-242,203342	-242,203342	20,60636409	20,88251389
4	0	0	-223,8791015	-223,8791015	21,78980968	20,81574604
5	0	0	-207,8611365	-207,8611365	22,8812517	20,75738154
6	0	0	-193,6986099	-193,6986099	23,8905133	20,70577769
7	0	86,07959491	-181,0585758	-94,97898089	24,8263479	20,65972132
8	0,013283888	774,8401261	-175,0942427	599,7458834	25,27941784	20,63798914
9	0,106290205	2131,693131	-212,0810997	1919,612031	22,58855541	20,77275778
10	0,222674784	3438,620118	-344,5677826	3094,052336	15,27417466	21,25549818
11	0,307976469	4365,667602	-660,3714172	3705,296185	8,325430987	22,40618872
12	0,365737667	4846,729194	-1354,217954	3492,511239	3,092124657	24,9343504
13	0,382214369	4930,491572	-3115,090976	1815,400596	2,5	31,35042579
14	0,37866396	4566,815415	-4247,17767	319,6377449	2,5	35,47539875
15	0,326091505	3621,240786	-4446,504275	-825,2634895	2,5	36,2016831
16	0,232741949	1623,313351	-3931,868653	-2308,555302	2,5	34,32651044
17	0,01776937	115,1455192	-2492,249901	-2377,104382	2,5	29,08098601
18	0	0	-1009,883834	-1009,883834	4,64468006	23,67970361
19	0	0	-670,9126054	-670,9126054	8,170425545	22,44459754
20	0	0	-542,8953547	-542,8953547	11,1165453	21,97814237
21	0	0	-466,7587502	-466,7587502	11,74958882	21,70072418
22	0	0	-404,8264771	-404,8264771	13,14969688	21,47506218
23	0	0	-356,8309917	-356,8309917	14,78089549	21,30018151
24	0	0	-319,1945079	-319,1945079	16,39365213	21,16304583

Πίνακας Μελέτης 27 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού	Q <sub>sun</sub> (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-245,0080867	-245,0080867	20,43135813	20,89273351
2	0	0	-226,3128743	-226,3128743	21,62862445	20,82461395
3	0	0	-210,0001092	-210,0001092	22,73243196	20,7651753
4	0	0	-195,5981744	-195,5981744	23,75273362	20,71269911
5	0	0	-182,7601434	-182,7601434	24,69844163	20,6659213
6	0	0	-171,2240395	-171,2240395	25,57735098	20,62388732
7	0	86,07959491	-160,787503	-74,70790805	26,3962252	20,58585981
8	0,013283888	448,0845438	-156,3751325	291,7094113	26,74921209	20,5697825
9	0,055864961	969,1135406	-173,3766101	795,7369306	25,41126064	20,63173062
10	0,093689597	1368,862603	-222,1957951	1146,666808	21,90201003	20,80961259
11	0,117554631	1585,498236	-303,8165278	1281,681708	17,13700518	21,10701324
12	0,127121022	1595,859792	-420,4148978	1175,444894	12,72250447	21,53186155
13	0,119153637	1394,470211	-564,4528316	830,0173794	9,889774325	22,05669113
14	0,096042383	1067,664126	-695,2950881	372,369038	7,82399143	22,53343975
15	0,068720599	715,8202123	-769,4931255	-53,67291319	6,868696087	22,8037944
16	0,041745483	385,6562484	-757,3108592	-371,6546108	7,01572836	22,75940599
17	0,01776937	115,1455192	-674,7234237	-559,5779045	8,115173098	22,45848298
18	0	0	-567,2230458	-567,2230458	9,840527346	22,06678493
19	0	0	-477,3596727	-477,3596727	11,58952923	21,73935066
20	0	0	-413,1460528	-413,1460528	12,91544324	21,50537614
21	0	0	-363,2758065	-363,2758065	14,53413828	21,32366442
22	0	0	-324,3090364	-324,3090364	16,15727158	21,18168159
23	0	0	-293,0166816	-293,0166816	17,68832277	21,06766195
24	0	0	-267,1909334	-267,1909334	19,10460763	20,97356093



Πίνακας Μελέτης 28 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rsm}$ . 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

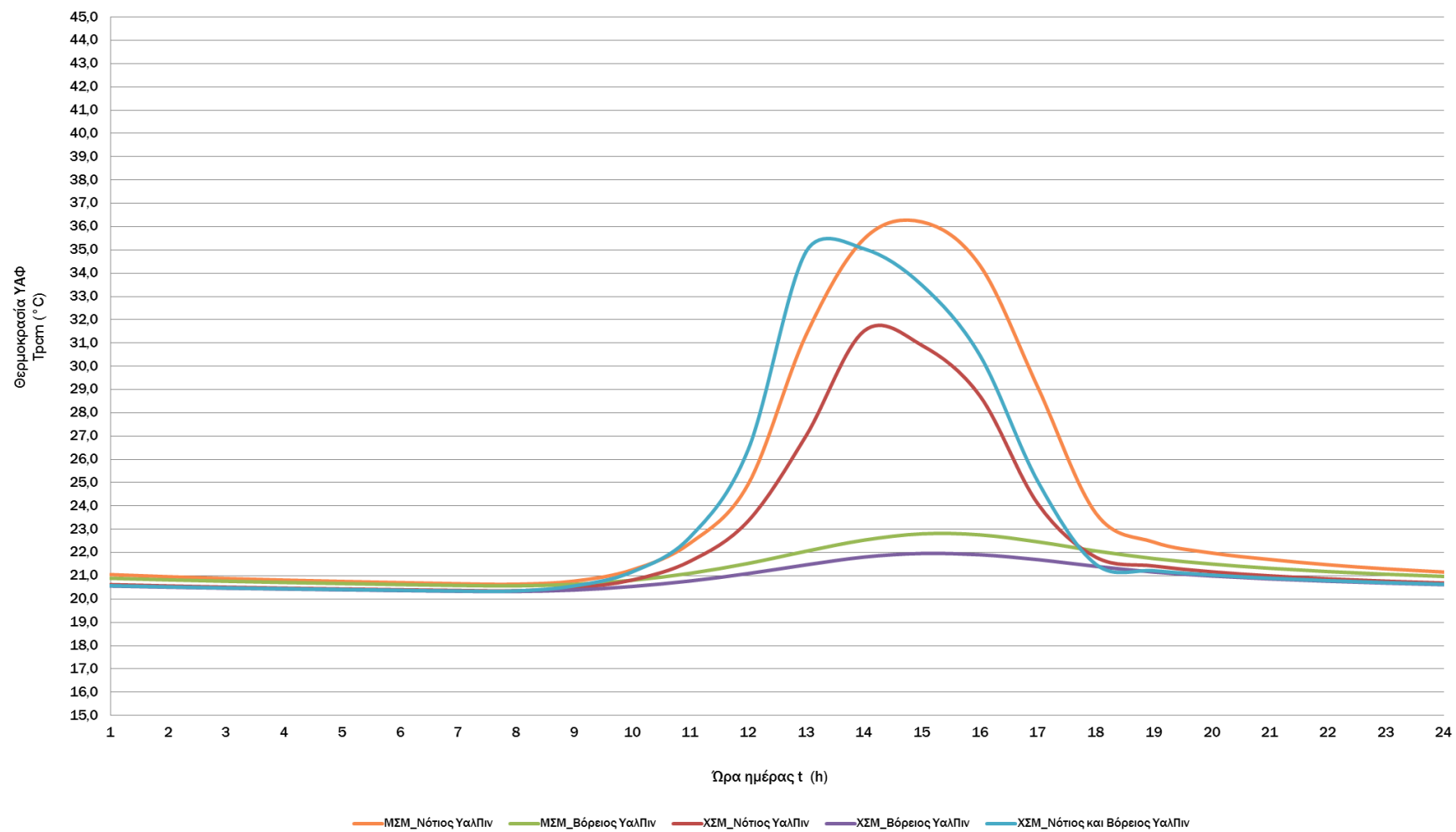
Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rsm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-170,5393867	-90,59904918	-261,1384359	25,63037923	20,62139266
2	0	0	0	-154,655273	-82,16061377	-236,8158868	26,88789153	20,56351587
3	0	0	0	-140,9243002	-74,86603447	-215,7903346	28,01703878	20,51348446
4	0	0	0	-128,916679	-68,48698572	-197,4036647	31,92336682	20,46973241
5	0	0	0	-119,2763081	-63,36553867	-182,6418467	30,94585123	20,43460589
6	0	0	0	-110,0750952	-58,47739434	-168,5524896	30,04624856	20,40107952
7	0	0	86,07959491	-101,3294443	-53,83126731	-69,08111674	29,22140971	20,36921308
8	0,013283888	0	774,8401261	-97,64386804	-51,87330489	625,3229531	28,88262995	20,35578398
9	0,106290205	0	2131,693131	-131,3970604	-69,80468836	1930,491382	32,18066198	20,47877015
10	0,222674784	0	3438,620118	-224,9204233	-119,4889749	3094,21072	21,72069435	20,81954029
11	0,307976469	0	4365,667602	-447,0075591	-237,4727658	3681,187277	12,10986268	21,62875697
12	0,365737667	0	4846,729194	-920,9176048	-489,2374775	3436,574111	5,329775225	23,35553825
13	0,382214369	0	4930,491572	-1926,144365	-1023,264194	1981,083013	2,5	27,01827294
14	0,37866396	0	4566,815415	-3161,550878	-1679,573904	-274,3093664	2,5	31,51971127
15	0,326091505	0	3621,240786	-2990,491121	-1588,698408	-957,9487434	2,5	30,89642255
16	0,232741949	0	1623,313351	-2393,112764	-1271,341156	-2041,140568	2,5	28,71976101
17	0,01776937	0	115,1455192	-1120,254264	-595,1350779	-1600,243823	3,980151399	24,08185925
18	0	0	0	-493,4473361	-262,1438973	-755,5912334	11,39107312	21,79796912
19	0	0	0	-390,0356803	-207,2064551	-597,2421354	13,60154453	21,4211691
20	0	0	0	-321,5800091	-170,8393798	-492,4193889	16,2827264	21,17173786
21	0	0	0	-274,4328813	-145,7924682	-420,2253495	18,69352732	20,99994834
22	0	0	0	-239,3869011	-127,1742912	-366,5611924	20,7837387	20,87225165
23	0	0	0	-211,8908687	-112,567024	-324,4578927	22,60167046	20,77206464
24	0	0	0	-189,5106139	-100,6775137	-290,1881276	24,1969172	20,69051793

Πίνακας Μελέτης 29 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{reff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rscm}$ . 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλασσομένης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rscm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-153,605745	-81,60305202	-235,208797	26,97282022	20,55969171
2	0	0	0	-140,0108949	-74,38078789	-214,3916828	28,09353606	20,5101563
3	0	0	0	-128,1135857	-68,06034239	-196,1739281	31,84056803	20,46680619
4	0	0	0	-118,5083571	-62,95756473	-181,4659219	30,86952158	20,43180771
5	0	0	0	-109,3437806	-58,08888346	-167,4326641	29,97614664	20,39841484
6	0	0	0	-100,6359173	-53,46283107	-154,0987484	29,15726083	20,36668608
7	0	0	86,07959491	-92,39644097	-49,08560927	-55,40245533	28,40931048	20,33666399
8	0	0,013283888	448,0845438	-89,35614727	-47,47045324	311,2579433	28,13992702	20,3255861
9	0	0,055864961	969,1135406	-106,6004126	-56,63146922	805,8816588	29,71501003	20,38841886
10	0	0,093689597	1368,862603	-148,8811557	-79,09311399	1140,888334	27,35796197	20,54247678
11	0	0,117554631	1585,498236	-213,8951156	-113,6317802	1257,97134	22,46386849	20,77936749
12	0	0,127121022	1595,859792	-301,1989704	-160,011953	1134,648869	17,26841086	21,09747567
13	0	0,119153637	1394,470211	-403,635848	-214,4315443	776,4028188	13,18439347	21,4707239
14	0	0,096042383	1067,664126	-495,442504	-263,2038303	309,0177918	11,37019561	21,80523889
15	0	0,068720599	715,8202123	-537,8129241	-285,7131159	-107,7058277	11,12142059	21,95962357
16	0	0,041745483	385,6562484	-522,7146899	-277,692179	-414,7506205	11,16744439	21,90461028
17	0	0,01776937	115,1455192	-464,8144361	-246,9326692	-596,6015861	11,78147032	21,69363971
18	0	0	0	-385,8680724	-204,9924135	-590,8604858	13,73704082	21,40598363
19	0	0	0	-318,8118661	-169,3688039	-488,18067	16,41155461	21,1616516
20	0	0	0	-272,4374902	-144,7324167	-417,1699069	18,80570954	20,99267776
21	0	0	0	-237,8538687	-126,3598678	-364,2137365	20,8809767	20,86666576
22	0	0	0	-210,6611435	-111,9137325	-322,574876	22,68663188	20,7675839
23	0	0	0	-188,4941019	-100,1374917	-288,6315936	24,27183533	20,68681407
24	0	0	0	-169,9550094	-90,28859877	-260,2436082	25,67571764	20,61926337

Πίνακας Μελέτης 30 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{rcm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-157,8715302	-83,8692504	-241,7407806	26,62904951	20,57523491
2	0	0	0	-143,7187593	-76,35059087	-220,0693502	27,78407671	20,5236666
3	0	0	0	-131,3703558	-69,7905015	-201,1608573	32,17787923	20,47867285
4	0	0	0	-121,6242015	-64,61285705	-186,2370585	31,18062624	20,44316089
5	0	0	0	-112,3125119	-59,66602194	-171,9785338	30,26200056	20,40923197
6	0	0	0	-103,4527137	-54,95925417	-158,4119679	29,41895651	20,37694962
7	0	0	172,1591898	-95,05796027	-50,49954139	26,60168816	28,64805503	20,34636174
8	0,013283888	0,013283888	1222,92467	-96,50560261	-51,26860139	1075,150466	28,77905742	20,3516365
9	0,106290205	0,055864961	3100,806671	-154,7480885	-82,209922	2863,848661	26,8803918	20,56385406
10	0,222674784	0,093689597	4807,482722	-320,8450511	-170,4489334	4316,188737	16,31677635	21,1690599
11	0,307976469	0,117554631	5951,165837	-733,2399524	-389,5337247	4828,39216	7,317381375	22,67169907
12	0,365737667	0,127121022	6442,588986	-1761,95257	-936,0373026	3744,599114	2,5	26,42000893
13	0,382214369	0,119153637	6324,961783	-4097,090523	-2176,57934	51,29191989	2,5	34,92852771
14	0,37866396	0,096042383	5634,479541	-4129,076246	-2193,571755	-688,1684599	2,5	35,04507377
15	0,326091505	0,068720599	4337,060998	-3699,933301	-1965,589566	-1328,461869	2,5	33,48140992
16	0,232741949	0,041745483	2008,9696	-2871,50237	-1525,485634	-2388,018405	2,5	30,46286443
17	0,01776937	0,01776937	230,2910384	-1382,330301	-734,3629725	-1886,402235	3,021998614	25,03678308
18	0	0	0	-409,16355	-217,3681359	-626,5316859	13,02579027	21,49086513
19	0	0	0	-334,1765154	-177,5312738	-511,7077892	15,71652511	21,21763562
20	0	0	0	-283,4175551	-150,5655761	-433,9831312	18,19861519	21,03268571
21	0	0	0	-246,2399227	-130,814959	-377,0548817	20,35501073	20,89722194
22	0	0	0	-217,3610356	-115,4730502	-332,8340858	22,22753181	20,79199623
23	0	0	0	-194,0165786	-103,0713074	-297,087886	23,86739826	20,70693626
24	0	0	0	-174,6109782	-92,76208215	-267,3730603	25,31645072	20,63622827



Διάγραμμα 14 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rostr}$ . 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Πίνακας μελέτης 31: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος – Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	20,63798914	20,35578398	20,34636174	20,5697825	20,3255861
Μέγιστη Τιμή	36,2016831	31,51971127	35,04507377	22,8037944	21,95962357
Διασπορά	5,123002565	3,423672104	4,923254109	0,736854427	0,539079475
Μέση Τιμή	24,00065822	22,49887913	23,33574021	21,34128274	20,89741784

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου, όπως αυτά αποτυπώνονται τόσο στο διάγραμμα των ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας του ΥΑΦ όσο και στον πίνακα με τις στατιστικές της τιμές, και συγκρίνοντας τα με τα αντίστοιχα της προηγούμενης ημερομηνίας μελέτης, προκύπτει εύκολα το συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει κάποια αξιοσημείωτη μεταβολή στο ακολουθούμενο μοτίβο. Επαληθεύεται επίσης η σχέση της ωριαίας μεταβολής της θερμοκρασίας στο στρώμα του ΥΑΦ και της ωριαίας μεταβολής της προσπίπτουσας σ' αυτό ηλιακής ακτινοβολίας από μήνα σε μήνα.

Για τον υαλοπίνακα νότιου προσανατολισμού, η μέγιστη τιμή της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας μειώνεται κατά 4% από τον Δεκέμβριο στον Ιανουάριο, ενώ για τον υαλοπίνακα βόρειου προσανατολισμού παρατηρείται αύξηση της τάξης του 6,2%. Αντίστοιχα, η μέγιστη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο στρώμα του ΥΑΦ μειώνεται ελάχιστα κατά την αποκλειστικά νότια ηλιακή φόρτιση ενώ αυξάνεται ελάχιστα για την αποκλειστικά βόρεια ηλιακή φόρτιση. Επειδή όμως η μεταβολή στην ακτινοβολία είναι πολύ μικρή, οι διαφορές που παρατηρούνται στην αναπτυσσόμενη θερμοκρασία ΥΑΦ είναι σχεδόν αμελητέες. Παραδείγματος χάρη, όταν υπάρχει μόνωση στην ενδιάμεση τοιχοποιία (περιπτώσεις μελέτης ΜΣΜ), από τον Δεκέμβριο στον Ιανουάριο η μέση θερμοκρασία του στρώματος ΥΑΦ μειώνεται κατά 0,4% για υαλοπίνακα στο νότιο προσανατολισμό, ενώ αυξάνεται κατά 0,5% για υαλοπίνακα στον βόρειο προσανατολισμό.

Οι πολύ μικρές μεταβολές στις τιμές της καθ' ώρα αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας στο στρώμα του ΥΑΦ από την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου στην 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου αποτυπώνονται και στις καμπύλες  $T_{pcm}(t)$ , ανά περίπτωση μελέτης, στις οποίες παρατηρείται σχεδόν απόλυτη ταύτιση τόσο στη μορφή όσο και στη θέση εμφάνισης των μεγίστων τους επί του ωριαίου άξονα.

Πίνακας Μελέτης 32 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό . Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	$c_{p\text{eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-287,1212544	-287,1212544	17,99946514	21,04618084
2	0	0	-262,2525613	-262,2525613	19,39115494	20,95556703
3	0	0	-241,1680624	-241,1680624	20,67137333	20,87874165
4	0	0	-222,9795289	-222,9795289	21,84969747	20,81246828
5	0	0	-207,0696532	-207,0696532	22,93655952	20,75449762
6	0	0	-192,9950745	-192,9950745	23,94173188	20,70321422
7	0	464,5272965	-180,4278931	284,0994034	24,87390836	20,65742331
8	0,071686311	1532,269063	-198,234186	1334,034877	23,5627754	20,72230392
9	0,164774964	2776,145954	-286,4990714	2489,646883	18,03272181	21,0439138
10	0,263642622	3900,79419	-501,7394224	3399,054767	11,30970955	21,82818291
11	0,33833179	4709,275568	-970,2872532	3738,988314	4,931672277	23,53542595
12	0,388408266	5105,366803	-2152,259067	2953,107736	2,5	27,84216481
13	0,399456981	5090,597297	-3993,82174	1096,775556	2,5	34,55224828
14	0,386129021	4621,364915	-4677,772719	-56,4078034	2,5	37,04435361
15	0,327044577	3713,099709	-4642,596723	-929,4970136	2,5	36,91618319
16	0,245964638	2195,550522	-4062,960909	-1867,410387	2,5	34,80416998
17	0,092854887	601,6996689	-2898,440827	-2296,741158	2,5	30,56101982
18	0	0	-1466,189394	-1466,189394	2,848000892	25,34233961
19	0	0	-663,5930563	-663,5930563	8,277717623	22,41792737
20	0	0	-538,613653	-538,613653	11,12029759	21,96254117
21	0	0	-463,1030098	-463,1030098	11,81018074	21,6874038
22	0	0	-401,9710554	-401,9710554	13,23339993	21,46465791
23	0	0	-354,6155402	-354,6155402	14,86770617	21,29210909
24	0	0	-317,43112	-317,43112	16,47640696	21,15662059

Πίνακας Μελέτης 33 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-266,7420852	-266,7420852	19,13044329	20,97192546
2	0	0	-245,0043783	-245,0043783	20,43158844	20,89272
3	0	0	-226,3096596	-226,3096596	21,62883654	20,82460224
4	0	0	-209,9972862	-209,9972862	22,73262775	20,76516501
5	0	0	-195,595669	-195,595669	23,75291484	20,71268998
6	0	0	-182,7579004	-182,7579004	24,69860984	20,66591313
7	0	276,5023858	-171,2220166	105,2803692	25,57750751	20,62387995
8	0,042670121	843,0899209	-177,6390811	665,4508399	25,08520291	20,64726174
9	0,087436348	1372,063835	-218,9957527	1153,068083	22,11692566	20,79795263
10	0,124301898	1752,470539	-300,2745772	1452,195962	17,31515585	21,09410747
11	0,146141086	1939,663254	-431,0258848	1508,637369	12,46049394	21,5705247
12	0,153189663	1918,445446	-619,7801717	1298,665275	8,952832333	22,25828681
13	0,142866733	1693,86685	-845,9236136	847,9432362	6,028072752	23,0822834
14	0,118532472	1355,719387	-1065,22204	290,4973468	4,287964614	23,88133888
15	0,090683483	990,9006999	-1170,840103	-179,9394036	3,734554081	24,26617836
16	0,062233292	621,2081997	-1095,723707	-474,5155075	4,111876939	23,9924775
17	0,033632171	217,9364683	-915,8127879	-697,8763196	5,373624604	23,33693788
18	0	0	-713,3438712	-713,3438712	7,578175899	22,59920392
19	0	0	-566,5927345	-566,5927345	9,85171047	22,06448827
20	0	0	-476,9311143	-476,9311143	11,5955486	21,73778913
21	0	0	-412,8084474	-412,8084474	12,92467022	21,50414601
22	0	0	-363,0145264	-363,0145264	14,54397485	21,32271239
23	0	0	-324,1021181	-324,1021181	16,1667297	21,18092764
24	0	0	-292,8480242	-292,8480242	17,697124	21,06704741

Πίνακας Μελέτης 34 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-177,5983661	-94,34913201	-271,9474982	25,08829961	20,64711339
2	0	0	0	-160,699364	-85,37153712	-246,0709011	26,40323681	20,58553866
3	0	0	0	-146,169876	-77,65274663	-223,8226226	27,58106859	20,53259771
4	0	0	0	-133,5184316	-70,93166677	-204,4500983	32,40259601	20,48649977
5	0	0	0	-123,6816112	-65,70585597	-189,3874672	31,38809992	20,45065745
6	0	0	0	-114,2749949	-60,70859105	-174,983586	30,45282808	20,41638265
7	0	0	464,5272965	-105,3168744	-55,9495895	303,2608326	29,59382744	20,38374204
8	0,071686311	0	1532,269063	-121,2926667	-64,43672919	1346,539667	31,14734606	20,44195288
9	0,164774964	0	2776,145954	-188,6904052	-100,2417778	2487,213771	24,25735088	20,68752934
10	0,263642622	0	3900,79419	-348,5419967	-185,1629358	3367,089257	15,11090453	21,26997898
11	0,33833179	0	4709,275568	-695,9272579	-369,7113558	3643,636954	7,815230546	22,53574318
12	0,388408266	0	5105,366803	-1422,770112	-755,846622	2926,750069	2,931893926	25,18413321
13	0,399456981	0	5090,597297	-2979,03889	-1582,61441	528,9439972	2,5	30,85469417
14	0,386129021	0	4621,364915	-3308,889206	-1757,847391	-445,3716813	2,5	32,05656647
15	0,327044577	0	3713,099709	-3031,154718	-1610,300944	-928,355953	2,5	31,04458809
16	0,245964638	0	2195,550522	-2452,230472	-1302,747438	-1559,427388	2,5	28,93516761
17	0,092854887	0	601,6996689	-1479,769077	-786,127322	-1664,19673	2,824264825	25,39181977
18	0	0	0	-561,1267153	-298,0985675	-859,2252828	9,949237053	22,04457179
19	0	0	0	-426,4896954	-226,5726507	-653,0623461	12,56965068	21,55399623
20	0	0	0	-345,490882	-183,5420311	-529,0329131	15,23595999	21,25886167
21	0	0	0	-291,3581322	-154,7840077	-446,1421399	17,77512844	21,06161871
22	0	0	0	-252,2283239	-133,9962971	-386,224621	19,98833421	20,91904182
23	0	0	0	-222,1044671	-117,9929982	-340,0974653	21,90811424	20,80927982
24	0	0	0	-197,9027813	-105,1358526	-303,0386338	23,58657827	20,72109638

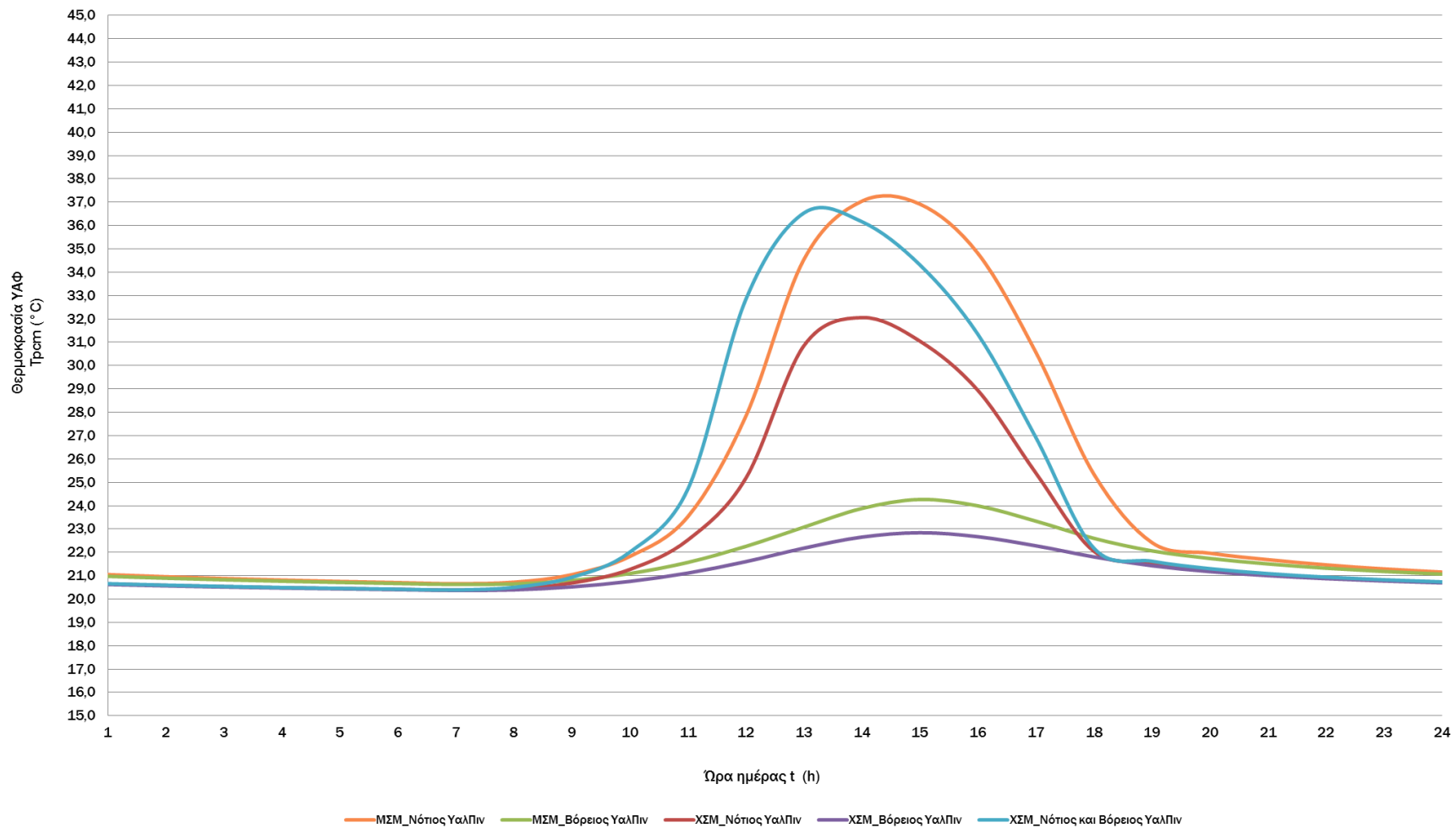


Πίνακας Μελέτης 35 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-170,8280461	-90,75239947	-261,5804455	25,60800993	20,62244444
2	0	0	0	-154,9031478	-82,29229727	-237,1954451	26,86786658	20,56441905
3	0	0	0	-141,1399173	-74,98058107	-216,1204984	27,99900615	20,5142701
4	0	0	0	-129,1061789	-68,58765756	-197,6938365	31,94294045	20,47042289
5	0	0	0	-119,4575532	-63,46182516	-182,9193784	30,96389902	20,43526629
6	0	0	0	-110,24773	-58,56910656	-168,8168365	30,06282693	20,40170855
7	0	0	276,5023858	-101,4931934	-53,91825899	121,0909334	29,23658297	20,36980973
8	0	0,042670121	843,0899209	-107,9502149	-57,34855169	677,7911543	29,84313324	20,39333712
9	0	0,087436348	1372,063835	-143,3579951	-76,15893488	1152,546905	27,81406119	20,52235209
10	0	0,124301898	1752,470539	-207,9593199	-110,4783887	1434,03283	22,87439982	20,75773929
11	0	0,146141086	1939,663254	-305,6957804	-162,4008833	1471,56659	17,04353839	21,11386065
12	0	0,153189663	1918,445446	-440,3026973	-233,9108079	1244,231941	12,2505258	21,60432653
13	0	0,142866733	1693,86685	-598,6438629	-318,0295522	777,1934348	9,299331443	22,18127265
14	0	0,118532472	1355,719387	-728,937923	-387,2482716	239,5331926	7,372881085	22,65602381
15	0	0,090683483	990,9006999	-779,5874851	-414,1558515	-202,8426366	6,749669206	22,84057511
16	0	0,062233292	621,2081997	-732,7359334	-389,2659646	-500,7936983	7,323858452	22,66986258
17	0	0,033632171	217,9364683	-626,1337416	-332,6335502	-740,8308234	8,851365638	22,28143724
18	0	0	0	-495,6501256	-263,3141292	-758,9642548	11,36807039	21,8059954
19	0	0	0	-391,5666492	-208,0197824	-599,5864316	13,55267315	21,42674748
20	0	0	0	-322,5944534	-171,3783033	-493,9727567	16,23591181	21,17543418
21	0	0	0	-275,1622243	-146,1799316	-421,3421559	18,65272889	21,00260584
22	0	0	0	-239,9462461	-127,4714432	-367,4176893	20,74838143	20,87428973
23	0	0	0	-212,3390017	-112,8050947	-325,1440964	22,5707869	20,77369749
24	0	0	0	-189,8807268	-100,8741361	-290,7548629	24,16969257	20,6918665

Πίνακας Μελέτης 36 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{p,cm}$ . 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm1</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Q <sub>rm2</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	c <sub>p,eff</sub> (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>p,cm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-180,7680426	-96,03302263	-276,8010652	24,84824709	20,65866271
2	0	0	0	-163,4012659	-86,80692249	-250,2081883	26,18902686	20,59538356
3	0	0	0	-148,5066476	-78,89415651	-227,4008041	27,38868902	20,54111218
4	0	0	0	-135,5626634	-72,01766494	-207,5803284	32,6180996	20,49394832
5	0	0	0	-125,6412223	-66,74689932	-192,3881216	31,58722715	20,45779766
6	0	0	0	-116,1458068	-61,70245986	-177,8482666	30,63612262	20,42319931
7	0	0	741,0296823	-107,0955051	-56,89448706	577,0396902	29,76192271	20,39022282
8	0,071686311	0,042670121	2375,358984	-137,3222877	-72,95246532	2165,084231	28,31970818	20,50035984
9	0,164774964	0,087436348	4148,209789	-256,510483	-136,2711941	3755,428112	19,73068552	20,93464468
10	0,263642622	0,124301898	5653,264729	-553,2425621	-293,9101111	4806,112056	10,09164754	22,01584438
11	0,33833179	0,146141086	6648,938821	-1295,712783	-688,3474157	4664,878623	3,259927788	24,72117569
12	0,388408266	0,153189663	7023,812249	-3526,610141	-1873,511638	1623,690471	2,5	32,84987406
13	0,399456981	0,142866733	6784,464147	-4539,146097	-2411,421364	-166,1033144	2,5	36,53924118
14	0,386129021	0,118532472	5977,084303	-4435,563806	-2356,393272	-814,8727758	2,5	36,16181942
15	0,327044577	0,090683483	4704,000409	-3927,407849	-2086,43542	-1309,84286	2,5	34,31025665
16	0,245964638	0,062233292	2816,758722	-3110,587762	-1652,499749	-1946,328789	2,5	31,33401748
17	0,092854887	0,033632171	819,6361372	-1896,854039	-1007,703708	-2084,92161	2,5	26,91154807
18	0	0	0	-596,6936124	-316,9934816	-913,687094	9,332005521	22,17416654
19	0	0	0	-444,0531319	-235,9032263	-679,9563583	12,1706974	21,61799195
20	0	0	0	-356,9542068	-189,6319224	-546,5861292	14,77609723	21,30063047
21	0	0	0	-299,2847199	-158,9950075	-458,2797274	17,3654074	21,09050074
22	0	0	0	-258,1420103	-137,137943	-395,2799533	19,63351865	20,94058946
23	0	0	0	-226,7547166	-120,4634432	-347,2181598	21,5994934	20,82622389
24	0	0	0	-201,6932728	-107,1495512	-308,842824	23,31568663	20,73490776



Διάγραμμα 15 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rostr}$ . 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου

Πίνακας μελέτης 37: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος - Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	20,65742331	20,38374204	20,39022282	20,62387995	20,36980973
Μέγιστη Τιμή	37,04435361	32,05656647	36,53924118	24,26617836	22,84057511
Διασπορά	5,692336603	3,827997776	5,587645244	1,171726175	0,813440301
Μέση Τιμή	24,58256912	22,92804883	24,10517162	21,74419	21,17290687

Κατά την παρατήρηση των αποτελεσμάτων της μελέτης που αφορά σε δύο δωμάτια, διατεταγμένα κατά Νότο και Βορρά αντίστοιχα, κατά την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, εντοπίζεται μια ταυτόχρονη αύξηση όλων των στατιστικών τιμών της  $T_{pcm}$  σε σχέση με τον Ιανουάριο, η οποία οφείλεται στην αντίστοιχη αύξηση των επιπέδων της ηλιακής φόρτισης.

Συγκεκριμένα, η μέγιστη τιμή της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε υαλοπίνακα νότιου προσανατολισμού  $G_{max}^{vor}$  αυξάνεται κατά 3,1% μεταξύ των δύο μηνών, ενώ για τον βόρειο προσανατολισμό η αύξηση είναι σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση, της τάξης του 20%, με τη  $G_{max}^{βop}$  να μεταβάλλεται από  $0,127 \text{ kW/m}^2$  σε  $0,153 \text{ kW/m}^2$ . Όπως έχει παρουσιαστεί και στην ενότητα 4.2, κατά την πορεία προς τους ανοιξιότικους μήνες η προσπίπτουσα ακτινοβολία στο νότιο προσανατολισμό δεν ακολουθεί ανάλογα ανοδική πορεία τιμών όπως στους τρεις υπόλοιπους κύριους προσανατολισμούς.

Η μεταβολή στην ηλιακή φόρτιση της τοιχοποιίας αντανακλάται και στη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο στρώμα του ΥΑΦ για τον μήνα Φεβρουάριο. Οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας του ΥΑΦ αυξάνονται αντίστοιχα μεταξύ των δύο μηνών κατά 2,3% για τη νότια ηλιακή φόρτιση και κατά 6,4% για τη βόρεια ηλιακή φόρτιση. Η μεγάλη αύξηση στη μέγιστη τιμή της ακτινοβολίας  $G_t$  για τον βόρειο προσανατολισμό αυξάνει μεν αρκετά τη μέγιστη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο στρώμα ΥΑΦ αλλά, κατά μέσο όρο (στη διάρκεια δηλαδή της ημέρας), η επιρροή της στη μέση θερμοκρασία  $T_{pcm}$  δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη, αφού οι τιμές της ακτινοβολίας στον βόρειο προσανατολισμό παραμένουν γενικά χαμηλές.

Ενδεικτικά αναφέρεται πως στις περιπτώσεις μονωμένης ενδιάμεσης τοιχοποιίας η μέση θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο στρώμα ΥΑΦ είναι για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου:  $T_{pcm_{aver}}^{vor\gamma\alpha\lambda} \approx 24^\circ C$ , για νότια ηλιακή φόρτιση και  $T_{pcm_{aver}}^{βop\gamma\alpha\lambda} \approx 21,34^\circ C$  για βόρεια ηλιακή φόρτιση. Για την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου οι αντίστοιχες τιμές της μέσης θερμοκρασίας του ΥΑΦ είναι  $T_{pcm_{aver}}^{vor\gamma\alpha\lambda} \approx 24,58^\circ C$  (αύξηση 2,4%) και  $T_{pcm_{aver}}^{βop\gamma\alpha\lambda} \approx 21,74^\circ C$  (αύξηση 1,8%).

Σχετικά με τις καμπύλες της ωριαίας θερμοκρασίας του ΥΑΦ για τους μήνες Φεβρουάριο και Ιανουάριο δεν παρατηρείται αξιοσημείωτη μορφολογική μεταβολή, όπως αντίστοιχα δε μεταβάλλεται αξιόλογα η θέση εμφάνισης των μέγιστων τιμών της  $T_{pcm}$  πάνω στον ωριαίο άξονα.

Πίνακας Μελέτης 38 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-294,9671056	-294,9671056	17,58696953	21,07476869
2	0	0	-268,8196282	-268,8196282	19,01121038	20,97949539
3	0	0	-246,7752208	-246,7752208	20,32193166	20,8991724
4	0	0	-227,8437749	-227,8437749	21,52786342	20,83019208
5	0	0	-211,3437934	-211,3437934	22,63942911	20,77007126
6	0	176,1493449	-196,7901661	-20,64082117	23,66665725	20,71704236
7	0,027183541	942,0798744	-195,4304843	746,6493901	23,76486649	20,7120881
8	0,118199156	2125,732492	-244,4115869	1881,320906	20,46844121	20,89056005
9	0,209845982	3300,021586	-387,7047048	2912,316881	13,67688549	21,41267575
10	0,299416609	4315,243572	-719,6745516	3595,569021	7,494049416	22,62227096
11	0,366516042	5026,364921	-1467,668869	3558,696052	2,845359406	25,34773036
12	0,409157557	5325,155908	-3417,517897	1907,63801	2,5	32,45237574
13	0,412625762	5172,442602	-4607,12399	565,3186119	2,5	36,78693155
14	0,385590689	4560,611507	-4959,657574	-399,0460664	2,5	38,07145464
15	0,318207383	3559,654993	-4710,811813	-1151,15682	2,5	37,16473783
16	0,231122091	2292,167484	-3992,948592	-1700,781108	2,5	34,5490668
17	0,122607459	944,241655	-2932,338792	-1988,097137	2,5	30,68453349
18	0,023108846	149,745323	-1692,558261	-1542,812938	2,5	26,16715759
19	0	0	-730,4576629	-730,4576629	7,353219509	22,66156127
20	0	0	-575,5885753	-575,5885753	9,693332623	22,09726633
21	0	0	-483,0151634	-483,0151634	11,51365613	21,75995751
22	0	0	-417,6126059	-417,6126059	12,79559072	21,52165087
23	0	0	-366,7310386	-366,7310386	14,40538636	21,33625421
24	0	0	-327,0420549	-327,0420549	16,03317857	21,19163986

Πίνακας Μελέτης 39 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-289,7394036	-289,7394036	17,86039912	21,05572056
2	0	0	-264,4485421	-264,4485421	19,26311052	20,9635685
3	0	0	-243,0461665	-243,0461665	20,55360371	20,88558488
4	0	0	-224,6109595	-224,6109595	21,74121085	20,8184127
5	0	0	-208,5047095	-208,5047095	22,83637527	20,75972652
6	0	169,8704473	-194,2704159	-24,39996859	23,84896033	20,70786117
7	0,026214575	690,8179227	-192,6753926	498,1425301	23,96503913	20,7020494
8	0,080393129	1350,788092	-225,0811891	1125,706903	21,7100439	20,82012607
9	0,128061824	1896,234682	-305,9184983	1590,316184	17,03250972	21,11467217
10	0,164566985	2259,319228	-451,4818523	1807,837375	12,02117308	21,6450599
11	0,184093389	2403,95069	-685,9369779	1718,013712	7,954978922	22,4993417
12	0,186886655	2334,735127	-1022,630541	1312,104586	4,558067667	23,72614866
13	0,173411975	2086,930588	-1471,412	615,5185879	2,838737415	25,36136917
14	0,148645214	1745,75043	-1809,448169	-63,69773977	2,5	26,59306818
15	0,120760716	1370,198114	-1769,726158	-399,528044	2,5	26,44833348
16	0,09068961	976,6428639	-1520,579835	-543,9369713	2,75947864	25,54052152
17	0,060026881	538,7195146	-1213,275446	-674,5559315	3,553577265	24,42079959
18	0,023108846	149,745323	-917,3383392	-767,5930162	5,360466155	23,34249652
19	0	0	-694,096456	-694,096456	7,840632968	22,52907231
20	0	0	-556,0847502	-556,0847502	10,04007168	22,02620044
21	0	0	-469,7369271	-469,7369271	11,70227234	21,71157574
22	0	0	-407,1574799	-407,1574799	13,08261798	21,48355563
23	0	0	-358,6381294	-358,6381294	14,71083675	21,30676616
24	0	0	-320,6308918	-320,6308918	16,3267192	21,16827957

Πίνακας Μελέτης 40 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμοί Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-194,758481	-103,465443	-298,223924	23,81354634	20,70963953
2	0	0	0	-175,2346237	-93,09339382	-268,3280175	25,26866942	20,63850064
3	0	0	0	-158,6795595	-84,29851596	-242,9780754	26,56435652	20,57817912
4	0	0	0	-144,4197078	-76,72296976	-221,1426775	27,72589527	20,52622064
5	0	0	0	-131,9850394	-70,1170522	-202,1020916	32,24200167	20,48091257
6	0	0	176,1493449	-122,2127565	-64,92552688	-10,98893844	31,23981094	20,4453054
7	0,027183541	0	942,0798744	-121,6643601	-64,63419132	755,781323	31,18466033	20,44330721
8	0,118199156	0	2125,732492	-159,4478752	-84,70668369	1881,577934	26,50296848	20,58097863
9	0,209845982	0	3300,021586	-270,1293436	-143,5062138	2886,386029	18,93650334	20,98426758
10	0,299416609	0	4315,243572	-507,7596598	-269,7473192	3537,736593	11,25955722	21,85011879
11	0,366516042	0	5026,364921	-997,5964521	-529,9731152	3498,795354	4,730791802	23,6349322
12	0,409157557	0	5325,155908	-2150,603406	-1142,50806	2032,044442	2,5	27,8361321
13	0,412625762	0	5172,442602	-3417,789547	-1815,700697	-61,04764203	2,5	32,45336555
14	0,385590689	0	4560,611507	-3379,72014	-1795,476325	-614,5849576	2,5	32,31465243
15	0,318207383	0	3559,654993	-2996,463985	-1591,871492	-1028,680484	2,5	30,91818582
16	0,231122091	0	2292,167484	-2354,977202	-1251,081638	-1313,891356	2,5	28,58080685
17	0,122607459	0	944,241655	-1535,632466	-815,8047474	-1407,195558	2,73790164	25,59536864
18	0,023108846	0	149,745323	-734,3533295	-390,1252063	-974,7332129	7,303097154	22,67575587
19	0	0	0	-526,275453	-279,5838344	-805,8592873	11,15233743	21,9175846
20	0	0	0	-413,6230305	-219,737235	-633,3602655	12,90244735	21,50711409
21	0	0	0	-337,094048	-179,081213	-516,175261	15,5900702	21,22826621
22	0	0	0	-285,4766229	-151,6594559	-437,1360788	18,08754737	21,04018831
23	0	0	0	-247,7989395	-131,6431866	-379,4421262	20,25883554	20,90290251
24	0	0	0	-218,5992464	-116,1308497	-334,7300961	22,14370274	20,79650789

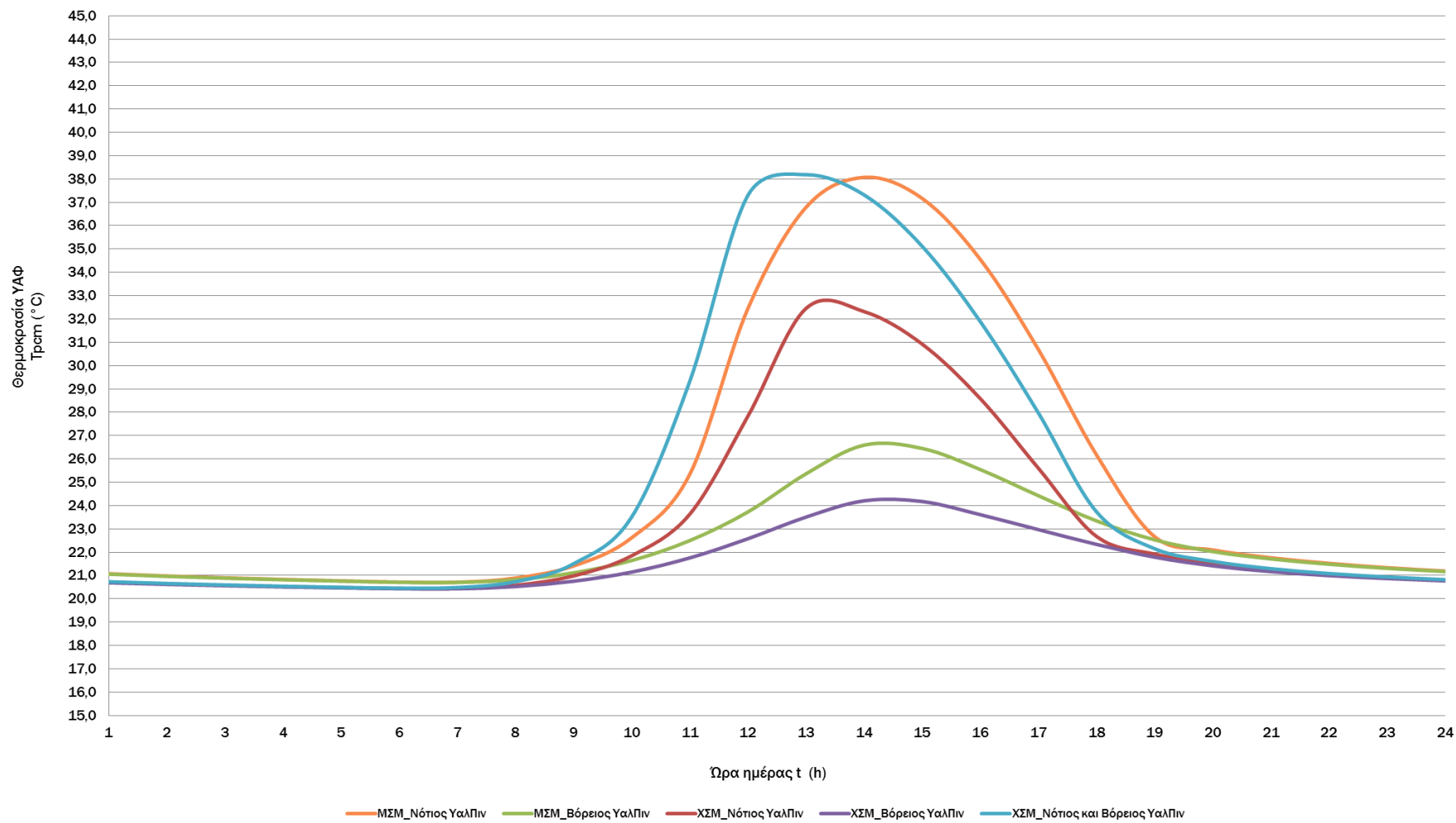
Πίνακας Μελέτης 41 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_{p\text{ eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{rcm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-188,7236565	-100,2594425	-288,9830989	24,25489819	20,6876505
2	0	0	0	-170,1490249	-90,39166945	-260,5406943	25,66065728	20,6199703
3	0	0	0	-154,319969	-81,98248354	-236,3024526	26,91499982	20,56229413
4	0	0	0	-140,6325656	-74,71105046	-215,343616	28,04145265	20,51242147
5	0	0	0	-128,6602346	-68,35074962	-197,0109842	31,89690045	20,46879801
6	0	0	169,8704473	-119,0310574	-63,23524924	-12,39585931	30,92145012	20,43371227
7	0	0,026214575	690,8179227	-118,4060804	-62,90323023	509,508612	30,85937304	20,43143505
8	0	0,080393129	1350,788092	-144,1462647	-76,57770313	1130,064124	27,74858	20,5252243
9	0	0,128061824	1896,234682	-207,6368814	-110,3070932	1578,290707	22,89690919	20,75656443
10	0	0,164566985	2259,319228	-315,0994851	-167,3966014	1776,823141	16,5868177	21,14812484
11	0	0,184093389	2403,95069	-482,1040534	-256,1177784	1665,728858	11,52543196	21,75663771
12	0	0,186886655	2334,735127	-707,4212399	-375,8175337	1251,496353	7,657859174	22,57762369
13	0	0,173411975	2086,930588	-962,2036455	-511,1706867	613,5562557	4,993714182	23,50597179
14	0	0,148645214	1745,75043	-1153,751781	-612,9306334	-20,93198421	3,813741573	24,20391381
15	0	0,120760716	1370,198114	-1145,195079	-608,384886	-383,3818517	3,854817795	24,17273584
16	0	0,09068961	976,6428639	-990,1439563	-526,0139768	-539,5150692	4,784296872	23,60777762
17	0	0,060026881	538,7195146	-814,3383662	-432,6172571	-708,2361087	6,358822071	22,96719655
18	0	0,023108846	149,745323	-640,6988316	-340,3712543	-831,324763	8,62336951	22,33450792
19	0	0	0	-490,4050742	-260,5276957	-750,9327698	11,42449387	21,78688406
20	0	0	0	-387,9316357	-206,0886815	-594,0203172	13,66950128	21,41350262
21	0	0	0	-320,1837338	-170,0976086	-490,2813424	16,34751018	21,16665026
22	0	0	0	-273,4273439	-145,2582765	-418,6856204	18,74995627	20,99628448
23	0	0	0	-238,6148604	-126,7641446	-365,379005	20,83264729	20,86943858
24	0	0	0	-211,2718487	-112,2381696	-323,5100183	22,64439928	20,76980912



Πίνακας Μελέτης 42 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_{p\text{eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{\text{rcm}}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-200,6774098	-106,609874	-307,2872837	23,38799462	20,73120627
2	0	0	0	-180,1941617	-95,72814843	-275,9223102	24,89155522	20,65657166
3	0	0	0	-162,912639	-86,54733948	-249,4599785	26,22765382	20,59360315
4	0	0	0	-148,0844314	-78,66985418	-226,7542856	27,42336517	20,53957376
5	0	0	0	-135,1935688	-71,82158344	-207,0151523	32,57907047	20,49260345
6	0	0	346,0197922	-125,2872873	-66,55887138	154,1736336	31,55115237	20,45650803
7	0,027183541	0,026214575	1632,897797	-132,9053072	-70,60594445	1429,386545	32,33827397	20,48426574
8	0,118199156	0,080393129	3476,520585	-201,8149621	-107,2141986	3167,491424	23,30703926	20,73535116
9	0,209845982	0,128061824	5196,256268	-413,6879352	-219,7717156	4562,796617	12,90068258	21,50735059
10	0,299416609	0,164566985	6574,5628	-965,086514	-512,7022106	5096,774075	4,971450367	23,51647607
11	0,366516042	0,184093389	7430,315611	-2563,390918	-1361,801425	3505,123268	2,5	29,34020182
12	0,409157557	0,186886655	7659,891034	-4749,191354	-2523,007907	387,6917744	2,5	37,30458098
13	0,412625762	0,173411975	7259,373189	-4990,95656	-2651,445672	-383,0290426	2,5	38,18549844
14	0,385590689	0,148645214	6306,361937	-4752,099041	-2524,552615	-970,2897188	2,5	37,31517569
15	0,318207383	0,120760716	4929,853107	-4147,024831	-2203,106942	-1420,278666	2,5	35,11047285
16	0,231122091	0,09068961	3268,810348	-3261,3368	-1732,585175	-1725,111627	2,5	31,88330024
17	0,122607459	0,060026881	1482,96117	-2185,55445	-1161,075802	-1863,669082	2,5	27,96348286
18	0,023108846	0,023108846	299,4906459	-1023,367451	-543,6639585	-1267,540764	4,553143832	23,72883373
19	0	0	0	-589,3593998	-313,0971811	-902,4565809	9,455957838	22,14744294
20	0	0	0	-440,5713641	-234,0535372	-674,6249013	12,24471037	21,60530547
21	0	0	0	-354,6777114	-188,4225342	-543,1002457	14,86525619	21,29233563
22	0	0	0	-297,7196995	-158,1635904	-455,8832899	17,44527184	21,08479829
23	0	0	0	-256,9794998	-136,5203593	-393,4998591	19,70269642	20,93635363
24	0	0	0	-225,843262	-119,9792329	-345,8224949	21,6596307	20,82290283



Διάγραμμα 16 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{room}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Πίνακας μελέτης 43: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος – Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	20,7120881	20,44330721	20,45650803	20,7020494	20,43143505
Μέγιστη Τιμή	38,07145464	32,45336555	38,18549844	26,59306818	24,20391381
Διασπορά	6,108501114	4,020893149	6,28557548	1,926322059	1,258451663
Μέση Τιμή	25,1125273	23,27663305	24,93475814	22,40126294	21,59479706

Κατά την 21<sup>η</sup> Μαρτίου, τα αποτελέσματα παρουσιάζουν ανάλογη συμπεριφορά, ανά περίπτωση μελέτης, με τους προηγούμενους μήνες που εξετάστηκαν. Παρατηρείται μια ταυτόχρονη αύξηση όλων των στατιστικών τιμών σε σχέση με τον Φεβρουάριο, η οποία οφείλεται στην αντίστοιχη αύξηση των επιπέδων της ηλιακής ακτινοβολίας.

Συγκεκριμένα, για υαλοπίνακα νότιου προσανατολισμού, η μέγιστη τιμή προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας  $G_{\max}^{nor}$  αυξάνεται από  $0,399 \text{ kW} / \text{m}^2$  τον Φεβρουάριο σε  $0,412 \text{ kW} / \text{m}^2$  τον Μάρτιο (ποσοστό αύξησης 3,1%), ενώ για τον υαλοπίνακα βόρειου προσανατολισμού η αντίστοιχη μέγιστη τιμή ακτινοβολίας  $G_{\max}^{bor}$  αυξάνεται από  $0,153 \text{ kW} / \text{m}^2$  σε  $0,186 \text{ kW} / \text{m}^2$  (ποσοστό αύξησης 21%).

Σχετικά με τις διαφορές της μέσης  $T_{pcm}$  μεταξύ των δύο μηνών, για τις περιπτώσεις μονωμένης τοιχοποιίας (ΜΣΜ) ισχύουν τα εξής: η μέση θερμοκρασία που αναπτύσσει το ΥΑΦ κατά τη νότια ηλιακή φόρτιση είναι για την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου  $T_{pcm_{aver}}^{norYal} \approx 24,58^\circ \text{C}$  και για την 21<sup>η</sup> Μαρτίου  $T_{pcm_{aver}}^{norYal} \approx 25,11^\circ \text{C}$  (αύξηση 2,1%), ενώ για τη βόρεια ηλιακή φόρτιση οι αντίστοιχες τιμές είναι  $T_{pcm_{aver}}^{borYal} \approx 21,74^\circ \text{C}$  για τον Φεβρουάριο και  $T_{pcm_{aver}}^{borYal} \approx 22,4^\circ \text{C}$  για τον Μάρτιο (αύξηση 3%).

Οι μέγιστες θερμοκρασίες που αναπτύσσει το ΥΑΦ αυξάνονται από τον Φεβρουάριο στον Μάρτιο κατά 2,7% για φόρτιση από υαλοπίνακα νότιου προσανατολισμού και κατά 9,6% για φόρτιση από υαλοπίνακα βόρειου προσανατολισμού αντίστοιχα (περιπτώσεις ΜΣΜ). Όπως παρατηρήθηκε και στον προηγούμενο μήνα μελέτης, η σημαντική αύξηση αφορά και πάλι μόνο στη μέγιστη τιμή της  $T_{pcm}$  και μόνο κατά τον βόρειο προσανατολισμό. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην πολύ μικρή άνοδο των τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας νότιου προσανατολισμού σε σχέση με τον Φεβρουάριο αλλά και στη διατήρηση των σχετικά χαμηλών τιμών της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στον βόρειο προσανατολισμό, παρά τη σημαντική αύξηση των μέγιστων τιμών της (από την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου στην 21<sup>η</sup> Μαρτίου).

Οι καμπύλες  $T_{pcm}(t)$  για τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο παρουσιάζουν ανάλογη συμπεριφορά ανά περίπτωση μελέτης, τόσο ως προς τη μορφή όσο και ως προς τη θέση εμφάνισης των μεγίστων τους πάνω στον ωριαίο άξονα.

Σαν γενικές παρατηρήσεις επί των αποτελεσμάτων της μελέτης της ωριαίας θερμοκρασιακής συμπεριφοράς του στρώματος ΥΑΦ σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων σταθερής θερμοκρασίας, διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, για τους μήνες Νοέμβριο έως και Μάρτιο, μπορούν να σημειωθούν τα ακόλουθα:

Λόγω της κατά πολύ εντονότερης ηλιακής φόρτισης που δέχεται η τοιχοποιία (άρα και το στρώμα του ΥΑΦ) όταν φορτίζεται μέσω νότιου υαλοπίνακα, εξαιτίας των πολύ υψηλότερων τιμών της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο νότιο σε σχέση με το βόρειο προσανατολισμό, αναπτύσσονται σταθερά σημαντικά υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τις περιπτώσεις αποκλειστικά βόρειας φόρτισης.

Όταν η φόρτιση γίνεται από έναν μόνο προσανατολισμό (μία κατεύθυνση), εάν στην ενδιάμεση τοιχοποιία υπάρχει στρώμα μόνωσης (ΜΣΜ), δηλαδή η συναλλαγή θερμότητας λαμβάνει χώρα μεταξύ του στρώματος ΥΑΦ και μίας μόνο κατεύθυνσης (ενός δωματίου), οι θερμοκρασίες του ΥΑΦ είναι υψηλότερες σε σχέση με την περίπτωση μη ύπαρξης μόνωσης (ΧΣΜ), δηλαδή θερμικής συναλλαγής προς 2 κατευθύνσεις (2 δωμάτια), λόγω των αυξημένων θερμικών απωλειών του ΥΑΦ κατά τη δεύτερη περίπτωση. Η διαφορά μεταξύ των δύο περιπτώσεων παρουσιάζεται αρκετά μειωμένη στον βόρειο προσανατολισμό λόγω των γενικά χαμηλών τιμών της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, που δεν επιτρέπει τη σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στο στρώμα του ΥΑΦ.

Οι αυξημένες θερμικές απώλειες του ΥΑΦ στην περίπτωση ενδιάμεσης τοιχοποιίας χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ), δηλαδή κατά τη συναλλαγή θερμότητας προς δύο κατευθύνσεις, εξισορροπείται εν μέρει όταν προστίθεται υαλοπίνακας στο βορινό δωμάτιο, δηλαδή αυξάνεται, έστω και σε μικρό βαθμό, το θερμικό κέρδος του στρώματος ΥΑΦ (θεωρώντας ως αρχική συνθήκη την ύπαρξη υαλοπίνακα στο νότιο μόνο δωμάτιο).

Στην πορεία των υπό μελέτη μηνών, οι καμπύλες της ωριαίας θερμοκρασίας που αναπτύσσει το ΥΑΦ δεν παρουσιάζουν αξιοσημείωτη μορφολογική μεταβολή, φυσικά ανά περίπτωση μελέτης. Η θερμοκρασιακή συμπεριφορά του ΥΑΦ είναι ομαλή από μήνα σε μήνα και ακολουθεί την αντίστοιχη μεταβολή που παρουσιάζει η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία  $G_t$ .

Οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας του ΥΑΦ από μήνα σε μήνα (και ανά περίπτωση μελέτης) φαίνεται να επηρεάζονται περισσότερο από την αντίστοιχη αύξηση της ακτινοβολίας  $G_t$  σε σχέση με τις μέσες τιμές της θερμοκρασίας που αναπτύσσονται σ' αυτό κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η συμπεριφορά αυτή είναι απολύτως αναμενόμενη μιας και οι ιδιαίτερα αυξημένες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας (κατά την πορεία προς τους ανοιξιάτικους μήνες) εμφανίζονται για λίγες μόνον ώρες μέσα στο εικοσιτετράωρο. Συνεπώς, οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας του ΥΑΦ, που αφορούν σε όλη τη διάρκεια της ημέρας, ακολουθούν μεν την αύξηση ή μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας αλλά, προφανώς, σε πολύ μικρότερη κλίμακα (η τοιχοποιία και συνεπώς το στρώμα του ΥΑΦ φορτίζεται ηλιακά περίπου 11 ώρες μέσα στο εικοσιτετράωρο και μάλιστα κάποιες από αυτές τις ώρες η φόρτιση δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική).

#### 4.5.2 Δωμάτια προσανατολισμένα κατά Ανατολή και Δύση

Στην παρούσα υποενότητα μεταβάλλεται η διάταξη των δωματίων έτσι ώστε να μελετηθούν οι δύο εναπομείναντες κύριοι προσανατολισμοί. Θεωρείται πλέον ότι τα δύο δωμάτια είναι διατεταγμένα κατά τον ανατολικό και τον δυτικό προσανατολισμό. Οι πέντε περιπτώσεις μελέτης είναι και πάλι οι εξής:

1. Ενδιάμεση τοιχοποιία με στρώμα μόνωσης (ΜΣΜ) μετά το στρώμα του ΥΑΦ και έναντι υαλοπίνακας στο ανατολικό δωμάτιο
2. Ενδιάμεση τοιχοποιία με στρώμα μόνωσης (ΜΣΜ) μετά το στρώμα του ΥΑΦ και έναντι υαλοπίνακας στο δυτικό δωμάτιο
3. Ενδιάμεση τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) και έναντι υαλοπίνακας στο ανατολικό δωμάτιο
4. Ενδιάμεση τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) και έναντι υαλοπίνακας στο δυτικό δωμάτιο
5. Ενδιάμεση τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) και έναντι υαλοπίνακας στο ανατολικό και στο δυτικό δωμάτιο

Επισημαίνεται ότι στις δύο πρώτες περιπτώσεις το στρώμα της μόνωσης ακολουθεί το στρώμα του ΥΑΦ το οποίο, σε κάθε περίπτωση που υπάρχει ένας μόνος υαλοπίνακας, βρίσκεται πιο κοντά στο δωμάτιο με τον υαλοπίνακα.

Προφανώς, στις περιπτώσεις όπου το στρώμα του ΥΑΦ ακολουθείται από στρώμα μόνωσης, παρατηρείται συναλλαγή θερμικής ενέργειας μεταξύ του ΥΑΦ και ενός μόνο δωματίου (συναλλαγή ως προς μια κατεύθυνση), ενώ στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει στρώμα μόνωσης στην ενδιάμεση τοιχοποιία, η συναλλαγή θερμικής ενέργειας λαμβάνει χώρα μεταξύ του ΥΑΦ και των δύο δωματίων (συναλλαγή ως προς δύο κατευθύνσεις). Στις τρεις τελευταίες περιπτώσεις, αυτές δηλαδή που δεν περιλαμβάνουν ενδιάμεση μόνωση, αναλόγως την ύπαρξη ενός ή δύο υαλοπινάκων, η ηλιακή φόρτιση του στρώματος του ΥΑΦ γίνεται από μία ή δύο κατευθύνσεις αντίστοιχα.

Ακολουθούν για κάθε περίπτωση μελέτης πίνακες με τις προκύπτουσες τιμές των μεγεθών  $Q_{rm1}$ ,  $Q_{rm2}$ ,  $Q_{sun}$ ,  $C_{peff}$  και  $T_{pcm}$  καθώς και τα αντίστοιχα διαγράμματα  $T_{pcm}(t)$  για κάθε έναν εκ των προαναφερθέντων μηνών.

Οι προκύπτουσες ανά περίπτωση μελέτης καμπύλες της ωριαίας μεταβολής της θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ παρουσιάζονται συγκεντρωτικά, σε κοινό διάγραμμα, προς διευκόλυνση των συγκριτικών παρατηρήσεων. Το κάθε διάγραμμα, ανά μήνα μελέτης, ακολουθείται από έναν πίνακα στατιστικών τιμών της  $T_{pcm}$ , προς αρωγή του κριτικού σχολιασμού. Οι συγκριτικές παρατηρήσεις αφορούν αρχικά στις διαφορές μεταξύ των πέντε διαφορετικών περιπτώσεων μελέτης ανά μήνα, έπειτα στην εξέλιξη της θερμοκρασιακής συμπεριφοράς του στρώματος ΥΑΦ ανά περίπτωση κατά τη διάρκεια των πέντε υπό μελέτη μηνών.

Πίνακας Μελέτης 44 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλασόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλασόμενης θερμότητας	$c_{p\text{eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-264,2626265	-264,2626265	19,2739123	20,96289109
2	0	0	-242,8872836	-242,8872836	20,56353844	20,88500596
3	0	0	-224,4730287	-224,4730287	21,75036163	20,81791013
4	0	0	-208,3834414	-208,3834414	22,84482476	20,75928466
5	0	0	-194,1626883	-194,1626883	23,85678369	20,70746864
6	0	0	-181,4744565	-181,4744565	24,79503093	20,66123666
7	0	189,333203	-170,06413	19,26907306	25,66724625	20,61966097
8	0,029218087	1097,78585	-171,234515	926,5513352	25,57654037	20,62392549
9	0,14019331	2206,439391	-227,7119427	1978,727448	21,53652128	20,82971173
10	0,200306596	2555,215072	-370,9497436	2184,265329	14,25153651	21,35162587
11	0,194016717	2115,817509	-609,8908792	1505,92663	9,113227272	22,22225329
12	0,13249833	1660,271812	-867,5104386	792,7613738	5,814861501	23,1609391
13	0,123716456	1474,841358	-1080,055162	394,7861959	4,200586662	23,93538618
14	0,103882519	1181,432977	-1226,575945	-45,14296826	3,501229119	24,46926249
15	0,078437384	845,4702426	-1206,474985	-361,0047422	3,581129485	24,39602082
16	0,052036418	507,9253126	-1049,315678	-541,3903658	4,385442849	23,82338103
17	0,026347117	170,7293208	-856,8539913	-686,1246704	5,918839561	23,12211031
18	0	0	-676,1308826	-676,1308826	8,094871197	22,46361133
19	0	0	-545,913773	-545,913773	11,11618108	21,98914055
20	0	0	-469,3513517	-469,3513517	11,70829478	21,71017082
21	0	0	-406,8554345	-406,8554345	13,09124646	21,48245507
22	0	0	-358,4040331	-358,4040331	14,71987403	21,30591319
23	0	0	-320,4449236	-320,4449236	16,33536092	21,16760196
24	0	0	-289,8625012	-289,8625012	17,85389558	21,05616909

Πίνακας Μελέτης 45 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-290,3802019	-290,3802019	17,82657856	21,05805543
2	0	0	-264,9853183	-264,9853183	19,23196373	20,96552435
3	0	0	-243,5047681	-243,5047681	20,52495726	20,88725589
4	0	0	-225,0089975	-225,0089975	21,7148258	20,81986303
5	0	0	-208,8546004	-208,8546004	22,81201332	20,76100142
6	0	0	-194,5811934	-194,5811934	23,82640462	20,70899355
7	0	103,4346137	-181,8494003	-78,41478656	24,76682732	20,66260284
8	0,015962132	503,9651095	-176,9134042	327,0517053	25,14044788	20,6446176
9	0,061810262	1062,396129	-197,1944632	865,2016657	23,63752886	20,71851549
10	0,102139758	1481,760759	-254,2585006	1227,502258	19,86570939	20,92643915
11	0,126527026	1678,484306	-350,5893618	1327,894944	15,02807013	21,27743895
12	0,13249833	2271,626031	-488,3444742	1783,281557	11,44821906	21,77937587
13	0,218061242	3359,633561	-731,1894977	2628,444063	7,343773146	22,66422785
14	0,300400727	4328,178944	-1289,179872	3038,999072	3,280637676	24,69737179
15	0,367528123	4684,089491	-2733,353867	1950,735624	2,5	29,95949411
16	0,355325194	2473,236577	-3949,835699	-1476,599122	2,5	34,39197678
17	0,026347117	170,7293208	-3029,026142	-2858,296821	2,5	31,03683222
18	0	0	-1246,587706	-1246,587706	3,426197735	24,54217914
19	0	0	-679,3597369	-679,3597369	8,048509004	22,47537627
20	0	0	-547,7670996	-547,7670996	11,11689209	21,9958935
21	0	0	-470,9496693	-470,9496693	11,68353074	21,71599459
22	0	0	-408,1080147	-408,1080147	13,05558749	21,48701909
23	0	0	-359,374703	-359,374703	14,68247537	21,30945001
24	0	0	-321,2158384	-321,2158384	16,29958413	21,17041093

Πίνακας Μελέτης 46 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{r,cm}$ . 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{r,cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-167,1347212	-88,79032065	-255,9250419	25,89552125	20,60898711
2	0	0	0	-151,7271087	-80,60502652	-232,3321353	27,1254105	20,55284655
3	0	0	0	-138,3740677	-73,51122344	-211,8852911	28,2310517	20,5041922
4	0	0	0	-126,6731217	-67,29509591	-193,9682176	31,69267875	20,46155759
5	0	0	0	-117,1315735	-62,22614843	-179,357722	30,73324627	20,42679114
6	0	0	0	-108,0333026	-57,39269201	-165,4259946	29,85104284	20,39363986
7	0	0	189,333203	-99,39374574	-52,80292743	37,13652987	29,04282722	20,36216
8	0,029218087	0	1097,78585	-101,3872155	-53,86195823	942,5366765	29,2267617	20,36942358
9	0,14019331	0	2206,439391	-151,6636859	-80,57133315	1974,204371	27,1305747	20,55261545
10	0,200306596	0	2555,215072	-265,1073739	-140,8382924	2149,269406	19,2248897	20,96596908
11	0,194016717	0	2115,817509	-439,3980767	-233,4302282	1442,989204	12,27021667	21,60103037
12	0,13249833	0	1660,271812	-622,7384332	-330,8297926	706,7035867	8,905435682	22,26906579
13	0,123716456	0	1474,841358	-746,4554231	-396,5544435	331,8314911	7,149916863	22,71985215
14	0,103882519	0	1181,432977	-818,8096367	-434,9926195	-72,36927964	6,310610882	22,98348847
15	0,078437384	0	845,4702426	-800,9311783	-425,4946885	-380,9556242	6,506194099	22,91834491
16	0,052036418	0	507,9253126	-709,6471924	-377,000071	-578,7219508	7,627799588	22,58573437
17	0,026347117	0	170,7293208	-591,3653985	-314,162868	-734,7989457	9,421885832	22,15475218
18	0	0	0	-469,7809839	-249,5711477	-719,3521317	11,70158616	21,71173627
19	0	0	0	-373,9415983	-198,6564741	-572,5980724	14,14466123	21,36252726
20	0	0	0	-310,8306723	-165,1287947	-475,959467	16,79187702	21,13257061
21	0	0	0	-266,6412885	-141,6531845	-408,294473	19,13625087	20,97155819
22	0	0	0	-233,3781008	-123,9821161	-357,3602169	21,16765207	20,85035745
23	0	0	0	-207,0584129	-109,9997819	-317,0581947	22,93734591	20,75445667
24	0	0	0	-185,508623	-98,55145599	-284,060079	24,49310543	20,67593591

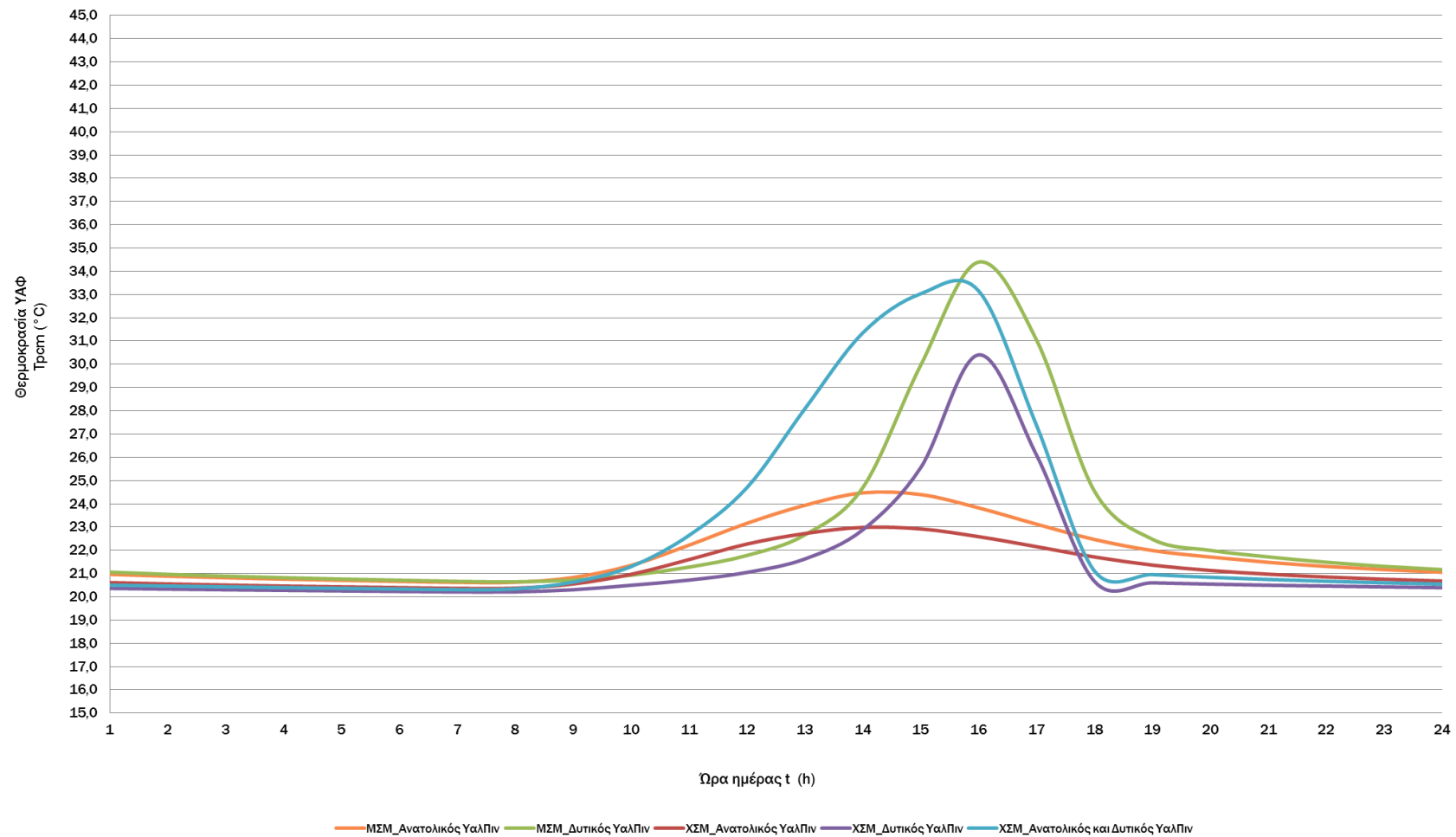


Πίνακας Μελέτης 47 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{reff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rsm}$ . 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rsm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-98,8269639	-52,50182457	-151,3287885	28,99081053	20,36009482
2	0	0	0	-90,68913754	-48,17860432	-138,8677419	28,25759762	20,3304431
3	0	0	0	-83,02764545	-44,10843664	-127,1360821	27,59061072	20,302527
4	0	0	0	-75,84383721	-40,29203852	-116,1358757	26,98574519	20,27635143
5	0	0	0	-69,13450641	-36,72770653	-105,8622129	26,43877908	20,25190471
6	0	0	0	-62,89217541	-33,41146819	-96,30364359	25,94545242	20,22915959
7	0	0	103,4346137	-57,10550574	-30,33729992	15,99180808	25,50153996	20,20807476
8	0	0,015962132	503,9651095	-58,08314443	-30,85667048	415,0252946	25,57563219	20,21163697
9	0	0,061810262	1062,396129	-83,38168161	-44,29651836	934,7179289	27,62093389	20,303817
10	0	0,102139758	1481,760759	-136,1398167	-72,32427763	1273,296664	32,67923462	20,49605129
11	0	0,126527026	1678,484306	-196,8840348	-104,5946435	1377,005628	23,65989128	20,71738439
12	0	0,13249833	2271,626031	-287,6180629	-152,7970959	1831,210873	17,97296749	21,04799106
13	0	0,218061242	3359,633561	-446,4602253	-237,1819947	2675,991341	12,12099647	21,62676265
14	0	0,300400727	4328,178944	-790,6465413	-420,0309751	3117,501428	6,622139376	22,88087089
15	0	0,367528123	4684,089491	-1524,578104	-809,9321178	2349,579269	2,753630851	25,55508997
16	0	0,355325194	2473,236577	-2854,823008	-1516,624723	-1898,211154	2,5	30,40209001
17	0	0,026347117	170,7293208	-1671,095518	-887,7694941	-2388,135691	2,5	26,08895401
18	0	0	0	-181,850309	-96,60797664	-278,4582856	24,76675901	20,66260615
19	0	0	0	-164,3220739	-87,29610178	-251,6181757	26,11636943	20,5987387
20	0	0	0	-149,3018493	-79,31660746	-228,6184568	27,3234802	20,54400965
21	0	0	0	-136,2574978	-72,38679569	-208,6442935	32,69171575	20,49648008
22	0	0	0	-126,3076596	-67,10094415	-193,4086037	31,65528464	20,46022595
23	0	0	0	-116,7824007	-62,04065038	-178,8230511	30,69880087	20,42551886
24	0	0	0	-107,7010738	-57,21619545	-164,9172693	29,81943196	20,39242932

Πίνακας Μελέτης 48 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rsm}$ . 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλασσομένης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_{peff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{rsm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-136,6827568	-72,61271454	-209,2954713	32,73686271	20,49802959
2	0	0	0	-126,7156297	-67,31767828	-194,033308	31,69703151	20,46171247
3	0	0	0	-117,1721904	-62,24772614	-179,4199165	30,73725611	20,42693914
4	0	0	0	-108,0719519	-57,41322442	-165,4851763	29,854723	20,39378069
5	0	0	0	-99,43036952	-52,82238381	-152,2527533	29,04619264	20,36229344
6	0	0	0	-91,25846728	-48,48106074	-139,739528	28,30806413	20,33251756
7	0	0	292,7678168	-83,5626221	-44,39264299	164,8125517	27,63645007	20,30447629
8	0,029218087	0,015962132	1601,75096	-92,85988791	-49,33181545	1459,559256	28,4506866	20,33835264
9	0,14019331	0,061810262	3268,835519	-172,8389305	-91,82068181	3004,175907	25,45265761	20,62977148
10	0,200306596	0,102139758	4036,975831	-356,8480912	-189,5755484	3490,552191	14,78022941	21,30024382
11	0,194016717	0,126527026	3794,301816	-725,0280817	-385,1711684	2684,102566	7,423745149	22,64177756
12	0,13249833	0,13249833	3931,897844	-1288,695943	-684,61972	1958,58218	3,282188341	24,6956085
13	0,123716456	0,218061242	4834,474919	-2219,0013	-1178,84444	1436,629178	2,5	28,08535282
14	0,103882519	0,300400727	5509,611921	-3114,885537	-1654,782941	739,943443	2,5	31,34967724
15	0,078437384	0,367528123	5529,559733	-3576,315443	-1899,917579	53,32671167	2,5	33,03098477
16	0,052036418	0,355325194	2981,16189	-3609,570065	-1917,584097	-2545,992272	2,5	33,1521543
17	0,026347117	0,026347117	341,4586416	-2021,885241	-1074,126534	-2754,553134	2,5	27,36712301
18	0	0	0	-304,141533	-161,5751894	-465,7167224	17,12078838	21,10819746
19	0	0	0	-261,7337768	-139,0460689	-400,7798458	19,42155029	20,95367674
20	0	0	0	-229,5624331	-121,9550426	-351,5174756	21,41532268	20,83645434
21	0	0	0	-203,9724782	-108,3603791	-312,3328573	23,15423278	20,74321248
22	0	0	0	-182,9427094	-97,18831434	-280,1310237	24,68475381	20,66658652
23	0	0	0	-165,2505994	-87,78938094	-253,0399804	26,0432808	20,60212195
24	0	0	0	-150,1031095	-79,74227692	-229,8453864	27,25790699	20,5469292



Διάγραμμα 17 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Πίνακας μελέτης 49: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή - Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	20,6446176	20,20807476	20,30447629	20,61966097	20,36216
Μέγιστη Τιμή	34,39197678	30,40209001	33,1521543	24,46926249	22,98348847
Διασπορά	3,680129395	2,474844532	4,268598349	1,285384692	0,893972912
Μέση Τιμή	22,86066291	21,45288385	22,95116558	21,85513068	21,24539972

Η συγκεκριμένη ενότητα αφορά σε δύο δωμάτια διατεταγμένα κατά Ανατολή και Δύση αντίστοιχα. Η ημερομηνία μελέτης είναι η 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ο υαλοπίνακας δυτικού προσανατολισμού δέχεται αρκετά υψηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις απογευματινές ώρες με μέγιστη τιμή στις 15:00,  $Gt_{\max}^{\delta\sigma} \approx 0,368k W/m^2$ , ενώ κατά τις πρωινές ώρες οι τιμές της ακτινοβολίας είναι πολύ χαμηλές. Αντιθέτως, στον υαλοπίνακα ανατολικού προσανατολισμού προσπίπτουν υψηλότερες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις πρωινές ώρες, με εμφάνιση μέγιστου  $Gt_{\max}^{av\sigma} \approx 0,200k W/m^2$  στις 10:00 και πολύ χαμηλές τιμές κατά τις απογευματινές ώρες. Οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ανατολή είναι σημαντικά χαμηλότερες από τις αντίστοιχες στη Δύση, εξαιτίας των φαινομένων που αναπτύχθηκαν στις ενότητες 4.2 και 4.4.

Οι μεγάλες διαφορές στην ηλιακή φόρτιση της τοιχοποιίας ανάλογα με τον προσανατολισμό του υαλοπίνακα αντανακλώνται σαφώς και στην αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στο στρώμα του ΥΑΦ. Έτσι, στις περιπτώσεις όπου το στρώμα του ΥΑΦ ακολουθείται από στρώμα μόνωσης (ΜΣΜ) και συνεπώς συναλλάσσει θερμότητα μόνο με το δωμάτιο εκείνο από του οποίου τον υαλοπίνακα φορτίζεται, παρατηρείται μεγάλη διαφορά στη μέγιστη θερμοκρασία που αναπτύσσει το ΥΑΦ στις περιπτώσεις δυτικής και ανατολικής ηλιακής φόρτισης:  $T_{pcm}_{\max}^{\delta\tau\gamma\alpha\lambda} \approx 34,4^{\circ} C$  ενώ  $T_{pcm}_{\max}^{av\tau\gamma\alpha\lambda} \approx 24,5^{\circ} C$ .

Παρόλα αυτά, στις περιπτώσεις θερμικής συναλλαγής με ένα μόνο δωμάτιο (τοιχοποιία με στρώμα μόνωσης, ΜΣΜ), η μέση τιμή της θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ όταν αυτό φορτίζεται από υαλοπίνακα δυτικού προσανατολισμού είναι μόνο κατά 1°C υψηλότερη σε σχέση με την αντίστοιχα αναπτυσσόμενη θερμοκρασία λόγω φόρτισης από ανατολικό υαλοπίνακα:  $T_{pcm}_{aver}^{\delta\tau\gamma\alpha\lambda} \approx 22,9^{\circ} C$  και  $T_{pcm}_{aver}^{av\tau\gamma\alpha\lambda} \approx 21,9^{\circ} C$ . Το φαινόμενο αυτό είναι απολύτως λογικό αν αναλογιστεί κανείς πως οι σημαντικά υψηλότερες τιμές  $T_{pcm}$  στην πρώτη περίπτωση (δυτική ηλιακή φόρτιση) εμφανίζονται για τρεις μόνον ώρες μέσα στο εικοσιτετράωρο (15:00 έως και 17:00). Η παρατήρηση αυτή αντικατοπτρίζεται και στις τιμές της διασποράς της  $T_{pcm}$ , η οποία λαμβάνει τριπλάσια σχεδόν τιμή στην περίπτωση της ηλιακής φόρτισης από το δυτικό προσανατολισμό σε σχέση με τον ανατολικό.

Στις περιπτώσεις τώρα όπου δεν υπάρχει στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) αμέσως μετά το στρώμα ΥΑΦ, συνεπώς υπάρχει συναλλαγή θερμότητας μεταξύ του ΥΑΦ και δύο δωματίων, παρατηρούνται τα εξής: Όταν υπάρχει υαλοπίνακας σε ένα μόνο δωμάτιο, οι

αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες στο στρώμα του ΥΑΦ είναι μικρότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες περιπτώσεις με στρώμα μόνωσης στην ενδιάμεση τοιχοποιία, με το φαινόμενο να αμβλύνεται στον ανατολικό προσανατολισμό. Παραδείγματος χάρη, για τις μέγιστες τιμές προκύπτει:  $T_{pcm_{ΜΣΜ}}^{\delta\upsilon\tau\acute{\iota}\alpha\lambda} \approx 34,4^{\circ}C$  ενώ  $T_{pcm_{ΧΣΜ}}^{\delta\upsilon\tau\acute{\iota}\alpha\lambda} \approx 30,4^{\circ}C$  και  $T_{pcm_{ΜΣΜ}}^{\alpha\nu\alpha\acute{\chi}\alpha\lambda} \approx 24,5^{\circ}C$  ενώ  $T_{pcm_{ΧΣΜ}}^{\alpha\nu\alpha\acute{\chi}\alpha\lambda} \approx 23,0^{\circ}C$ .

Στην περίπτωση λοιπόν της δυτικής ηλιακής φόρτισης της τοιχοποιίας, η συναλλαγή θερμότητας του στρώματος ΥΑΦ με δύο δωμάτια (μελέτη ΧΣΜ) αντί με ένα δωμάτιο (μελέτη ΜΣΜ) επιφέρει μείωση της μέγιστης τιμής  $T_{pcm}$  κατά  $4^{\circ}C$ , φαινόμενο λογικό αφού αυξάνονται οι θερμικές απώλειες του στρώματος ΥΑΦ. (Η μείωση αυτή εξισορροπείται, εν μέρει μόνο, όταν προστίθεται υαλοπίνακας ανατολικού προσανατολισμού στο δεύτερο δωμάτιο, οπότε η μέγιστη θερμοκρασία του ΥΑΦ ανέρχεται σε  $T_{pcm_{ΧΣΜ}}^{\delta\upsilon\tau\&\alpha\nu\alpha\acute{\chi}\alpha\lambda} \approx 31,2^{\circ}C$ ).

Στην περίπτωση της ανατολικής ηλιακής φόρτισης της ενδιάμεσης τοιχοποιίας, η διαφορά στην αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στο στρώμα του ΥΑΦ με και χωρίς μόνωση μειώνεται στον  $1,5^{\circ}C$ . Το γεγονός αυτό οφείλεται στις εν γένει χαμηλότερες θερμοκρασίες στο στρώμα του ΥΑΦ στην περίπτωση αυτή (λόγω των χαμηλότερων τιμών της αντίστοιχης ηλιακής ακτινοβολίας), που μάλιστα δεν απέχουν ιδιαίτερα από τη σταθερή εσωτερική θερμοκρασία των  $20^{\circ}C$  στα δύο δωμάτια, με αποτέλεσμα να μην αυξάνονται αξιόλογα οι θερμικές απώλειες του ΥΑΦ κατά τη θερμική συναλλαγή με δύο δωμάτια, αντί για ένα.

Για τις αντίστοιχες μέσες τιμές των αναπτυσσόμενων θερμοκρασιών ισχύουν οι ίδιες παρατηρήσεις που έγιναν παραπάνω. Στην περίπτωση της ανατολικής ηλιακής φόρτισης της ενδιάμεσης τοιχοποιίας, η διαφορά  $T_{pcm_{ΜΣΜ}}^{\alpha\nu\alpha\acute{\chi}\alpha\lambda}$  και  $T_{pcm_{ΧΣΜ}}^{\alpha\nu\alpha\acute{\chi}\alpha\lambda}$  είναι μόνο  $0,7^{\circ}C$ . Στην περίπτωση της δυτικής ηλιακής φόρτισης, η διαφορά αυξάνεται στους  $1,4^{\circ}C$ , παραμένει όμως σημαντικά μικρότερη σε σχέση με την αντίστοιχη διαφορά μεταξύ των μέγιστων τιμών ( $4^{\circ}C$ ), αφού οι ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες ΥΑΦ (κατά τη δυτική φόρτιση) αναπτύσσονται για λίγες μόρες ώρες μέσα στο εικοσιτετράωρο.

Στην περίπτωση τώρα όπου η ενδιάμεση τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) φορτίζεται ηλιακά από δύο κατευθύνσεις, η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στο στρώμα του ΥΑΦ είναι  $T_{pcm_{ΧΣΜ}}^{\delta\upsilon\tau\&\alpha\nu\alpha\acute{\chi}\alpha\lambda} \approx 33,2^{\circ}C$  δηλαδή  $2,8^{\circ}C$  υψηλότερη σε σχέση με την περίπτωση ηλιακής φόρτισης μόνο από δυτικό υαλοπίνακα. Το γεγονός αυτό είναι απόλυτα αναμενόμενο αφού αυξάνεται το ποσοστό της προσλαμβανόμενης ηλιακής ακτινοβολίας από το στρώμα του ΥΑΦ, ενώ η συναλλαγή θερμότητας συνεχίζει να γίνεται και με τα δύο δωμάτια (προς δύο κατευθύνσεις).

Η αντίστοιχη αύξηση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας του ΥΑΦ μεταξύ των δύο περιπτώσεων είναι μόνο  $1,5^{\circ}C$  ( $T_{pcm_{ΧΣΜ}}^{\delta\upsilon\tau\&\alpha\nu\alpha\acute{\chi}\alpha\lambda} \approx 23,0^{\circ}C$  ενώ  $T_{pcm_{ΧΣΜ}}^{\delta\upsilon\tau\acute{\iota}\alpha\lambda} \approx 21,5^{\circ}C$ ). Όπως εξηγήθηκε και παραπάνω, αυτό συμβαίνει διότι η συμβολή του ανατολικού υαλοπίνακα στη ηλιακή φόρτιση του στρώματος ΥΑΦ είναι αρκετά χαμηλότερη εξ αιτίας των εν γένει χαμηλότερων τιμών της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στον ανατολικό προσανατολισμό σε σχέση με τον δυτικό. Παρόλα αυτά, κάποιες ώρες του εικοσιτετράωρου (τις μεσημεριανές) όπου οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας δυτικού και ανατολικού

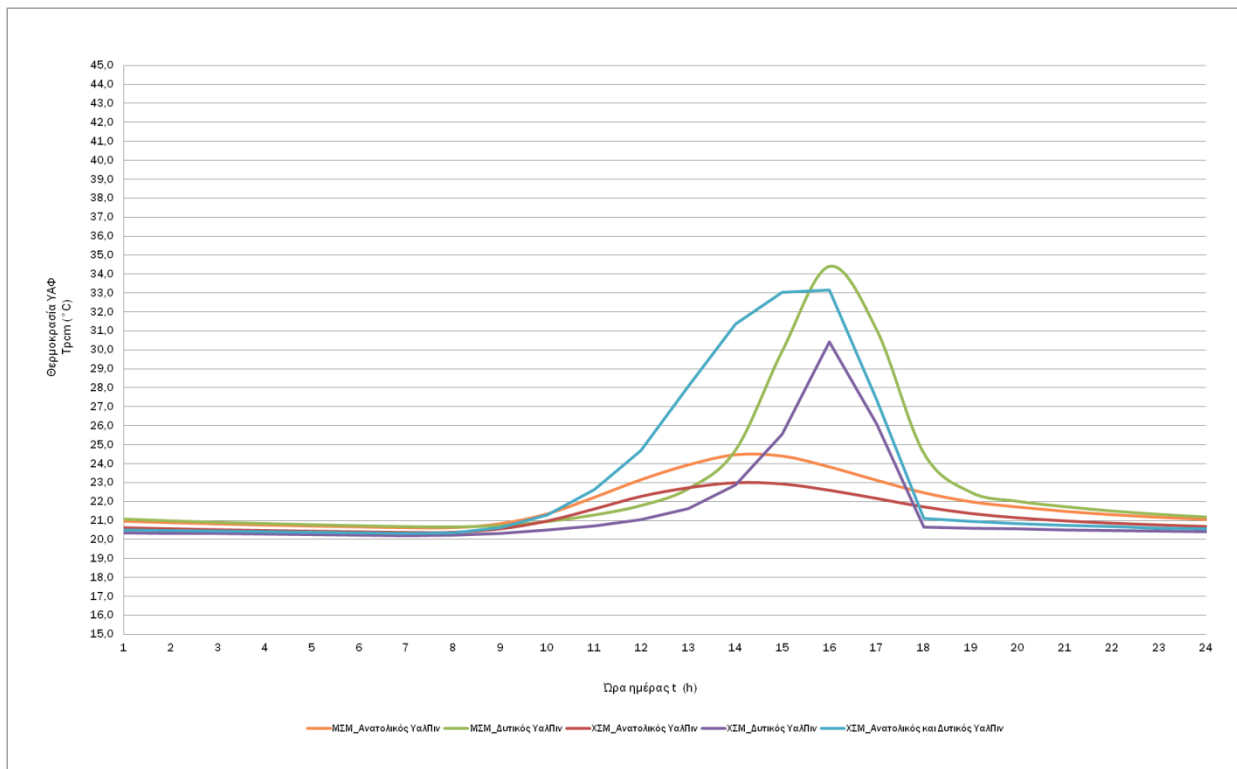
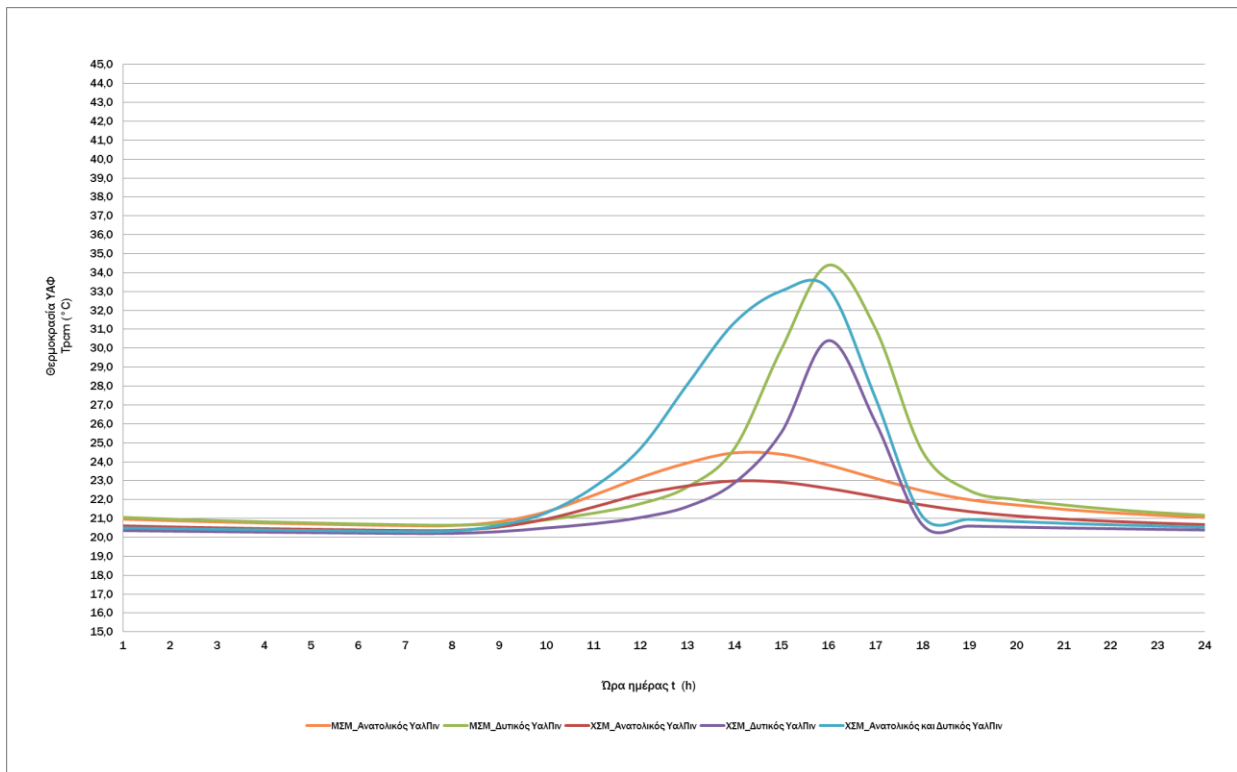
προσανατολισμού έχουν ταυτόχρονα σχετικά υψηλές τιμές, προκύπτει αξιοσημείωτη αύξηση της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας στο στρώμα του ΥΑΦ.

Σημειώνεται επίσης ότι οι καμπύλες που αφορούν στη δυτική ηλιακή φόρτιση έχουν μέγιστα σημαντικά μετατοπισμένα προς τα δεξιά σε σχέση με τα αντίστοιχα της ανατολικής φόρτισης. Αυτό είναι απόλυτα λογικό εξαιτίας του γεγονότος ότι οι μέγιστες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας στο δυτικό προσανατολισμό, που αντικατοπτρίζονται σε μέγιστες αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες στο στρώμα του ΥΑΦ, παρουσιάζονται κατά τις απογευματινές ώρες, σε αντίθεση με τις τιμές της ακτινοβολίας στον ανατολικό προσανατολισμό οι οποίες μεγιστοποιούνται κατά τις πρωινές ώρες, προκαλώντας αντίστοιχα μέγιστες τιμές  $T_{pcm}$  τις ανάλογες χρονικές στιγμές.

Αξίζει επίσης να σχολιασθεί το πλάτος της καμπύλης  $T_{pcm}(t)$  ανά περίπτωση. Στις περιπτώσεις αποκλειστικά δυτικής ηλιακής φόρτισης, η καμπύλη έχει σχετικά μικρό πλάτος καθώς εμφανίζει αρκετά υψηλές τιμές για μικρό χρονικό διάστημα, λόγω των ιδιαίτερα υψηλών τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας κάποιες απογευματινές ώρες, που προκαλούν άμεση αύξηση της θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ. Στις περιπτώσεις αποκλειστικά ανατολικής ηλιακής φόρτισης η καμπύλη  $T_{pcm}(t)$  έχει σημαντικά μεγαλύτερο πλάτος καθώς οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας είναι αρκετά μικρότερες, με αποτέλεσμα να μη μεταφράζονται το ίδιο άμεσα σε αυξανόμενες τιμές  $T_{pcm}$  και φυσικά να μη δίνουν υψηλά μέγιστα. Στην περίπτωση συνδυασμένης (από δύο κατευθύνσεις) ηλιακής φόρτισης, η καμπύλη  $T_{pcm}(t)$  παρουσιάζει συνδυασμένα τα χαρακτηριστικά των σχετικά υψηλών μέγιστων και του μεγάλου πλάτους, λόγω των υψηλών τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας δυτικού προσανατολισμού και των μέγιστων τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας ανατολικού προσανατολισμού κατά τις πρωινές ώρες.

Ως τελευταία παρατήρηση αναφέρεται η ύπαρξη μεγαλύτερης διασποράς τιμών της θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ στις περιπτώσεις της δυτικής ηλιακής φόρτισης σε σχέση με την ανατολική. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται διότι στον ανατολικό προσανατολισμό η ηλιακή ακτινοβολία λαμβάνει εν γένει χαμηλότερες τιμές σε σχέση με το δυτικό, με σημαντικά χαμηλότερα μέγιστα, με αποτέλεσμα να μην προκύπτει μεγάλη διακύμανση στις αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες του ΥΑΦ. Στον δυτικό προσανατολισμό όμως, λίγες ώρες μέσα στο εικοσιτετράωρο (τις απογευματινές) εμφανίζονται ιδιαίτερα υψηλές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας που μεταφράζονται σε υψηλές τιμές της αναπτυσσόμενης  $T_{pcm}$ , με αποτέλεσμα την αύξηση της διασποράς των τιμών.

Θα πρέπει επίσης να διευκρινιστεί ότι η μείωση και επάνοδος της θερμοκρασίας  $T_{pcm}$  που παρατηρείται σε κάποιες καμπύλες κατά τις απογευματινές ώρες δεν αντικατοπτρίζει τα αποτελέσματα της μελέτης, αλλά προκαλείται λόγω του επιλεγμένου τύπου γραφήματος στο Microsoft Excel™. Η συγκεκριμένη παραμόρφωση διορθώνεται αν επιλεγεί διαφορετικός τύπος γραφήματος, όπως φαίνεται παρακάτω. Παρόλα αυτά, κάτι τέτοιο δεν υιοθετείται για λόγους ευχερέστερης ανάγνωσης των γραφικών αποτελεσμάτων. Η παρατήρηση αυτή ισχύει για όλα τα ακόλουθα διαγράμματα.



Εικόνα 74: Παραμόρφωση αποτελεσμάτων λόγω του επιλεγμένου τύπου γραφήματος του Microsoft Excel™.

Στη συνέχεια παρατίθενται αντίστοιχοι πίνακες και διαγράμματα για τις υπόλοιπες ημερομηνίες μελέτης, συνοδευόμενα από συνοπτικές παρατηρήσεις.

Πίνακας Μελέτης 50 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{r,cm}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού	Q <sub>sun</sub> (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p,eff</sub> (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>r,cm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-248,9914399	-248,9914399	20,18561029	20,90724762
2	0	0	-229,7609763	-229,7609763	21,40236112	20,83717777
3	0	0	-213,0245858	-213,0245858	22,52361959	20,77619555
4	0	0	-198,2797898	-198,2797898	23,55950172	20,72247008
5	0	0	-185,1590124	-185,1590124	24,51913768	20,67466204
6	0	0	-173,3860194	-173,3860194	25,41053673	20,6317649
7	0	27,61830196	-162,7483263	-135,1300243	26,24065419	20,59300445
8	0,004262084	582,4336812	-154,720011	427,7136702	26,88266034	20,56375175
9	0,085619657	1604,613925	-179,5243757	1425,08955	24,9421871	20,65413117
10	0,162005948	2129,688891	-268,5991731	1861,089717	19,0238202	20,97869212
11	0,166649745	1856,123005	-421,1156617	1435,007344	12,70448204	21,53441492
12	0,119788991	1504,329179	-597,2095898	907,1195897	9,323349287	22,1760466
13	0,112360574	1317,260591	-748,8936035	568,3669874	7,119514792	22,72873612
14	0,090920382	1007,081057	-873,3524206	133,7286365	5,758899633	23,18222547
15	0,064493362	665,8638025	-909,5543843	-243,6905817	5,42809273	23,3141342
16	0,038263398	350,6811553	-839,5639469	-488,8827916	6,092849074	23,05911075
17	0,015854064	102,7343377	-714,4713665	-611,7370288	7,563114056	22,60331216
18	0	0	-588,3724541	-588,3724541	9,472768177	22,14384682
19	0	0	-491,5396198	-491,5396198	11,41180627	21,79101799
20	0	0	-424,3887937	-424,3887937	12,62164924	21,5463412
21	0	0	-371,9690345	-371,9690345	14,21491718	21,35533985
22	0	0	-331,1737773	-331,1737773	15,84851333	21,20669458
23	0	0	-298,5965114	-298,5965114	17,40046485	21,08799312
24	0	0	-271,843597	-271,843597	18,8392578	20,99051379



Πίνακας Μελέτης 51 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{ eff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-286,8786491	-286,8786491	18,01242325	21,04529686
2	0	0	-262,0488443	-262,0488443	19,40308398	20,95482475
3	0	0	-240,9936765	-240,9936765	20,68234554	20,87810625
4	0	0	-222,8279372	-222,8279372	21,85980598	20,81191592
5	0	0	-206,9362298	-206,9362298	22,94589574	20,75401147
6	0	0	-192,876443	-192,876443	23,95037856	20,70278196
7	0	27,61830196	-180,3215207	-152,7032188	24,88193814	20,65703572
8	0,004262084	330,7009775	-170,7537402	159,9472373	25,61376653	20,62217369
9	0,046772018	859,6018126	-180,4890666	679,112746	24,8692916	20,6576462
10	0,085882583	1273,666402	-223,0612268	1050,605175	21,84425163	20,81276596
11	0,110670874	1493,379925	-298,0419433	1195,337982	17,42878599	21,08597244
12	0,119788991	2017,592481	-404,9648615	1612,62762	13,14568321	21,47556641
13	0,191567874	2947,76269	-596,2134122	2351,549278	9,340069088	22,17241684
14	0,263333776	3763,348332	-988,7238556	2774,624477	4,794603159	23,60260321
15	0,317429855	3895,834766	-1890,91543	2004,919335	2,5	26,88990962
16	0,283779213	1941,62364	-3141,186311	-1199,562671	2,5	31,44550911
17	0,015854064	102,7343377	-2393,137125	-2290,402787	2,5	28,71984978
18	0	0	-964,83831	-964,83831	4,973361172	23,51557169
19	0	0	-662,389583	-662,389583	8,295506242	22,41354229
20	0	0	-537,9043545	-537,9043545	11,12128565	21,95995671
21	0	0	-462,4998509	-462,4998509	11,82044368	21,68520608
22	0	0	-401,5005244	-401,5005244	13,24735495	21,46294344
23	0	0	-354,2502685	-354,2502685	14,88211664	21,29077816
24	0	0	-317,1401189	-317,1401189	16,49012537	21,15556028

Πίνακας Μελέτης 52 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{r,c,m}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

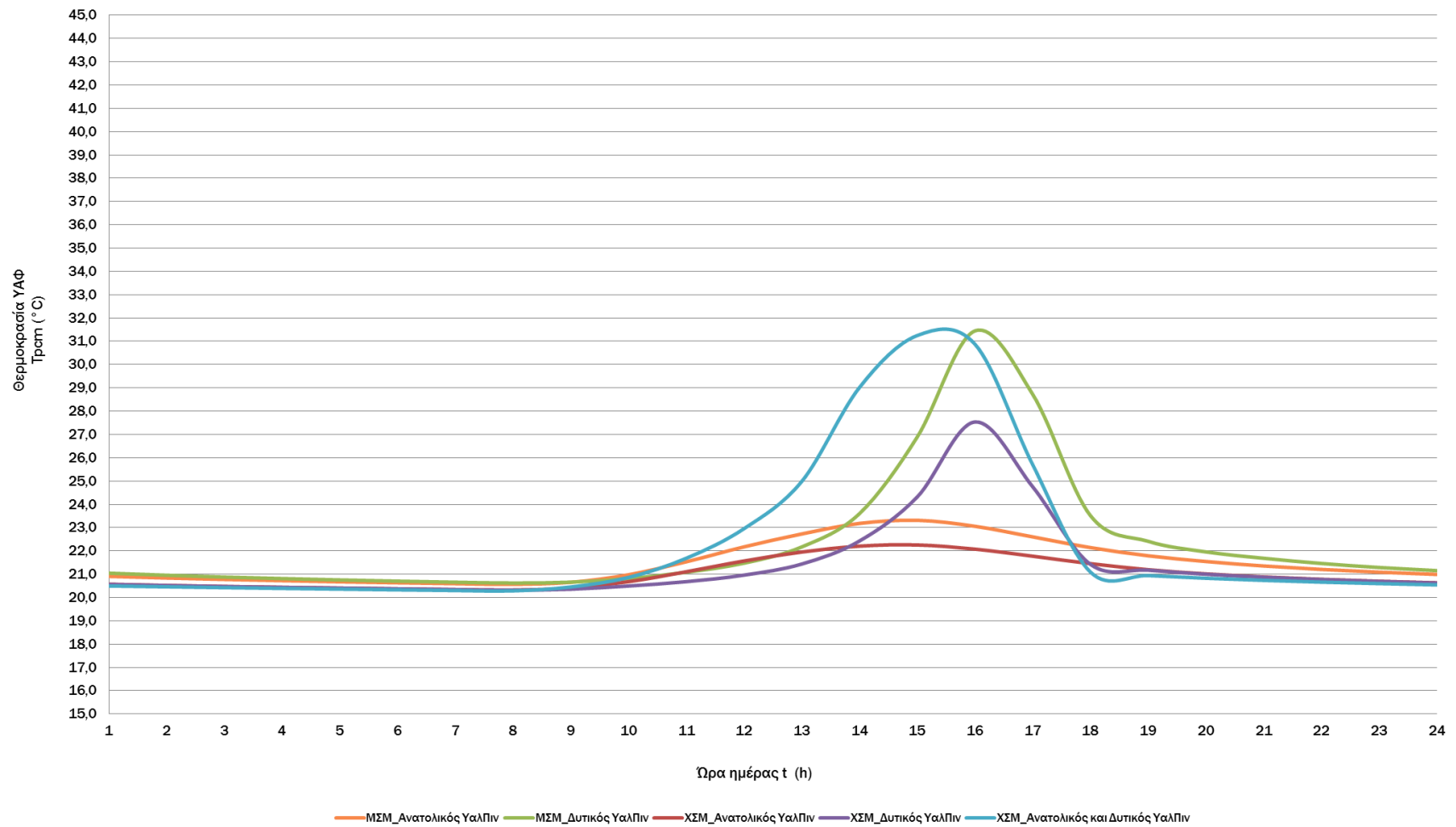
Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qr1 (kJ) θερμότητα συναλασόμενη με το δωμάτιο 1	Qr2 (kJ) θερμότητα συναλασόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλασόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{r,c,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-156,2199443	-82,99184539	-239,2117897	26,76170043	20,56921705
2	0	0	0	-142,2846515	-75,58872112	-217,8733726	27,90343017	20,51844116
3	0	0	0	-130,1117591	-69,12187204	-199,2336312	32,0470392	20,47408691
4	0	0	0	-120,4195682	-63,97289562	-184,3924638	31,05990507	20,43877157
5	0	0	0	-111,1642733	-59,05602017	-170,2202934	30,15103616	20,40504815
6	0	0	0	-102,3627809	-54,38022737	-156,7430083	29,31733341	20,37297824
7	0	0	27,61830196	-94,02767867	-49,9522043	-116,361581	28,55531272	20,34260771
8	0,004262084	0	582,4336812	-87,67480947	-46,57724253	448,1816292	27,99248173	20,31945983
9	0,085619657	0	1604,613925	-112,6356881	-59,83770931	1432,140528	30,29332349	20,41040953
10	0,162005948	0	2129,688891	-186,3388184	-98,99249727	1844,357575	24,43138991	20,67896089
11	0,166649745	0	1856,123005	-304,0300669	-161,515973	1390,576965	17,12634774	21,10779131
12	0,119788991	0	1504,329179	-430,6136819	-228,7635185	844,951979	12,47023702	21,56902276
13	0,112360574	0	1317,260591	-536,2478801	-284,8816863	496,1310245	11,1239988	21,95392103
14	0,090920382	0	1007,081057	-605,7795522	-321,8203871	79,48111781	9,180799401	22,20727289
15	0,064493362	0	665,8638025	-619,2763484	-328,9905601	-282,4031059	8,960931158	22,25645103
16	0,038263398	0	350,6811553	-570,1444495	-302,8892388	-522,3525331	9,788864901	22,07742962
17	0,015854064	0	102,7343377	-486,9530192	-258,6937914	-642,9124729	11,46473713	21,77430584
18	0	0	0	-399,528154	-212,2493318	-611,7774858	13,30635033	21,45575673
19	0	0	0	-327,8508341	-174,1707556	-502,0215898	15,99675238	21,1945868
20	0	0	0	-278,9250502	-148,1789329	-427,1039831	18,44399142	21,01631641
21	0	0	0	-242,8234933	-128,9999808	-371,8234741	20,56752864	20,88477353
22	0	0	0	-214,6395397	-114,0272555	-328,6667952	22,41289744	20,78207994
23	0	0	0	-191,7780226	-101,8820745	-293,6600971	24,03057731	20,69877966
24	0	0	0	-172,7265761	-91,76099358	-264,4875697	25,46131554	20,6293621

Πίνακας Μελέτης 53 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{r,c,m}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{r,c,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-154,6438375	-82,15453868	-236,7983762	26,88881567	20,5634742
2	0	0	0	-140,9143519	-74,86074944	-215,7751013	28,01787102	20,51344821
3	0	0	0	-128,907935	-68,48234047	-197,3902755	31,92246398	20,46970055
4	0	0	0	-119,2679453	-63,36109596	-182,6290413	30,9450188	20,43457542
5	0	0	0	-110,0671301	-58,47316287	-168,540293	30,04548393	20,4010505
6	0	0	0	-101,3218895	-53,8272538	-155,1491433	29,22070991	20,36918555
7	0	0	27,61830196	-93,04426275	-49,42976458	-114,8557254	28,46717042	20,33902445
8	0	0,004262084	330,7009775	-86,75419144	-46,0881642	197,8586219	27,91220918	20,31610538
9	0	0,046772018	859,6018126	-97,80535457	-51,95909462	709,8373634	28,89736428	20,35637239
10	0	0,085882583	1273,666402	-136,1008633	-72,30358365	1065,261955	32,67510445	20,49590935
11	0	0,110670874	1493,379925	-186,9269477	-99,30494098	1207,148037	24,38775557	20,68110385
12	0	0,119788991	2017,592481	-264,0947123	-140,3003159	1613,197453	19,28367434	20,96227926
13	0	0,191567874	2947,76269	-394,5149419	-209,5860629	2343,661686	13,45992522	21,43749014
14	0	0,263333776	3763,348332	-665,9709723	-353,7970791	2743,580281	8,242692437	22,42659176
15	0	0,317429855	3895,834766	-1184,885463	-629,4704023	2081,4789	3,67223225	24,3173553
16	0	0,283779213	1941,62364	-2068,553392	-1098,91899	-1225,848742	2,5	27,53716728
17	0	0,015854064	102,7343377	-1304,112171	-692,8095906	-1894,187424	3,233905883	24,75178046
18	0	0	0	-390,9607619	-207,6979048	-598,6586667	13,57195618	21,42453981
19	0	0	0	-322,1931337	-171,1651023	-493,3582359	16,25440645	21,17397189
20	0	0	0	-274,8738144	-146,0267139	-420,9005283	18,66884898	21,00155496
21	0	0	0	-239,7251239	-127,3539721	-367,079096	20,76235125	20,87348403
22	0	0	0	-212,1618792	-112,7109983	-324,8728775	22,58298851	20,77305211
23	0	0	0	-189,734462	-100,7964329	-290,5308949	24,18044808	20,69133356
24	0	0	0	-171,002848	-90,84526301	-261,848111	25,59447226	20,62308136

Πίνακας Μελέτης 54 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rct}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rctm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-162,242108	-86,19111987	-248,4332278	26,28074114	20,59115994
2	0	0	0	-147,5047615	-78,36190454	-225,866666	27,47103293	20,53746162
3	0	0	0	-134,6866403	-71,55227766	-206,238918	32,5255519	20,49075636
4	0	0	0	-124,8012649	-66,30067196	-191,1019368	31,50169321	20,45473712
5	0	0	0	-115,34372	-61,27635123	-176,6200712	30,55737235	20,42027676
6	0	0	0	-106,3327556	-56,48927643	-162,8220321	29,68968739	20,3874436
7	0	0	55,23660391	-97,78297904	-51,94720762	-94,49358275	28,8953221	20,35629086
8	0,004262084	0,004262084	938,0177229	-92,68471884	-49,23875689	796,0942472	28,43503794	20,33771438
9	0,089459636	0,046772018	2858,838131	-136,3320702	-72,42641229	2650,079649	32,69962758	20,4967518
10	0,219064487	0,085882583	4722,522063	-262,6786068	-139,5480099	4320,295446	19,36623479	20,95711941
11	0,313166325	0,110670874	5979,865499	-610,4673135	-324,3107603	5045,087426	9,103795193	22,22435364
12	0,37919256	0,119788991	6546,249096	-1474,426921	-783,2893019	4288,532873	2,833466873	25,37235461
13	0,398881501	0,112360574	6445,84589	-3834,023865	-2036,825178	574,9968465	2,5	33,96999436
14	0,392566847	0,090920382	5769,873009	-4192,592811	-2227,314931	-650,0347336	2,5	35,27650844
15	0,342431911	0,064493362	4326,088387	-3787,230119	-2011,966001	-1473,107734	2,5	33,79949246
16	0,222417562	0,038263398	1894,681295	-2868,597798	-1523,94258	-2497,859082	2,5	30,45228107
17	0,015854064	0,015854064	205,4686753	-1310,928908	-696,4309822	-1801,891215	3,213279137	24,77661853
18	0	0	0	-436,6956288	-231,9945528	-668,6901815	12,33004989	21,59118349
19	0	0	0	-352,146851	-187,0780146	-539,2248656	14,96563682	21,28311395
20	0	0	0	-295,9745868	-157,2364992	-453,211086	17,53492454	21,07843964
21	0	0	0	-255,6802655	-135,8301411	-391,5104066	19,78034133	20,93161962
22	0	0	0	-224,8230489	-119,4372447	-344,2602936	21,72714784	20,81918549
23	0	0	0	-200,1210876	-106,3143278	-306,4354154	23,42768355	20,7291792
24	0	0	0	-179,7292282	-95,48115248	-275,2103807	24,9266916	20,65487759



Διάγραμμα 18 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Τροπm. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Πίνακας μελέτης 55: Στατιστικές τιμές ανά περίπτωση μελέτης, 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή - Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	2β0,62217369	20,31610538	20,28693133	20,56375175	20,31945983
Μέγιστη Τιμή	31,44550911	27,53716728	31,246242	23,3141342	22,25645103
Διασπορά	2,77945514	1,753167684	3,424807347	0,904463	0,648678223
Μέση Τιμή	22,3654977	21,37223466	22,34274667	21,50245104	21,00574295

Συνεχίζοντας τη μελέτη που αφορά σε δύο δωμάτια διατεταγμένα κατά Ανατολή και Δύση και για ημερομηνία μελέτης την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου, παρατηρείται στις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο ΥΑΦ μια παρόμοια συμπεριφορά σε επίπεδο μέγιστων, ελάχιστων και μέσων τιμών σε σχέση με τον Νοέμβριο. Παρατηρείται και εδώ, όπως και στην περίπτωση δωμάτων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, μια ταυτόχρονη μικρή μείωση όλων των στατιστικών τιμών της  $T_{pcm}$  για τον μήνα Δεκέμβριο, η οποία οφείλεται στην αντίστοιχη μείωση των επιπέδων της ακτινοβολίας κατά τον υπό μελέτη μήνα.

Ο υαλοπίνακας δυτικού προσανατολισμού δέχεται και τον Δεκέμβριο αρκετά υψηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις απογευματινές ώρες, με μέγιστη τιμή στις 15:00,  $G_{max}^{\delta\sigma} \approx 0,317kW/m^2$  (μείωση κατά 13% σε σχέση με τον Νοέμβριο), ενώ κατά τις πρωινές ώρες οι τιμές της ακτινοβολίας είναι πολύ χαμηλές. Αντιθέτως, στον υαλοπίνακα ανατολικού προσανατολισμού προσπίπτουν υψηλότερες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις πρωινές ώρες, με εμφάνιση μέγιστου  $G_{max}^{avar} \approx 0,166kW/m^2$  (μείωση κατά 17% σε σχέση με τον Νοέμβριο) στις 10:00 και πολύ χαμηλές τιμές κατά τις απογευματινές ώρες.

Η μειωμένη ηλιακή φόρτιση αντανακλάται και στη θερμοκρασία που αναπτύσσεται, ανά περίπτωση, στο ΥΑΦ το μήνα Δεκέμβριο. Ενδεικτικά αναφέρεται, για την περίπτωση όπου η ενδιάμεση τοιχοποιία διαθέτει στρώμα μόνωσης (ΜΣΜ), πως η μέση θερμοκρασία που αναπτύσσει το ΥΑΦ στις περιπτώσεις δυτικού και ανατολικού υαλοπίνακα είναι για την 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου  $T_{pcm}_{aver}^{\delta\tau\gamma\alpha\lambda} \approx 22,86^\circ C$  και  $T_{pcm}_{aver}^{avar\gamma\alpha\lambda} \approx 21,85^\circ C$ , ενώ για την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου είναι αντίστοιχα  $T_{pcm}_{aver}^{\delta\tau\gamma\alpha\lambda} \approx 22,36^\circ C$  (μείωση 2,1%) και  $T_{pcm}_{aver}^{avar\gamma\alpha\lambda} \approx 21,5^\circ C$  (μείωση 1,6%). Οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας του ΥΑΦ μειώνονται αντίστοιχα κατά 8,5% και 4,7% για τη δυτική και την ανατολική φόρτιση.

Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι, ενώ η μείωση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας είναι σημαντική μεταξύ των δύο διαδοχικών μηνών, η μείωση της θερμοκρασίας του ΥΑΦ δεν είναι ανάλογα υψηλή, κυρίως όσον αφορά στις μέσες της τιμές. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι η ηλιακή φόρτιση λαμβάνει χώρα για ένα μέρος μόνο του εικοσιτετραώρου και οι μέγιστες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας εμφανίζονται για πολύ λίγες ώρες μέσα στην ημέρα.

Αντίστοιχες μεταβολές παρατηρούνται και στις περιπτώσεις μελέτης όπου δεν υπάρχει μόνωση (ΧΣΜ) αμέσως μετά το στρώμα ΥΑΦ και συνεπώς η θερμική συναλλαγή λαμβάνει χώρα προς δυο κατευθύνσεις (μεταξύ του ΥΑΦ και των δύο δωμάτων). Όπως και για την 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου, όταν υπάρχει υαλοπίνακας σε ένα μόνο δωμάτιο (ηλιακή φόρτιση από μία

κατεύθυνση), οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες στο ΥΑΦ είναι μικρότερες στις περιπτώσεις ΧΣΜ σε σχέση με τις αντίστοιχες περιπτώσεις με στρώμα μόνωσης στην ενδιάμεση τοιχοποιία (ΜΣΜ), με το φαινόμενο να αμβλύνεται σημαντικά στον ανατολικό προσανατολισμό (λόγω της ούτως ή άλλως μειωμένης προσπίπτουσας ακτινοβολίας).

Στις περιπτώσεις θερμικής συναλλαγής προς μία κατεύθυνση (με ένα μόνο δωμάτιο), η μέση τιμή της θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ όταν αυτό φορτίζεται δυτικά είναι μόνο κατά  $0,8^{\circ}\text{C}$  υψηλότερη σε σχέση με την αντίστοιχα αναπτυσσόμενη θερμοκρασία λόγω ανατολικής φόρτισης:  $T_{pcm_{aver}}^{\delta\tau\gamma\omega\lambda} \approx 22,36^{\circ}\text{C}$  και  $T_{pcm_{aver}}^{\gamma\nu\alpha\tau\gamma\omega\lambda} \approx 21,5^{\circ}\text{C}$  αντίστοιχα. Όπως αναφέρθηκε και στο σχολιασμό της προηγούμενης ημερομηνίας μελέτης, το φαινόμενο αυτό είναι απολύτως λογικό αφού οι σημαντικά υψηλότερες τιμές  $T_{pcm}$  στην πρώτη περίπτωση (δυτική ηλιακή φόρτιση) εμφανίζονται για τρεις μόνον ώρες μέσα στο εικοσιτετράωρο (15:00 έως και 17:00). Η παρατήρηση αυτή αντικατοπτρίζεται και στις τιμές της διασποράς της  $T_{pcm}$ , η οποία λαμβάνει τριπλάσια σχεδόν τιμή στην περίπτωση της ηλιακής φόρτισης από το δυτικό προσανατολισμό σε σχέση με την περίπτωση ανατολικής ηλιακής φόρτισης.

Όσον αφορά στις καμπύλες  $T_{pcm}(t)$  που παρουσιάζονται στο διάγραμμα της 21<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου, τόσο η μορφή τους όσο η θέση τους πάνω στον ωριαίο άξονα δεν παρουσιάζουν αξιόλογες διαφορές σε σχέση με το Νοέμβριο. Οι καμπύλες που αφορούν στη δυτική ηλιακή φόρτιση έχουν μέγιστα σημαντικά μετατοπισμένα προς τα δεξιά σε σχέση με τις καμπύλες της ανατολικής φόρτισης (λόγω των αντίστοιχων ωρών εμφάνισης των μέγιστων της ηλιακής ακτινοβολίας ανά προσανατολισμό), ενώ και το πλάτος των καμπυλών ανά περίπτωση μελέτης ακολουθεί το ίδιο μοτίβο με αυτό που παρατηρήθηκε και αναλύθηκε για τον προηγούμενο μήνα.

Πίνακας Μελέτης 56 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{p,cm}$ . 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού	Q <sub>sun</sub> (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p,eff</sub> (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>p,cm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-254,1504396	-254,1504396	19,87221489	20,92604541
2	0	0	-234,2119704	-234,2119704	21,1139279	20,85339581
3	0	0	-216,9182962	-216,9182962	22,25758309	20,79038302
4	0	0	-201,7245313	-201,7245313	23,31346508	20,73502165
5	0	0	-188,2349301	-188,2349301	24,29097082	20,68586973
6	0	0	-176,153939	-176,153939	25,19838188	20,64185034
7	0	86,07959491	-165,255434	-79,1758391	26,04290072	20,60213957
8	0,013283888	767,1591439	-160,5157374	606,6434065	26,41784979	20,58486959
9	0,105104869	1796,656764	-196,3157547	1600,34101	23,70088031	20,71531375
10	0,172156978	2238,863352	-301,5834897	1937,279862	17,24901848	21,09887674
11	0,173346626	1947,03036	-476,6790755	1470,351285	11,5991064	21,73687077
12	0,127121022	1595,859792	-674,3049452	921,5548469	8,121220312	22,45695818
13	0,119153637	1394,470211	-851,2128001	543,257411	5,974885764	23,10155556
14	0,096042383	1067,664126	-992,9628675	74,70125855	4,763944069	23,61804886
15	0,068720599	715,8202123	-1017,408906	-301,5886934	4,593217177	23,70712264
16	0,041745483	385,6562484	-915,0453657	-529,3891174	5,380261448	23,33414164
17	0,01776937	115,1455192	-761,647665	-646,5021458	6,962957661	22,77520797
18	0	0	-616,8960435	-616,8960435	8,999299163	22,24777794
19	0	0	-510,0273459	-510,0273459	11,24261153	21,85838153
20	0	0	-439,3022609	-439,3022609	12,27231221	21,60068125
21	0	0	-383,4958279	-383,4958279	13,81577266	21,39733991
22	0	0	-340,2212653	-340,2212653	15,45648371	21,23966082
23	0	0	-305,9051613	-305,9051613	17,03316986	21,11462357
24	0	0	-277,9064174	-277,9064174	18,50020928	21,01260483



Πίνακας Μελέτης 57 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>ο</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού	Q <sub>sun</sub> (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-289,9200678	-289,9200678	17,85085528	21,05637885
2	0	0	-264,5999064	-264,5999064	19,25432147	20,96412003
3	0	0	-243,1755054	-243,1755054	20,54552017	20,88605615
4	0	0	-224,7232309	-224,7232309	21,73376531	20,81882179
5	0	0	-208,6034098	-208,6034098	22,82950047	20,76008616
6	0	0	-194,3580896	-194,3580896	23,8425951	20,70818062
7	0	86,07959491	-181,6495303	-95,56993539	24,7818581	20,66187457
8	0,013283888	448,0845438	-175,6373133	272,4472305	25,23785968	20,63996792
9	0,055864961	969,1135406	-192,4670413	776,6464993	23,98024092	20,70129023
10	0,093689597	1368,862603	-242,9584012	1125,904202	20,55909091	20,88526509
11	0,117554631	1585,498236	-328,3361608	1257,162075	15,97495903	21,19635518
12	0,127121022	2095,303063	-451,0232151	1644,279848	12,03007355	21,64338877
13	0,196228216	3008,027499	-664,1090951	2343,918404	8,270102839	22,41980766
14	0,267973559	3810,337811	-1105,963104	2704,374707	4,055847886	24,02978669
15	0,320041536	4140,643898	-2145,482096	1995,161802	2,5	27,81747163
16	0,31894672	2181,920266	-3389,668163	-1207,747898	2,5	32,35089994
17	0,01776937	115,1455192	-2636,514657	-2521,369137	2,5	29,60664205
18	0	0	-1064,184859	-1064,184859	4,294200412	23,87755971
19	0	0	-677,8339064	-677,8339064	8,070381144	22,46981662
20	0	0	-546,8926619	-546,8926619	11,11646801	21,99270732
21	0	0	-470,1949347	-470,1949347	11,69515856	21,71324458
22	0	0	-407,5163685	-407,5163685	13,07239024	21,48486331
23	0	0	-358,916256	-358,916256	14,70011443	21,30777957
24	0	0	-320,8517994	-320,8517994	16,3164632	21,16908449

Πίνακας Μελέτης 58 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

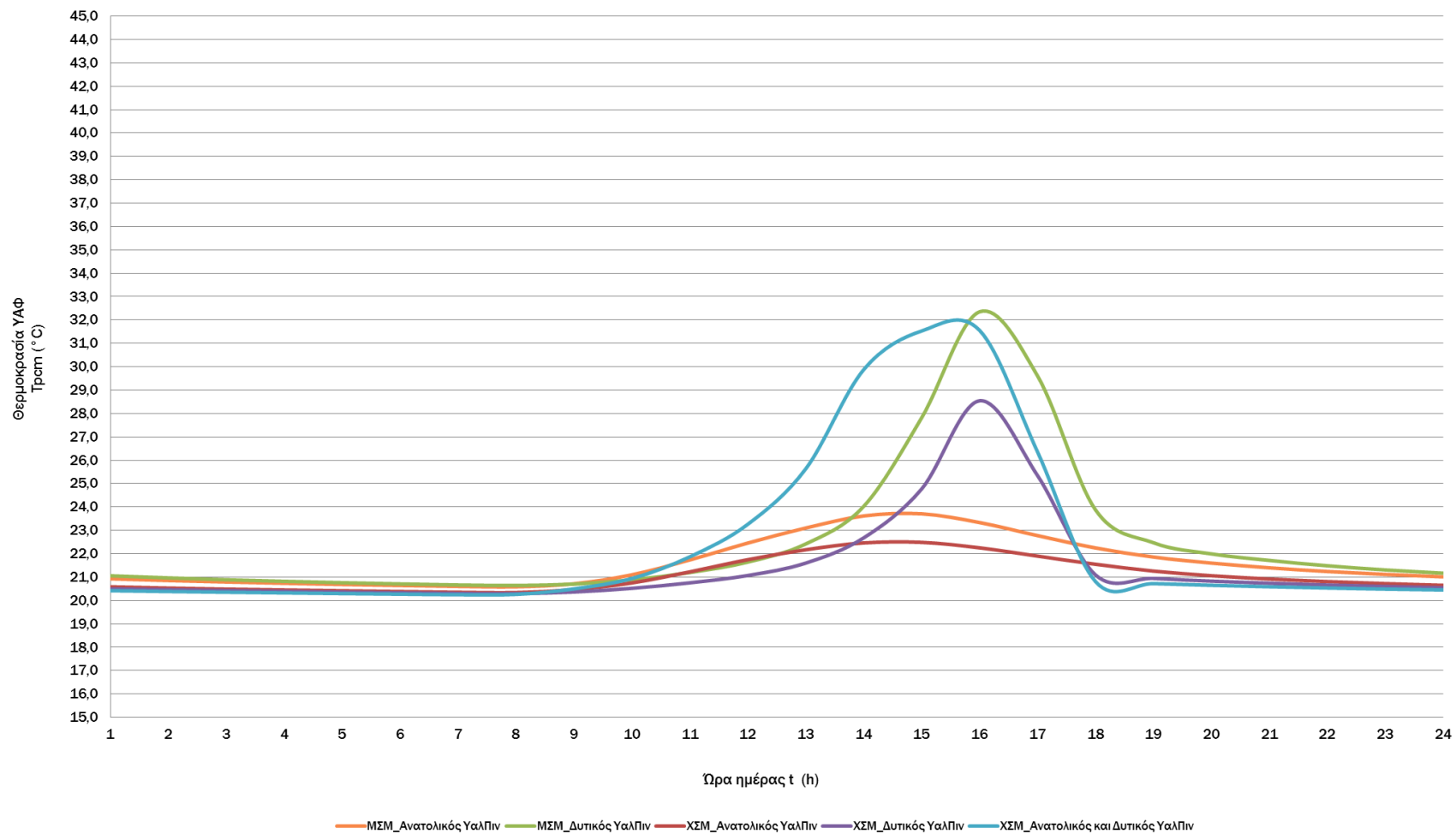
Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-160,4933359	-85,2620847	-245,7554206	26,41963298	20,58478796
2	0	0	0	-145,9914813	-77,55797444	-223,5494557	27,59580175	20,5319477
3	0	0	0	-133,3622237	-70,84868134	-204,210905	32,38619471	20,4859306
4	0	0	0	-123,531936	-65,626341	-189,158277	31,37295136	20,45011208
5	0	0	0	-114,1321667	-60,63271356	-174,7648803	30,43888974	20,41586223
6	0	0	0	-105,1811457	-55,87748364	-161,0586293	29,58105	20,38324749
7	0	0	86,07959491	-96,692906	-51,36810631	-61,9814174	28,79606614	20,35231897
8	0,013283888	0	767,1591439	-93,33726446	-49,58542174	624,2364577	28,49339283	20,34009206
9	0,105104869	0	1796,656764	-127,4920989	-67,73017755	1601,434488	31,77666334	20,46454168
10	0,172156978	0	2238,863352	-206,0605344	-109,4696589	1923,333158	23,00726351	20,75082071
11	0,173346626	0	1947,03036	-336,3882471	-178,7062563	1431,935857	15,6205002	21,22569449
12	0,127121022	0	1595,859792	-479,3026005	-254,6295065	861,9276851	11,56271655	21,74643009
13	0,119153637	0	1394,470211	-595,5165263	-316,3681546	482,5855302	9,35178421	22,1698776
14	0,096042383	0	1067,664126	-675,9667099	-359,1073146	32,59010152	8,097236407	22,46301313
15	0,068720599	0	715,8202123	-682,2414554	-362,4407732	-328,8620163	8,007380271	22,48587636
16	0,041745483	0	385,6562484	-618,2133749	-328,4258554	-560,9829819	8,978043689	22,25257788
17	0,01776937	0	115,1455192	-520,8007618	-276,6754047	-682,3306474	11,17664913	21,89763652
18	0	0	0	-425,624097	-226,1128015	-651,7368985	12,59096407	21,55084226
19	0	0	0	-344,9265105	-183,2422087	-528,1687192	15,25930301	21,25680527
20	0	0	0	-290,964863	-154,5750835	-445,5399465	17,79579502	21,06018576
21	0	0	0	-251,9332522	-133,8395402	-385,7727924	20,00622788	20,91796667
22	0	0	0	-221,8715475	-117,8692596	-339,7408071	21,92369005	20,80843114
23	0	0	0	-197,712418	-105,0347221	-302,74714	23,60026124	20,72040276
24	0	0	0	-177,7133176	-94,41019999	-272,1235176	25,07955751	20,64753224

Πίνακας Μελέτης 59 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{r,c,m}$ . 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{r,c,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-135,8803467	-72,1864342	-208,0667809	32,65173437	20,49510586
2	0	0	0	-125,9458993	-66,90875902	-192,8546584	31,61831997	20,45890781
3	0	0	0	-116,4368179	-61,85705954	-178,2938775	30,66475585	20,42425967
4	0	0	0	-107,372312	-57,04154073	-164,4138527	29,7881928	20,39123142
5	0	0	0	-98,76749829	-52,47023346	-151,2377318	28,98536021	20,35987814
6	0	0	0	-90,63303929	-48,14880212	-138,7818414	28,25263172	20,3302387
7	0	0	86,07959491	-82,97494061	-44,0804372	-40,9757829	27,58610068	20,30233496
8	0	0,013283888	448,0845438	-80,65923065	-42,85021628	324,5750969	27,38899775	20,29389723
9	0	0,055864961	969,1135406	-99,13430845	-52,66510137	817,3141308	29,01900188	20,36121469
10	0	0,093689597	1368,862603	-143,0433299	-75,99176899	1149,827505	27,8402362	20,52120555
11	0	0,117554631	1585,498236	-207,4316357	-110,1980565	1267,868543	22,91124856	20,75581657
12	0	0,127121022	2095,303063	-293,7041969	-156,0303546	1645,568512	17,65250635	21,07016704
13	0	0,196228216	3008,027499	-439,034712	-233,2371908	2335,755596	12,27817371	21,59970638
14	0	0,267973559	3810,337811	-735,6140187	-390,7949474	2683,928845	7,286962193	22,68034943
15	0	0,320041536	4140,643898	-1309,825276	-695,844678	2134,973943	3,216589029	24,77259724
16	0	0,31894672	2181,920266	-2344,596216	-1245,56674	-1408,24269	2,5	28,54298175
17	0	0,01776937	115,1455192	-1466,413838	-779,0323516	-2130,300671	2,84759928	25,34315742
18	0	0	0	-300,1165907	-159,4369388	-459,5535295	17,32316266	21,09353182
19	0	0	0	-258,7589131	-137,4656726	-396,2245857	19,59692211	20,94283726
20	0	0	0	-227,2378559	-120,720111	-347,9579669	21,56768586	20,8279843
21	0	0	0	-202,0859757	-107,3581746	-309,4441503	23,28779175	20,73633865
22	0	0	0	-181,3702005	-96,35291902	-277,7231195	24,80287833	20,66085678
23	0	0	0	-163,9137005	-87,07915339	-250,9928539	26,14857095	20,59725071
24	0	0	0	-148,9492553	-79,1292919	-228,0785473	27,35237776	20,54272491

Πίνακας Μελέτης 60 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-114,2383838	-60,68914142	-174,9275253	30,44925453	20,41624926
2	0	0	0	-105,2820823	-55,93110621	-161,2131885	29,59055145	20,38361527
3	0	0	0	-96,78842506	-51,41885081	-148,2072759	28,80474528	20,35266702
4	0	0	0	-88,76697827	-47,15745721	-135,9244355	28,08813581	20,32343935
5	0	0	0	-81,22262802	-43,14952114	-124,3721492	27,43676152	20,29595008
6	0	0	0	-74,15558863	-39,39515646	-113,5507451	26,84648147	20,27019998
7	0	0	172,1591898	-67,56157509	-35,89208677	68,70552796	26,31305724	20,24617343
8	0,013283888	0,013283888	1215,243688	-71,63226098	-38,05463865	1105,556788	26,6403784	20,26100575
9	0,105104869	0,055864961	2765,770305	-136,3298188	-72,42521623	2557,01527	32,69938868	20,4967436
10	0,172156978	0,093689597	3607,725955	-258,2402617	-137,190139	3212,295554	19,62768481	20,94094746
11	0,173346626	0,117554631	3532,528596	-513,3891277	-272,7379741	2746,401494	11,21944908	21,87063082
12	0,127121022	0,127121022	3691,162855	-895,0166749	-475,4776085	2320,668572	5,557676318	23,2611633
13	0,119153637	0,196228216	4402,49771	-1545,995845	-821,3102924	2035,191573	2,723725954	25,63312958
14	0,096042383	0,267973559	4878,001937	-2710,897085	-1440,164076	726,9407765	2,5	29,87766856
15	0,068720599	0,320041536	4856,46411	-3164,218507	-1680,991082	11,25452069	2,5	31,52943129
16	0,041745483	0,31894672	2567,576514	-3171,236844	-1684,719573	-2288,379904	2,5	31,55500393
17	0,01776937	0,01776937	230,2910384	-1744,199503	-926,6059858	-2440,51445	2,5	26,35532226
18	0	0	0	-222,2908164	-118,0919962	-340,3828126	21,89566078	20,80995882
19	0	0	0	-198,0550483	-105,2167444	-303,2717928	23,57563899	20,7216512
20	0	0	0	-178,0003669	-94,56269493	-272,5630619	25,05773928	20,64857815
21	0	0	0	-161,0424566	-85,55380507	-246,5962617	26,37595225	20,58678879
22	0	0	0	-146,4668861	-77,81053326	-224,2774194	27,5565539	20,53367993
23	0	0	0	-133,7784568	-71,06980517	-204,848262	32,42991862	20,48744722
24	0	0	0	-123,9307832	-65,83822857	-189,7690118	31,41333763	20,45156535



Διάγραμμα 19 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος YAΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Τρστ. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Πίνακας μελέτης 61: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή - Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	20,63996792	20,29389723	20,24617343	20,58486959	20,34009206
Μέγιστη Τιμή	32,35089994	28,54298175	31,55500393	23,70712264	22,48587636
Διασπορά	3,066900365	2,014229285	3,690444442	1,029302502	0,723560954
Μέση Τιμή	22,54839371	21,42102393	22,4295421	21,61811421	21,0817889

Συνεχίζεται για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου η μελέτη της περίπτωσης δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση.

Σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα, παρατηρείται μια πολύ μικρή μεταβολή στα μέγιστα της ακτινοβολίας και αντίστοιχα μικρή είναι η μεταβολή στη μέση και μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στο στρώμα ΥΑΦ. Πιο συγκεκριμένα, ο δυτικός υαλοπίνακας δέχεται τον Ιανουάριο μέγιστη ακτινοβολία  $Gt_{\max}^{\delta\sigma} \approx 0,320 kW/m^2$  (μείωση κατά 0,9% σε σχέση με τον Δεκέμβριο) στις 15:00, ενώ στον ανατολικό υαλοπίνακα η μέγιστη προσπίπτουσα ακτινοβολία  $Gt_{\max}^{aver} \approx 0,173 kW/m^2$  (μείωση κατά 17% σε σχέση με τον Δεκέμβριο) εμφανίζεται στις 11:00 το πρωί.

Αντίστοιχα μικρή είναι, όπως προαναφέρθηκε, και η μεταβολή στην αναπτυσσόμενη θερμοκρασία του στρώματος ΥΑΦ που παρατηρείται, ανά περίπτωση μελέτης, για τον μήνα Ιανουάριο. Ενδεικτικά αναφέρεται, για τις περιπτώσεις που το στρώμα του ΥΑΦ ακολουθείται από στρώμα μόνωσης (ΜΣΜ), πως η μέση  $T_{pcm}$  στις περιπτώσεις αποκλειστικά δυτικής και ανατολικής αντίστοιχα ηλιακής φόρτισης είναι για την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου  $T_{pcm}^{\delta\tau\gamma\alpha\lambda}_{aver} \approx 22,36^\circ C$  και  $T_{pcm}^{aver} \approx 21,5^\circ C$ , ενώ για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου είναι  $T_{pcm}^{\delta\tau\gamma\alpha\lambda}_{aver} \approx 22,54^\circ C$  (μείωση 0,8%) και  $T_{pcm}^{aver} \approx 21,61^\circ C$  (μείωση 0,5%).

Μικρές και απολύτως αναμενόμενες είναι τέλος οι μεταβολές, μεταξύ των δύο διαδοχικών μηνών, στις μέγιστες τιμές της αναπτυσσόμενης  $T_{pcm}$  καθώς και στις καμπύλες της ωριαίας μεταβολής της (ανά περίπτωση μελέτης) και για τον λόγο αυτό δε σχολιάζονται περαιτέρω.

Πίνακας Μελέτης 62 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-268,2956232	-268,2956232	19,04119945	20,97758608
2	0	0	-246,3288378	-246,3288378	20,34951206	20,89754592
3	0	0	-227,4572484	-227,4572484	21,55325809	20,8287837
4	0	0	-211,0046661	-211,0046661	22,66286648	20,76883559
5	0	0	-196,4894187	-196,4894187	23,68834713	20,71594653
6	0	0	-183,5578376	-183,5578376	24,6386856	20,66882785
7	0	627,3668443	-171,9432814	455,4235629	25,52174823	20,62650801
8	0,096815871	1793,040448	-199,7629721	1593,277476	23,45326599	20,72787434
9	0,179887902	2626,118075	-305,6725675	2320,445507	17,04468845	21,11377607
10	0,225377233	2836,78267	-517,9136868	2318,868983	11,19196889	21,88711691
11	0,21239787	2369,007215	-840,9244086	1528,082806	6,078915987	23,06406785
12	0,153189663	1918,445446	-1232,817826	685,6276203	3,477351654	24,49200597
13	0,142866733	1693,86685	-1540,205829	153,6610205	2,731578943	25,61203256
14	0,118532472	1355,719387	-1627,905342	-272,1859543	2,629144299	25,93158239
15	0,090683483	990,9006999	-1466,507208	-475,6065079	2,847432301	25,34349763
16	0,062233292	621,2081997	-1206,106835	-584,898635	3,582636465	24,3946794
17	0,033632171	217,9364683	-951,5849755	-733,6485072	5,077050792	23,46728065
18	0	0	-726,3043979	-726,3043979	7,407096724	22,64642806
19	0	0	-573,4359419	-573,4359419	9,730991365	22,0894228
20	0	0	-481,565661	-481,565661	11,53247131	21,75467598
21	0	0	-416,4657568	-416,4657568	12,8259704	21,51747211
22	0	0	-365,8441081	-365,8441081	14,43820015	21,33302251
23	0	0	-326,3410945	-326,3410945	16,0648583	21,18908578
24	0	0	-294,6715303	-294,6715303	17,60227839	21,0736917

Πίνακας Μελέτης 63 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-287,5163388	-287,5163388	17,97838886	21,0476204
2	0	0	-262,5842319	-262,5842319	19,3717517	20,95677554
3	0	0	-241,451922	-241,451922	20,6535266	20,87977595
4	0	0	-223,226245	-223,226245	21,83325602	20,81336723
5	0	0	-207,2867717	-207,2867717	22,92137466	20,75528873
6	0	0	-193,1881016	-193,1881016	23,92766898	20,70391755
7	0	276,5023858	-180,6009575	95,90142836	24,8608492	20,6580539
8	0,042670121	843,0899209	-186,6148593	656,4750616	24,41090103	20,67996669
9	0,087436348	1372,063835	-228,5406869	1143,523149	21,48215469	20,83273141
10	0,124301898	1752,470539	-311,5285041	1440,942035	16,75809758	21,13511329
11	0,146141086	1939,663254	-445,5791827	1494,084071	12,13904879	21,62355241
12	0,153189663	2491,654613	-637,4626686	1854,191944	8,673476832	22,32271634
13	0,231324938	3524,908028	-970,7422354	2554,165793	4,928215849	23,53708376
14	0,31264235	4444,469069	-1778,733349	2665,735721	2,5	26,48115289
15	0,373232506	5043,502175	-3441,090377	1602,411798	2,5	32,53826655
16	0,405085731	2842,892004	-4440,356918	-1597,464914	2,5	36,17928404
17	0,033632171	217,9364683	-3444,175261	-3226,238793	2,5	32,54950691
18	0	0	-1432,287627	-1432,287627	2,912415744	25,21881208
19	0	0	-665,5900492	-665,5900492	8,248292225	22,4252038
20	0	0	-539,7873375	-539,7873375	11,11889141	21,96681772
21	0	0	-464,1025799	-464,1025799	11,79333856	21,69104592
22	0	0	-402,7511856	-402,7511856	13,21036382	21,46750046
23	0	0	-355,2210262	-355,2210262	14,84387978	21,2943153
24	0	0	-317,9133278	-317,9133278	16,45371326	21,15837761



Πίνακας Μελέτης 64 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rsm}$ . 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

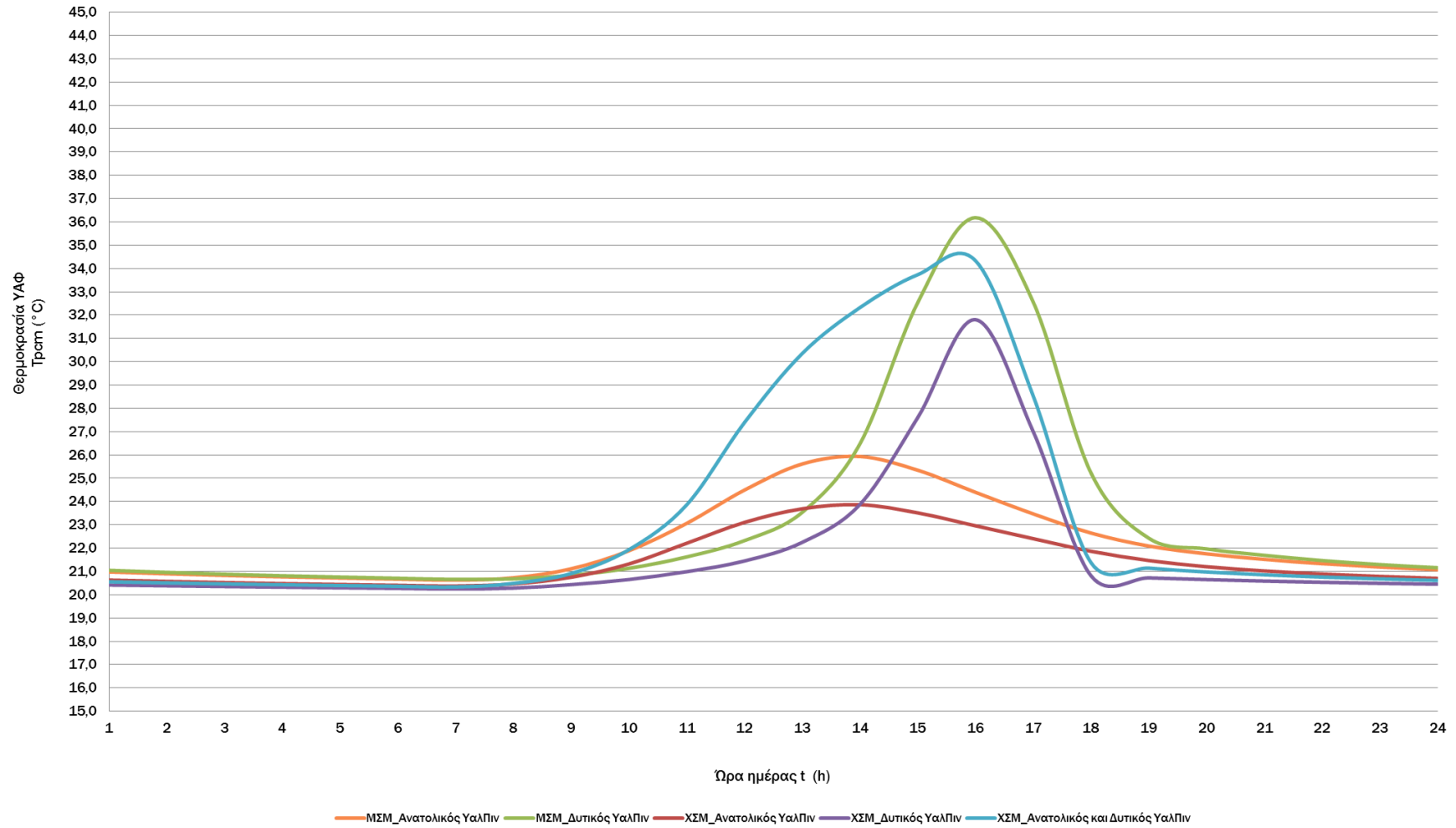
Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rsm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-173,1331892	-91,97700676	-265,110196	25,42999466	20,63084367
2	0	0	0	-156,8804194	-83,34272283	-240,2231423	26,70858508	20,57162361
3	0	0	0	-142,85838	-75,8935144	-218,7518944	27,85563058	20,52053165
4	0	0	0	-130,6154308	-69,3894476	-200,0048784	32,09932622	20,47592214
5	0	0	0	-120,9015696	-64,22895884	-185,1305284	31,10814131	20,44052784
6	0	0	0	-111,6236373	-59,30005731	-170,9236946	30,19536761	20,40672193
7	0	0	627,3668443	-102,7987499	-54,6118359	469,9562585	29,35792737	20,37456678
8	0,096815871	0	1793,040448	-127,7549964	-67,86984186	1597,41561	31,80367776	20,4654996
9	0,179887902	0	2626,118075	-206,0596911	-109,4692109	2310,589172	23,00732268	20,75081763
10	0,225377233	0	2836,78267	-362,6280038	-192,646127	2281,508539	14,55855242	21,32130403
11	0,21239787	0	2369,007215	-606,9435627	-322,4387677	1439,624884	9,161614831	22,21151418
12	0,153189663	0	1918,445446	-851,9201253	-452,5825666	613,9427545	5,967819971	23,10413283
13	0,142866733	0	1693,86685	-1012,303514	-537,7862419	143,7770937	4,628027558	23,68852018
14	0,118532472	0	1355,719387	-1060,736471	-563,5162503	-268,5333343	4,315052833	23,86499486
15	0,090683483	0	990,9006999	-963,7169096	-511,9746082	-484,7908179	4,982008439	23,51148565
16	0,062233292	0	621,2081997	-812,0128692	-431,3818368	-622,1865063	6,38408086	22,95872316
17	0,033632171	0	217,9364683	-660,073811	-350,6642121	-792,8015548	8,32985379	22,40510434
18	0	0	0	-511,6941633	-271,8375242	-783,5316875	11,23083481	21,8644549
19	0	0	0	-402,9285166	-214,0557744	-616,984291	13,20514506	21,4681466
20	0	0	0	-330,0871389	-175,3587926	-505,4459315	15,89673755	21,2027352
21	0	0	0	-280,5177093	-149,0250331	-429,5427423	18,35652384	21,02211957
22	0	0	0	-244,0370092	-129,6446611	-373,6816704	20,49176554	20,88919521
23	0	0	0	-215,6074819	-114,5414748	-330,1489567	22,34679357	20,78560682
24	0	0	0	-192,5749367	-102,3054351	-294,8803718	23,9723675	20,70168337

Πίνακας Μελέτης 65 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{reff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-114,3105473	-60,72747825	-175,0380256	30,4562988	20,4165122
2	0	0	0	-105,3506609	-55,96753862	-161,3181995	29,5970092	20,38386515
3	0	0	0	-96,85332554	-51,4533292	-148,3066547	28,81064433	20,35290349
4	0	0	0	-88,82814357	-47,18995127	-136,0180948	28,09350636	20,32366222
5	0	0	0	-81,28003808	-43,18002023	-124,4600583	27,4416355	20,29615926
6	0	0	0	-74,20925962	-39,42366918	-113,6329288	26,8508919	20,27039554
7	0	0	276,5023858	-67,61155748	-35,91863991	172,9721884	26,31703759	20,24635555
8	0	0,042670121	843,0899209	-77,85831597	-41,36223036	723,8693746	27,15335596	20,28369157
9	0	0,087436348	1372,063835	-119,4191171	-63,44140599	1189,203312	30,96007063	20,43512624
10	0	0,124301898	1752,470539	-179,3018192	-95,25409145	1477,914628	24,95903162	20,65332024
11	0	0,146141086	1939,663254	-271,6160887	-144,2960471	1523,751118	18,85212879	20,98968482
12	0	0,153189663	2491,654613	-397,6248843	-211,2382198	1882,791509	13,36404243	21,44882181
13	0	0,231324938	3524,908028	-617,2649709	-327,9220158	2579,721041	8,993341055	22,24912219
14	0	0,31264235	4444,469069	-1064,461994	-565,4954341	2814,511642	4,29253258	23,87856951
15	0	0,373232506	5043,502175	-2086,663862	-1108,540176	1848,298137	2,5	27,60315622
16	0	0,405085731	2842,892004	-3239,265514	-1720,859805	-2117,233315	2,5	31,80287932
17	0	0,033632171	217,9364683	-1918,955458	-1019,445087	-2720,464076	2,5	26,99207878
18	0	0	0	-222,46974	-118,1870494	-340,6567893	21,88371033	20,81061076
19	0	0	0	-198,2012188	-105,2943975	-303,4956163	23,56514222	20,7221838
20	0	0	0	-178,1227968	-94,6277358	-272,7505326	25,04843873	20,64902425
21	0	0	0	-161,1469219	-85,60930224	-246,7562241	26,36764945	20,58716943
22	0	0	0	-146,5573039	-77,85856768	-224,4158716	27,54909461	20,53400938
23	0	0	0	-133,857604	-71,1118521	-204,9694561	32,43824032	20,48773561
24	0	0	0	-124,006632	-65,87852325	-189,8851552	31,42102483	20,45184172

Πίνακας Μελέτης 66 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $creff$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-152,3200655	-80,92003478	-233,2401003	27,07716929	20,5550071
2	0	0	0	-138,890957	-73,78582093	-212,676778	28,18756607	20,50607559
3	0	0	0	-127,128184	-67,53684777	-194,6650318	31,73931266	20,46321569
4	0	0	0	-117,5664282	-62,457165	-180,0235932	30,77620972	20,42837562
5	0	0	0	-108,447128	-57,61253675	-166,0596647	29,89047692	20,39514771
6	0	0	0	-99,7859187	-53,01126931	-152,797188	29,07889151	20,36358895
7	0	0	903,8692302	-91,59401694	-48,6593215	763,6158917	28,33786638	20,3337402
8	0,096815871	0,042670121	2636,130369	-133,6042442	-70,97725472	2431,54887	32,41161004	20,48681245
9	0,179887902	0,087436348	3998,18191	-250,5621594	-133,1111472	3614,508603	20,08960985	20,91297083
10	0,225377233	0,124301898	4589,253209	-531,0570672	-282,124067	3776,072075	11,13618018	21,93500732
11	0,21239787	0,146141086	4308,670468	-1059,686387	-562,9583931	2686,025688	4,321439418	23,86116868
12	0,153189663	0,153189663	4410,100059	-2028,697937	-1077,745779	1303,656342	2,5	27,39194636
13	0,142866733	0,231324938	5218,774878	-2841,660103	-1509,63193	867,4828459	2,5	30,35412846
14	0,118532472	0,31264235	5800,188456	-3382,623783	-1797,018885	620,5457892	2,5	32,3252324
15	0,090683483	0,373232506	6034,402875	-3769,597122	-2002,598471	262,2072812	2,5	33,73524329
16	0,062233292	0,405085731	3464,100204	-3933,109999	-2089,464687	-2558,474482	2,5	34,33103352
17	0,033632171	0,033632171	435,8729366	-2337,64125	-1241,871914	-3143,640227	2,5	28,51764001
18	0	0	0	-377,2622124	-200,4205504	-577,6827628	14,02821182	21,37462655
19	0	0	0	-313,0623178	-166,3143564	-479,3766742	16,68420571	21,14070203
20	0	0	0	-268,268448	-142,517613	-410,7860611	19,04275624	20,97748706
21	0	0	0	-234,6379645	-124,6514187	-359,2893832	21,0865377	20,854948
22	0	0	0	-208,0744014	-110,5395258	-318,6139272	22,86637121	20,75815861
23	0	0	0	-186,3516553	-98,99931687	-285,3509722	24,43043675	20,67900766
24	0	0	0	-168,1422674	-89,32557957	-257,467847	25,81680748	20,6126583



Διάγραμμα 20 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Τρστ. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Πίνακας μελέτης 67: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή - Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	20,6580539	20,24635555	20,3337402	20,62650801	20,37456678
Μέγιστη Τιμή	36,17928404	31,80287932	34,33103352	25,93158239	23,86499486
Διασπορά	4,333550527	2,924804965	4,748644361	1,736703162	1,166459764
Μέση Τιμή	23,28817694	21,78620329	23,4705801	22,2134061	21,48486566

Συνεχίζοντας, για την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, τη μελέτη που αφορά σε δύο δωμάτια διατεταγμένα κατά Ανατολή και Δύση, παρατηρείται αύξηση των στατιστικών τιμών της  $T_{pcm}$  κατά τον Φεβρουάριο (σε σχέση με τον Ιανουάριο), η οποία οφείλεται στην αντίστοιχη αύξηση των επιπέδων της ακτινοβολίας για τον υπό μελέτη μήνα.

Ο υαλοπίνακας δυτικού προσανατολισμού δέχεται υψηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις απογευματινές ώρες, με μέγιστη τιμή στις 16:00,  $G_{\max}^{\delta\sigma} \approx 0,405k W/m^2$  (αύξηση κατά 26,5%). Αντιθέτως, στον ανατολικό υαλοπίνακα προσπίπτουν υψηλότερες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις πρωινές ώρες, με εμφάνιση μέγιστου  $G_{\max}^{α\alpha\alpha\tau} \approx 0,225k W/m^2$  (αύξηση κατά 30% ) στις 10:00.

Η μεγάλη αυτή μεταβολή στην ηλιακή φόρτιση της τοιχοποιίας (συνεπώς και του στρώματος ΥΑΦ) αντανακλάται στις μέγιστες τιμές που λαμβάνει η  $T_{pcm}$ , όχι όμως και στις αντίστοιχες μέσες τιμές, τουλάχιστον όχι στον ίδιο βαθμό, για λόγους που έχουν προαναφερθεί πολλάκις. Ενδεικτικά αναφέρεται πως για την περίπτωση μονωμένης ενδιάμεσης τοιχοποιίας (ΜΣΜ), η μέση θερμοκρασία που αναπτύσσει το ΥΑΦ στις περιπτώσεις δυτικής και ανατολικής φόρτισης είναι για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου  $T_{pcm_{aver}}^{\delta\tau\gamma\alpha\lambda} \approx 22,54^\circ C$  και  $T_{pcm_{aver}}^{\alpha\alpha\alpha\tau\gamma\alpha\lambda} \approx 21,61^\circ C$ , ενώ για την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου  $T_{pcm_{aver}}^{\delta\tau\gamma\alpha\lambda} \approx 23,28^\circ C$  (αύξηση 3,2%) και  $T_{pcm_{aver}}^{\alpha\alpha\alpha\tau\gamma\alpha\lambda} \approx 22,21^\circ C$  (αύξηση 2,7%) αντίστοιχα. Οι μέγιστες τιμές της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας του ΥΑΦ αυξάνονται κατά 11,8% και 9,4% για τον δυτικό και ανατολικό προσανατολισμό αντίστοιχα.

Κατά την παρατήρηση των καμπυλών  $T_{pcm}(t)$  στο παραπάνω διάγραμμα, παρόλο που σε γενικές γραμμές παρουσιάζουν την ίδια μορφή όπως και τους προηγούμενους μήνες, για την περίπτωση ενδιάμεσης τοιχοποιίας χωρίς στρώμα μόνωσης και υαλοπίνακες και στα δύο δωμάτια («ΧΣΜ\_Ανατολικός και Δυτικός ΥαλΠιν») εντοπίζεται μια παραμόρφωση στο αριστερό τμήμα της καμπύλης, κυρίως για τις ώρες 11:00 με 14:00. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη σημαντική αύξηση κατά τον υπό μελέτη μήνα της προσπίπτουσας από την ανατολική κατεύθυνση ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία προκαλεί αύξηση των αναπτυσσόμενων τιμών της  $T_{pcm}$  κατά τις πρωινές ώρες.

Πίνακας Μελέτης 68 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού	Q <sub>sun</sub> (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-289,9103393	-289,9103393	17,85136903	21,0563434
2	0	0	-264,5917562	-264,5917562	19,25479459	20,96409033
3	0	0	-243,1685416	-243,1685416	20,54595532	20,88603078
4	0	0	-224,7171863	-224,7171863	21,73416611	20,81879976
5	0	0	-208,598096	-208,598096	22,82987055	20,76006679
6	0	206,674097	-194,3533696	12,32072738	23,84293773	20,70816343
7	0,031894151	1405,067973	-195,1589776	1209,908995	23,78452315	20,71109881
8	0,184937327	2878,75377	-274,464874	2604,288896	18,69173539	21,00006491
9	0,259314799	3558,293772	-491,6783452	3066,615426	11,41027319	21,79152346
10	0,289804611	3580,91233	-910,6749409	2670,237389	5,418282536	23,31821716
11	0,262805317	2914,00398	-1678,983102	1235,020878	2,5	26,11769391
12	0,186886655	2334,735127	-2449,144082	-114,4089555	2,5	28,92392177
13	0,173411975	2086,930588	-2377,798476	-290,8678881	2,5	28,6639605
14	0,148645214	1745,75043	-2196,412799	-450,6623694	2,5	28,00304732
15	0,120760716	1370,198114	-1915,37903	-545,1809162	2,5	26,97904739
16	0,09068961	976,6428639	-1575,403345	-598,7604811	2,686352992	25,74028139
17	0,060026881	538,7195146	-1227,917378	-689,1978635	3,496060884	24,47415025
18	0,023108846	149,745323	-920,5822827	-770,8369597	5,332639711	23,35431645
19	0	0	-695,2271218	-695,2271218	7,824933996	22,5331921
20	0	0	-556,7132578	-556,7132578	10,0287027	22,02849052
21	0	0	-470,1698429	-470,1698429	11,69554716	21,71315315
22	0	0	-407,496704	-407,496704	13,07294995	21,48479166
23	0	0	-358,9010174	-358,9010174	14,70070149	21,30772404
24	0	0	-320,8396969	-320,8396969	16,31702482	21,16904039

Πίνακας Μελέτης 69 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	$c_{p\text{eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-316,5886208	-316,5886208	16,51617225	21,15355079
2	0	0	-286,7050068	-286,7050068	18,02170536	21,04466416
3	0	0	-261,9030119	-261,9030119	19,41162876	20,95429338
4	0	0	-240,8688246	-240,8688246	20,69020498	20,87765132
5	0	0	-222,7193933	-222,7193933	21,86704686	20,81152042
6	0	169,8704473	-206,8406869	-36,97023956	22,95258357	20,75366334
7	0,026214575	690,8179227	-204,3295643	486,4883583	23,12903505	20,74451359
8	0,080393129	1350,788092	-237,1211304	1113,666962	20,92762507	20,86399589
9	0,128061824	1896,234682	-320,0837795	1576,150902	16,3521633	21,16628606
10	0,164566985	2259,319228	-470,3529194	1788,966308	11,69271481	21,71382022
11	0,184093389	2403,95069	-708,8779858	1695,072704	7,638171845	22,58293162
12	0,186886655	3003,576289	-1054,854108	1948,722181	4,351051439	23,84356135
13	0,276628204	4181,735589	-1753,091226	2428,644363	2,5	26,38772094
14	0,368701362	5225,072763	-3267,597707	1957,475056	2,5	31,90611304
15	0,437637027	5939,967004	-4488,28226	1451,684744	2,5	36,35390913
16	0,479024547	5870,014268	-5393,555171	476,4590966	2,5	39,65244297
17	0,426841852	2915,680523	-5690,675821	-2774,995297	2,5	40,7350585
18	0,023108846	149,745323	-3960,184347	-3810,439024	2,5	34,42968405
19	0	0	-1583,988521	-1583,988521	2,676198421	25,77156311
20	0	0	-661,2451352	-661,2451352	8,312461276	22,40937228
21	0	0	-537,2284623	-537,2284623	11,12232409	21,95749397
22	0	0	-461,9257379	-461,9257379	11,83028237	21,68311419
23	0	0	-401,0527988	-401,0527988	13,26067617	21,46131207
24	0	0	-353,9026461	-353,9026461	14,89585646	21,28951153

Πίνακας Μελέτης 70 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{reff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rctm}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rctm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-188,764355	-100,2810636	-289,0454186	24,25189648	20,68779879
2	0	0	0	-170,1834183	-90,40994095	-260,5933592	25,65798832	20,62009562
3	0	0	0	-154,3495159	-81,99818033	-236,3476962	26,91261011	20,56240179
4	0	0	0	-140,6582762	-74,72470922	-215,3829854	28,03930034	20,51251515
5	0	0	0	-128,6828372	-68,36275728	-197,0455945	31,89923214	20,46888037
6	0	0	206,674097	-119,0526724	-63,24673221	24,37469236	30,92359976	20,43379103
7	0,031894151	0	1405,067973	-120,2815152	-63,89955493	1220,886903	31,04610591	20,43826855
8	0,184937327	0	2878,75377	-181,5892854	-96,46930787	2600,695177	24,78639031	20,66165506
9	0,259314799	0	3558,293772	-345,1667186	-183,3698193	3029,757234	15,24935968	21,25768052
10	0,289804611	0	3580,91233	-654,9111048	-347,9215244	2578,079701	8,406988143	22,38629303
11	0,262805317	0	2914,00398	-1132,993912	-601,9030155	1179,107053	3,915074516	24,12827857
12	0,186886655	0	2334,735127	-1602,520754	-851,3391506	-119,1247779	2,655374266	25,83908882
13	0,173411975	0	2086,930588	-1532,581083	-814,1837006	-259,8341961	2,742179836	25,58425035
14	0,148645214	0	1745,75043	-1384,858262	-735,7059515	-374,8137834	3,016003226	25,04599418
15	0,120760716	0	1370,198114	-1191,113052	-632,7788091	-453,6937476	3,645377627	24,3400467
16	0,09068961	0	976,6428639	-997,0836743	-529,700702	-550,1415125	4,734442166	23,6330638
17	0,060026881	0	538,7195146	-815,9276328	-433,4615549	-710,6696732	6,341632613	22,97298735
18	0,023108846	0	149,745323	-641,2191769	-340,6476877	-832,1215417	8,615341858	22,33640389
19	0	0	0	-490,6411954	-260,6531351	-751,2943305	11,42183137	21,78774441
20	0	0	0	-388,0945192	-206,1752133	-594,2697325	13,66420772	21,41409611
21	0	0	0	-320,2919147	-170,1550797	-490,4469943	16,34247643	21,16704444
22	0	0	0	-273,5053206	-145,2997015	-418,8050221	18,74557288	20,9965686
23	0	0	0	-238,6747664	-126,7959696	-365,470736	20,82884785	20,86965686
24	0	0	0	-211,319901	-112,2636974	-323,5835984	22,64107955	20,76998421

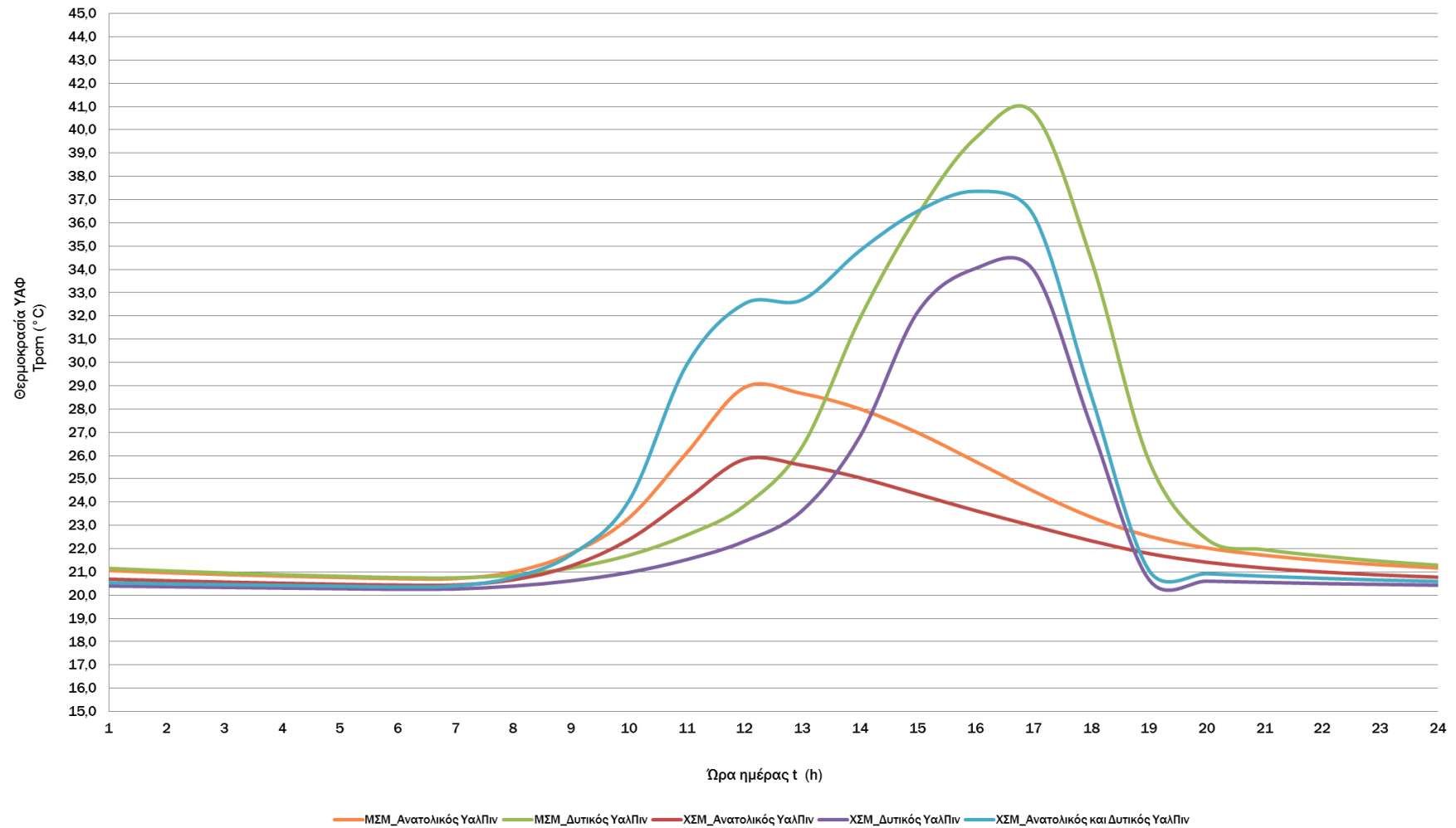


Πίνακας Μελέτης 71 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $creff$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-108,1830156	-57,47222704	-165,6552426	29,86530162	20,39418537
2	0	0	0	-99,53561654	-52,87829629	-152,4139128	29,05586684	20,36267693
3	0	0	0	-91,35778807	-48,53382491	-139,891613	28,31688091	20,33287946
4	0	0	0	-83,65596595	-44,44223191	-128,0981979	27,64445951	20,30481641
5	0	0	0	-76,43189275	-40,60444302	-117,0363358	27,03451168	20,27849412
6	0	0	169,8704473	-69,68273766	-37,01895438	63,16875528	26,48282223	20,25390229
7	0	0,026214575	690,8179227	-73,40138741	-38,99448706	578,4220482	26,78462208	20,2674519
8	0	0,080393129	1350,788092	-107,0685516	-56,88016803	1186,839373	29,75936629	20,39012461
9	0	0,128061824	1896,234682	-169,2435077	-89,91061347	1637,080561	25,73101433	20,61667087
10	0	0,164566985	2259,319228	-268,4317892	-142,604388	1848,28305	19,03340113	20,97808222
11	0	0,184093389	2403,95069	-419,8225256	-223,0307167	1761,097447	12,73781854	21,52970313
12	0	0,186886655	3003,576289	-635,3663334	-337,5383646	2030,671591	8,706102672	22,31507795
13	0	0,276628204	4181,735589	-998,9992	-530,718325	2652,018064	4,720829288	23,64004338
14	0	0,368701362	5225,072763	-1874,800132	-995,9875699	2354,285061	2,5	26,83119047
15	0	0,437637027	5939,967004	-3342,936034	-1775,934768	821,0962016	2,5	32,18062255
16	0	0,479024547	5870,014268	-3854,972929	-2047,954369	-32,9130299	2,5	34,04632626
17	0	0,426841852	2915,680523	-3834,448311	-2037,050665	-2955,818454	2,5	33,97154092
18	0	0,023108846	149,745323	-1991,19523	-1057,822466	-2899,272374	2,5	27,25529812
19	0	0	0	-183,2043745	-97,32732398	-280,5316985	24,66514759	20,66753994
20	0	0	0	-165,4728759	-87,90746531	-253,3803412	26,02581085	20,60293186
21	0	0	0	-150,2948297	-79,8441283	-230,1389581	27,24223677	20,54762777
22	0	0	0	-137,1245621	-72,84742362	-209,9719857	32,78384005	20,49963939
23	0	0	0	-127,1395464	-67,54288401	-194,6824304	31,74047807	20,46325709
24	0	0	0	-117,5772871	-62,46293375	-180,0402208	30,7772835	20,42841518

Πίνακας Μελέτης 72 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{r,cm}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{r,cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-146,6069333	-77,88493333	-224,4918666	27,54500099	20,53419021
2	0	0	0	-133,9010448	-71,13493006	-205,0359749	32,4428088	20,4878939
3	0	0	0	-124,0482636	-65,90064001	-189,9489036	31,42524508	20,45199342
4	0	0	0	-114,6249132	-60,89448513	-175,5193983	30,48700918	20,41765765
5	0	0	0	-105,6494366	-56,12626317	-161,7756997	29,62516471	20,38495379
6	0	0	376,5445443	-97,13610133	-51,60355383	227,8048891	28,83636583	20,35393384
7	0,031894151	0,026214575	2095,885895	-109,4521029	-58,14642966	1928,287363	29,98651713	20,39880953
8	0,184937327	0,080393129	4229,541863	-209,7040808	-111,4052929	3908,432489	22,75297176	20,76409666
9	0,259314799	0,128061824	5454,528454	-477,5047808	-253,6744148	4723,349258	11,58749971	21,73987939
10	0,289804611	0,164566985	5840,231557	-1112,993059	-591,2775628	4135,960935	4,018251522	24,05540166
11	0,262805317	0,184093389	5317,95467	-2717,666008	-1443,760067	1156,528595	2,5	29,90233242
12	0,186886655	0,186886655	5338,311416	-3438,879076	-1826,904509	72,5278308	2,5	32,53020925
13	0,173411975	0,276628204	6268,666177	-3484,107547	-1850,932134	933,6264959	2,5	32,69500778
14	0,148645214	0,368701362	6970,823192	-4066,318512	-2160,231709	744,2729711	2,5	34,81640404
15	0,120760716	0,437637027	7310,165118	-4530,448319	-2406,800669	372,9161299	2,5	36,50754917
16	0,09068961	0,479024547	6846,657132	-4762,999409	-2530,343436	-446,6857136	2,5	37,35489325
17	0,060026881	0,426841852	3454,400038	-4484,445489	-2382,361666	-3412,407117	2,5	36,33992912
18	0,023108846	0,023108846	299,4906459	-2356,462992	-1251,870965	-3308,843311	2,5	28,58622061
19	0	0	0	-293,0630495	-155,6897451	-448,7527946	17,68590413	21,0678309
20	0	0	0	-253,5057058	-134,6749062	-388,180612	19,91107945	20,9236962
21	0	0	0	-223,111818	-118,5281533	-341,6399713	21,84088	20,8129503
22	0	0	0	-198,7255263	-105,5729358	-304,2984621	23,52752714	20,72409421
23	0	0	0	-178,5618045	-94,86095866	-273,4227632	25,01511446	20,65062386
24	0	0	0	-161,5214199	-85,8082543	-247,3296741	26,33790329	20,58853398



Διάγραμμα 21 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Τρsm. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Πίνακας μελέτης 73: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή – Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	20,74451359	20,25390229	20,35393384	20,70816343	20,43379103
Μέγιστη Τιμή	40,7350585	34,04632626	37,35489325	28,92392177	25,83908882
Διασπορά	6,429710177	4,500181334	6,407235069	2,77294231	1,782445281
Μέση Τιμή	25,02282283	22,88160409	25,12871188	23,10446707	22,03810784

Τέλος, για ημερομηνία μελέτης την 21<sup>η</sup> Μαρτίου, παρατηρείται επίσης αύξηση όλων των στατιστικών τιμών της  $T_{pcm}$ , σε σχέση με τον Φεβρουάριο, η οποία και οφείλεται στην αντίστοιχη αύξηση των επιπέδων της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τον υπό μελέτη μήνα.

Ο δυτικός υαλοπίνακας δέχεται υψηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις απογευματινές ώρες, με μέγιστη τιμή στις 16:00,  $Gt_{max}^{\delta\sigma} \approx 0,479k W/m^2$  (αύξηση κατά 18,2%). Αντιθέτως, στον ανατολικό υαλοπίνακα προσπίπτουν υψηλότερες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις πρωινές ώρες, με εμφάνιση μέγιστης  $Gt_{max}^{aver} \approx 0,289k W/m^2$  (αύξηση κατά 28,4%) στις 10:00 το πρωί.

Η σημαντική αύξηση στην ηλιακή φόρτιση της τοιχοποιίας αντανακλάται σαφώς στις μέγιστες τιμές που λαμβάνει η αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στο στρώμα του ΥΑΦ, όχι όμως και στις μέσες τιμές, τουλάχιστον όχι στον ίδιο βαθμό. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μέγιστες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας, που προκαλούν και τις μέγιστες τιμές  $T_{pcm}$ , εμφανίζονται για πολύ λίγες ώρες μέσα στο εικοσιτετράωρο.

Ενδεικτικά αναφέρεται πως στην περίπτωση μονωμένης τοιχοποιίας (ΜΣΜ), η μέση θερμοκρασία  $T_{pcm}$  για δυτική και ανατολική φόρτιση αντίστοιχα είναι την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου  $T_{pcm}_{aver}^{\delta\tau\gamma\alpha\lambda} \approx 23,28^{\circ} C$  και  $T_{pcm}_{aver}^{aver\gamma\alpha\lambda} \approx 22,21^{\circ} C$ , ενώ για την 21<sup>η</sup> Μαρτίου  $T_{pcm}_{aver}^{\delta\tau\gamma\alpha\lambda} \approx 25,02^{\circ} C$  (αύξηση 7,4%) και  $T_{pcm}_{aver}^{aver\gamma\alpha\lambda} \approx 23,1^{\circ} C$  (αύξηση 4%). Οι μέγιστες όμως τιμές της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας αυξάνονται μεταξύ των δύο διαδοχικών μηνών κατά 12,6% στην περίπτωση δυτικής ηλιακής φόρτισης και κατά 11,5% στην περίπτωση ανατολικής ηλιακής φόρτισης αντίστοιχα.

Κατά την παρατήρηση των καμπυλών  $T_{pcm}(t)$  στο αντίστοιχο διάγραμμα, είναι εμφανής πλέον η σημαντική αύξηση των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο στρώμα του ΥΑΦ, σε κάθε περίπτωση μελέτης, σε σχέση με τους πιο χειμερινούς μήνες. Επίσης, για την περίπτωση ενδιάμεσης τοιχοποιίας χωρίς στρώμα μόνωσης και υαλοπίνακες και στα δύο δωμάτια («ΧΣΜ\_Ανατολικός και Δυτικός Υαλπιν») είναι ιδιαίτερα έντονη πλέον η παραμόρφωση στο αριστερό τμήμα της καμπύλης. Ουσιαστικά, η καμπύλη  $T_{pcm}(t)$  της συγκεκριμένης περίπτωσης ακολουθεί τη συνδυασμένη συμπεριφορά των καμπυλών  $Gt(t)$  για τον δυτικό και ανατολικό προσδιορισμό. Τις πρωινές ώρες οι σχετικά υψηλές τιμές  $Gt_{ανατ}$  προκαλούν σχετικά υψηλές τιμές  $T_{pcm}$ . Κατά τις μεσημεριανές ώρες, οπότε αρχίζει η πτώση των τιμών  $Gt_{ανατ}$  και σταδιακά η αύξηση των τιμών  $Gt_{δυσ}$  παρατηρείται μια μικρή «κράτωση» στις τιμές  $T_{pcm}$ , ενώ το απόγευμα

όπου μεν η  $G_{t_{\text{ανατ}}}$  έχει σχεδόν μηδενιστεί αλλά η  $G_{t_{\text{δυσ}}}$  λαμβάνει τις μέγιστες τιμές της, η θερμοκρασία του στρώματος ΥΑΦ φτάνει επίσης τα μέγιστά της.

Γενικά λοιπόν, για την περίπτωση που αφορά σε δύο δωμάτια διατεταγμένα κατά Ανατολή και Δύση, και εξετάζοντας τα αποτελέσματα έτσι όπως αυτά διαμορφώνονται από μήνα σε μήνα (μεταξύ 21<sup>ης</sup> Νοεμβρίου και 21<sup>ης</sup> Μαρτίου), παρατηρείται ότι το στρώμα ΥΑΦ επιτυγχάνει σταθερά υψηλότερες θερμοκρασίες στις περιπτώσεις δυτικής ηλιακής φόρτισης, όπως και αναμενόταν λόγω των σημαντικά υψηλότερων τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας δυτικού προσανατολισμού.

Επίσης, για όλους τους μήνες και τις περιπτώσεις ενδιάμεσης τοιχοποιίας χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ), συνεπώς θερμικής συναλλαγής μεταξύ του ΥΑΦ και δύο δωματίων, παρατηρούνται τα εξής: Όταν υπάρχει υαλοπίνακας σε ένα μόνο δωμάτιο (ηλιακή φόρτιση από μία μόνο κατεύθυνση), οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες στο στρώμα του ΥΑΦ είναι μικρότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες περιπτώσεις με στρώμα μόνωσης στην ενδιάμεση τοιχοποιία, εξαιτίας των μεγαλύτερων θερμικών απωλειών του ΥΑΦ στις περιπτώσεις θερμικής συναλλαγής προς δύο κατευθύνσεις.

Το φαινόμενο αυτό αμβλύνεται σημαντικά στον ανατολικό προσανατολισμό, όπου οι γενικά χαμηλότερες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας και συνεπώς της αναπτυσσόμενης  $T_{\text{pcm}}$ , δεν ευνοούν έντονες θερμικές συναλλαγές, άρα και θερμικές απώλειες του ΥΑΦ. Το φαινόμενο μειωμένων  $T_{\text{pcm}}$  στις περιπτώσεις ενεργειακής συναλλαγής διπλής κατεύθυνσης, εξισορροπείται σε κάποιον βαθμό κατά την προσθήκη επιπλέον θερμικού φορτίου στο ΥΑΦ μέσω της προσθήκης δεύτερου υαλοπίνακα (στο δεύτερο δωμάτιο), άρα αυξημένης ηλιακής φόρτισης.

Όπως και στην περίπτωση δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, η θερμική συμπεριφορά του στρώματος ΥΑΦ ανά περίπτωση μελέτης είναι ομαλή από μήνα σε μήνα και ακολουθεί την αντίστοιχη μηνιαία μεταβολή που παρουσιάζει και η ακτινοβολία  $G_t$  των εμπλεκόμενων κάθε φορά προσανατολισμών. Επίσης, όπως έχει προαναφερθεί, οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας του ΥΑΦ επηρεάζονται περισσότερο από την αντίστοιχη μεταβολή της ακτινοβολίας  $G_t$  σε σχέση με τις μέσες τιμές. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της ιδιαίτερα ολιγόωρης εμφάνισης μέσα στο εικοσιτετράωρο σημαντικά υψηλών τιμών  $G_t$  άρα και σημαντικά υψηλών τιμών  $T_{\text{pcm}}$ .

Σε σχέση με τις καμπύλες της ωριαία αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας στο στρώμα του ΥΑΦ σημειώνεται ότι οι καμπύλες που αφορούν σε δυτική ηλιακή φόρτιση έχουν μέγιστα σημαντικά μετατοπισμένα προς τα δεξιά σε σχέση με τα αντίστοιχα των περιπτώσεων ανατολικής φόρτισης. Αυτό είναι απόλυτα λογικό εξαιτίας του γεγονότος ότι οι μέγιστες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας, που μεταφράζονται σε μέγιστες τιμές  $T_{\text{pcm}}$ , παρουσιάζονται στον δυτικό προσανατολισμό κατά τις απογευματινές ώρες, σε αντίθεση με τις τιμές της ακτινοβολίας στον ανατολικό προσανατολισμό οι οποίες μεγιστοποιούνται κατά τις πρωινές ώρες, προκαλώντας αντίστοιχα μέγιστες τιμές  $T_{\text{pcm}}$  τις ανάλογες χρονικές στιγμές.

Τέλος, σχετικά με το πλάτος των καμπυλών  $T_{\text{pcm}}(t)$ , παρατηρείται ότι στις περιπτώσεις αποκλειστικά δυτικής ηλιακής φόρτισης οι καμπύλες έχουν σχετικά μικρό πλάτος καθώς, λόγω της συμπεριφοράς της ηλιακής ακτινοβολίας, εμφανίζονται πολύ υψηλές τιμές  $T_{\text{pcm}}$  πολύ μικρό χρονικό διάστημα (κατά τις απογευματινές ώρες). Στις περιπτώσεις αποκλειστικά ανατολικής ηλιακής φόρτισης, οι αντίστοιχες καμπύλες χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερο

πλάτος καθώς οι τιμές τις ηλιακής ακτινοβολίας αρκετά μικρότερες καθ' όλο το διάστημα εμφάνισής τους, με αποτέλεσμα να μην προκαλούν την ανάπτυξη αντίστοιχα υψηλών μέγιστων θερμοκρασιών στο στρώμα του ΥΑΦ.

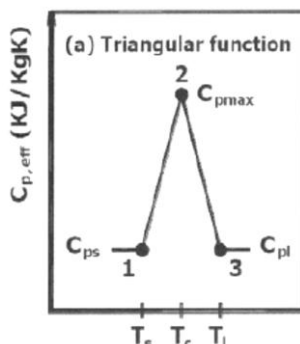
Στην περίπτωση συνδυασμένης ηλιακής φόρτισης (από δύο κατευθύνσεις), η καμπύλη  $T_{p,cm}(t)$  παρουσιάζει συνδυασμένα τα χαρακτηριστικά των σχετικά υψηλών μέγιστων και του μεγάλου πλάτους λόγω των υψηλών τιμών τις ηλιακής ακτινοβολίας δυτικού προσανατολισμού και των μέγιστων τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας ανατολικού προσανατολισμού κατά τις πρωινές ώρες. Το γεγονός αυτό οδηγεί για τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο σε μια παραμόρφωση της καμπύλης («ΧΣΜ\_Ανατολικός και Δυτικός ΥαλΠιν») λόγω των υψηλών τιμών της ανατολικής ηλιακής φόρτισης κατά τις πρωινές ώρες, της πτώσης τους τις μεσημεριανές με παράλληλη αύξηση των τιμών της δυτικής ηλιακής φόρτισης και τέλος της εμφάνισης πολύ υψηλών τιμών δυτικής φόρτισης κατά τις απογευματινές ώρες, μεταφραζόμενες ανάλογα σε αντίστοιχη θερμοκρασιακή συμπεριφορά στο στρώμα του ΥΑΦ.

#### 4.6 Υπολογισμός της θερμοκρασίας στρώματος ΥΑΦ ενσωματωμένου σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας και ηλιακά φορτιζόμενου μέσω έναντι υαλοπίνακα. Προσδιορισμός της ενεργού θερμοχωρητικότητας μέσω της τριγωνικής συνάρτησης.

Στην παρούσα ενότητα αλλάζει μόνον ο τρόπος προσδιορισμού της θερμοχωρητικότητας του ΥΑΦ, ο οποίος γίνεται πλέον με προσεγγιστική μέθοδο, μέσω της απλούστερης σε σχέση με τις προσαρμοσμένες πολυωνυμικές σχέσεις, τριγωνικής συνάρτησης (Triangular Function) [126]:

$$[C_{p,eff}(T) - C_{ps}] / (T - T_s) = (C_{p,max} - C_{ps}) / (T_c - T_s) \quad (4.21)$$

όπου ως  $T_c = (T_l - T_s)/2$  ορίζεται η θερμοκρασία του ΥΑΦ στο μέσο του θερμοκρασιακού εύρους αλλαγής φάσης του και  $C_{p,max}$  είναι η τιμή  $C_{p,eff}$  για  $T=T_c$ .



Εικόνα 75: Σχηματική παράσταση της τριγωνικής συνάρτησης υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας  $C_{p,eff}(T)$  [126].

Η περιοχή  $H/2$  κάτω από τη γραφική παράσταση της θερμοχωρητικότητας από τη θερμοκρασία  $T_s$  έως και την  $T_c$  μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$H/2 = (c_{pmax} - c_{ps}) (T_c - T_s) / 2 \quad (4.22)$$

Αντικαθιστώντας το  $c_{pmax}$  από τη σχέση (4.20) στη σχέση (4.19), λαμβάνουμε τη συνάρτηση  $c_{p,eff}(T)$  για  $T_s \leq T \leq T_c$  :

$$c_{p,eff}(T) = 4(H - b c_{ps})(T - T_s) / b^2 + c_{ps} \quad (4.23)$$

όπου  $b = T_i - T_s$  είναι το θερμοκρασιακό εύρος αλλαγής φάσης του ΥΑΦ.

Η συνάρτηση  $c_{p,eff}(T)$  για  $T_c \leq T \leq T_i$ , προκύπτει κατά τον ίδιο τρόπο και περιγράφεται από την κάτωθι σχέση:

$$c_{p,eff}(T) = 4(b c_{pl} - H)(T - T_s - b/2) / b^2 + 2H/b - c_{pl} \quad (4.24)$$

Οι χαρακτηριστικές τιμές του υπό μελέτη ΥΑΦ (RT21) παρατίθενται στον Πίνακα Μελέτης 13, στην ενότητα 4.5.

Τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζονται σε δύο υποενότητες. Στην πρώτη τα δύο δωμάτια είναι διατεταγμένα κατά το νότιο και βόρειο προσανατολισμό και στη δεύτερη κατά τον δυτικό και ανατολικό αντίστοιχα.

#### 4.6.1 Δωμάτια προσανατολισμένα κατά Νότο και Βορρά

Αρχικά θεωρείται ότι τα δύο δωμάτια είναι διατεταγμένα κατά το νότιο και τον βόρειο προσανατολισμό. Οι πέντε περιπτώσεις μελέτης είναι οι εξής:

1. Ενδιάμεση τοιχοποιία με στρώμα μόνωσης (ΜΣΜ) μετά το στρώμα του ΥΑΦ και έναντι υαλοπίνακας στο νότιο δωμάτιο
2. Ενδιάμεση τοιχοποιία με στρώμα μόνωσης (ΜΣΜ) μετά το στρώμα του ΥΑΦ και έναντι υαλοπίνακας στο βόρειο δωμάτιο
3. Ενδιάμεση τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) και έναντι υαλοπίνακας στο νότιο δωμάτιο
4. Ενδιάμεση τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) και έναντι υαλοπίνακας στο βόρειο δωμάτιο
5. Ενδιάμεση τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) και έναντι υαλοπίνακας στο νότιο και στο βόρειο δωμάτιο

Επισημαίνεται ότι στις δύο πρώτες περιπτώσεις το στρώμα της μόνωσης ακολουθεί το στρώμα του ΥΑΦ το οποίο, σε κάθε περίπτωση που υπάρχει ένας μόνος υαλοπίνακας, βρίσκεται πιο κοντά στο δωμάτιο με τον υαλοπίνακα.

Προφανώς, στις περιπτώσεις όπου το στρώμα του ΥΑΦ ακολουθείται από στρώμα μόνωσης, παρατηρείται συναλλαγή θερμικής ενέργειας μεταξύ του ΥΑΦ και ενός μόνο δωματίου (συναλλαγή ως προς μια κατεύθυνση), ενώ στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει στρώμα μόνωσης στην ενδιάμεση τοιχοποιία, η συναλλαγή θερμικής ενέργειας λαμβάνει χώρα

μεταξύ του ΥΑΦ και των δύο δωματίων (συναλλαγή ως προς δύο κατευθύνσεις). Στις τρεις τελευταίες περιπτώσεις, αυτές δηλαδή που δεν περιλαμβάνουν ενδιάμεση μόνωση, αναλόγως την ύπαρξη ενός ή δύο υαλοπινάκων, η ηλιακή φόρτιση του στρώματος του ΥΑΦ γίνεται από μία ή δύο κατευθύνσεις αντίστοιχα.

Ακολουθούν για κάθε περίπτωση μελέτης πίνακες με τις προκύπτουσες τιμές των μεγεθών  $Q_{rm1}$ ,  $Q_{rm2}$ ,  $Q_{sun}$ ,  $c_{peff}$  και  $T_{pcm}$  καθώς και τα αντίστοιχα διαγράμματα  $T_{pcm}(t)$  για κάθε έναν εκ των προαναφερθέντων μηνών.

Οι προκύπτουσες ανά περίπτωση μελέτης καμπύλες της ωριαίας μεταβολής της θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ παρουσιάζονται συγκεντρωτικά, σε κοινό διάγραμμα, προς διευκόλυνση των συγκριτικών παρατηρήσεων. Το κάθε διάγραμμα, ανά μήνα μελέτης, ακολουθείται από έναν πίνακα στατιστικών τιμών της  $T_{pcm}$ , προς αρωγή του κριτικού σχολιασμού. Οι συγκριτικές παρατηρήσεις αφορούν κυρίως στις διαφορές που παρατηρούνται στα αποτελέσματα του προσδιορισμού της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας στο στρώμα ΥΑΦ που δίνουν οι υπολογισμοί της ενεργού θερμοχωρητικότητας  $c_{peff}(T_{pcm})$  μέσω της ακριβέστερης μεθόδου των τεσσάρων πολυωνυμικών συναρτήσεων και της απλουστευμένης, προσεγγιστικής μεθόδου της τριγωνικής συνάρτησης. Προς διευκόλυνση της σύγκρισης των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων, ο κάθε στατιστικός πίνακας υπολογισμών της  $T_{pcm}$  με βάση την τριγωνική συνάρτηση συνοδεύεται από τον αντίστοιχο πίνακα με υπολογισμούς βασισμένους στις πολυωνυμικές σχέσεις.



Πίνακας μελέτης 74: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλασόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλασόμενης θερμότητας	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-600,9881827	-600,9881827	23,07110328	22,18981462
2	0	0	-560,3770792	-560,3770792	23,87001296	22,04184035
3	0	0	-523,777598	-523,777598	24,59000522	21,90848319
4	0	0	-490,5701486	-490,5701486	25,24326876	21,78748554
5	0	0	-460,2729309	-460,2729309	25,83928164	21,67709187
6	0	0	-432,5025255	-432,5025255	26,38558657	21,57590512
7	0	163,0910374	-406,9479238	-243,8568864	26,88830176	21,48279207
8	0,02516837	1087,180282	-392,8089181	694,371364	27,16644709	21,43127392
9	0,142606365	2637,653721	-432,656886	2204,996835	26,38254996	21,57646756
10	0,264438962	4034,127787	-562,9550878	3471,172699	23,81929787	22,05123382
11	0,358111622	5091,921682	-790,1478475	4301,773835	19,3499168	22,8790538
12	0,427678761	5670,846108	-1136,73758	4534,108528	12,53173479	24,14191934
13	0,447451811	5678,021104	-1700,801	3977,220103	2,5	26,19719157
14	0,428786013	5217,786177	-4181,001772	1036,784405	2,5	35,23427429
15	0,376427903	4141,354121	-4827,542173	-686,1880523	2,5	37,59006708
16	0,262669955	1872,830632	-4399,634214	-2526,803583	2,5	36,03090313
17	0,026347117	170,7293208	-2823,915488	-2653,186167	2,5	30,28947259
18	0	0	-1169,384381	-1169,384381	11,88950044	24,26087416
19	0	0	-1016,049521	-1016,049521	14,90593425	23,70216946
20	0	0	-909,7814257	-909,7814257	16,99646131	23,31496147
21	0	0	-826,331534	-826,331534	18,63810414	23,01089594
22	0	0	-757,2121573	-757,2121573	19,99783424	22,75904636
23	0	0	-698,180927	-698,180927	21,15910832	22,54395485
24	0	0	-646,7389276	-646,7389276	22,17108554	22,35651615

Πίνακας Μελέτης 75 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>pcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-383,0071969	-383,0071969	27,3592685	21,39555949
2	0	0	-361,1824269	-361,1824269	27,7886097	21,31603679
3	0	0	-340,9192744	-340,9192744	28,18723046	21,24220415
4	0	0	-322,0634133	-322,0634133	28,5581667	21,17349923
5	0	0	-304,4818176	-304,4818176	28,90403534	21,10943735
6	0	0	-288,0589079	-288,0589079	29,22711008	21,04959736
7	0	103,4346137	-272,6935509	-169,2589372	29,52938044	20,99361076
8	0,015962132	503,9651095	-263,7575234	240,2075861	29,70517174	20,96105065
9	0,061810262	1062,396129	-276,3642366	786,0318923	29,45716998	21,0069856
10	0,102139758	1481,760759	-317,9645275	1163,796231	28,6388008	21,15856416
11	0,126527026	1678,484306	-381,3178417	1297,166464	27,39250183	21,389404
12	0,13249833	1660,271812	-455,144164	1205,127648	25,94017576	21,65840423
13	0,123716456	1474,841358	-527,5723081	947,2690497	24,51535493	21,92230994
14	0,103882519	1181,432977	-587,8119502	593,6210264	23,33030874	22,14180452
15	0,078437384	845,4702426	-627,479558	217,9906846	22,54995968	22,28634098
16	0,052036418	507,9253126	-642,5504649	-134,6251523	22,25348181	22,34125469
17	0,026347117	170,7293208	-633,1190803	-462,3897594	22,43901788	22,30688965
18	0	0	-600,9934554	-600,9934554	23,07099955	22,18983384
19	0	0	-560,381813	-560,381813	23,86991984	22,0418576
20	0	0	-523,7818799	-523,7818799	24,58992099	21,90849879
21	0	0	-490,5740452	-490,5740452	25,2431921	21,78749974
22	0	0	-460,2764949	-460,2764949	25,83921153	21,67710486
23	0	0	-432,5057991	-432,5057991	26,38552217	21,57591705
24	0	0	-406,9509416	-406,9509416	26,8882424	21,48280307

Πίνακας Μελέτης 76 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

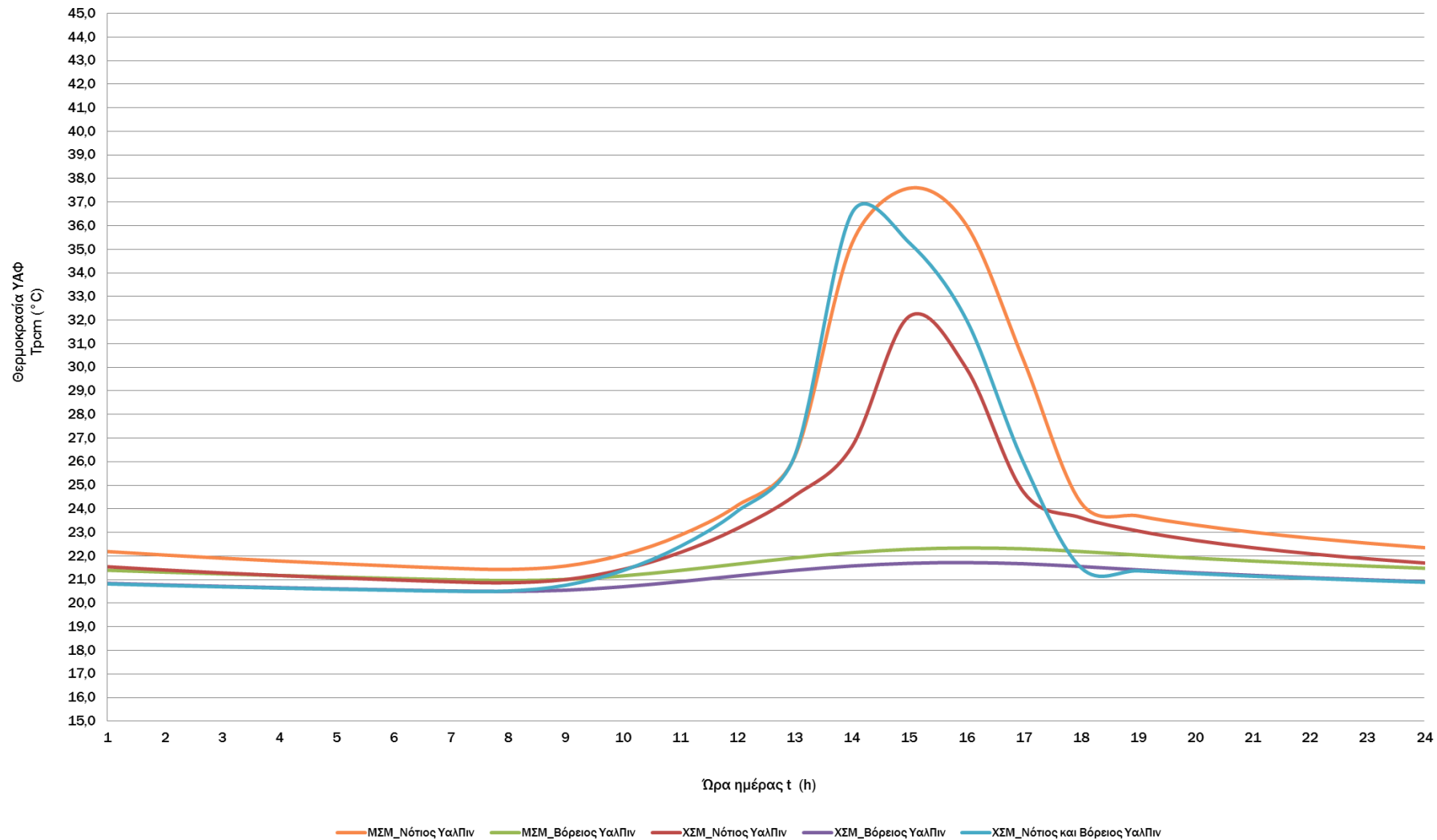
Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-424,010061	-225,2553449	-649,2654059	26,55265201	21,54496121
2	0	0	0	-385,8892984	-205,0036898	-590,8929881	27,30257122	21,40606097
3	0	0	0	-352,1487211	-187,0790081	-539,2277292	27,96632256	21,28312077
4	0	0	0	-322,0890603	-171,1098133	-493,1988736	28,55766217	21,17359268
5	0	0	0	-295,1646224	-156,8062056	-451,970828	29,08732506	21,07548838
6	0	0	0	-270,9401771	-143,9369691	-414,8771461	29,56387315	20,98722201
7	0	0	163,0910374	-249,0622887	-132,3143409	-218,2855921	29,99425932	20,90750577
8	0,02516837	0	1087,180282	-237,7165141	-126,2868981	723,1768699	30,21745565	20,86616528
9	0,142606365	0	2637,653721	-275,0272534	-146,1082284	2216,518239	29,48347138	21,00211405
10	0,264438962	0	4034,127787	-392,2305735	-208,3724922	3433,524721	27,1778244	21,42916661
11	0,358111622	0	5091,921682	-589,1881589	-313,0062094	4189,727314	23,30323569	22,14681899
12	0,427678761	0	5670,846108	-869,484063	-461,9134085	4339,448637	17,78919903	23,16813037
13	0,447451811	0	5678,021104	-1249,783234	-663,9473433	3764,290526	10,30787824	24,55382266
14	0,428786013	0	5217,786177	-1819,109311	-966,4018214	2432,275045	2,5	26,62827038
15	0,376427903	0	4141,354121	-3335,879891	-1772,186192	-966,7119619	2,5	32,15491215
16	0,262669955	0	1872,830632	-2733,036776	-1451,925787	-2312,131932	2,5	29,95833873
17	0,026347117	0	170,7293208	-1291,187632	-685,9434296	-1806,401741	9,493362709	24,70468745
18	0	0	0	-994,5395875	-528,3491559	-1522,888743	15,32908193	23,62379394
19	0	0	0	-839,6581923	-446,0684146	-1285,726607	18,37593947	23,05945415
20	0	0	0	-730,5778981	-388,1195083	-1118,697406	20,52178867	22,66199937
21	0	0	0	-645,5924358	-342,9709815	-988,5634173	22,19363956	22,35233869
22	0	0	0	-576,1502747	-306,0798335	-882,2301082	23,55971953	22,09931299
23	0	0	0	-517,7709617	-275,0658234	-792,8367852	24,70816896	21,88659687
24	0	0	0	-467,7455755	-248,489837	-716,2354125	25,69227829	21,70431987

Πίνακας Μελέτης 77 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-230,3411511	-122,3687365	-352,7098876	30,36254525	20,83929175
2	0	0	0	-212,2308079	-112,7476167	-324,9784246	30,71881552	20,77330327
3	0	0	0	-195,7378981	-103,9857584	-299,7236565	31,04326731	20,71320822
4	0	0	0	-180,685669	-95,98926168	-276,6749307	31,33937775	20,65836256
5	0	0	0	-166,9222396	-88,67743977	-255,5996793	31,61013467	20,60821289
6	0	0	0	-154,316127	-81,98044249	-236,2965695	31,85812461	20,56228013
7	0	0	103,4346137	-142,7527568	-75,83740205	-115,1555451	32,08560153	20,52014679
8	0	0,015962132	503,9651095	-137,1574759	-72,8649091	293,9427245	32,79302166	20,49975932
9	0	0,061810262	1062,396129	-151,1317257	-80,28872927	830,9756739	31,92076879	20,55067716
10	0	0,102139758	1481,760759	-191,7164116	-101,8493436	1188,195004	31,12237879	20,69855517
11	0	0,126527026	1678,484306	-251,2363069	-133,469288	1293,778711	29,9514916	20,91542722
12	0	0,13249833	1660,271812	-318,5787342	-169,2449525	1172,448126	28,626718	21,16080214
13	0	0,123716456	1474,841358	-382,4299686	-203,1659208	889,2454683	27,37062384	21,39345625
14	0	0,103882519	1181,432977	-433,080521	-230,0740268	518,2784289	26,37421613	21,57801116
15	0	0,078437384	845,4702426	-463,7164316	-246,3493543	135,4044567	25,77154041	21,68963892
16	0	0,052036418	507,9253126	-471,9074858	-250,7008519	-214,6830251	25,61040437	21,71948458
17	0	0,026347117	170,7293208	-458,8389031	-243,7581673	-531,8677496	25,86749212	21,67186672
18	0	0	0	-426,7838462	-226,7289183	-653,5127644	26,49808556	21,55506803
19	0	0	0	-388,3346913	-206,3028048	-594,6374961	27,25446497	21,41497123
20	0	0	0	-354,3203668	-188,2326949	-542,5530616	27,92360151	21,29103357
21	0	0	0	-324,0290601	-172,1404382	-496,1694983	28,51949811	21,18066144
22	0	0	0	-296,9062049	-157,7314214	-454,6376263	29,0530643	21,08183417
23	0	0	0	-272,5100911	-144,7709859	-417,281077	29,53298949	20,99294229
24	0	0	0	-250,4824242	-133,0687878	-383,551212	29,96632213	20,9126803

Πίνακας Μελέτης 78 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-224,064823	-119,0344372	-343,0992602	30,48601442	20,81642275
2	0	0	0	-206,5192986	-109,7133774	-316,232676	30,83117346	20,7524923
3	0	0	0	-190,5287299	-101,2183878	-291,7471177	31,1457431	20,69422763
4	0	0	0	-175,9252923	-93,46031156	-269,3856039	31,43302483	20,64101723
5	0	0	0	-162,5644011	-86,36233809	-248,9267392	31,69586293	20,59233428
6	0	0	0	-150,3206021	-79,85781988	-230,178422	31,93672537	20,54772167
7	0	0	266,5256512	-139,0843508	-73,88856135	53,55273904	32,15776714	20,50678026
8	0,02516837	0,015962132	1591,145392	-141,6805799	-75,26780809	1374,197004	32,10669361	20,51624011
9	0,142606365	0,061810262	3700,049849	-208,4074317	-110,7164481	3380,92597	30,79402973	20,75937207
10	0,264438962	0,102139758	5515,888546	-379,5729807	-201,648146	4934,667419	27,42682708	21,38304627
11	0,358111622	0,126527026	6770,405989	-660,0708332	-350,6626301	5759,672525	21,90881765	22,40509349
12	0,427678761	0,13249833	7331,117921	-1069,921902	-568,3960105	5692,800008	13,84614607	23,89846372
13	0,447451811	0,123716456	7152,862462	-1710,901548	-908,9164476	4533,044465	2,5	26,23399484
14	0,428786013	0,103882519	6399,219154	-4537,715275	-2410,66124	-549,1573613	2,5	36,53402771
15	0,376427903	0,078437384	4986,824364	-4195,259873	-2228,731807	-1437,167316	2,5	35,28622639
16	0,262669955	0,052036418	2380,755944	-3299,040052	-1752,615028	-2670,899135	2,5	32,0206792
17	0,026347117	0,026347117	341,4586416	-1633,46311	-867,7772773	-2159,781746	2,760051567	25,95183318
18	0	0	0	-413,5191225	-219,6820338	-633,2011563	26,75903184	21,50673549
19	0	0	0	-376,6282842	-200,083776	-576,7120602	27,48475573	21,37231671
20	0	0	0	-343,9157362	-182,7052349	-526,6209711	28,12828347	21,25312232
21	0	0	0	-314,7278839	-167,1991883	-481,9270722	28,70247269	21,14677084
22	0	0	0	-288,5515252	-153,2929978	-441,844523	29,21741922	21,0513923
23	0	0	0	-264,9752689	-140,7681116	-405,7433805	29,68121601	20,96548773
24	0	0	0	-243,6636238	-129,4463002	-373,109924	30,10046292	20,88783471



Διάγραμμα 22 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{eff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Πίνακας μελέτης 79: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Triangular Function	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	21,43127392	20,86616528	20,50678026	20,96105065	20,49975932
Μέγιστη Τιμή	37,59006708	32,15491215	36,53402771	22,34125469	21,71948458
Διασπορά	4,884829682	2,875752686	4,712408542	0,464113736	0,413520294
Μέση Τιμή	24,66807034	23,0157581	23,23848472	21,58818619	21,04090314

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	20,65454193	20,35429012	20,32574728	20,59294744	20,34600023
Μέγιστη Τιμή	38,91907548	33,40363695	37,07936349	23,15126283	22,16296589
Διασπορά	6,263291443	4,219430764	5,728607878	0,849458135	0,607434886
Μέση Τιμή	24,74241598	22,94735526	23,81656433	21,46330847	20,97718578

Η συγκεκριμένη υποενοότητα αφορά σε δωμάτια διατεταγμένα κατά Νότο και Βορρά. Η ημερομηνία μελέτης είναι η 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Εν γένει, οι μορφές των καμπυλών  $T_{pcm}(t)$  που προκύπτουν μέσω του υπολογισμού της  $C_{peff}(T_{pcm})$  με βάση την απλουστευμένη μέθοδο της τριγωνικής συνάρτησης δεν εμφανίζουν σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις αντίστοιχες που προκύπτουν βάσει υπολογισμού της  $C_{peff}(T_{pcm})$  μέσω της ακριβούς μεθόδου των πολυωνυμικών συναρτήσεων.

Αξίζει να παρατηρηθεί ότι γενικότερα παρουσιάζεται μια μικρή υστέρηση (της τάξεως της μιας περίπου ώρας) στην εμφάνιση των μέγιστων τιμών της  $T_{pcm}$  σε κάθε περίπτωση μελέτης. Αυτό οφείλεται στη γραμμικότητα της τριγωνικής συνάρτησης που δεν εισάγει τόσο άμεσα, μέσω του ενεργειακού ισολογισμού, την αύξηση της  $G_t$  στην  $T_{pcm}$  όσο η μέθοδος των προσαρμοσμένων πολυωνυμικών συναρτήσεων. Αυτή ουσιαστικά είναι και η αιτία που οι μέγιστες τιμές θερμοκρασίας του στρώματος του ΥΑΦ προκύπτουν, ανά περίπτωση μελέτης, λίγο χαμηλότερες (στην πλειοψηφία των περιπτώσεων κατά 1°C) όταν χρησιμοποιείται η τριγωνική συνάρτηση. Οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας του στρώματος του ΥΑΦ δεν παρουσιάζουν αξιόλογες διαφορές μεταξύ των δύο μεθόδων (μικρότερες του 1°C). Αξιοσημείωτο είναι τέλος το γεγονός ότι η χρήση της τριγωνικής συνάρτησης για τον υπολογισμό της  $C_{peff}(T_{pcm})$  δίνει αποτελέσματα τιμών  $T_{pcm}$  με μικρότερη διασπορά, γεγονός που και πάλι οφείλεται στη γραμμικότητα της συνάρτησης.

Πολύ απλουστευμένα μπορεί να αναφερθεί ότι οι ελαφρώς μειωμένες τιμές της  $T_{pcm}$  που δίνει, μέσω του ενεργειακού ισολογισμού, η χρήση της τριγωνικής συνάρτησης σε σχέση με τη χρήση των πολυωνυμικών συναρτήσεων, για τις πρωινές έως μεσημεριανές ώρες, εξαιτίας της «κράτυσης» που εισάγει η γραμμικότητά της στη μετάφραση της μεταβολής της ηλιακής φόρτισης σε μεταβολή της θερμοκρασίας, εξισορροπείται εν μέρει από τη συνέχιση του φαινομένου κατά τις μεσημεριανές προς απογευματινές ώρες, όπου η χρήση της τριγωνικής συνάρτησης δίνει ελαφρώς υψηλότερες θερμοκρασίες  $T_{pcm}$  σε σχέση με τη χρήση των πολυωνυμικών συναρτήσεων. Η «χρονική υστέρηση» πάντως που εισάγει η τριγωνική συνάρτηση μεταξύ του μέγιστου της ηλιακής ακτινοβολίας και μετάφρασής του σε αντίστοιχη αύξηση της  $T_{pcm}$ , δεν επιτρέπει την ανάπτυξη αντίστοιχα υψηλής μέγιστης  $T_{pcm}$  σε σχέση με τη χρήση των προσαρμοσμένων πολυωνυμικών συναρτήσεων στους υπολογισμούς. Όλα τα προαναφερθέντα εντοπίζονται προφανώς και κατά την συγκριτική παρατήρηση των καμπυλών  $T_{pcm}(t)$  που δίνουν οι δύο μέθοδοι.

Πίνακας Μελέτης 80 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-537,0931068	-537,0931068	24,32805989	21,95700077
2	0	0	-502,6748141	-502,6748141	25,00514338	21,83159119
3	0	0	-471,3343807	-471,3343807	25,6216786	21,71739636
4	0	0	-442,6550665	-442,6550665	26,18586377	21,61289783
5	0	0	-416,3011142	-416,3011142	26,70430395	21,5168722
6	0	0	-391,9973506	-391,9973506	27,18241241	21,42831682
7	0	27,61830196	-369,5149669	-341,8966649	27,62469032	21,34639798
8	0,004262084	607,3167454	-350,219972	257,0967734	28,00426529	21,27609301
9	0,089459636	1999,236319	-364,5326093	1634,703709	27,72270425	21,32824382
10	0,219064487	3448,855661	-456,4612158	2992,394445	25,91426646	21,66320316
11	0,313166325	4486,485574	-636,4838619	3850,001712	22,37282523	22,31914987
12	0,37919256	5041,919917	-904,7632541	4137,156663	17,09517978	23,29667681
13	0,398881501	5128,585299	-1282,053446	3846,531853	9,67305223	24,6714053
14	0,392566847	4762,791952	-1901,998246	2860,793706	2,5	26,93029196
15	0,342431911	3660,224584	-3685,993743	-25,76915935	2,5	33,43061849
16	0,222417562	1544,00014	-3669,924055	-2125,923915	2,5	33,37206553
17	0,015854064	102,7343377	-2344,194526	-2241,460188	2,5	28,54151812
18	0	0	-946,4163933	-946,4163933	16,27577095	23,44844794
19	0	0	-855,7621983	-855,7621983	18,05913827	23,11813215
20	0	0	-781,8862113	-781,8862113	19,51244135	22,84895096
21	0	0	-719,4151096	-719,4151096	20,74138526	22,62132563
22	0	0	-665,3410448	-665,3410448	21,805141	22,4242965
23	0	0	-617,7711011	-617,7711011	22,74094637	22,25096637
24	0	0	-575,419847	-575,419847	23,57408865	22,09665153



Πίνακας Μελέτης 81 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-325,8227843	-325,8227843	28,48421161	21,18719722
2	0	0	-307,9897819	-307,9897819	28,83502597	21,12221928
3	0	0	-291,3379054	-291,3379054	29,16260499	21,06154501
4	0	0	-275,7632696	-275,7632696	29,46899232	21,00479586
5	0	0	-261,1745104	-261,1745104	29,75598529	20,95163895
6	0	0	-247,4908063	-247,4908063	30,02517383	20,90177977
7	0	27,61830196	-234,6402845	-207,0219826	30,27797184	20,85495646
8	0,004262084	330,7009775	-223,9807828	106,7201947	30,48766768	20,81611654
9	0,046772018	859,6018126	-229,4379798	630,1638328	30,38031262	20,83600087
10	0,085882583	1273,666402	-261,7756298	1011,890772	29,74415995	20,95382924
11	0,110670874	1493,379925	-314,812654	1178,567271	28,70080508	21,14707971
12	0,119788991	1504,329179	-378,8314524	1125,497727	27,44141457	21,38034437
13	0,112360574	1317,260591	-442,7733246	874,4872663	26,18353737	21,61332873
14	0,090920382	1007,081057	-494,841504	512,2395531	25,15924181	21,80304903
15	0,064493362	665,8638025	-526,5826631	139,2811395	24,53482343	21,91870398
16	0,038263398	350,6811553	-535,4329346	-184,7517793	24,36071913	21,95095162
17	0,015854064	102,7343377	-523,609443	-420,8751053	24,5933132	21,90787048
18	0	0	-496,9295909	-496,9295909	25,11816455	21,81065737
19	0	0	-466,0867638	-466,0867638	25,72491076	21,69827567
20	0	0	-437,8405584	-437,8405584	26,28057572	21,59535526
21	0	0	-411,8671864	-411,8671864	26,79152905	21,50071634
22	0	0	-387,9005596	-387,9005596	27,26300529	21,41338938
23	0	0	-365,718907	-365,718907	27,69936717	21,33256632
24	0	0	-345,1351433	-345,1351433	28,10429505	21,25756547

Πίνακας Μελέτης 82 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

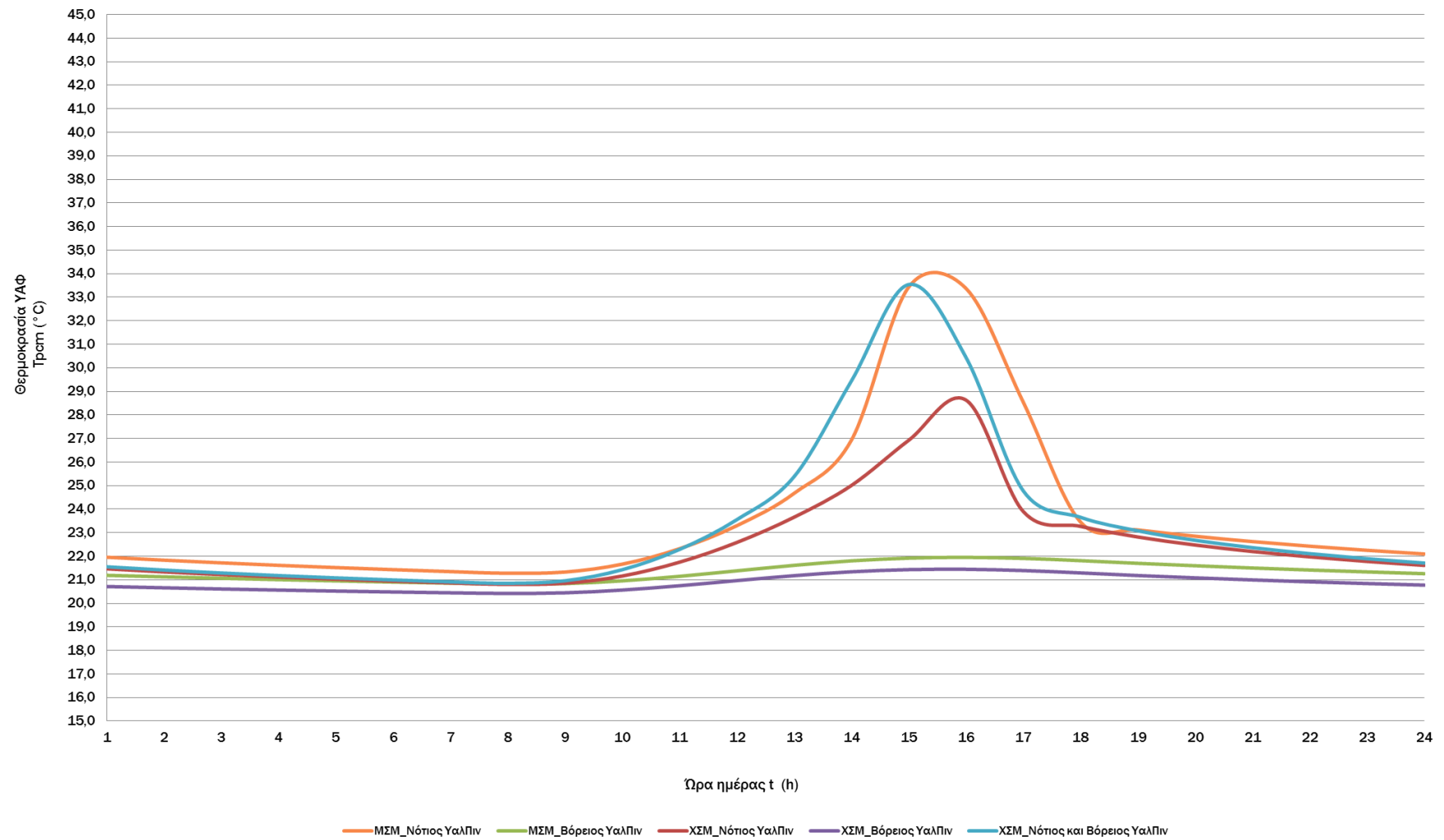
Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-401,3200398	-213,2012711	-614,5213109	26,99901462	21,46228581
2	0	0	0	-365,8357387	-194,3502362	-560,1859749	27,69706883	21,33299202
3	0	0	0	-334,3041653	-177,5990878	-511,9032531	28,3173642	21,21810074
4	0	0	0	-306,1214857	-162,6270393	-468,7485249	28,87177947	21,11541179
5	0	0	0	-280,8102362	-149,180438	-429,9906742	29,36970739	21,02318545
6	0	0	0	-257,9854543	-137,0547726	-395,0402268	29,81872103	20,94001902
7	0	0	27,61830196	-237,331675	-126,0824523	-335,7958254	30,22502628	20,86476305
8	0,004262084	0	607,3167454	-220,0113584	-116,8810341	270,4243528	30,56575498	20,80165318
9	0,089459636	0	1999,236319	-233,8043316	-124,2085512	1641,223436	30,29441688	20,8519105
10	0,219064487	0	3448,855661	-318,2645759	-169,078056	2961,513029	28,63289819	21,15965745
11	0,313166325	0	4486,485574	-479,51303	-254,7412972	3752,231247	25,46078659	21,74719683
12	0,37919256	0	5041,919917	-709,2680452	-376,798649	3955,853223	20,94100033	22,58435287
13	0,398881501	0	5128,585299	-1003,77121	-533,2534555	3591,560633	15,14747561	23,65743111
14	0,392566847	0	4762,791952	-1373,420743	-729,6297699	2659,741439	7,875656625	25,00431941
15	0,342431911	0	3660,224584	-1899,922552	-1009,333856	750,9681757	2,5	26,92272878
16	0,222417562	0	1544,00014	-2368,227499	-1258,120859	-2082,348218	2,5	28,62908682
17	0,015854064	0	102,7343377	-1069,671844	-568,2631671	-1535,200673	13,85106526	23,89755259
18	0	0	0	-896,8776293	-476,4662406	-1373,34387	17,25030735	23,26794404
19	0	0	0	-772,7610845	-410,5293262	-1183,290411	19,69195266	22,81570183
20	0	0	0	-679,0804587	-360,7614937	-1039,841952	21,53485652	22,47435867
21	0	0	0	-603,8016785	-320,7696417	-924,5713202	23,01575563	22,20006613
22	0	0	0	-541,1745642	-287,4989872	-828,6735514	24,24776865	21,97187234
23	0	0	0	-487,8952141	-259,1943325	-747,0895465	25,2958906	21,77773891
24	0	0	0	-441,8515468	-234,7336343	-676,5851811	26,20167076	21,60997006

Πίνακας Μελέτης 83 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-195,523749	-103,8719917	-299,3957407	31,0474801	20,71242793
2	0	0	0	-180,4900282	-95,88532747	-276,3753557	31,34322644	20,65764971
3	0	0	0	-166,7431895	-88,58231944	-255,325509	31,61365697	20,60756049
4	0	0	0	-154,152002	-81,89325109	-236,0452531	31,86135331	20,56168211
5	0	0	0	-142,6021007	-75,75736601	-218,3594667	32,08856526	20,51959785
6	0	0	0	-131,9932352	-70,12140618	-202,1146413	32,68732419	20,48094243
7	0	0	27,61830196	-122,3534884	-65,0002907	-159,7354771	32,4900257	20,44581818
8	0	0,004262084	330,7009775	-114,6887286	-60,92838705	155,0838619	32,33314964	20,41789017
9	0	0,046772018	859,6018126	-122,1663903	-64,90089486	672,5345274	32,48619633	20,44513645
10	0	0,085882583	1273,666402	-154,4411444	-82,04685797	1037,178399	31,85566525	20,56273565
11	0	0,110670874	1493,379925	-205,2002552	-109,0126356	1179,167035	30,85712194	20,74768612
12	0	0,119788991	1504,329179	-264,7756781	-140,662079	1098,891422	29,6851424	20,96476049
13	0	0,112360574	1317,260591	-322,4872452	-171,321349	823,4519967	28,549829	21,17504355
14	0	0,090920382	1007,081057	-367,4530113	-195,2094122	444,4186336	27,66525352	21,33888486
15	0	0,064493362	665,8638025	-392,4970765	-208,5140719	64,85265412	27,1725817	21,43013767
16	0	0,038263398	350,6811553	-396,2179429	-210,4907822	-256,0275698	27,09938408	21,44369535
17	0	0,015854064	102,7343377	-381,4888997	-202,665978	-481,42054	27,38913674	21,39002728
18	0	0	0	-354,0861911	-188,108289	-542,1944802	27,92820826	21,29018031
19	0	0	0	-323,8198977	-172,0293206	-495,8492183	28,52361279	21,17989932
20	0	0	0	-296,7184605	-157,6316821	-454,3501427	29,05675764	21,08115008
21	0	0	0	-272,3408722	-144,6810883	-417,0219605	29,5363184	20,99232571
22	0	0	0	-250,3293648	-132,987475	-383,3168398	29,96933314	20,9121226
23	0	0	0	-230,3892322	-122,3942796	-352,7835118	30,36159939	20,83946694
24	0	0	0	-212,2745444	-112,7708517	-325,0453961	30,71795512	20,77346263

Πίνακας Μελέτης 84 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-425,626164	-226,1138996	-651,7400637	26,52085971	21,55084979
2	0	0	0	-387,3142331	-205,7606863	-593,0749194	27,27453962	21,41125299
3	0	0	0	-353,4142602	-187,7513257	-541,1655859	27,94142662	21,287732
4	0	0	0	-323,2196925	-171,7104617	-494,9301542	28,53542015	21,17771236
5	0	0	0	-296,1796815	-157,3454558	-453,5251373	29,06735661	21,07918694
6	0	0	0	-271,8552306	-144,4230913	-416,2783218	29,54587204	20,99055618
7	0	0	55,23660391	-249,8900791	-132,7541045	-327,4075797	29,97797486	20,91052198
8	0,004262084	0,004262084	938,0177229	-232,8632546	-123,708604	581,4458643	30,31292993	20,84848151
9	0,089459636	0,046772018	2858,838131	-262,7672069	-139,5950787	2456,475846	29,72465345	20,95744224
10	0,219064487	0,085882583	4722,522063	-391,6048938	-208,0400998	4122,877069	27,1901329	21,42688683
11	0,313166325	0,110670874	5979,865499	-627,9987997	-333,6243624	5018,242337	22,53974506	22,28823294
12	0,37919256	0,119788991	6546,249096	-975,0949938	-518,0192155	5053,134887	15,71159983	23,55294386
13	0,398881501	0,112360574	6445,84589	-1476,498889	-784,3900345	4184,956966	5,847882891	25,37990422
14	0,392566847	0,090920382	5769,873009	-2592,178639	-1377,094902	1800,599468	2,5	29,44509535
15	0,342431911	0,064493362	4326,088387	-3715,035326	-1973,612517	-1362,559457	2,5	33,53643702
16	0,222417562	0,038263398	1894,681295	-2865,341085	-1522,212452	-2492,872242	2,5	30,44041462
17	0,015854064	0,015854064	205,4686753	-1310,781997	-696,352936	-1801,666258	9,107898472	24,77608324
18	0	0	0	-1002,389797	-532,5195797	-1534,909377	15,17465104	23,65239767
19	0	0	0	-844,6972212	-448,7453987	-1293,44262	18,2768107	23,07781481
20	0	0	0	-734,3671306	-390,1325381	-1124,499669	20,44724614	22,67580616
21	0	0	0	-648,6294506	-344,5843956	-993,2138462	22,1338948	22,36340463
22	0	0	0	-578,6722947	-307,4196565	-886,0919512	23,51010585	22,10850245
23	0	0	0	-519,9136962	-276,2041511	-796,1178473	24,66601667	21,89440433
24	0	0	0	-469,5954425	-249,4725788	-719,0680214	25,65588734	21,71106021



Διάγραμμα 23 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος YAΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία MΣM (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Γαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Πίνακας μελέτης 85: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Triangular Function	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	21,27609301	20,80165318	20,84848151	20,81611654	20,41789017
Μέγιστη Τιμή	33,43061849	28,62908682	33,53643702	21,95095162	21,44369535
Διασπορά	3,486074465	1,981471539	3,327283599	0,380351246	0,34648763
Μέση Τιμή	23,62702126	22,47209581	23,27263018	21,33416387	20,87376183

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	20,6239172	20,34819403	20,33771438	20,54533303	20,30498034
Μέγιστη Τιμή	36,78217067	31,97250982	35,27650844	22,47478796	21,73153646
Διασπορά	5,234271725	3,533991252	4,854688785	0,64066386	0,467702722
Μέση Τιμή	24,01054369	22,53514866	23,24953808	21,24002942	20,81893573

Η συγκεκριμένη ενότητα αφορά σε δύο δωμάτια διατεταγμένα κατά Νότο και Βορρά αντίστοιχα. Η ημερομηνία μελέτης είναι η 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Η μειωμένη ηλιακή φόρτιση της ενδιάμεσης τοιχοποιίας και συνεπώς του στρώματος του ΥΑΦ, λόγω της μειωμένης ηλιακής ακτινοβολίας για όλες τις περιπτώσεις μελέτης κατά το μήνα Δεκέμβριο, έχει ως αποτέλεσμα μειωμένες τιμές αναπτυσσόμενης  $T_{pcm}$ . Οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας του ΥΑΦ που προκύπτουν με βάση τις δύο μεθόδους υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας  $C_{peff}(T_{pcm})$  είναι και πάλι παρόμοιες (διαφορές της τάξης του 1 έως 1,6%).

Στις μέγιστες τιμές της  $T_{pcm}$  όμως παρουσιάζεται μεγαλύτερη μείωση όταν οι υπολογισμοί γίνονται βάσει της τριγωνικής συνάρτησης αντί των πολυωνυμικών συναρτήσεων, κυρίως φυσικά στις περιπτώσεις νότιας ηλιακής φόρτισης όπου οι τιμές της  $G_t$  είναι πολύ υψηλότερες. Παραδείγματος χάρη, για την περίπτωση ύπαρξης μόνωσης στην ενδιάμεση τοιχοποιία (συνεπώς θερμικής συναλλαγής προς μία μόνο κατεύθυνση), η μέγιστη θερμοκρασία που αναπτύσσει το ΥΑΦ στις περιπτώσεις αποκλειστικά νότιας και βόρειας ηλιακής φόρτισης προκύπτει μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων  $T_{pcm_{max}}^{vor\gamma al} \approx 36,78^\circ C$  και  $T_{pcm_{max}}^{bor\gamma al} \approx 22,47^\circ C$ , ενώ μέσω της τριγωνικής συνάρτησης  $T_{pcm_{max}}^{vor\gamma al} \approx 33,43^\circ C$  (μείωση 9%) και  $T_{pcm_{max}}^{bor\gamma al} \approx 21,95^\circ C$  (μείωση 2,3%) αντίστοιχα. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται, όπως προαναφέρθηκε, στη φύση της τριγωνικής συνάρτησης η οποία, λόγω της γραμμικότητάς της, δεν ευνοεί τη άμεση μετάφραση της έντονης αύξησης της ηλιακής ακτινοβολίας σε αντίστοιχη αύξηση της θερμοκρασίας του στρώματος του ΥΑΦ.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η παρατήρηση ότι στην περίπτωση ενδιάμεσης τοιχοποιίας χωρίς στρώμα μόνωσης, φορτιζόμενη αποκλειστικά από το νότιο προσανατολισμό (ΧΣΜ\_Νότιος ΥαλΠιν») υπάρχει μια αξιοσημείωτη υστέρηση στην εμφάνιση μέγιστης τιμής  $T_{pcm}$  (της τάξεως των δύο ωρών) όταν οι υπολογισμοί γίνονται βάσει της απλουστευμένης μεθόδου της τριγωνικής συνάρτησης σε σχέση με την ακριβή μέθοδο των πολυωνυμικών συναρτήσεων.

Η αιτία της προαναφερθείσας απόκλισης εμφανίζεται στις 12:00 όπου, ενώ τόσο η  $T_{pcm}$  όσο και το σύνολο της  $Q_{tot}$  δεν παρουσιάζουν εξαιρετικές διαφορές μεταξύ των δύο περιπτώσεων, η ενεργός θερμοχωρητικότητα στην περίπτωση χρήσης των πολυωυμικών συναρτήσεων είναι περίπου τέσσερις φορές μικρότερη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αμέσως επόμενη ώρα (13:00) ο ενεργειακός ισολογισμός να δώσει  $T_{pcm}$  με απόκλιση 3,4°C μεταξύ των δύο περιπτώσεων. Η μεγαλύτερη θερμοκρασία, σε συνδυασμό με τη συνεπαγόμενη επιπλέον μείωση της ενεργού θερμοχωρητικότητας ( $C_{peff}=C_{pl}$ ) καθώς και την άμεση μείωση του θερμικού κέρδους του ΥΑΦ εξαιτίας της αύξησης των θερμικών του απωλειών, προκαλούν μέγιστη τιμή  $T_{pcm}$  την αμέσως επόμενη ώρα (14:00) για την πρώτη περίπτωση (πολυωυμικών συναρτήσεων).

Στη δεύτερη περίπτωση όμως, δηλαδή κατά τη χρήση της τριγωνικής συνάρτησης, η υψηλή τιμή της ενεργού θερμοχωρητικότητας στις 12:00 δεν επιτρέπει, μέσω του ενεργειακού ισολογισμού, την έντονη αύξηση της  $T_{pcm}$  την αμέσως επόμενη ώρα. Αυτή η «κράτωση» που εισάγει η εν λόγω μέθοδος στη θερμοκρασία του ΥΑΦ προκαλεί την έντονη υστέρηση στην εμφάνιση της μέγιστης τιμής της, εξαιτίας της μικρότερης ωριαίας αύξησης της  $T_{pcm}$ .

Το φαινόμενο παρατηρείται στη συγκεκριμένη περίπτωση μελέτης και όχι, παραδείγματος χάρη, στην περίπτωση νότιας ηλιακής φόρτισης μονωμένης ενδιάμεσης τοιχοποιίας (δηλαδή θερμικής συναλλαγής προς μία μόνο κατεύθυνση), εξαιτίας των υψηλότερων τιμών της θερμοκρασίας του ΥΑΦ στη δεύτερη περίπτωση (λόγω των μειωμένων θερμικών του απωλειών). Υψηλότερες θερμοκρασίες ΥΑΦ σημαίνουν, και στις δύο περιπτώσεις, χαμηλότερες τιμές ενεργού θερμοχωρητικότητας. Συνεπώς, μέσω του ενεργειακού ισολογισμού η  $C_{peff}$ , όπως δίδεται από την τριγωνική συνάρτηση, είναι γενικά χαμηλότερη και λαμβάνει γρηγορότερα την ελάχιστη τιμή της  $C_{pl}$ , προσεγγίζοντας έτσι καλύτερα τη συμπεριφορά της  $T_{pcm}$  όπως αυτή προκύπτει με χρήση των πολυωυμικών συναρτήσεων.

Πίνακας Μελέτης 86 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ώρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p,eff</sub> (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>pcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-542,6951544	-542,6951544	24,2178553	21,9774129
2	0	0	-507,7596125	-507,7596125	24,90511421	21,85011862
3	0	0	-475,9750061	-475,9750061	25,5303873	21,73430536
4	0	0	-446,9097626	-446,9097626	26,10216454	21,62840063
5	0	0	-420,2171834	-420,2171834	26,62726626	21,53114114
6	0	0	-395,6138219	-395,6138219	27,11126847	21,44149412
7	0	86,07959491	-372,8644799	-286,784885	27,55879804	21,35860257
8	0,013283888	774,8401261	-356,6410302	418,1990959	27,87794896	21,29948935
9	0,106290205	2131,693131	-380,0277597	1751,665371	27,41788058	21,38470334
10	0,222674784	3438,620118	-479,62894	2958,991178	25,45850639	21,74761917
11	0,307976469	4365,667602	-660,8288471	3704,838755	21,89390585	22,40785545
12	0,365737667	4846,729194	-924,6400814	3922,089112	16,70415888	23,36910181
13	0,382214369	4930,491572	-1290,68979	3639,801782	9,503156354	24,70287346
14	0,37866396	4566,815415	-1887,803551	2679,011864	2,5	26,87857089
15	0,326091505	3621,240786	-3558,439603	62,80118269	2,5	32,96585075
16	0,232741949	1623,313351	-3597,60252	-1974,289169	2,5	33,10854828
17	0,01776937	115,1455192	-2366,43266	-2251,28714	2,5	28,62254699
18	0	0	-962,5264241	-962,5264241	15,95885123	23,50714789
19	0	0	-868,4981952	-868,4981952	17,80859321	23,16453818
20	0	0	-792,4679261	-792,4679261	19,30427576	22,88750745
21	0	0	-728,4685999	-728,4685999	20,56328321	22,65431374
22	0	0	-673,2398007	-673,2398007	21,64975511	22,45307712
23	0	0	-624,7596439	-624,7596439	22,60346637	22,27643046
24	0	0	-581,6687857	-581,6687857	23,45115829	22,11942073



Πίνακας Μελέτης 87 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλασσόμενης θερμότητας	$c_{p\text{eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-351,0047578	-351,0047578	27,98882683	21,27895252
2	0	0	-331,4534628	-331,4534628	28,37344379	21,20771366
3	0	0	-313,241459	-313,241459	28,73171394	21,14135477
4	0	0	-296,2447466	-296,2447466	29,06607664	21,07942402
5	0	0	-280,3552015	-280,3552015	29,37865892	21,02152744
6	0	0	-265,47791	-265,47791	29,67132795	20,9673192
7	0	86,07959491	-251,5290529	-165,449458	29,94573264	20,91649389
8	0,013283888	448,0845438	-242,9155932	205,1689507	30,11517833	20,88510911
9	0,055864961	969,1135406	-253,5367891	715,5767516	29,90623606	20,92380946
10	0,093689597	1368,862603	-290,8396109	1078,022992	29,17240754	21,05972938
11	0,117554631	1585,498236	-348,4502871	1237,047949	28,03907888	21,26964482
12	0,127121022	1595,859792	-417,2315288	1178,628263	26,68600064	21,52026234
13	0,119153637	1394,470211	-486,087337	908,382874	25,33145552	21,77115156
14	0,096042383	1067,664126	-541,9930273	525,6710988	24,23166768	21,97485457
15	0,068720599	715,8202123	-575,813371	140,0068413	23,56634717	22,09808541
16	0,041745483	385,6562484	-585,0753589	-199,4191105	23,3841435	22,13183323
17	0,01776937	115,1455192	-571,7802307	-456,6347115	23,6456879	22,0833899
18	0	0	-541,673459	-541,673459	24,23795429	21,97369016
19	0	0	-506,8326031	-506,8326031	24,92335053	21,84674088
20	0	0	-475,1292396	-475,1292396	25,54702539	21,73122365
21	0	0	-446,1345383	-446,1345383	26,1174149	21,62557595
22	0	0	-419,5038201	-419,5038201	26,64129968	21,52854187
23	0	0	-394,9551634	-394,9551634	27,12422573	21,43909417
24	0	0	-372,2545461	-372,2545461	27,57079678	21,35638016

Πίνακας Μελέτης 88 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

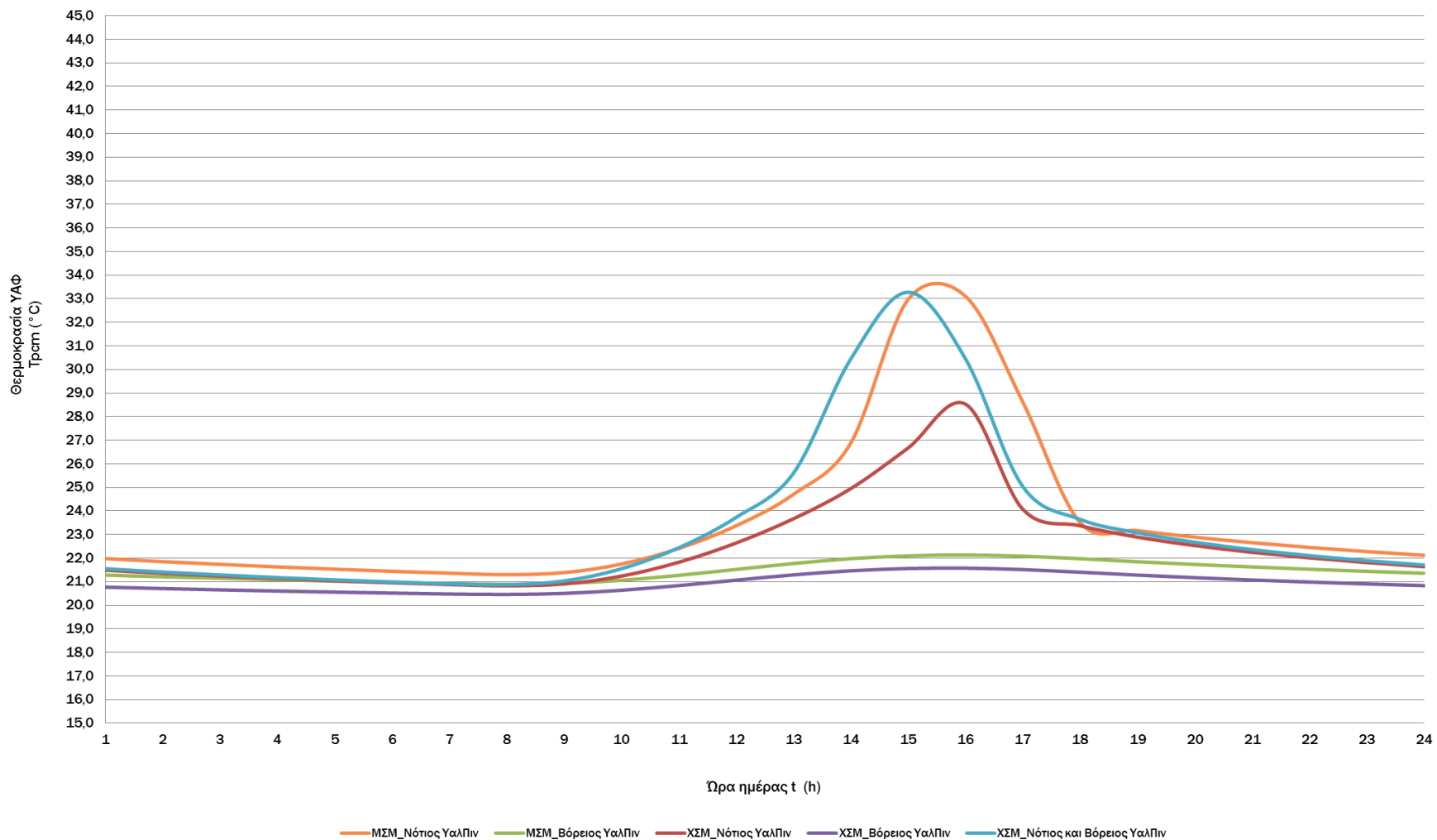
Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλασσομένης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-408,3314472	-216,9260813	-625,2575285	26,86108482	21,48783321
2	0	0	0	-372,041812	-197,6472126	-569,6890246	27,57498172	21,35560502
3	0	0	0	-339,8333608	-180,536473	-520,3698338	28,20859277	21,23824741
4	0	0	0	-311,0740873	-165,2581089	-476,3321961	28,77435091	21,13345754
5	0	0	0	-285,2662493	-151,547695	-436,8139443	29,28204782	21,03942178
6	0	0	0	-262,0098611	-139,1927387	-401,2025998	29,7395521	20,95468271
7	0	0	86,07959491	-240,9780566	-128,0195926	-282,9180542	30,15329393	20,87804933
8	0,013283888	0	774,8401261	-226,350455	-120,2486792	428,2409918	30,44105102	20,82475089
9	0,106290205	0	2131,693131	-248,2823327	-131,8999892	1751,510809	30,00960277	20,90466385
10	0,222674784	0	3438,620118	-339,2736172	-180,2391091	2919,107392	28,21960416	21,23620788
11	0,307976469	0	4365,667602	-500,54094	-265,9123744	3599,214287	25,04712137	21,82381601
12	0,365737667	0	4846,729194	-724,5662592	-384,9258252	3737,237109	20,64005083	22,64009482
13	0,382214369	0	4930,491572	-1006,850811	-534,8894932	3388,751268	15,0868931	23,66865222
14	0,37866396	0	4566,815415	-1357,027394	-720,9208031	2488,867218	8,198149845	24,94458713
15	0,326091505	0	3621,240786	-1830,32368	-972,359455	818,557651	2,5	26,66913206
16	0,232741949	0	1623,313351	-2340,777531	-1243,538063	-1961,002243	2,5	28,52906765
17	0,01776937	0	115,1455192	-1117,893418	-593,8808785	-1596,628778	12,90244088	24,07325705
18	0	0	0	-924,972511	-491,3916464	-1416,364157	16,69761926	23,37031308
19	0	0	0	-792,7310633	-421,1383774	-1213,869441	19,29909927	22,88846624
20	0	0	0	-694,6732602	-369,0451695	-1063,71843	21,22811184	22,531174
21	0	0	0	-616,5532056	-327,5438905	-944,0970961	22,76490506	22,24652874
22	0	0	0	-551,8988125	-293,1962441	-845,0950567	24,03679911	22,01094818
23	0	0	0	-497,0867495	-264,0773357	-761,1640851	25,11507289	21,81123001
24	0	0	0	-449,8379186	-238,9763943	-688,8143129	26,04456127	21,63906992

Πίνακας Μελέτης 89 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-210,391363	-111,7704116	-322,1617746	30,75500144	20,7666009
2	0	0	0	-194,0606375	-103,0947137	-297,1553512	31,07626272	20,7070968
3	0	0	0	-179,1532345	-95,17515584	-274,3283904	31,36952411	20,65277885
4	0	0	0	-165,5196503	-87,93231421	-253,4519645	31,63772668	20,60310229
5	0	0	0	-153,0303642	-81,29738099	-234,3277452	31,8834184	20,55759521
6	0	0	0	-141,5724371	-75,2103572	-216,7827943	32,10882101	20,51584607
7	0	0	86,07959491	-131,0468174	-69,61862177	-114,5858443	32,66795368	20,47749398
8	0	0,013283888	448,0845438	-125,578468	-66,71356113	255,7925147	32,55603196	20,45756901
9	0	0,055864961	969,1135406	-137,8275513	-73,22088661	758,0651028	32,18249115	20,50220087
10	0	0,093689597	1368,862603	-174,5502058	-92,72979683	1101,582601	31,4600758	20,63600684
11	0	0,117554631	1585,498236	-229,1391285	-121,730162	1234,628945	30,38619168	20,83491195
12	0	0,127121022	1595,859792	-292,4834083	-155,3818107	1147,994573	29,14007043	21,06571887
13	0	0,119153637	1394,470211	-353,9015199	-188,0101824	852,5585087	27,93184115	21,28950742
14	0	0,096042383	1067,664126	-401,4867146	-213,2898171	452,8875944	26,99573576	21,46289312
15	0	0,068720599	715,8202123	-427,640977	-227,184269	60,99496628	26,48122391	21,55819115
16	0	0,041745483	385,6562484	-431,2318758	-229,091934	-274,6675614	26,41058304	21,57127527
17	0	0,01776937	115,1455192	-415,0183822	-220,4785155	-520,3513785	26,7295381	21,51219832
18	0	0	0	-384,6688168	-204,3553089	-589,0241257	27,32658078	21,40161392
19	0	0	0	-351,0645047	-186,5030181	-537,5675227	27,98765148	21,27917022
20	0	0	0	-321,1202307	-170,5951226	-491,7153533	28,57672118	21,17006257
21	0	0	0	-294,2946834	-156,3440505	-450,6387339	29,10443867	21,07231859
22	0	0	0	-270,155837	-143,5202884	-413,6761253	29,57930285	20,98436412
23	0	0	0	-248,3526618	-131,9373516	-380,2900133	30,00821924	20,90492011
24	0	0	0	-228,59562	-121,4414231	-350,0370432	30,39688368	20,83293157

Πίνακας Μελέτης 90 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλασσομένης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-425,2289154	-225,9028613	-651,1317766	26,52867447	21,54940234
2	0	0	0	-386,9640173	-205,5746342	-592,5386515	27,28142914	21,40997691
3	0	0	0	-353,1032505	-187,5861018	-540,6893523	27,94754486	21,28659878
4	0	0	0	-322,9418588	-171,5628625	-494,5047213	28,54088575	21,17670002
5	0	0	0	-295,9302646	-157,2129531	-453,1432177	29,07226319	21,07827814
6	0	0	0	-271,6303995	-144,3036497	-415,9340492	29,55029496	20,98973697
7	0	0	172,1591898	-249,6866986	-132,6460586	-210,1735674	29,9819758	20,90978092
8	0,013283888	0,013283888	1222,92467	-238,7580851	-126,8402327	857,3263521	30,19696565	20,86996044
9	0,106290205	0,055864961	3100,806671	-283,0199888	-150,354369	2667,432313	29,3262367	21,0312371
10	0,222674784	0,093689597	4807,482722	-424,8226213	-225,6870176	4156,973083	26,53666717	21,54792193
11	0,307976469	0,117554631	5951,165837	-669,0408382	-355,4279453	4926,697054	21,73235793	22,4377774
12	0,365737667	0,127121022	6442,588986	-1022,464994	-543,1845283	4876,939463	14,77972778	23,72554546
13	0,382214369	0,119153637	6324,961783	-1536,897202	-816,4766384	3971,587943	4,659715286	25,59997694
14	0,37866396	0,096042383	5634,479541	-2865,673959	-1522,389291	1246,416291	2,5	30,44162751
15	0,326091505	0,068720599	4337,060998	-3642,941137	-1935,312479	-1241,192619	2,5	33,27374814
16	0,232741949	0,041745483	2008,9696	-2868,93145	-1524,119833	-2384,081683	2,5	30,45349679
17	0,01776937	0,01776937	230,2910384	-1382,214327	-734,3013611	-1886,224649	7,702667505	25,0363605
18	0	0	0	-1000,446359	-531,4871285	-1531,933488	15,21288273	23,64531638
19	0	0	0	-843,4550495	-448,085495	-1291,540545	18,30124695	23,07328872
20	0	0	0	-733,4343038	-389,6369739	-1123,071278	20,46559689	22,67240723
21	0	0	0	-647,8823119	-344,1874782	-992,0697901	22,14859266	22,36068229
22	0	0	0	-578,052108	-307,0901824	-885,1422904	23,52230629	22,10624268
23	0	0	0	-519,3869275	-275,9243052	-795,3112327	24,67637937	21,89248495
24	0	0	0	-469,1407649	-249,2310314	-718,3717963	25,66483185	21,70940351



Διάγραμμα 24 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου

Πίνακας μελέτης 91: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Triangular Function	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	21,29948935	20,82475089	20,86996044	20,88510911	20,45756901
Μέγιστη Τιμή	33,10854828	28,52906765	33,27374814	22,13183323	21,57127527
Διασπορά	3,389854615	1,937583785	3,384893364	0,418526598	0,377529981
Μέση Τιμή	23,62796127	22,49580236	23,34491467	21,45132926	20,950682

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	20,63798914	20,35578398	20,34636174	20,5697825	20,3255861
Μέγιστη Τιμή	36,2016831	31,51971127	35,04507377	22,8037944	21,95962357
Διασπορά	5,123002565	3,423672104	4,923254109	0,736854427	0,539079475
Μέση Τιμή	24,00065822	22,49887913	23,33574021	21,34128274	20,89741784

Συνεχίζοντας τη μελέτη για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου, τα αποτελέσματα δεν εμφανίζουν νέες διαφορές μεταξύ των δύο περιπτώσεων υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα μελέτης. Οι παρατηρήσεις που έγιναν για τον Δεκέμβριο ισχύουν και για τον Ιανουάριο. Στους παραπάνω πίνακες παρουσιάζονται συνοπτικά στατιστικές τιμές της θερμοκρασίας (ανά περίπτωση μελέτης) όπως αυτές προκύπτουν είτε μέσω του υπολογισμού της  $C_{peff}(T_{pcm})$  με βάση την απλουστευμένη μέθοδο της τριγωνικής συνάρτησης ή βάσει υπολογισμού της  $C_{peff}(T_{pcm})$  μέσω της ακριβούς μεθόδου των πολυωνυμικών συναρτήσεων.

Οι μέσες τιμές της  $T_{pcm}$  λαμβάνουν παρόμοιες τιμές και στις δύο περιπτώσεις (μέγιστη απόκλιση 1,6%). Οι μέγιστες τιμές της  $T_{pcm}$  που προκύπτουν στις περιπτώσεις χρήσης της τριγωνικής συνάρτησης είναι σε κάθε περίπτωση μειωμένες, με το φαινόμενο φυσικά να αμβλύνεται σημαντικά στις περιπτώσεις βόρειας ηλιακής φόρτισης, οπότε οι χαμηλές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας ούτως ή άλλως δεν προκαλούν αξιόλογη αύξηση της θερμοκρασίας του ΥΑΦ. Παραδείγματος χάρη, στις περιπτώσεις μονωμένης ενδιάμεσης τοιχοποιίας, η χρήση της τριγωνικής συνάρτησης δίνει μέγιστες τιμές  $T_{pcm}$  μειωμένες κατά 9,34% για νότια ηλιακή φόρτιση και 3,03% για βόρεια ηλιακή φόρτιση. Στην περίπτωση ενδιάμεσης τοιχοποιίας χωρίς στρώμα μόνωσης, η τιμή της  $T_{pcm,max}$  κατά τους υπολογισμούς βάσει της τριγωνικής συνάρτησης προκύπτει, για την περίπτωση νότιας ηλιακής φόρτισης, μειωμένη κατά 10,48% σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή μέσω της χρήσης των πολυωνυμικών συναρτήσεων. Για τη βόρεια ηλιακή φόρτιση η αντίστοιχη μείωση είναι της τάξης του 1,8%, ενώ για ηλιακή φόρτιση από δύο κατευθύνσεις η μείωση της  $T_{pcm,max}$  ανέρχεται στο 5,32%.

Η παρατήρηση για την εντονότερη χρονική υστέρηση εμφάνισης μέγιστης τιμής  $T_{pcm}$  που αναφέρθηκε στον προηγούμενο μήνα, για την περίπτωση μελέτης «ΧΣΜ\_Νότιος ΥαλΠιν», ισχύει και για τον Ιανουάριο.

Σημειώνεται τέλος η μεγαλύτερη διασπορά που παρατηρείται στις τιμές  $T_{pcm}$  που προκύπτουν μέσω χρήσης της μεθόδου των πολυωνυμικών συναρτήσεων. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην άμεση μετάφραση της αύξησης των επιπέδων ηλιακής φόρτισης σε ανάλογα αυξανόμενες τιμές της  $T_{pcm}$  που προσφέρει η εν λόγω μέθοδος, σε αντίθεση με την απλουστευμένη, γραμμική τριγωνική συνάρτηση.

Πίνακας Μελέτης 92 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $creff$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-626,5816997	-626,5816997	22,56762253	22,28306946
2	0	0	-583,2965307	-583,2965307	23,41913697	22,12535173
3	0	0	-544,4666793	-544,4666793	24,18300551	21,98386779
4	0	0	-509,3665875	-509,3665875	24,87350148	21,85597393
5	0	0	-477,4408639	-477,4408639	25,50155065	21,73964649
6	0	0	-448,2531407	-448,2531407	26,07573734	21,63329548
7	0	464,5272965	-421,4531919	43,07410461	26,60295125	21,53564478
8	0,071686311	1532,269063	-423,9774494	1108,291613	26,55329356	21,54484239
9	0,164774964	2776,145954	-489,0477587	2287,098195	25,27321752	21,78193842
10	0,263642622	3900,79419	-630,1297228	3270,664467	22,49782511	22,29599736
11	0,33833179	4709,275568	-856,7729144	3852,502653	18,03925526	23,12181489
12	0,388408266	5105,366803	-1189,717198	3915,649605	11,48950922	24,33496064
13	0,399456981	5090,597297	-1721,029125	3369,568172	2,5	26,27089659
14	0,386129021	4621,364915	-3822,297187	799,0677281	2,5	33,92726599
15	0,327044577	3713,099709	-4320,597091	-607,4973819	2,5	35,74291636
16	0,245964638	2195,550522	-3941,760759	-1746,210237	2,5	34,36255421
17	0,092854887	601,6996689	-2852,821283	-2251,121614	2,5	30,39479634
18	0	0	-1449,01827	-1449,01827	6,388487076	25,27977336
19	0	0	-1095,409472	-1095,409472	13,34474953	23,99133252
20	0	0	-967,4379645	-967,4379645	15,86223043	23,52504402
21	0	0	-872,3542603	-872,3542603	17,73273593	23,17858848
22	0	0	-795,6597356	-795,6597356	19,24148585	22,89913741
23	0	0	-731,1929529	-731,1929529	20,50968919	22,66424044
24	0	0	-675,6127486	-675,6127486	21,603074	22,46172341

Πίνακας Μελέτης 93 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης, 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>pcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-449,9799612	-449,9799612	26,04176698	21,63958748
2	0	0	-423,041676	-423,041676	26,57170228	21,54143272
3	0	0	-398,2211491	-398,2211491	27,05997661	21,45099441
4	0	0	-375,2784703	-375,2784703	27,51130954	21,3673984
5	0	0	-354,0122843	-354,0122843	27,92966217	21,28991102
6	0	0	-334,251696	-334,251696	28,31839639	21,21790956
7	0	276,5023858	-315,8502401	-39,34785428	28,68039348	21,15086036
8	0,042670121	843,0899209	-313,7113761	529,3785448	28,72246964	21,143067
9	0,087436348	1372,063835	-342,445091	1029,618744	28,15721429	21,24776375
10	0,124301898	1752,470539	-399,4528508	1353,017688	27,03574633	21,45548235
11	0,146141086	1939,663254	-477,4739981	1462,189256	25,50089883	21,73976723
12	0,153189663	1918,445446	-566,8653121	1351,580134	23,74237516	22,06548146
13	0,142866733	1693,86685	-655,614596	1038,252254	21,99648163	22,38885634
14	0,118532472	1355,719387	-729,2008819	626,5185054	20,54887761	22,65698195
15	0,090683483	990,9006999	-776,7336404	214,1670595	19,61380375	22,83017659
16	0,062233292	621,2081997	-793,7567176	-172,548518	19,27892239	22,8922034
17	0,033632171	217,9364683	-779,8034572	-561,8669889	19,5534137	22,84136205
18	0	0	-735,0055064	-735,0055064	20,43468788	22,6781322
19	0	0	-678,9304389	-678,9304389	21,53780774	22,47381204
20	0	0	-629,786382	-629,786382	22,50457938	22,29474633
21	0	0	-586,1579518	-586,1579518	23,36284652	22,13577786
22	0	0	-547,0436011	-547,0436011	24,13231179	21,99325729
23	0	0	-511,7033008	-511,7033008	24,8275332	21,86448819
24	0	0	-479,5717366	-479,5717366	25,4596317	21,74741073



Πίνακας Μελέτης 94 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

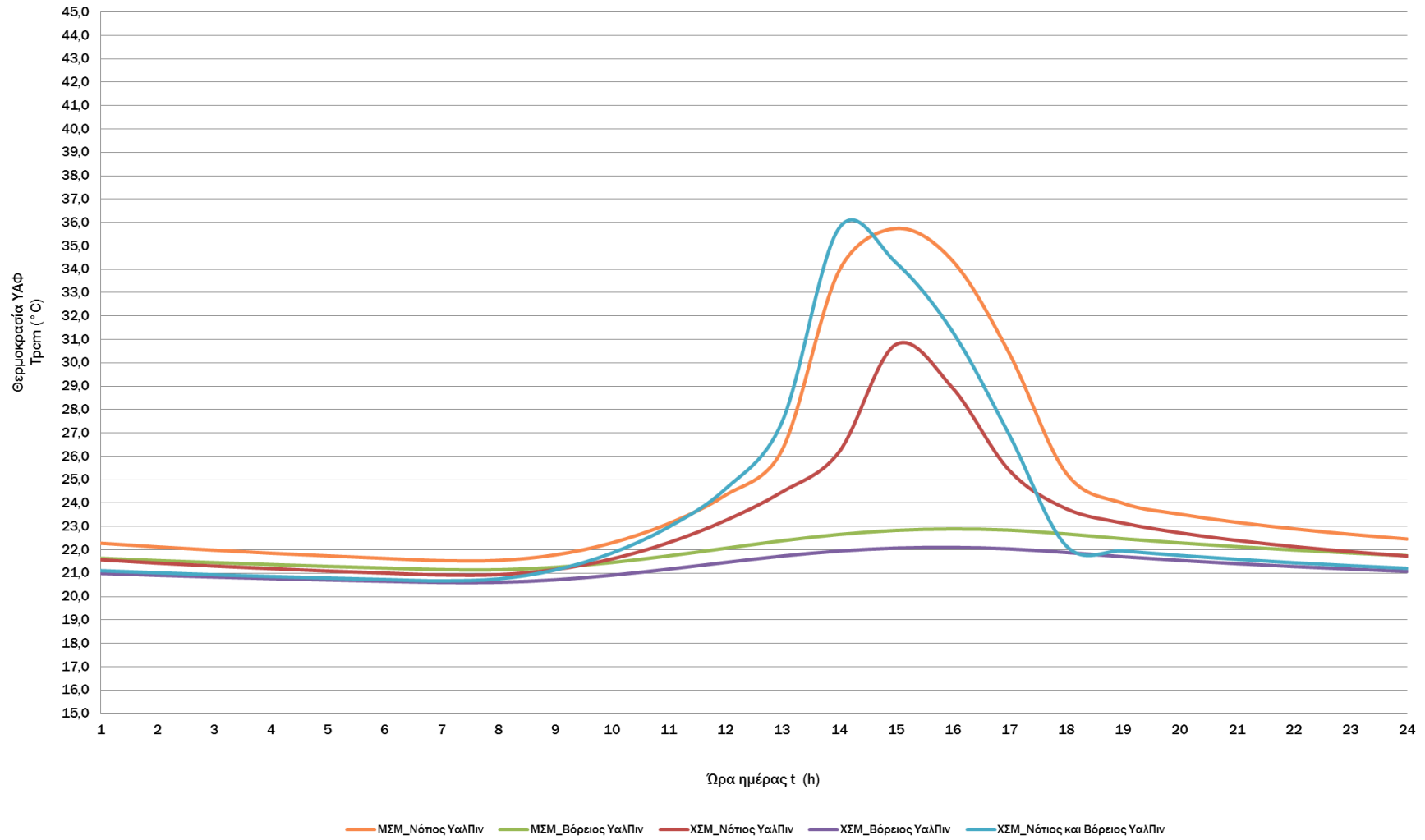
Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-431,3036631	-229,130071	-660,4337341	26,40917083	21,57153684
2	0	0	0	-392,3164938	-208,4181373	-600,7346312	27,17613416	21,42947968
3	0	0	0	-357,8543562	-190,1101268	-547,964483	27,85408017	21,30391033
4	0	0	0	-327,1845657	-173,8168005	-501,0013662	28,45742238	21,19215913
5	0	0	0	-299,7378382	-159,2357265	-458,9735647	28,99735985	21,09215176
6	0	0	0	-275,0617431	-146,126551	-421,188294	29,48279289	21,00223972
7	0	0	464,5272965	-252,7899649	-134,2946689	77,44266275	29,92092773	20,92108826
8	0,071686311	0	1532,269063	-256,8250476	-136,4383066	1139,005708	29,84154878	20,93579085
9	0,164774964	0	2776,145954	-316,3298151	-168,0502143	2291,765925	28,67095918	21,15260778
10	0,263642622	0	3900,79419	-440,946231	-234,2526852	3225,595274	26,21948032	21,60667137
11	0,33833179	0	4709,275568	-632,7393472	-336,1427782	3740,393442	22,44648806	22,30550602
12	0,388408266	0	5105,366803	-892,5255645	-474,1542061	3738,687032	17,33592203	23,25208646
13	0,399456981	0	5090,597297	-1228,742347	-652,7693717	3209,085578	10,72179876	24,47715618
14	0,386129021	0	4621,364915	-1695,359681	-900,6598306	2025,345404	2,5	26,17736509
15	0,327044577	0	3713,099709	-2958,368291	-1571,633155	-816,9017359	2,5	30,77937692
16	0,245964638	0	2195,550522	-2448,947071	-1301,003132	-1554,399681	2,5	28,92320392
17	0,092854887	0	601,6996689	-1479,620962	-786,0486362	-1663,96993	5,786464838	25,39128008
18	0	0	0	-1031,309982	-547,8834277	-1579,193409	14,60572743	23,75777385
19	0	0	0	-862,7481072	-458,3349319	-1321,083039	17,92171009	23,14358664
20	0	0	0	-747,8275057	-397,2833624	-1145,110868	20,18245097	22,72485159
21	0	0	0	-659,3728184	-350,2918098	-1009,664628	21,92254913	22,40255014
22	0	0	0	-587,5713525	-312,147281	-899,7186336	23,33504182	22,14092785
23	0	0	0	-527,4615429	-280,2139447	-807,6754876	24,51753393	21,92190634
24	0	0	0	-476,1036333	-252,9300552	-729,0336885	25,52785692	21,73477404

Πίνακας Μελέτης 95 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-270,8033168	-143,864262	-414,6675788	29,5665655	20,98672333
2	0	0	0	-248,9384708	-132,2485626	-381,1870334	29,99669509	20,90705461
3	0	0	0	-229,1272183	-121,7238347	-350,8510531	30,38642598	20,83486855
4	0	0	0	-211,1264773	-112,1609411	-323,2874184	30,74054013	20,76927943
5	0	0	0	-194,7309824	-103,4508344	-298,1818169	31,06307556	20,70953933
6	0	0	0	-179,7657342	-95,5005463	-275,2662805	31,35747489	20,65501061
7	0	0	276,5023858	-166,080282	-88,23014981	22,19195401	31,62669782	20,60514506
8	0	0,042670121	843,0899209	-167,1742105	-88,8112993	587,1044112	31,60517785	20,609131
9	0	0,087436348	1372,063835	-196,1345951	-104,1965037	1071,732737	31,03546341	20,71465366
10	0	0,124301898	1752,470539	-249,9709297	-132,7970564	1369,702553	29,97638435	20,91081657
11	0	0,146141086	1939,663254	-321,2060624	-170,6407206	1447,816471	28,57503268	21,17037531
12	0	0,153189663	1918,445446	-400,1964051	-212,6043402	1305,644701	27,02111898	21,45819163
13	0	0,142866733	1693,86685	-475,5265672	-252,6234888	965,7167939	25,53920908	21,73267139
14	0	0,118532472	1355,719387	-534,4773479	-283,9410911	537,3009482	24,37951762	21,94746976
15	0	0,090683483	990,9006999	-568,836285	-302,1942764	119,8701385	23,70360179	22,07266308
16	0	0,062233292	621,2081997	-576,7202354	-306,3826251	-261,8946608	23,54850715	22,10138975
17	0	0,033632171	217,9364683	-559,3817768	-297,1715689	-638,6168775	23,88959275	22,03821378
18	0	0	0	-517,7064642	-275,0315591	-792,7380233	24,70943777	21,88636186
19	0	0	0	-467,689878	-248,4602477	-716,1501256	25,69337399	21,70411692
20	0	0	0	-424,2358384	-225,3752892	-649,6111276	26,54821048	21,54578388
21	0	0	0	-386,0883961	-205,1094605	-591,1978566	27,29865453	21,40678642
22	0	0	0	-352,3255671	-187,1729575	-539,4985247	27,96284361	21,28376514
23	0	0	0	-322,2470689	-171,1937554	-493,4408243	28,55455379	21,17416842
24	0	0	0	-295,3064902	-156,8815729	-452,1880631	29,0845342	21,0760053

Πίνακας Μελέτης 96 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της c<sub>reff</sub> μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Q <sub>sun</sub> (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm1</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασόμενη με το δωμάτιο 1	Q <sub>rm2</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασόμενη με το δωμάτιο 2	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>pcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-303,2502403	-161,1016902	-464,3519304	28,92826318	21,10494986
2	0	0	0	-278,2253538	-147,8072192	-426,032573	29,42055771	21,01376694
3	0	0	0	-255,649763	-135,8139366	-391,4636995	29,86466921	20,93150848
4	0	0	0	-235,2144634	-124,9576837	-360,1721471	30,26667648	20,85704858
5	0	0	0	-216,6623833	-115,1018911	-331,7642744	30,63163669	20,78945056
6	0	0	0	-199,7771667	-106,1316198	-305,9087865	30,96380602	20,72792606
7	0	0	741,0296823	-184,3748931	-97,94916193	458,7056274	31,2668026	20,67180495
8	0,071686311	0,042670121	2375,358984	-207,2465599	-110,099735	2058,012689	30,81686663	20,75514222
9	0,164774964	0,087436348	4148,209789	-311,3599985	-165,4099992	3671,439792	28,7687264	21,13449931
10	0,263642622	0,124301898	5653,264729	-510,3187265	-271,1068234	4871,839179	24,85477082	21,85944323
11	0,33833179	0,146141086	6648,938821	-815,902579	-433,4482451	5399,587997	18,84326461	22,97289606
12	0,388408266	0,153189663	7023,812249	-1262,639346	-670,7771528	5090,39575	10,05497025	24,60066634
13	0,399456981	0,142866733	6784,464147	-2051,895504	-1090,069486	3642,499157	2,5	27,4764711
14	0,386129021	0,118532472	5977,084303	-4323,363762	-2296,786998	-643,0664572	2,5	35,75299725
15	0,327044577	0,090683483	4704,000409	-3922,346498	-2083,746577	-1302,092665	2,5	34,29181466
16	0,245964638	0,062233292	2816,758722	-3110,359444	-1652,378455	-1945,979177	2,5	31,33318556
17	0,092854887	0,033632171	819,6361372	-1896,843739	-1007,698237	-2084,905839	2,5	26,91151054
18	0	0	0	-596,6931478	-316,9932348	-913,6863826	23,15559605	22,17416485
19	0	0	0	-535,1771024	-284,3128357	-819,4899381	24,36575191	21,95001945
20	0	0	0	-482,7433392	-256,4573989	-739,2007381	25,39723931	21,75896707
21	0	0	0	-437,3676639	-232,3515714	-669,7192353	26,2898786	21,59363218
22	0	0	0	-397,6529523	-211,2531309	-608,9060832	27,07115429	21,44892408
23	0	0	0	-362,5865864	-192,624124	-555,2107104	27,7609868	21,32115311
24	0	0	0	-331,4070139	-176,0599761	-507,46699	28,37435754	21,20754442



Διάγραμμα 25 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Γαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Πίνακας μελέτης 97: Στατιστικές τιμές  $T_{PCM}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Triangular Function	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	21,53564478	20,92108826	20,67180495	21,143067	20,60514506
Μέγιστη Τιμή	35,74291636	30,77937692	35,75299725	22,8922034	22,10138975
Διασπορά	4,349556182	4,404877382	4,404877382	0,591457291	4,404877382
Μέση Τιμή	24,62227802	22,9724992	23,52664529	21,9211192	21,2625077

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	20,65742331	20,38374204	20,39022282	20,62387995	20,36980973
Μέγιστη Τιμή	37,04435361	32,05656647	36,53924118	24,26617836	22,84057511
Διασπορά	5,692336603	3,827997776	5,587645244	1,171726175	0,813440301
Μέση Τιμή	24,58256912	22,92804883	24,10517162	21,74419	21,17290687

Αντίστοιχες με τους προηγούμενους μήνες είναι και οι παρατηρήσεις για την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου. Η αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας  $G_t$  μεταφράζεται, αναλόγως με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας και την περίπτωση μελέτης, σε αύξηση των τιμών της θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ σε σχέση με τον Ιανουάριο.

Οι μέσες τιμές της  $T_{PCM}$  λαμβάνουν παρόμοιες τιμές και με τις δύο μεθόδους υπολογισμού της  $c_{peff}$  (μοναδική ουσιαστική απόκλιση 2,5%). Οι μέγιστες τιμές της  $T_{PCM}$  που προκύπτουν στις περιπτώσεις χρήσης της τριγωνικής συνάρτησης είναι σε κάθε περίπτωση μειωμένες. Η απόκλιση μεταξύ των δύο υπολογιζόμενων τιμών  $T_{PCM,max}$  (ανά περίπτωση μελέτης) αυξάνεται για τις περιπτώσεις βόρειας ηλιακής φόρτισης, ενώ μειώνεται για τις περιπτώσεις νότιας και συνδυασμένης ηλιακής φόρτισης μεταξύ των δύο διαδοχικών μηνών.

Παραδείγματος χάρη, στις περιπτώσεις μονωμένης ενδιάμεσης τοιχοποιίας, η χρήση της τριγωνικής συνάρτησης δίνει τον Ιανουάριο μέγιστες τιμές  $T_{PCM}$  μειωμένες κατά 9,34% για νότια ηλιακή φόρτιση και 3,03% για βόρεια ηλιακή φόρτιση. Οι αντίστοιχες μειώσεις για τον Φεβρουάριο είναι 3,6% και 6% αντίστοιχα. Τον Ιανουάριο, για μη μονωμένη τοιχοποιία, η τιμή της  $T_{PCM,max}$  προκύπτει μειωμένη, βάσει της τριγωνικής συνάρτησης, κατά 10,48% σε σχέση με τους υπολογισμούς μέσω πολυωνύμων, για την περίπτωση νότιας ηλιακής φόρτισης. Τον Φεβρουάριο η μείωση αυτή είναι μόνο 4,15%. Για τη βόρεια ηλιακή φόρτιση η αντίστοιχη μείωση είναι τον Ιανουάριο της τάξης του 1,8% και τον Φεβρουάριο 3,34% , ενώ για ηλιακή φόρτιση από δύο κατευθύνσεις η μείωση της  $T_{PCM,max}$  ανέρχεται στο 5,32% τον Ιανουάριο και στο 2,19% τον Φεβρουάριο.

Η εντονότερη σε σχέση με τις υπόλοιπες περιπτώσεις μελέτης χρονική υστέρηση εμφάνισης μέγιστης τιμής  $T_{PCM}$  που εντοπίστηκε τους δύο προηγούμενους μήνες, για την περίπτωση μελέτης «ΧΣΜ\_Νότιος ΥαλΠιν», αμβλύνεται τον Φεβρουάριο (κατά μία περίπου ώρα).

Πίνακας Μελέτης 98 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-472,9777525	-472,9777525	25,58934987	21,7233843
2	0	0	-444,1620851	-444,1620851	26,1562174	21,61838894
3	0	0	-417,6884386	-417,6884386	26,67701223	21,52192718
4	0	0	-393,278736	-393,278736	27,15720474	21,43298579
5	0	0	-370,7019238	-370,7019238	27,60134027	21,35072289
6	0	176,1493449	-349,7636011	-173,6142562	28,01324311	21,27443013
7	0,027183541	942,0798744	-340,1015526	601,9783219	28,20331685	21,23922462
8	0,118199156	2125,732492	-373,3773051	1752,355187	27,54870964	21,36047115
9	0,209845982	3300,021586	-472,5445158	2827,47707	25,59787258	21,72180572
10	0,299416609	4315,243572	-644,7482004	3670,495372	22,21024752	22,34926256
11	0,366516042	5026,364921	-902,3912929	4123,973628	17,14184147	23,28803412
12	0,409157557	5325,155908	-1277,455505	4047,700403	9,763503848	24,65465183
13	0,412625762	5172,442602	-1923,778904	3248,663698	2,5	27,00965393
14	0,385590689	4560,611507	-3949,650744	610,960763	2,5	34,39130287
15	0,318207383	3559,654993	-4330,646846	-770,9918531	2,5	35,77953455
16	0,231122091	2292,167484	-3849,855102	-1557,687619	2,5	34,02767849
17	0,122607459	944,241655	-2878,47863	-1934,236975	2,5	30,48828376
18	0,023108846	149,745323	-1672,285381	-1522,540058	2,5	26,0932895
19	0	0	-722,8269832	-722,8269832	20,67426621	22,63375744
20	0	0	-668,3200844	-668,3200844	21,74653674	22,4351512
21	0	0	-620,4083789	-620,4083789	22,68906532	22,2605758
22	0	0	-577,7790721	-577,7790721	23,52767751	22,10524782
23	0	0	-539,493956	-539,493956	24,28082991	21,96574872
24	0	0	-504,8545626	-504,8545626	24,96226293	21,83953351

Πίνακας Μελέτης 99 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>pcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-576,2324443	-576,2324443	23,55810308	22,09961239
2	0	0	-538,0991249	-538,0991249	24,3082693	21,96066639
3	0	0	-503,5882899	-503,5882899	24,9871733	21,83491961
4	0	0	-472,1683236	-472,1683236	25,60527311	21,72043499
5	0	0	-443,4198589	-443,4198589	26,17081862	21,6156845
6	0	169,8704473	-417,0051972	-247,1347498	26,69045309	21,51943766
7	0,026214575	690,8179227	-402,5699212	288,2480015	26,9744267	21,46683999
8	0,080393129	1350,788092	-419,2293959	931,5586964	26,64669821	21,52754195
9	0,128061824	1896,234682	-473,731597	1422,503085	25,57452009	21,72613108
10	0,164566985	2259,319228	-560,4463408	1698,872887	23,86865044	22,04209272
11	0,184093389	2403,95069	-671,4098651	1732,540825	21,68575396	22,4464094
12	0,186886655	2334,735127	-795,9634328	1538,771694	19,23551146	22,90024399
13	0,173411975	2086,930588	-920,67814	1166,252448	16,78209898	23,35466572
14	0,148645214	1745,75043	-1029,019307	716,7311222	14,65079003	23,74942735
15	0,120760716	1370,198114	-1105,287322	264,9107919	13,15043051	24,02732435
16	0,09068961	976,6428639	-1136,692908	-160,050044	12,53261359	24,14175657
17	0,060026881	538,7195146	-1116,783361	-578,0638467	12,92427814	24,06921235
18	0,023108846	149,745323	-1047,053832	-897,308509	14,29601128	23,81513956
19	0	0	-949,2008365	-949,2008365	16,22099483	23,45859358
20	0	0	-857,9729009	-857,9729009	18,01564889	23,12618727
21	0	0	-783,7272733	-783,7272733	19,47622361	22,85565922
22	0	0	-720,9926306	-720,9926306	20,71035196	22,62707363
23	0	0	-666,7187884	-666,7187884	21,77803775	22,42931657
24	0	0	-618,9910156	-618,9910156	22,71694797	22,25541137

Πίνακας Μελέτης 100 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-442,7384175	-235,2047843	-677,9432018	26,18422407	21,61320154
2	0	0	0	-402,3738018	-213,7610822	-616,134884	26,9782848	21,46612539
3	0	0	0	-366,7689908	-194,8460264	-561,6150172	27,67870971	21,3363925
4	0	0	0	-335,1360119	-178,0410063	-513,1770182	28,30099995	21,22113173
5	0	0	0	-306,8668691	-163,0230242	-469,8898933	28,85711614	21,11812774
6	0	0	176,1493449	-281,4810958	-149,5368321	-254,868583	29,35651011	21,02562985
7	0,027183541	0	942,0798744	-267,9460696	-142,3463495	531,7874553	29,62277383	20,97631241
8	0,118199156	0	2125,732492	-295,9332783	-157,2145541	1672,58466	29,0722039	21,07828912
9	0,209845982	0	3300,021586	-385,6260355	-204,8638313	2709,531719	27,30775018	21,40510172
10	0,299416609	0	4315,243572	-540,313649	-287,041626	3487,888297	24,26470475	21,96873543
11	0,366516042	0	5026,364921	-764,4099963	-406,0928105	3855,862115	19,85623692	22,78527305
12	0,409157557	0	5325,155908	-1067,151365	-566,9241626	3691,08038	13,90064863	23,88836874
13	0,412625762	0	5172,442602	-1481,118304	-786,8440991	2904,480198	5,757008829	25,39673593
14	0,385590689	0	4560,611507	-2267,654558	-1204,691484	1088,265465	2,5	28,26263021
15	0,318207383	0	3559,654993	-2946,29863	-1565,221147	-951,8647844	2,5	30,73539882
16	0,231122091	0	2292,167484	-2352,714239	-1249,87944	-1310,426195	2,5	28,57256131
17	0,122607459	0	944,241655	-1535,530383	-815,7505161	-1407,039244	4,68660361	25,59499668
18	0,023108846	0	149,745323	-1067,477194	-567,0972592	-1484,82913	13,89423886	23,88955596
19	0	0	0	-900,8718452	-478,5881678	-1379,460013	17,17173234	23,28249772
20	0	0	0	-775,6320853	-412,0545453	-1187,686631	19,63547376	22,82616286
21	0	0	0	-681,3329512	-361,9581304	-1043,291082	21,49054504	22,48256605
22	0	0	0	-605,6487406	-321,7508934	-927,3996341	22,97941986	22,20679625
23	0	0	0	-542,7307157	-288,3256927	-831,0564084	24,21715573	21,97754247
24	0	0	0	-489,2306163	-259,9037649	-749,1343811	25,26962031	21,7826047

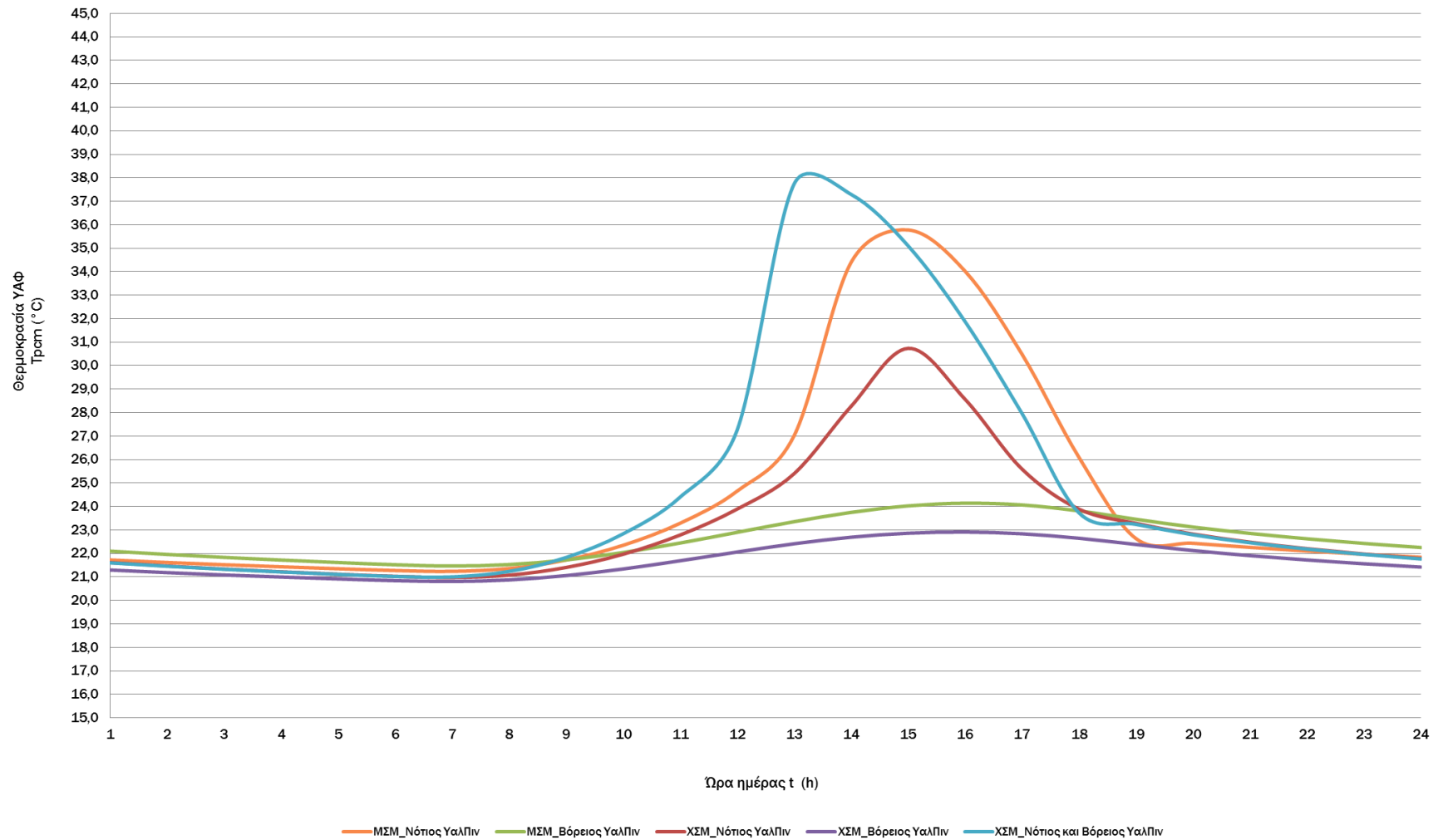


Πίνακας Μελέτης 101 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-355,8153104	-189,0268837	-544,8421941	27,89419268	21,29648068
2	0	0	0	-325,3641282	-172,8496931	-498,2138214	28,49323438	21,18552602
3	0	0	0	-298,1044176	-158,3679718	-456,4723894	29,02949282	21,08620008
4	0	0	0	-273,5899601	-145,3446663	-418,9346264	29,5117461	20,996877
5	0	0	0	-251,4590857	-133,5876393	-385,046725	29,94710905	20,91623895
6	0	0	169,8704473	-231,4141	-122,9387406	-184,4823933	30,34143799	20,84320124
7	0	0,026214575	690,8179227	-221,9350244	-117,9029817	350,9799165	30,52791224	20,80866243
8	0	0,080393129	1350,788092	-239,8589191	-127,4250508	983,5041224	30,17530983	20,87397154
9	0	0,128061824	1896,234682	-290,6715484	-154,4192601	1451,143873	29,1757137	21,05911701
10	0	0,164566985	2259,319228	-368,2134067	-195,6133723	1695,492449	27,65029487	21,3416555
11	0	0,184093389	2403,95069	-463,8101976	-246,3991675	1693,741325	25,76969583	21,68998057
12	0	0,186886655	2334,735127	-566,2774315	-300,8348855	1467,62281	23,75394006	22,06333941
13	0	0,173411975	2086,930588	-662,5995482	-352,00601	1072,32503	21,85907226	22,41430734
14	0	0,148645214	1745,75043	-739,078502	-392,6354542	614,0364735	20,35456311	22,69297294
15	0	0,120760716	1370,198114	-786,109003	-417,6204078	166,468703	19,42936976	22,8643375
16	0	0,09068961	976,6428639	-799,4663775	-424,716513	-247,5400267	19,16660083	22,91300763
17	0	0,060026881	538,7195146	-779,3315665	-414,0198947	-654,6319467	19,56269683	22,83964263
18	0	0,023108846	149,745323	-727,1621846	-386,3049105	-963,7217721	20,58898327	22,64955357
19	0	0	0	-654,1888838	-347,5378445	-1001,726728	22,02452852	22,38366149
20	0	0	0	-583,2817611	-309,8684356	-893,1501967	23,41942752	22,12529791
21	0	0	0	-523,8257944	-278,2824533	-802,1082477	24,58905709	21,9086588
22	0	0	0	-472,9702477	-251,2654441	-724,2356918	25,5894975	21,72335696
23	0	0	0	-428,8472117	-227,8250812	-656,672293	26,45749462	21,56258629
24	0	0	0	-390,1528937	-207,2687248	-597,4216185	27,21869693	21,42159619

Πίνακας Μελέτης 102 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων νότιου προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων βόρειου προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qr1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qr2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>room</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-439,4103977	-233,4367738	-672,8471715	26,24969353	21,60107527
2	0	0	0	-399,4491155	-212,2073426	-611,6564581	27,03581981	21,45546874
3	0	0	0	-364,178321	-193,469733	-557,648054	27,72967388	21,3269529
4	0	0	0	-332,8265087	-176,8140827	-509,6405914	28,34643295	21,21271662
5	0	0	0	-304,7971723	-161,9234978	-466,7206701	28,89783162	21,1105864
6	0	0	346,0197922	-279,618142	-148,5471379	-82,14548769	29,3931585	21,01884182
7	0,027183541	0,026214575	1632,897797	-275,2611709	-146,2324971	1211,404129	29,4788697	21,00296637
8	0,118199156	0,080393129	3476,520585	-339,3268514	-180,2673898	2956,926344	28,21855692	21,23640185
9	0,209845982	0,128061824	5196,256268	-502,6895605	-267,053829	4426,512878	25,00485328	21,83164492
10	0,299416609	0,164566985	6574,5628	-778,6740293	-413,6705781	5382,218193	19,57563203	22,83724676
11	0,366516042	0,184093389	7430,315611	-1207,314061	-641,3855947	5581,615956	11,14334026	24,39907815
12	0,409157557	0,186886655	7659,891034	-1988,207512	-1056,235241	4615,448282	2,5	27,2444118
13	0,412625762	0,173411975	7259,373189	-4866,408389	-2585,279457	-192,3146566	2,5	37,73168352
14	0,385590689	0,148645214	6306,361937	-4746,480664	-2521,567853	-961,6865798	2,5	37,29470407
15	0,318207383	0,120760716	4929,853107	-4146,771386	-2202,972299	-1419,890578	2,5	35,10954937
16	0,231122091	0,09068961	3268,810348	-3261,325367	-1732,579101	-1725,09412	2,5	31,88325858
17	0,122607459	0,060026881	1482,96117	-2185,553934	-1161,075528	-1863,668292	2,5	27,96348098
18	0,023108846	0,023108846	299,4906459	-1023,367428	-543,6639461	-1267,540728	14,76197493	23,72883365
19	0	0	0	-889,5031559	-472,5485516	-1362,051708	17,39537946	23,24107374
20	0	0	0	-767,433728	-407,699168	-1175,132896	19,79675347	22,79629059
21	0	0	0	-674,8914406	-358,5360778	-1033,427518	21,61726372	22,45909518
22	0	0	0	-600,3622298	-318,9424346	-919,3046644	23,08341715	22,18753384
23	0	0	0	-538,274385	-285,958267	-824,2326521	24,30482155	21,96130499
24	0	0	0	-485,4049585	-257,8713842	-743,2763427	25,3448794	21,76866519



Διάγραμμα 26 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Πίνακας μελέτης 103: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης, 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Triangular Function	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	21,23922462	20,97631241	21,00296637	21,46683999	20,80866243
Μέγιστη Τιμή	35,77953455	30,73539882	37,73168352	24,14175657	22,91300763
Διασπορά	4,572988968	2,672484966	5,304246748	0,907455106	0,724621125
Μέση Τιμή	24,35687695	23,20386409	24,76678605	22,61540759	21,7358429

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	20,7120881	20,44330721	20,45650803	20,7020494	20,43143505
Μέγιστη Τιμή	38,07145464	32,45336555	38,18549844	26,59306818	24,20391381
Διασπορά	6,108501114	4,020893149	6,28557548	1,926322059	1,258451663
Μέση Τιμή	25,1125273	23,27663305	24,93475814	22,40126294	21,59479706

Συνεχίζεται, τέλος, η μελέτη της περίπτωσης δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, για την 21<sup>η</sup> Μαρτίου, με παρατηρήσεις αντίστοιχες σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα. Η αξιολογή αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας  $G_t$  μεταφράζεται, αναλόγως με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας και την περίπτωση μελέτης, σε αύξηση των τιμών της θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ. Σημειώνεται και πάλι πως η αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας στον νότιο προσανατολισμό είναι μικρότερη σε σχέση με την αντίστοιχη αύξηση στον βόρειο προσανατολισμό, αν και οι τιμές της  $G_t$  στο νότο παραμένουν πολύ υψηλότερες.

Οι μέσες τιμές της  $T_{pcm}$  λαμβάνουν παρόμοιες τιμές και στις δύο περιπτώσεις (μοναδική ουσιαστική απόκλιση 3,6%). Οι μέγιστες τιμές της  $T_{pcm}$  που προκύπτουν στις περιπτώσεις χρήσης της τριγωνικής συνάρτησης είναι σε κάθε περίπτωση μειωμένες, με τον βαθμό μείωσης να ποικίλει ανάλογα με την περίπτωση μελέτης.

Παραδείγματος χάρη, στις περιπτώσεις μονωμένης ενδιάμεσης τοιχοποιίας, η χρήση της τριγωνικής συνάρτησης δίνει τον Φεβρουάριο μέγιστες τιμές  $T_{pcm}$  μειωμένες κατά 3,6% για νότια ηλιακή φόρτιση και 6% για βόρεια ηλιακή φόρτιση. Οι αντίστοιχες μειώσεις για τον Μάρτιο είναι 6,4% και 10,2% αντίστοιχα. Τον Φεβρουάριο, για μη μονωμένη τοιχοποιία, η τιμή της  $T_{pcm,max}$  προκύπτει μειωμένη, βάσει της τριγωνικής συνάρτησης, κατά 4,15% σε σχέση με τους υπολογισμούς μέσω πολυωνύμων, για την περίπτωση νότιας ηλιακής φόρτισης. Τον Φεβρουάριο η μείωση αυτή είναι μόνο 5,59%. Για τη βόρεια ηλιακή φόρτιση η αντίστοιχη μείωση είναι τον Φεβρουάριο της τάξης του 3,34% και τον Μάρτιο 5,63% , ενώ για ηλιακή φόρτιση από δύο κατευθύνσεις η μείωση της  $T_{pcm,max}$  ανέρχεται στο 2,19% τον Φεβρουάριο και στο 1,02% τον Μάρτιο.

Συνοπτικά και απλουστευμένα, μπορεί να αναφερθεί ότι κατά τους τρεις τελευταίους μήνες μελέτης παρατηρείται στις περιπτώσεις αποκλειστικά βόρειας ηλιακής φόρτισης συνεχής αύξηση της απόκλισης των μέγιστων θερμοκρασιών  $T_{pcm}$  που προκύπτουν μέσω χρήσης των δύο διαφορετικών μεθόδων υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας (σε κάθε περίπτωση όμως η χρήση της τριγωνικής συνάρτησης δίνει χαμηλότερες τιμές). Το φαινόμενο αυτό θα μπορούσε να αιτιολογηθεί με τον συλλογισμό ότι, όσο αυξάνονται τα

επίπεδα ηλιακής φόρτισης και συνεπώς οι μέγιστες αναπτυσσόμενες  $T_{pcm}$ , τόσο η τριγωνική συνάρτηση δυσκολεύεται να ακολουθήσει την άμεση εισαγωγή των ωριαία αυξανόμενων ακτινοβολιών  $G_t$  σε αντίστοιχα αυξανόμενες θερμοκρασίες  $T_{pcm}$  (πράγμα που επιτυγχάνει η χρήση των πολυωνυμικών σχέσεων). Από την άλλη, στο νότιο προσανατολισμό, όπου η αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μικρότερη σε σχέση με το βορρά, η χρήση της τριγωνικής συνάρτησης δίνει, μεταξύ διαδοχικών μηνών, αποτελέσματα που καταφέρνουν να πλησιάσουν περισσότερο τη θερμική συμπεριφορά του ΥΑΦ που προκύπτει μέσω της χρήσης των προσαρμοσμένων πολυωνυμικών συναρτήσεων για τους υπολογισμούς της ενεργού θερμοχωρητικότητας (αν και οι σημαντικά υψηλές τιμές  $G_t$  και συνεπώς  $T_{pcm}$  τον Μάρτιο, αμβλύνουν το φαινόμενο).

Η εντονότερη σε σχέση με τις υπόλοιπες περιπτώσεις μελέτης χρονική υστέρηση εμφάνισης μέγιστης τιμής  $T_{pcm}$  που εντοπίστηκε τους δύο προηγούμενους μήνες, για την περίπτωση μελέτης «ΧΣΜ\_Νότιος ΥαλΠιν» και για λόγους που προαναφέρθηκαν, παρατηρείται και τον Μάρτιο.

Τέλος, γίνεται και πάλι αναφορά και στη μεγαλύτερη διασπορά που παρατηρείται στις τιμές  $T_{pcm}$  που προκύπτουν μέσω χρήσης της μεθόδου των πολυωνυμικών συναρτήσεων. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην άμεση μετάφραση της αύξησης των επιπέδων ηλιακής φόρτισης σε ανάλογα αυξανόμενες τιμές της  $T_{pcm}$  που προσφέρει η εν λόγω μέθοδος, σε αντίθεση με την απλουστευμένη, γραμμική τριγωνική συνάρτηση.

#### 4.6.2. Δωμάτια προσανατολισμένα κατά Ανατολή και Δύση

Στην παρούσα υποενότητα τα δύο δωμάτια είναι διατεταγμένα κατά τον ανατολικό και τον δυτικό προσανατολισμό. Οι πέντε περιπτώσεις μελέτης παραμένουν οι εξής:

1. Ενδιάμεση τοιχοποιία με στρώμα μόνωσης (ΜΣΜ) μετά το στρώμα του ΥΑΦ και έναντι υαλοπίνακας στο ανατολικό δωμάτιο
2. Ενδιάμεση τοιχοποιία με στρώμα μόνωσης (ΜΣΜ) μετά το στρώμα του ΥΑΦ και έναντι υαλοπίνακας στο δυτικό δωμάτιο
3. Ενδιάμεση τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) και έναντι υαλοπίνακας στο ανατολικό δωμάτιο
4. Ενδιάμεση τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) και έναντι υαλοπίνακας στο δυτικό δωμάτιο
5. Ενδιάμεση τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (ΧΣΜ) και έναντι υαλοπίνακας στο ανατολικό και στο δυτικό δωμάτιο

Επισημαίνεται ότι στις δύο πρώτες περιπτώσεις το στρώμα της μόνωσης ακολουθεί το στρώμα του ΥΑΦ το οποίο, σε κάθε περίπτωση που υπάρχει ένας μόνος υαλοπίνακας, βρίσκεται πιο κοντά στο δωμάτιο με τον υαλοπίνακα.

Προφανώς, στις περιπτώσεις όπου το στρώμα του ΥΑΦ ακολουθείται από στρώμα μόνωσης, παρατηρείται συναλλαγή θερμικής ενέργειας μεταξύ του ΥΑΦ και ενός μόνο δωματίου (συναλλαγή ως προς μια κατεύθυνση), ενώ στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει στρώμα μόνωσης στην ενδιάμεση τοιχοποιία, η συναλλαγή θερμικής ενέργειας λαμβάνει χώρα μεταξύ του ΥΑΦ και των δύο δωματίων (συναλλαγή ως προς δύο κατευθύνσεις). Στις τρεις τελευταίες περιπτώσεις, αυτές δηλαδή που δεν περιλαμβάνουν ενδιάμεση μόνωση, αναλόγως την ύπαρξη ενός ή δύο υαλοπινάκων, η ηλιακή φόρτιση του στρώματος του ΥΑΦ γίνεται από μία ή δύο κατευθύνσεις αντίστοιχα.

Ακολουθούν για κάθε περίπτωση μελέτης πίνακες με τις προκύπτουσες τιμές των μεγεθών  $Q_{rm1}$ ,  $Q_{rm2}$ ,  $Q_{sun}$ ,  $C_{peff}$  και  $T_{pcm}$  καθώς και τα αντίστοιχα διαγράμματα  $T_{pcm}(t)$  για κάθε έναν εκ των προαναφερθέντων μηνών.

Οι προκύπτουσες ανά περίπτωση μελέτης καμπύλες της ωριαίας μεταβολής της θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ παρουσιάζονται συγκεντρωτικά, σε κοινό διάγραμμα, προς διευκόλυνση των συγκριτικών παρατηρήσεων. Το κάθε διάγραμμα, ανά μήνα μελέτης, ακολουθείται από έναν πίνακα στατιστικών τιμών της  $T_{pcm}$ , προς αρωγή του κριτικού σχολιασμού. Οι συγκριτικές παρατηρήσεις αφορούν αρχικά στις διαφορές μεταξύ των πέντε διαφορετικών περιπτώσεων μελέτης ανά μήνα, έπειτα στην εξέλιξη της θερμοκρασιακής συμπεριφοράς του στρώματος ΥΑΦ ανά περίπτωση κατά τη διάρκεια των πέντε υπό μελέτη μηνών.

Πίνακας Μελέτης 104 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασόμενης θερμότητας	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-463,7987763	-463,7987763	25,76992051	21,68993896
2	0	0	-435,7403221	-435,7403221	26,32189199	21,58770265
3	0	0	-409,932113	-409,932113	26,8295962	21,49366554
4	0	0	-386,1119338	-386,1119338	27,2981915	21,40687219
5	0	0	-364,0610211	-364,0610211	27,73198143	21,3265255
6	0	0	-343,5946661	-343,5946661	28,13459963	21,25195244
7	0	189,333203	-324,555282	-135,2220789	28,50914617	21,18257883
8	0,029218087	1097,78585	-317,1607512	780,625099	28,65461284	21,15563545
9	0,14019331	2206,439391	-359,6320153	1846,807375	27,81910971	21,31038757
10	0,200306596	2555,215072	-463,1284988	2092,086573	25,78310634	21,68749667
11	0,194016717	2115,817509	-589,6288215	1526,188688	23,29456688	22,14842463
12	0,13249833	1660,271812	-691,7699875	968,501825	21,28522559	22,52059538
13	0,123716456	1474,841358	-762,7064304	712,1349274	19,88974981	22,77906578
14	0,103882519	1181,432977	-818,5251908	362,9077858	18,79167207	22,98245204
15	0,078437384	845,4702426	-848,6329256	-3,162682974	18,19938674	23,09215529
16	0,052036418	507,9253126	-848,3620024	-340,4366898	18,20471639	23,09116813
17	0,026347117	170,7293208	-819,2079008	-648,47858	18,77824167	22,98493962
18	0	0	-765,370023	-765,370023	19,83735109	22,78877109
19	0	0	-705,2201119	-705,2201119	21,02063208	22,56960346
20	0	0	-652,9171674	-652,9171674	22,04954598	22,37902774
21	0	0	-606,7529308	-606,7529308	22,95769801	22,21081958
22	0	0	-565,549748	-565,549748	23,7682552	22,06068795
23	0	0	-528,4542905	-528,4542905	24,4980044	21,92552361
24	0	0	-494,8245171	-494,8245171	25,15957598	21,80298714

Πίνακας Μελέτης 105 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	$c_{p\text{eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-470,4522765	-470,4522765	25,63903153	21,71418225
2	0	0	-441,8460101	-441,8460101	26,20177968	21,60994988
3	0	0	-415,5562049	-415,5562049	26,71895795	21,51415798
4	0	0	-391,3092349	-391,3092349	27,19594916	21,42580954
5	0	0	-368,8774879	-368,8774879	27,63723094	21,34407521
6	0	0	-348,069272	-348,069272	28,04657429	21,26825652
7	0	103,4346137	-328,7214054	-225,2867917	28,42718936	21,19775889
8	0,015962132	503,9651095	-316,3662268	187,5988827	28,67024289	21,15274045
9	0,061810262	1062,396129	-326,5673054	735,8288234	28,46956524	21,18991002
10	0,102139758	1481,760759	-366,8615652	1114,899194	27,67688857	21,33672981
11	0,126527026	1678,484306	-429,6624203	1248,821886	26,44145768	21,56555666
12	0,13249833	2271,626031	-503,2936967	1768,332335	24,9929686	21,8338462
13	0,218061242	3359,633561	-613,5982057	2746,035355	22,8230364	22,23576164
14	0,300400727	4328,178944	-801,1753511	3527,003593	19,13298156	22,9192346
15	0,367528123	4684,089491	-1088,564569	3595,524922	13,47940383	23,96639182
16	0,355325194	2473,236577	-1504,416612	968,8199648	5,298679891	25,48162774
17	0,026347117	170,7293208	-1789,467644	-1618,738323	2,5	26,52026534
18	0	0	-780,0198554	-780,0198554	19,54915668	22,84215054
19	0	0	-717,8149188	-717,8149188	20,77286453	22,61549503
20	0	0	-663,9428923	-663,9428923	21,83264573	22,41920207
21	0	0	-616,532715	-616,532715	22,76530815	22,24645408
22	0	0	-574,3115888	-574,3115888	23,59589053	22,09261338
23	0	0	-536,3662505	-536,3662505	24,34235875	21,95435234
24	0	0	-502,0147268	-502,0147268	25,01812874	21,82918603



Πίνακας Μελέτης 106 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21η Νοεμβρίου.

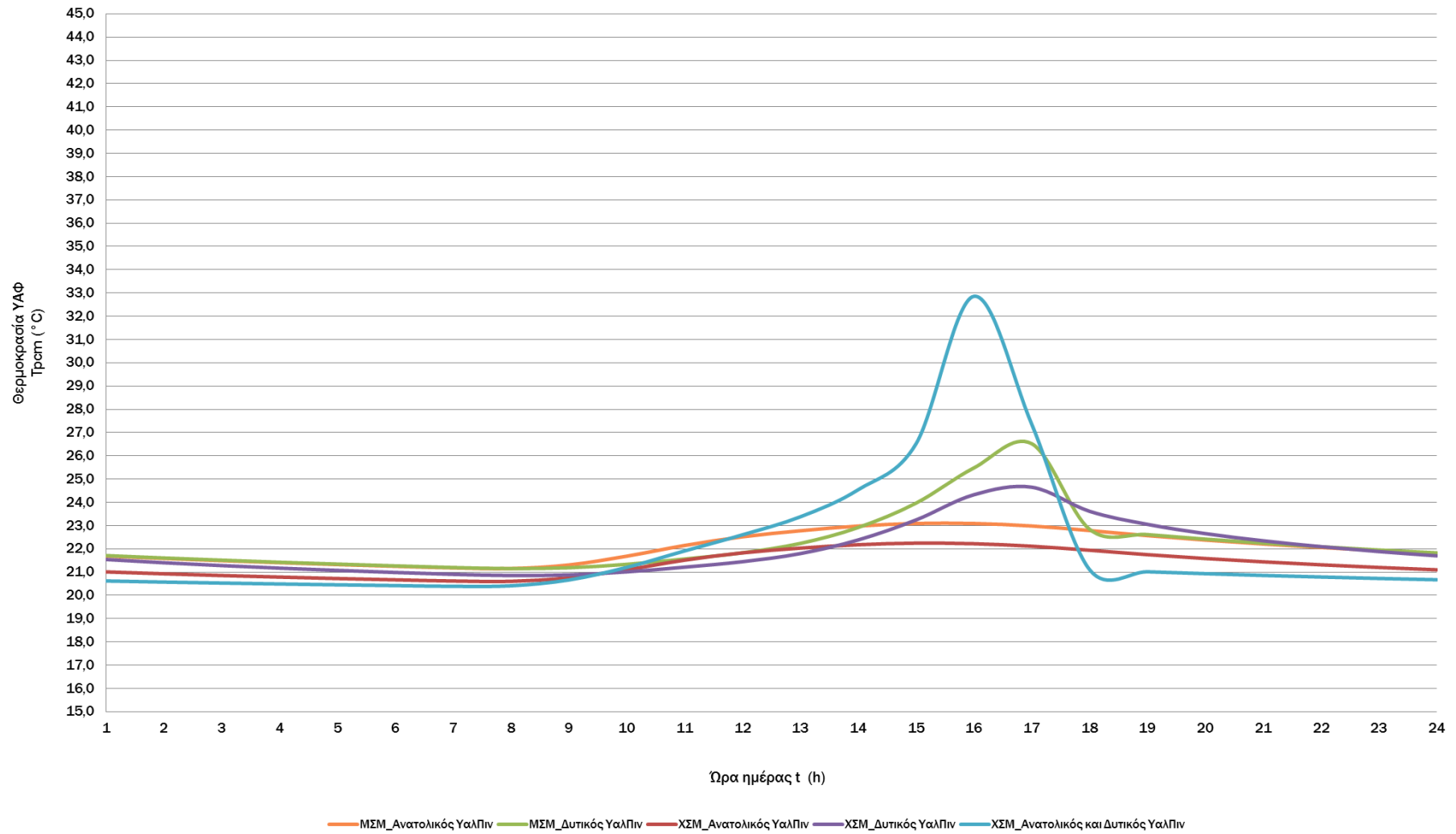
Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-277,3112783	-147,3216166	-424,6328949	29,43853959	21,01043633
2	0	0	0	-254,8236013	-135,3750382	-390,1986395	29,88092163	20,9284982
3	0	0	0	-234,4654198	-124,5597542	-359,025174	30,28141182	20,8543193
4	0	0	0	-215,9814179	-114,7401283	-330,7215462	30,64503277	20,78696933
5	0	0	0	-199,1566291	-105,8019592	-304,9585884	30,97601336	20,72566502
6	0	0	0	-183,8082483	-97,64813191	-281,4563802	31,27794975	20,66974027
7	0	0	189,333203	-169,7794639	-90,19534019	-70,64160104	31,55392678	20,61862373
8	0,029218087	0	1097,78585	-166,2892315	-88,34115425	843,1554645	31,62258733	20,60590641
9	0,14019331	0	2206,439391	-207,8570736	-110,4240704	1888,158247	30,80485649	20,75736674
10	0,200306596	0	2555,215072	-303,4149349	-161,1891841	2090,610953	28,92502327	21,10554996
11	0,194016717	0	2115,817509	-416,0949056	-221,0504186	1478,672185	26,70836052	21,51612084
12	0,13249833	0	1660,271812	-502,4070476	-266,903744	890,9610208	25,01041093	21,83061553
13	0,123716456	0	1474,841358	-557,9443905	-296,4079575	620,4890099	23,9178693	22,03297639
14	0,103882519	0	1181,432977	-598,3888305	-317,8940662	265,1500799	23,12223825	22,18034339
15	0,078437384	0	845,4702426	-616,2664262	-327,3915389	-98,18772252	22,77054664	22,24548381
16	0,052036418	0	507,9253126	-609,543924	-323,8202096	-425,4388211	22,90279303	22,22098909
17	0,026347117	0	170,7293208	-580,584102	-308,4353042	-718,2900853	23,4724964	22,11546848
18	0	0	0	-532,8764753	-283,0906275	-815,9671029	24,4110103	21,94163668
19	0	0	0	-480,7649102	-255,4063586	-736,1712688	25,43615935	21,75175829
20	0	0	0	-435,6443433	-231,4360574	-667,0804007	26,3237801	21,58735293
21	0	0	0	-396,1370617	-210,447814	-606,5848758	27,10097519	21,44340065
22	0	0	0	-361,2428108	-191,9102432	-553,153054	27,78742182	21,31625681
23	0	0	0	-330,2083444	-175,423183	-505,6315274	28,397938	21,20317684
24	0	0	0	-302,4499361	-160,6765286	-463,1264647	28,94400692	21,1020338

Πίνακας Μελέτης 107 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλασσομένης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-423,5194605	-224,9947134	-648,514174	26,5623032	21,54317362
2	0	0	0	-385,4566403	-204,7738402	-590,2304805	27,31108256	21,4044845
3	0	0	0	-351,7643962	-186,8748355	-538,6392316	27,97388307	21,28172041
4	0	0	0	-321,745657	-170,9273803	-492,6730372	28,56441767	21,17234143
5	0	0	0	-294,8562861	-156,642402	-451,498688	29,09339071	21,0743649
6	0	0	0	-270,6621915	-143,7892892	-414,4514807	29,56934174	20,98620912
7	0	0	103,4346137	-248,8107918	-132,1807332	-277,5569113	29,99920681	20,90658939
8	0	0,015962132	503,9651095	-234,3866662	-124,5179164	145,0605268	30,28296107	20,85403235
9	0	0,061810262	1062,396129	-241,85456	-128,485235	692,0563338	30,13605118	20,88124304
10	0	0,102139758	1481,760759	-277,6561508	-147,5048301	1056,599778	29,43175519	21,01169294
11	0	0,126527026	1678,484306	-333,624381	-177,2379524	1167,621973	28,33073705	21,21562382
12	0	0,13249833	2271,626031	-397,8771142	-211,3722169	1662,3767	27,06674453	21,44974086
13	0	0,218061242	3359,633561	-493,6275238	-262,239622	2603,766415	25,18312347	21,79862567
14	0	0,300400727	4328,178944	-654,8180998	-347,8721155	3325,488729	22,01215046	22,38595415
15	0	0,367528123	4684,089491	-890,3448439	-472,9956983	3320,748948	17,3788216	23,24414059
16	0	0,355325194	2473,236577	-1188,239656	-631,2523172	653,744604	11,51857573	24,32957694
17	0	0,026347117	170,7293208	-1276,721987	-678,2585556	-1784,251222	9,777933752	24,65197912
18	0	0	0	-992,2391087	-527,1270265	-1519,366135	15,3743374	23,6154117
19	0	0	0	-838,1708211	-445,2782487	-1283,44907	18,40519934	23,05403463
20	0	0	0	-729,4568562	-387,5239549	-1116,980811	20,54384203	22,65791464
21	0	0	0	-644,6928906	-342,4930981	-987,1859888	22,21133559	22,34906103
22	0	0	0	-575,4027361	-305,6827035	-881,0854396	23,57442526	22,09658919
23	0	0	0	-517,1355384	-274,7282548	-791,8637931	24,72066914	21,88428158
24	0	0	0	-467,1968094	-248,198305	-715,3951143	25,70307373	21,70232034

Πίνακας Μελέτης 108 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-170,3915974	-90,52053611	-260,9121335	31,54188477	20,62085416
2	0	0	0	-157,4956321	-83,66955454	-241,1651866	31,79557676	20,57386526
3	0	0	0	-145,670796	-77,38761037	-223,0584064	32,02819728	20,53077922
4	0	0	0	-134,8132089	-71,61951724	-206,4327262	32,74504111	20,49121754
5	0	0	0	-124,9848676	-66,39821093	-191,3830786	32,54388263	20,45540611
6	0	0	0	-115,8167243	-61,5276348	-177,3443591	32,35623654	20,42200024
7	0	0	292,7678168	-107,2718319	-56,98816071	128,5078241	32,18134664	20,3908653
8	0,029218087	0,015962132	1601,75096	-113,4973081	-60,29544495	1427,958207	32,30876462	20,41354901
9	0,14019331	0,061810262	3268,835519	-182,4009799	-96,90052058	2989,534019	31,30563381	20,66461262
10	0,200306596	0,102139758	4036,975831	-331,2781894	-175,9915381	3529,706104	28,3768918	21,20707502
11	0,194016717	0,126527026	3794,301816	-525,1974483	-279,0111444	2990,093223	24,56207365	21,91365668
12	0,13249833	0,13249833	3931,897844	-714,9846491	-379,8355948	2837,0776	20,82854216	22,60518241
13	0,123716456	0,218061242	4834,474919	-927,3382169	-492,6484278	3414,488274	16,65108063	23,37893297
14	0,103882519	0,300400727	5509,611921	-1247,029226	-662,4842765	3600,098418	10,36205563	24,5437879
15	0,078437384	0,367528123	5529,559733	-1788,675394	-950,2338032	2790,650536	2,5	26,51737862
16	0,052036418	0,355325194	2981,16189	-3528,929499	-1874,743797	-2422,511407	2,5	32,85832508
17	0,026347117	0,026347117	341,4586416	-2018,24754	-1072,194005	-2748,982904	2,5	27,35386835
18	0	0	0	-303,977436	-161,4880129	-465,4654489	28,91395764	21,10759954
19	0	0	0	-278,8801286	-148,1550683	-427,035197	29,40767685	21,01615273
20	0	0	0	-256,2414969	-136,1282952	-392,3697921	29,85302851	20,93366458
21	0	0	0	-235,7509104	-125,2426711	-360,9935815	30,25612339	20,85900323
22	0	0	0	-217,1500335	-115,3609553	-332,5109887	30,62204354	20,7912274
23	0	0	0	-200,221511	-106,3676777	-306,5891887	30,95506479	20,72954511
24	0	0	0	-184,7806206	-98,16470471	-282,9453253	31,25882105	20,6732833



Διάγραμμα 27 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{reff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Πίνακας μελέτης 109: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης, 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Triangular Function	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή- Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	21,15274045	20,85403235	20,3908653	21,15563545	20,60590641
Μέγιστη Τιμή	26,52026534	24,65197912	32,85832508	23,09215529	22,24548381
Διασπορά	1,34300695	1,100978417	2,986457465	0,664576888	0,56831116
Μέση Τιμή	22,26148783	21,98129608	22,12715968	22,05954072	21,3562787

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή - Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	20,6446176	20,20807476	20,30447629	20,61966097	20,36216
Μέγιστη Τιμή	34,39197678	30,40209001	33,1521543	24,46926249	22,98348847
Διασπορά	3,680129395	2,474844532	4,268598349	1,285384692	0,893972912
Μέση Τιμή	22,86066291	21,45288385	22,95116558	21,85513068	21,24539972

Η συγκεκριμένη ενότητα αφορά σε δύο δωμάτια διατεταγμένα κατά Ανατολή και Δύση αντίστοιχα. Η ημερομηνία μελέτης είναι η 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Η βασικότερη διαφορά που παρατηρείται στα διαγράμματα  $T_{pcm}(t)$  που προκύπτουν με χρήση της απλουστευμένης μεθόδου της τριγωνικής συνάρτησης και της ακριβούς μεθόδου των πολυωνυμικών συναρτήσεων για τον υπολογισμό της  $c_{peff}(T_{pcm})$  εντοπίζεται στις περιπτώσεις ηλιακής φόρτισης του στρώματος του ΥΑΦ αποκλειστικά από τον δυτικό προσανατολισμό. Στις δύο αυτές περιπτώσεις, ανεξάρτητα από το αν η ενδιάμεση τοιχοποιία διαθέτει ή όχι στρώμα μόνωσης, παρατηρείται σημαντικά μειωμένη η μέγιστη τιμή της  $T_{pcm}$  όταν οι υπολογισμοί γίνονται με την τριγωνική συνάρτηση: κατά 7,9 °C (περίπου 28% μείωση) όταν υπάρχει μόνωση και κατά 5,7°C (περίπου 19% μείωση) για τοιχοποιία χωρίς μόνωση.

Προκειμένου να αιτιολογηθεί η παραπάνω συμπεριφορά, θεωρείται ο ισολογισμός ενέργειας στο στρώμα του ΥΑΦ, ο οποίος περιγράφεται από την εξίσωση (4.14) στην ακόλουθη, απλουστευμένη μορφή:

$$T_{pcm,t} = T_{pcm,t-1} + \frac{Q_{tot,t-1}}{m_{pcm} c_{peff,t-1}} \quad (4.25)$$

Η παραπάνω σχέση δίνει την αναπτυσσόμενη θερμοκρασία  $T_{pcm}$  στο στρώμα του ΥΑΦ την ώρα  $t$  συναρτήσει της θερμοκρασίας του την προηγούμενη ώρα, της συνολικά συναλλασσόμενης ενέργειας μεταξύ του ΥΑΦ και του περιβάλλοντός του κατά τη διάρκεια της προηγούμενης ώρας, της μάζας του ΥΑΦ και της θερμοχωρητικότητάς του στο τέλος της προηγούμενης ώρας.

Από τους πίνακες που παρουσιάζουν την ωριαία θερμοκρασία  $T_{pcm}$  στην περίπτωση αποκλειστικά δυτικής ηλιακής φόρτισης μονωμένης ενδιάμεσης τοιχοποιίας, στην παρούσα ενότητα καθώς και στην ενότητα 4.4.2, λαμβάνονται οι τιμές για τα  $T_{pcm}$ ,  $Q_{tot}$  και  $c_{peff}$  και αντικαθίστανται στην παραπάνω σχέση.

Προκύπτει έτσι ο παρακάτω πίνακας ο οποίος παρουσιάζει μια άμεση επισκόπηση της αιτίας του φαινομένου.

**Πίνακας Μελέτης 110: Ενδεικτικός συγκριτικός πίνακας προκυπτουσών  $T_{pcm}$  με χρήση δύο διαφορετικών σχέσεων (πολυωνυμικές συναρτήσεις και τριγωνική συνάρτηση) για τον υπολογισμό της  $c_{peff}$ .**

Υπολογισμός $c_{peff}$ μέσω πολυωνυμικών σχέσεων της $T_{pcm}$	Υπολογισμός $c_{peff}$ μέσω της τριγωνικής συνάρτησης
$T_{pcm15} = 24,7 + \frac{3039}{m_{pcm} 3,28}$	$T_{pcm15} = 22,9 + \frac{3527}{m_{pcm} 19,13}$
$T_{pcm16} = 30 + \frac{1950}{m_{pcm} 2,5}$	$T_{pcm16} = 24 + \frac{3595}{m_{pcm} 13,48}$
$T_{pcm17} = 34,4 + \frac{-1477}{m_{pcm} 2,5}$	$T_{pcm17} = 25,5 + \frac{968}{m_{pcm} 5,3}$
$T_{pcm18} = 31 + \frac{-2859}{m_{pcm} 2,5}$	$T_{pcm18} = 26,5 + \frac{-1618}{m_{pcm} 2,5}$
$T_{pcm19} = 24,5 + \frac{-1247}{m_{pcm} 3,42}$	$T_{pcm19} = 22,8 + \frac{-780}{m_{pcm} 19,55}$

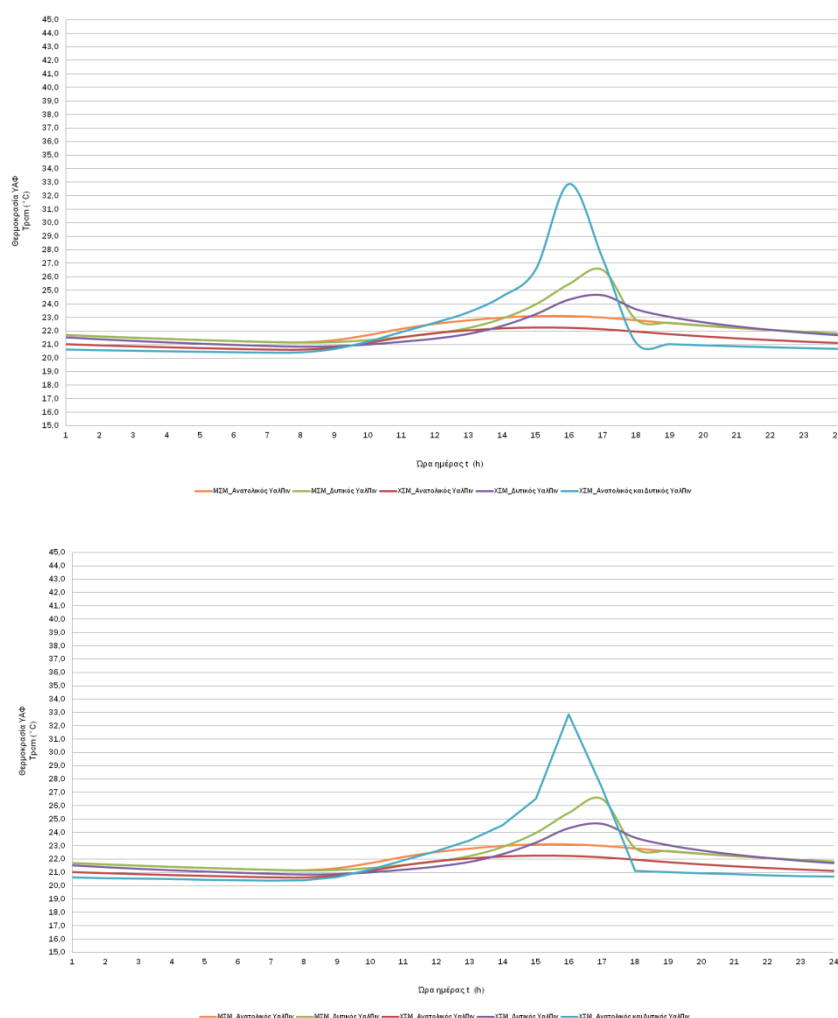
Οι μέγιστες θερμοκρασίες εμφανίζονται σε κάθε περίπτωση μεταξύ 16:00 και 18:00, οι μέγιστες τιμές  $T_{pcm}$  όμως είναι πολύ μεγαλύτερες στην πρώτη περίπτωση. Αυτό συμβαίνει διότι οι προσαρμοσμένες πολυωνυμικές συναρτήσεις δίνουν πολύ χαμηλότερες τιμές της  $c_{peff}$  σε σχέση με την τριγωνική συνάρτηση στο θερμοκρασιακό εύρος μελέτης. Έτσι, στην πρώτη στήλη, προκύπτει κάθε φορά πολύ μεγαλύτερος προσθετός στην  $T_{pcm,t-1}$  με αποτέλεσμα να παρατηρείται μια άμεση και σημαντική αύξηση στη θερμοκρασία του ΥΑΦ. Οι ιδιαίτερα υψηλές τιμές εμφανίζονται για τρεις μόνον ώρες, αφού πολύ υψηλή θερμοκρασία ΥΑΦ συνεπάγεται και πολύ υψηλές θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον του. Στη δεύτερη στήλη, ο προκύπτον προσθετός είναι σε κάθε περίπτωση κατά πολύ μικρότερος του αντίστοιχου της πρώτης στήλης, γεγονός που οφείλεται στις σημαντικά υψηλότερες τιμές  $c_{peff}$  που δίνει η τριγωνομετρική συνάρτηση. Η αυξημένη τιμή του  $Q_{tot}$  σε σχέση με την πρώτη στήλη, η οποία οφείλεται στη μικρότερη απόδοση θερμότητας από το στρώμα ΥΑΦ προς το δωμάτιο εξαιτίας των χαμηλότερων θερμοκρασιών του, δεν επαρκεί για να εξομαλύνει το φαινόμενο.

Έτσι λοιπόν, ενώ η απόκλιση στη μέση τιμή που δίνει η χρήση κάθε μίας από τις δύο μεθόδους υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας είναι μικρότερη του 1°C για κάθε περίπτωση μελέτης, στις περιπτώσεις δυτικής ηλιακής φόρτισης η ποσοστιαία απόκλιση μεταξύ των μέγιστων τιμών  $T_{pcm}$  που δίνουν οι δύο μέθοδοι προσδιορισμού της  $c_{peff}$  ανέρχεται στο 23,3% για μη μονωμένη τοιχοποιία και στο 29,7% για ενδιάμεση τοιχοποιία με στρώμα μόνωσης. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις μελέτης η αντίστοιχη απόκλιση στις μέγιστες τιμές της  $T_{pcm}$  κυμαίνεται από 0,9 έως 6%.

Για λόγους που έχουν προαναφερθεί στην προηγούμενη υποενότητα, εμφανίζεται και στην περίπτωση των διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση δωματίων μια χρονική υστέρηση της τάξεως της μισής με μίας ώρας στην εμφάνιση των  $T_{pcm,max}$ , για κάθε περίπτωση μελέτης, κατά τη χρήση της τριγωνικής συνάρτησης αντί των πολυωνυμικών συναρτήσεων για τον υπολογισμό της  $c_{peff}(T_{pcm})$ .

Τέλος, αξιοσημείωτη είναι και πάλι η διαφορά που παρουσιάζεται στη διασπορά των τιμών της θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ για τις δύο μεθόδους προσδιορισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας. Προφανώς, λόγω της γραμμικής της φύσης, η τριγωνική συνάρτηση παρουσιάζει μικρότερη διασπορά στις τιμές  $T_{PCM}$  σε σχέση με τις προσαρμοσμένες πολυωνμικές συναρτήσεις, οι οποίες δίνουν για λίγες μόνον ώρες μέσα στο εικοσιτετράωρο πολύ υψηλότερες τιμές  $T_{PCM}$ , αντανακλώντας άμεσα (στις τιμές της θερμοκρασίας του ΥΑΦ) τις υψηλές τιμές της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Υπενθυμίζεται ότι η μείωση και επάνοδος της θερμοκρασίας του ΥΑΦ που παρατηρείται σε κάποιες καμπύλες  $T_{PCM}(t)$  κατά τις απογευματινές ώρες δεν αντικατοπτρίζει τα αποτελέσματα της μελέτης, αλλά προκαλείται λόγω του επιλεγμένου τύπου γραφήματος στο Microsoft Excel™. Η συγκεκριμένη παραμόρφωση διορθώνεται αν επιλεγεί διαφορετικός τύπος γραφήματος, λύση που δεν υιοθετείται για λόγους ευχερέστερης ανάγνωσης των γραφικών αποτελεσμάτων. Η παρατήρηση αυτή ισχύει για όλα τα διαγράμματα που ακολουθούν.



Εικόνα 76: Παραμόρφωση αποτελεσμάτων λόγω του επιλεγμένου τύπου γραφήματος του Microsoft Excel™.

Στη συνέχεια παρατίθενται αντίστοιχοι πίνακες και διαγράμματα για τις υπόλοιπες ημερομηνίες μελέτης, συνοδευόμενα από συνοπτικές παρατηρήσεις.

Πίνακας Μελέτης 111 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	$c_{peff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>room</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-386,42502	-386,42502	27,2920324	21,40801298
2	0	0	-364,3512466	-364,3512466	27,72627205	21,32758299
3	0	0	-343,8643582	-343,8643582	28,12929419	21,25293512
4	0	0	-324,8064361	-324,8064361	28,50420541	21,18349396
5	0	0	-307,0415303	-307,0415303	28,85368017	21,11876415
6	0	0	-290,4516547	-290,4516547	29,18003949	21,05831579
7	0	27,61830196	-274,9336742	-247,3153723	29,48531228	21,00177308
8	0,004262084	582,4336812	-261,8571416	320,5765396	29,74255643	20,95412624
9	0,085619657	1604,613925	-278,660677	1325,953248	29,41199395	21,01535312
10	0,162005948	2129,688891	-348,943786	1780,745105	28,02937068	21,27144298
11	0,166649745	1856,123005	-447,9894877	1408,133518	26,08092397	21,63233481
12	0,119788991	1504,329179	-532,1615725	972,1676069	24,42507401	21,93903179
13	0,112360574	1317,260591	-594,2131003	723,0474906	23,20438404	22,16512832
14	0,090920382	1007,081057	-642,791589	364,2894681	22,24873837	22,34213328
15	0,064493362	665,8638025	-668,317923	-2,454120445	21,74657926	22,43514332
16	0,038263398	350,6811553	-668,141988	-317,4608328	21,75004029	22,43450227
17	0,015854064	102,7343377	-645,3869636	-542,6526259	22,19768165	22,35159002
18	0	0	-607,2749836	-607,2749836	22,94742808	22,21272178
19	0	0	-566,0178934	-566,0178934	23,75904575	22,06239373
20	0	0	-528,8773385	-528,8773385	24,48968212	21,92706506
21	0	0	-495,2092057	-495,2092057	25,15200831	21,80438882
22	0	0	-464,5145149	-464,5145149	25,75584036	21,69254689
23	0	0	-436,3973981	-436,3973981	26,30896586	21,59009683
24	0	0	-410,5375722	-410,5375722	26,81768549	21,49587164



Πίνακας Μελέτης 112 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>pcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-590,6866398	-590,6866398	23,27375727	22,15227899
2	0	0	-551,1192075	-551,1192075	24,05213565	22,00810754
3	0	0	-515,3969313	-515,3969313	24,75487136	21,87794664
4	0	0	-482,9384366	-482,9384366	25,39340131	21,75967795
5	0	0	-453,2888859	-453,2888859	25,97667316	21,65164417
6	0	0	-426,0845103	-426,0845103	26,51184304	21,55251986
7	0	27,61830196	-401,0290118	-373,4107099	27,00473977	21,46122539
8	0,004262084	330,7009775	-379,4717303	-48,77075275	27,4288189	21,38267734
9	0,046772018	859,6018126	-376,6996898	482,9021229	27,48335103	21,37257689
10	0,085882583	1273,666402	-404,0925039	869,5738978	26,94447415	21,47238781
11	0,110670874	1493,379925	-454,405943	1038,973982	25,95469819	21,65571438
12	0,119788991	2017,592481	-516,8133172	1500,779164	24,72700794	21,88310751
13	0,191567874	2947,76269	-611,4353871	2336,327303	22,8655838	22,227881
14	0,263333776	3763,348332	-770,7290913	2992,619241	19,73192643	22,80829787
15	0,317429855	3895,834766	-1007,173581	2888,661185	15,0805435	23,66982829
16	0,283779213	1941,62364	-1305,799042	635,8245985	9,205924155	24,75792689
17	0,015854064	102,7343377	-1413,474606	-1310,740268	7,087709092	25,15026327
18	0	0	-1125,165752	-1125,165752	12,75937808	24,09975518
19	0	0	-987,6874315	-987,6874315	15,4638789	23,5988268
20	0	0	-888,1128916	-888,1128916	17,42272901	23,23600805
21	0	0	-808,6436234	-808,6436234	18,98606423	22,94644667
22	0	0	-742,2434152	-742,2434152	20,29230231	22,7045049
23	0	0	-685,2188147	-685,2188147	21,41410156	22,49672493
24	0	0	-635,3330491	-635,3330491	22,39546425	22,31495667

Πίνακας Μελέτης 113 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

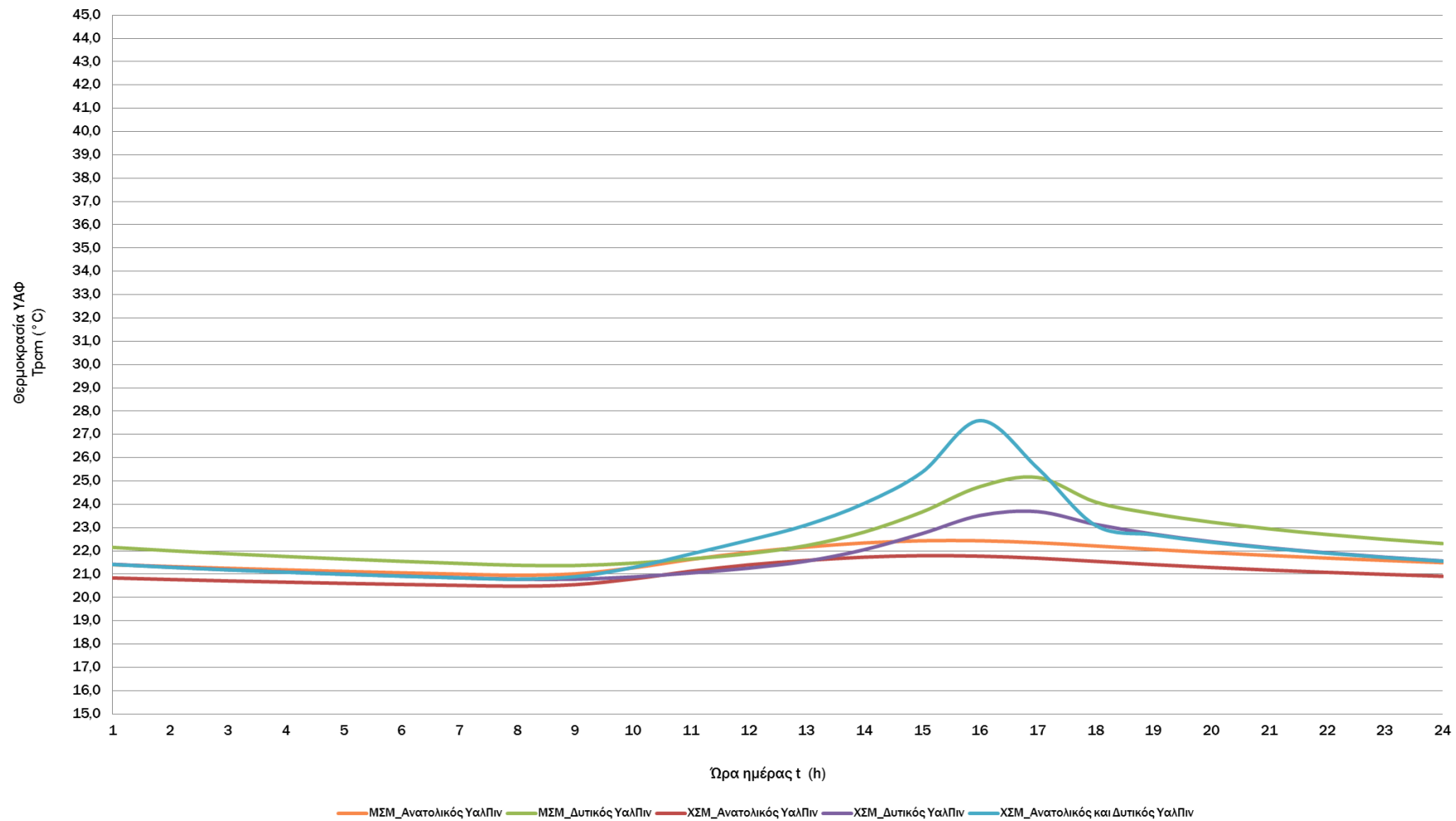
Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-229,7264135	-122,0421572	-351,7685707	30,37463849	20,83705183
2	0	0	0	-211,6715946	-112,4505346	-324,1221292	30,72981647	20,77126567
3	0	0	0	-195,2280311	-103,7148915	-298,9429227	31,05329752	20,71135042
4	0	0	0	-180,21986	-95,74180063	-275,9616606	31,34854124	20,6566653
5	0	0	0	-166,4959256	-88,45096047	-254,9468861	31,6185212	20,60665954
6	0	0	0	-153,9253438	-81,77283888	-235,6981827	31,86581218	20,56085623
7	0	0	27,61830196	-142,3940387	-75,64683305	-190,4225698	32,0926583	20,51883973
8	0,004262084	0	582,4336812	-133,1436506	-70,73256441	378,5574662	32,71086995	20,48513419
9	0,085619657	0	1604,613925	-151,1857447	-80,31742688	1373,110754	31,91970612	20,55087398
10	0,162005948	0	2129,688891	-218,2504322	-115,9455421	1795,492916	30,60039627	20,79523691
11	0,166649745	0	1856,123005	-309,7257373	-164,5417979	1381,85547	28,80087591	21,12854457
12	0,119788991	0	1504,329179	-384,5261763	-204,2795312	915,523472	27,32938683	21,40109418
13	0,112360574	0	1317,260591	-436,7521826	-232,024597	648,4838114	26,30198647	21,59138955
14	0,090920382	0	1007,081057	-475,1899195	-252,4446447	279,4464929	25,54583168	21,73144475
15	0,064493362	0	665,8638025	-492,243903	-261,5045734	-87,88467386	25,21034233	21,79358418
16	0,038263398	0	350,6811553	-486,8091273	-258,6173489	-394,7453209	25,31725632	21,77378154
17	0,015854064	0	102,7343377	-462,5012199	-245,7037731	-605,4706553	25,7954463	21,68521106
18	0	0	0	-425,9082823	-226,263775	-652,1720573	26,51530983	21,55187774
19	0	0	0	-387,5629327	-205,892808	-593,4557407	27,26964716	21,41215918
20	0	0	0	-353,6351063	-187,8686502	-541,5037565	27,93708209	21,2885367
21	0	0	0	-323,4169717	-171,8152662	-495,2322379	28,53153923	21,17843118
22	0	0	0	-296,3567764	-157,4395374	-453,7963138	29,06387277	21,07983222
23	0	0	0	-272,0148636	-144,5078963	-416,5227599	29,54273171	20,99113783
24	0	0	0	-250,034478	-132,8308164	-382,8652944	29,97513422	20,91104812

Πίνακας Μελέτης 114 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{reff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλασσομένης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-391,7561091	-208,120433	-599,876542	27,18715816	21,42743781
2	0	0	0	-357,3571511	-189,8459865	-547,2031377	27,86386129	21,30209867
3	0	0	0	-326,7407245	-173,5810099	-500,3217344	28,46615371	21,19054191
4	0	0	0	-299,339637	-159,0241821	-458,3638191	29,00519334	21,09070084
5	0	0	0	-274,7029795	-145,9359579	-420,6389373	29,48985056	21,0009325
6	0	0	0	-252,4655737	-134,122336	-386,5879098	29,92730922	20,91990628
7	0	0	27,61830196	-232,3270413	-123,4237407	-328,1324801	30,32347842	20,84652771
8	0	0,004262084	330,7009775	-215,4569504	-114,4615049	0,782522244	30,6553502	20,78505833
9	0	0,046772018	859,6018126	-215,4967462	-114,4826464	529,62242	30,65456733	20,78520334
10	0	0,085882583	1273,666402	-242,4318338	-128,7919117	902,4426562	30,12469494	20,88334645
11	0	0,110670874	1493,379925	-289,1347692	-153,6028462	1050,64231	29,20594553	21,05351746
12	0	0,119788991	2017,592481	-345,2177175	-183,3969124	1488,977851	28,10267063	21,25786634
13	0	0,191567874	2947,76269	-427,8192044	-227,2789524	2292,664533	26,47771779	21,55884055
14	0	0,263333776	3763,348332	-562,8109411	-298,9933125	2901,544079	23,82213355	22,05070859
15	0	0,317429855	3895,834766	-752,6981621	-399,8708986	2743,265705	20,08663445	22,74259876
16	0	0,283779213	1941,62364	-965,6139761	-512,9824248	463,0272396	15,89811229	23,51839798
17	0	0,015854064	102,7343377	-1011,019449	-537,1040822	-1445,389193	15,00488682	23,68384144
18	0	0	0	-860,8438749	-457,3233085	-1318,167183	17,95917052	23,13664821
19	0	0	0	-746,4161028	-396,5335546	-1142,949657	20,21021637	22,71970888
20	0	0	0	-658,2496517	-349,6951275	-1007,944779	21,94464429	22,39845766
21	0	0	0	-586,6426623	-311,6539143	-898,2965766	23,3533112	22,13754399
22	0	0	0	-526,6748094	-279,7959925	-806,470802	24,5330107	21,91903973
23	0	0	0	-475,4258536	-252,5699847	-727,9958384	25,54119034	21,73230442
24	0	0	0	-430,989851	-228,9633583	-659,9532093	26,4153442	21,5703934

Πίνακας Μελέτης 115 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_{peff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>room</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-388,6872928	-206,4901243	-595,1774171	27,24752852	21,416256
2	0	0	0	-354,6334169	-188,3990027	-543,0324196	27,91744313	21,29217423
3	0	0	0	-324,3086592	-172,2889752	-496,5976344	28,51399778	21,18168021
4	0	0	0	-297,1571637	-157,8647432	-455,0219069	29,04812739	21,08274858
5	0	0	0	-272,7362793	-144,8911484	-417,6274277	29,52853987	20,99376645
6	0	0	0	-250,687007	-133,1774725	-383,8644794	29,96229754	20,91342574
7	0	0	55,23660391	-230,7136973	-122,5666517	-298,0437451	30,35521645	20,84064919
8	0,004262084	0,004262084	913,1346587	-215,4065628	-114,4347365	583,2933595	30,65634144	20,78487474
9	0,085619657	0,046772018	2464,215738	-245,0694847	-130,1931638	2088,953089	30,07280655	20,89295723
10	0,162005948	0,085882583	3403,355292	-353,3628744	-187,724027	2862,268391	27,94243749	21,28754477
11	0,166649745	0,110670874	3349,502931	-513,0585983	-272,5623804	2563,881952	24,80087151	21,86942648
12	0,119788991	0,119788991	3521,921661	-674,2264081	-358,1827793	2489,512473	21,63034637	22,45667201
13	0,112360574	0,191567874	4265,023281	-853,6576461	-453,5056245	2957,860011	18,10053944	23,11046382
14	0,090920382	0,263333776	4770,429389	-1108,418865	-588,8475223	3073,163002	13,08882617	24,03873472
15	0,064493362	0,317429855	4561,698568	-1474,461875	-783,307871	2303,928822	5,887955428	25,37248197
16	0,038263398	0,283779213	2292,304796	-2084,492678	-1107,386735	-899,5746177	2,5	27,5952451
17	0,015854064	0,015854064	205,4686753	-1523,516518	-809,3681503	-2127,415993	4,922942749	25,55122188
18	0	0	0	-849,8036299	-451,4581784	-1301,261808	18,17635641	23,09642098
19	0	0	0	-738,1931245	-392,1650974	-1130,358222	20,37198043	22,6897469
20	0	0	0	-651,6903438	-346,2104952	-997,900839	22,0736803	22,37455758
21	0	0	0	-581,2113232	-308,7685154	-889,9798386	23,46015758	22,11775388
22	0	0	0	-522,0692609	-277,3492948	-799,4185557	24,62361197	21,90225854
23	0	0	0	-471,4553744	-250,4606676	-721,916042	25,61929839	21,71783723
24	0	0	0	-427,5248202	-227,1225607	-654,647381	26,48350897	21,55776791



Διάγραμμα 28 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{reff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Πίνακας μελέτης 116: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης, 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Triangular Function	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή- Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	21,37257689	20,78505833	20,78487474	20,95412624	20,48513419
Μέγιστη Τιμή	25,15026327	23,68384144	27,5952451	22,43514332	21,79358418
Διασπορά	1,081550011	0,882923964	1,736621661	0,501702956	0,445425239
Μέση Τιμή	22,51005354	21,73798422	22,33902775	21,65319787	21,08383361

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή - Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	20,62217369	20,31610538	20,28693133	20,56375175	20,31945983
Μέγιστη Τιμή	31,44550911	27,53716728	31,246242	23,3141342	22,25645103
Διασπορά	2,77945514	1,753167684	3,424807347	0,904463	0,648678223
Μέση Τιμή	22,3654977	21,37223466	22,34274667	21,50245104	21,00574295

Η μελέτη της περίπτωσης δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση συνεχίζεται για την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου και η πλειοψηφία των παρατηρήσεων που έγιναν για το Νοέμβριο ισχύουν και για τον υπό μελέτη μήνα.

Οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ που προκύπτουν μέσω της χρήσης των δύο διαφορετικών μεθόδων προσδιορισμού της  $c_{peff}$ , παρουσιάζουν ελάχιστες διαφορές (μικρότερες από 1°C) για κάθε περίπτωση μελέτης.

Η βασικότερη διαφορά που παρατηρείται στα διαγράμματα  $T_{pcm}(t)$  που προκύπτουν με χρήση της απλουστευμένης μεθόδου της τριγωνικής συνάρτησης και της ακριβούς μεθόδου των πολυωνυμικών συναρτήσεων για τον υπολογισμό της  $c_{peff}(T_{pcm})$  εντοπίζεται στις περιπτώσεις ηλιακής φόρτισης του στρώματος του ΥΑΦ αποκλειστικά από τον δυτικό προσανατολισμό. Στις δύο αυτές περιπτώσεις, ανεξάρτητα από το αν η ενδιάμεση τοιχοποιία διαθέτει ή όχι στρώμα μόνωσης, παρατηρείται σημαντικά μειωμένη η μέγιστη τιμή της  $T_{pcm}$  όταν οι υπολογισμοί γίνονται με την τριγωνική συνάρτηση: μείωση της τάξης του 25% όταν υπάρχει μόνωση και της τάξης του 16,3% για τοιχοποιία χωρίς μόνωση. Τα ποσοστά αν και μικρότερα από ό,τι τον μήνα Νοέμβριο παραμένουν υψηλά και ο λόγος είναι ίδιος με αυτόν που αναλύθηκε στις παρατηρήσεις του προηγούμενου υπό μελέτη μήνα.

Στον παρόντα μήνα όμως το φαινόμενο επεκτείνεται και στην περίπτωση συνδυασμένης ηλιακής φόρτισης (από δύο δηλαδή κατευθύνσεις, δυτική και ανατολική), όπου η χρήση της τριγωνικής συνάρτησης δίνει μέγιστη τιμή  $T_{pcm}$  μειωμένη κατά 13% περίπου σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή που προκύπτει μέσω της χρήσης των πολυωνυμικών συναρτήσεων. Οι ελαφρώς χαμηλότερες θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο στρώμα του ΥΑΦ τον Δεκέμβριο, σε συνδυασμό με τη συνεπαγόμενα μικρότερη  $Q_{tot}$  και τις συνεπαγόμενα υψηλότερες τιμές της  $c_{peff}$  (σύμφωνα με την τριγωνική συνάρτηση) δεν επιτρέπουν για τον υπό μελέτη μήνα την ανάπτυξη αντίστοιχα υψηλών θερμοκρασιών  $T_{pcm}$  όπως στην περίπτωση χρήσης των πολυωνυμικών σχέσεων.

Πίνακας Μελέτης 117 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-413,3839021	-413,3839021	26,76169192	21,50624278
2	0	0	-389,302198	-389,302198	27,23543198	21,41849652
3	0	0	-367,0178564	-367,0178564	27,67381398	21,33729929
4	0	0	-346,3419099	-346,3419099	28,0805553	21,26196255
5	0	0	-327,1133581	-327,1133581	28,45882319	21,19189967
6	0	0	-309,1937477	-309,1937477	28,81134132	21,12660616
7	0	86,07959491	-292,4630348	-206,3834399	29,14047122	21,06564463
8	0,013283888	767,1591439	-281,4216004	485,7375435	29,35768051	21,02541307
9	0,105104869	1796,656764	-307,2161027	1489,440662	28,85024594	21,11940024
10	0,172156978	2238,863352	-387,702207	1851,161145	27,26690732	21,41266665
11	0,173346626	1947,03036	-493,5436044	1453,486756	25,18477435	21,79831989
12	0,127121022	1595,859792	-583,5182689	1012,341523	23,41477489	22,12615967
13	0,119153637	1394,470211	-650,922054	743,5481571	22,08879425	22,37175817
14	0,096042383	1067,664126	-703,4009043	364,2632218	21,05641989	22,56297483
15	0,068720599	715,8202123	-730,3707222	-14,55050988	20,52586428	22,66124449
16	0,041745483	385,6562484	-729,2655652	-343,6093168	20,54760515	22,65721764
17	0,01776937	115,1455192	-703,1949703	-588,0494511	21,06047106	22,56222447
18	0	0	-659,6645371	-659,6645371	21,91681038	22,40361307
19	0	0	-612,7407552	-612,7407552	22,83990434	22,23263735
20	0	0	-570,9163563	-570,9163563	23,66268221	22,08024221
21	0	0	-533,301818	-533,301818	24,40264288	21,94318649
22	0	0	-499,2309325	-499,2309325	25,0728921	21,81904275
23	0	0	-468,1893198	-468,1893198	25,68354887	21,70593674
24	0	0	-439,7699993	-439,7699993	26,24261938	21,60238554

Πίνακας Μελέτης 118 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p,eff</sub> (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>pcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-572,025569	-572,025569	23,64086156	22,08428384
2	0	0	-534,3031649	-534,3031649	24,38294418	21,94683509
3	0	0	-500,1407296	-500,1407296	25,05499439	21,82235777
4	0	0	-469,0203321	-469,0203321	25,66720103	21,70896469
5	0	0	-440,5324359	-440,5324359	26,22762058	21,60516363
6	0	0	-414,3466134	-414,3466134	26,74275327	21,50975061
7	0	86,07959491	-390,1917327	-304,1121378	27,21793288	21,42173771
8	0,013283888	448,0845438	-372,7726277	75,31191608	27,56060497	21,35826789
9	0,055864961	969,1135406	-377,0327511	592,0807896	27,47679898	21,37379046
10	0,093689597	1368,862603	-410,6267771	958,2358262	26,81593063	21,49619668
11	0,117554631	1585,498236	-466,3359553	1119,16228	25,72000862	21,69918365
12	0,127121022	2095,303063	-534,1733524	1561,129711	24,38549788	21,94636209
13	0,196228216	3008,027499	-633,9788773	2374,048622	22,42210378	22,31002249
14	0,267973559	3810,337811	-799,0459585	3011,291853	19,1748714	22,91147576
15	0,320041536	4140,643898	-1043,877637	3096,76626	14,35849402	23,80356649
16	0,31894672	2181,920266	-1380,115608	801,8046578	7,743953918	25,02871342
17	0,01776937	115,1455192	-1541,534007	-1426,388488	4,568499131	25,61687203
18	0	0	-1054,777799	-1054,777799	14,14406388	23,8432833
19	0	0	-938,5168153	-938,5168153	16,43117302	23,41966432
20	0	0	-849,4695246	-849,4695246	18,182929	23,0952036
21	0	0	-776,6360245	-776,6360245	19,61572407	22,82982091
22	0	0	-714,9111225	-714,9111225	20,82998859	22,6049145
23	0	0	-661,4041668	-661,4041668	21,88258805	22,40995174
24	0	0	-614,2830621	-614,2830621	22,80956377	22,23825704



Πίνακας Μελέτης 119 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

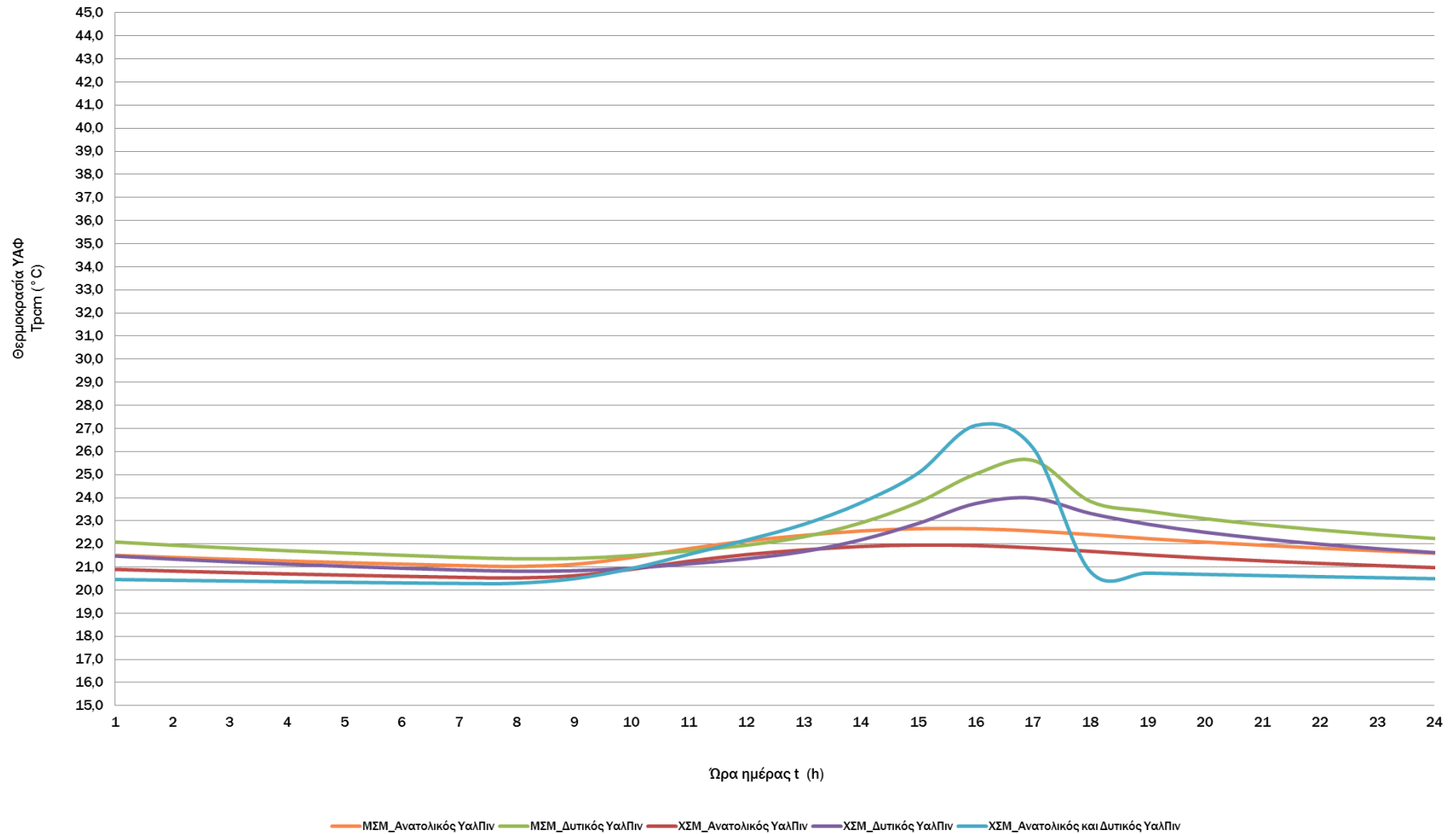
Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-246,329692	-130,8626489	-377,1923409	30,0480155	20,89754903
2	0	0	0	-226,7595358	-120,4660034	-347,2255393	30,4330035	20,82624145
3	0	0	0	-208,9720705	-111,0164125	-319,988483	30,78292205	20,76142944
4	0	0	0	-192,7662238	-102,4070564	-295,1732803	31,10172668	20,70238036
5	0	0	0	-177,9703792	-94,54676396	-272,5171432	31,39279347	20,64846889
6	0	0	0	-164,4368493	-87,35707621	-251,7939256	31,65902776	20,5991569
7	0	0	86,07959491	-152,0376142	-80,76998255	-146,7280018	31,90294797	20,55397793
8	0,013283888	0	767,1591439	-144,8674449	-76,96083012	545,3308689	32,04400096	20,52785206
9	0,105104869	0	1796,656764	-171,3988693	-91,05564934	1534,202246	31,52206952	20,62452434
10	0,172156978	0	2238,863352	-247,2767361	-131,3657661	1860,22085	30,02938506	20,90099977
11	0,173346626	0	1947,03036	-343,8518635	-182,6713025	1420,507194	28,12953999	21,25288959
12	0,127121022	0	1595,859792	-422,5796478	-224,4954379	948,7847064	26,58079139	21,53974923
13	0,119153637	0	1394,470211	-478,2273184	-254,0582629	662,1846297	25,48607936	21,74251209
14	0,096042383	0	1067,664126	-518,7336847	-275,57727	273,3531714	24,68923009	21,89010473
15	0,068720599	0	715,8202123	-535,9945988	-284,7471306	-104,9215171	24,34966996	21,95299815
16	0,041745483	0	385,6562484	-529,2769282	-281,1783681	-424,799048	24,48182131	21,92852104
17	0,01776937	0	115,1455192	-502,2256973	-266,8074017	-653,8875797	25,01397849	21,82995474
18	0	0	0	-461,471951	-245,156974	-706,628925	25,81569428	21,68146073
19	0	0	0	-418,7987892	-222,4868568	-641,285646	26,65516919	21,52597295
20	0	0	0	-381,2913601	-202,5610351	-583,8523952	27,39302278	21,38930751
21	0	0	0	-348,0628914	-184,908411	-532,9713024	28,04669981	21,26823327
22	0	0	0	-318,4371464	-169,169734	-487,6068804	28,62950335	21,16028624
23	0	0	0	-291,88478	-155,0637894	-446,9485694	29,15184677	21,06353765
24	0	0	0	-267,9825346	-142,3657215	-410,3482562	29,62205648	20,97644528

Πίνακας Μελέτης 120 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-405,1066019	-215,2128823	-620,3194842	26,92452461	21,47608287
2	0	0	0	-369,188399	-196,131337	-565,319736	27,63111463	21,34520807
3	0	0	0	-337,2919039	-179,1863239	-516,4782278	28,25858881	21,22898713
4	0	0	0	-308,798209	-164,0490485	-472,8472576	28,81912243	21,12516494
5	0	0	0	-283,2189863	-150,4600865	-433,6790728	29,32232198	21,03196218
6	0	0	0	-260,1612149	-138,2106454	-398,3718604	29,77591904	20,94794681
7	0	0	86,07959491	-239,3033092	-127,129883	-280,3535973	30,1862399	20,87194707
8	0	0,013283888	448,0845438	-224,824117	-119,4378121	103,8226147	30,47107744	20,81918938
9	0	0,055864961	969,1135406	-230,1360351	-122,2597686	616,7177369	30,36658033	20,83854437
10	0	0,093689597	1368,862603	-261,7979934	-139,080184	967,984426	29,74372001	20,95391073
11	0	0,117554631	1585,498236	-312,5344703	-166,0339373	1106,929828	28,74562196	21,13877872
12	0	0,127121022	2095,303063	-372,5682381	-197,9268765	1524,807948	27,56462576	21,35752316
13	0	0,196228216	3008,027499	-458,8085399	-243,7420368	2305,476922	25,86808943	21,67175608
14	0	0,267973559	3810,337811	-597,7537714	-317,5566911	2895,027349	23,13473126	22,17802943
15	0	0,320041536	4140,643898	-792,843962	-421,1983548	2926,601581	19,29687831	22,8888776
16	0	0,31894672	2181,920266	-1029,285495	-546,807919	605,8268521	14,64555354	23,75039725
17	0	0,01776937	115,1455192	-1093,775134	-581,06804	-1559,697655	13,37690056	23,9853775
18	0	0	0	-912,000976	-484,5005185	-1396,501495	16,95279787	23,32304882
19	0	0	0	-783,5766658	-416,2751037	-1199,851769	19,47918639	22,85511045
20	0	0	0	-687,5473125	-365,2595098	-1052,806822	21,36829489	22,50520926
21	0	0	0	-610,7358485	-324,4534195	-935,1892679	22,87934526	22,2253321
22	0	0	0	-547,0118317	-290,6000356	-837,6118673	24,13293677	21,99314153
23	0	0	0	-492,9015409	-261,8539436	-754,7554845	25,19740515	21,79598041
24	0	0	0	-446,2036055	-237,0456654	-683,249271	26,1160562	21,62582761

Πίνακας Μελέτης 121 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-126,3748302	-67,13662855	-193,5114588	32,57233125	20,4604707
2	0	0	0	-117,1128241	-62,21618778	-179,3290118	32,38276405	20,42672282
3	0	0	0	-108,4793843	-57,62967293	-166,1090573	32,20606184	20,39526525
4	0	0	0	-100,4385167	-53,35796201	-153,7964787	32,04148791	20,36596682
5	0	0	0	-92,95542725	-49,38257073	-142,337998	31,88833013	20,33870076
6	0	0	0	-85,99659614	-45,6856917	-131,6822878	31,74590245	20,31334494
7	0	0	172,1591898	-79,5298337	-42,25022416	50,37913196	31,61354602	20,28978206
8	0,013283888	0,013283888	1215,243688	-82,01425183	-43,57007128	1089,659365	31,66439507	20,29883451
9	0,105104869	0,055864961	2765,770305	-135,663888	-72,0714405	2558,034976	32,76245212	20,49431715
10	0,172156978	0,093689597	3607,725955	-257,388192	-136,737477	3213,600286	29,83047049	20,93784278
11	0,173346626	0,117554631	3532,528596	-425,3377926	-225,9607023	2881,230101	26,52653261	21,54979906
12	0,127121022	0,127121022	3691,162855	-594,6719921	-315,9194958	2780,571367	23,19535663	22,16680038
13	0,119153637	0,196228216	4402,49771	-781,5594743	-415,2034707	3205,734765	19,51886899	22,84776043
14	0,096042383	0,267973559	4878,001937	-1037,60675	-551,2285858	3289,166602	14,48185616	23,78071732
15	0,068720599	0,320041536	4856,46411	-1391,692837	-739,3368198	2725,434453	7,516204363	25,07089726
16	0,041745483	0,31894672	2567,576514	-1956,999863	-1039,656177	-429,0795257	2,5	27,1307008
17	0,01776937	0,01776937	230,2910384	-1689,425189	-897,5071317	-2356,641282	2,5	26,15574164
18	0	0	0	-219,8199433	-116,7793449	-336,5992882	30,56952054	20,80095573
19	0	0	0	-202,6538375	-107,6598511	-310,3136886	30,90721558	20,73840776
20	0	0	0	-187,0011731	-99,3443732	-286,3455463	31,2151379	20,6813743
21	0	0	0	-172,6999759	-91,74686217	-264,446838	31,49647389	20,62926517
22	0	0	0	-159,6104576	-84,7930556	-244,4035132	31,75397349	20,58157103
23	0	0	0	-147,6111389	-78,41841755	-226,0295565	31,99002647	20,53784923
24	0	0	0	-136,5958002	-72,56651888	-209,1623191	32,78152574	20,49771275



Διάγραμμα 29 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Πίνακας μελέτης 122: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης, 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Triangular Function	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή- Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	21,35826789	20,81918938	20,28978206	21,02541307	20,52785206
Μέγιστη Τιμή	25,61687203	23,9853775	27,1307008	22,66124449	21,95299815
Διασπορά	1,146821812	0,946089686	1,983695742	0,554866534	0,486571896
Μέση Τιμή	22,50352665	21,83055556	21,56211669	21,79135729	21,17685639

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή -Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	20,63996792	20,29389723	20,24617343	20,58486959	20,34009206
Μέγιστη Τιμή	32,35089994	28,54298175	31,55500393	23,70712264	22,48587636
Διασπορά	3,066900365	2,014229285	3,690444442	1,029302502	0,723560954
Μέση Τιμή	22,54839371	21,42102393	22,4295421	21,61811421	21,0817889

Η μειωμένη ηλιακή φόρτιση της ενδιάμεσης τοιχοποιίας και συνεπώς του στρώματος του ΥΑΦ, λόγω της μειωμένης ηλιακής ακτινοβολίας για όλες τις περιπτώσεις μελέτης κατά το μήνα Ιανουάριο, έχει προφανώς ως αποτέλεσμα μειωμένες τιμές αναπτυσσόμενης  $T_{pcm}$ . Οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας του ΥΑΦ που προκύπτουν με βάση τις δύο μεθόδους υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας  $c_{peff}(T_{pcm})$  είναι και πάλι παρόμοιες (μοναδική ουσιαστική διαφορά της τάξης του 4%, δηλαδή ελαφρώς μικρότερη από 1°C).

Συνεχίζεται και για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου η έντονη απόκλιση των μέγιστων τιμών της  $T_{pcm}$  όπως αυτές προκύπτουν μέσω της χρήσης των δύο μεθόδων προσδιορισμού της  $c_{peff}(T_{pcm})$ , για τις περιπτώσεις δυτικής ηλιακής φόρτισης. Λόγω της φύσης της τριγωνικής συνάρτησης, όπως έχει προαναφερθεί, η χρήση της κατά τον θερμικό ισολογισμό στο στρώμα του ΥΑΦ δίνει  $T_{pcm,max}$  26% περίπου μικρότερη από την αντίστοιχη που προκύπτει μέσω υπολογισμών της  $c_{peff}$  βάσει των πολυωνυμικών συναρτήσεων για την περίπτωση μονωμένης ενδιάμεσης τοιχοποιίας. Για τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης και αποκλειστικά δυτική ηλιακή φόρτιση, η απόκλιση των μέγιστων τιμών της  $T_{pcm}$  μεταξύ των δύο μεθόδων είναι 19%, ενώ όταν η ηλιακή φόρτιση προέρχεται από δύο κατευθύνσεις η απόκλιση μειώνεται στο 16%.

Στις περιπτώσεις αποκλειστικά ανατολικής ηλιακής φόρτισης, όπου η προσπίπτουσα στο στρώμα του ΥΑΦ ηλιακή ακτινοβολία λαμβάνει πολύ χαμηλότερες τιμές σε σχέση με τον δυτικό προσανατολισμό, οι μέγιστες τιμές  $T_{pcm}$  που προκύπτουν μέσω εφαρμογής των δύο διαφορετικών μεθόδων υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας είναι, όπως αναμενόταν, ομοίως χαμηλές.

Τέλος, παρατηρείται και για τον μήνα Ιανουάριο η μικρή υστέρηση στην εμφάνιση των  $T_{pcm,max}$ , για κάθε περίπτωση μελέτης, κατά τη χρήση της τριγωνικής συνάρτησης αντί των πολυωνυμικών συναρτήσεων για τον υπολογισμό της  $c_{peff}(T_{pcm})$ .

Πίνακας Μελέτης 123 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{ eff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	$c_{p\text{ eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>rcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-529,8823897	-529,8823897	24,46991055	21,93072716
2	0	0	-496,1230203	-496,1230203	25,13403156	21,80771848
3	0	0	-465,3496939	-465,3496939	25,73941055	21,69559002
4	0	0	-437,1640438	-437,1640438	26,29388425	21,59289025
5	0	0	-411,2439297	-411,2439297	26,80378988	21,49844539
6	0	0	-387,3245167	-387,3245167	27,27433732	21,41129046
7	0	627,3668443	-365,1850069	262,1818374	27,70987015	21,33062095
8	0,096815871	1793,040448	-379,9357987	1413,104649	27,41968965	21,38436827
9	0,179887902	2626,118075	-460,2808276	2165,837247	25,83912629	21,67712064
10	0,225377233	2836,78267	-590,9566418	2245,826028	23,26844574	22,1532628
11	0,21239787	2369,007215	-741,4287332	1627,578482	20,30832889	22,70153645
12	0,153189663	1918,445446	-866,3726085	1052,072838	17,85040818	23,1567932
13	0,142866733	1693,86685	-958,2576632	735,6091867	16,04282714	23,49159385
14	0,118532472	1355,719387	-1029,742423	325,9769645	14,63656476	23,75206215
15	0,090683483	990,9006999	-1064,463643	-73,56294265	13,95352203	23,87857552
16	0,062233292	621,2081997	-1056,244576	-435,0363768	14,11520913	23,84862779
17	0,033632171	217,9364683	-1008,195452	-790,2589839	15,06044104	23,67355167
18	0	0	-926,3906173	-926,3906173	16,66972199	23,37548022
19	0	0	-839,7517009	-839,7517009	18,37409995	23,05979486
20	0	0	-768,5005246	-768,5005246	19,77576724	22,80017767
21	0	0	-707,9165101	-707,9165101	20,96758799	22,5794283
22	0	0	-655,2807635	-655,2807635	22,00304885	22,38763996
23	0	0	-608,8515019	-608,8515019	22,9164145	22,21846612
24	0	0	-567,4313265	-567,4313265	23,73124041	22,06754384

Πίνακας Μελέτης 124 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλασσομένης θερμότητας	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>pcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-580,8850645	-580,8850645	23,46657581	22,11656509
2	0	0	-542,2939156	-542,2939156	24,22574855	21,97595091
3	0	0	-507,3955773	-507,3955773	24,91227559	21,84879218
4	0	0	-475,6428891	-475,6428891	25,53692077	21,73309523
5	0	0	-446,6053572	-446,6053572	26,10815286	21,62729147
6	0	0	-419,9370774	-419,9370774	26,63277656	21,53012052
7	0	276,5023858	-395,3552029	-118,8528171	27,11635607	21,44055179
8	0,042670121	843,0899209	-388,5219834	454,5679375	27,25078052	21,41565366
9	0,087436348	1372,063835	-414,5275952	957,5362403	26,73919296	21,51041005
10	0,124301898	1752,470539	-470,355862	1282,114677	25,64092822	21,71383094
11	0,146141086	1939,663254	-548,3102112	1391,353043	24,10739479	21,99787243
12	0,153189663	2491,654613	-638,2877859	1853,366827	22,33733808	22,32572281
13	0,231324938	3524,908028	-767,6409895	2757,267039	19,79267618	22,79704579
14	0,31264235	4444,469069	-984,8218406	3459,647229	15,52025137	23,58838548
15	0,373232506	5043,502175	-1332,342228	3711,159947	8,683761337	24,85464203
16	0,405085731	2842,892004	-1998,610319	844,2816856	2,5	27,2823164
17	0,033632171	217,9364683	-2525,105718	-2307,16925	2,5	29,20070242
18	0	0	-1086,351311	-1086,351311	13,52294348	23,95832739
19	0	0	-961,1103815	-961,1103815	15,9867079	23,50198827
20	0	0	-867,3840866	-867,3840866	17,83051018	23,16047871
21	0	0	-791,5446843	-791,5446843	19,32243795	22,88414344
22	0	0	-727,6800049	-727,6800049	20,5787966	22,65144035
23	0	0	-672,5525823	-672,5525823	21,6632742	22,45057311
24	0	0	-624,1521357	-624,1521357	22,61541739	22,27421689

Πίνακας Μελέτης 125 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{reff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης, 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-320,3457948	-170,1837035	-490,5294983	28,59195603	21,16724076
2	0	0	0	-293,599201	-155,9745755	-449,5737765	29,11812034	21,06978447
3	0	0	0	-269,5287152	-143,1871299	-412,7158451	29,59163971	20,98207908
4	0	0	0	-247,7852212	-131,6358987	-379,4211199	30,01938204	20,90285253
5	0	0	0	-228,0806506	-121,1678456	-349,2484962	30,40701427	20,83105518
6	0	0	0	-210,1742627	-111,6550771	-321,8293397	30,75927228	20,76580986
7	0	0	627,3668443	-193,8626538	-102,9895348	330,5146557	31,08015749	20,70637541
8	0,096815871	0	1793,040448	-210,4415164	-111,7970556	1470,801876	30,75401481	20,76678365
9	0,179887902	0	2626,118075	-285,000431	-151,406479	2189,711165	29,28727705	21,03845322
10	0,225377233	0	2836,78267	-401,5619124	-213,3297659	2221,890992	26,99425645	21,46316712
11	0,21239787	0	2369,007215	-529,8831678	-281,5004329	1557,623614	24,46989524	21,93072999
12	0,153189663	0	1918,445446	-629,1210833	-334,2205755	955,1037875	22,51766727	22,29232219
13	0,142866733	0	1693,86685	-695,2474089	-369,350186	629,269255	21,21681707	22,53326602
14	0,118532472	0	1355,719387	-741,4858839	-393,9143758	220,3191275	20,30720461	22,70174469
15	0,090683483	0	990,9006999	-758,3999989	-402,8999994	-170,3992984	19,97446678	22,76337448
16	0,062233292	0	621,2081997	-745,1003607	-395,8345666	-519,7267276	20,23609991	22,71491472
17	0,033632171	0	217,9364683	-705,0602326	-374,5632486	-861,6870129	21,02377725	22,56902091
18	0	0	0	-641,1624155	-340,6175332	-981,7799487	22,28078779	22,33619707
19	0	0	0	-572,4665125	-304,1228348	-876,5893473	23,63218723	22,0858905
20	0	0	0	-514,6383369	-273,4016165	-788,0399534	24,76979458	21,87518255
21	0	0	0	-465,0393218	-247,0521397	-712,0914615	25,74551625	21,69445912
22	0	0	0	-421,9190595	-224,1445003	-646,0635598	26,59378661	21,53734225
23	0	0	0	-384,0449624	-204,0238863	-588,0688487	27,33885337	21,39934078
24	0	0	0	-350,5102104	-186,2085493	-536,7187596	27,99855566	21,27715054

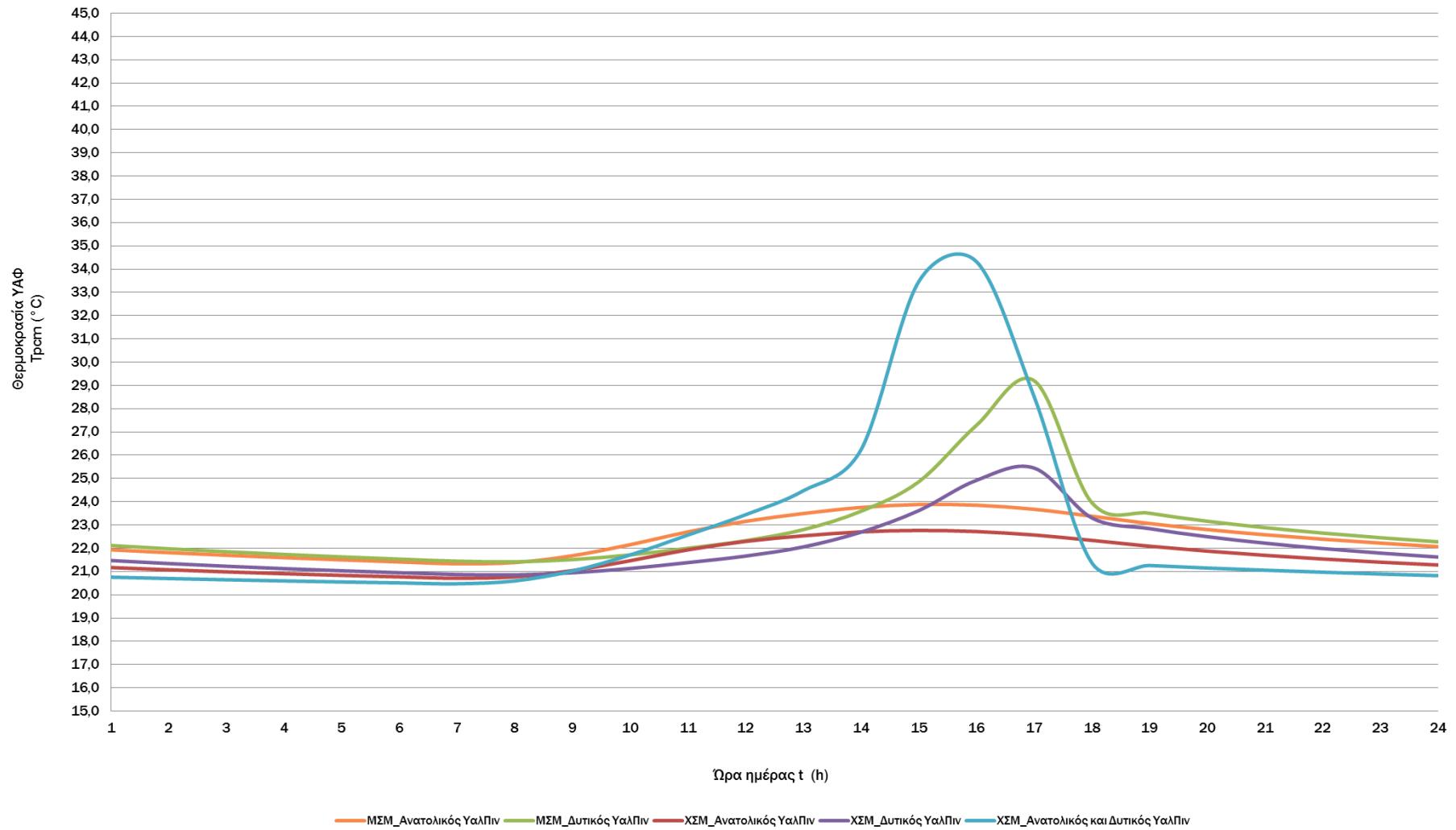


Πίνακας Μελέτης 126 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_{p\ eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Troom (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-403,6564332	-214,4424802	-618,0989134	26,95305262	21,4707989
2	0	0	0	-367,9046884	-195,4493657	-563,3540541	27,65636804	21,34053063
3	0	0	0	-336,1481249	-178,5786914	-514,7268163	28,28108946	21,22481956
4	0	0	0	-307,773647	-163,50475	-471,2783969	28,83927782	21,12143176
5	0	0	0	-282,2971113	-149,9703404	-432,2674516	29,34045729	21,02860316
6	0	0	0	-259,3285983	-137,7683179	-397,0969162	29,79229844	20,94491302
7	0	0	276,5023858	-238,5488767	-126,7290907	-88,77558156	30,20108124	20,86919815
8	0	0,042670121	843,0899209	-233,9662101	-124,2945491	484,8291616	30,29123237	20,85250034
9	0	0,087436348	1372,063835	-258,9189944	-137,5507158	975,5941252	29,80035624	20,94342055
10	0	0,124301898	1752,470539	-309,9571465	-164,6647341	1277,848658	28,79632359	21,12938775
11	0	0,146141086	1939,663254	-379,1385865	-201,4173741	1359,107293	27,43537257	21,38146347
12	0	0,153189663	2491,654613	-456,3693097	-242,4461958	1792,839107	25,91607445	21,66286828
13	0	0,231324938	3524,908028	-564,2191035	-299,7413987	2660,947526	23,7944319	22,0558395
14	0	0,31264235	4444,469069	-738,5635793	-392,3619015	3313,543588	20,36469277	22,69109672
15	0	0,373232506	5043,502175	-992,2294542	-527,1218975	3524,150823	15,37452733	23,61537653
16	0	0,405085731	2842,892004	-1349,584513	-716,9667727	776,3407183	8,344567671	24,91746758
17	0	0,033632171	217,9364683	-1494,62717	-794,0206839	-2070,711385	5,491259745	25,44595805
18	0	0	0	-906,7388855	-481,7050329	-1388,443918	17,05631476	23,3038754
19	0	0	0	-779,8304876	-414,2849465	-1194,115434	19,55288196	22,84146054
20	0	0	0	-684,6204461	-363,704612	-1048,325058	21,42587279	22,49454466
21	0	0	0	-608,3415032	-323,1814236	-931,5229268	22,9264473	22,21660784
22	0	0	0	-544,9977185	-289,530038	-834,5277565	24,1725588	21,98580273
23	0	0	0	-491,1750308	-260,9367351	-752,1117658	25,2313694	21,78968954
24	0	0	0	-444,703307	-236,2486318	-680,9519388	26,14557037	21,62036099

Πίνακας Μελέτης 127 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-206,7973373	-109,8610854	-316,6584227	30,82570383	20,75350539
2	0	0	0	-190,7823992	-101,3531496	-292,1355488	31,14075287	20,69515192
3	0	0	0	-176,1571754	-93,58349944	-269,7406748	31,42846318	20,64186214
4	0	0	0	-162,7767317	-86,47513871	-249,2518704	31,69168592	20,59310795
5	0	0	0	-150,5153248	-79,96126631	-230,4765911	31,93289475	20,54843118
6	0	0	0	-139,2631686	-73,98355831	-213,2467269	32,1542494	20,50743181
7	0	0	903,8692302	-128,9238666	-68,49080415	706,4545594	32,62450285	20,4697586
8	0,096815871	0,042670121	2636,130369	-162,6827094	-86,42518938	2387,02247	31,69353555	20,59276536
9	0,179887902	0,087436348	3998,18191	-280,1002661	-148,8032664	3569,278377	29,38367406	21,02059853
10	0,225377233	0,124301898	4589,253209	-469,4747857	-249,4084799	3870,369944	25,65826093	21,71062058
11	0,21239787	0,146141086	4308,670468	-704,6396756	-374,3398277	3229,690965	21,03205053	22,56748853
12	0,153189663	0,153189663	4410,100059	-944,0410135	-501,5217884	2964,537257	16,3224999	23,43979279
13	0,142866733	0,231324938	5218,774878	-1227,191596	-651,9455353	3339,637747	10,75230544	24,47150573
14	0,118532472	0,31264235	5800,188456	-1711,414122	-909,1887525	3179,585582	2,5	26,2358625
15	0,090683483	0,373232506	6034,402875	-3694,20874	-1962,548393	377,6457417	2,5	33,46055139
16	0,062233292	0,405085731	3464,100204	-3929,709224	-2087,658025	-2553,267045	2,5	34,31864215
17	0,033632171	0,033632171	435,8729366	-2337,48784	-1241,790415	-3143,405319	2,5	28,51708104
18	0	0	0	-377,2552921	-200,4168739	-577,6721661	27,47242111	21,37460133
19	0	0	0	-344,4735727	-183,0015855	-527,4751583	28,1173096	21,25515491
20	0	0	0	-315,2269671	-167,4643263	-482,6912934	28,69265463	21,14858934
21	0	0	0	-289,0001278	-153,5313179	-442,5314457	29,20859422	21,05302687
22	0	0	0	-265,3800838	-140,9831695	-406,3632533	29,67325241	20,96696275
23	0	0	0	-244,0301517	-129,6410181	-373,6711697	30,09325251	20,88917022
24	0	0	0	-224,6718308	-119,3569101	-344,028741	30,47407324	20,8186345



Διάγραμμα 30 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Πίνακας μελέτης 128: Στατιστικές τιμές  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης, 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Triangular Function	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή- Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	21,41565366	20,85250034	20,4697586	21,33062095	20,70637541
Μέγιστη Τιμή	29,20070242	25,44595805	34,31864215	23,87857552	22,76337448
Διασπορά	1,884233448	1,241278603	3,946958887	0,870634149	0,711042326
Μέση Τιμή	22,91000489	22,03950065	22,83542906	22,47805442	21,64185571

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή - Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	20,6580539	20,24635555	20,3337402	20,62650801	20,37456678
Μέγιστη Τιμή	36,17928404	31,80287932	34,33103352	25,93158239	23,86499486
Διασπορά	4,333550527	2,924804965	4,748644361	1,736703162	1,166459764
Μέση Τιμή	23,28817694	21,78620329	23,4705801	22,2134061	21,48486566

Αντίστοιχες με τους προηγούμενους μήνες είναι και οι παρατηρήσεις για την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου. Η αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας  $G_t$  μεταφράζεται, αναλόγως με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας και την περίπτωση μελέτης, σε αύξηση των τιμών της θερμοκρασίας του στρώματος ΥΑΦ σε σχέση με τον Ιανουάριο.

Οι μέσες τιμές της  $T_{pcm}$  λαμβάνουν παρόμοιες τιμές και με τις δύο μεθόδους υπολογισμού της  $c_{peff}$  (μοναδική ουσιαστική απόκλιση 2,8%). Οι μέγιστες τιμές της  $T_{pcm}$  που προκύπτουν στις περιπτώσεις χρήσης της τριγωνικής συνάρτησης είναι σε κάθε περίπτωση μειωμένες. Μεταξύ των δύο διαδοχικών μηνών (Ιανουάριο και Φεβρουάριο), η απόκλιση μεταξύ των δύο υπολογιζόμενων τιμών  $T_{pcm,max}$  (ανά περίπτωση μελέτης) παραμένει ιδιαίτερα υψηλή για τις περιπτώσεις αποκλειστικά δυτικής ηλιακής φόρτισης, διπλασιάζεται σχεδόν στις περιπτώσεις αποκλειστικά ανατολικής ηλιακής φόρτισης, ενώ μειώνεται δραματικά για την περίπτωση συνδυασμένης ηλιακής φόρτισης.

Στις περιπτώσεις μονωμένης ενδιάμεσης τοιχοποιίας, η χρήση της τριγωνικής συνάρτησης δίνει τον Ιανουάριο μέγιστες τιμές  $T_{pcm}$  μειωμένες κατά 26,3% για δυτική ηλιακή φόρτιση και 4,6% για ανατολική ηλιακή φόρτιση. Οι αντίστοιχες μειώσεις για τον Φεβρουάριο είναι 23,9% και 8,6% αντίστοιχα. Τον Ιανουάριο, για μη μονωμένη τοιχοποιία, η τιμή της  $T_{pcm,max}$  προκύπτει μειωμένη, βάσει της τριγωνικής συνάρτησης, κατά 19% σε σχέση με τους υπολογισμούς μέσω πολυωνύμων, για την περίπτωση δυτικής ηλιακής φόρτισης. Τον Φεβρουάριο η μείωση αυτή ανέρχεται στο 25%. Για την ανατολική ηλιακή φόρτιση η αντίστοιχη μείωση είναι τον Ιανουάριο της τάξης του 2,4% και τον Φεβρουάριο 4,8% , ενώ για ηλιακή φόρτιση από δύο κατευθύνσεις η μείωση της  $T_{pcm,max}$  από 16,3% τον Ιανουάριο πέφτει στο 0,03% τον Φεβρουάριο.

Στις περιπτώσεις δυτικής ηλιακής φόρτισης, τα πολύ έντονα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας που παρατηρούνται για δύο με τρεις ώρες μέσα στο εικοσιτετράωρο, συνεχίζουν να μην προλαβαίνουν να μεταφραστούν σε ιδιαίτερα υψηλά μέγιστα  $T_{pcm}$  από τη γραμμική τριγωνική συνάρτηση. Στις περιπτώσεις ανατολικής ηλιακής φόρτισης, όπου οι τιμές της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και συνεπώς οι αναπτυσσόμενες τιμές  $T_{pcm}$ , είναι

σημαντικά χαμηλότερες, η τριγωνική συνάρτηση μπορεί να προσεγγίσει ικανοποιητικά τα αποτελέσματα που δίνουν οι προσαρμοσμένες πολυωνυμικές συναρτήσεις, κυρίως στην περίπτωση μη ύπαρξης μόνωσης στην ενδιάμεση τοιχοποιία, όπου οι θερμικές απώλειες του στρώματος ΥΑΦ είναι μεγαλύτερες.

Για την περίπτωση ενδιάμεσης τοιχοποιίας χωρίς στρώμα μόνωσης (θερμική συναλλαγή μεταξύ του στρώματος ΥΑΦ και δύο δωματίων) και ηλιακή φόρτιση από δύο κατευθύνσεις, «ΧΣΜ\_Ανατολικός και Δυτικός ΥαλΠιν», η τριγωνική συνάρτηση επιτυγχάνει να δώσει ίδια ουσιαστικά μέγιστη τιμή  $T_{pcm}$  με τις πολυωνυμικές συναρτήσεις. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι, στη συγκεκριμένη περίπτωση, η ενεργός θερμοχωρητικότητα λαμβάνει μέσω της τριγωνικής συνάρτησης τιμή  $c_{peff}=c_{pl}$  δυο μόλις ώρες μετά την απόδοση αυτής της τιμής στη  $c_{peff}$  από τις πολυωνυμικές συναρτήσεις. Έτσι, μέσω του ενεργειακού ισολογισμού, για κάποιες ώρες η τιμή  $T_{pcm}$  λαμβάνει και στην περίπτωση χρήσης της τριγωνικής συνάρτησης ιδιαίτερα υψηλές τιμές. Οι δύο ώρες κατά τις οποίες προηγήθηκαν οι πολυωνυμικές συναρτήσεις στην απόδοση της τιμής  $c_{pl}$  στην ενεργό θερμοχωρητικότητα, επιφέρουν συντομότερη αύξηση των θερμικών απωλειών του στρώματος ΥΑΦ, μη επιτρέποντας στη μέγιστη τιμή  $T_{pcm}$  να αυξηθεί περαιτέρω σε σχέση με την αντίστοιχη που προκύπτει μέσω χρήσης της τριγωνικής συνάρτησης.

Παρά το γεγονός επίτευξης της ίδιας μέγιστης τιμής, οι δύο μέθοδοι υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας δεν δίνουν και ίδιες μέσες τιμές θερμοκρασίας στρώματος ΥΑΦ, αν και η μεταξύ τους απόκλιση είναι μικρότερη του  $1^{\circ}\text{C}$  (της τάξης του 3,17%). Σε σχέση με τη μορφή της καμπύλης της εν λόγω περίπτωσης, όπως αυτή προκύπτει μέσω των δύο διαφορετικών μεθόδων, κατά τη χρήση των πολυωνυμικών συναρτήσεων το πάχος της φαίνεται σημαντικά μεγαλύτερο λόγω των υψηλότερων τιμών που λαμβάνει κατά τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες η  $T_{pcm}$  εξαιτίας της αμεσότερης και αποτελεσματικότερης εισαγωγής στις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο ΥΑΦ των επιπέδων της ηλιακής ακτινοβολίας ανατολικού προσανατολισμού η οποία εμφανίζει τις υψηλότερες τιμές της αυτή τη χρονική περίοδο.

Πίνακας Μελέτης 129 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Q <sub>rm</sub> (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Q <sub>tot</sub> (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	c <sub>p</sub> eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>pcm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-613,1968673	-613,1968673	22,83093161	22,23429928
2	0	0	-571,3248856	-571,3248856	23,65464554	22,08173076
3	0	0	-533,6706429	-533,6706429	24,39538728	21,94453038
4	0	0	-499,5660541	-499,5660541	25,06629952	21,82026383
5	0	0	-468,4954343	-468,4954343	25,67752692	21,70705212
6	0	206,674097	-440,0508632	-233,3767662	26,23709417	21,60340892
7	0,031894151	1405,067973	-426,1836528	978,88432	26,50989269	21,55288111
8	0,184937327	2878,75377	-483,7502585	2395,003512	25,37743099	21,76263597
9	0,259314799	3558,293772	-630,881778	2927,411994	22,48303054	22,29873762
10	0,289804611	3580,91233	-833,8725142	2747,039816	18,48975648	23,03837293
11	0,262805317	2914,00398	-1065,495142	1848,508838	13,93323018	23,88233398
12	0,186886655	2334,735127	-1272,326765	1062,408362	9,864397432	24,63596429
13	0,173411975	2086,930588	-1440,233509	646,697079	6,561302638	25,24776441
14	0,148645214	1745,75043	-1593,892526	151,8579038	3,538491956	25,80765024
15	0,120760716	1370,198114	-1660,798733	-290,600619	2,5	26,05143571
16	0,09068961	976,6428639	-1479,579725	-502,9368614	5,787276058	25,39112983
17	0,060026881	538,7195146	-1344,0962	-805,3766853	8,452534864	24,89746986
18	0,023108846	149,745323	-1195,550767	-1045,805444	11,3747501	24,35621636
19	0	0	-1052,214445	-1052,214445	14,19449067	23,83394324
20	0	0	-936,6480236	-936,6480236	16,46793626	23,41285502
21	0	0	-847,97644	-847,97644	18,21230125	23,08976326
22	0	0	-775,3882141	-775,3882141	19,64027124	22,82527427
23	0	0	-713,8395069	-713,8395069	20,85106963	22,60100986
24	0	0	-660,4667714	-660,4667714	21,90102867	22,40653616

Πίνακας Μελέτης 130 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας	$c_{p\text{eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	-649,7009239	-649,7009239	22,11281656	22,36730875
2	0	0	-603,8955279	-603,8955279	23,0139094	22,20040809
3	0	0	-562,9865494	-562,9865494	23,81867895	22,05134845
4	0	0	-526,1373913	-526,1373913	24,5435829	21,91708154
5	0	0	-492,7172389	-492,7172389	25,20103077	21,79530887
6	0	169,8704473	-462,236417	-292,3659697	25,80065555	21,6842462
7	0,026214575	690,8179227	-444,5702105	246,2477121	26,14818867	21,61987602
8	0,080393129	1350,788092	-459,2519602	891,536132	25,85936638	21,67337177
9	0,128061824	1896,234682	-513,0007006	1383,233981	24,80201049	21,86921552
10	0,164566985	2259,319228	-599,9479772	1659,37125	23,0915664	22,18602444
11	0,184093389	2403,95069	-711,9787646	1691,971925	20,88767452	22,5942299
12	0,186886655	3003,576289	-838,2633324	2165,312957	18,40337943	23,05437171
13	0,276628204	4181,735589	-1021,693311	3160,042278	14,79490849	23,72273369
14	0,368701362	5225,072763	-1354,680734	3870,392029	8,244313802	24,93603663
15	0,437637027	5939,967004	-2086,573853	3853,393151	2,5	27,60282825
16	0,479024547	5870,014268	-4489,55594	1380,458328	2,5	36,35855002
17	0,426841852	2915,680523	-5350,411945	-2434,731422	2,5	39,49524243
18	0,023108846	149,745323	-3832,109565	-3682,364242	2,5	33,96301925
19	0	0	-1535,781376	-1535,781376	4,681666024	25,59591122
20	0	0	-1024,363165	-1024,363165	14,74238658	23,73246181
21	0	0	-916,0369977	-916,0369977	16,87340045	23,33775484
22	0	0	-831,400512	-831,400512	18,5383862	23,02936572
23	0	0	-761,4830615	-761,4830615	19,91381616	22,77460821
24	0	0	-701,8684148	-701,8684148	21,08656733	22,55739091

Πίνακας Μελέτης 131 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγα ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλασσομένης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Tpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-402,0813417	-213,6057128	-615,6870545	26,98403813	21,46505976
2	0	0	0	-366,5099955	-194,7084351	-561,2184306	27,68380472	21,3354488
3	0	0	0	-334,905172	-177,9183726	-512,8235447	28,30554108	21,22029062
4	0	0	0	-306,660033	-162,9131426	-469,5731756	28,86118506	21,11737409
5	0	0	0	-281,2949469	-149,4379405	-430,7328875	29,36017207	21,02495158
6	0	0	206,674097	-258,4233411	-137,2874	-189,0366441	29,81010683	20,94161454
7	0,031894151	0	1405,067973	-248,5371344	-132,0353527	1024,495486	30,00459026	20,90559227
8	0,184937327	0	2878,75377	-301,7687405	-160,3146434	2416,670386	28,95740753	21,09955174
9	0,259314799	0	3558,293772	-431,8770287	-229,4346715	2896,982071	26,39789146	21,573626
10	0,289804611	0	3580,91233	-602,9666991	-320,3260589	2657,619572	23,03218151	22,19702372
11	0,262805317	0	2914,00398	-782,8558451	-415,8921677	1715,255967	19,49336652	22,852484
12	0,186886655	0	2334,735127	-920,0353753	-488,7687931	925,9309584	16,79474358	23,35232368
13	0,173411975	0	2086,930588	-1005,986675	-534,4304211	546,5134916	15,10389255	23,66550357
14	0,148645214	0	1745,75043	-1062,397081	-564,3984491	118,9549001	13,99417585	23,8710456
15	0,120760716	0	1370,198114	-1075,649105	-571,4385871	-276,8895784	13,7334794	23,91933187
16	0,09068961	0	976,6428639	-1044,217016	-554,7402896	-622,3144414	14,3518177	23,80480308
17	0,060026881	0	538,7195146	-976,6164717	-518,8275006	-956,7244577	15,68166902	23,55848766
18	0,023108846	0	149,745323	-881,5030481	-468,2984943	-1200,056219	17,55275916	23,21192383
19	0	0	0	-774,9162493	-411,6742574	-1186,590507	19,64955583	22,82355458
20	0	0	0	-680,7716627	-361,6599458	-1042,431608	21,50158682	22,48052089
21	0	0	0	-605,1886357	-321,5064627	-926,6950985	22,98847113	22,20511977
22	0	0	0	-542,3431629	-288,1198053	-830,4629682	24,22477975	21,97613035
23	0	0	0	-488,8980923	-259,7271115	-748,6252039	25,27616178	21,78139308
24	0	0	0	-442,7237691	-235,1970023	-677,9207714	26,18451223	21,61314816

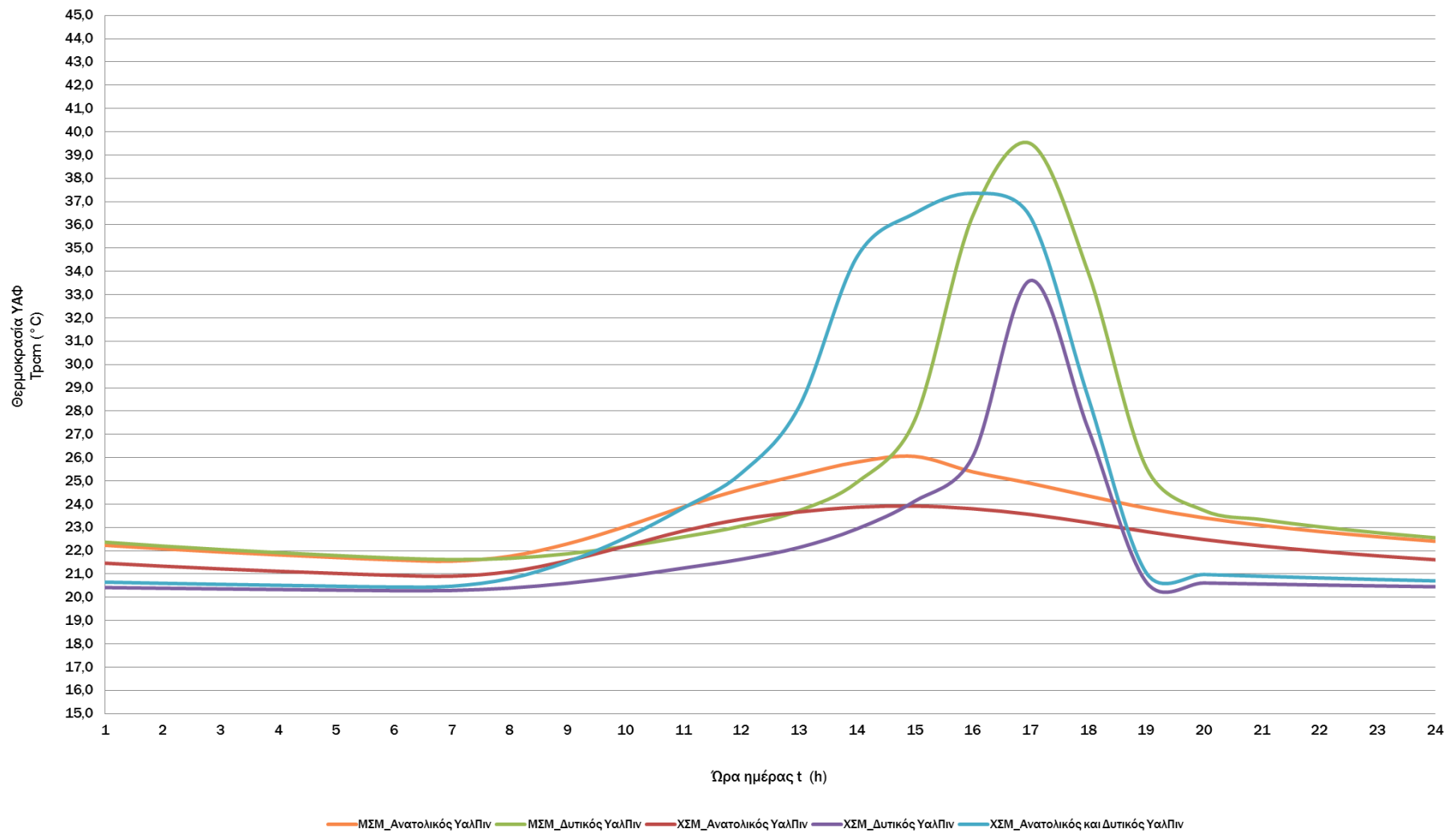


Πίνακας Μελέτης 132 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλασσομένη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλασσομένης θερμότητας - 2 δωμάτια	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trpm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-114,6349716	-60,89982868	-175,5348003	32,33204939	20,4176943
2	0	0	0	-106,1709412	-56,4033125	-162,5742537	32,15881451	20,386854
3	0	0	0	-98,28962121	-52,21636127	-150,5059825	31,99750607	20,35813691
4	0	0	0	-90,9565677	-48,32067659	-139,2772443	31,8474191	20,33141753
5	0	0	0	-84,1386282	-44,69864623	-128,8372744	31,70787507	20,30657508
6	0	0	169,8704473	-77,80399298	-41,33337127	50,73308307	31,57822292	20,28349363
7	0	0,026214575	690,8179227	-80,30866457	-42,66397805	567,84528	31,6294865	20,29261988
8	0	0,080393129	1350,788092	-108,2975175	-57,53305617	1184,957519	32,20233954	20,39460258
9	0	0,128061824	1896,234682	-165,6645754	-88,00930566	1642,560801	31,63487569	20,60363035
10	0	0,164566985	2259,319228	-246,6119081	-131,0125762	1881,694743	30,04246369	20,89857734
11	0	0,184093389	2403,95069	-344,2593449	-182,887777	1876,803568	28,12152393	21,25437433
12	0	0,186886655	3003,576289	-448,3057764	-238,1624437	2317,108069	26,07470188	21,63348727
13	0	0,276628204	4181,735589	-586,8454496	-311,7616451	3283,128494	23,34932193	22,13828289
14	0	0,368701362	5225,072763	-806,055685	-428,2170826	3990,799995	19,03697467	22,93701703
15	0	0,437637027	5939,967004	-1132,876156	-601,8404581	4205,250389	12,60769748	24,12784951
16	0	0,479024547	5870,014268	-1652,876106	-878,0904311	3339,047731	2,5	26,02256811
17	0	0,426841852	2915,680523	-3735,111573	-1984,278023	-2803,709072	2,5	33,60958864
18	0	0,023108846	149,745323	-1986,714143	-1055,441889	-2892,410709	2,5	27,23897043
19	0	0	0	-183,0022324	-97,21993596	-280,2221684	31,29380586	20,6668034
20	0	0	0	-169,0420425	-89,80358507	-258,8456276	31,56843348	20,6159368
21	0	0	0	-156,2589767	-83,01258139	-239,2715581	31,81990449	20,56935927
22	0	0	0	-144,5359589	-76,78472815	-221,320687	32,05052202	20,52664423
23	0	0	0	-133,7704609	-71,06555735	-204,8360183	32,72369899	20,48741809
24	0	0	0	-124,0117791	-65,88125765	-189,8930368	32,52396624	20,45186048

Πίνακας Μελέτης 133 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων ανατολικού προσανατολισμού - Rm1 -	Gt (kW/m <sup>2</sup> ) υαλοπινάκων δυτικού προσανατολισμού - Rm2 -	Qsun (kJ) απορροφούμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας	Qrm1 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 1	Qrm2 (kJ) θερμότητα συναλλασσόμενη με το δωμάτιο 2	Qtot (kJ) σύνολο συναλλασσόμενης θερμότητας - 2 δωμάτια	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	T <sub>room</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	0	0	0	-178,3967658	-94,77328186	-273,1700477	31,38440551	20,65002251
2	0	0	0	-164,8271862	-87,56444269	-252,3916289	31,65134897	20,60057917
3	0	0	0	-152,3955028	-80,96011086	-233,3556136	31,89590752	20,55528197
4	0	0	0	-140,9895778	-74,90071322	-215,890291	32,12028714	20,51372231
5	0	0	0	-130,5110345	-69,33398707	-199,8450215	32,65698771	20,47554175
6	0	0	376,5445443	-120,9706817	-64,26567468	191,3081879	32,46172354	20,44077966
7	0,031894151	0,026214575	2095,885895	-130,1584325	-69,14666726	1896,580796	32,64977094	20,47425698
8	0,184937327	0,080393129	4229,541863	-220,7188531	-117,2568907	3891,566119	30,55183701	20,80423107
9	0,259314799	0,128061824	5454,528454	-419,2983043	-222,7522242	4812,477925	26,64534263	21,52779303
10	0,289804611	0,164566985	5840,231557	-700,8736736	-372,3391391	4767,018745	21,10613607	22,55376639
11	0,262805317	0,184093389	5317,95467	-1052,989339	-559,4005863	3705,564744	14,17924681	23,83676671
12	0,186886655	0,186886655	5338,311416	-1460,41508	-775,8455115	3102,050824	6,164286756	25,3212998
13	0,173411975	0,276628204	6268,666177	-2244,951839	-1192,630664	2831,083673	2,5	28,17990853
14	0,148645214	0,368701362	6970,823192	-4010,420113	-2130,535685	829,8673945	2,5	34,61272761
15	0,120760716	0,437637027	7310,165118	-4527,926738	-2405,46108	376,7773002	2,5	36,49836131
16	0,09068961	0,479024547	6846,657132	-4762,885661	-2530,283007	-446,5115359	2,5	37,35447879
17	0,060026881	0,426841852	3454,400038	-4484,440358	-2382,35894	-3412,39926	2,5	36,33991043
18	0,023108846	0,023108846	299,4906459	-2356,462761	-1251,870842	-3308,842957	2,5	28,58621976
19	0	0	0	-293,0630391	-155,6897395	-448,7527786	29,12866782	21,06783086
20	0	0	0	-269,0452101	-142,9302678	-411,9754779	29,60115132	20,98031734
21	0	0	0	-247,3476957	-131,4034633	-378,7511591	30,02798913	20,90125832
22	0	0	0	-227,6835564	-120,9568894	-348,6404458	30,41482598	20,82960829
23	0	0	0	-209,8129351	-111,4631218	-321,2760568	30,76638039	20,76449329
24	0	0	0	-193,5331309	-102,8144758	-296,3476067	31,08663993	20,70517473



Διάγραμμα 31 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Πίνακας μελέτης 134: Στατιστικές τιμές  $T_{PCM}$  ανά περίπτωση μελέτης, 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Triangular Function	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή- Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	21,61987602	20,28349363	20,44077966	21,55288111	20,90559227
Μέγιστη Τιμή	39,49524243	33,60958864	37,35447879	26,05143571	23,91933187
Διασπορά	4,884895032	3,107417051	5,890665004	1,4476247	1,057784888
Μέση Τιμή	24,67161226	21,93974009	24,35726378	23,27013581	22,24984597

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή - Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	20,74451359	20,25390229	20,35393384	20,70816343	20,43379103
Μέγιστη Τιμή	40,7350585	34,04632626	37,35489325	28,92392177	25,83908882
Διασπορά	6,429710177	4,500181334	6,407235069	2,77294231	1,782445281
Μέση Τιμή	25,02282283	22,88160409	25,12871188	23,10446707	22,03810784

Η μελέτη της περίπτωσης δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση ολοκληρώνεται για ημερομηνία μελέτης την 21<sup>η</sup> Μαρτίου. Τα σημαντικά αυξημένα επίπεδα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με τους προηγούμενους μήνες αντανακλώνται αφενός στις υψηλότερες τιμές της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στο στρώμα του ΥΑΦ για κάθε περίπτωση και αφετέρου στα αποτελέσματα της σύγκρισης της χρήσης των δύο μεθόδων υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας  $c_{peff}(T_{PCM})$  κατά τον ενεργειακό ισολογισμό στο στρώμα του ΥΑΦ.

Οι μέσες τιμές της ωριαίας θερμοκρασίας του ΥΑΦ που προκύπτουν μέσω των δύο μεθόδων είναι παρόμοιες και για τον τελευταίο μήνα μελέτης (διαφορές μικρότερες του 1°C, με μέγιστη απόκλιση της τάξης του 4%.

Οι μέγιστες τιμές της  $T_{PCM}$  προκύπτουν πλέον επίσης παρόμοιες για κάθε τις περιπτώσεις δυτικής ηλιακής φόρτισης (αποκλειστικής ή συνδυασμένης) αφού τα πολύ υψηλά επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας προκαλούν υψηλές τιμές  $T_{PCM}$ , με αποτέλεσμα η τριγωνική συνάρτηση να αποδίδει στην ενεργό θερμοχωρητικότητα χαμηλές τιμές (και κυρίως την τιμή  $c_{pl}$ ) για επαρκές χρονικό διάστημα ώστε να προκύψουν, μέσω του θερμικού ισολογισμού στο στρώμα ΥΑΦ, μέγιστες τιμές  $T_{PCM}$  αντίστοιχα υψηλές με τις προκύπτουσες μέσω χρήσης της μεθόδου των προσαρμοσμένων πολυωνυμικών συναρτήσεων. Στην περίπτωση ενδιάμεσης τοιχοποιίας χωρίς στρώμα μόνωσης και ηλιακής φόρτισης από δύο προσανατολισμούς, η μέγιστη τιμή  $T_{PCM}$  προκύπτει ουσιαστικά ίδια και με τις δύο μεθόδους.

Στις περιπτώσεις ανατολικής φόρτισης τώρα, εξαιτίας των γενικά χαμηλότερων τιμών της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και συνεπώς της αναπτυσσόμενης  $T_{PCM}$ , η γραμμική φύση της τριγωνικής συνάρτησης δεν επιτυγχάνει να μεταφράσει άμεσα τις αυξανόμενες τιμές της  $G_t$  σε αντίστοιχα αυξανόμενες τιμές  $T_{PCM}$ , με αποτέλεσμα να μη δύναται να φτάσει τις μέγιστες τιμές που προκύπτουν μέσω των πολυωνυμικών σχέσεων. Οι αποκλίσεις στις μέγιστες τιμές  $T_{PCM}$  που δίνουν οι δύο μέθοδοι για περιπτώσεις ανατολικής ηλιακής φόρτισης είναι της τάξης του 11% και 8% για ενδιάμεση τοιχοποιία με και χωρίς μόνωση αντίστοιχα.

Σχετικά με τη μορφή των καμπυλών που προκύπτουν μέσω χρήσης των δύο διαφορετικών μεθόδων ισχύουν εν γένει όσα έχουν προαναφερθεί κατά τον σχολιασμό των

προηγούμενων υπό μελέτη μηνών. Στις περιπτώσεις ανατολικής ηλιακής φόρτισης η χρονική υστέρηση που εισάγει στην εμφάνιση των μέγιστων τιμών της  $T_{pcm}$  η χρήση της τριγωνικής συνάρτησης είναι της τάξεως των τριών περίπου ωρών (σε σχέση με τη χρήση των πολυωνυμικών συναρτήσεων). Η αιτία του φαινομένου είναι ανάλογη με αυτή που αναφέρθηκε σε μια αντίστοιχη περίπτωση για δωμάτια διατεταγμένα κατά Νότο και Βορρά. Ουσιαστικά, η γραμμικότητα της τριγωνικής συνάρτησης και οι υψηλές τιμές που αποδίδει στην ενεργό θερμοχωρητικότητα, σε συνδυασμό με τις σχετικά χαμηλές τιμές  $T_{pcm}$  λόγω της αντίστοιχα χαμηλής  $G_t$  από τον ανατολικό προσανατολισμό, εισάγουν στη μεταβολή της ωριαίας θερμοκρασίας του ΥΑΦ μια «κράτυνση» που δεν παρουσιάζεται στην περίπτωση των πολυωνυμικών συναρτήσεων, οι οποίες εννοούν την άμεση μετάφραση των διακυμάνσεων της ηλιακής φόρτισης σε αντίστοιχες διακυμάνσεις της  $T_{pcm}$ . Για την περίπτωση ενδιάμεσης τοιχοποιίας χωρίς στρώμα μόνωσης και ηλιακής φόρτισης από δύο κατευθύνσεις ισχύει η ίδια παρατήρηση που έγινε και κατά την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου (σχετικά με το πλάτος της καμπύλης και τις χαμηλότερες τιμές  $T_{pcm}$  κατά τις πρωινές ώρες για την τριγωνική συνάρτηση).

Η διασπορά που παρατηρείται στις τιμές  $T_{pcm}$  που προκύπτουν μέσω χρήσης της μεθόδου των πολυωνυμικών συναρτήσεων είναι και πάλι μεγαλύτερη σε σχέση με την τριγωνική συνάρτηση, αν και για την 21<sup>η</sup> Μαρτίου αυτό ισχύει σε μικρότερο βαθμό μιας και η τριγωνική συνάρτηση επιτυγχάνει πλέον να δώσει κάποιες σημαντικά υψηλές τιμές  $T_{pcm}$  μέσα στο εικοσιτετράωρο, τουλάχιστον στις περιπτώσεις δυτικής ηλιακής φόρτισης.

#### **4.7 Αποτελέσματα προσδιορισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας $c_{peff}(T_{pcm})$ βάσει των προσαρμοσμένων πολυωνύμων της $T_{pcm}$ και της τριγωνικής συνάρτησης.**

Για λόγους πληρότητας, παρατίθενται ακολούθως σε κοινό διάγραμμα οι γραφικές παραστάσεις της ενεργού θερμοχωρητικότητας  $c_{peff}(T_{pcm})$ , όπως αυτή προκύπτει μέσω των δύο διαφορετικών μεθόδων που περιγράφηκαν και χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω, αφενός δηλαδή των προσαρμοσμένων στα αποτελέσματα πειραματικών μετρήσεων τεσσάρων πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{pcm}$  και αφετέρου της τριγωνικής συνάρτησης (Triangular Function). Τα διαγράμματα αφορούν σε κάθε μία από τις πέντε προαναφερθείσες περιπτώσεις μελέτης και παρουσιάζονται ανά μήνα μελέτης.

Κάθε διαγράμματος προηγούνται δύο πίνακες, ένας ανά μέθοδο προσδιορισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας. Στους πίνακες παρατίθενται συγκεντρωτικά, για κάθε περίπτωση μελέτης, οι προκύπτουσες τιμές της  $c_{peff}$  ανά ωριαία αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στο στρώμα του ΥΑΦ.

Όπως και παραπάνω, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε δύο υποενότητες αναλόγως τη διάταξη των δύο δωματίων. Στο τέλος κάθε υποενότητας παρατίθενται πίνακες με στατιστικές τιμές της  $c_{peff}$  ανά μήνα και περίπτωση μελέτης.

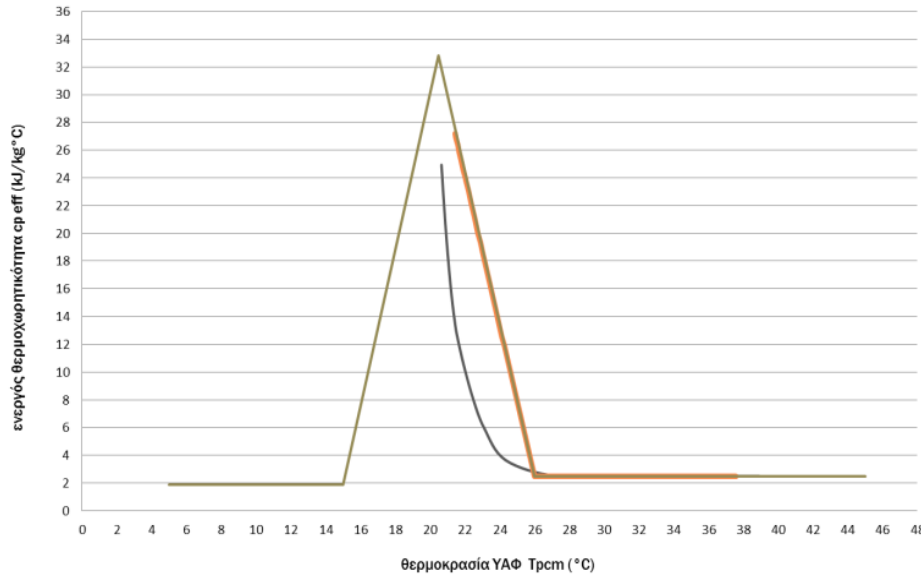
#### 4.7.1 Δωμάτια προσανατολισμένα κατά Νότο και Βορρά

Πίνακας Μελέτης 135 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $\text{Trcm}$ . 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

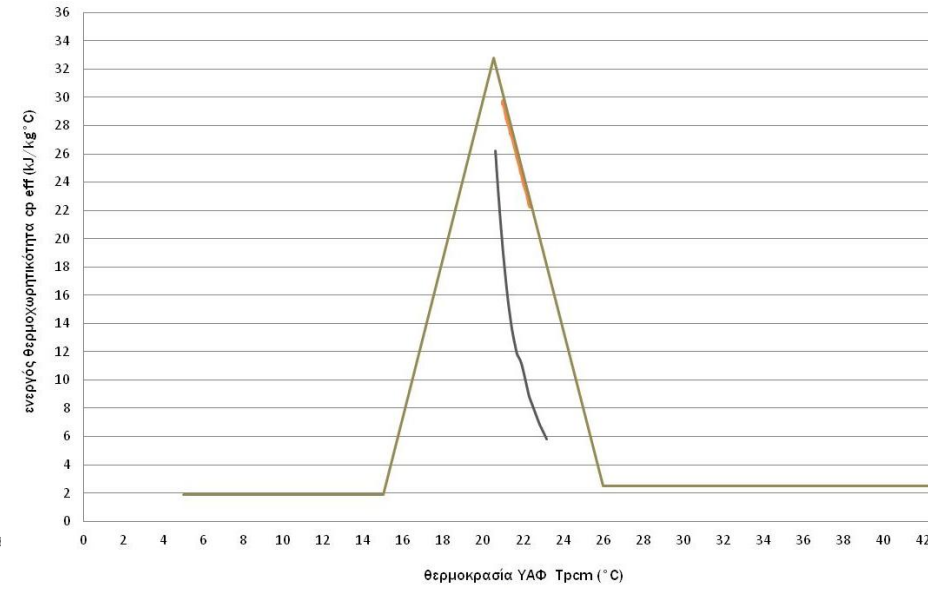
Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΜΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΧΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος - Βορράς	
	$c_{\text{p eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$\text{Trcm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{\text{p eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$\text{Trcm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{\text{p eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$\text{Trcm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{\text{p eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$\text{Trcm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{\text{p eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$\text{Trcm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	17,96089726	21,04881681	19,71402364	20,93566168	26,35063149	20,58794993	26,32563209	20,58909729	27,50789127	20,53583056
2	19,35564791	20,95777962	20,96837753	20,86166865	27,53380644	20,53468485	27,51135034	20,53567758	32,48427484	20,48932943
3	20,63871478	20,8806351	22,12339574	20,79760338	32,45530771	20,48832682	32,48040578	20,48919557	31,46355357	20,45336928
4	21,8196109	20,81411382	23,18942798	20,74139741	31,43679162	20,45240832	31,4599789	20,45324097	30,52226589	20,41897093
5	22,90877286	20,75594566	24,17599986	20,69155395	30,49763533	20,41805366	30,51897576	20,41884845	29,65749265	20,38620213
6	23,91599872	20,70450151	25,09152952	20,64695867	29,63490766	20,3853302	29,65447563	20,3860857	28,86590281	20,35511551
7	24,85001228	20,65857741	25,94334506	20,6067614	28,84526722	20,35429012	28,86314609	20,35500529	28,14382087	20,32574728
8	24,93365866	20,65454193	26,2418924	20,59294744	28,91526907	20,35708687	28,63910634	20,34600023	28,78592091	20,35191196
9	20,97477851	20,86130355	24,68008896	20,6668133	27,38699921	20,5411872	30,47259023	20,41712002	25,30611166	20,63671965
10	12,86888684	21,51163166	20,83645963	20,8692196	18,0739942	21,0411079	26,46990694	20,58248866	13,72591988	21,40721497
11	5,953873841	23,10923158	15,83087376	21,20814788	9,344319333	22,17149522	21,21038043	20,84794675	5,125462318	23,44524349
12	2,5	27,15323648	11,79146144	21,69145464	3,267707092	24,71217809	15,90523969	21,20203922	2,5	29,34420487
13	2,5	35,57782497	8,911627532	22,26765418	2,5	31,12779803	12,19031186	21,61458763	2,5	37,07936349
14	2,5	38,76512981	6,844996622	22,81105599	2,5	33,40363695	11,11609233	21,98566039	2,5	37,02326303
15	2,5	38,91907548	5,840542925	23,15126283	2,5	32,4605494	9,383750125	22,16296589	2,5	35,30829583
16	2,5	36,53113978	5,891019689	23,13240934	2,5	29,97212605	9,563647021	22,12451973	2,5	32,02167476
17	2,5	30,47776087	6,903375669	22,79322272	3,273685605	24,70530939	11,17905682	21,89590164	2,623724091	25,95187809
18	3,655146982	24,33174557	8,75834787	22,30291002	12,46148181	21,57037217	12,41381665	21,5777969	15,04647851	21,27577434
19	8,014099747	22,48415679	11,18320703	21,89298729	15,11582108	21,26953865	15,06192607	21,27438047	17,60693767	21,07336417
20	10,16651308	22,00090722	12,10798793	21,62909387	17,66858203	21,06904182	17,62068006	21,07239882	19,84270236	20,92783281
21	11,77949266	21,69407416	13,61772316	21,41933451	19,89608062	20,92460221	19,85460226	20,92711174	21,7813897	20,81620762
22	13,1912963	21,46986515	15,25886055	21,2568442	21,82782912	20,81366411	21,79174181	20,81564015	23,47529435	20,72675184
23	14,82412128	21,29615019	16,84707499	21,12843192	23,51606704	20,72467683	23,48438242	20,72628903	24,96885069	20,65284776
24	16,43488299	21,15983834	18,32816701	21,02400846	25,00496291	20,65111153	24,9768993	20,6524606	26,29661512	20,59043022

Πίνακας Μελέτης 136 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης, 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΜΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΧΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος - Βορράς	
	$c_{peff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{peff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{peff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{peff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{peff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	23,07110328	22,18981462	27,3592685	21,39555949	26,55265201	21,54496121	30,36254525	20,83929175	30,48601442	20,81642275
2	23,87001296	22,04184035	27,7886097	21,31603679	27,30257122	21,40606097	30,71881552	20,77330327	30,83117346	20,7524923
3	24,59000522	21,90848319	28,18723046	21,24220415	27,96632256	21,28312077	31,04326731	20,71320822	31,1457431	20,69422763
4	25,24326876	21,78748554	28,5581667	21,17349923	28,55766217	21,17359268	31,33937775	20,65836256	31,43302483	20,64101723
5	25,83928164	21,67709187	28,90403534	21,10943735	29,08732506	21,07548838	31,61013467	20,60821289	31,69586293	20,59233428
6	26,38558657	21,57590512	29,22711008	21,04959736	29,56387315	20,98722201	31,85812461	20,56228013	31,93672537	20,54772167
7	26,88830176	21,48279207	29,52938044	20,99361076	29,99425932	20,90750577	32,08560153	20,52014679	32,15776714	20,50678026
8	27,16644709	21,43127392	29,70517174	20,96105065	30,21745565	20,86616528	32,79302166	20,49975932	32,10669361	20,51624011
9	26,38254996	21,57646756	29,45716998	21,0069856	29,48347138	21,00211405	31,92076879	20,55067716	30,79402973	20,75937207
10	23,81929787	22,05123382	28,6388008	21,15856416	27,1778244	21,42916661	31,12237879	20,69855517	27,42682708	21,38304627
11	19,3499168	22,8790538	27,39250183	21,389404	23,30323569	22,14681899	29,9514916	20,91542722	21,90881765	22,40509349
12	12,53173479	24,14191934	25,94017576	21,65840423	17,78919903	23,16813037	28,626718	21,16080214	13,84614607	23,89846372
13	2,5	26,19719157	24,51535493	21,92230994	10,30787824	24,55382266	27,37062384	21,39345625	2,5	26,23399484
14	2,5	35,23427429	23,33030874	22,14180452	2,5	26,62827038	26,37421613	21,57801116	2,5	36,53402771
15	2,5	37,59006708	22,54995968	22,28634098	2,5	32,15491215	25,77154041	21,68963892	2,5	35,28622639
16	2,5	36,03090313	22,25348181	22,34125469	2,5	29,95833873	25,61040437	21,71948458	2,5	32,0206792
17	2,5	30,28947259	22,43901788	22,30688965	9,493362709	24,70468745	25,86749212	21,67186672	2,760051567	25,95183318
18	11,88950044	24,26087416	23,07099955	22,18983384	15,32908193	23,62379394	26,49808556	21,55506803	26,75903184	21,50673549
19	14,90593425	23,70216946	23,86991984	22,0418576	18,37593947	23,05945415	27,25446497	21,41497123	27,48475573	21,37231671
20	16,99646131	23,31496147	24,58992099	21,90849879	20,52178867	22,66199937	27,92360151	21,29103357	28,12828347	21,25312232
21	18,63810414	23,01089594	25,2431921	21,78749974	22,19363956	22,35233869	28,51949811	21,18066144	28,70247269	21,14677084
22	19,99783424	22,75904636	25,83921153	21,67710486	23,55971953	22,09931299	29,0530643	21,08183417	29,21741922	21,0513923
23	21,15910832	22,54395485	26,38552217	21,57591705	24,70816896	21,88659687	29,53298949	20,99294229	29,68121601	20,96548773
24	22,17108554	22,35651615	26,8882424	21,48280307	25,69227829	21,70431987	29,96632213	20,9126803	30,10046292	20,88783471



ΜΣΜ\_ΓαλΠιν Νότος

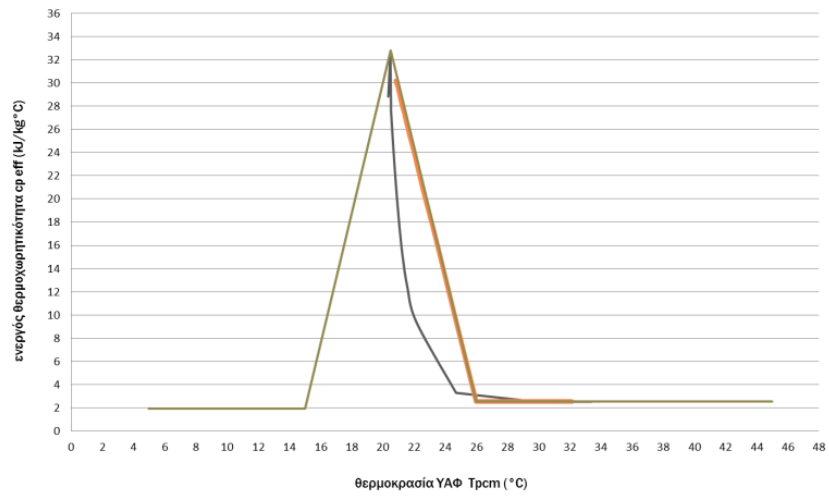


ΜΣΜ\_ΓαλΠιν Βορράς

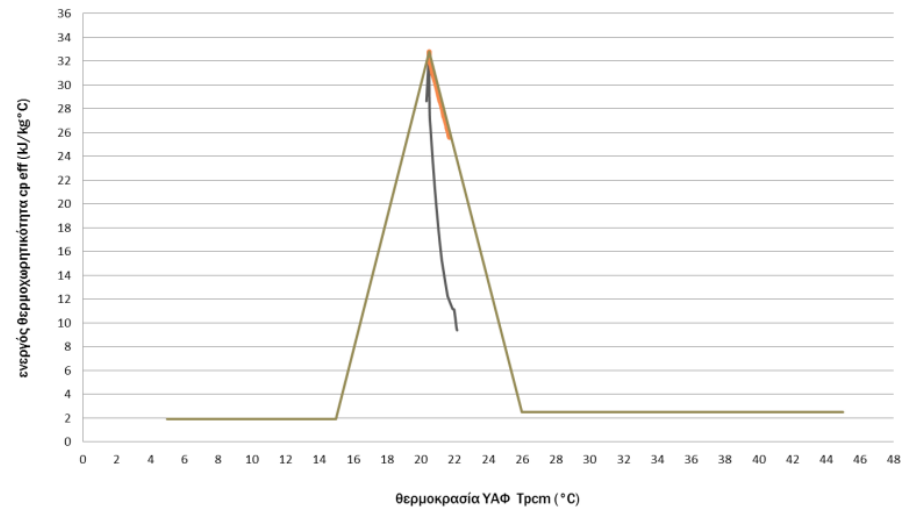
— Πολυωνυμικές συναρτήσεις    — Τριγωνική συνάρτηση

Διάγραμμα 32 : Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσεϊ της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Γαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{room}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα)

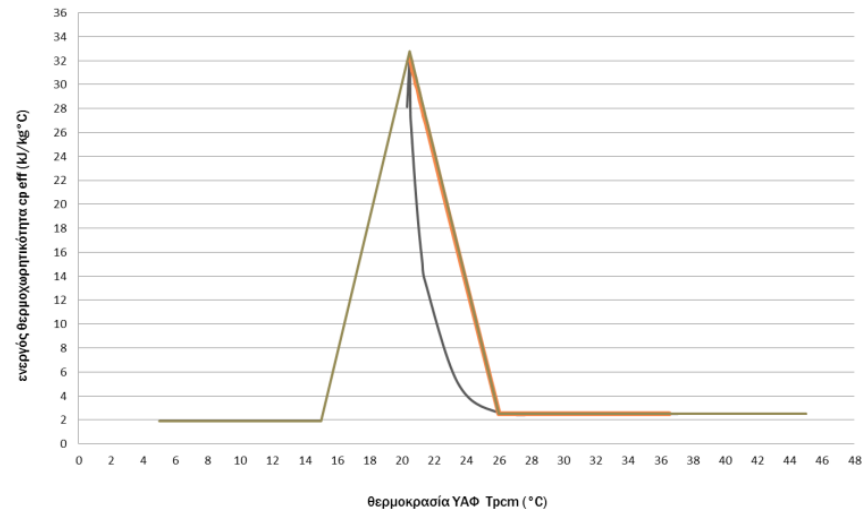




ΧΣΜ\_Γαλπιν Νότος



ΧΣΜ\_Γαλπιν Βορράς



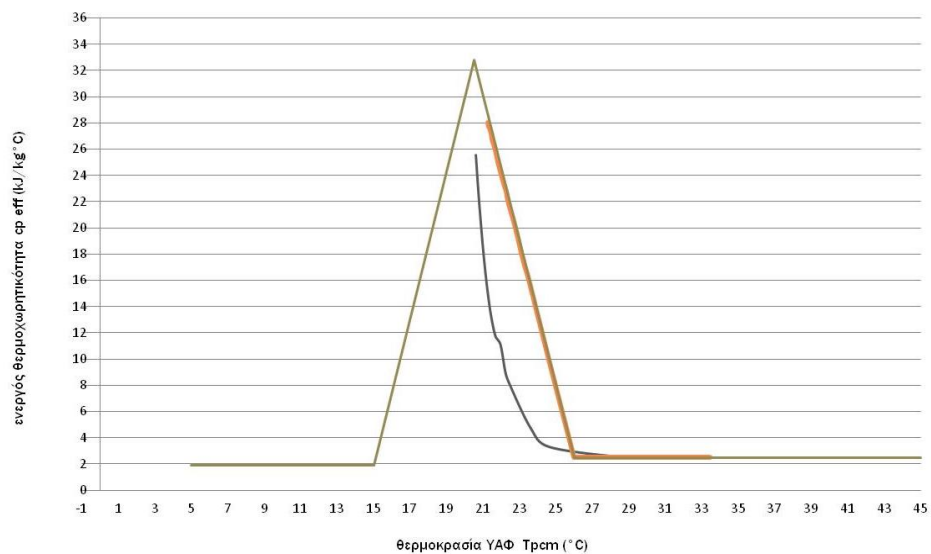
ΧΣΜ\_Γαλπιν Νότος - Βορράς

Πίνακας μελέτης 137: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της Τρcm. 21η Δεκεμβρίου.

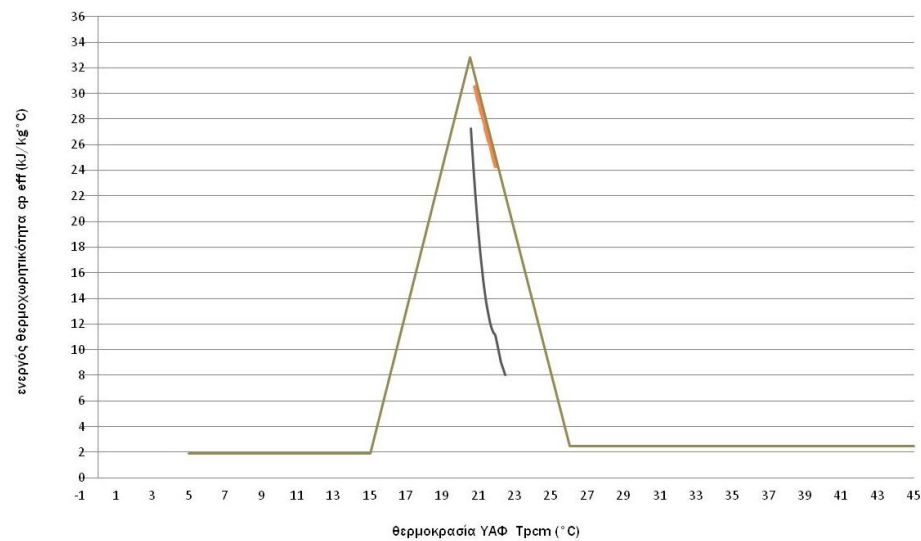
Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΜΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΧΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος - Βορράς	
	$c_p \text{ eff (kJ/kg}^\circ\text{C)}$ ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τρcm ( $^\circ\text{C}$ ) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p \text{ eff (kJ/kg}^\circ\text{C)}$ ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τρcm ( $^\circ\text{C}$ ) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p \text{ eff (kJ/kg}^\circ\text{C)}$ ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τρcm ( $^\circ\text{C}$ ) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p \text{ eff (kJ/kg}^\circ\text{C)}$ ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τρcm ( $^\circ\text{C}$ ) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p \text{ eff (kJ/kg}^\circ\text{C)}$ ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τρcm ( $^\circ\text{C}$ ) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	17,94826858	21,04968154	20,87738168	20,86687178	25,4800286	20,62847768	27,46199808	20,53786172	26,28074114	20,59115994
2	19,3440208	20,95850519	22,03952377	20,80213873	26,75333969	20,56959559	32,53568388	20,49110631	27,47103293	20,53746162
3	20,62802056	20,88125582	23,11192119	20,74539806	27,8959054	20,51877005	31,51105594	20,45507261	32,5255519	20,49075636
4	21,80975928	20,81465314	24,10417756	20,69511758	32,05526043	20,4743757	30,56599127	20,42059707	31,50169321	20,45473712
5	22,89967476	20,75642016	25,024796	20,65015894	31,06748877	20,43904791	29,69759216	20,38774815	30,55737235	20,42027676
6	23,9075734	20,70492327	25,88118339	20,60965509	30,15800539	20,40531148	28,90254602	20,35657923	29,68968739	20,3874436
7	24,8421888	20,65895548	26,67976054	20,57293132	29,32371459	20,37322814	28,17719228	20,32712733	28,8953221	20,35629086
8	25,57671646	20,6239172	27,29374049	20,54533303	28,69346992	20,34819403	27,64832123	20,30498034	28,43503794	20,33771438
9	23,59300564	20,72077052	26,45847326	20,58301125	31,07873001	20,43945737	28,65376291	20,34659224	32,69962758	20,4967518
10	16,50383333	21,15450212	23,3487923	20,7332117	22,6195687	20,77111934	32,44963323	20,4881303	19,36623479	20,95711941
11	9,067215396	22,23252105	18,7833093	20,99412527	12,55713261	21,55585945	24,50847077	20,67518387	9,103795193	22,22435364
12	3,314536573	24,65940659	14,13766386	21,36324765	5,487457681	23,28964833	19,39141257	20,95555099	2,833466873	25,37235461
13	2,5	31,10879375	11,33722103	21,81735905	2,5	27,07785664	15,0153179	21,27859439	2,5	33,96999436
14	2,5	35,83455955	9,089840755	22,22746524	2,5	31,97250982	12,440295	21,57365589	2,5	35,27650844
15	2,5	36,78217067	8,050820338	22,47478796	2,5	31,36214834	11,62003222	21,73153646	2,5	33,79949246
16	2,5	34,63358445	8,087884959	22,46537938	2,5	28,82934934	11,74694061	21,70132059	2,5	30,45228107
17	2,5	29,01635184	9,049634228	22,23645891	4,246729702	23,90658644	12,77030978	21,52515719	3,213279137	24,77661853
18	4,745978113	23,62717459	11,15440657	21,91566549	11,26410176	21,8479871	14,93681065	21,2857497	12,33004989	21,59118349
19	8,206105446	22,43568583	12,00603559	21,64792107	13,30153806	21,4563393	17,50920646	21,08025913	14,96563682	21,28311395
20	11,11737236	21,97295184	13,49041334	21,43393574	15,99202168	21,19497033	19,75806892	20,93297539	17,53492454	21,07843964
21	11,76948719	21,69628217	15,1305108	21,26822462	18,43985671	21,01658995	21,70777847	20,82025071	19,78034133	20,93161962
22	13,17744245	21,47159009	16,72581492	21,13755043	20,56394697	20,88498216	23,41068527	20,73004697	21,72714784	20,81918549
23	14,80974408	21,29748841	18,21595124	21,03151998	22,40977189	20,78224647	24,91164224	20,65560292	23,42768355	20,7291792
24	16,42117481	21,16090337	19,59040902	20,94323781	24,02782456	20,69891683	26,24557246	20,59277801	24,9266916	20,65487759

Πίνακας Μελέτης 138 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΜΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΧΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος - Βορράς	
	$c_{peff}$ (kJ/kg °C)	Τ <sub>rcm</sub> (°C)	$c_{peff}$ (kJ/kg °C)	Τ <sub>rcm</sub> (°C)	$c_{peff}$ (kJ/kg °C)	Τ <sub>rcm</sub> (°C)	$c_{peff}$ (kJ/kg °C)	Τ <sub>rcm</sub> (°C)	$c_{peff}$ (kJ/kg °C)	Τ <sub>rcm</sub> (°C)
	ενεργός θερμοχωρητικότητα	θερμοκρασία ΥΑΦ	ενεργός θερμοχωρητικότητα	θερμοκρασία ΥΑΦ	ενεργός θερμοχωρητικότητα	θερμοκρασία ΥΑΦ	ενεργός θερμοχωρητικότητα	θερμοκρασία ΥΑΦ	ενεργός θερμοχωρητικότητα	θερμοκρασία ΥΑΦ
1	24,32805989	21,95700077	28,48421161	21,18719722	26,99901462	21,46228581	31,0474801	20,71242793	26,52085971	21,55084979
2	25,00514338	21,83159119	28,83502597	21,12221928	27,69706883	21,33299202	31,34322644	20,65764971	27,27453962	21,41125299
3	25,6216786	21,71739636	29,16260499	21,06154501	28,3173642	21,21810074	31,61365697	20,60756049	27,94142662	21,287732
4	26,18586377	21,61289783	29,46899232	21,00479586	28,87177947	21,11541179	31,86135331	20,56168211	28,53542015	21,17771236
5	26,70430395	21,5168722	29,75598529	20,95163895	29,36970739	21,02318545	32,08856526	20,51959785	29,06735661	21,07918694
6	27,18241241	21,42831682	30,02517383	20,90177977	29,81872103	20,94001902	32,68732419	20,48094243	29,54587204	20,99055618
7	27,62469032	21,34639798	30,27797184	20,85495646	30,22502628	20,86476305	32,4900257	20,44581818	29,97797486	20,91052198
8	28,00426529	21,27609301	30,48766768	20,81611654	30,56575498	20,80165318	32,33314964	20,41789017	30,31292993	20,84848151
9	27,72270425	21,32824382	30,38031262	20,83600087	30,29441688	20,8519105	32,48619633	20,44513645	29,72465345	20,95744224
10	25,91426646	21,66320316	29,74415995	20,95382924	28,63289819	21,15965745	31,85566525	20,56273565	27,1901329	21,42688683
11	22,37282523	22,31914987	28,70080508	21,14707971	25,46078659	21,74719683	30,85712194	20,74768612	22,53974506	22,28823294
12	17,09517978	23,29667681	27,44141457	21,38034437	20,94100033	22,58435287	29,6851424	20,96476049	15,71159983	23,55294386
13	9,67305223	24,6714053	26,18353737	21,61332873	15,14747561	23,65743111	28,549829	21,17504355	5,847882891	25,37990422
14	2,5	26,93029196	25,15924181	21,80304903	7,875656625	25,00431941	27,66525352	21,33888486	2,5	29,44509535
15	2,5	33,43061849	24,53482343	21,91870398	2,5	26,92272878	27,1725817	21,43013767	2,5	33,53643702
16	2,5	33,37206553	24,36071913	21,95095162	2,5	28,62908682	27,09938408	21,44369535	2,5	30,44041462
17	2,5	28,54151812	24,5933132	21,90787048	13,85106526	23,89755259	27,38913674	21,39002728	9,107898472	24,77608324
18	16,27577095	23,44844794	25,11816455	21,81065737	17,25030735	23,26794404	27,92820826	21,29018031	15,17465104	23,65239767
19	18,05913827	23,11813215	25,72491076	21,69827567	19,69195266	22,81570183	28,52361279	21,17989932	18,2768107	23,07781481
20	19,51244135	22,84895096	26,28057572	21,59535526	21,53485652	22,47435867	29,05675764	21,08115008	20,44724614	22,67580616
21	20,74138526	22,62132563	26,79152905	21,50071634	23,01575563	22,20006613	29,5363184	20,99232571	22,1338948	22,36340463
22	21,805141	22,4242965	27,26300529	21,41338938	24,24776865	21,97187234	29,96933314	20,9121226	23,51010585	22,10850245
23	22,74094637	22,25096637	27,69936717	21,33256632	25,2958906	21,77773891	30,36159939	20,83946694	24,66601667	21,89440433
24	23,57408865	22,09665153	28,10429505	21,25756547	26,20167076	21,60997006	30,71795512	20,77346263	25,65588734	21,71106021



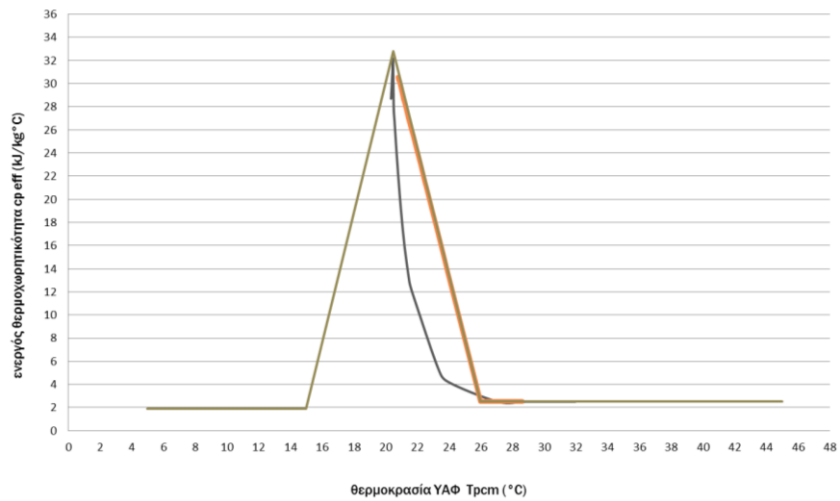
Μ2Μ\_ΓαλΠιν Νότος



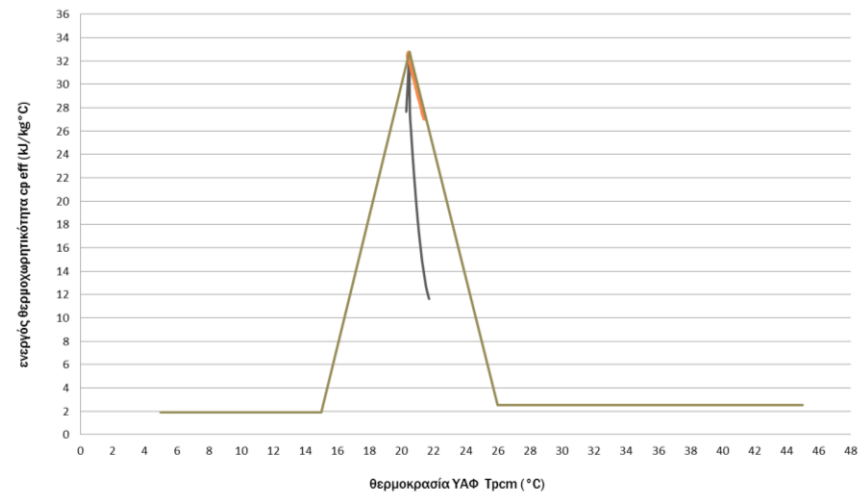
Μ2Μ\_ΓαλΠιν Βορράς

— Πολυωνυμικές συναρτήσεις      — Τριγωνική συνάρτηση

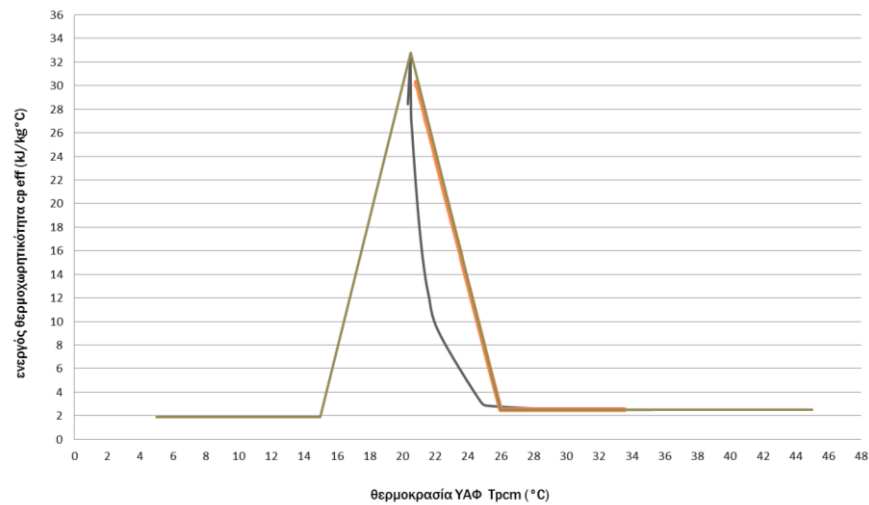
Διάγραμμα 33: Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία Μ2Μ (με στρώμα μόνωσης) ή Χ2Μ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Γαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $cr_{eff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{room}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21η Δεκεμβρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα)



ΧΣΜ\_Υαλπιν Νότος



ΧΣΜ\_Υαλπιν Βορράς



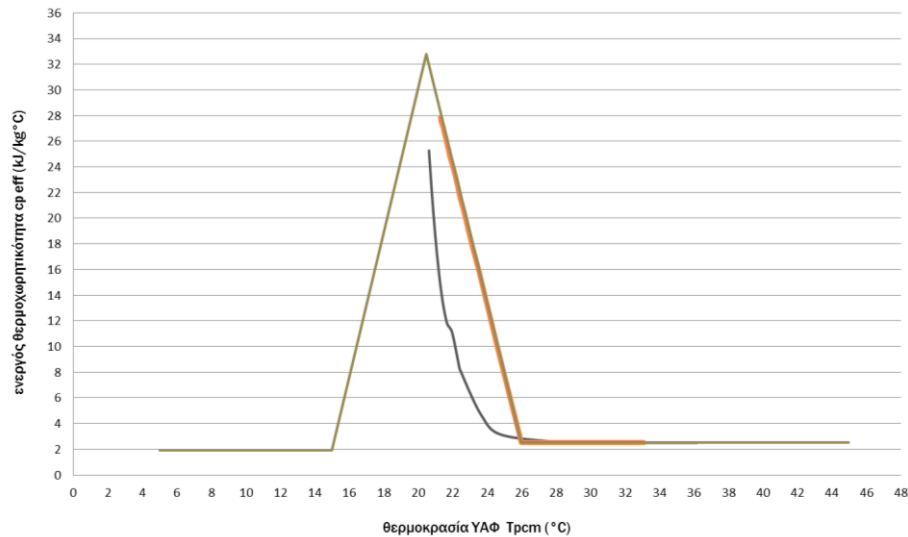
ΧΣΜ\_Υαλπιν Νότος - Βορράς

Πίνακας Μελέτης 139 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της Τρ<sub>cm</sub>. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

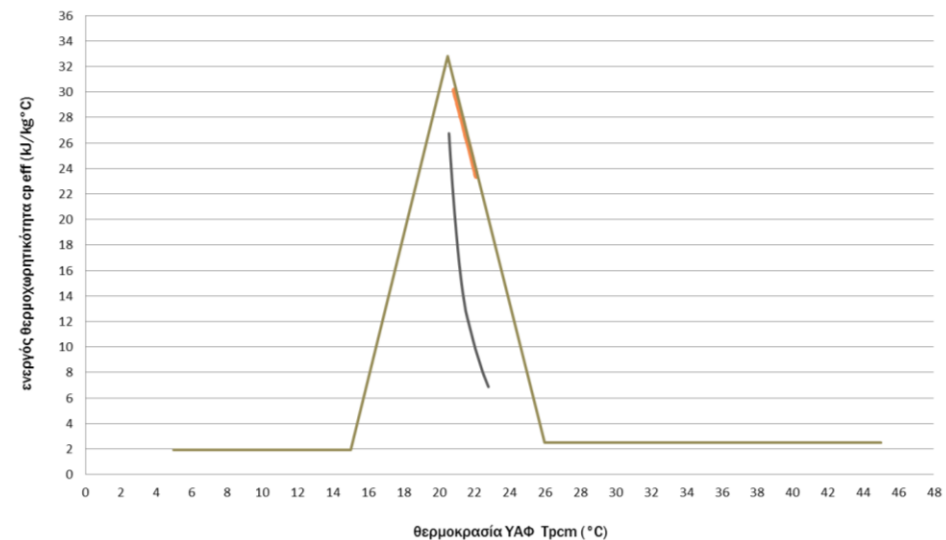
Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΜΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΧΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος - Βορράς	
	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τρ <sub>cm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τρ <sub>cm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τρ <sub>cm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τρ <sub>cm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τρ <sub>cm</sub> (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	17,92269559	21,05143507	20,43135813	20,89273351	25,63037923	20,62139266	26,97282022	20,55969171	26,62904951	20,57523491
2	19,32047495	20,95997609	21,62862445	20,82461395	26,88789153	20,56351587	28,09353606	20,5101563	27,78407671	20,5236666
3	20,60636409	20,88251389	22,73243196	20,7651753	28,01703878	20,51348446	31,84056803	20,46680619	32,17787923	20,47867285
4	21,78980968	20,81574604	23,75273362	20,71269911	31,92336682	20,46973241	30,86952158	20,43180771	31,18062624	20,44316089
5	22,8812517	20,75738154	24,69844163	20,6659213	30,94585123	20,43460589	29,97614664	20,39841484	30,26200056	20,40923197
6	23,8905133	20,70577769	25,57735098	20,62388732	30,04624856	20,40107952	29,15726083	20,36668608	29,41895651	20,37694962
7	24,8263479	20,65972132	26,3962252	20,58585981	29,22140971	20,36921308	28,40931048	20,33666399	28,64805503	20,34636174
8	25,27941784	20,63798914	26,74921209	20,5697825	28,88262995	20,35578398	28,13992702	20,3255861	28,77905742	20,3516365
9	22,58855541	20,77275778	25,41126064	20,63173062	32,18066198	20,47877015	29,71501003	20,38841886	26,8803918	20,56385406
10	15,27417466	21,25549818	21,90201003	20,80961259	21,72069435	20,81954029	27,35796197	20,54247678	16,31677635	21,1690599
11	8,325430987	22,40618872	17,13700518	21,10701324	12,10986268	21,62875697	22,46386849	20,77936749	7,317381375	22,67169907
12	3,092124657	24,9343504	12,72250447	21,53186155	5,329775225	23,35553825	17,26841086	21,09747567	2,5	26,42000893
13	2,5	31,35042579	9,889774325	22,05669113	2,5	27,01827294	13,18439347	21,4707239	2,5	34,92852771
14	2,5	35,47539875	7,82399143	22,53343975	2,5	31,51971127	11,37019561	21,80523889	2,5	35,04507377
15	2,5	36,2016831	6,868696087	22,8037944	2,5	30,89642255	11,12142059	21,95962357	2,5	33,48140992
16	2,5	34,32651044	7,01572836	22,75940599	2,5	28,71976101	11,16744439	21,90461028	2,5	30,46286443
17	2,5	29,08098601	8,115173098	22,45848298	3,980151399	24,08185925	11,78147032	21,69363971	3,021998614	25,03678308
18	4,64468006	23,67970361	9,840527346	22,06678493	11,39107312	21,79796912	13,73704082	21,40598363	13,02579027	21,49086513
19	8,170425545	22,44459754	11,58952923	21,73935066	13,60154453	21,4211691	16,41155461	21,1616516	15,71652511	21,21763562
20	11,1165453	21,97814237	12,91544324	21,50537614	16,2827264	21,17173786	18,80570954	20,99267776	18,19861519	21,03268571
21	11,74958882	21,70072418	14,53413828	21,32366442	18,69352732	20,99994834	20,8809767	20,86666576	20,35501073	20,89722194
22	13,14969688	21,47506218	16,15727158	21,18168159	20,7837387	20,87225165	22,68663188	20,7675839	22,22753181	20,79199623
23	14,78089549	21,30018151	17,68832277	21,06766195	22,60167046	20,77206464	24,27183533	20,68681407	23,86739826	20,70693626
24	16,39365213	21,16304583	19,10460763	20,97356093	24,1969172	20,69051793	25,67571764	20,61926337	25,31645072	20,63622827

Πίνακας Μελέτης 140 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπιάκων. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης, 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΜΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΧΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος - Βορράς	
	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	24,2178553	21,9774129	27,98882683	21,27895252	26,86108482	21,48783321	30,75500144	20,7666009	26,52867447	21,54940234
2	24,90511421	21,85011862	28,37344379	21,20771366	27,57498172	21,35560502	31,07626272	20,7070968	27,28142914	21,40997691
3	25,5303873	21,73430536	28,73171394	21,14135477	28,20859277	21,23824741	31,36952411	20,65277885	27,94754486	21,28659878
4	26,10216454	21,62840063	29,06607664	21,07942402	28,77435091	21,13345754	31,63772668	20,60310229	28,54088575	21,17670002
5	26,62726626	21,53114114	29,37865892	21,02152744	29,28204782	21,03942178	31,8834184	20,55759521	29,07226319	21,07827814
6	27,11126847	21,44149412	29,67132795	20,96731192	29,7395521	20,95468271	32,10882101	20,51584607	29,55029496	20,98973697
7	27,55879804	21,35860257	29,94573264	20,91649389	30,15329393	20,87804933	32,66795368	20,47749398	29,9819758	20,90978092
8	27,87794896	21,29948935	30,11517833	20,88510911	30,44105102	20,82475089	32,55603196	20,45756901	30,19696565	20,86996044
9	27,41788058	21,38470334	29,90623606	20,92380946	30,00960277	20,90466385	32,18249115	20,50220087	29,3262367	21,0312371
10	25,45850639	21,74761917	29,17240754	21,05972938	28,21960416	21,23620788	31,4600758	20,63600684	26,53666717	21,54792193
11	21,89390585	22,40785545	28,03907888	21,26964482	25,04712137	21,82381601	30,38619168	20,83491195	21,73235793	22,4377774
12	16,70415888	23,36910181	26,68600064	21,52026234	20,64005083	22,64009482	29,14007043	21,06571887	14,77972778	23,72554546
13	9,503156354	24,70287346	25,33145552	21,77115156	15,0868931	23,66865222	27,93184115	21,28950742	4,659715286	25,59997694
14	2,5	26,87857089	24,23166768	21,97485457	8,198149845	24,94458713	26,99573576	21,46289312	2,5	30,44162751
15	2,5	32,96585075	23,56634717	22,09808541	2,5	26,66913206	26,48122391	21,55819115	2,5	33,27374814
16	2,5	33,10854828	23,3841435	22,13183323	2,5	28,52906765	26,41058304	21,57127527	2,5	30,45349679
17	2,5	28,62254699	23,6456879	22,0833899	12,90244088	24,07325705	26,7295381	21,51219832	7,702667505	25,0363605
18	15,95885123	23,50714789	24,23795429	21,97369016	16,69761926	23,37031308	27,32658078	21,40161392	15,21288273	23,64531638
19	17,80859321	23,16453818	24,92335053	21,84674088	19,29909927	22,88846624	27,98765148	21,27917022	18,30124695	23,07328872
20	19,30427576	22,88750745	25,54702539	21,73122365	21,22811184	22,531174	28,57672118	21,17006257	20,46559689	22,67240723
21	20,56328321	22,65431374	26,1174149	21,62557595	22,76490506	22,24652874	29,10443867	21,07231859	22,14859266	22,36068229
22	21,64975511	22,45307712	26,64129968	21,52854187	24,03679911	22,01094818	29,57930285	20,98436412	23,52230629	22,10624268
23	22,60346637	22,27643046	27,12422573	21,43909417	25,11507289	21,81123001	30,00821924	20,90492011	24,67637937	21,89248495
24	23,45115829	22,11942073	27,57079678	21,35638016	26,04456127	21,63906992	30,39688368	20,83293157	25,66483185	21,70940351



ΜΣΜ\_ΥαλΠιν Νότος

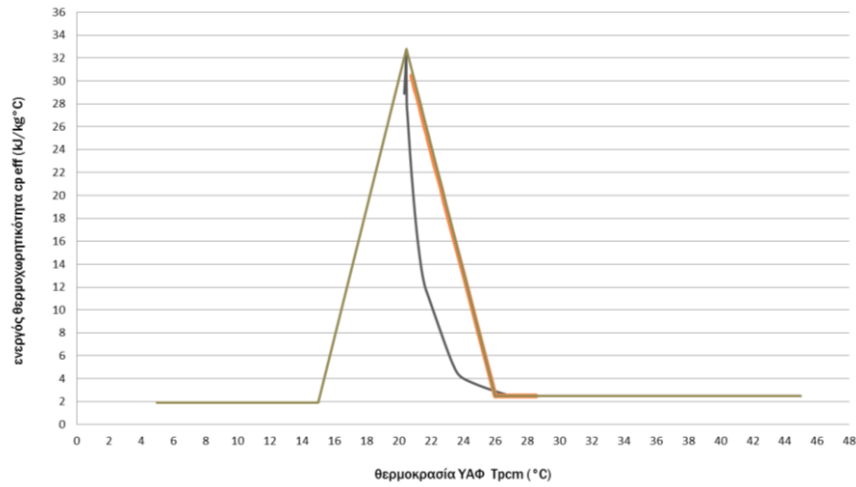


ΜΣΜ\_ΥαλΠιν Βορράς

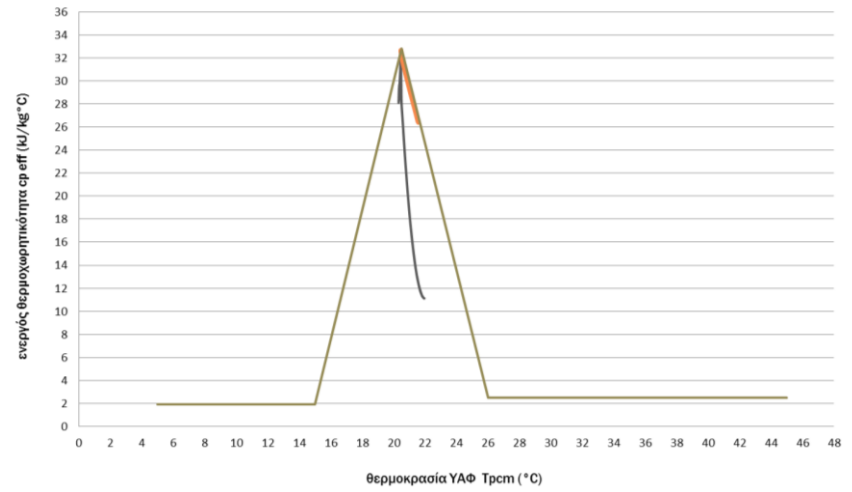
— Πολυωνυμικές συναρτήσεις      — Τριγωνική συνάρτηση

Διάγραμμα 34 : Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{room}}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα)

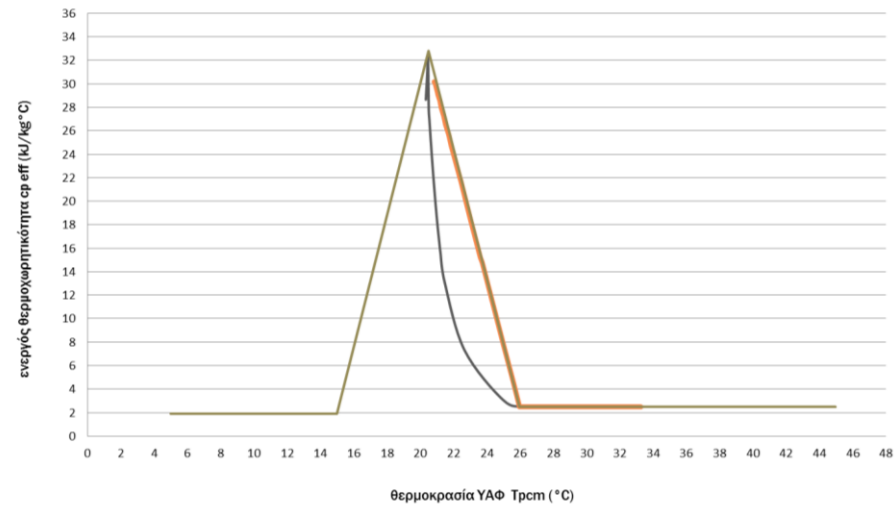




ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Νότος



ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Βορράς



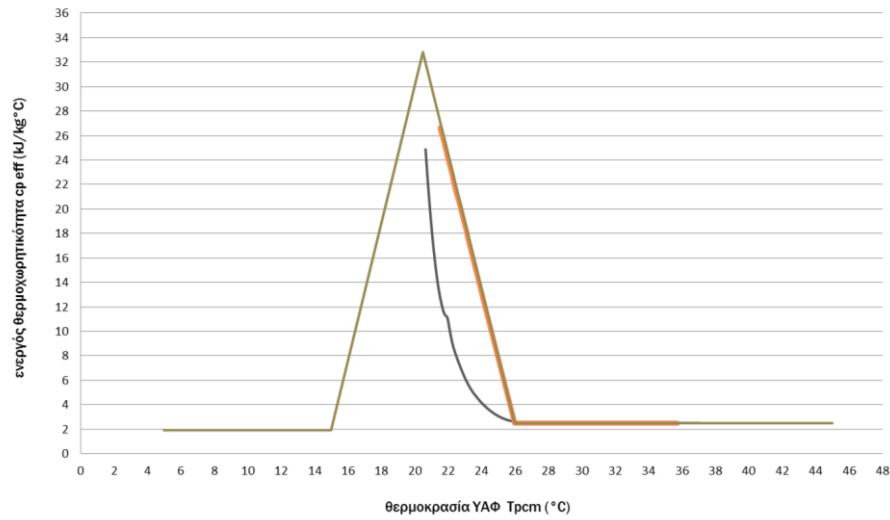
ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Νότος - Βορράς

Πίνακας Μελέτης 141 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

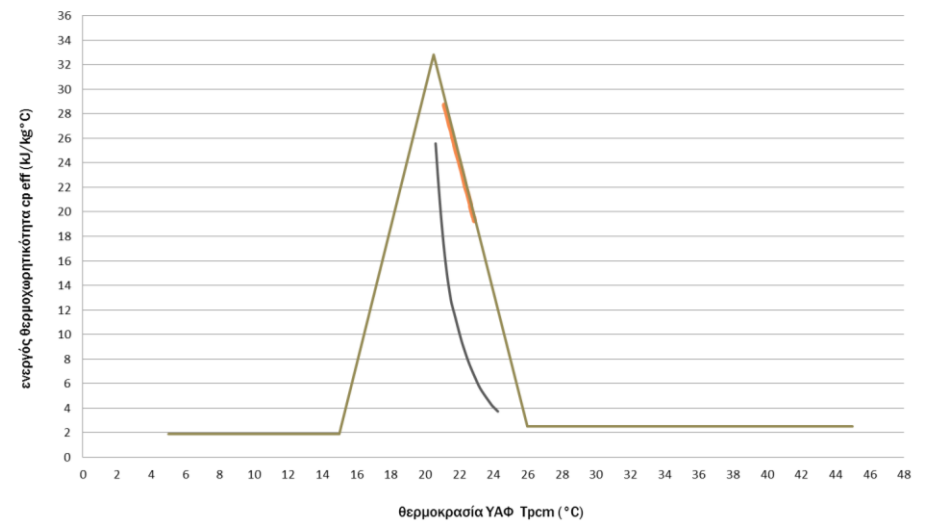
Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΜΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΧΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος - Βορράς	
	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	17,99946514	21,04618084	19,13044329	20,97192546	25,08829961	20,64711339	25,60800993	20,62244444	24,84824709	20,65866271
2	19,39115494	20,95556703	20,43158844	20,89272	26,40323681	20,58553866	26,86786658	20,56441905	26,18902686	20,59538356
3	20,67137333	20,87874165	21,62883654	20,82460224	27,58106859	20,53259771	27,99900615	20,5142701	27,38868902	20,54111218
4	21,84969747	20,81246828	22,73262775	20,76516501	32,40259601	20,48649977	31,94294045	20,47042289	32,6180996	20,49394832
5	22,93655952	20,75449762	23,75291484	20,71268998	31,38809992	20,45065745	30,96389902	20,43526629	31,58722715	20,45779766
6	23,94173188	20,70321422	24,69860984	20,66591313	30,45282808	20,41638265	30,06282693	20,40170855	30,63612262	20,42319931
7	24,87390836	20,65742331	25,57750751	20,62387995	29,59382744	20,38374204	29,23658297	20,36980973	29,76192271	20,39022282
8	23,5627754	20,72230392	25,08520291	20,64726174	31,14734606	20,44195288	29,84313324	20,39333712	28,31970818	20,50035984
9	18,03272181	21,0439138	22,11692566	20,79795263	24,25735088	20,68752934	27,81406119	20,52235209	19,73068552	20,93464468
10	11,30970955	21,82818291	17,31515585	21,09410747	15,11090453	21,26997898	22,87439982	20,75773929	10,09164754	22,01584438
11	4,931672277	23,53542595	12,46049394	21,5705247	7,815230546	22,53574318	17,04353839	21,11386065	3,259927788	24,72117569
12	2,5	27,84216481	8,952832333	22,25828681	2,931893926	25,18413321	12,2505258	21,60432653	2,5	32,84987406
13	2,5	34,55224828	6,028072752	23,0822834	2,5	30,85469417	9,299331443	22,18127265	2,5	36,53924118
14	2,5	37,04435361	4,287964614	23,88133888	2,5	32,05656647	7,372881085	22,65602381	2,5	36,16181942
15	2,5	36,91618319	3,734554081	24,26617836	2,5	31,04458809	6,749669206	22,84057511	2,5	34,31025665
16	2,5	34,80416998	4,111876939	23,9924775	2,5	28,93516761	7,323858452	22,66986258	2,5	31,33401748
17	2,5	30,56101982	5,373624604	23,33693788	2,824264825	25,39181977	8,851365638	22,28143724	2,5	26,91154807
18	2,848000892	25,34233961	7,578175899	22,59920392	9,949237053	22,04457179	11,36807039	21,8059954	9,332005521	22,17416654
19	8,277717623	22,41792737	9,85171047	22,06448827	12,56965068	21,55399623	13,55267315	21,42674748	12,1706974	21,61799195
20	11,12029759	21,96254117	11,5955486	21,73778913	15,23595999	21,25886167	16,23591181	21,17543418	14,77609723	21,30063047
21	11,81018074	21,6874038	12,92467022	21,50414601	17,77512844	21,06161871	18,65272889	21,00260584	17,3654074	21,09050074
22	13,23339993	21,46465791	14,54397485	21,32271239	19,98833421	20,91904182	20,74838143	20,87428973	19,63351865	20,94058946
23	14,86770617	21,29210909	16,1667297	21,18092764	21,90811424	20,80927982	22,5707869	20,77369749	21,5994934	20,82622389
24	16,47640696	21,15662059	17,697124	21,06704741	23,58657827	20,72109638	24,16969257	20,6918665	23,31568663	20,73490776

Πίνακας Μελέτης 142 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{reff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΜΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΧΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος - Βορράς	
	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{r,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{r,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{r,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{r,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{r,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	22,56762253	22,28306946	26,04176698	21,63958748	26,40917083	21,57153684	29,5665655	20,98672333	28,92826318	21,10494986
2	23,41913697	22,12535173	26,57170228	21,54143272	27,17613416	21,42947968	29,99669509	20,90705461	29,42055771	21,01376694
3	24,18300551	21,98386779	27,05997661	21,45099441	27,85408017	21,30391033	30,38642598	20,83486855	29,86466921	20,93150848
4	24,87350148	21,85597393	27,51130954	21,3673984	28,45742238	21,19215913	30,74054013	20,76927943	30,26667648	20,85704858
5	25,50155065	21,73964649	27,92966217	21,28991102	28,99735985	21,09215176	31,06307556	20,70953933	30,63163669	20,78945056
6	26,07573734	21,63329548	28,31839639	21,21790956	29,48279289	21,00223972	31,35747489	20,65501061	30,96380602	20,72792606
7	26,60295125	21,53564478	28,68039348	21,15086036	29,92092773	20,92108826	31,62669782	20,60514506	31,2668026	20,67180495
8	26,55329356	21,54484239	28,72246964	21,143067	29,84154878	20,93579085	31,60517785	20,609131	30,81686663	20,75514222
9	25,27321752	21,78193842	28,15721429	21,24776375	28,67095918	21,15260778	31,03546341	20,71465366	28,7687264	21,13449931
10	22,49782511	22,29599736	27,03574633	21,45548235	26,21948032	21,60667137	29,97638435	20,91081657	24,85477082	21,85944323
11	18,03925526	23,12181489	25,50089883	21,73976723	22,44648806	22,30550602	28,57503268	21,17037531	18,84326461	22,97289606
12	11,48950922	24,33496064	23,74237516	22,06548146	17,33592203	23,25208646	27,02111898	21,45819163	10,05497025	24,60066634
13	2,5	26,27089659	21,99648163	22,38885634	10,72179876	24,47715618	25,53920908	21,73267139	2,5	27,4764711
14	2,5	33,92726599	20,54887761	22,65698195	2,5	26,17736509	24,37951762	21,94746976	2,5	35,75299725
15	2,5	35,74291636	19,61380375	22,83017659	2,5	30,77937692	23,70360179	22,07266308	2,5	34,29181466
16	2,5	34,36255421	19,27892239	22,8922034	2,5	28,92320392	23,54850715	22,10138975	2,5	31,33318556
17	2,5	30,39479634	19,5534137	22,84136205	5,786464838	25,39128008	23,88959275	22,03821378	2,5	26,91151054
18	6,388487076	25,27977336	20,43468788	22,6781322	14,60572743	23,75777385	24,70943777	21,88636186	23,15559605	22,17416485
19	13,34474953	23,99133252	21,53780774	22,47381204	17,92171009	23,14358664	25,69337399	21,70411692	24,36575191	21,95001945
20	15,86223043	23,52504402	22,50457938	22,29474633	20,18245097	22,72485159	26,54821048	21,54578388	25,39723931	21,75896707
21	17,73273593	23,17858848	23,36284652	22,13577786	21,92254913	22,40255014	27,29865453	21,40678642	26,2898786	21,59363218
22	19,24148585	22,89913741	24,13231179	21,99325729	23,33504182	22,14092785	27,96284361	21,28376514	27,07115429	21,44892408
23	20,50968919	22,66424044	24,8275332	21,86448819	24,51753393	21,92190634	28,55455379	21,17416842	27,7609868	21,32115311
24	21,603074	22,46172341	25,4596317	21,74741073	25,52785692	21,73477404	29,0845342	21,0760053	28,37435754	21,20754442



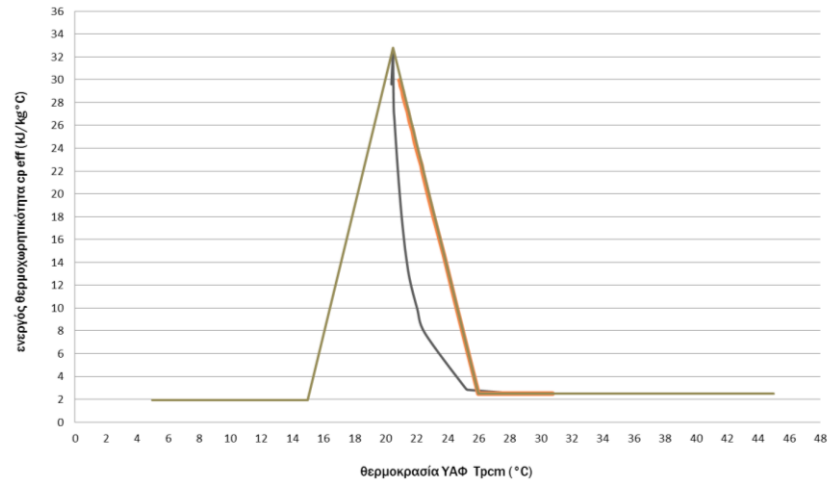
ΜΣΜ\_ΥαλΠιν Νότος



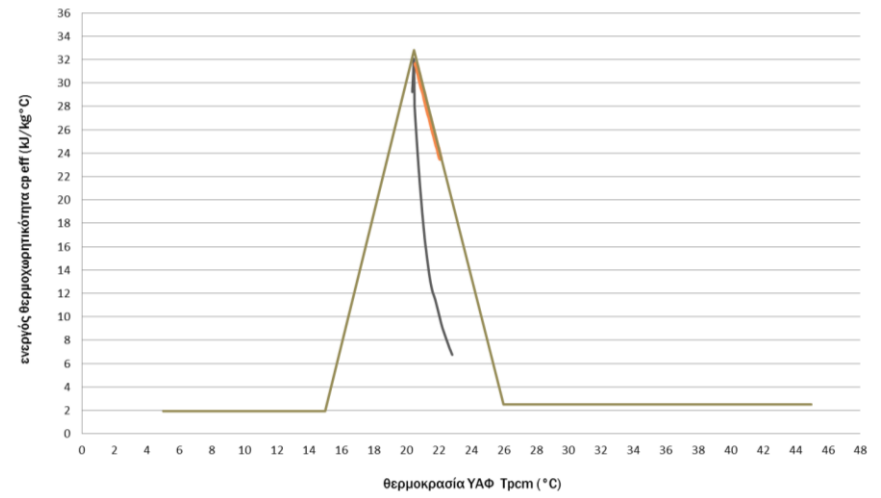
ΜΣΜ\_ΥαλΠιν Βορράς

— Πολυωνυμικές συναρτήσεις    — Τριγωνική συνάρτηση

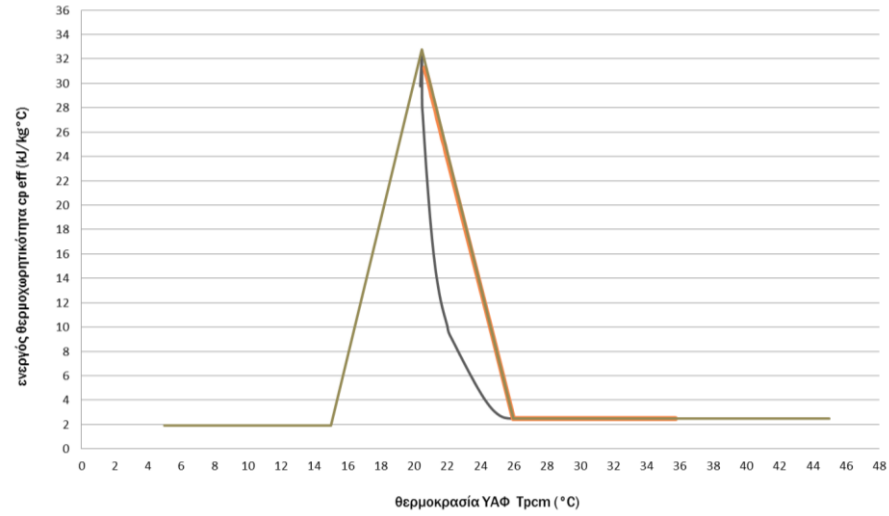
Διάγραμμα 35 : Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα)



ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Νότος



ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Βορράς



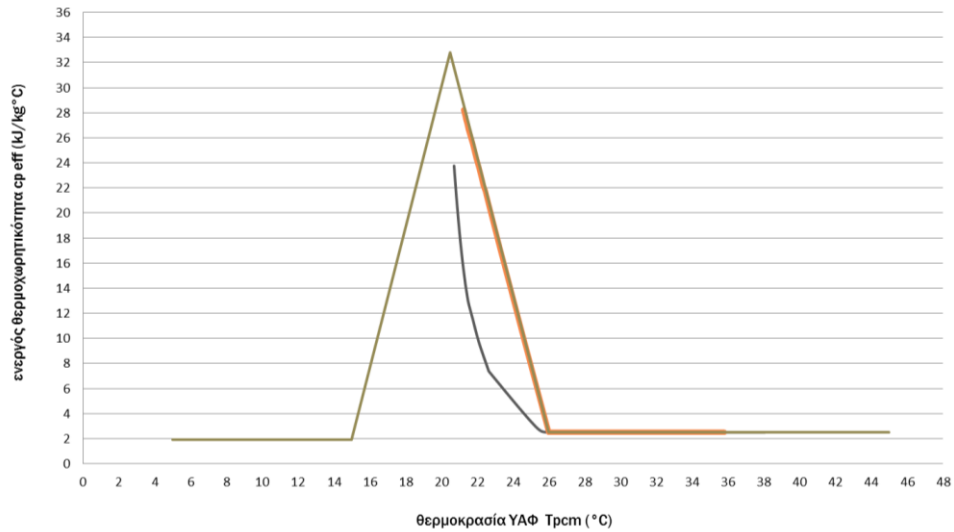
ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Νότος - Βορράς

Πίνακας Μελέτης 143 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $Tr_{cm}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

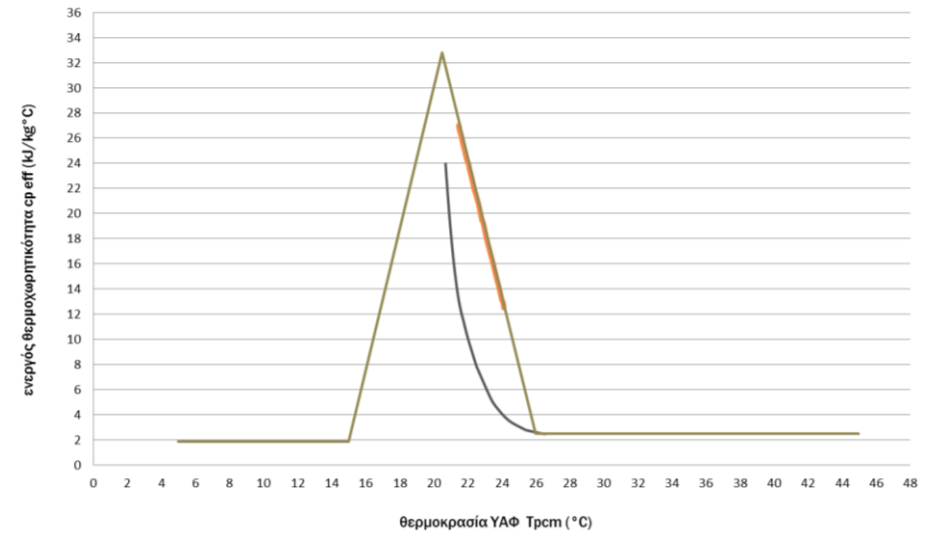
Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΜΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΧΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος - Βορράς	
	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	17,58696953	21,0747687	17,86039912	21,0557206	23,81354634	20,7096395	24,25489819	20,6876505	23,38799462	20,7312063
2	19,01121038	20,9794954	19,26311052	20,9635685	25,26866942	20,6385006	25,66065728	20,6199703	24,89155522	20,6565717
3	20,32193166	20,8991724	20,55360371	20,8855849	26,56435652	20,5781791	26,91499982	20,5622941	26,22765382	20,5936032
4	21,52786342	20,8301921	21,74121085	20,8184127	27,72589527	20,5262206	28,04145265	20,5124215	27,42336517	20,5395738
5	22,63942911	20,7700713	22,83637527	20,7597265	32,24200167	20,4809126	31,89690045	20,468798	32,57907047	20,4926035
6	23,66665725	20,7170424	23,84896033	20,7078612	31,23981094	20,4453054	30,92145012	20,4337123	31,55115237	20,456508
7	23,76486649	20,7120881	23,96503913	20,7020494	31,18466033	20,4433072	30,85937304	20,431435	32,33827397	20,4842657
8	20,46844121	20,8905601	21,7100439	20,8201261	26,50296848	20,5809786	27,74858	20,5252243	23,30703926	20,7353512
9	13,67688549	21,4126758	17,03250972	21,1146722	18,93650334	20,9842676	22,89690919	20,7565644	12,90068258	21,5073506
10	7,494049416	22,622271	12,02117308	21,6450599	11,25955722	21,8501188	16,5868177	21,1481248	4,971450367	23,5164761
11	2,845359406	25,3477304	7,954978922	22,4993417	4,730791802	23,6349322	11,52543196	21,7566377	2,5	29,3402018
12	2,5	32,4523757	4,558067667	23,7261487	2,5	27,8361321	7,657859174	22,5776237	2,5	37,304581
13	2,5	36,7869315	2,838737415	25,3613692	2,5	32,4533655	4,993714182	23,5059718	2,5	38,1854984
14	2,5	38,0714546	2,5	26,5930682	2,5	32,3146524	3,813741573	24,2039138	2,5	37,3151757
15	2,5	37,1647378	2,5	26,4483335	2,5	30,9181858	3,854817795	24,1727358	2,5	35,1104729
16	2,5	34,5490668	2,75947864	25,5405215	2,5	28,5808068	4,784296872	23,6077776	2,5	31,8833002
17	2,5	30,6845335	3,553577265	24,4207996	2,73790164	25,5953686	6,358822071	22,9671966	2,5	27,9634829
18	2,5	26,1671576	5,360466155	23,3424965	7,303097154	22,6757559	8,62336951	22,3345079	4,553143832	23,7288337
19	7,353219509	22,6615613	7,840632968	22,5290723	11,15233743	21,9175846	11,42449387	21,7868841	9,455957838	22,1474429
20	9,693332623	22,0972663	10,04007168	22,0262004	12,90244735	21,5071141	13,66950128	21,4135026	12,24471037	21,6053055
21	11,51365613	21,7599575	11,70227234	21,7115757	15,5900702	21,2282662	16,34751018	21,1666503	14,86525619	21,2923356
22	12,79559072	21,5216509	13,08261798	21,4835556	18,08754737	21,0401883	18,74995627	20,9962845	17,44527184	21,0847983
23	14,40538636	21,3362542	14,71083675	21,3067662	20,25883554	20,9029025	20,83264729	20,8694386	19,70269642	20,9363536
24	16,03317857	21,1916399	16,3267192	21,1682796	22,14370274	20,7965079	22,64439928	20,7698091	21,6596307	20,8229028

Πίνακας Μελέτης 144 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΜΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος		ΧΣΜ_ΥαλΠν Βορράς		ΧΣΜ_ΥαλΠν Νότος - Βορράς	
	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p,eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	25,58934987	21,7233843	23,55810308	22,0996124	26,18422407	21,6132015	27,89419268	21,2964807	26,24969353	21,6010753
2	26,1562174	21,6183889	24,3082693	21,9606664	26,9782848	21,4661254	28,49323438	21,185526	27,03581981	21,4554687
3	26,67701223	21,5219272	24,9871733	21,8349196	27,67870971	21,3363925	29,02949282	21,0862001	27,72967388	21,3269529
4	27,15720474	21,4329858	25,60527311	21,720435	28,30099995	21,2211317	29,5117461	20,996877	28,34643295	21,2127166
5	27,60134027	21,3507229	26,17081862	21,6156845	28,85711614	21,1181277	29,94710905	20,916239	28,89783162	21,1105864
6	28,01324311	21,2744301	26,69045309	21,5194377	29,35651011	21,0256299	30,34143799	20,8432012	29,3931585	21,0188418
7	28,20331685	21,2392246	26,9744267	21,46684	29,62277383	20,9763124	30,52791224	20,8086624	29,4788697	21,0029664
8	27,54870964	21,3604711	26,64669821	21,527542	29,0722039	21,0782891	30,17530983	20,8739715	28,21855692	21,2364019
9	25,59787258	21,7218057	25,57452009	21,7261311	27,30775018	21,4051017	29,1757137	21,059117	25,00485328	21,8316449
10	22,21024752	22,3492626	23,86865044	22,0420927	24,26470475	21,9687354	27,65029487	21,3416555	19,57563203	22,8372468
11	17,14184147	23,2880341	21,68575396	22,4464094	19,85623692	22,785273	25,76969583	21,6899806	11,14334026	24,3990782
12	9,763503848	24,6546518	19,23551146	22,900244	13,90064863	23,8883687	23,75394006	22,0633394	2,5	27,2444118
13	2,5	27,0096539	16,78209898	23,3546657	5,757008829	25,3967359	21,85907226	22,4143073	2,5	37,7316835
14	2,5	34,3913029	14,65079003	23,7494273	2,5	28,2626302	20,35456311	22,6929729	2,5	37,2947041
15	2,5	35,7795345	13,15043051	24,0273243	2,5	30,7353988	19,42936976	22,8643375	2,5	35,1095494
16	2,5	34,0276785	12,53261359	24,1417566	2,5	28,5725613	19,16660083	22,9130076	2,5	31,8832586
17	2,5	30,4882838	12,92427814	24,0692124	4,68660361	25,5949967	19,56269683	22,8396426	2,5	27,963481
18	2,5	26,0932895	14,29601128	23,8151396	13,89423886	23,889556	20,58898327	22,6495536	14,76197493	23,7288336
19	20,67426621	22,6337574	16,22099483	23,4585936	17,17173234	23,2824977	22,02452852	22,3836615	17,39537946	23,2410737
20	21,74653674	22,4351512	18,01564889	23,1261873	19,63547376	22,8261629	23,41942752	22,1252979	19,79675347	22,7962906
21	22,68906532	22,2605758	19,47622361	22,8556592	21,49054504	22,4825661	24,58905709	21,9086588	21,61726372	22,4590952
22	23,52767751	22,1052478	20,71035196	22,6270736	22,97941986	22,2067963	25,5894975	21,723357	23,08341715	22,1875338
23	24,28082991	21,9657487	21,77803775	22,4293166	24,21715573	21,9775425	26,45749462	21,5625863	24,30482155	21,961305
24	24,96226293	21,8395335	22,71694797	22,2554114	25,26962031	21,7826047	27,21869693	21,4215962	25,3448794	21,7686652



ΜΣΜ\_Υαλπιν Νότος

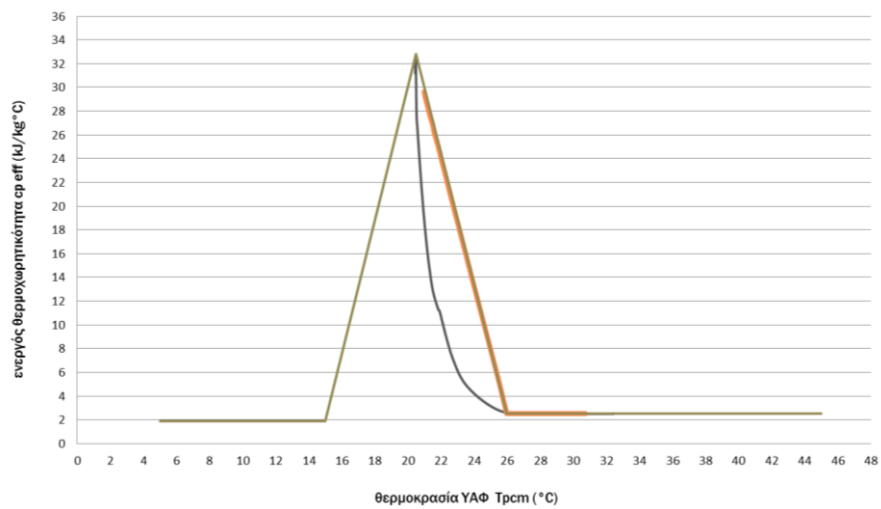


ΜΣΜ\_Υαλπιν Βορρά

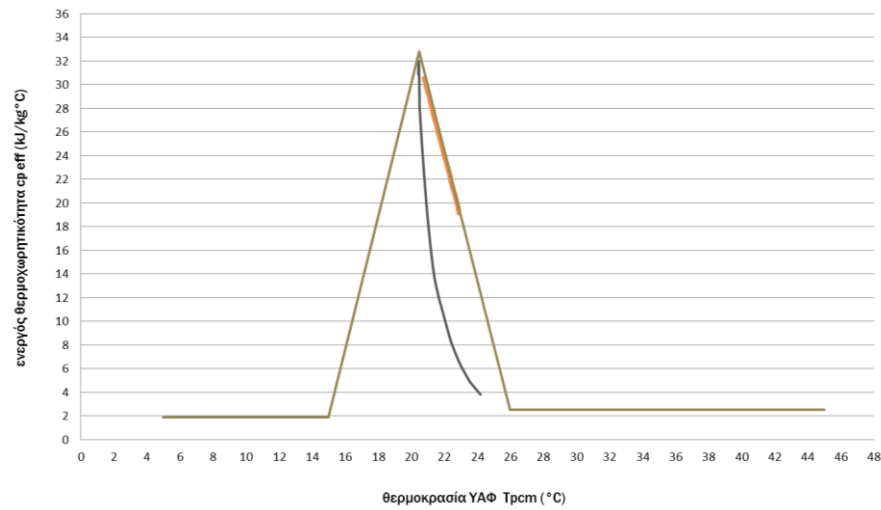
— Πολυωνυμικές συναρτήσεις      — Τριγωνική συνάρτηση

Διάγραμμα 36 : Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{reff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{room}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα)

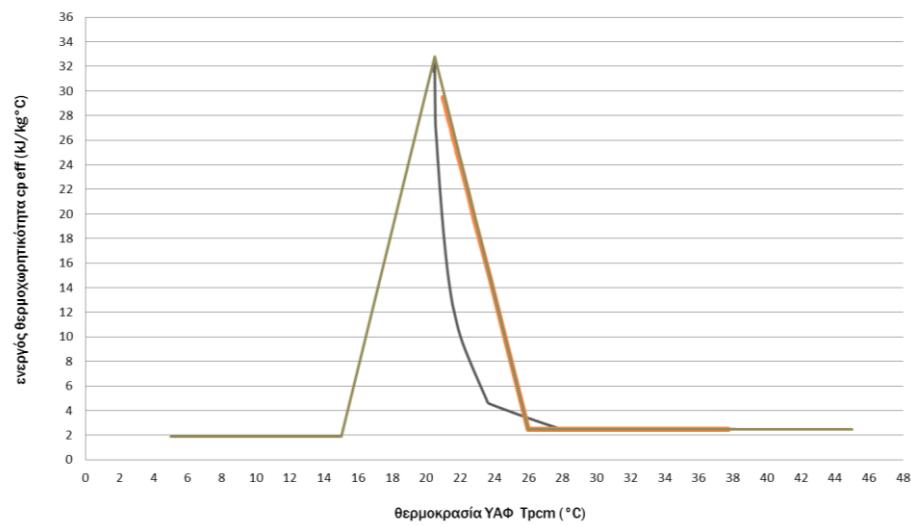




ΧΣΜ\_ΓαλΠιν Νότος



ΧΣΜ\_ΓαλΠιν Βορράς



ΧΣΜ\_ΓαλΠιν Νότος - Βορράς

Πίνακας Μελέτης 145 : Στατιστικές τιμές της ενεργού θερμοχωρητικότητας, ανά μήνα μελέτης, υπολογισμένης βάσει των πολυωνυμικών συναρτήσεων της θερμοκρασίας του ΥΑΦ και της τριγωνικής συνάρτησης.

### 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	5,840542925	9,383750125
Μέγιστη Τιμή	24,93365866	32,45530771	32,48427484	26,2418924	32,48040578
Διασπορά	8,373432409	10,97160152	11,33030144	6,980364056	7,848531972
Μέση Τιμή	12,8852669	18,43779778	18,57210871	16,29499194	21,58950396
Triangular Function	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	22,25348181	25,61040437
Μέγιστη Τιμή	27,16644709	30,21745565	32,15776714	29,70517174	32,79302166
Διασπορά	9,003815594	9,238454109	11,53078167	2,505739393	2,26959675
Μέση Τιμή	17,64148062	21,02823787	23,27510495	26,31928137	29,29893952

### 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	8,050820338	11,62003222
Μέγιστη Τιμή	25,57671646	32,05526043	32,69962758	27,29374049	32,53568388
Διασπορά	8,3608667	10,7269198	11,24164304	6,571715582	7,11039689
Μέση Τιμή	13,42425492	18,47566221	18,63605492	17,90290276	23,06568001
Triangular Function	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	24,36071913	27,09938408
Μέγιστη Τιμή	28,00426529	30,56575498	30,31292993	30,48766768	32,68732419
Διασπορά	8,862948859	8,49584439	9,566506051	2,053507633	1,875254225
Μέση Τιμή	19,42263989	22,34608077	20,69428769	27,69074201	30,17995322

### 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	6,868696087	11,12142059
Μέγιστη Τιμή	25,27941784	32,18066198	32,17787923	26,74921209	31,84056803
Διασπορά	8,303667512	10,80165544	11,06424211	6,806515178	7,229983036
Μέση Τιμή	13,26261021	18,5177983	18,31764881	17,11176507	22,13994721
Triangular Function	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	23,3841435	26,41058304
Μέγιστη Τιμή	27,87794896	30,44105102	30,19696565	30,11517833	32,66795368
Διασπορά	8,817047694	8,474170031	9,70386691	2,259615482	2,06620426
Μέση Τιμή	19,26032476	22,13854111	20,47205179	27,0581688	29,78134537

### 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	3,734554081	6,749669206
Μέγιστη Τιμή	24,87390836	32,40259601	32,6180996	25,57750751	31,94294045
Διασπορά	8,265896008	10,98522902	11,11947112	7,439881955	8,642966108
Μέση Τιμή	12,63060332	17,41708126	16,56767543	14,9073819	19,97508923

Triangular Function	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	19,27892239	23,54850715
Μέγιστη Τιμή	26,60295125	29,92092773	31,2668026	28,72246964	31,62669782
Διασπορά	9,019376259	9,361861102	11,01985947	3,19326432	2,76061543
Μέση Τιμή	16,84412743	20,61805918	21,6498323	24,52178371	28,07761204

### 21<sup>η</sup> Μαρτίου

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	2,5	2,655374266
Μέγιστη Τιμή	23,12903505	32,78384005	32,4428088	23,84293773	31,89923214
Διασπορά	7,675781715	11,50866147	12,06165503	7,917352204	10,3415246
Μέση Τιμή	11,69366259	20,06699142	16,79271847	11,79245089	16,10345471

Triangular Function	ΜΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος	ΧΣΜ Νότος-Βορράς	ΜΣΜ Βορράς	ΧΣΜ Βορράς
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	12,53261359	19,16660083
Μέγιστη Τιμή	28,20331685	29,62277383	29,4788697	26,9744267	30,52791224
Διασπορά	10,2398063	9,603413181	10,46411623	4,89932926	3,912212799
Μέση Τιμή	18,52252076	19,74924839	18,43243134	20,77333662	25,52208616

Εν γένει, όσο μεγαλύτερες τιμές λαμβάνει η ενεργός θερμοχωρητικότητα ενός ΥΑΦ, τόσο μεγαλύτερη είναι η αποδοτικότητά του, αφού υψηλή θερμοχωρητικότητα συνεπάγεται μεγαλύτερη δυνατότητα αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας. Ένα απλό κριτήριο της αποδοτικότητας ενός ΥΑΦ είναι και το γράφημα της ενεργού θερμοχωρητικότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας του. Προκειμένου το ΥΑΦ να αποθηκεύει και στη συνέχεια να αποδίδει το μεγαλύτερο δυνατό ποσό λανθάνουσας θερμότητας, θα πρέπει η γραφική παράσταση  $c_{p,eff}(T_{pcm})$  να βρίσκεται εξολοκλήρου εντός της διφασικής περιοχής, δηλαδή εντός του θερμοκρασιακού εύρους αλλαγής φάσης του ΥΑΦ ή, με γραφικούς όρους, εντός των πλευρών του ισοσκελούς τριγώνου που ορίζει η τριγωνική συνάρτηση.

Σε κάθε περίπτωση μελέτης, και για τους πέντε μήνες που εξετάστηκαν, το μεγαλύτερο μέρος του γραφήματος  $c_{p,eff}(T_{pcm})$  που προκύπτει και με τις δύο μεθόδους υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας βρίσκεται εντός των πλευρών του τριγώνου της τριγωνικής συνάρτησης. Μάλιστα, στις περιπτώσεις αποκλειστικά βόρειας ηλιακής φόρτισης, όπου οι θερμοκρασίες του ΥΑΦ είναι χαμηλότερες και συνεπώς οι τιμές της  $c_{p,eff}$  υψηλότερες, το σύνολο της προκύπτουσας καμπύλης περιέχεται στις πλευρές του τριγώνου. Στις περιπτώσεις νότιας

ηλιακής φόρτισης (αποκλειστικής ή συνδυασμένης) υπάρχει ένα τμήμα της καμπύλης  $c_{peff}(T_{pcm})$  που βρίσκεται εκτός των πλευρών του τριγώνου, προς τη δεξιά πλευρά, συνεπώς για το συγκεκριμένο θερμοκρασιακό εύρος το ΥΑΦ δεν είναι λειτουργικό καθώς έχει μεταβεί πλήρως στην υγρή του κατάσταση. Η περίπτωση μελέτης η οποία επιτρέπει την αποδοτική χρήση ΥΑΦ για το μεγαλύτερο θερμοκρασιακό εύρος είναι, όπως φαίνεται από τα γραφήματα, αυτή της ενδιάμεσης τοιχοποιίας χωρίς στρώμα μόνωσης, θερμαινόμενη από δύο προσανατολισμούς.

Στις περιπτώσεις βόρειας ηλιακής φόρτισης είναι άμεσα προφανές από τα αντίστοιχα γραφήματα το ότι η ενεργός θερμοχωρητικότητα, όπως αυτή προσδιορίζεται μέσω των προσαρμοσμένων πολυωνυμικών συναρτήσεων, λαμβάνει σημαντικά μεγαλύτερο εύρος τιμών σε σχέση με αυτό που προκύπτει κατά τον προσδιορισμό της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. Αυτό συμβαίνει διότι, σε αντίθεση με τις πολυωνυμικές συναρτήσεις οι οποίες μεταφράζουν άμεσα τις όποιες θερμοκρασιακές μεταβολές της  $T_{pcm}$  σε αντίστοιχες μεταβολές της ενεργού θερμοχωρητικότητας, προσδίδοντάς της λοιπόν αρκετά χαμηλές τιμές σε περιπτώσεις αξιόλογων ωριαίων αυξήσεων της  $T_{pcm}$ , κάτι τέτοιο δεν ισχύει για την τριγωνική συνάρτηση. Η γραμμικότητα της εισάγει μία κράτυνση στη σχέση θερμοκρασιακών μεταβολών στο ΥΑΦ και μεταβολών των τιμών της  $c_{peff}$ , έχοντας ως αποτέλεσμα ένα μικρότερο εύρος τιμών ενεργού θερμοχωρητικότητας στις περιπτώσεις σχετικά χαμηλότερων ενστάσεων ηλιακής φόρτισης και συνεπώς χαμηλότερων θερμοκρασιών  $T_{pcm}$ . Όταν βέβαια τα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας και συνεπώς οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες στο ΥΑΦ λαμβάνουν ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες (και κυρίως παρουσιάζουν έντονες ωριαίες μεταβολές) η γραμμική συνάρτηση αναγκάζεται να δώσει χαμηλές τιμές ενεργού θερμοχωρητικότητας, αυξάνοντας το εύρος τιμών της.

Σημειώνεται επίσης πως για κάθε περίπτωση μελέτης δωματίων διατεταγμένων κατά το νότιο και τον βόρειο προσανατολισμό, οι μέσες προκύπτουσες τιμές της ενεργού θερμοχωρητικότητας  $c_{peff}(T_{pcm})$  που λαμβάνονται με χρήση των πολυωνυμικών συναρτήσεων είναι εν γένει χαμηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές που προκύπτουν μέσω της χρήσης της τριγωνικής συνάρτησης.

Επαναλαμβάνεται, τέλος, πως η τριγωνική συνάρτηση αποτελεί μια απλουστευμένη, προσεγγιστική μέθοδο υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας  $c_{peff}$ , ενώ οι τέσσερις πολυωνυμικές συναρτήσεις που έχουν προκύψει μέσω αναλυτικής προσαρμογής από πειραματικά δεδομένα, αποδίδουν σημαντικά μεγαλύτερη ακρίβεια την πραγματική συμπεριφορά της ενεργού θερμοχωρητικότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας του υπό μελέτη ΥΑΦ.

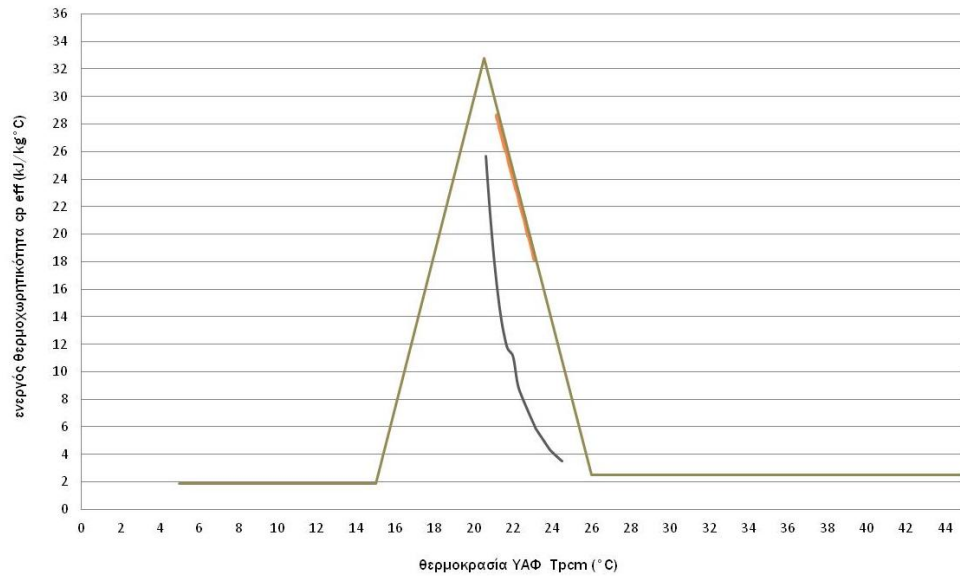
#### 4.7.2 Δωμάτια προσανατολισμένα κατά Ανατολή και Δύση

Πίνακας Μελέτης 146 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $Tr_{cm}$ . 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

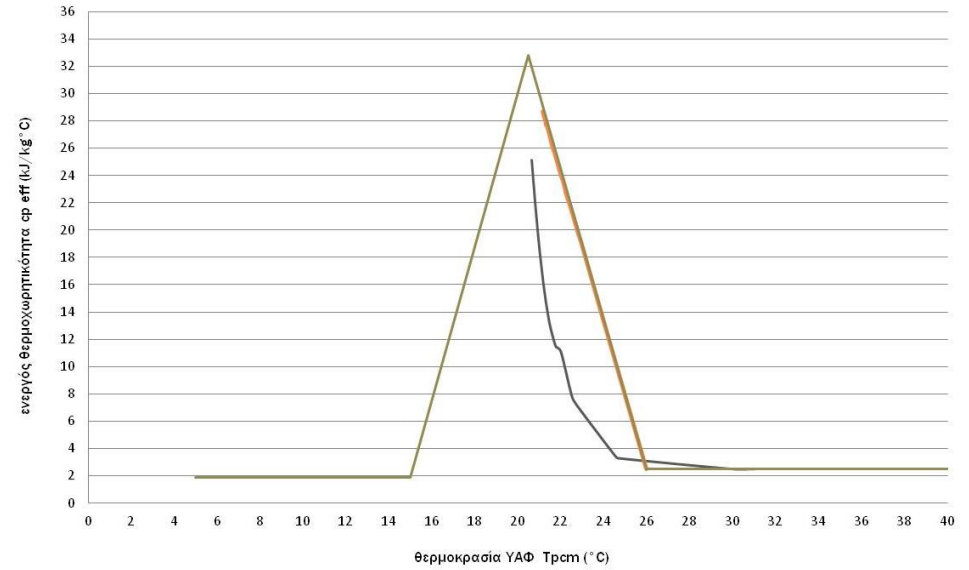
Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΜΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΧΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολη - Δύση	
	$c_{p\ eff}$ (kJ/kg °C)	$Tr_{cm}$ (°C)	$c_{p\ eff}$ (kJ/kg °C)	$Tr_{cm}$ (°C)	$c_{p\ eff}$ (kJ/kg °C)	$Tr_{cm}$ (°C)	$c_{p\ eff}$ (kJ/kg °C)	$Tr_{cm}$ (°C)	$c_{p\ eff}$ (kJ/kg °C)	$Tr_{cm}$ (°C)
	ενεργός θερμοχωρητικότητα	θερμοκρασία ΥΑΦ	ενεργός θερμοχωρητικότητα	θερμοκρασία ΥΑΦ	ενεργός θερμοχωρητικότητα	θερμοκρασία ΥΑΦ	ενεργός θερμοχωρητικότητα	θερμοκρασία ΥΑΦ	ενεργός θερμοχωρητικότητα	θερμοκρασία ΥΑΦ
1	19,2739123	20,96289109	17,82657856	21,05805543	25,89552125	20,60898711	28,99081053	20,36009482	32,73686271	20,49802959
2	20,56353844	20,88500596	19,23196373	20,96552435	27,1254105	20,55284655	28,25759762	20,3304431	31,69703151	20,46171247
3	21,75036163	20,81791013	20,52495726	20,88725589	28,2310517	20,5041922	27,59061072	20,302527	30,73725611	20,42693914
4	22,84482476	20,75928466	21,7148258	20,81986303	31,69267875	20,46155759	26,98574519	20,27635143	29,854723	20,39378069
5	23,85678369	20,70746864	22,81201332	20,76100142	30,73324627	20,42679114	26,43877908	20,25190471	29,04619264	20,36229344
6	24,79503093	20,66123666	23,82640462	20,70899355	29,85104284	20,39363986	25,94545242	20,22915959	28,30806413	20,33251756
7	25,66724625	20,61966097	24,76682732	20,66260284	29,04282722	20,36216	25,50153996	20,20807476	27,63645007	20,30447629
8	25,57654037	20,62392549	25,14044788	20,6446176	29,2267617	20,36942358	25,57563219	20,21163697	28,4506866	20,33835264
9	21,53652128	20,82971173	23,63752886	20,71851549	27,1305747	20,55261545	27,62093389	20,303817	25,45265761	20,62977148
10	14,25153651	21,35162587	19,86570939	20,92643915	19,2248897	20,96596908	32,67923462	20,49605129	14,78022941	21,30024382
11	9,113227272	22,22225329	15,02807013	21,27743895	12,27021667	21,60103037	23,65989128	20,71738439	7,423745149	22,64177756
12	5,814861501	23,1609391	11,44821906	21,77937587	8,905435682	22,26906579	17,97296749	21,04799106	3,282188341	24,6956085
13	4,200586662	23,93538618	7,343773146	22,66422785	7,149916863	22,71985215	12,12099647	21,62676265	2,5	28,08535282
14	3,501229119	24,46926249	3,280637676	24,69737179	6,310610882	22,98348847	6,622139376	22,88087089	2,5	31,34967724
15	3,581129485	24,39602082	2,5	29,95949411	6,506194099	22,91834491	2,753630851	25,55508997	2,5	33,03098477
16	4,385442849	23,82338103	2,5	34,39197678	7,627799588	22,58573437	2,5	30,40209001	2,5	33,1521543
17	5,918839561	23,12211031	2,5	31,03683222	9,421885832	22,15475218	2,5	26,08895401	2,5	27,36712301
18	8,094871197	22,46361133	3,426197735	24,54217914	11,70158616	21,71173627	24,76675901	20,66260615	17,12078838	21,10819746
19	11,11618108	21,98914055	8,048509004	22,47537627	14,14466123	21,36252726	26,11636943	20,5987387	19,42155029	20,95367674
20	11,70829478	21,71017082	11,11689209	21,9958935	16,79187702	21,13257061	27,3234802	20,54400965	21,41532268	20,83645434
21	13,09124646	21,48245507	11,68353074	21,71599459	19,13625087	20,97155819	32,69171575	20,49648008	23,15423278	20,74321248
22	14,71987403	21,30591319	13,05558749	21,48701909	21,16765207	20,85035745	31,65528464	20,46022595	24,68475381	20,66658652
23	16,33536092	21,16760196	14,68247537	21,30945001	22,93734591	20,75445667	30,69880087	20,42551886	26,0432808	20,60212195
24	17,85389558	21,05616909	16,29958413	21,17041093	24,49310543	20,67593591	29,81943196	20,39242932	27,25790699	20,5469292

Πίνακας Μελέτης 147 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΜΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΧΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολη - Δύση	
	$c_{p\text{ eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τrcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p\text{ eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τrcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p\text{ eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τrcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p\text{ eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τrcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p\text{ eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Τrcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	25,76992051	21,68993896	25,63903153	21,71418225	29,43853959	21,01043633	26,5623032	21,54317362	31,54188477	20,62085416
2	26,32189199	21,58770265	26,20177968	21,60994988	29,88092163	20,9284982	27,31108256	21,4044845	31,79557676	20,57386526
3	26,8295962	21,49366554	26,71895795	21,51415798	30,28141182	20,8543193	27,97388307	21,28172041	32,02819728	20,53077922
4	27,2981915	21,40687219	27,19594916	21,42580954	30,64503277	20,78696933	28,56441767	21,17234143	32,74504111	20,49121754
5	27,73198143	21,3265255	27,63723094	21,34407521	30,97601336	20,72566502	29,09339071	21,0743649	32,54388263	20,45540611
6	28,13459963	21,25195244	28,04657429	21,26825652	31,27794975	20,66974027	29,56934174	20,98620912	32,35623654	20,42200024
7	28,50914617	21,18257883	28,42718936	21,19775889	31,55392678	20,61862373	29,99920681	20,90658939	32,18134664	20,3908653
8	28,65461284	21,15563545	28,67024289	21,15274045	31,62258733	20,60590641	30,28296107	20,85403235	32,30876462	20,41354901
9	27,81910971	21,31038757	28,46956524	21,18991002	30,80485649	20,75736674	30,13605118	20,88124304	31,30563381	20,66461262
10	25,78310634	21,68749667	27,67688857	21,33672981	28,92502327	21,10554996	29,43175519	21,01169294	28,3768918	21,20707502
11	23,29456688	22,14842463	26,44145768	21,56555666	26,70836052	21,51612084	28,33073705	21,21562382	24,56207365	21,91365668
12	21,28522559	22,52059538	24,9929686	21,8338462	25,01041093	21,83061553	27,06674453	21,44974086	20,82854216	22,60518241
13	19,88974981	22,77906578	22,8230364	22,23576164	23,9178693	22,03297639	25,18312347	21,79862567	16,65108063	23,37893297
14	18,79167207	22,98245204	19,13298156	22,9192346	23,12223825	22,18034339	22,01215046	22,38595415	10,36205563	24,5437879
15	18,19938674	23,09215529	13,47940383	23,96639182	22,77054664	22,24548381	17,3788216	23,24414059	2,5	26,51737862
16	18,20471639	23,09116813	5,298679891	25,48162774	22,90279303	22,22098909	11,51857573	24,32957694	2,5	32,85832508
17	18,77824167	22,98493962	2,5	26,52026534	23,4724964	22,11546848	9,777933752	24,65197912	2,5	27,35386835
18	19,83735109	22,78877109	19,54915668	22,84215054	24,4110103	21,94163668	15,3743374	23,6154117	28,91395764	21,10759954
19	21,02063208	22,56960346	20,77286453	22,61549503	25,43615935	21,75175829	18,40519934	23,05403463	29,40767685	21,01615273
20	22,04954598	22,37902774	21,83264573	22,41920207	26,3237801	21,58735293	20,54384203	22,65791464	29,85302851	20,93366458
21	22,95769801	22,21081958	22,76530815	22,24645408	27,10097519	21,44340065	22,21133559	22,34906103	30,25612339	20,85900323
22	23,7682552	22,06068795	23,59589053	22,09261338	27,78742182	21,31625681	23,57442526	22,09658919	30,62204354	20,7912274
23	24,4980044	21,92552361	24,34235875	21,95435234	28,397938	21,20317684	24,72066914	21,88428158	30,95506479	20,72954511
24	25,15957598	21,80298714	25,01812874	21,82918603	28,94400692	21,1020338	25,70307373	21,70232034	31,25882105	20,6732833



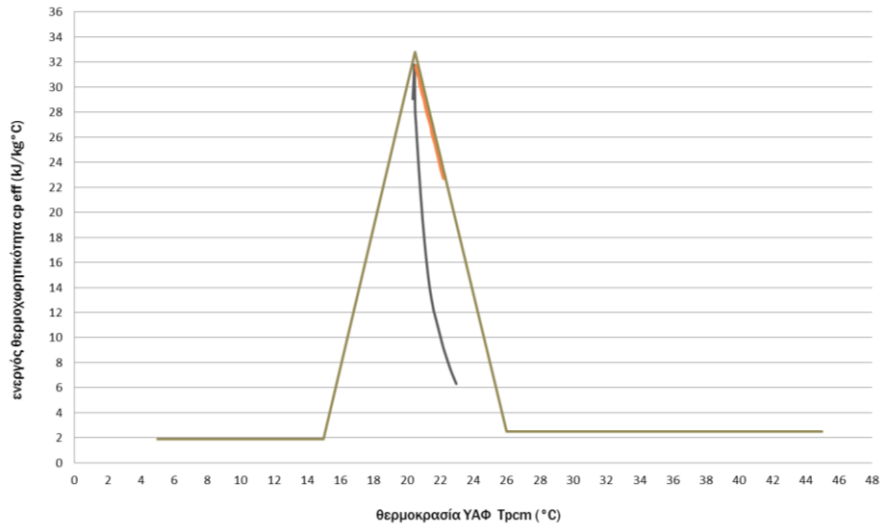
Μ2Μ\_Υαλπιν Ανατολή



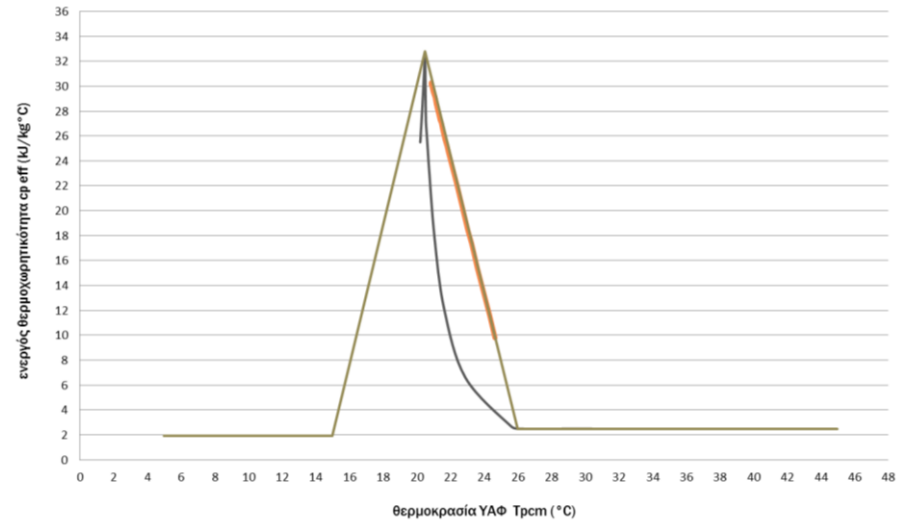
Μ2Μ\_Υαλπιν Δύση

— Πολυωνυμικές συναρτήσεις      — Τριγωνική συνάρτηση

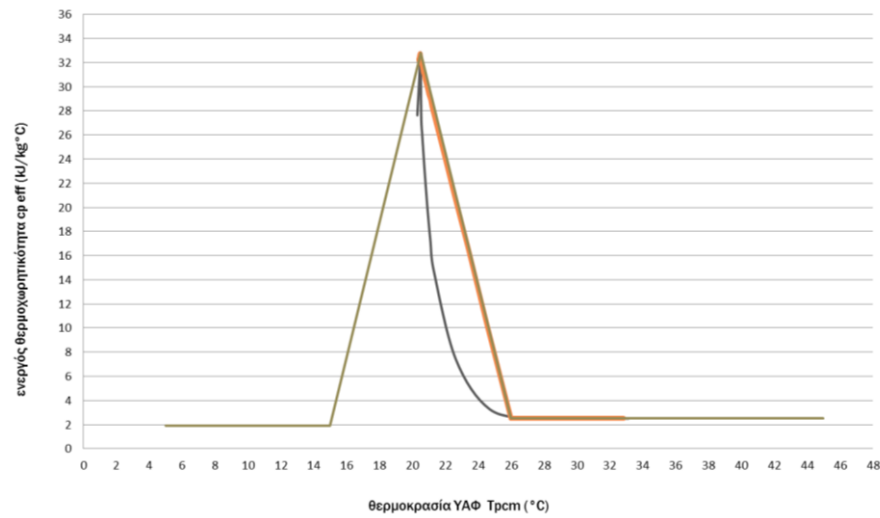
Διάγραμμα 37 : Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσεις της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία Μ2Μ (με στρώμα μόνωσης) ή Χ2Μ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{reff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{out}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα)



ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Ανατολή



ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Δύση



ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Ανατολή - Δύση

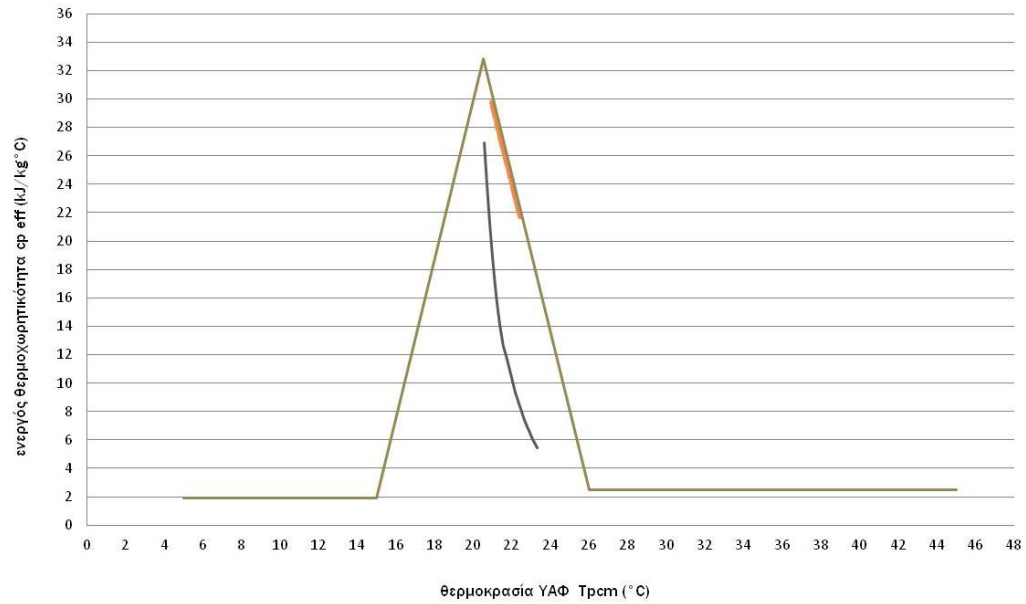


Πίνακας Μελέτης 148 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $cr_{eff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $Tr_{cm}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

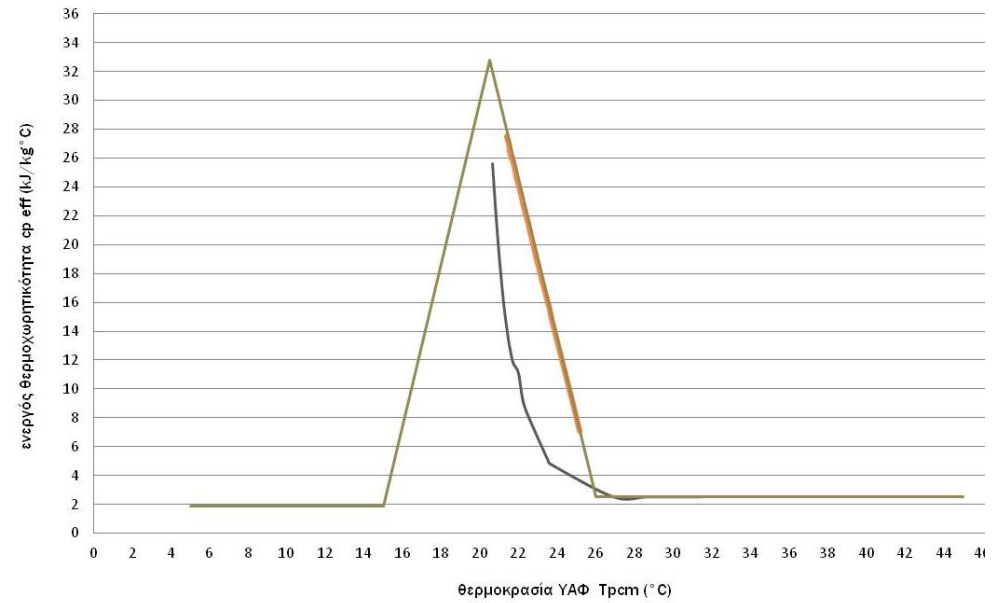
Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΜΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΧΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολη - Δύση	
	$cr_{eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$cr_{eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$cr_{eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$cr_{eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$cr_{eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	20,18561029	20,90724762	18,01242325	21,04529686	26,76170043	20,56921705	26,88881567	20,5634742	32,62536021	20,49419831
2	21,40236112	20,83717777	19,40308398	20,95482475	27,90343017	20,51844116	28,01787102	20,51344821	31,59393872	20,4580374
3	22,52361959	20,77619555	20,68234554	20,87810625	32,0470392	20,47408691	31,92246398	20,46970055	30,64230299	20,42342829
4	23,55950172	20,72247008	21,85980598	20,81191592	31,05990507	20,43877157	30,9450188	20,43457542	29,76759274	20,39044061
5	24,51913768	20,67466204	22,94589574	20,75401147	30,15103616	20,40504815	30,04548393	20,4010505	28,96652781	20,35912906
6	25,41053673	20,6317649	23,95037856	20,70278196	29,31733341	20,37297824	29,22070991	20,36918555	28,235474	20,32953207
7	26,24065419	20,59300445	24,88193814	20,65703572	28,55531272	20,34260771	28,46717042	20,33902445	27,57051879	20,30167112
8	26,88266034	20,56375175	25,61376653	20,62217369	27,99248173	20,31945983	27,91220918	20,31610538	27,22783255	20,28693133
9	24,9421871	20,65413117	24,8692916	20,6576462	30,29332349	20,41040953	28,89736428	20,35637239	31,43325139	20,45228113
10	19,0238202	20,97869212	21,84425163	20,81276596	24,43138991	20,67896089	32,67510445	20,49590935	20,94053253	20,86325827
11	12,70448204	21,53441492	17,42878599	21,08597244	17,12634774	21,10779131	24,38775557	20,68110385	11,80707048	21,68807304
12	9,323349287	22,1760466	13,14568321	21,47556641	12,47023702	21,56902276	19,28367434	20,96227926	6,385478967	22,95825538
13	7,119514792	22,72873612	9,340069088	22,17241684	11,1239988	21,95392103	13,45992522	21,43749014	3,056365989	24,98540965
14	5,758899633	23,18222547	4,794603159	23,60260321	9,180799401	22,20727289	8,242692437	22,42659176	2,5	29,01839749
15	5,42809273	23,3141342	2,5	26,88990962	8,960931158	22,25645103	3,67223225	24,3173553	2,5	31,246242
16	6,092849074	23,05911075	2,5	31,44550911	9,788864901	22,07742962	2,5	27,53716728	2,5	30,87245978
17	7,563114056	22,60331216	2,5	28,71984978	11,46473713	21,77430584	3,233905883	24,75178046	2,700246799	25,69905726
18	9,472768177	22,14384682	4,973361172	23,51557169	13,30635033	21,45575673	13,57195618	21,42453981	17,33195249	21,09290029
19	11,41180627	21,79101799	8,295506242	22,41354229	15,99675238	21,1945868	16,25440645	21,17397189	19,60453701	20,94236915
20	12,62164924	21,5463412	11,12128565	21,95995671	18,44399142	21,01631641	18,66884898	21,00155496	21,57430391	20,8276178
21	14,21491718	21,35533985	11,82044368	21,68520608	20,56752864	20,88477353	20,76235125	20,87348403	23,29359534	20,73604081
22	15,84851333	21,20669458	13,24735495	21,46294344	22,41289744	20,78207994	22,58298851	20,77305211	24,8080131	20,66060828
23	17,40046485	21,08799312	14,88211664	21,29077816	24,03057731	20,69877966	24,18044808	20,69133356	26,15314923	20,59703928
24	18,8392578	20,99051379	16,49012537	21,15556028	25,46131554	20,6293621	25,59447226	20,62308136	27,35648666	20,54254233

Πίνακας Μελέτης 149 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΜΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΧΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολη - Δύση	
	$c_{p\text{ eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p\text{ cm}}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p\text{ eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p\text{ cm}}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p\text{ eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p\text{ cm}}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p\text{ eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p\text{ cm}}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p\text{ eff}}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p\text{ cm}}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	27,2920324	21,40801298	23,27375727	22,15227899	30,37463849	20,83705183	27,18715816	21,42743781	27,24752852	21,416256
2	27,72627205	21,32758299	24,05213565	22,00810754	30,72981647	20,77126567	27,86386129	21,30209867	27,91744313	21,29217423
3	28,12929419	21,25293512	24,75487136	21,87794664	31,05329752	20,71135042	28,46615371	21,19054191	28,51399778	21,18168021
4	28,50420541	21,18349396	25,39340131	21,75967795	31,34854124	20,6566653	29,00519334	21,09070084	29,04812739	21,08274858
5	28,85368017	21,11876415	25,97667316	21,65164417	31,6185212	20,60665954	29,48985056	21,0009325	29,52853987	20,99376645
6	29,18003949	21,05831579	26,51184304	21,55251986	31,86581218	20,56085623	29,92730922	20,91990628	29,96229754	20,91342574
7	29,48531228	21,00177308	27,00473977	21,46122539	32,0926583	20,51883973	30,32347842	20,84652771	30,35521645	20,84064919
8	29,74255643	20,95412624	27,4288189	21,38267734	32,71086995	20,48513419	30,6553502	20,78505833	30,65634144	20,78487474
9	29,41199395	21,01535312	27,48335103	21,37257689	31,91970612	20,55087398	30,65456733	20,78520334	30,07280655	20,89295723
10	28,02937068	21,27144298	26,94447415	21,47238781	30,60039627	20,79523691	30,12469494	20,88334645	27,94243749	21,28754477
11	26,08092397	21,63233481	25,95469819	21,65571438	28,80087591	21,12854457	29,20594553	21,05351746	24,80087151	21,86942648
12	24,42507401	21,93903179	24,72700794	21,88310751	27,32938683	21,40109418	28,10267063	21,25786634	21,63034637	22,45667201
13	23,20438404	22,16512832	22,8655838	22,227881	26,30198647	21,59138955	26,47771779	21,55884055	18,10053944	23,11046382
14	22,24873837	22,34213328	19,73192643	22,80829787	25,54583168	21,73144475	23,82213355	22,05070859	13,08882617	24,03873472
15	21,74657926	22,43514332	15,0805435	23,66982829	25,21034233	21,79358418	20,08663445	22,74259876	5,887955428	25,37248197
16	21,75004029	22,43450227	9,205924155	24,75792689	25,31725632	21,77378154	15,89811229	23,51839798	2,5	27,5952451
17	22,19768165	22,35159002	7,087709092	25,15026327	25,7954463	21,68521106	15,00488682	23,68384144	4,922942749	25,55122188
18	22,94742808	22,21272178	12,75937808	24,09975518	26,51530983	21,55187774	17,95917052	23,13664821	18,17635641	23,09642098
19	23,75904575	22,06239373	15,4638789	23,5988268	27,26964716	21,41215918	20,21021637	22,71970888	20,37198043	22,6897469
20	24,48968212	21,92706506	17,42272901	23,23600805	27,93708209	21,2885367	21,94464429	22,39845766	22,0736803	22,37455758
21	25,15200831	21,80438882	18,98606423	22,94644667	28,53153923	21,17843118	23,3533112	22,13754399	23,46015758	22,11775388
22	25,75584036	21,69254689	20,29230231	22,7045049	29,06387277	21,07983222	24,5330107	21,91903973	24,62361197	21,90225854
23	26,30896586	21,59009683	21,41410156	22,49672493	29,54273171	20,99113783	25,54119034	21,73230442	25,61929839	21,71783723
24	26,81768549	21,49587164	22,39546425	22,31495667	29,97513422	20,91104812	26,4153442	21,5703934	26,48350897	21,55776791



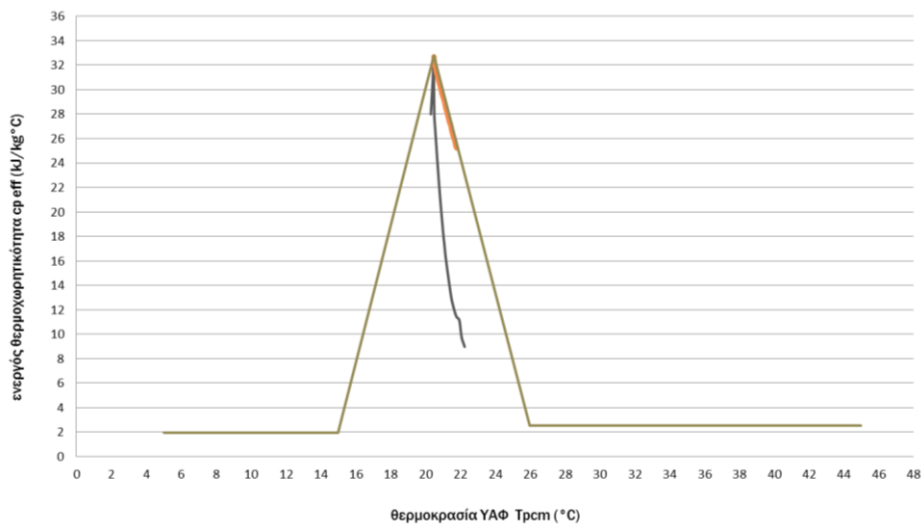
ΜΣΜ\_ΥαλΠιν Ανατολή



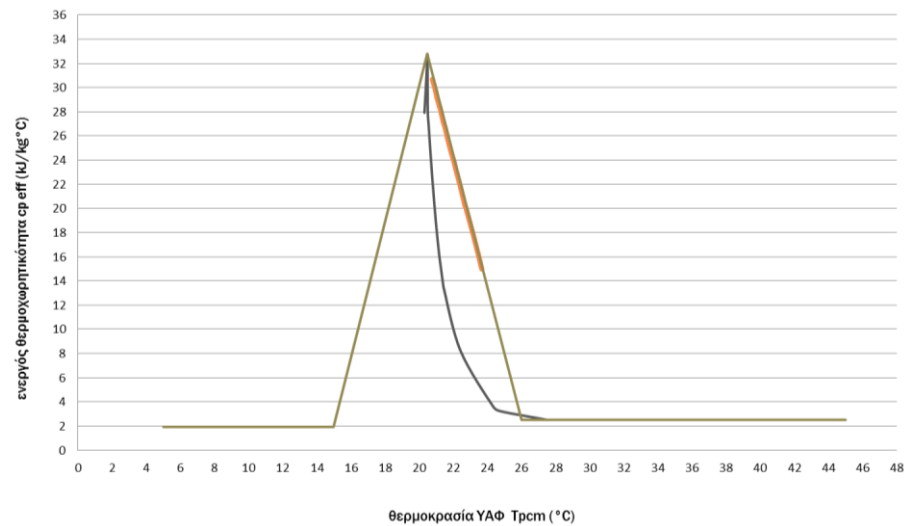
ΜΣΜ\_ΥαλΠιν Δύση

— Πολυωνυμικές συναρτήσεις      — Τριγωνική συνάρτηση

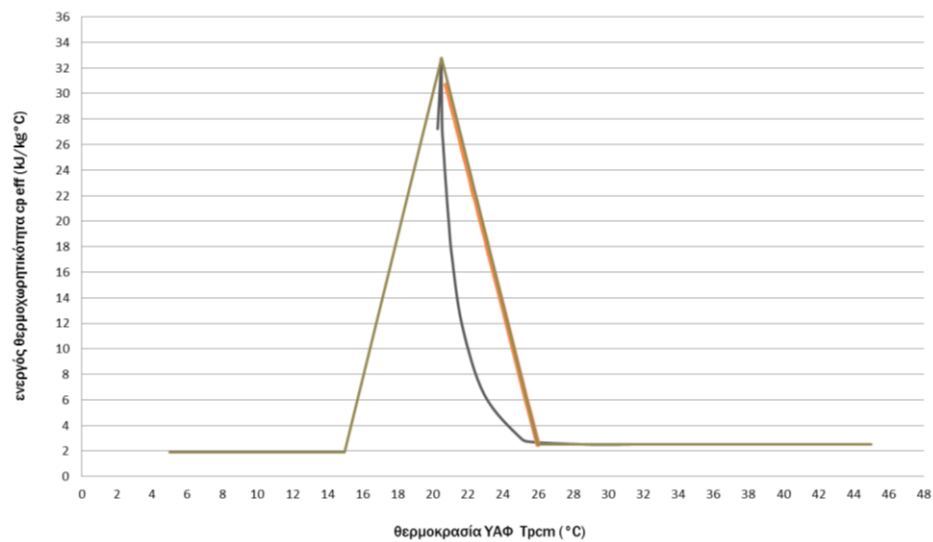
Διάγραμμα 38 : Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα)



ΧΣΜ\_Γαλπιν Ανατολή



ΧΣΜ\_Γαλπιν Δύση



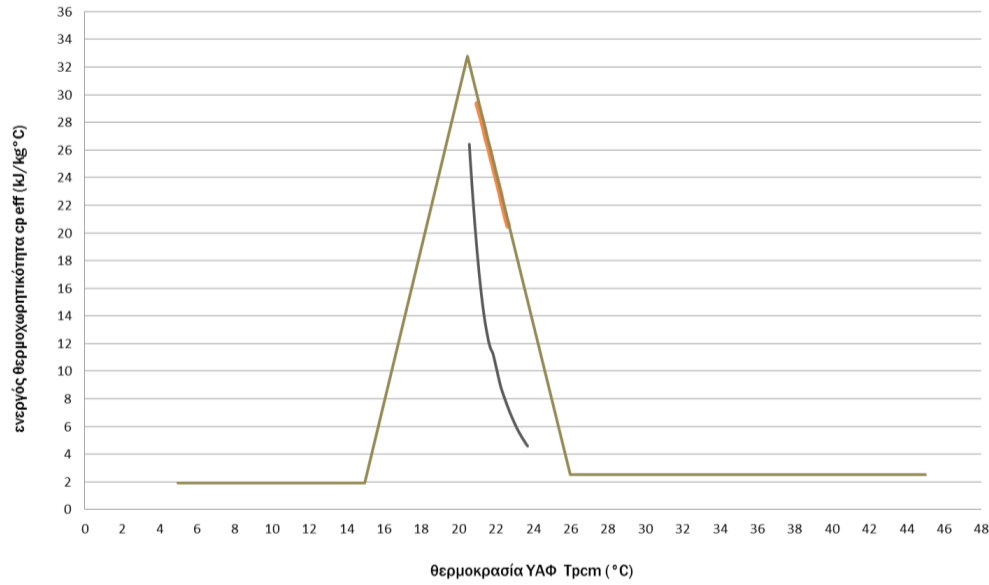
ΧΣΜ\_Γαλπιν Ανατολή - Δύση

Πίνακας Μελέτης 150 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπιάκων. Υπολογισμός της cpeff μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

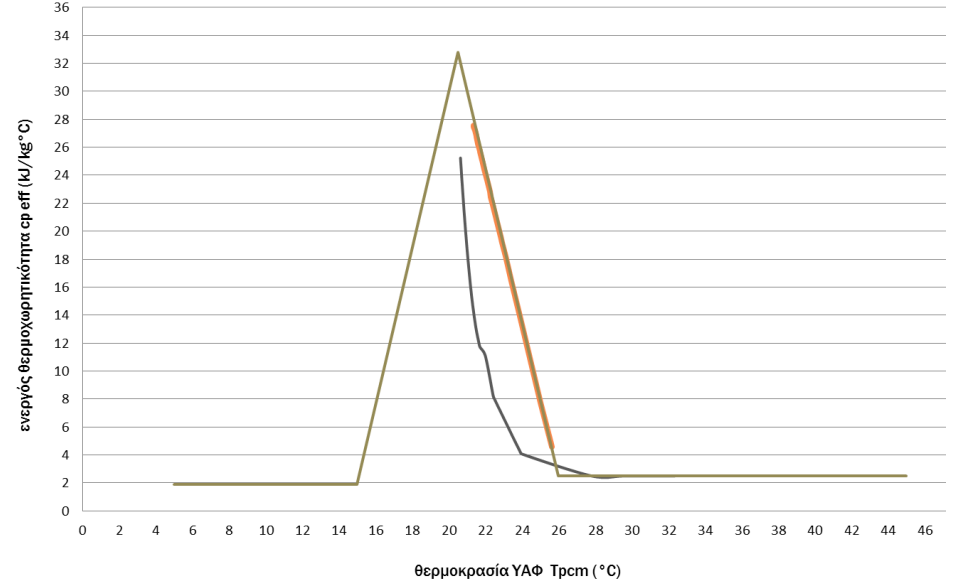
Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_Υαλπν Ανατολή		ΜΣΜ_Υαλπν Δύση		ΧΣΜ_Υαλπν Ανατολή		ΧΣΜ_Υαλπν Δύση		ΧΣΜ_Υαλπν Ανατολη - Δύση	
	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	19,87221489	20,92604541	17,85085528	21,05637885	26,41963298	20,58478796	32,65173437	20,49510586	30,44925453	20,41624926
2	21,1139279	20,85339581	19,25432147	20,96412003	27,59580175	20,5319477	31,61831997	20,45890781	29,59055145	20,38361527
3	22,25758309	20,79038302	20,54552017	20,88605615	32,38619471	20,4859306	30,66475585	20,42425967	28,80474528	20,35266702
4	23,31346508	20,73502165	21,73376531	20,81882179	31,37295136	20,45011208	29,7881928	20,39123142	28,08813581	20,32343935
5	24,29097082	20,68586973	22,82950047	20,76008616	30,43888974	20,41586223	28,98536021	20,35987814	27,43676152	20,29595008
6	25,19838188	20,64185034	23,8425951	20,70818062	29,58105	20,38324749	28,25263172	20,3302387	26,84648147	20,27019998
7	26,04290072	20,60213957	24,7818581	20,66187457	28,79606614	20,35231897	27,58610068	20,30233496	26,31305724	20,24617343
8	26,41784979	20,58486959	25,23785968	20,63996792	28,49339283	20,34009206	27,38899775	20,29389723	26,6403784	20,26100575
9	23,70088031	20,71531375	23,98024092	20,70129023	31,77666334	20,46454168	29,01900188	20,36121469	32,69938868	20,4967436
10	17,24901848	21,09887674	20,55909091	20,88526509	23,00726351	20,75082071	27,8402362	20,52120555	19,62768481	20,94094746
11	11,5991064	21,73687077	15,97495903	21,19635518	15,6205002	21,22569449	22,91124856	20,75581657	11,21944908	21,87063082
12	8,121220312	22,45695818	12,03007355	21,64338877	11,56271655	21,74643009	17,65250635	21,07016704	5,557676318	23,2611633
13	5,974885764	23,10155556	8,270102839	22,41980766	9,35178421	22,1698776	12,27817371	21,59970638	2,723725954	25,63312958
14	4,763944069	23,61804886	4,055847886	24,02978669	8,097236407	22,46301313	7,286962193	22,68034943	2,5	29,87766856
15	4,593217177	23,70712264	2,5	27,81747163	8,007380271	22,48587636	3,216589029	24,77259724	2,5	31,52943129
16	5,380261448	23,33414164	2,5	32,35089994	8,978043689	22,25257788	2,5	28,54298175	2,5	31,55500393
17	6,962957661	22,77520797	2,5	29,60664205	11,17664913	21,89763652	2,84759928	25,34315742	2,5	26,35532226
18	8,999299163	22,24777794	4,294200412	23,87755971	12,59096407	21,55084226	17,32316266	21,09353182	21,89566078	20,80995882
19	11,24261153	21,85838153	8,070381144	22,46981662	15,25930301	21,25680527	19,59692211	20,94283726	23,57563899	20,7216512
20	12,27231221	21,60068125	11,11646801	21,99270732	17,79579502	21,06018576	21,56768586	20,8279843	25,05773928	20,64857815
21	13,81577266	21,39733991	11,69515856	21,71324458	20,00622788	20,91796667	23,28779175	20,73633865	26,37595225	20,58678879
22	15,45648371	21,23966082	13,07239024	21,48486331	21,92369005	20,80843114	24,80287833	20,66085678	27,5565539	20,53367993
23	17,03316986	21,11462357	14,70011443	21,30777957	23,60026124	20,72040276	26,14857095	20,59725071	32,42991862	20,48744722
24	18,50020928	21,01260483	16,3164632	21,16908449	25,07955751	20,64753224	27,35237776	20,54272491	31,41333763	20,45156535

Πίνακας Μελέτης 151 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της cpeff μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΜΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΧΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολη - Δύση	
	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	26,76169192	21,50624278	23,64086156	22,08428384	30,0480155	20,89754903	26,92452461	21,47608287	32,57233125	20,4604707
2	27,23543198	21,41849652	24,38294418	21,94683509	30,4330035	20,82624145	27,63111463	21,34520807	32,38276405	20,42672282
3	27,67381398	21,33729929	25,05499439	21,82235777	30,78292205	20,76142944	28,25858881	21,22898713	32,20606184	20,39526525
4	28,0805553	21,26196255	25,66720103	21,70896469	31,10172668	20,70238036	28,81912243	21,12516494	32,04148791	20,36596682
5	28,45882319	21,19189967	26,22762058	21,60516363	31,39279347	20,64846889	29,32232198	21,03196218	31,88833013	20,33870076
6	28,81134132	21,12660616	26,74275327	21,50975061	31,65902776	20,5991569	29,77591904	20,94794681	31,74590245	20,31334494
7	29,14047122	21,06564463	27,21793288	21,42173771	31,90294797	20,55397793	30,1862399	20,87194707	31,61354602	20,28978206
8	29,35768051	21,02541307	27,56060497	21,35826789	32,04400096	20,52785206	30,47107744	20,81918938	31,66439507	20,29883451
9	28,85024594	21,11940024	27,47679898	21,37379046	31,52206952	20,62452434	30,36658033	20,83854437	32,76245212	20,49431715
10	27,26690732	21,41266665	26,81593063	21,49619668	30,02938506	20,90099977	29,74372001	20,95391073	29,83047049	20,93784278
11	25,18477435	21,79831989	25,72000862	21,69918365	28,12953999	21,25288959	28,74562196	21,13877872	26,52653261	21,54979906
12	23,41477489	22,12615967	24,38549788	21,94636209	26,58079139	21,53974923	27,56462576	21,35752316	23,19535663	22,16680038
13	22,08879425	22,37175817	22,42210378	22,31002249	25,48607936	21,74251209	25,86808943	21,67175608	19,51886899	22,84776043
14	21,05641989	22,56297483	19,1748714	22,91147576	24,68923009	21,89010473	23,13473126	22,17802943	14,48185616	23,78071732
15	20,52586428	22,66124449	14,35849402	23,80356649	24,34966996	21,95299815	19,29687831	22,8888776	7,516204363	25,07089726
16	20,54760515	22,65721764	7,743953918	25,02871342	24,48182131	21,92852104	14,64555354	23,75039725	2,5	27,1307008
17	21,06047106	22,56222447	4,568499131	25,61687203	25,01397849	21,82995474	13,37690056	23,9853775	2,5	26,15574164
18	21,91681038	22,40361307	14,14406388	23,8432833	25,81569428	21,68146073	16,95279787	23,32304882	30,56952054	20,80095573
19	22,83990434	22,23263735	16,43117302	23,41966432	26,65516919	21,52597295	19,47918639	22,85511045	30,90721558	20,73840776
20	23,66268221	22,08024221	18,182929	23,0952036	27,39302278	21,38930751	21,36829489	22,50520926	31,2151379	20,6813743
21	24,40264288	21,94318649	19,61572407	22,82982091	28,04669981	21,26823327	22,87934526	22,2253321	31,49647389	20,62926517
22	25,0728921	21,81904275	20,82998859	22,6049145	28,62950335	21,16028624	24,13293677	21,99314153	31,75397349	20,58157103
23	25,68354887	21,70593674	21,88258805	22,40995174	29,15184677	21,06353765	25,19740515	21,79598041	31,99002647	20,53784923
24	26,24261938	21,60238554	22,80956377	22,23825704	29,62205648	20,97644528	26,1160562	21,62582761	32,78152574	20,49771275



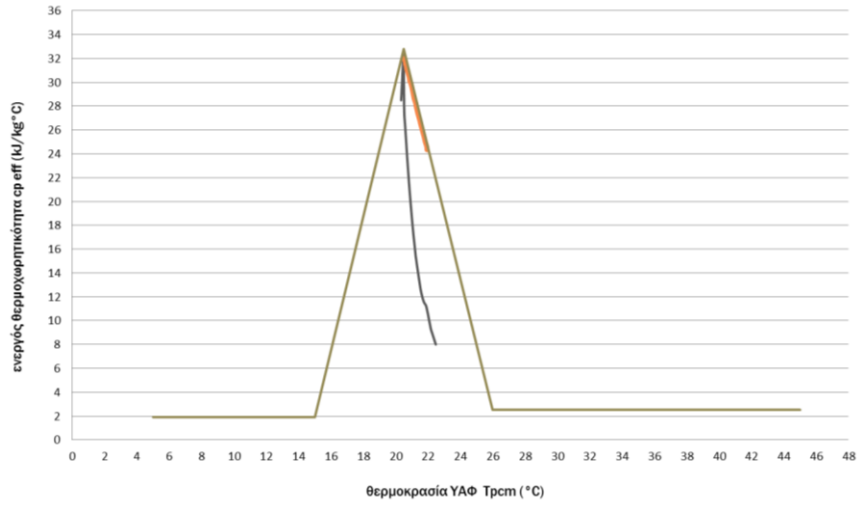
ΜΣΜ\_ΥαλΠιν Ανατολή



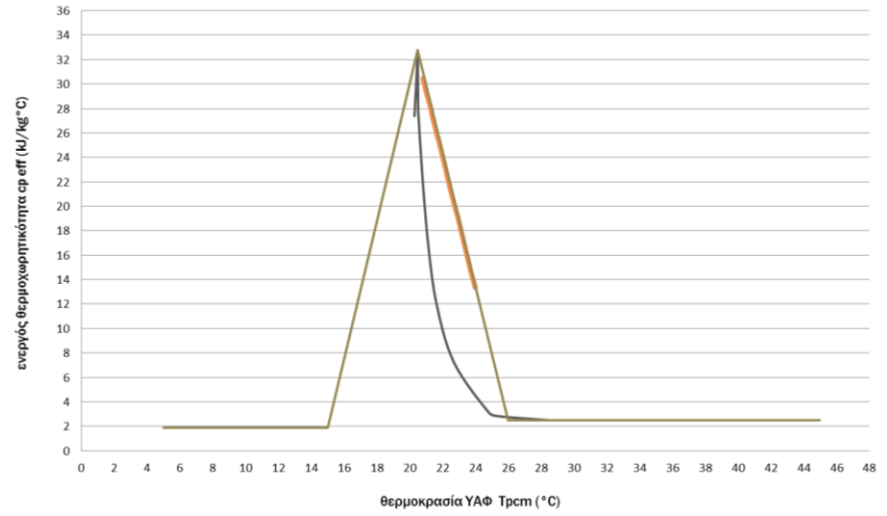
ΜΣΜ\_ΥαλΠιν Δύση

— Πολυωνυμικές συναρτήσεις    — Τριγωνική συνάρτηση

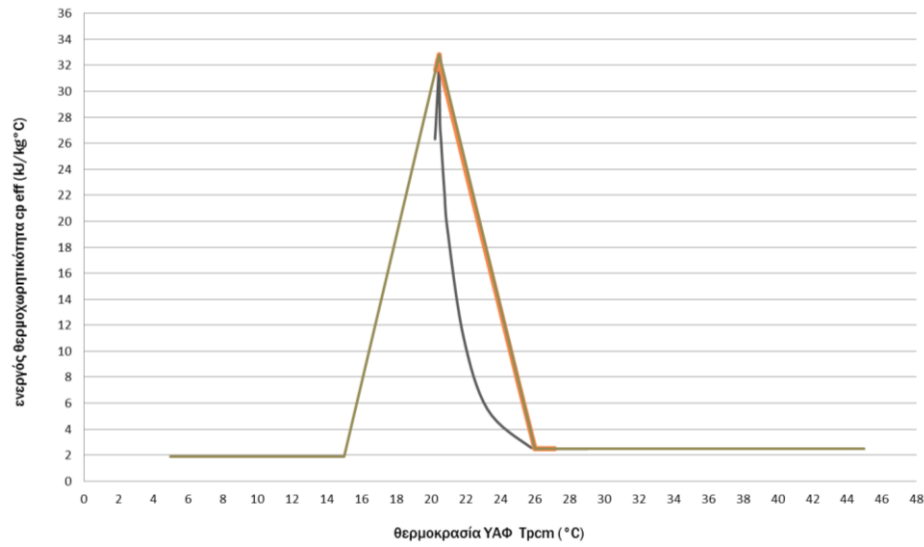
Διάγραμμα 39 : Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσεις της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{room}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα)



ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Ανατολή



ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Δύση



ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Ανατολή - Δύση

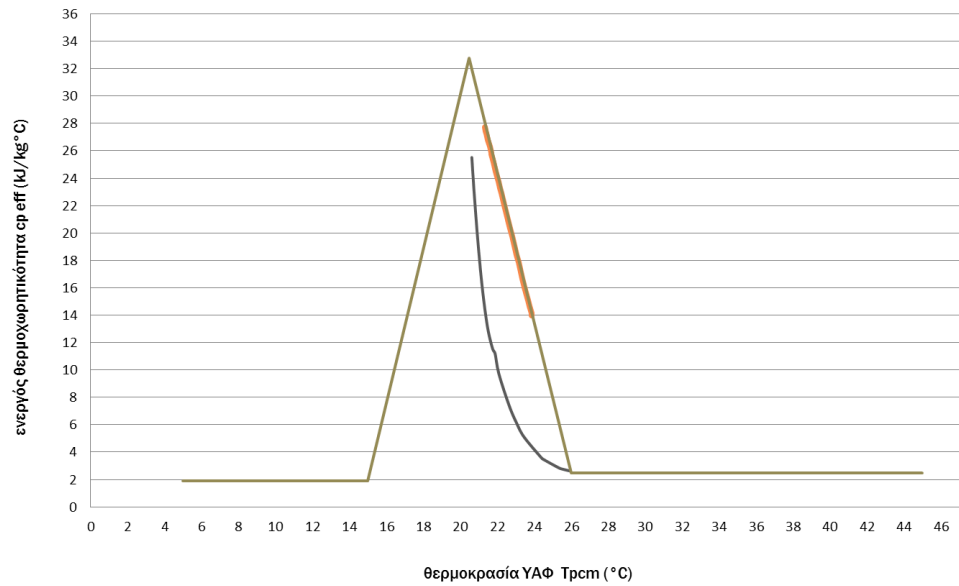


Πίνακας Μελέτης 152 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $Tr_{cm}$ . 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

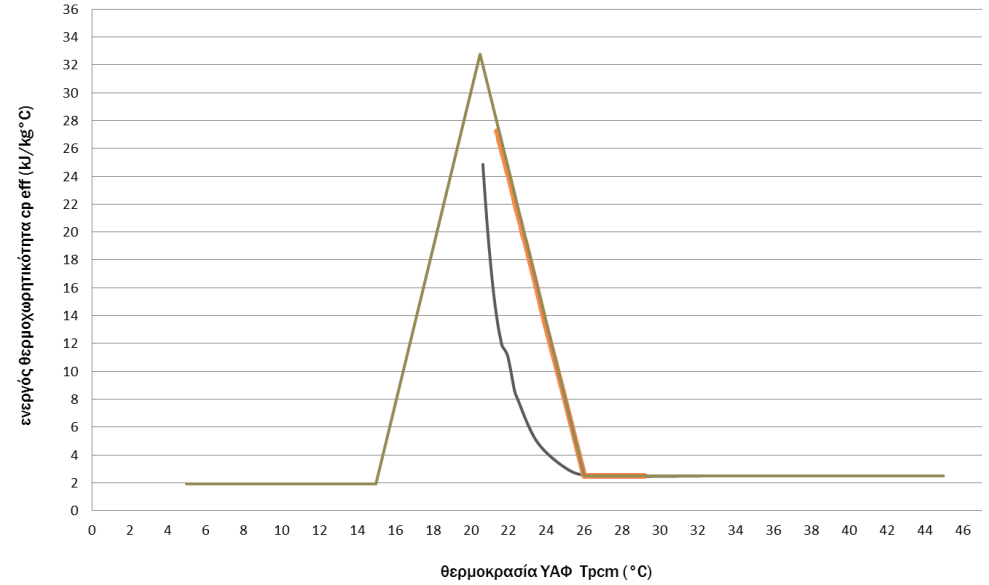
Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΜΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΧΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολη - Δύση	
	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_p$ eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	19,04119945	20,97758608	17,97838886	21,0476204	25,42999466	20,63084367	30,4562988	20,4165122	27,07716929	20,5550071
2	20,34951206	20,89754592	19,3717517	20,95677554	26,70858508	20,57162361	29,5970092	20,38386515	28,18756607	20,50607559
3	21,55325809	20,8287837	20,6535266	20,87977595	27,85563058	20,52053165	28,81064433	20,35290349	31,73931266	20,46321569
4	22,66286648	20,76883559	21,83325602	20,81336723	32,09932622	20,47592214	28,09350636	20,32366222	30,77620972	20,42837562
5	23,68834713	20,71594653	22,92137466	20,75528873	31,10814131	20,44052784	27,4416355	20,29615926	29,89047692	20,39514771
6	24,6386856	20,66882785	23,92766898	20,70391755	30,19536761	20,40672193	26,8508919	20,27039554	29,07889151	20,36358895
7	25,52174823	20,62650801	24,8608492	20,6580539	29,35792737	20,37456678	26,31703759	20,24635555	28,33786638	20,3337402
8	23,45326599	20,72787434	24,41090103	20,67996669	31,80367776	20,4654996	27,15335596	20,28369157	32,41161004	20,48681245
9	17,04468845	21,11377607	21,48215469	20,83273141	23,00732268	20,75081763	30,96007063	20,43512624	20,08960985	20,91297083
10	11,19196889	21,88711691	16,75809758	21,13511329	14,55855242	21,32130403	24,95903162	20,65332024	11,13618018	21,93500732
11	6,078915987	23,06406785	12,13904879	21,62355241	9,161614831	22,21151418	18,85212879	20,98968482	4,321439418	23,86116868
12	3,477351654	24,49200597	8,673476832	22,32271634	5,967819971	23,10413283	13,36404243	21,44882181	2,5	27,39194636
13	2,731578943	25,61203256	4,928215849	23,53708376	4,628027558	23,68852018	8,993341055	22,24912219	2,5	30,35412846
14	2,629144299	25,93158239	2,5	26,48115289	4,315052833	23,86499486	4,29253258	23,87856951	2,5	32,3252324
15	2,847432301	25,34349763	2,5	32,53826655	4,982008439	23,51148565	2,5	27,60315622	2,5	33,73524329
16	3,582636465	24,3946794	2,5	36,17928404	6,38408086	22,95872316	2,5	31,80287932	2,5	34,33103352
17	5,077050792	23,46728065	2,5	32,54950691	8,32985379	22,40510434	2,5	26,99207878	2,5	28,51764001
18	7,407096724	22,64642806	2,912415744	25,21881208	11,23083481	21,8644549	21,88371033	20,81061076	14,02821182	21,37462655
19	9,730991365	22,0894228	8,248292225	22,4252038	13,20514506	21,4681466	23,56514222	20,7221838	16,68420571	21,14070203
20	11,53247131	21,75467598	11,11889141	21,96681772	15,89673755	21,2027352	25,04843873	20,64902425	19,04275624	20,97748706
21	12,8259704	21,51747211	11,79333856	21,69104592	18,35652384	21,02211957	26,36764945	20,58716943	21,0865377	20,854948
22	14,43820015	21,33302251	13,21036382	21,46750046	20,49176554	20,88919521	27,54909461	20,53400938	22,86637121	20,75815861
23	16,0648583	21,18908578	14,84387978	21,2943153	22,34679357	20,78560682	32,43824032	20,48773561	24,43043675	20,67900766
24	17,60227839	21,0736917	16,45371326	21,15837761	23,9723675	20,70168337	31,42102483	20,45184172	25,81680748	20,6126583

Πίνακας Μελέτης 153 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της cpeff μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.

Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΜΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΧΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολη - Δύση	
	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	cp eff (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	Trpcm (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	24,46991055	21,93072716	23,46657581	22,11656509	28,59195603	21,16724076	26,95305262	21,4707989	30,82570383	20,75350539
2	25,13403156	21,80771848	24,22574855	21,97595091	29,11812034	21,06978447	27,65636804	21,34053063	31,14075287	20,69515192
3	25,73941055	21,69559002	24,91227559	21,84879218	29,59163971	20,98207908	28,28108946	21,22481956	31,42846318	20,64186214
4	26,29388425	21,59289025	25,53692077	21,73309523	30,01938204	20,90285253	28,83927782	21,12143176	31,69168592	20,59310795
5	26,80378988	21,49844539	26,10815286	21,62729147	30,40701427	20,83105518	29,34045729	21,02860316	31,93289475	20,54843118
6	27,27433732	21,41129046	26,63277656	21,53012052	30,75927228	20,76580986	29,79229844	20,94491302	32,1542494	20,50743181
7	27,70987015	21,33062095	27,11635607	21,44055179	31,08015749	20,70637541	30,20108124	20,86919815	32,62450285	20,4697586
8	27,41968965	21,38436827	27,25078052	21,41565366	30,75401481	20,76678365	30,29123237	20,85250034	31,69353555	20,59276536
9	25,83912629	21,67712064	26,73919296	21,51041005	29,28727705	21,03845322	29,80035624	20,94342055	29,38367406	21,02059853
10	23,26844574	22,1532628	25,64092822	21,71383094	26,99425645	21,46316712	28,79632359	21,12938775	25,65826093	21,71062058
11	20,30832889	22,70153645	24,10739479	21,99787243	24,46989524	21,93072999	27,43537257	21,38146347	21,03205053	22,56748853
12	17,85040818	23,1567932	22,33733808	22,32572281	22,51766727	22,29232219	25,91607445	21,66286828	16,3224999	23,43979279
13	16,04282714	23,49159385	19,79267618	22,79704579	21,21681707	22,53326602	23,7944319	22,0558395	10,75230544	24,47150573
14	14,63656476	23,75206215	15,52025137	23,58838548	20,30720461	22,70174469	20,36469277	22,69109672	2,5	26,2358625
15	13,95352203	23,87857552	8,683761337	24,85464203	19,97446678	22,76337448	15,37452733	23,61537653	2,5	33,46055139
16	14,11520913	23,84862779	2,5	27,2823164	20,23609991	22,71491472	8,344567671	24,91746758	2,5	34,31864215
17	15,06044104	23,67355167	2,5	29,20070242	21,02377725	22,56902091	5,491259745	25,44595805	2,5	28,51708104
18	16,66972199	23,37548022	13,52294348	23,95832739	22,28078779	22,33619707	17,05631476	23,3038754	27,47242111	21,37460133
19	18,37409995	23,05979486	15,9867079	23,50198827	23,63218723	22,0858905	19,55288196	22,84146054	28,1173096	21,25515491
20	19,77576724	22,80017767	17,83051018	23,16047871	24,76979458	21,87518255	21,42587279	22,49454466	28,69265463	21,14858934
21	20,96758799	22,5794283	19,32243795	22,88414344	25,74551625	21,69445912	22,9264473	22,21660784	29,20859422	21,05302687
22	22,00304885	22,38763996	20,5787966	22,65144035	26,59378661	21,53734225	24,1725588	21,98580273	29,67325241	20,96696275
23	22,9164145	22,21846612	21,6632742	22,45057311	27,33885337	21,39934078	25,2313694	21,78968954	30,09325251	20,88917022
24	23,73124041	22,06754384	22,61541739	22,27421689	27,99855566	21,27715054	26,14557037	21,62036099	30,47407324	20,8186345



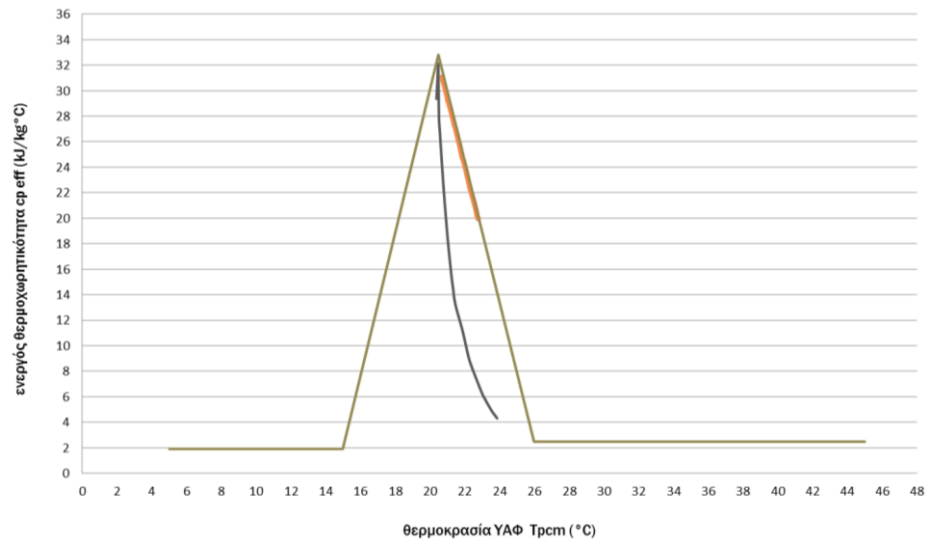
MΣM\_Υαλπιν Ανατολή



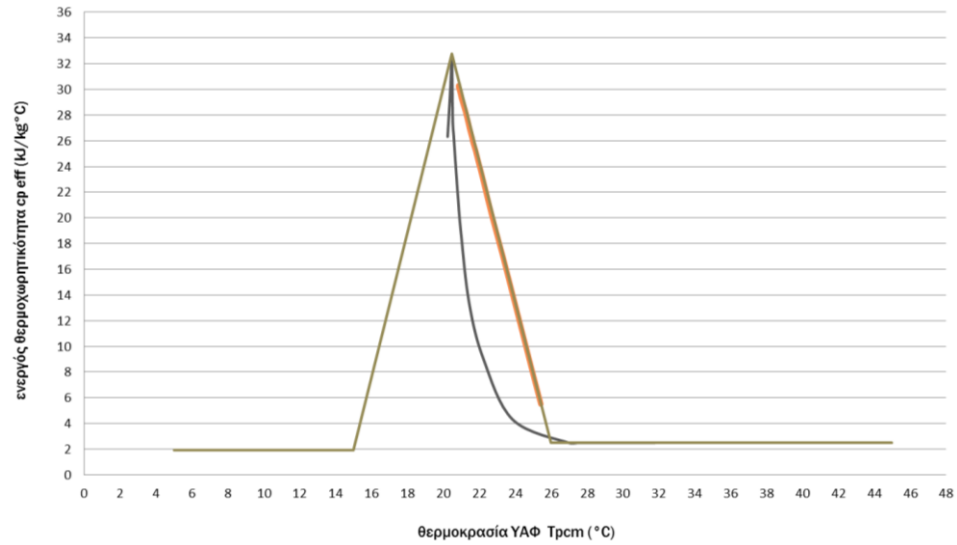
MΣM\_Υαλπιν Δύση

— Πολυωνυμικές συναρτήσεις    — Τριγωνική συνάρτηση

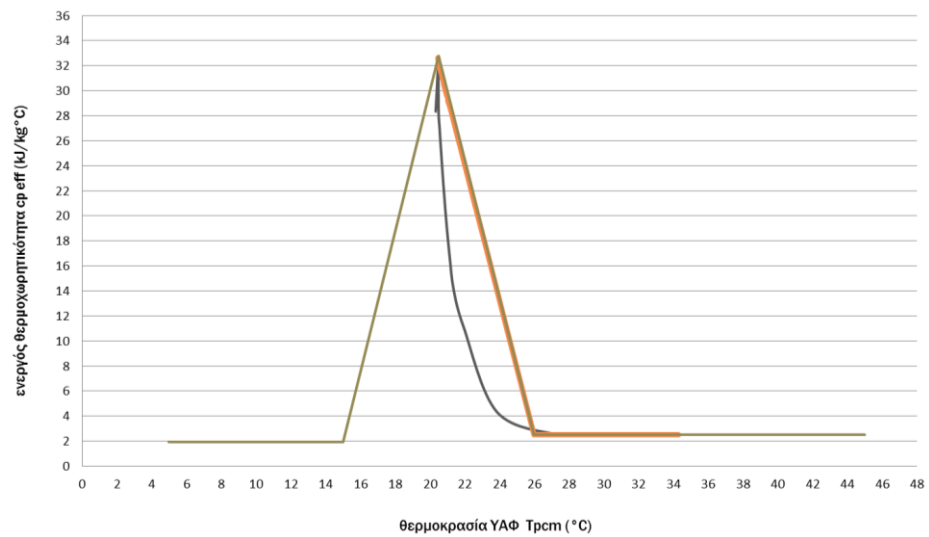
Διάγραμμα 40 : Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσεϊ της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{p\text{eff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα)



ΧΣΜ\_Υαλπιν Ανατολή



ΧΣΜ\_Υαλπιν Δύση



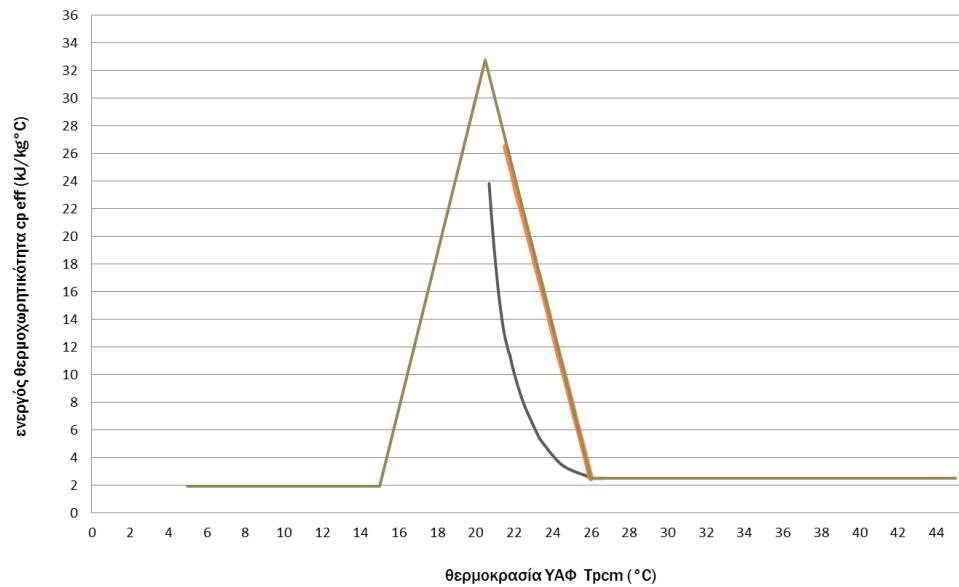
ΧΣΜ\_Υαλπιν Ανατολή - Δύση

Πίνακας Μελέτης 154 : Οριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $Tr_{cm}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

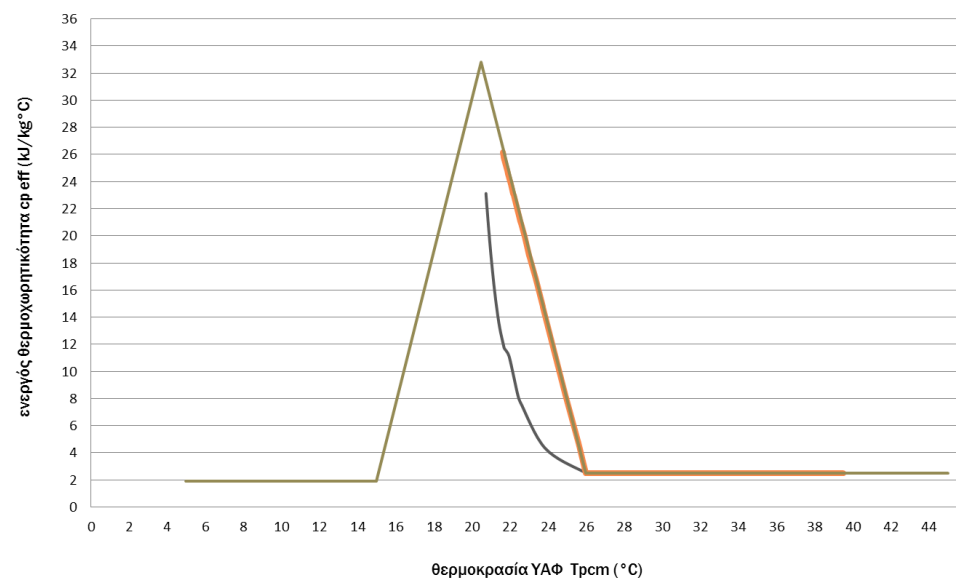
Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΜΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΧΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολη - Δύση	
	$c_{p\ eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p\ eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p\ eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p\ eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{p\ eff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$Tr_{cm}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	17,85136903	21,0563434	16,51617225	21,1535508	24,25189648	20,6877988	29,86530162	20,3941854	27,54500099	20,5341902
2	19,25479459	20,9640903	18,02170536	21,0446642	25,65798832	20,6200956	29,05586684	20,3626769	32,4428088	20,4878939
3	20,54595532	20,8860308	19,41162876	20,9542934	26,91261011	20,5624018	28,31688091	20,3328795	31,42524508	20,4519934
4	21,73416611	20,8187998	20,69020498	20,8776513	28,03930034	20,5125152	27,64445951	20,3048164	30,48700918	20,4176576
5	22,82987055	20,7600668	21,86704686	20,8115204	31,89923214	20,4688804	27,03451168	20,2784941	29,62516471	20,3849538
6	23,84293773	20,7081634	22,95258357	20,7536633	30,92359976	20,433791	26,48282223	20,2539023	28,83636583	20,3539338
7	23,78452315	20,7110988	23,12903505	20,7445136	31,04610591	20,4382686	26,78462208	20,2674519	29,98651713	20,3988095
8	18,69173539	21,0000649	20,92762507	20,8639959	24,78639031	20,6616551	29,75936629	20,3901246	22,75297176	20,7640967
9	11,41027319	21,7915235	16,3521633	21,1662861	15,24935968	21,2576805	25,73101433	20,6166709	11,58749971	21,7398794
10	5,418282536	23,3182172	11,69271481	21,7138202	8,406988143	22,386293	19,03340113	20,9780822	4,018251522	24,0554017
11	2,5	26,1176939	7,638171845	22,5829316	3,915074516	24,1282786	12,73781854	21,5297031	2,5	29,9023324
12	2,5	28,9239218	4,351051439	23,8435613	2,655374266	25,8390888	8,706102672	22,3150779	2,5	32,5302093
13	2,5	28,6639605	2,5	26,3877209	2,742179836	25,5842503	4,720829288	23,6400434	2,5	32,6950078
14	2,5	28,0030473	2,5	31,906113	3,016003226	25,0459942	2,5	26,8311905	2,5	34,816404
15	2,5	26,9790474	2,5	36,3539091	3,645377627	24,3400467	2,5	32,1806226	2,5	36,5075492
16	2,686352992	25,7402814	2,5	39,652443	4,734442166	23,6330638	2,5	34,0463263	2,5	37,3548933
17	3,496060884	24,4741503	2,5	40,7350585	6,341632613	22,9729873	2,5	33,9715409	2,5	36,3399291
18	5,332639711	23,3543164	2,5	34,429684	8,615341858	22,3364039	2,5	27,2552981	2,5	28,5862206
19	7,824933996	22,5331921	2,676198421	25,7715631	11,42183137	21,7877444	24,66514759	20,6675399	17,68590413	21,0678309
20	10,0287027	22,0284905	8,312461276	22,4093723	13,66420772	21,4140961	26,02581085	20,6029319	19,91107945	20,9236962
21	11,69554716	21,7131531	11,12232409	21,957494	16,34247643	21,1670444	27,24223677	20,5476278	21,84088	20,8129503
22	13,07294995	21,4847917	11,83028237	21,6831142	18,74557288	20,9965686	32,78384005	20,4996394	23,52752714	20,7240942
23	14,70070149	21,307724	13,26067617	21,4613121	20,82884785	20,8696569	31,74047807	20,4632571	25,01511446	20,6506239
24	16,31702482	21,1690404	14,89585646	21,2895115	22,64107955	20,7699842	30,7772835	20,4284152	26,33790329	20,588534

Πίνακας Μελέτης 155 : Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{peff}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.

Ωρα ημέρας	ΜΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΜΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολή		ΧΣΜ_ΥαλΠν Δύση		ΧΣΜ_ΥαλΠν Ανατολη - Δύση	
	$c_{peff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{peff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{peff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{peff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ	$c_{peff}$ (kJ/kg °C) ενεργός θερμοχωρητικότητα	$T_{p,m}$ (°C) θερμοκρασία ΥΑΦ
1	22,83093161	22,2342993	22,11281656	22,3673088	26,98403813	21,4650598	32,33204939	20,4176943	31,38440551	20,6500225
2	23,65464554	22,0817308	23,0139094	22,2004081	27,68380472	21,3354488	32,15881451	20,386854	31,65134897	20,6005792
3	24,39538728	21,9445304	23,81867895	22,0513485	28,30554108	21,2202906	31,99750607	20,3581369	31,89590752	20,555282
4	25,06629952	21,8202638	24,5435829	21,9170815	28,86118506	21,1173741	31,8474191	20,3314175	32,12028714	20,5137223
5	25,67752692	21,7070521	25,20103077	21,7953089	29,36017207	21,0249516	31,70787507	20,3065751	32,65698771	20,4755417
6	26,23709417	21,6034089	25,80065555	21,6842462	29,81010683	20,9416145	31,57822292	20,2834936	32,46172354	20,4407797
7	26,50989269	21,5528811	26,14818867	21,619876	30,00459026	20,9055923	31,6294865	20,2926199	32,64977094	20,474257
8	25,37743099	21,762636	25,85936638	21,6733718	28,95740753	21,0995517	32,20233954	20,3946026	30,55183701	20,8042311
9	22,48303054	22,2987376	24,80201049	21,8692155	26,39789146	21,573626	31,63487569	20,6036304	26,64534263	21,527793
10	18,48975648	23,0383729	23,0915664	22,1860244	23,03218151	22,1970237	30,04246369	20,8985773	21,10613607	22,5537664
11	13,93323018	23,882334	20,88767452	22,5942299	19,49336652	22,852484	28,12152393	21,2543743	14,17924681	23,8367667
12	9,864397432	24,6359643	18,40337943	23,0543717	16,79474358	23,3523237	26,07470188	21,6334873	6,164286756	25,3212998
13	6,561302638	25,2477644	14,79490849	23,7227337	15,10389255	23,6655036	23,34932193	22,1382829	2,5	28,1799085
14	3,538491956	25,8076502	8,244313802	24,9360366	13,99417585	23,8710456	19,03697467	22,937017	2,5	34,6127276
15	2,5	26,0514357	2,5	27,6028283	13,7334794	23,9193319	12,60769748	24,1278495	2,5	36,4983613
16	5,787276058	25,3911298	2,5	36,35855	14,3518177	23,8048031	2,5	26,0225681	2,5	37,3544788
17	8,452534864	24,8974699	2,5	39,4952424	15,68166902	23,5584877	2,5	33,6095886	2,5	36,3399104
18	11,3747501	24,3562164	2,5	33,9630192	17,55275916	23,2119238	2,5	27,2389704	2,5	28,5862198
19	14,19449067	23,8339432	4,681666024	25,5959112	19,64955583	22,8235546	31,29380586	20,6668034	29,12866782	21,0678309
20	16,46793626	23,412855	14,74238658	23,7324618	21,50158682	22,4805209	31,56843348	20,6159368	29,60115132	20,9803173
21	18,21230125	23,0897633	16,87340045	23,3377548	22,98847113	22,2051198	31,81990449	20,5693593	30,02798913	20,9012583
22	19,64027124	22,8252743	18,5383862	23,0293657	24,22477975	21,9761304	32,05052202	20,5266442	30,41482598	20,8296083
23	20,85106963	22,6010099	19,91381616	22,7746082	25,27616178	21,7813931	32,72369899	20,4874181	30,76638039	20,7644933
24	21,90102867	22,4065362	21,08656733	22,5573909	26,18451223	21,6131482	32,52396624	20,4518605	31,08663993	20,7051747



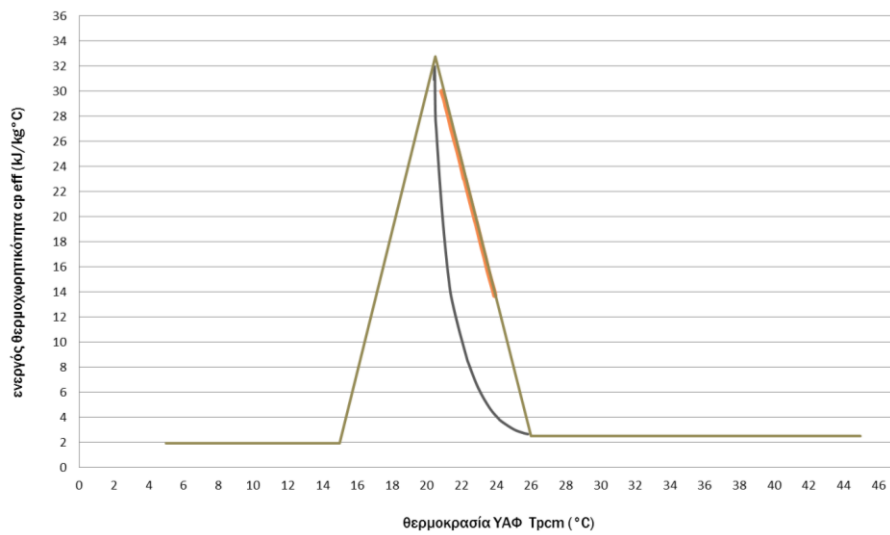
ΜΣΜ\_ΥαλΠιν Ανατολή



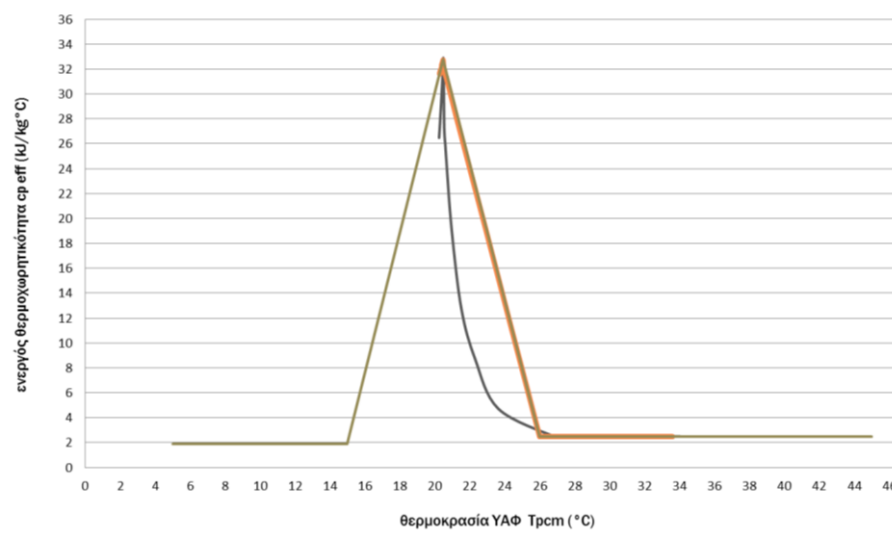
ΜΣΜ\_ΥαλΠιν Δύση

— Πολυωνυμικές συναρτήσεις    — Τριγωνική συνάρτηση

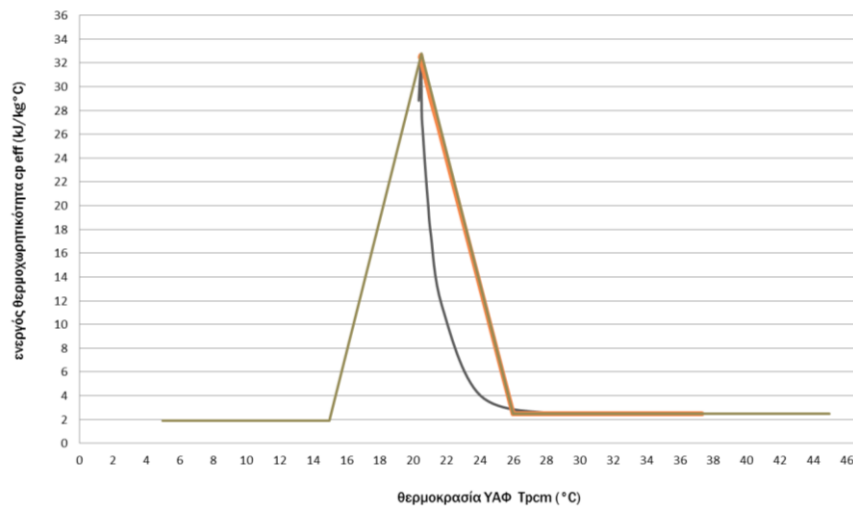
Διάγραμμα 41 : Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rm}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα)



ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Ανατολή



ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Δύση



ΧΣΜ\_ΥαλΠιν Ανατολή - Δύση



Πίνακας Μελέτης 156 : Στατιστικές τιμές της ενεργού θερμοχωρητικότητας, ανά μήνα μελέτης, υπολογισμένης βάσει των πολυωνυμικών συναρτήσεων της θερμοκρασίας του ΥΑΦ και της τριγωνικής συνάρτησης.

### 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή – Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	3,501229119	6,310610882
Μέγιστη Τιμή	25,14044788	32,69171575	32,73686271	25,66724625	31,69267875
Διασπορά	7,843821364	9,8171264	11,29563412	7,734031598	8,94433226
Μέση Τιμή	14,26086389	22,78282515	19,20849679	14,56463903	19,44660596

Triangular Function	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή – Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	2,5	9,777933752	2,5	18,19938674	22,77054664
Μέγιστη Τιμή	28,67024289	30,28296107	32,74504111	28,65461284	31,62258733
Διασπορά	6,876603007	5,94415717	10,37369835	3,588035341	3,068298889
Μέση Τιμή	22,80117878	24,1968901	25,34808016	23,77444909	27,57134456

### 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή – Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	5,42809273	8,960931158
Μέγιστη Τιμή	25,61376653	32,67510445	32,62536021	26,88266034	32,0470392
Διασπορά	7,789268794	9,465153645	11,00423702	7,3060215	7,991085
Μέση Τιμή	14,8792715	21,30782788	20,02393882	16,18707364	21,20201173

Triangular Function	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή – Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	7,087709092	15,00488682	2,5	21,74657926	25,21034233
Μέγιστη Τιμή	27,48335103	30,6553502	30,65634144	29,74255643	32,71086995
Διασπορά	5,83926365	4,766886189	8,351437224	2,70868273	2,431831171
Μέση Τιμή	21,34214071	25,51052524	22,62436716	25,96828477	29,06044586

### 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή – Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	4,593217177	8,007380271
Μέγιστη Τιμή	25,23785968	32,65173437	32,69938868	26,41784979	32,38619471
Διασπορά	7,760921785	9,522956724	11,26123713	7,47183524	8,541569548
Μέση Τιμή	14,48799028	21,77365833	20,5959205	15,59052684	20,78825065

Triangular Function	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή – Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	4,568499131	13,37690056	2,5	20,52586428	24,34966996
Μέγιστη Τιμή	27,56060497	30,47107744	32,78152574	29,35768051	32,04400096
Διασπορά	6,191664606	5,107916468	9,760808204	2,995711664	2,626990482
Μέση Τιμή	21,37737923	25,01073469	26,4858514	25,22236528	28,54004149

### 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή – Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	2,629144299	4,315052833
Μέγιστη Τιμή	24,8608492	32,43824032	32,41161004	25,52174823	32,09932622
Διασπορά	7,900854971	10,14219664	11,3275531	7,989424051	9,82748285
Μέση Τιμή	13,6883169	21,74645113	18,00006912	13,54881323	18,39138133

Triangular Function	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή – Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	2,5	5,491259745	2,5	13,95352203	19,97446678
Μέγιστη Τιμή	27,25078052	30,29123237	32,62450285	27,70987015	31,08015749
Διασπορά	7,228292254	6,701634649	11,0078541	4,700533758	3,838901173
Μέση Τιμή	20,19130072	23,88264495	23,76550571	21,51490325	26,02952084

### 21<sup>η</sup> Μαρτίου

Πολυωνυμικές συναρτήσεις	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή – Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	2,5	2,655374266
Μέγιστη Τιμή	23,12903505	32,78384005	32,4428088	23,84293773	31,89923214
Διασπορά	7,675781715	11,50866147	12,06165503	7,917352204	10,3415246
Μέση Τιμή	11,69366259	20,06699142	16,79271847	11,79245089	16,10345471

Triangular Function	ΜΣΜ Δύση	ΧΣΜ Δύση	ΧΣΜ Ανατολή – Δύση	ΜΣΜ Ανατολή	ΧΣΜ Ανατολή
Ελάχιστη Τιμή	2,5	2,5	2,5	2,5	13,7334794
Μέγιστη Τιμή	26,14818867	32,72369899	32,65698771	26,50989269	30,00459026
Διασπορά	8,58139072	10,30703664	12,8658664	7,792666676	5,7109563
Μέση Τιμή	17,18992938	26,07506681	21,64553897	17,25004486	22,74699541

Και στην περίπτωση δωματίων διατεταγμένων κατά τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό, ισχύουν παρατηρήσεις αντίστοιχες με αυτές που έγιναν στην προηγούμενη υποενότητα, για διάταξη δωματίων κατά Νότο και Βορρά, αν ο ανατολικός προσανατολισμός αντιστοιχηθεί με τον βορινό και ο δυτικός με το νότιο (λόγω σχετικής αναλογίας εντάσεων ηλιακής φόρτισης). Σημειώνεται βέβαια πως, σε αντίθεση με τις περιπτώσεις νότιας ηλιακής φόρτισης, κατά την αποκλειστικά δυτική φόρτιση της ενδιάμεσης τοιχοποιίας (με ή χωρίς στρώμα μόνωσης) το σύνολο της προκύπτουσας γραφικής παράστασης της  $c_{peff}(T_{pcm})$  βρίσκεται εντός των πλευρών του τριγώνου που ορίζει η τριγωνική συνάρτηση.

## Γενικές παρατηρήσεις

Η κάθε περίπτωση μελέτης έχει σχολιασθεί αναλυτικά κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της. Παρόλα αυτά, κυρίως για λόγους σύνοψης, αναφέρονται παρακάτω κάποιες γενικές παρατηρήσεις επί του συνόλου των περιπτώσεων που εξετάστηκαν .

Υπενθυμίζεται ότι οι περιπτώσεις μελέτης αφορούν σε στρώμα ΥΑΦ ενσωματωμένο σε ενδιάμεση τοιχοποιία δύο δωματίων σταθερής θερμοκρασίας, διατεταγμένων είτε κατά Νότο και Βορρά είτε κατά Ανατολή και Δύση. Σε κάποιες περιπτώσεις το στρώμα του ΥΑΦ ακολουθείται από στρώμα μόνωσης, συνεπώς συναλλάσει θερμότητα με μία κατεύθυνση (με ένα δηλαδή δωμάτιο) και φορτίζεται ηλιακά μέσω υαλοπίνακα στην ίδια κατεύθυνση (στον ίδιο δηλαδή προσανατολισμό). Σε κάποιες άλλες περιπτώσεις, η ενδιάμεση τοιχοποιία δε διαθέτει στρώμα μόνωσης, με αποτέλεσμα η θερμική συναλλαγή να λαμβάνει χώρα μεταξύ του ΥΑΦ και δύο κατευθύνσεων (δύο δωματίων). Η ηλιακή φόρτιση σε αυτές τις περιπτώσεις γίνεται είτε από έναν μόνο προσανατολισμό, είτε εκατέρωθεν.

Προφανώς, οι υψηλότερες τιμές τόσο των μέσων όσο και των μέγιστων θερμοκρασιών  $T_{pcm}$  εμφανίζονται στην περίπτωση μονωμένης ενδιάμεσης τοιχοποιίας (μικρότερες θερμικές απώλειες του ΥΑΦ) φορτιζόμενης ηλιακά από τους προσανατολισμούς με τις μέγιστες τιμές προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή το νότιο και τον δυτικό.

Ακολουθεί, για κάθε μήνα και για τις δύο διατάξεις των δωματίων, η περίπτωση της ενδιάμεσης τοιχοποιίας χωρίς μόνωση (θερμικές απώλειες προς δύο κατευθύνσεις, συνεπώς αυξημένες) και συνδυασμένης ηλιακής φόρτισης (φόρτιση επίσης από δύο κατευθύνσεις, άρα αυξημένο θερμικό κέρδος για το ΥΑΦ).

Τρίτη, όσων αφορά στην εμφάνιση υψηλότερων θερμοκρασιών στο στρώμα του ΥΑΦ, τόσο μέσων όσο και μέγιστων, είναι η περίπτωση μη μονωμένης ενδιάμεσης τοιχοποιίας, φορτιζόμενης ηλιακά από τους προσανατολισμούς με τις υψηλότερες τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή το νότιο και τον δυτικό (συναλλαγή θερμότητας εκατέρωθεν, συνεπώς αυξημένες θερμικές απώλειες σε σχέση με την πρώτη περίπτωση).

Τελευταίες έρχονται οι περιπτώσεις τοιχοποιίας φορτιζόμενης ηλιακά από τους προσανατολισμούς με τις χαμηλότερες τιμές προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή τον βόρειο και τον ανατολικό (μειωμένα θερμικά κέρδη σε σχέση με τις υπόλοιπες περιπτώσεις μελέτης). Μεταξύ των δύο, υψηλότερες τιμές  $T_{pcm}$  εμφανίζονται προφανώς για μονωμένη τοιχοποιία (μικρότερες θερμικές απώλειες λόγω θερμικής συναλλαγής με μία κατεύθυνση) και μικρότερες για τοιχοποιία χωρίς στρώμα μόνωσης (αυξημένες θερμικές απώλειες λόγω θερμικής συναλλαγής εκατέρωθεν).

Κατά τη χρήση των πολυωνυμικών συναρτήσεων για τον υπολογισμό της ενεργού θερμοχωρητικότητας, οι καμπύλες της ωριαίας θερμοκρασίας του ΥΑΦ,  $T_{pcm}(t)$ , ακολουθούν σε μεγάλο βαθμό τη συμπεριφορά της ωριαία προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας  $G_i(t)$ . Αυτό συμβαίνει διότι οι πολυωνυμικές συναρτήσεις έχουν τη δυνατότητα να μεταφράζουν άμεσα τις ωριαίες μεταβολές της ηλιακής φόρτισης σε αντίστοιχες ωριαίες μεταβολές της θερμοκρασίας στο στρώμα του ΥΑΦ.

Από την άλλη, η γραμμικότητα της τριγωνικής συνάρτησης δεν της επιτρέπει να προβάλει άμεσα στην ωριαία αναπτυσσόμενη  $T_{pcm}$  τις μεταβολές στην ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Η, κατά κάποιο τρόπο, «κράτυνση» που εισάγει η τριγωνική συνάρτηση στην ωριαία αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στο στρώμα του ΥΑΦ δεν ευνοεί την εμφάνιση υψηλών μέγιστων τιμών  $T_{pcm}$ , κατά τις ώρες εκείνες που η ακτινοβολία λαμβάνει τις μέγιστες τιμές τις, εκτός και αν αυτές είναι πολύ υψηλές (όπως, για παράδειγμα, κατά την 21<sup>η</sup> Μαρτίου).

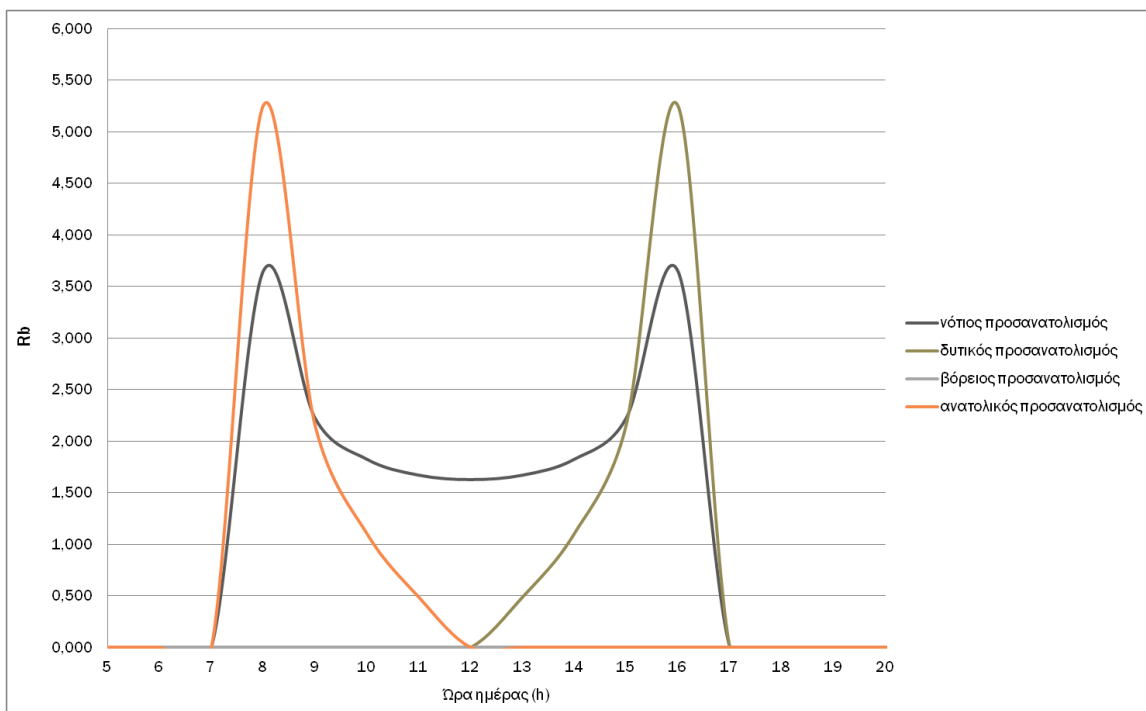
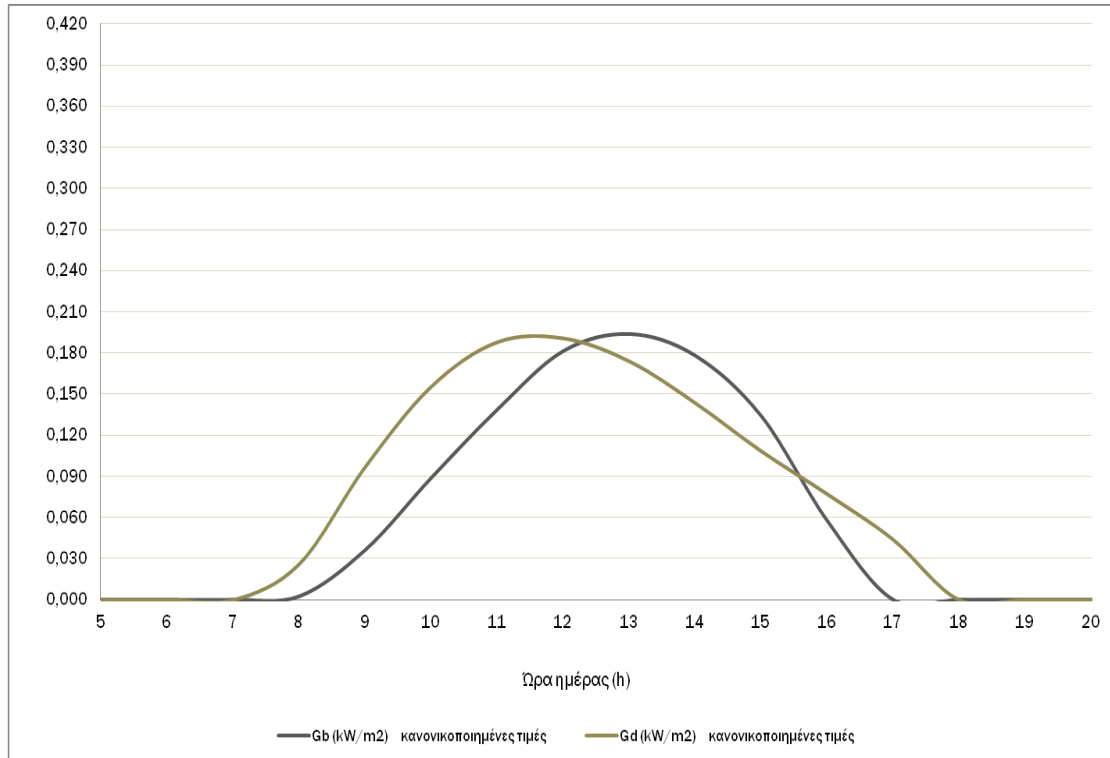
Έτσι, για κάθε περίπτωση μελέτης, ενώ η χρήση της τριγωνικής συνάρτησης για τον προσδιορισμό της  $c_{p,eff}$  δίνει, μέσω του θερμικού ισολογισμού στο στρώμα του ΥΑΦ, μέσες τιμές  $T_{pcm}$  που παρουσιάζουν μικρή απόκλιση σε σχέση με τις αντίστοιχες που λαμβάνονται μέσω της χρήσης των πολυωνυμικών συναρτήσεων, δε συμβαίνει το ίδιο και για τις μέγιστες τιμές. Οι μέγιστες τιμές  $T_{pcm}$  που προκύπτουν μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων είναι πάντοτε υψηλότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες μέσω της τριγωνικής συνάρτησης, σε κάποιες περιπτώσεις μάλιστα η ποσοστιαία απόκλιση φτάνει έως και το 25%.

Η γραμμικότητα της τριγωνικής συνάρτησης εισάγει συνήθως και μία χρονική υστέρηση στην εμφάνιση της μέγιστης τιμής  $T_{pcm}$  ανά περίπτωση μελέτης, σε σχέση πάντα με την ώρα εμφάνισης μέγιστου της καμπύλης  $T_{pcm}(t)$  όπως αυτή προκύπτει μέσω χρήσης των πολυωνυμικών σχέσεων. Η υστέρηση αυτή συνήθως είναι για τις περισσότερες περιπτώσεις μελέτης της τάξεως της μίας ώρας, κυμαίνεται όμως από κλάσμα της ώρας έως και τρεις ώρες.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

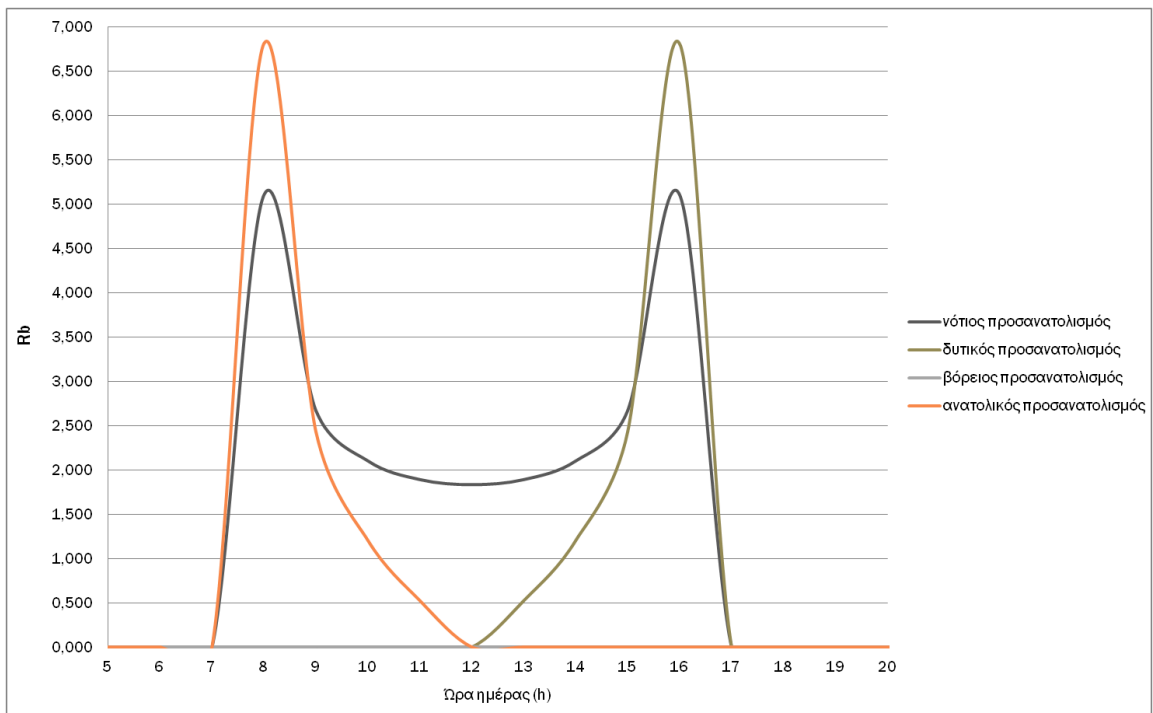
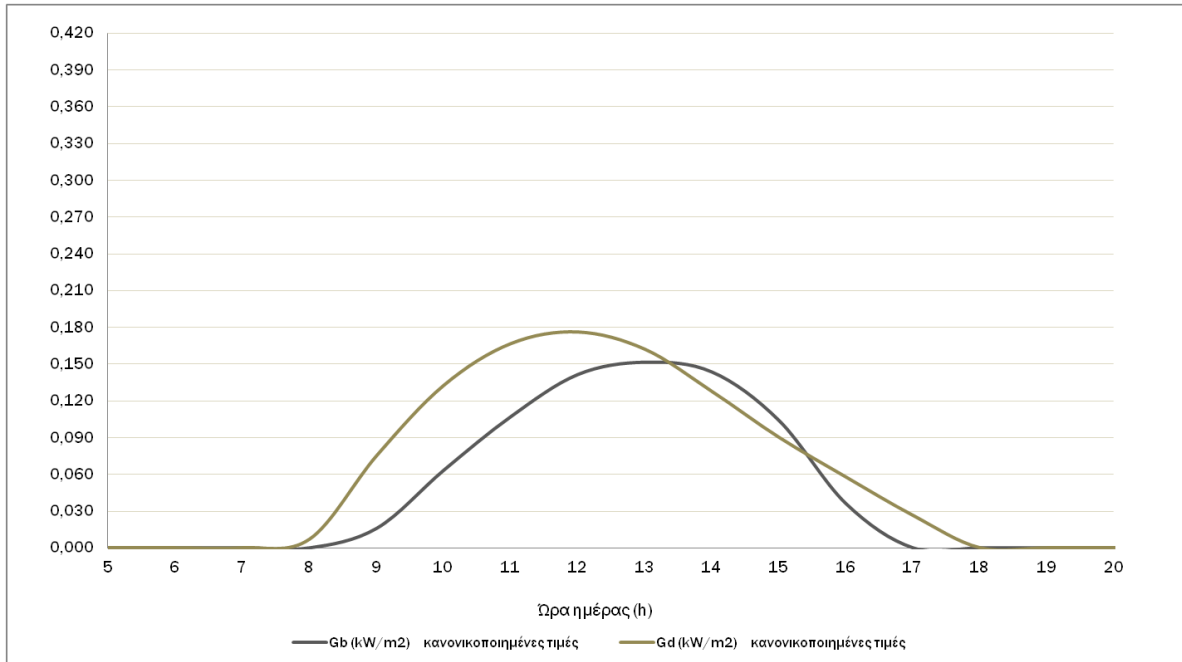
### Παράρτημα Ι – Διαγράμματα Gb, Gd, Rb

21<sup>η</sup> Νοεμβρίου



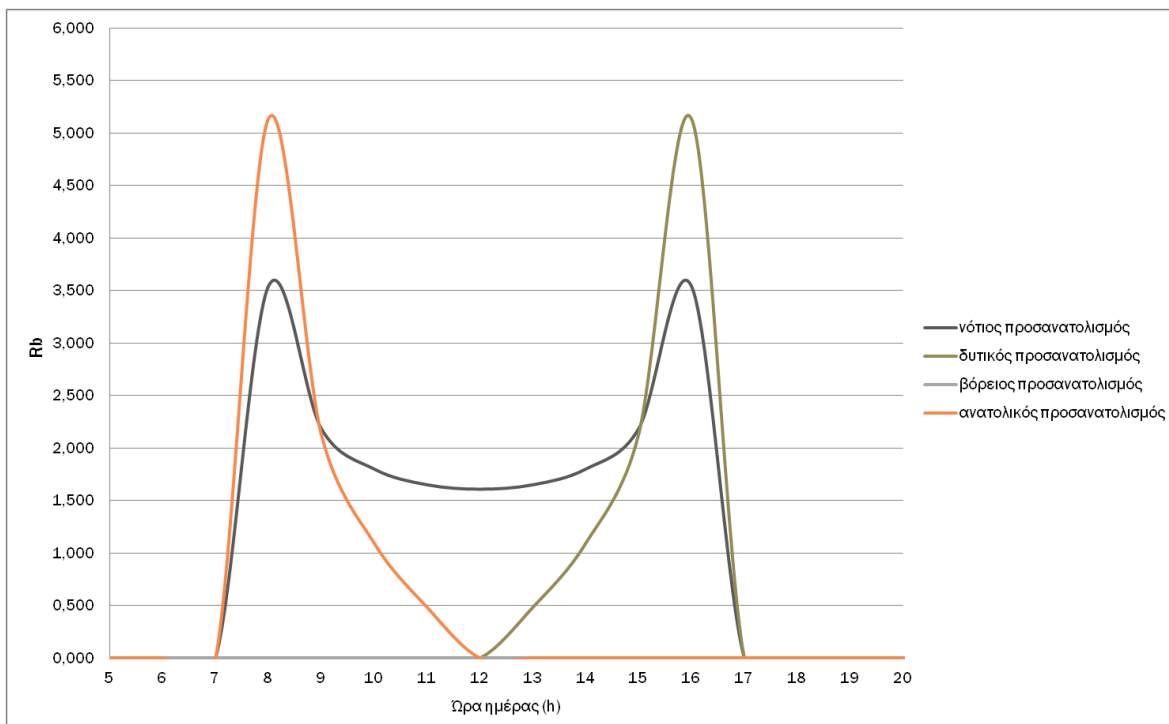
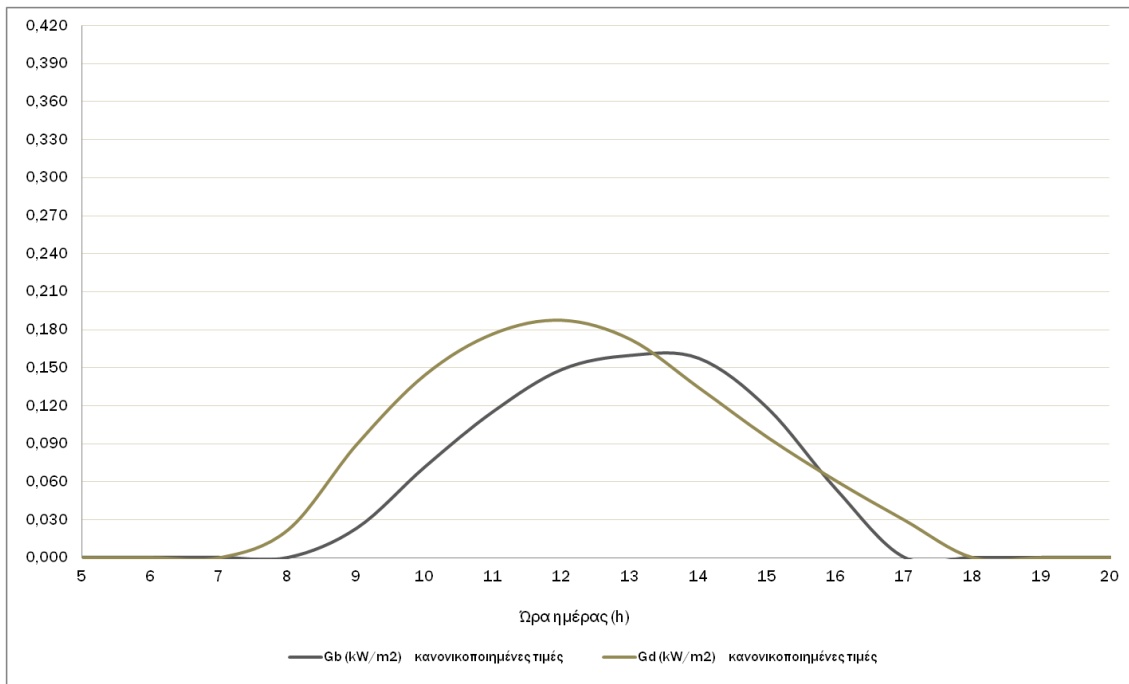
Διάγραμμα 42: Στιγμιαία άμεση και διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου Gb και Gd αντίστοιχα (kW/m<sup>2</sup>) και λόγος άμεσης ακτινοβολίας οριζόντιου προς άμεση ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου Rb. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου.

## 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου



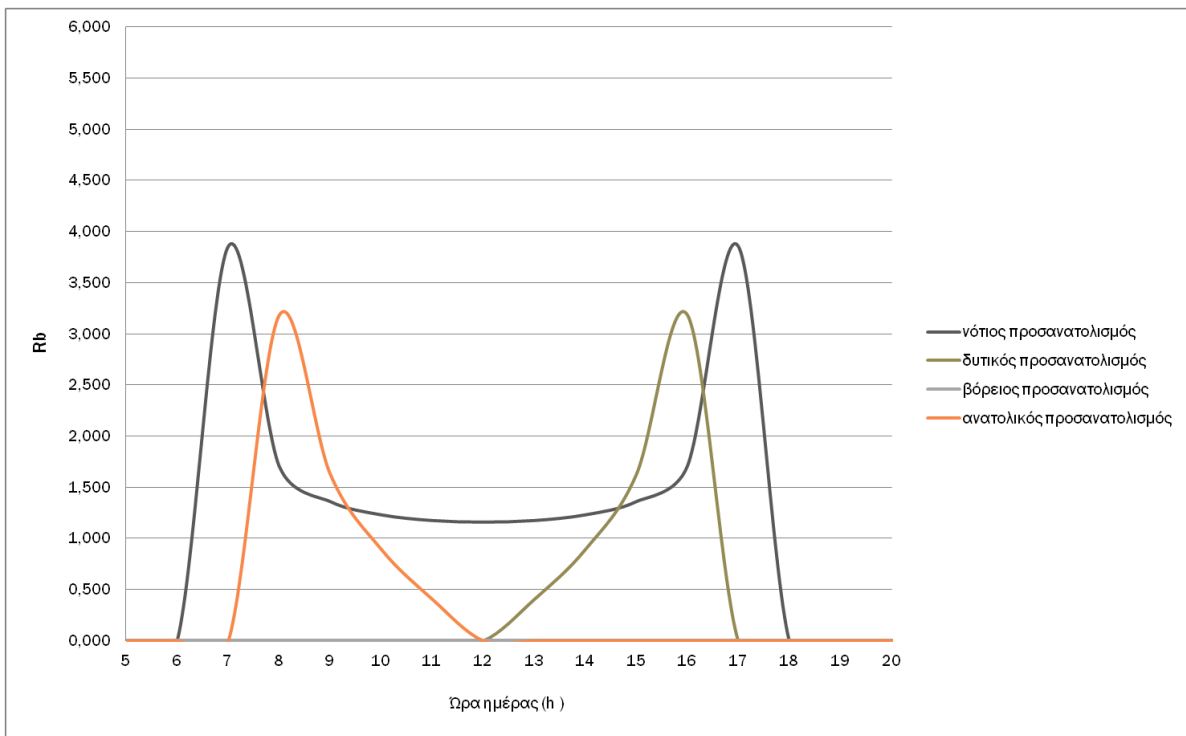
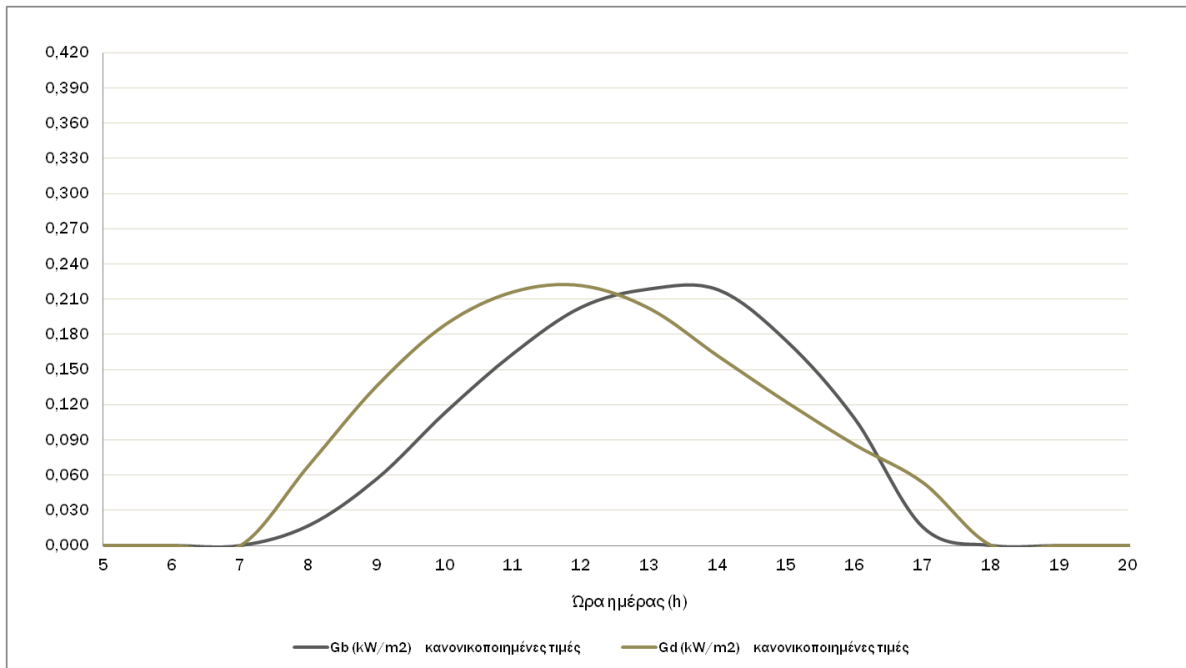
Διάγραμμα 43: Στιγμιαία άμεση και διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου  $G_b$  και  $G_d$  αντίστοιχα ( $\text{kW/m}^2$ ) και λόγος άμεσης ακτινοβολίας οριζόντιου προς άμεση ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου  $R_b$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου.

## 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου



Διάγραμμα 44: Στιγμιαία άμεση και διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου Gb και Gd αντίστοιχα (kW/m<sup>2</sup>) και λόγος άμεσης ακτινοβολίας οριζοντίου προς άμεση ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου Rb. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου.

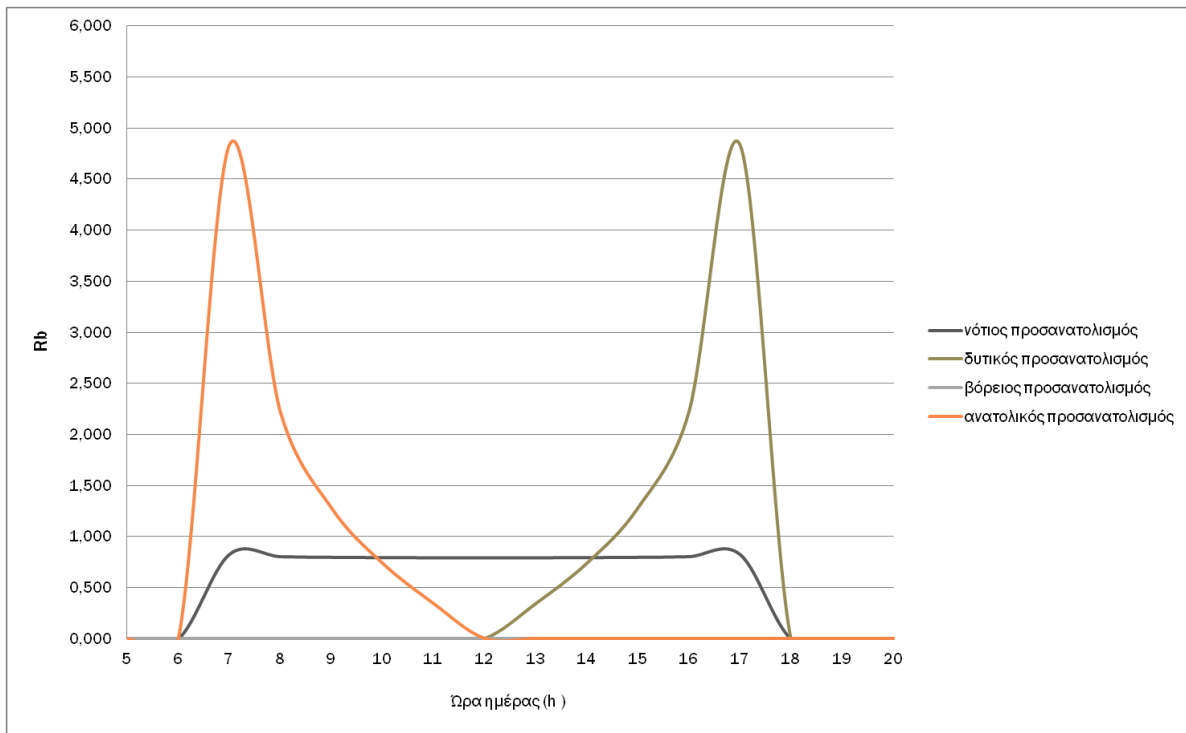
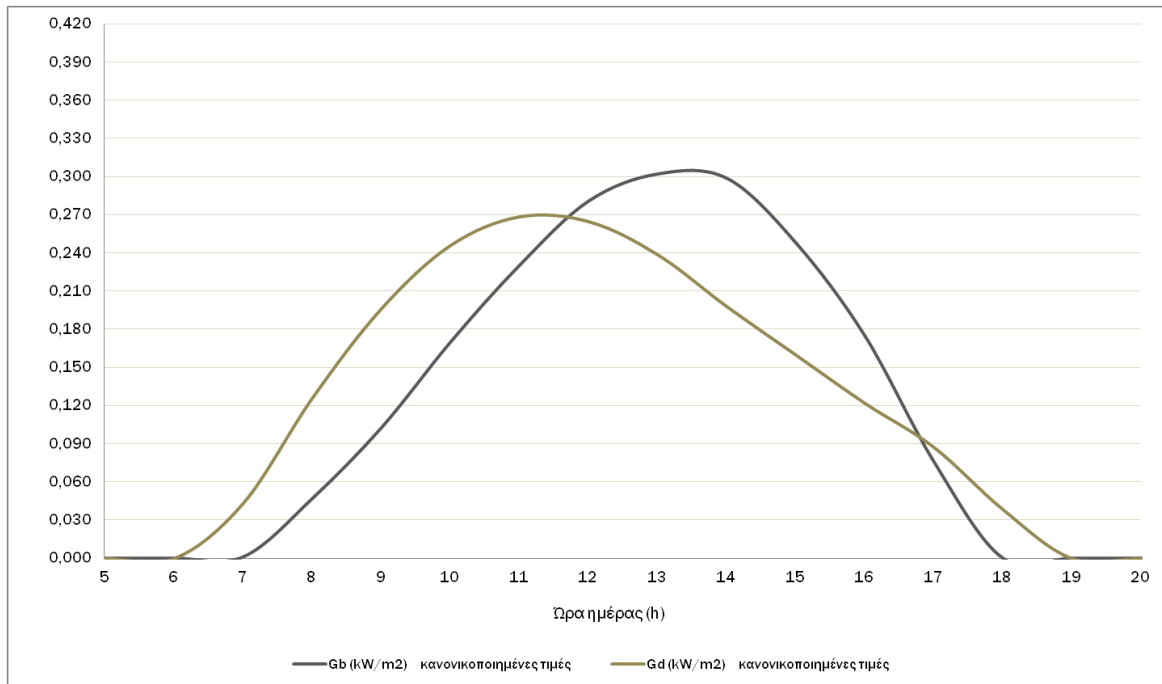
## 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου



Διάγραμμα 45: Στιγμαία άμεση και διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου Gb και Gd αντίστοιχα (kW/m<sup>2</sup>) και λόγος άμεσης ακτινοβολίας οριζοντίου προς άμεση ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου Rb. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου.



## 21<sup>η</sup> Μαρτίου



Διάγραμμα 46: Στιγμαία άμεση και διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου Gb και Gd αντίστοιχα (kW/m<sup>2</sup>) και λόγος άμεσης ακτινοβολίας οριζόντιου προς άμεση ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου Rb. 21<sup>η</sup> Μαρτίου.



# ΕΥΡΕΤΗΡΙΑ

## Ευρετήριο Εικόνων

■ Εικόνα 1: Αποθήκευση αισθητής και λανθάνουσας θερμότητας συναρτήσει της μεταβολής θερμοκρασίας [1].....	17
■ Εικόνα 2: Διάγραμμα αλλαγής φάσης - ενθαλπία τήξεως [1].....	18
■ Εικόνα 3: Κομμάτι στερεού αργού (Ar), με θερμοκρασία τήξεως τους 189,35°C και βρασμού τους 185,85°C, που λόγω της θερμοκρασίας στην οποία εκτίθεται μεταβαίνει πολύ γρήγορα από τη μια φάση στην άλλη. Στην εικόνα διακρίνονται ταυτόχρονα οι τρεις καταστάσεις της ύλης (στερεή, υγρή και αέρια) [1].....	19
■ Εικόνα 4: Ταξινόμηση Υλικών Αλλαγής Φάσης βάσει της χημικής τους σύστασης [9].....	23
■ Εικόνα 5: Σχηματικό διάγραμμα φάσης του νερού (αριστερά) και σχηματικό διάγραμμα φάσης διαλύματος νερού-άλατος (δεξιά) [15] .....	30
■ Εικόνα 6: Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου της υπόψυξης [15].....	31
■ Εικόνα 7: Διάγραμμα θερμοκρασίας - χρόνου στερεοποίησης και τήξης για ιδανικό και για τυπικό ΥΑΦ και παρατήρηση του φαινομένου της υπόψυξης [16].....	32
■ Εικόνα 8: Τεχνικές ενίσχυσης μεταφοράς θερμότητας σε συστήματα ΥΑΦ [15].....	33
■ Εικόνα 9: Παραφίνες της εταιρείας RUBITHERM GmbH, Γερμανία [7].....	37
■ Εικόνα 10: Ένυδρα άλατα της εταιρείας Dorken GmbH & Co. KG/Γερμανία [8].....	37
■ Εικόνα 11: Σχέση ενθαλπίας - θερμοκρασίας κατά την αλλαγή φάσης [23].....	39
■ Εικόνα 12 : Συναρτήσεις ενεργού θερμοχωρητικότητας $c_{p,eff}(T)$ απλού γεωμετρικού σχήματος όπως προέκυψαν μετά από μετρήσεις στο Εργαστήριο Ψύξης και Κλιματισμού του ΕΜΠ [128]. .....	40
■ Εικόνα 13: Μεταβολή της ενεργού θερμοχωρητικότητας με τη διαφορική θερμοκρασία. [27] .....	41
■ Εικόνα 14: Σχηματική απεικόνιση της αρχής μέτρησης ιδιοτήτων ΥΑΦ με τη μέθοδο της θερμοσταθμικής ανάλυσης [29] .....	42
■ Εικόνα 15: Μηχάνημα Θερμοσταθμικής Ανάλυσης [31] .....	43
■ Εικόνα 16: Σχηματική αναπαράσταση κελιού DTA [32].....	44
■ Εικόνα 17: Διάταξη DTA [31].....	45
■ Εικόνα 18: Βελτιωμένη διάταξη DTA [31].....	45
■ Εικόνα 19: Σχηματική απεικόνιση του εξοπλισμού για κάθε ρύθμιση της μεθόδου DSC [34].....	47
■ Εικόνα 20: Σχηματική αναπαράσταση πειραματικής διάταξης μεθόδου T-history σύμφωνα με τους ερευνητές Zhang et.al, 1999 [18].....	48
■ Εικόνα 21: Θερμοκρασιακή «ιστορία» δείγματος υλικού αλλαγής φάσης (με λανθάνουσα θερμότητα) και δείγματος υλικού αναφοράς (με αισθητή θερμότητα) κατά την ψύξη τους έως σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος [18].....	49
■ Εικόνα 22: Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου double-cell [35].....	50

■	Εικόνα 23 : (α) Καμπύλες ψύξεως του ΥΑΦ με την εμπορική ονομασία RT21 (πρώην RT20) [7] και του υλικού αναφοράς WFI (δισαπεσταγμένο νερό) όπως προέκυψαν από μετρήσεις με τη μέθοδο Thermal Delay και (β) καμπύλη θερμοχωρητικότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας $C_{p,eff}(T)$ για το ΥΑΦ RT21 (πειραματικά δεδομένα μετρήσεων και αντίστοιχη αναλυτική προσέγγιση) βάση της μεθόδου Thermal Delay [36].....	51
■	Εικόνα 24: Φαινομενική υστέρηση λόγω μη ισοθερμικών συνθηκών (αριστερά), πραγματική υστέρηση (ιδιότητα υλικού) λόγω υπόψυξης (κέντρο), πραγματική υστέρηση λόγω αργού ρυθμού απελευθέρωσης θερμότητας ή πραγματικής διαφοράς μεταξύ των θερμοκρασιών αλλαγής φάσης (δεξιά) [18] .....	53
■	Εικόνα 25: Γραφική απεικόνιση υπολογισμού της αποθηκευμένης θερμότητας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας σε δοσμένα θερμοκρασιακά διαστήματα [18] .....	54
■	Εικόνα 26: Καθορισμός αποθηκευμένης θερμότητας συναρτήσει της θερμοκρασίας σε γνωστά θερμοκρασιακά διαστήματα και βαθμός υπόψυξης [18] .....	55
■	Εικόνα 27: Συσκευασίες ΥΑΦ για εφαρμογές , μεταλλικές ή πλαστικές, σε διάφορους τύπους και μεγέθη [39] .....	55
■	Εικόνα 28: Τύποι μικροενσωμάτωσης σε κάψουλες [39] .....	56
■	Εικόνα 29: Απεικόνιση της μικροενσωμάτωσης [39].....	57
■	Εικόνα 30: Απεικόνιση σύνθετου υλικού [31] .....	58
■	Εικόνα 31: Κάτοψη πρώτου σπιτιού με ΥΑΦ από τη Δρ. Maria Telkes [9].....	59
■	Εικόνα 32: Το σπίτι που σχεδίασε η Telkes για τους Hodgins και Hoffman [11] .....	61
■	Εικόνα 33: Ενισχυμένο φωτοβολταϊκό στοιχείο [42].....	66
■	Εικόνα 34: ΥΑΦ σε καταλύτη αυτοκινήτου [44] .....	67
■	Εικόνα 35: Το πρώτο τηλέφωνο από την Samsung με ηλιακές μπαταρίες και θήκη που περιέχει ΥΑΦ [47] .....	69
■	Εικόνα 36: Σχηματική παράσταση των επιμέρους στρωμάτων ενός επαναγραφόμενου DVD που περιέχει ΥΑΦ [49] .....	70
■	Εικόνα 37: Συσκευασίες Υλικών Αλλαγής Φάσης που χρησιμοποιούνται σε τηλεπικοινωνιακά κουβούκλια [51] .....	71
■	Εικόνα 38: Αρχή λειτουργίας υφασμάτων ενισχυμένων με ΥΑΦ [54].....	72
■	Εικόνα 39: Προϊόντα για διάφορες αθλητικές δραστηριότητες [55] .....	72
■	Εικόνα 40: Προϊόντα για χρήση από τις ένοπλες δυνάμεις και τα σώματα ασφαλείας [55] .....	73
■	Εικόνα 41: Ειδικές θήκες για μεταφορά αίματος (RUBITHERM) [7].....	73
■	Εικόνα 42: Ειδικό θερμικό μαξιλάρι με PCM για ιατρικές εφαρμογές από τη Rubitherm (αριστερά)[8].....	74
■	Εικόνα 43: Σκίτσο θερμικής προστασίας με μικροκάψουλες αλλαγής φάσης νανοσωματιδίων σε βιολογικό ιστό ενσωματωμένο σε έναν όγκο κατά τη διάρκεια της κρυσταλλογραφικής [56].....	75
■	Εικόνα 44: Κουτιά μεταφοράς με ΥΑΦ για διάφορους σκοπούς [59].....	76

■	Εικόνα 45: Δοχείο μεταφοράς, που μπορεί να διατηρήσει θερμοκρασία $-18^{\circ}\text{C}$ σε θερμοκρασία περιβάλλοντος γύρω στους $20^{\circ}\text{C}$ για 4 ημέρες από va-Q-tec AG (αριστερά). Σύστημα θερμικής διαχείρισης που αναπτύχθηκε από την εταιρεία ACME (δεξιά) [53] .....	77
■	Εικόνα 46: Καροτσάκι μεταφοράς τροφίμων από va-Q-tec (αριστερά) [52] Δοχείο μεταφοράς ζεστών τροφίμων (κέντρο) Δοχείο μεταφοράς παγωτού (δεξιά) [57].....	77
■	Εικόνα 47: Σχηματική αναπαράσταση ηλιακού μαγειρικού σκεύους των Domanski et al [60].....	78
■	Εικόνα 48: Σχηματική απεικόνιση ηλιακού μαγειρικού σκεύους με ΥΑΦ των Buddhi και Sahoo [61].....	79
■	Εικόνα 49: Φάσεις λειτουργίας του τοίχου Trombe κατά τη διάρκεια της ημέρας [62] .....	81
■	Εικόνα 50: Σχηματική παράσταση της λειτουργίας του τοίχου Trombe [62] .....	81
■	Εικόνα 51: Στοιχεία του ηλιακού τοίχου με ενσωματωμένα ΥΑΦ [66] .....	82
■	Εικόνα 52: Εφαρμογή ενισχυμένης γυψοσανίδας σε τοίχο [69] .....	83
■	Εικόνα 53: Εφαρμογή επιχρίσματος με πρόσμιξη μικροκάψουλων ΥΑΦ σε γυψοσανίδα [72] .....	85
■	Εικόνα 54: Διάταξη υγρού συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης [73] .....	86
■	Εικόνα 55: Διάταξη ξηρού συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης [74] .....	86
■	Εικόνα 56: Απεικόνιση ενδοδαπέδιου ηλεκτρικού συστήματος θέρμανσης με πλάκες ΥΑΦ σταθερού σχήματος [81].....	88
■	Εικόνα 57: Κάθετες και οριζόντιες εσωτερικές γρίλιες παραθύρων με ΥΑΦ [75] .....	89
■	Εικόνα 58: Διάταξη ενεργειακά αποδοτικού παραθύρου με ΥΑΦ [75].....	90
■	Εικόνα 59: Κοντινή άποψη της νότιας πρόσοψης των διαμερισμάτων με υαλοπίνακες με ενσωματωμένα Υλικά Αλλαγής Φάσης [72] .....	90
■	Εικόνα 60: Σχηματική απεικόνιση θερμικά ενεργοποιημένου πάνελ οροφής με ΥΑΦ [76] .....	91
■	Εικόνα 61: Έκχυση τσιμέντου με προσμίξεις ΥΑΦ στην οροφή του κτιρίου WILO, στην Ολλανδία [72] .....	92
■	Εικόνα 62: Πειραματική εγκατάσταση του ερευνητή Benard. Αριστερά φαίνεται η αυλή και δεξιά η θερμαινόμενη από τον ήλιο περίφραξη [78].....	93
■	Εικόνα 63: Σχεδιάγραμμα της διάταξης των μελετητών Turnpenny et al. Στο επάνω μέρος φαίνεται η λειτουργία κατά τη διάρκεια της ημέρας ενώ στο κάτω μέρος η λειτουργία κατά τις νυχτερινές ώρες. [79] .....	93
■	Εικόνα 64: Απεικόνιση του συστήματος οροφής με PCM από τους Kodo και Ibamoto [80]. .....	94
■	Εικόνα 65: Σύστημα Free Cooling.....	95
■	Εικόνα 66: Φόρτιση κατά της διάρκεια της νύχτας και απόδοση της αποθηκευμένης θερμότητας κατά τη διάρκεια της μέρας [87].....	96
■	Εικόνα 67: Χώρος εκδηλώσεων και εκθέσεων “Floating pavilion” στην περιοχή του Rijnhaven (Rotterdam), ο οποίος φέρει σύστημα κλιματισμού με ενσωματωμένα ΥΑΦ [72] .....	97
■	Εικόνα 68: Κτίριο γραφείων επιτροπής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ολλανδία, το οποίο φέρει σύστημα κλιματισμού με ενσωματωμένα ΥΑΦ [72] .....	97

■ Εικόνα 69: Φωτογραφία ενός συστήματος θέρμανσης αέρα. (Α) Κατασκευή συλλέκτη και υποσυστημάτων αποθήκευσης ενέργειας και θέρμανσης αέρα. (Β) Θερμαινόμενος χώρος [92]. .....	98
■ Εικόνα 70: Κυλινδρικό δοχείο αποθήκευσης θερμότητας με ΥΑΦ [95].....	100
■ Εικόνα 71: Σχηματική απεικόνιση ηλιακού συστήματος θέρμανσης με ΥΑΦ από τον Kaygusuz [97] .....	100
■ Εικόνα 72: Θερμικά συστήματα αντλιών, εκμεταλλευόμενα τα ηλιακά θερμικά συστήματα αποθήκευσης θερμότητας με PCM. (α) Σύνδεση των 2 συστημάτων σε σειρά και (b) παράλληλα [97].....	102
■ Εικόνα 73: Πειραματικοί οικίσκοι από οπλισμένο σκυρόδεμα με 5% ΥΑΦ, κατασκευασμένοι από το πανεπιστήμιο της Lleida [104].....	103
■ Εικόνα 74: Παραμόρφωση αποτελεσμάτων λόγω του επιλεγμένου τύπου γραφήματος του Microsoft Excel <sup>TM</sup> .....	187
■ Εικόνα 75: Σχηματική παράσταση της τριγωνικής συνάρτησης υπολογισμού της ενεργού θερμοχωρητικότητας $C_{p,eff}(T)$ [126]. .....	218
■ Εικόνα 76: Παραμόρφωση αποτελεσμάτων λόγω του επιλεγμένου τύπου γραφήματος του Microsoft Excel <sup>TM</sup> .....	267

## Ευρετήριο Πινάκων

■ Πίνακας 1: Αλλαγές φάσεων σε θερμοδυναμικά συστήματα [1].....	19
■ Πίνακας 2: Παραδείγματα παραφινών και σακχαρωδών αλκοολών για χρήση ως ΥΑΦ [12].....	25
■ Πίνακας 3: Παραδείγματα λιπαρών οξέων για χρήση ως ΥΑΦ [12] .....	26
■ Πίνακας 4: Παραδείγματα μιγμάτων ανόργανων υλικών για χρήση ως ΥΑΦ [12] .....	28
■ Πίνακας 5: Σύγκριση ιδιοτήτων οργανικών και ανόργανων ΥΑΦ [4] .....	29
■ Πίνακας 6: Εμπορικά Υλικά Αλλαγής Φάσης και κατασκευάστριες εταιρείες. [129].....	35
■ Πίνακας 7: Ιδιότητες ΥΑΦ μετρημένες με τη μέθοδο Thermal Delay [36].....	51

## Ευρετήριο Πινάκων Μελέτης

■ Πίνακας Μελέτης 1: Συντελεστές υπολογισμού στιγμιαίας άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας .....	113
■ Πίνακας Μελέτης 2: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας για την 21η Νοεμβρίου.....	115
■ Πίνακας Μελέτης 3: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας για την 21η Δεκεμβρίου .....	117
■ Πίνακας Μελέτης 4: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας για την 21η Ιανουαρίου.....	119
■ Πίνακας Μελέτης 5: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας για την 21η Φεβρουαρίου .....	121
■ Πίνακας Μελέτης 6: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας για την 21η Μαρτίου .....	123
■ Πίνακας Μελέτης 7: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας για την 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς .....	127

■ Πίνακας Μελέτης 8: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας για την 21 <sup>η</sup> Δεκεμβρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς .....	128
■ Πίνακας Μελέτης 9: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας για την 21 <sup>η</sup> Ιανουαρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς .....	129
■ Πίνακας Μελέτης 10: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας για την 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς .....	130
■ Πίνακας Μελέτης 11: Ωριαίος πίνακας ηλιακής ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας για την 21 <sup>η</sup> Μαρτίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς .....	131
■ Πίνακας Μελέτης 12: Χαρακτηριστικά υπό μελέτη τοιχοποιίας .....	137
■ Πίνακας Μελέτης 13: Ιδιότητες υπό μελέτη ΥΑΦ .....	137
■ Πίνακας Μελέτης 14: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου. ....	139
■ Πίνακας Μελέτης 15: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου. ....	140
■ Πίνακας Μελέτης 16: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου. ....	141
■ Πίνακας Μελέτης 17: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου. ....	142
■ Πίνακας Μελέτης 18: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου.....	143
■ Πίνακας Μελέτης 19: Στατιστικές τιμές Trcm ανά περίπτωση μελέτης. 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου. ....	145
■ Πίνακας Μελέτης 20: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Δεκεμβρίου. ....	148
■ Πίνακας Μελέτης 21: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Δεκεμβρίου. ....	149

- Πίνακας Μελέτης 22: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 150
- Πίνακας Μελέτης 23: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 151
- Πίνακας Μελέτης 24: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 152
- Πίνακας Μελέτης 25: Στατιστικές τιμές Trcm ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου..... 154
- Πίνακας Μελέτης 26: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου. .... 155
- Πίνακας Μελέτης 27: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου. .... 156
- Πίνακας Μελέτης 28: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου. .... 157
- Πίνακας Μελέτης 29: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου. .... 158
- Πίνακας Μελέτης 30: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου..... 159
- Πίνακας Μελέτης 31: Στατιστικές τιμές Trcm ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου. .... 161
- Πίνακας Μελέτης 32: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου. .... 162
- Πίνακας Μελέτης 33: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο



προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της $T_{\text{rcm}}$ . 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου. .....	163
■ Πίνακας Μελέτης 34: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της $T_{\text{rcm}}$ . 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου. .....	164
■ Πίνακας Μελέτης 35: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της $T_{\text{rcm}}$ . 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου. .....	165
■ Πίνακας Μελέτης 36: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της $T_{\text{rcm}}$ . 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου.....	166
■ Πίνακας Μελέτης 37: Στατιστικές τιμές $T_{\text{rcm}}$ ανά περίπτωση μελέτης. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου. ....	168
■ Πίνακας Μελέτης 38: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της $T_{\text{rcm}}$ . 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ..	169
■ Πίνακας Μελέτης 39: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της $T_{\text{rcm}}$ . 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ..	170
■ Πίνακας Μελέτης 40: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμοί Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της $T_{\text{rcm}}$ . 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ....	171
■ Πίνακας Μελέτης 41: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της $T_{\text{rcm}}$ . 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ..	172
■ Πίνακας Μελέτης 42: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της $T_{\text{rcm}}$ . 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ....	173
■ Πίνακας Μελέτης 43: Στατιστικές τιμές $T_{\text{rcm}}$ ανά περίπτωση μελέτης. 21 <sup>η</sup> Μαρτίου.....	175
■ Πίνακας Μελέτης 44: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της $T_{\text{rcm}}$ . 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου.....	178
■ Πίνακας Μελέτης 45: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της $T_{\text{rcm}}$ . 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου. .....	179

- Πίνακας Μελέτης 46: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου..... 180
- Πίνακας Μελέτης 47: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου..... 181
- Πίνακας Μελέτης 48: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. .... 182
- Πίνακας Μελέτης 49: Στατιστικές τιμές  $T_{\text{rcm}}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. .... 184
- Πίνακας Μελέτης 50: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 188
- Πίνακας Μελέτης 51: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 189
- Πίνακας Μελέτης 52: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 190
- Πίνακας Μελέτης 53: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 191
- Πίνακας Μελέτης 54: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 192
- Πίνακας Μελέτης 55: Στατιστικές τιμές ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου..... 194
- Πίνακας Μελέτης 56: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου..... 196
- Πίνακας Μελέτης 57: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό

προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Ιανουαρίου. .....	197
■ Πίνακας Μελέτης 58: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Ιανουαρίου.....	198
■ Πίνακας Μελέτης 59: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Ιανουαρίου.....	199
■ Πίνακας Μελέτης 60: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Ιανουαρίου.....	200
■ Πίνακας Μελέτης 61: Στατιστικές τιμές Trcm ανά περίπτωση μελέτης. 21 <sup>η</sup> Ιανουαρίου. ....	202
■ Πίνακας Μελέτης 62: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου.....	203
■ Πίνακας Μελέτης 63: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου. .....	204
■ Πίνακας Μελέτης 64: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου.....	205
■ Πίνακας Μελέτης 65: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου.....	206
■ Πίνακας Μελέτης 66: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου.....	207
■ Πίνακας Μελέτης 67: Στατιστικές τιμές Trcm ανά περίπτωση μελέτης. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου. ....	209
■ Πίνακας Μελέτης 68: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της cpeff μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21 <sup>η</sup> Μαρτίου.....	210

- Πίνακας Μελέτης 69: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου. ...211
- Πίνακας Μελέτης 70: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου. .... 212
- Πίνακας Μελέτης 71: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου. .... 213
- Πίνακας Μελέτης 72: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου. .... 214
- Πίνακας Μελέτης 73: Στατιστικές τιμές  $T_{\text{rcm}}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου. .... 216
- Πίνακας Μελέτης 74: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. .... 221
- Πίνακας Μελέτης 75: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. .... 222
- Πίνακας Μελέτης 76: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. .... 223
- Πίνακας Μελέτης 77: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. .... 224
- Πίνακας Μελέτης 78: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. 225
- Πίνακας Μελέτης 79: Στατιστικές τιμές  $T_{\text{rcm}}$  ανά περίπτωση μελέτης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. .... 227
- Πίνακας Μελέτης 80: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 228
- Πίνακας Μελέτης 81: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 229



και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου. ....	247
■ Πίνακας Μελέτης 97: Στατιστικές τιμές $T_{\text{rcm}}$ ανά περίπτωση μελέτης. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου. ....	249
■ Πίνακας Μελέτης 98: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ....	250
■ Πίνακας Μελέτης 99: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ....	251
■ Πίνακας Μελέτης 100: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ....	252
■ Πίνακας Μελέτης 101: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ....	253
■ Πίνακας Μελέτης 102: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στο νότιο και βόρειο προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ....	254
■ Πίνακας Μελέτης 103: Στατιστικές τιμές $T_{\text{rcm}}$ ανά περίπτωση μελέτης. 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ....	256
■ Πίνακας Μελέτης 104: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου. ....	259
■ Πίνακας Μελέτης 105: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου. ....	260
■ Πίνακας Μελέτης 106: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου. ....	261
■ Πίνακας Μελέτης 107: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου. ....	262
■ Πίνακας Μελέτης 108: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της $c_{\text{reff}}$ μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου. ....	263
■ Πίνακας Μελέτης 109: Στατιστικές τιμές $T_{\text{rcm}}$ ανά περίπτωση μελέτης. 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου. ....	265
■ Πίνακας Μελέτης 110: Ενδεικτικός συγκριτικός πίνακας προκυπτουσών $T_{\text{rcm}}$ με χρήση δύο διαφορετικών σχέσεων (πολυωνυμικές συναρτήσεις και τριγωνική συνάρτηση) για τον υπολογισμό της $c_{\text{reff}}$ . ....	266





ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της c <sub>peff</sub> μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου. .....	282
■ Πίνακας Μελέτης 124: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της c <sub>peff</sub> μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου.....	283
■ Πίνακας Μελέτης 125: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της c <sub>peff</sub> μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου. .....	284
■ Πίνακας Μελέτης 126: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της c <sub>peff</sub> μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου. .....	285
■ Πίνακας Μελέτης 127: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της c <sub>peff</sub> μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου.....	286
■ Πίνακας Μελέτης 128: Στατιστικές τιμές Tr <sub>scm</sub> ανά περίπτωση μελέτης. 21 <sup>η</sup> Φεβρουαρίου. ....	288
■ Πίνακας Μελέτης 129: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της c <sub>peff</sub> μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ....	290
■ Πίνακας Μελέτης 130: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της c <sub>peff</sub> μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Μαρτίου.....	291
■ Πίνακας Μελέτης 131: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της c <sub>peff</sub> μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Μαρτίου.....	292
■ Πίνακας Μελέτης 132: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της c <sub>peff</sub> μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ....	293
■ Πίνακας Μελέτης 133: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακας στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Υπολογισμός της c <sub>peff</sub> μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ....	294
■ Πίνακας Μελέτης 134: Στατιστικές τιμές Tr <sub>scm</sub> ανά περίπτωση μελέτης. 21 <sup>η</sup> Μαρτίου. ....	296
■ Πίνακας Μελέτης 135: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της c <sub>peff</sub> μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της Tr <sub>scm</sub> . 21 <sup>η</sup> Νοεμβρίου.....	298



- Πίνακας Μελέτης 136: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. .... 299
- Πίνακας Μελέτης 137: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου..... 302
- Πίνακας Μελέτης 138: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 303
- Πίνακας Μελέτης 139: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου..... 306
- Πίνακας Μελέτης 140: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου..... 307
- Πίνακας Μελέτης 141: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου. .... 310
- Πίνακας Μελέτης 142: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου..... 311
- Πίνακας Μελέτης 143: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcm. 21<sup>η</sup> Μαρτίου. .... 314
- Πίνακας Μελέτης 144: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου..... 315
- Πίνακας Μελέτης 145: Στατιστικές τιμές της ενεργού θερμοχωρητικότητας, ανά μήνα μελέτης, υπολογισμένης βάσει των πολυωνυμικών συναρτήσεων της θερμοκρασίας του ΥΑΦ και της τριγωνικής συνάρτησης. .... 318
- Πίνακας Μελέτης 146: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με

- (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{peff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcst. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου..... 321
- Πίνακας Μελέτης 147: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{peff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. .... 322
  - Πίνακας Μελέτης 148: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{peff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcst. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 325
  - Πίνακας Μελέτης 149: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{peff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 326
  - Πίνακας Μελέτης 150: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{peff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcst. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου..... 329
  - Πίνακας Μελέτης 151: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{peff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου..... 330
  - Πίνακας Μελέτης 152: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{peff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcst. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου. .... 333
  - Πίνακας Μελέτης 153: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{peff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου..... 334
  - Πίνακας Μελέτης 154: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{peff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της Trcst. 21<sup>η</sup> Μαρτίου. .... 337
  - Πίνακας Μελέτης 155: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 και αντίστοιχη ενεργός θερμοχωρητικότητα σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση, με (ΜΣΜ) και χωρίς (ΧΣΜ) στρώμα μόνωσης για όλους τους συνδυασμούς προσανατολισμών υαλοπινάκων. Υπολογισμός της  $c_{\text{peff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου..... 338
  - Πίνακας Μελέτης 156: Στατιστικές τιμές της ενεργού θερμοχωρητικότητας, ανά μήνα μελέτης, υπολογισμένης βάσει των πολυωνυμικών συναρτήσεων της θερμοκρασίας του ΥΑΦ και της τριγωνικής συνάρτησης. .... 341

## Ευρετήριο Διαγραμμάτων

- **Διάγραμμα 1:** Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία  $G_t$  για την 21η Νοεμβρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς ..... 116
- **Διάγραμμα 2:** Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία  $G_t$  για την 21η Δεκεμβρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς ..... 118
- **Διάγραμμα 3:** Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία  $G_t$  για την 21η Ιανουαρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς ..... 120
- **Διάγραμμα 4:** Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία  $G_t$  για την 21η Φεβρουαρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς ..... 122
- **Διάγραμμα 5:** Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία  $G_t$  για την 21η Μαρτίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς ..... 124
- **Διάγραμμα 6:** Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας  $G_{ot}$  για την 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς..... 127
- **Διάγραμμα 7:** Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας  $G_{ot}$  για την 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς..... 128
- **Διάγραμμα 8:** Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας  $G_{ot}$  για την 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς..... 129
- **Διάγραμμα 9:** Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας  $G_{ot}$  για την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς ..... 130
- **Διάγραμμα 10:** Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας  $G_{ot}$  για την 21<sup>η</sup> Μαρτίου και τους τέσσερις κύριους προσανατολισμούς..... 131
- **Διάγραμμα 11:** Άμεσος ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου  $G_b$  ( $kW/m^2$ ) και λόγος  $R_b$  της άμεσου ακτινοβολίας κεκλιμένου επιπέδου προς την άμεσο ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου για τον ανατολικό και τον δυτικό προσανατολισμό κατά την 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. .... 132
- **Διάγραμμα 12:** Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21η Νοεμβρίου..... 144
- **Διάγραμμα 13:** Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου..... 153
- **Διάγραμμα 14:** Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{p,eff}$  μέσω πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{rcm}$ . 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου..... 160
- **Διάγραμμα 15:** Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα



- Διάγραμμα 26: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου. .... 255
- Διάγραμμα 27: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. .... 264
- Διάγραμμα 28: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 273
- Διάγραμμα 29: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου. .... 280
- Διάγραμμα 30: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου. .... 287
- Διάγραμμα 31: Ωριαία θερμοκρασία στρώματος ΥΑΦ RT21 σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου. .... 295
- Διάγραμμα 32: Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα) .... 300
- Διάγραμμα 33: Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα) .... 304
- Διάγραμμα 34: Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα) .... 308
- Διάγραμμα 35: Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της

- $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα) ..... 312
- **Διάγραμμα 36:** Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Νότο και Βορρά. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο νότιο, το βόρειο ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα) ..... 316
  - **Διάγραμμα 37:** Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα) ..... 323
  - **Διάγραμμα 38:** Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα) ..... 327
  - **Διάγραμμα 39:** Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα)..... 331
  - **Διάγραμμα 40:** Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα)..... 335
  - **Διάγραμμα 41:** Θερμοχωρητικότητα ΥΑΦ RT21 συναρτήσει της θερμοκρασίας του, σε τοιχοποιία ενδιάμεση δύο δωματίων διατεταγμένων κατά Ανατολή και Δύση. Τοιχοποιία ΜΣΜ (με στρώμα μόνωσης) ή ΧΣΜ (χωρίς στρώμα μόνωσης). Υαλοπίνακες στο ανατολικό, το δυτικό ή και στα δύο δωμάτια. Υπολογισμός της  $c_{\text{reff}}$  μέσω των πολυωνυμικών συναρτήσεων της  $T_{\text{rcm}}$  και της τριγωνικής συνάρτησης. 21<sup>η</sup> Μαρτίου. (συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα) ..... 339
  - **Διάγραμμα 42:** Στιγμιαία άμεση και διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου  $G_b$  και  $G_d$  αντίστοιχα ( $\text{kW}/\text{m}^2$ ) και λόγος άμεσης ακτινοβολίας οριζόντιου προς άμεση ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου  $R_b$ . 21<sup>η</sup> Νοεμβρίου..... 345
  - **Διάγραμμα 43:** Στιγμιαία άμεση και διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου  $G_b$  και  $G_d$  αντίστοιχα ( $\text{kW}/\text{m}^2$ ) και λόγος άμεσης ακτινοβολίας οριζόντιου προς άμεση ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου  $R_b$ . 21<sup>η</sup> Δεκεμβρίου. .... 346
  - **Διάγραμμα 44:** Στιγμιαία άμεση και διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου  $G_b$  και  $G_d$  αντίστοιχα ( $\text{kW}/\text{m}^2$ ) και λόγος άμεσης ακτινοβολίας οριζόντιου προς άμεση ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου  $R_b$ . 21<sup>η</sup> Ιανουαρίου..... 347

- Διάγραμμα 45: Στιγμιαία άμεση και διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου  $G_b$  και  $G_d$  αντίστοιχα ( $kW/m^2$ ) και λόγος άμεσης ακτινοβολίας οριζόντιου προς άμεση ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου  $R_b$ . 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου..... 348
- Διάγραμμα 46: Στιγμιαία άμεση και διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου  $G_b$  και  $G_d$  αντίστοιχα ( $kW/m^2$ ) και λόγος άμεσης ακτινοβολίας οριζόντιου προς άμεση ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου  $R_b$ . 21<sup>η</sup> Μαρτίου..... 349





## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Incropera F.P., DeWitt D.P., «Introduction to Heat Transfer», John Wiley and Sons Publishing Co., New York, 1990
- [2] Χ. Τζιβανίδης, Λέκτορας Ε. Μ. Πολυτεχνείου, Σημειώσεις Ε.Μ.Π, σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, «Σημειώσεις για το μάθημα Θερμική Συμπεριφορά Κτιρίων», Μάιος 2006
- [3] Sharma A et al. Review on thermal energy storage with phase change materials and application, Renew Sustain Energy Rev, 2008.
- [4] A. Felix Regin, S.C. Solanki, J.S. Saini. Heat transfer characteristics of thermal energy storage system using PCM capsules:A review; 2007.
- [5] Belen Zalba, Jose Marin, Luisa F. Cabeza, Harald Mehling. Review on thermal energy storage with phase change: materials heat transfer analysis and applications,2002.
- [6] A. Pasupathy, R. Velraj, R.V. Seeniraj. Phase change material- based building architecture for thermal management in residential and commercial establishment;2006.
- [7] [www.rubitherm.de](http://www.rubitherm.de)
- [8] [www.doerken.de](http://www.doerken.de)
- [9] Lane, G.A., Solar Heat Storage: Latent Heat Materials Volume I: Background and Scientific Principles. Vol. I. 1983, Florida: CRC Press, Inc.
- [10] Tomlinson.J, New Materials for Thermal Storage, Oak Ridge National Laboratory, No.4, Tennessee, USA, 1989
- [11] Lane G.A., Solar Heat Storage, Latent Heat Materials, Vol. II, CRC Press, USA, 1983
- [12] Halime O. Paskoy, “Thermal Energy Storage for Sustainable Energy Consumption-Fundamentals, Case Studies and Design”, NATO Science Series, Springer publications (2007)
- [13] Ghoneim.A.A. & Klein.S.A, Phase Change Materials Analysis, Solar Energy, Vol.47, No.3., 1991
- [14] Mohammed M. Farid, Amar M. Khudhair, Siddique Ali K. Razack, Said Al-Hallaj, –A review on phase change energy storage: materials and applications|| , Energy Conversion and Management 45 (2004) 1597-1615

- [15] Francis Agyenim, Neil Hewitt, Philip Eames, Mervyn Smyth, —A review of materials, heat transfer and phase change problem formulation for latent heat thermal energy storage systems (LHTESS)|| , Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 615-628.
- [16] Ρίζος Νικόλαος, Διπλωματική εργασία : Προσδιορισμός θέσης διεπιφάνειας στερεού-υγρού, σε Υλικό Αλλαγής Φάσης με το εμπορικό πακέτο Fluent,Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2009
- [17] Ruben Baetens, Bjørn Petter Jelle, Arild Gustavsen, Phase change materials for building applications: A state - of -the - art review, Energy and Buildings, 42 (2010) 1361 - 1368
- [18] Harald Mehling, Luisa F. Cabeza: Heat and cold storage with PCM: an up to date introduction into basics and applications, Springer, New York, 2008
- [19] Piia Lamberg , Reijo Lehtiniemi ,Anna-Maria Henell , Numerical and experimental investigation of melting and freezing processes in phase change material storage , Received 4 March 2003; accepted 2 July 2003.
- [20] E. Günther, S. Hiebler, H. Mehling , MEASUREMENT OF THE ENTHALPY OF PCM. and PCM - objects as a function of temperature, Bavarian Center for Applied Energy Research (ZAE Bayern), 25 Απριλίου 2011.
- [21] Yvan Dutil, Daniel R. Rousse, Nizar Ben Salah, Stephane Lassue, Laurent Zalewski, A review on phase-change materials: Mathematical modeling and simulations, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15 (2011) 112 - 130
- [22] Piia Lamberg, Approximate analytical model for two-phase solidification problem in a finned phase-change material storage, Applied Energy, 77 (2004) 131-152
- [23] Elena Palomo del Barrio , Jean-Luc Dauvergne, A non-parametric method for estimating enthalpy-temperature functions of shape-stabilized phase change materials.
- [24] José MMarín, Belén Zalba, Luisa F Cabeza and Harald Mehling, Determination of enthalpy-temperature curves of phase change materials with the temperature-history method: improvement to temperature dependent properties, Published 7 January 2003
- [25] Robert Cerny, Jan Toman, Jaroslav Sestak, Measuring the effective specific heat of building materials, Department of Physics, Faculty of civil Engineering, Czech Technical University, Institute of Physics of the Academy of Sciences of the Czech Republic, Available online 12 December 1998.
- [26] K. Darkwa, P.W. O'Callaghan, Simulation of phase change drywalls in a passive solar building, School of the Built Environment, The Applied Energy and Environmental Engineering Group, Nottingham Trent University, Available online 18 November 2005

- [27] Haitian Yang, Yiqian He, Solving heat transfer problems with phase change via smoothed effective heat capacity and element-free Galerkin methods, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 37 (2010) 385–392
- [28] Liu Z., Chung D.D.L., Calorimetric evaluation of phase change materials for use as thermal interface materials, *Thermochimica Acta*, 366, 2001
- [29] <http://www.itc.tu-bs.de/Abteilungen/Makro/Methods/dsc.htm>
- [30] R.P.W.Scott. Physical Chemistry resources
- [31] Μούτσικα Αγγελική, Διπλωματική εργασία: Παραμετρική μελέτη ηλιακών ενδοδαπέδιων συστημάτων με χρήση Υλικών Αλλαγής Φάσης (PCM) στην περιοχή της Αθήνας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2013
- [32] H.K.D.H. Bhadeshia, "Thermal Analysis Techniques", University of Cambridge, Materials Science & Metallurgy.
- [33] Πίσσης Π., Παπαδημητρίου Δ., Μέθοδοι χαρακτηρισμού υλικών, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2002
- [34] <http://materials.npl.co.uk/matsol/thermal.html>
- [35] Shapiro M., Development of the properties of phase change materials. Subcontract report to Florida Solar Energy Center 1989
- [36] E.D. Kravvaritis, K.A. Antonopoulos, C. Tzivanidis, Experimental determination of the effective thermal capacity function and other thermal properties for various phase change materials using the thermal delay method, *Applied Energy* 88 (2011) 4459–4469
- [37] Pablo Arce Maldonado: Application of passive thermal energy storage in buildings using PCM and awnings
- [38] V.V. Tyagi, S.C. Kaushik, S.K. Tyagi, T. Akiyama: Development of phase change materials based microencapsulated technology for buildings: A review
- [39] <http://www.authorstream.com/>
- [40] <http://freespace.virgin.net/m.eckert/index.htm>
- [41] Ming Jun Huang, The effect of using two PCMs on the thermal regulation performance of BIPV systems.
- [42] M.J. Huang, P.C. Eames, B. Norton, Phase change materials for limiting temperature rise in building integrated photovoltaics.
- [43] L. Vasiliev, V. Burak, Latent storage modules for preheating internal combustion petrol engines, *Applied Engineering*, Vol 20.

- [44] The National Renewable Energy Laboratory, U.S. Department of Energy, Keeping the Heat on Cold-Start Emissions.
- [45] F.L.Tan, C.P.Tso, Cooling of mobile electronic devices using phase change materials.
- [46] G.Setoh, F.L.Tan, S.C.Fok, Experimental studies on the use of a phase change material for cooling mobile phones.
- [47] <http://www.goodcellphonereviews.com/samsung-blue-earth-solar-powered-mobile/>
- [48] Greg Atwood, Phase-Change Materials for Electronic Memories,
- [49] <http://www.powerdatarecovery.com/cd-dvd-resources/recordable-cd.html>
- [50] A. Shanmuga Sundaram, R.V. Seeniraj, R. Velraj: An experimental investigation on passive cooling system comprising phase change material and two-phase closed thermosyphon for telecom shelters in tropical and desert regions.
- [51] Abdel-Kader Darwiche, Samivullah Shaik: Air conditioning remote telecom enclosures.
- [52] Anthony P. Cosentino: Thermal Management of Telecommunications Batteries using Phase Change Materials (PCM) Jacket TM.
- [53] Harald Mehling, Luisa F. Cabeza, "Heat and cold storage with PCM. An up to date introduction into basics and applications", Springer Berlin Heidelberg publications (2008).
- [54] Belen Zalba, Jose Marina, Luisa F. Cabeza, Harald Mehling, « Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications », October 2002.
- [55] <http://www.outlast.com>
- [56] Yonggang Lv, Yang Zou, Li Yang: Feasibility study for thermal protection by microencapsulated phase change micro/nanoparticles during cryosurgery.
- [57] Andreas Hauer, Harald Mehling, Peter Schossig, Motoi Yamaha, Luisa Cabeza, Viktoria Martin, Fredrik Setterwall: Advanced Thermal Energy Storage through Phase Change Materials and Chemical Reactions – Feasibility Studies and Demonstration projects.
- [58] D. Mondieig, F. Rajabalee, Protection of temperature sensitive biomedical products using pcm, Transfusion and Aphaeresis science, Vol 28.
- [59] P. Espeau, D. Mondieig, 'Active Package' for thermal protection of food products, Packing Technology and Science, Vol 10.

- [60] R. Domanski, AA El-Sebaii, M. Jaworski, "Cooking during off-sunshine hours using PCMs as storage media", *Energy* 1995; 20(7): 607–616.
- [61] D. Buddhi, LK. Sahoo, "Solar cooker with latent heat storage: design and experimental testing", *Energy Convers Manage* 1997; 38(5): 493–498.
- [62] Vineet Veer Tyagi, D. Buddhi, Thermal Energy Storage Laboratory, School Of Energy and Environmental Studies, Faculty of Engineering Science, Devi Ahilya University, India, 2004.
- [63] Bourdeau LE, Study of two passive solar systems containing phase change materials for thermal storage, In: Hayes J, Snyder R, editors *Proceedings of the fifth national passive solar conference 19-26 October*, American Solar Energy Society, 1980.
- [64] Buddhi D, Sharma SD, Measurements of Transmittance of Solar Radiation through stearic acid : latent heat storage material, *Energy Convers Manage*, 1990.
- [65] V.V. Tyagi, D. Buddhi, "PCM thermal storage in buildings: A state of art", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2007; 11: 1146-1166.
- [66] Stritih U, Novak P, Thermal storage of solar energy in the wall for building ventilation. Second workshop IEA, Advanced thermal energy storage techniques feasibility studies and demonstration projects , Ljubjana, Slovenia, April 2002).
- [67] A.Pasupathy, R.Velraj, Department of Mechanical Engineering, Anna Venkateswara College of Engineering, Sriperumpudur, Tamilandu, India, Phase change material-based building architecture for thermal management in residential and commercial establishments.
- [68] Peippo K, Kauranen P, Lund PD, Multicomponent PCM wall optimized for passive solar heating, *Energy and Buildings*, 1991.
- [69] Feustel HE, Stetiu C., Thermal performance of phase change wallboard for residential cooling application, Lawrence Berkeley National laboratory, 1997.
- [70] Neeper DA, Thermal dynamics of wallboard with latent heat storage, *Solar Energy*, 2000.
- [71] Kissok JK, Hannig JM, Whitney TI, Drake ML, Testing and simulation of phase change wallboard for thermal storage in buildings, *Proceedings of 1998 international solar energy conference*, New York ,USA , 1998.
- [72] N. Παπαμανώλης, Εφαρμογές των Υλικών Αλλαγής Φάσης στα Κτίρια, <http://www.econ3.gr>, access date 23 Φεβρουαρίου 2013.
- [73] K. Lin, Y. Zhang, Experimental study of under-floor electric heating system, with shape- stabilized PCM plates, *Energy and Buildings*, Vol 37.

- [74] K. Nagano, S. Tadeka, study of a floor supply air conditioning system using granular phase change material to augment building thermal storage, *Energy and Buildings*, Vol 38.
- [75] JM Gutherz, ME Schiler, “A passive solar heating system for the perimeter zone of office buildings”, *Energy Sources* 1991; 13: 39–54.
- [76] Markus Koschenz, Beat Lehmann., Development of a thermally activated ceiling panel with PCM for application in lightweight and retrofitted buildings. *Energy Build* 2004;36:567–78.
- [77] Bruno Frank, “Phase change material for space heating and cooling”, Sustainable Energy Centre: University of South Australia; Presentation 2002.
- [78] C. Benard, D. Gobin, M. Gutierrez, “Experimental results of a latent heat solar roof used for breeding chickens”, *Solar Energy* 1981; 6(4): 347–54.
- [79] JR Turnpenny, DW Etheridge, DA Reay, “Noval ventilation cooling system for reducing air conditioning in buildings”, Part I: Testing and theoretical modelling, *Appl. Therm. Engineering* 2000; 20: 1019–37.
- [80] T. Kodo, T. Ibamoto, “Research on using the PCM for ceiling board”, IEA ECESIA, Annex 17, 3rd workshop, Tokyo, Japan. October 1–2, 2002
- [81] Kunping Lin, Yinping Zhang, Xu Xu , Hongfa Di, Rui Yang, Penghua Qin, Experimental study of under-floor electric heating system with shape-stabilized PCM plates.
- [82] Farid MM, Chen XD. Domestic electrical space heating with heat storage. *Proc Inst Mech Eng A: J Power Energy* 1999;213(2):83–92.
- [83] Farid MM, Kong WJ. Underfloor heating with latent heat storage. *Proc Inst Mech Eng A: J Power Energy* 2001;215(5):601–9.
- [84] Arkar C, Medved S., Enhanced solar assisted building ventilation system using sphere encapsulated PCM thermal heat storage, Advanced thermal energy storage techniques feasibility studies and demonstration projects 2nd workshop, April 2002, Ljubliana Slovenia.
- [85] Na Zhu, Zhenum Ma, Shengwei Wang, Dynamic characteristics and energy performance of buildings using phase change materials.
- [86] Zalba B., Martin JM., Sanchez-Valverde B., Cabeza LF., Free Cooling. An application of PCMs in TES proceedings of the third workshop of IEA ECES IA Annex 17, Tokyo , Japan, 2002.
- [87] Wakilatojjar S., Saman M., Domestic heating and cooling with thermal storage. Eight international conference on thermal energy storage , Stuttgart, Germany, 2000 .

- [88] M. Telkes, E. Raymond, "Storing solar heat in chemicals - a report on the Dover house", *Heat Vent* 1949; 46(11): 80-6.
- [89] J.J. Jurinak, SI Abdel-Khalik, "Properties optimization for phase change energy storage in air-based solar heating systems", *Sol Energy* 1978; 21(5): 377-83.
- [90] J.J. Jurinak, SI Abdel-Khalik, "Sizing phase change energy storage units for air-based solar heating systems", *Sol Energy* 1979; 22(4): 355-9.
- [91] D.J. Morrison, SI Abdel-Khalik, "Effect phase change energy storage on the performance of air-based and liquid-based solar heating systems", *Sol Energy* 1998; 20(1): 57-67.
- [92] S.O. Enibe, "Performance of a natural circulation solar air heating system with phase change material energy storage", *Renew Energy* 2002; 27: 69-86.
- [93] J. Prakash, HP Garg, G. Datta, "A solar water heater with a built-in latent heat storage", *Energy Convers Manage* 1985; 25(1): 51-56.
- [94] NK Bansal, D. Buddhi, "An analytical study of a latent heat storage system in a cylinder", *Solar Energy* 1992; 33(4): 235-242.
- [95] PBL. Chaurasia, "Phase change material in solar water heater storage system", In: *Proceedings of the 8th international conference on thermal energy storage*; 2000.
- [96] K. Kaygusuz, "Performance of solar-assisted heat-pump system", *Appl. Energy* 1995; 51: 93-109.
- [97] Murat Kenisarin, Khamid Mahkamov, "Solar energy storage using phase change materials", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2007; 11: 1913-1964.
- [98] M. Esen, T. Ayhan, "Development of a model compatible with solar assisted cylindrical energy storage tank and variation of stored energy with time for different phase change materials", *Energy Convers Manage* 1996; 37: 1775-1784.
- [99] M. Esen, A. Durmus, "Geometric design of solar-aided latent heat store depending on various parameters and phase change materials", *Sol. Energy* 1998; 62(1): 19-28.
- [100] M. Esen, "Thermal performance of a solar-aided latent heat store used for space heating by heat pump", *Sol Energy* 2000; 69(1): 15-24.
- [101] K. Kaygusuz, "Combined solar heat pump system for residential heating - part 1: experimental results", *Int. J. Energy Res* 1999; 23: 1213-1223.
- [102] K. Kaygusuz, "Experimental and theoretical investigation of latent heat storage for water based solar heating systems", *Energy Convers Manage* 1995; 36(5): 315-323.

- [103] K. Kaygusuz, "Phase change energy storage for solar heating systems", *Energy Source* 2003; 25: 791–807.
- [104] Manuel Ibanez, Ana Lazaro, Belen Zalba, Luisa F. Cabeza, An approach to the simulation of PCMs in building applications using TRNSYS.
- [105] A. Pasupathy, R. Velraj, Effect of double layer phase change material in building roof for year round thermal management.
- [106] Κλειώ Ν. Αξαρχλή, Γενικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού, Θεσσαλονίκη Μάρτιος 2009, 1-13.
- [107] C.A. Balaras, The role of thermal mass on the cooling load of buildings. An overview of computational methods Ιούνιος 1995,1.
- [108] Junli Zhou , Guoqiang Zhang a, Yaolin Lin , Yuguo Li, Coupling of thermal mass and natural ventilation in buildings, *Energy and Buildings*, volume 40, 2008,979-98.
- [109] Σταμάτης Δ.Περδίο, «Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές», Τόμος Α'.
- [110] Σταμάτης Δ. Περδίο, «Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων και βιομηχανιών».
- [111] ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009: "Ενεργειακή επίδοση κτιρίων - Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων".
- [112] Detailed energy saving performance analyses on thermal mass walls demonstrated in a zero energy house L. Zhu , R. Hurt , D. Correia , R. Boehm, *Energy and Buildings*, volume 41, 2009, 303-310.
- [113] General guidelines for using thermal mass in concrete buildings, European Concrete Platform ASBL, April 2009, 1-2.
- [114] Optimum insulation thicknesses for building walls with respect to cooling and heating degree-hours in the warmest zone of Turkey, *Building and Environment*, volume 43, 2008, 1054.
- [115] Φωτεινή Γ. Πρεφτίστη, Η Ηλιακή Ενέργεια στο Σχεδιασμό του Κελύφους, 2012.
- [116] Hawes D.W., Feldmann D., Banu D., Latent heat storage in building materials, *Energy and buildings*, volume 20, 1993, 77-86.
- [117] V.V. Tyagi, D. Buddhi, Richa Kothari, S.K. Tyagi, Phase change material (PCM) based thermal management system for cool energy storage application in building: An experimental study, *Energy and buildings*, volume 51, 2012, 248-254.
- [118] Bogdan M. Diaconu, Mihai Cruceru, Novel concept of composite phase change material wall system for year-round thermal energy savings, *Energy and buildings*, volume 42, 2010, 1759-1772.



- [119] Lidia Navarro, Alvaro de Garcia, Cristian Solé, Albert Castell, Luisa F. Cabeza, Thermal loads inside buildings with phase change materials: Experimental results Energy Procedia, volume 30, 2012, 342 – 349.
- [120] Bogdan M. Diaconu, Thermal energy savings in buildings with PCM-enhanced envelope: Influence of occupancy pattern and ventilation, Energy and Buildings, volume 43, 2011, 101–107.
- [121] Harald Mehling, Luisa F. Cabeza, Heat and cold storage with PCM An up to date introduction into basics and applications, 2008, 238-241.
- [122] J. Koo, H. So, S.W. Hong, H. Hong, Effects of wallboard design parameters on the thermal storage in buildings, Energy and buildings, volume 43, 2011, 1947-1951.
- [123] Paolo Principi , Roberto Fioretti, Thermal analysis of the application of pcm and low emissivity coating in hollow bricks, Energy and buildings, volume 51, 2012, 131-142.
- [124] Yinping Z., Guobinga Z., Ruib Y., Kunpinga L., Our research on shapestabilized PCM in energy-efficient buildings, Proc. of ECOSTOCK, 10th International Conference on Thermal Energy Storage, Stockton, USA, 2006.
- [125] Κίμων Α. Αντωνόπουλος, «Θερμικά – Ηλιακά Συστήματα, Μέρος Πρώτο», Αθήνα 2008, εκδόσεις ΕΜΠ
- [126] Eleftherios Dimitrios Kravvaritis, Kimon Antonopoulos, Christos Tzivanidis : Solar energy management using PCM passive systems in the Athens Area buildings (άρθρο υπό έκδοση).
- [127] Κίμων Α. Αντωνόπουλος, «Κλιματισμός, Μέρος Πρώτο», Αθήνα 2008, εκδόσεις ΕΜΠ
- [128] Χ. Τζιβανίδης, Κ. Α. Αντωνόπουλος, Ε. Δ. Κραββαρίτης, «Ενεργειακή απόδοση παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης κτιρίων με μείγματα Υλικών Αλλαγής Φάσης (PCM) στη Β κλιματική ζώνη.
- [129] ETHICS: Energy and Thermal Improvements for Construction in Steel, RFSF – CT – 2008 – 00038, WP 3: Innovative techniques for improved thermal comfort.