



Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών
και Βιώσιμου Σχεδιασμού
ΠΜΣ Βιώσιμος Σχεδιασμός Εσωτερικού
Περιβάλλοντος Κτιρίων

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΣΩΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ
ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ: ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΑ ΔΙΕΘΝΗ ΠΡΟΤΥΠΑ

Εμμανουήλ Σάλλας

Επιβλέπουσα:

Βασιλική Κυριάκου, Δρ. Αρχιτέκτων Μηχανικός

Αθήνα, Ιούνιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΣΩΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ
ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ: ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΑ ΔΙΕΘΝΗ ΠΡΟΤΥΠΑ

Εμμανουήλ Σάλλας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Βασιλική Κυριάκου

Δρ. Αρχιτέκτων Μηχανικός

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής/Συν-

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Νικόλας Μισέλ Φιλίπ Ρεμί

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	6
A' ΜΕΡΟΣ.....	10
2. Εντοπισμός βιβλιογραφικών αναφορών	10
2.1. Οργάνωση των βιβλιογραφικών πηγών & οπτικοποίηση δεδομένων	10
2.2. Εντοπισμός ερευνητικών ερωτημάτων από τις βιβλιογραφικές αναφορές.....	13
3. Διάγραμμα ροής – flow chart για την ανάλυση των κλιματικών δεδομένων.....	15
4. SWOT Analysis για το διάγραμμα ροής της ανάλυσης των κλιματικών δεδομένων	16
4.1. Σχολιασμός της SWOT Analysis	17
4.2. Παρουσίαση παραδείγματος για τη σημασία της μακροπρόθεσμης υδροθερμικής αξιολόγησης των μουσειακών χώρων: μεθοδος και εφαρμογή σε μόνιμη έκθεση σε ιστορικό κτίριο (case study).....	18
B' ΜΕΡΟΣ.....	33
5. Επιλογή των κτιρίων που θα μελετηθούν.....	34
5.1. Αετοπούλειο Πολιτιστικό Κέντρο Δήμου Χαλανδρίου - Γενική περιγραφή - Φωτογραφίες.....	34
5.2. Το κτίριο "Νόμπελ" του Δήμου Χαλανδρίου - Γενική περιγραφή - Φωτογραφίες.....	36
6. Θερμοφυσικές ιδιότητες υλικών των υπό μελέτη κτιρίων.....	37
6.1. Θερμοφυσικές ιδιότητες κτιρίου Αετοπουλείου.....	39
6.2. Θερμοφυσικές ιδιότητες κτιρίου "Νόμπελ"	46
7. Μετρητικά όργανα - Οργάνωση των καταγραφών	50
7.1. Απεικόνιση των θέσεων τοποθέτησης του καταγραφικού μηχανήματος στις κατόψεις των υπό μελέτη κτιρίων	52
7.1.1. Κατόψεις Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου Δήμου Χαλανδρίου	52
7.1.2. Φωτογραφίες Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου Δήμου Χαλανδρίου.....	54

7.2.1 Κατόψεις κτιρίου Νόμπελ Δήμου Χαλανδρίου	55
7.2.2. Φωτογραφίες κτιρίου Νόμπελ Δήμου Χαλανδρίου.....	57
8. Ανάλυση των διαγραμμάτων και των πινάκων από τις μετρήσεις και σύγκρισή τους με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN15757:2010 και το αντίστοιχο Αμερικάνικο πρότυπο της ASHRAE Guideline 34-2019	58
8.1. Ανάλυση πινάκων και διαγραμμάτων των καταγραφών του εσωκλίματος του Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου	58
8.2. Ανάλυση πινάκων και διαγραμμάτων των καταγραφών του εσωκλίματος του κτιρίου Νόμπελ	69
9. Διεθνή πρότυπα.....	74
9.1. Γενική παρουσίαση του Ευρωπαϊκού Προτύπου EN15757:2010	74
9.2. Γενική παρουσίαση του Αμερικάνικου Προτύπου της ASHRAE Guideline 34-2019 ...	75
10. Σύγκριση με τα πρότυπα και συμπεράσματα	76
10.1. Συμπεράσματα για το κτίριο του Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου και σύγκριση των αποτελεσμάτων με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN15757:2010	76
10.2. Συμπεράσματα για το κτίριο Νόμπελ και σύγκριση των αποτελεσμάτων με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN15757:2010	78
10.3. Συμπεράσματα για το κτίριο του Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου και σύγκριση των αποτελεσμάτων με το Αμερικάνικο Πρότυπο της ASHRAE Guideline 34-2019.....	78
10.4. Συμπεράσματα για το κτίριο Νόμπελ και σύγκριση των αποτελεσμάτων με το Αμερικάνικο Πρότυπο της ASHRAE Guideline 34-2019	79
11. Συνολικά συμπεράσματα.....	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	82
1. Παράρτημα πινάκων και διαγραμμάτων από τις μετρήσεις στα υπό μελέτη κτίρια.....	82
2. Παράρτημα φωτογραφιών διατηρητέων κτιρίων του Δήμου Χαλανδρίου.....	118
Βιβλιογραφικές αναφορές	125

1. Εισαγωγή.

Ο γενικός προβληματισμός σχετικά με τη μελέτη του εσωκλίματος σε κτίρια πολιτιστικής κληρονομιάς με μουσειακή χρήση αφορά την ανάγκη προστασίας και αποκατάστασής τους, ιδιαίτερα υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής. Τα κτίρια αυτά είναι συχνά ευάλωτα σε περιβαλλοντικές μεταβολές, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας, η υγρασία και οι ακραίες καιρικές συνθήκες, που μπορούν να προκαλέσουν φθορές στα υλικά τους και να επηρεάσουν τη δομική τους ακεραιότητα.

Υπάρχει αναγκαιότητα μακροπρόθεσμης παρακολούθησης των εσωτερικών μικροκλιματικών συνθηκών των μουσειακών χώρων, με στόχο τη διαμόρφωση κατευθυντήριων γραμμών που βασίζονται σε τεκμηριωμένα στοιχεία για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος για τη συντήρηση των εκθεμάτων.

Λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές προσεγγίσεις και μεθοδολογίες για την αξιολόγηση των εσωκλιματικών συνθηκών των μουσειακών χώρων, στην παρούσα εργασία θα γίνει εφαρμογή σε δύο κτίρια, καταγραφή συνθηκών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, ανάλυση των δεδομένων και εξαγωγή συμπερασμάτων ύστερα από σύγκριση με τα πρότυπα EN 15757:2010 και ASHRAE Guideline 34-2019.

Η μελέτη του εσωκλίματος σε εσωτερικούς μουσειακούς χώρους επικεντρώνεται σε παράγοντες όπως:

- Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία στο εσωτερικό των κτιρίων.
- Η αλληλεπίδραση των υλικών με το περιβάλλον.
- Οι στρατηγικές για τη διατήρηση της ενεργειακής απόδοσης και της βιωσιμότητας των κτιρίων.
- Οι μέθοδοι αποκατάστασης που λαμβάνουν υπόψη τις ιστορικές και αρχιτεκτονικές αξίες των κτιρίων.

Η κλιματική αλλαγή επιτείνει τις προκλήσεις αυτές, καθιστώντας αναγκαία την ανάπτυξη νέων τεχνικών και προσεγγίσεων για την προστασία των κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς.

Στην Ελλάδα, η μελέτη του εσωκλίματος σε κτίρια πολιτιστικής κληρονομιάς και η συμβολή του στην αποκατάσταση και προστασία τους από την κλιματική αλλαγή παρουσιάζει ορισμένα κενά και ελλείψεις:

- Έλλειψη ολοκληρωμένων στρατηγικών: Παρόλο που υπάρχουν πρωτοβουλίες για τη διατήρηση παραδοσιακών κτιρίων, δεν υπάρχει μια εθνική στρατηγική που να ενσωματώνει συστηματικά την ανάλυση του εσωκλίματος και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή.
- Περιορισμένη έρευνα και δεδομένα: Η επιστημονική έρευνα για το εσωκλίμα των ιστορικών κτιρίων στην Ελλάδα είναι περιορισμένη. Υπάρχει ανάγκη για περισσότερες μελέτες που να εξετάζουν πώς οι μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν τη δομή και τα υλικά των κτιρίων.
- Ανεπαρκής χρηματοδότηση: Η αποκατάσταση και προστασία των κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς απαιτεί σημαντικούς πόρους, οι οποίοι συχνά δεν είναι διαθέσιμοι. Η έλλειψη χρηματοδότησης περιορίζει την εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών για τη διαχείριση του εσωκλίματος.
- Έλλειψη εξειδικευμένων επαγγελματιών: Υπάρχει ανάγκη για περισσότερους ειδικούς που να συνδυάζουν γνώσεις αρχιτεκτονικής, συντήρησης και περιβαλλοντικής μηχανικής, ώστε να εφαρμόζουν βιώσιμες λύσεις για τη διατήρηση των κτιρίων.
- Ανεπαρκής ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών: Παρόλο που υπάρχουν διαθέσιμες τεχνολογίες για την παρακολούθηση και βελτίωση του εσωκλίματος, η εφαρμογή τους στα ιστορικά κτίρια είναι περιορισμένη λόγω τεχνικών και οικονομικών δυσκολιών.

Το Υπουργείο Πολιτισμού τον Ιούνιο του 2021 παρουσίασε ένα Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην πολιτιστική κληρονομιά, δηλαδή την διασυνδεσιμότητα του κάθε μνημείου με το τοπίο, το περιβάλλον το κλίμα με μακροπρόθεσμο ορίζοντα σχεδιασμού το 2050 με ενδιάμεσους στόχους ανά πενταετία, με ευελιξία και προσαρμοστικότητα ανάλογα με τις συνθήκες και τα δεδομένα [27-28].

Το Εθνικό Σχέδιο προβλέπεται να αναπτυχθεί σε δύο φάσεις.

- Η πρώτη εκτείνεται χρονικά μέχρι το 2025 και περιλαμβάνει τη δημιουργία χαρτογραφικού καταλόγου κλιματικής τρωτότητας και ανάπτυξη ψηφιακού αποθετηρίου σε σύνδεση με το Αρχαιολογικό Κτηματολόγιο, κατάρτιση του Εθνικού Καταλόγου Πολιτιστικών Αγαθών σε κλιματικό κίνδυνο, σταδιακή κατάρτιση και εφαρμογή 12 Σχεδίων Προσαρμογής αρχαιολογικών χώρων/μνημείων στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και αναθεώρηση/επικαιροποίηση των αντίστοιχων Σχεδίων Πολιτικής Προστασίας, αξιολόγηση των αναγκών ενεργειακής αναβάθμισης Μουσείων του ΥΠΠΟΑ και ενεργειακή αναβάθμιση 13 Μουσείων του ΥΠΠΟΑ, αναθεώρηση, σε συνεργασία με τη Γ.Γ. Πολιτικής Προστασίας, των σχεδίων πολιτικής προστασίας των ευρύτερων περιοχών στις οποίες ανήκουν οι αρχαιολογικοί χώροι/μνημεία, κατάρτιση σε συνεργασία με το ΥΠΕΝ και θεσμοθέτηση Ειδικών Χωρικών Σχεδίων για αρχαιολογικούς χώρους/μνημεία που χαρακτηρίζονται από αυξημένη τρωτότητα σε κλιματικούς κινδύνους - επαναξιολόγηση των ορίων των ζωνών προστασίας των αρχαιολογικών χώρων/μνημείων, ειδικότερα σε περιοχές υψηλής τρωτότητας σε κλιματικούς κινδύνους, εκπαίδευση/κατάρτιση του στελεχειακού δυναμικού του ΥΠΠΟΑ στο δίπτυχο «Κλιματική Αλλαγή και Πολιτιστική Κληρονομιά» 8. Ανάπτυξη ειδικού προγράμματος για την προστασία των υλικών των μνημείων και αρχαιολογικών χώρων από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και δημιουργία μηχανισμού υποστήριξης εντός του ΥΠΠΟΑ – Πλαίσιο συνεργασίας με εξειδικευμένους φορείς του Δημόσιου Τομέα [27-28].

- Η δεύτερη φάση του Εθνικού Σχεδίου, με προοπτική έως το 2030, περιλαμβάνει σταδιακή κατάρτιση και εφαρμογή 35 συνολικά (και για τις δύο φάσεις) Σχεδίων Προσαρμογής αρχαιολογικών χώρων/μνημείων στις επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής, ενεργειακή αναβάθμιση 30 συνολικά (και για τις δύο φάσεις) Μουσείων του ΥΠΠΟΑ ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή τους λειτουργία σε επιβαρυνμένες θερμικές συνθήκες, να χαρακτηρίζονται από συνθήκες θερμικής άνεσης για τους επισκέπτες, να προστατεύονται οι συλλογές αλλά και να περιορίζονται οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στο πνεύμα της Συμφωνίας των Παρισίων και των εθνικών στόχων (-40%

στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με το 1990) και πιλοτική ενεργειακή αναβάθμιση Μουσείων του ΥΠΠΟΑ [27-28].

Για την αποτελεσματικότητα του παραπάνω σχεδίου προτείνονται στο Ταμείο Ανάκαμψης μια σειρά πιλοτικών έργων και υποέργων, συνολικού προϋπολογισμού 23 εκατ. ευρώ, στα οποία συμπεριλαμβάνονται μεταξύ άλλων η προστασία του αρχαιολογικού Χώρου των Δελφών από τις βροχοπτώσεις, αντιπλημμυρικά έργα στον αρχαιολογικό χώρο Δίου και στα Μινωϊκά Ανάκτορα της Κρήτης, έργα πυροπροστασίας στον αρχαιολογικούς χώρους Φιλίππων, και Μυστρά [27-28].

Για την υλοποίηση των ανωτέρω το Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού, το Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών και το Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών θα συνεργαστούν, μέσω προγραμματικής σύμβασης, για την εκπόνηση Ερευνητικού Έργου με τίτλο: «Σχεδιασμός Εθνικής Στρατηγικής για την Προσαρμογή των Μνημείων Πολιτιστικής Κληρονομιάς στις Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής» [27-28].

Η παρούσα έρευνα στοχεύει στα παρακάτω:

Στην μελέτη θα εντοπίσουμε τα προβλήματα που εμφανίζονται στα κτίρια πολιτιστικής κληρονομιάς και δημιουργούνται από τις έντονες και ραγδαίες αλλαγές στις καιρικές συνθήκες λόγω της κλιματικής αλλαγής και πως μπορούμε να τα προστατεύσουμε στο μέλλον ώστε να παραμείνουν ως πολιτιστική παρακαταθήκη για τις επόμενες γενιές.

Επιπλέον θα πρέπει να ελέγξουμε τις μικροκλιματικές συνθήκες στο εσωτερικό των κτιρίων για την προστασία τόσο του ίδιου του κτιρίου όσο και των τυχόν εκθεμάτων που μπορεί να βρίσκονται εντός του και εκτίθενται στο κοινό.

Η παρακολούθηση και αξιολόγηση του μικροκλίματος και κατά συνέπεια της θερμικής άνεσης επιτυγχάνεται από μια πειραματική και αριθμητική προσέγγιση.

Με μια λεπτομερή παρακολούθηση τόσο στους εσωτερικούς, όσο και στους εξωτερικούς χώρους κατά τη χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο με κατάλληλες συσκευές μέτρησης (αισθητήρες), λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα του αέρα, στο εσωτερικό χώρο του κτιρίου και εκτελώντας προσομοιώσεις με κατάλληλα υπολογιστικά μοντέλα για την εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων. Πολλά από τα μοντέλα προσομοίωσης μπορούν να

δεχθούν κλιματολογικά δεδομένα από κοντινούς μετεωρολογικούς σταθμούς για το εξωτερικό περιβάλλον.

Στην συγκεκριμένη έρευνα, θα ακολουθήσουμε τα παρακάτω βήματα:

- Θα εντοπίσουμε τις καταλληλότερες βιβλιογραφικές πηγές που να περιγράφουν τις μεθόδους που μπορούμε να ακολουθήσουμε για τη μελέτη και την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς μας.
- Θα διατυπωθούν τα ερευνητικά ερωτήματα
- Αναλύοντας την κάθε εφαρμοζόμενη μέθοδο θα καταλήξουμε σε αυτή που θεωρούμε καταλληλότερη για την εφαρμογή της στο κτίριο πολιτιστικής κληρονομιάς που θα επιλέξουμε.
- Θα διατυπωθούν συμπεράσματα μετά από την ανάλυση των καταγραφικών δεδομένων που θα λάβουμε, σύμφωνα με την επιλεγμένη μέθοδο έρευνας.
- Θα γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα διεθνή πρότυπα.

Η συνεισφορά της εν λόγω μελέτης είναι ότι τα συμπεράσματα θα μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες περιπτώσεις κτιρίων από άλλους ερευνητές που θα λάβουν υπόψη τους τα δικά μας αποτελέσματα.

Στον ανωτέρω χάρτη βλέπουμε πως αλληλεπιδρούν οι διαφορετικές θεματολογίες μεταξύ τους. Αυτό είναι και το διάγραμμα με τις περισσότερες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συγγραφέων και της θεματολογίας.

Στο διάγραμμα (εικόνα 1.α) παρουσιάζει τους συγγραφείς με τις περισσότερες αλληλεπιδράσεις. Οι γραμμές του διαγράμματος μας δείχνουν τις συνδέσεις των συγγραφέων από τις δημοσιεύσεις που έχουμε επιλέξει.

Τις περισσότερες συνεργασίες τις παρουσιάζουν οι:

Ilies, alexandrou brogan / micrea, cristina / ratiu, Marianna / hadeel, saad al hyari /

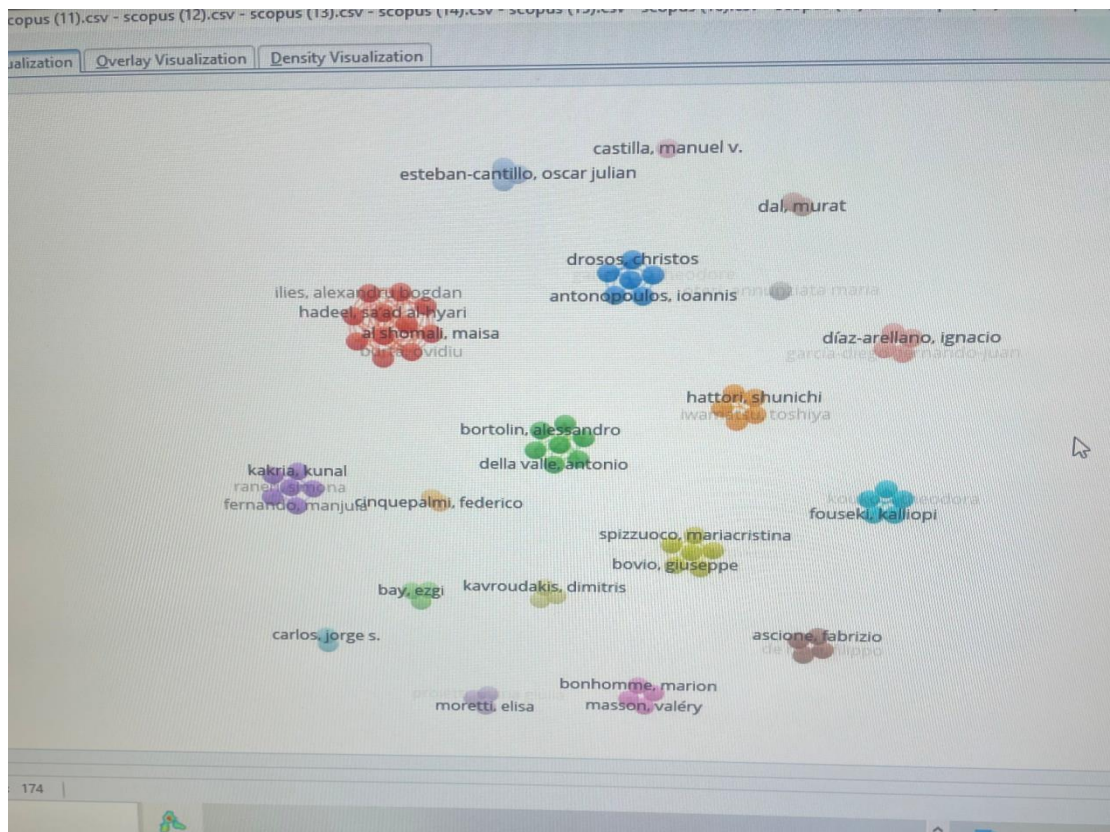
Lazar, liviu / Hassan, thowayeb h. / peres, ana cornelia / al shomali, maisa / janzakov, beczot / burta, ovidiu / cariora, tudor

Στο διάγραμμα (εικόνα 1.β) φαίνονται οι υπόλοιποι συγγραφείς που αλληλεπιδρούν με λιγότερους από 11 άλλους. Οι πάνω συγγραφείς (στο πάνω σχήμα) έχουν από 11 δημοσιεύσεις ο καθένας που είναι και οι περισσότερες.

Οι υπόλοιποι που φαίνονται στο κάτω σχήμα έχουν λιγότερες δημοσιεύσεις.

Υπάρχουν και κάποιοι που δεν αλληλεπιδρούν με κανένα άλλο (τέσσερεις συγγραφείς) και έχουν μόνο μια δημοσίευση.

Αυτοί είναι οι: castilla, manuel v. / dal, murat / ottari, annuziata maria / carlos, Jorge s.



Εικόνα 2.: Πλήθος δημοσιεύσεων ανά συγγραφέα.

Μετρώντας από το πάνω σχήμα τις τελείες για κάθε ομαδοποίηση βλέπουμε πόσες δημοσιεύσεις έχει ο κάθε συγγραφέας.

2.2. Εντοπισμός των ερευνητικών ερωτημάτων από τις βιβλιογραφικές αναφορές.

Οι Cadelano, Gianluca/dellaValle, Antonio/ Cattaneo, Pada / Emmi, Giuseppe/Bortolin, Alessandro/Ferrarini, Giovanni/Perron, Fabio/ (2024) [6] διερευνούν τις προκλήσεις για την ανακαίνιση των ιστορικών κτιρίων λαμβάνοντας υπόψη τις αλλαγές στην κλιματική αλλαγή.

Οι Ruiz, Margot/Ginestet, Stephane/Bonhomme, Marion/Masson, Valey (2024) [24], διερευνούν τα συνηθέστερα προβλήματα της παραδοσιακής τοιχοποιίας που θέτουν σε κίνδυνο τη διατήρηση πολλών ιστορικών κτιρίων στο μέλλον.

Οι Tringa,Efstathia/Kavroudakis,Dimitris/ Tolika,Konstantia (2024) [31] ασχολούνται με το ζήτημα της καταγραφής του εσωκλίματος σε κτίρια μουσείων και ιστορικά κτίρια, προσδιορίζοντας τις παραμέτρους που αφορούν το εσωτερικό μικροκλίμα και το χρονικό διάστημα των καταγραφών.

Οι Esteban-Cantillo,OscarJulian/Menendez, Beatriz/ Quesada,Benjamin (2024) [13] μας παρουσιάζουν πως γίνεται ο εντοπισμός και η ανάλυση της φθοράς στα βασικά υλικά κατασκευής των ιστορικών κτιρίων και τις επιπτώσεις της σχετικής υγρασίας (RH) καθώς και τη συμβολή των κυριότερων ρύπων στην φθορά των υλικών

Οι Ascione,Fabrizio/De Rossi, Filippo/ Jovane, Teresa/Mastellone, Margherita (2026 [3], διευκρινίζουν πως λαμβάνονται οι μετρήσεις για το εσωτερικό μικροκλίμα ενός κτιρίου και που μας βοηθά η προσομοίωση BES και η προσομοίωση CFD.

Οι Diaz-Arellano,Ignacio/Zarzo,Manouel/ Garcia-Diego,Fernando-Juan/Perles,Angel (2021) [10], μας ενημερώνουν για το πρότυπο που ακολουθούμε στην Ευρωπαϊκή Ένωση για την εφαρμογή των ορίων ασφαλείας σε ιστορικά κτίρια. Επίσης μας παρουσιάζουν την προσομοίωση SCORE και μας αναλύουν την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην πολιτιστική κληρονομιά μέσω μοντελοποίησης και φορμουλών δόσης – απόκρισης.

Το κύριο σημείο σύγκλισης των πηγών είναι ο εντοπισμός των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν τα ιστορικά κτίρια λόγω μεταβολών στη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία και άλλους παράγοντες που σχετίζονται με το εξωτερικό περιβάλλον, η σύνδεση του εσωτερικού μικροκλίματος με το εξωτερικό περιβάλλον και η προσπάθεια να προσδιοριστούν οι μελλοντικές εξωτερικές συνθήκες που αλλάζουν ταχύτατα λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Επίσης όλα τα ερωτήματα που προέκυψαν από τις βιβλιογραφικές πηγές συγκλίνουν στον τρόπο συλλογής των δεδομένων για τις εσωτερικές ή εξωτερικές συνθήκες αλλά αποκλίνουν στις εφαρμοζόμενες μεθόδους για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

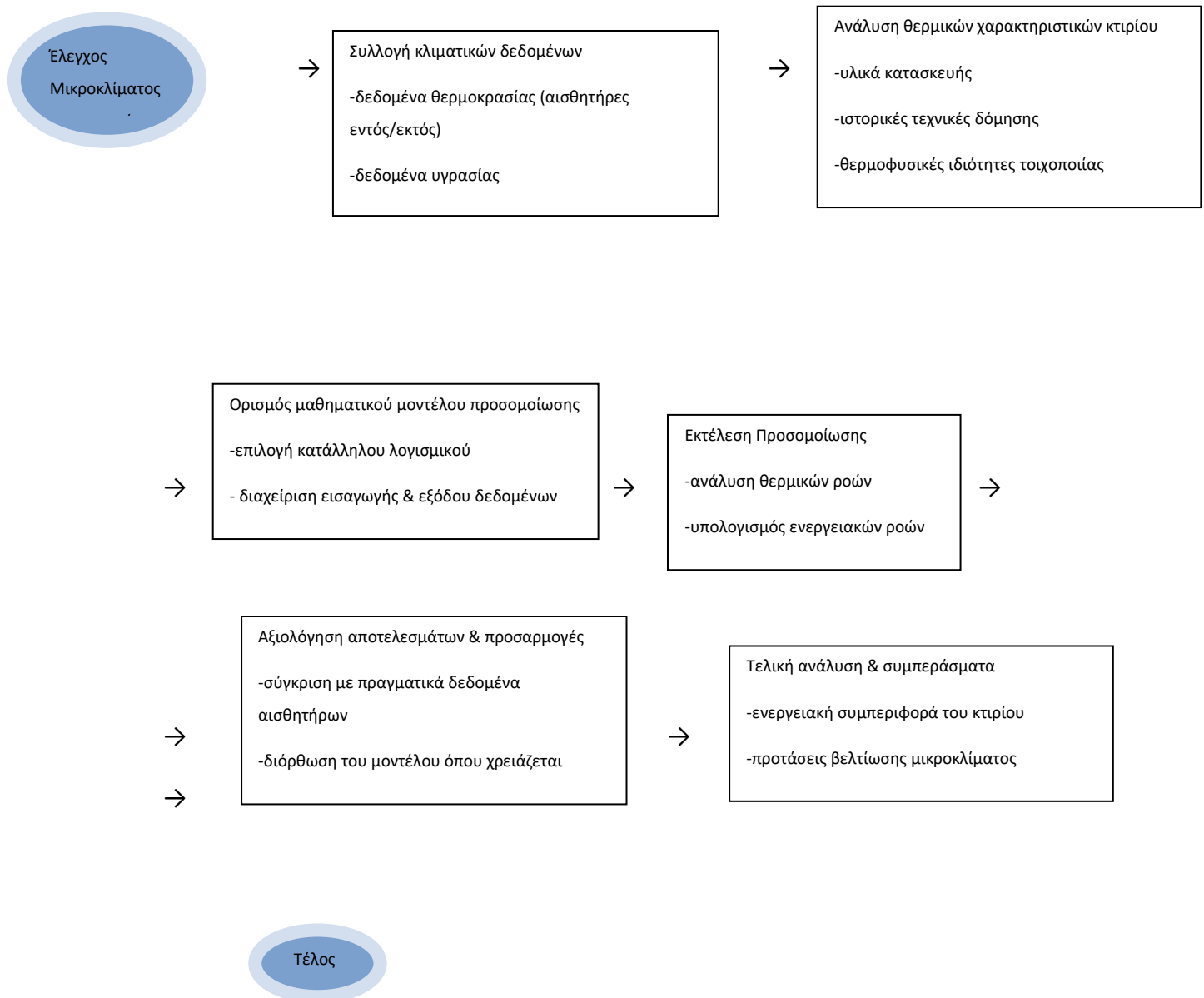
Από τα παραπάνω προκύπτουν τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα που είναι τα εξής:

1. Ποιά είναι σήμερα η πρόκληση για την ανακαίνιση των ιστορικών κτιρίων λαμβάνοντας υπόψη την κλιματική αλλαγή;

2. Ποια είναι τα συνηθέστερα προβλήματα στις ιστορικές κατασκευές;
3. Πως λαμβάνονται οι μετρήσεις για το εσωτερικό μικροκλίμα ενός μουσείου;
4. Πως αξιολογούνται αυτές, συγκρινόμενες με τα διεθνή πρότυπα;

Σε όλες αυτές τις μεθόδους προσομοίωσης δεν είναι εύκολο να καθοριστούν με ακρίβεια οι μελλοντικές κλιματολογικές συνθήκες και πάντα μιλάμε προσεγγιστικά.

3. Διάγραμμα Ροής – Flow Chart για την ανάλυση των κλιματικών δεδομένων.



4. SWOT Analysis για το διάγραμμα ροής της ανάλυσης των κλιματικών δεδομένων.

Δυνατά Σημεία – S (Strengths)	Αδυναμίες – W (Weaknesses)
-Ακρίβεια δεδομένων μέσω αισθητήρων εντός και εκτός κτιρίου -Κατάλληλη ανάλυση θερμικών χαρακτηριστικών του ιστορικού κτιρίου -Προσαρμογή των παραμέτρων με βάση τα πραγματικά δεδομένα -Δυνατότητα ενεργειακής βελτίωσης και προτάσεων εξοικονόμησης	- Πιθανή ασυμβατότητα μεταξύ ιστορικών υλικών και σύγχρονων μοντέλων προσομοίωσης - Εξάρτηση από την ακρίβεια των αισθητήρων και τη σωστή βαθμονόμησή τους - Υψηλή υπολογιστική απαίτηση για ακριβή μοντελοποίηση - Δυσκολία στην επαλήθευση μοντέλου με ιστορικά δεδομένα
Ευκαιρίες – O (Opportunities)	Απειλές – T (Threats)
- Εφαρμογή σε άλλες ιστορικές κατασκευές για ενεργειακή αναβάθμιση - Σύνδεση με πολιτικές βιωσιμότητας & αναπαλαίωσης μνημείων - Βελτίωση μοντέλων με AI & Machine Learning για ακριβέστερες προσομοιώσεις - Ανάπτυξη καινοτόμων τεχνικών διατήρησης της ενεργειακής απόδοσης	- Απρόβλεπτες κλιματικές συνθήκες που επηρεάζουν την αξιοπιστία των δεδομένων- -Περιορισμοί λόγω ιστορικών κανονισμών που ενδέχεται να εμποδίζουν επεμβάσεις - Υψηλό κόστος τεχνικών ανάλυσης και μοντελοποίησης - Αλλαγές σε κλιματικά μοντέλα που απαιτούν συνεχή προσαρμογή

4.1. Σχολιασμός της SWOT Analysis.

Η SWOT Analysis μας δίνει μια σαφή εικόνα των πλεονεκτημάτων και των προκλήσεων που σχετίζονται με την ανάλυση των κλιματικών δεδομένων.

Τα δυνατά σημεία (Strengths) της ανάλυσης επικεντρώνονται στην ακρίβεια των δεδομένων που συλλέγουμε με τη χρήση των αισθητήρων που έχουμε εγκαταστήσει σε πολλά εσωτερικά και εξωτερικά σημεία του υπό μελέτη κτιρίου καθώς και στη δυνατότητα προσαρμογής των αποτελεσμάτων με βάση πραγματικές μετρήσεις. Αυτό αυξάνει την αξιοπιστία της προσομοίωσης και συμβάλει στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για ενεργειακές βελτιώσεις στο κτίριο.

Οι κυριότερες αδυναμίες της όλης διαδικασίας οφείλονται κυρίως στην πολυπλοκότητα της μοντελοποίησης των ιστορικών κτιρίων λόγω της ποικιλομορφίας των υλικών και των τεχνικών κατασκευής.

Η εξάρτηση των κλιματικών στοιχείων που εισαγάγουμε από αισθητήρες για την ακριβή συλλογή δεδομένων μπορεί να δημιουργήσει προκλήσεις καθώς σφάλματα βαθμονόμησης ή δυσλειτουργίες θα μπορούσαν να επηρεάσουν την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Επίσης το υψηλό υπολογιστικό φορτίο και οι απαιτήσεις της ανάλυσης μπορεί να αυξήσουν το κόστος και να απαιτήσουν εξειδικευμένο προσωπικό.

Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών της τεχνητής νοημοσύνης αλλά και της μηχανικής μάθησης θα μπορούσε να βελτιώσει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων αναφορικά με την ακρίβεια μελλοντικών προβλέψεων των κλιματικών συνθηκών ώστε να έχουμε ακόμα καλύτερες λύσεις για την αντιμετώπιση των μελλοντικών προκλήσεων. Αυτό όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενες παραγράφους είναι και το μεγαλύτερο πρόβλημα σε όλα τα μοντέλα προσομοίωσης.

Το θετικό είναι υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης αυτής της προσομοίωσης με διάφορα Ευρωπαϊκά Προγράμματα βιώσιμης ανάπτυξης προσφέροντας χρηματοδότηση για ερευνητικές και καινοτόμες λύσεις.

Η Πρόεδρος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής παρουσίασε τον Δεκέμβριο του 2019 το Ευρωπαϊκό Green Deal το οποίο είναι η απάντηση της Ευρώπης στις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής. Το Ευρωπαϊκό Green Deal είναι ένα φιλόδοξο σχέδιο μετάβασης

προς μια πράσινη οικονομία αλλά η πολιτιστική κληρονομιά παραμένει ένα θέμα που απαιτεί μεγαλύτερη ενσωμάτωση στις πολιτικές για το κλίμα [11].

Οι απειλές αφορούν κυρίως εξωτερικούς παράγοντες όπως η αστάθεια των κλιματικών συνθηκών που μπορεί να επηρεάσει την αξιοπιστία των μετρήσεων.

Επιπλέον οι αυστηροί κανονισμοί προστασίας των μνημείων ενδέχεται να περιορίσουν τις δυνατότητες επεμβάσεων καθιστώντας δύσκολη την εφαρμογή ενεργειακών βελτιώσεων. Και ακριβώς εκεί βρίσκεται και η πρόκληση της εξεύρεσης λύσης που να μην αλλοιώνει τον ιστορικό χαρακτήρα του κάθε υπό μελέτη κτιρίου.

Το υψηλό κόστος του εξοπλισμού καθώς και τα εξειδικευμένα συνεργεία αποκατάστασης θα μπορούσαν να είναι ακόμα ένα εμπόδιο. Ειδικά σε έργα με περιορισμένους πόρους. Για αυτόν το λόγο συχνά ψάχνουμε για Ευρωπαϊκές Χρηματοδοτήσεις που θα μπορούσαν να καλύψουν το μεγαλύτερο τμήμα του προϋπολογισμού αποκατάστασης ενός ιστορικού μνημείου ή κτιρίου.

Για να αξιοποιηθούν οι ευκαιρίες και να μειωθούν οι αδυναμίες αυτής της μεθόδου προσομοίωσης για τη μελέτη του μικροκλίματος στο εσωτερικό των ιστοριών κτιρίων, θα πρέπει να αναπτυχθούν βελτιωμένες στρατηγικές συλλογής δεδομένων, να βελτιστοποιηθούν οι αλγόριθμοι ανάλυσης των δεδομένων ώστε να βρεθούν περισσότερο ευέλικτες λύσεις ενεργειακής αναβάθμισης των ιστορικών κτιρίων που θα σέβονται την πολιτιστική κληρονομιά.

4.2. Παρουσίαση παραδείγματος για τη σημασία της μακροπρόθεσμης υδροθερμαντικής αξιολόγησης των μουσειακών χώρων: μέθοδος και εφαρμογή σε μόνιμη έκθεση σε ιστορικό κτίριο (case study).

Στο παράδειγμα αυτό παρουσιάζεται η ανάλυση των υδροθερμικών συνθηκών ενός μουσειακού χώρου που στεγάζεται σε ένα κτίριο του 18^{ου} αιώνα, στην Κοϊμπρα της Πορτογαλίας. Αυτό το ιστορικό κτίριο που στεγάζει το Μουσείο Επιστημών του Πανεπιστημίου της Κοϊμπρα, βρίσκεται στο ιστορικό κέντρο του Πανεπιστημίου το οποίο ανακηρύχθηκε επίσημα Μνημείο Πολιτιστικής Κληρονομιάς το 2013 από την UNESCO. Η μεθοδολογία που προτείνεται στο πρότυπο EN15757:2010 εφαρμόστηκε σε δύο εκστρατείες παρακολούθησης που πραγματοποιήθηκαν σε χρονικό διάστημα τεσσάρων

ετών, σε δύο από τις αίθουσες της μόνιμης έκθεσης. **Τα ευρήματα αποκαλύπτουν την αναγκαιότητα μακροπρόθεσμης παρακολούθησης των εσωτερικών περιβαλλοντικών συνθηκών των μουσειακών χώρων, με στόχο την υποστήριξη κατευθυντήριων γραμμών που βασίζονται σε τεκμηριωμένα στοιχεία για τη διατήρηση των αντικειμένων και την ποιότητα του περιβάλλοντος για τη συντήρηση των εκθεμάτων.**

Σε πολλές ευρωπαϊκές πόλεις, διαφοροποιημένοι πολιτιστικοί χώροι, όπως μουσεία, αίθουσες εκθέσεων ή βιβλιοθήκες, στεγάζονται σε ιστορικά ή πολιτιστικά κτίρια [14-15], η επίσκεψη των οποίων ενισχύει επίσης μια εμπειρία άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς - π.χ. στην περιοχή της Φλωρεντίας (Ιταλία) το 90% των μουσείων στεγάζονται σε ιστορικά κτίρια [6]. Σε πολλές περιπτώσεις, ένα υπάρχον κτίριο έχει διαμορφωθεί σε μουσείο και απαιτείται ένας συμβιβασμός μεταξύ της διατήρησης των αντικειμένων και της άνεσης των επισκεπτών [24]. Για τον ίδιο λόγο, αυτός ο τύπος κτιρίων προσφέρει διαφορετικές προκλήσεις στους συντηρητές και τους επιμελητές. Σε αντίθεση με τα νέα κτίρια που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να φιλοξενούν μουσεία και διαθέτουν συστήματα διαχείρισης κτιρίων, τα περισσότερα από αυτά τα ιστορικά κτίρια λειτουργούν με συνθήκες φυσικού αερισμού και μερικές φορές απουσιάζουν πολλά είδη συστημάτων θέρμανσης και ψύξης. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η σχέση εσωτερικού-εξωτερικού κλίματος είναι συνήθως πολύ ισχυρή [6]: η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα στο εσωτερικό αντιδρούν με ταχύτερο ή ομαλότερο τρόπο στις διακυμάνσεις των εξωτερικών συνθηκών περιβάλλοντος. Επιπλέον, υπάρχει συνήθως μια ισχυρή σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας - συνήθως αυτές οι δύο παράμετροι συμπεριφέρονται συμμετρικά απέναντι σε βραχυπρόθεσμες διακυμάνσεις [31-3]. Εκτός από τη σχέση εσωτερικού-εξωτερικού χώρου και την επίδρασή της στις εσωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες σε ιστορικά κτίρια, έχει επίσης αναγνωριστεί η σημαντική συνέπεια των αλληλεπιδράσεων που συμβαίνουν μεταξύ του εσωτερικού περιβάλλοντος και των αντικειμένων που στεγάζονται σε αυτούς τους χώρους. Στην πραγματικότητα, όταν δεν ελέγχονται από την ιδιοκτησία, αυτές οι επιπτώσεις μπορεί να οδηγήσουν σε μη αναστρέψιμες ζημιές [8-22]. Από τις αρχές αυτού του αιώνα, έχει δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην προληπτική συντήρηση [5-13]. Όπως υποστηρίζουν οι Congrati & Filippi, «η παρακολούθηση είναι ένα απαραίτητο εργαλείο για την ανάπτυξη ενός πραγματικού προγράμματος προληπτικού ελέγχου που στοχεύει στη διατήρηση

των βέλτιστων μικροκλιματικών συνθηκών για τη διατήρηση [27]. Μια σημαντική συμβολή σε αυτό το θέμα είναι το πρωτόκολλο ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος για την προληπτική συντήρηση σε μουσεία που αναπτύχθηκε από τους D'agostino et al. [14]: εδώ, εκτός από την ακουστική αξιολόγηση, προβλέπεται η μέτρηση του φωτισμού, των υγραυθερμικών παραμέτρων, της συγκέντρωσης αερίων ρύπων και σωματιδίων. Όπως υποδεικνύουν αυτοί οι συγγραφείς, οι στρατηγικές παρακολούθησης και ελέγχου των περιβαλλοντικών συνθηκών συχνά παραμελούνται και η διατήρηση των εκτεθειμένων έργων τίθεται σε κίνδυνο.

Η σημασία της μικροκλιματικής παρακολούθησης των αιθουσών των μουσείων έχει επισημανθεί στο παρελθόν [9]: αφενός, είναι σημαντικό να ληφθούν άμεσα μέτρα για τη μείωση του κινδύνου υποβάθμισης των εκτεθειμένων αντικειμένων· αφετέρου, είναι σημαντικό να καθοριστούν κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες θα πρέπει να εκτίθενται αυτά τα αντικείμενα [6, 14]. Η ακόλουθη μελέτη επικεντρώνεται στη δεύτερη υπόσχεση. Ως εκ τούτου, προτείνεται μια συζήτηση σχετικά με τα τρέχοντα πρότυπα διατήρησης, βασισμένη σε μακροπρόθεσμες υγραυθερμικές αναλύσεις - εποχιακές και βραχυπρόθεσμες διακυμάνσεις, που πραγματοποιούνται με βάση τη συλλογή δεδομένων από τη μόνιμη έκθεση ενός μουσείου που βρίσκεται σε ένα ιστορικό κτίριο πολιτιστικής κληρονομιάς.

Είναι γνωστό ότι οι υγραυθερμικές συνθήκες αποτελούν θεμελιώδεις παράγοντες για τη διατήρηση των εκτεθειμένων αγαθών σε μουσεία και χώρους. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετά πρότυπα, κατευθυντήριες γραμμές και τεχνικοί κανονισμοί που ασχολούνται με αυτό το ζήτημα: (i) σε ορισμένες περιπτώσεις, ορίζονται αυστηρά «διαστήματα ασφαλείας», όπως στο UNI 10829 [21]· (ii) σε άλλες περιπτώσεις, έχουν παρουσιαστεί λιγότερο περιοριστικές προσεγγίσεις, όπως στο ASHRAE:2015 [19]· (iii) στο EN 15757:2010 [26], αντικατοπτρίζεται η διαδικασία εγκλιματισμού των εκτεθειμένων συλλογών στο ιστορικό κλίμα των χώρων.

Επιπλέον, έχουν αναπτυχθεί σημαντικοί νέοι δείκτες για την αξιολόγηση της ποιότητας ενός μουσειακού περιβάλλοντος [21,12]. Παρόλο που το ευρωπαϊκό πρότυπο δεν είναι τόσο πρόσφατο, οι εφαρμογές που βρίσκονται στη βιβλιογραφία είναι σχετικά σπάνιες. Ως εκ τούτου, η καταγραφή των καταγεγραμμένων δεδομένων στο Μουσείο Επιστημών

του Πανεπιστημίου της Κοϊμπρα (MCUC), καθώς και της φυσικής του κατάστασης και της απουσίας οποιωνδήποτε υδροθερμικών συνθηκών θέρμανσης, αερισμού και παρακολούθησης αέρα σύμφωνα με το πρότυπο EN 15757:2010 πραγματοποιήθηκε με βάση δεδομένα που συλλέχθηκαν σε διάστημα 24 μηνών, μεταξύ 2011/12 και 2015/16. Επιπλέον, τα δεδομένα αναλύθηκαν επίσης σύμφωνα με τις παραμέτρους σχεδιασμού της ASHRAE για τους μουσειακούς χώρους [19].

Μέθοδοι και υλικά

Παρουσίαση μελέτης περίπτωσης και περιγραφή αιθουσών

Το MCUC δημιουργήθηκε το 2006 από τη συμβολή του Μουσείου Φυσικής και του Εθνικού Ιστορικού Μουσείου (τμήματα ζωολογίας, ορυκτολογίας και γεωλογίας, βοτανικής και ανθρωπολογίας) [28]. Είναι ένα πανεπιστημιακό μουσείο, οι συλλογές του οποίου αρχικά συλλέχθηκαν και αγοράστηκαν για χρήση στο πλαίσιο των μαθημάτων. Το MCUC διαθέτει εκθεσιακούς χώρους ανοιχτούς στο κοινό σε δύο κοντινά κτίρια: το Laboratorio Chimico και το αρχαίο Jesus College. Οι μετρήσεις που εξετάζονται σε αυτό το άρθρο προέρχονται από αίθουσες του Jesus College.

Το Κολέγιο του Ιησού είναι ένα παλιό κτίριο που άρχισε να ανεγείρεται από τους Ιησουίτες το 1747 και στη συνέχεια ανακαινίστηκε μετά το 1772, κατά τη διάρκεια της σημαντικής εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης που ξεκίνησε ο πρωθυπουργός της Πορτογαλίας, Μάρκες ντε Πομπάλ. Όλες οι αίθουσες εκθέσεων του μουσείου είναι μεγάλες και έχουν ψηλά ταβάνια (περίπου 7μ.). Οι αίθουσες είναι διακοσμημένες με αυθεντικά ερμάρια του 18ου και 19ου αιώνα όπου εκτίθενται οι συλλογές, και αυτό είναι ένα από τα κύρια πλούτη και το highlight αυτού του πανεπιστημιακού μουσείου.

Το μουσείο δεν διαθέτει σύστημα θέρμανσης, ψύξης ή μηχανικού αερισμού. Οι εκθεσιακοί χώροι που εξετάστηκαν, η Αίθουσα Vandelli και η Αίθουσα Portugal, είναι ενσωματωμένοι σε μια γκαλερί τύπου άμαξας (Σχήμα 1) [29]. Το μουσείο έχει ορίσει ένα τουριστικό κύκλωμα όπου οι εκθεσιακοί χώροι είναι διασυνδεδεμένοι διατηρώντας τις πόρτες ανοιχτές. Οι δύο εκθεσιακοί χώροι που μελετήθηκαν σε αυτή την εργασία αντιστοιχούν στην πρώτη και την τελευταία αίθουσα της έκθεσης Φυσικής Ιστορίας και είναι διαχωρισμένοι και σε απόσταση μεταξύ τους, καθώς βρίσκονται σε αντίθετες

πλευρές του κτιρίου. Εκτός από την αντίθετη ηλιακή έκθεση, αυτοί οι χώροι βρίσκονται σε διαφορετικές φάσεις κατασκευής του κτιρίου.

Αυτή τη στιγμή το μουσείο είναι ανοιχτό όλες τις ημέρες της εβδομάδας, αλλά κατά τη διάρκεια αυτής της μελέτης, το μουσείο άνοιγε μόνο κατόπιν ραντεβού.

Η πρώτη αίθουσα, η Αίθουσα Vandelli (VH) – που πήρε το όνομά της από τον Domingos Vandelli (1730 – 1816), Ιταλό επιστήμονα που ήταν ο πρώτος καθηγητής Φυσικής Ιστορίας και Χημείας στο UC – περιέχει δείγματα από τις σημαντικότερες και παλαιότερες συλλογές του κεκτημένου. Σε αυτόν τον χώρο μπορούμε να βρούμε, μεταξύ άλλων, τη συλλογή που ο ίδιος ο Vandelli πούλησε στο πανεπιστήμιο, καθώς και τα εθνογραφικά αντικείμενα που συνέλεξε ο Alexandre Rodrigues Ferreira στη Βραζιλία (μεταξύ 1783 και 1792) [30]. Πρόκειται για ένα εξαιρετικό μείγμα συλλογών διαφορετικών ειδών. Μπορούμε να βρούμε πουλιά, ψάρια, ερπετά και ταριχευμένα θηλαστικά, σκελετούς, δόντια και κέρατα, ορυκτά και πετρώματα, κεραμικά, απολιθώματα, μοντέλα από papier-mâché, ακουαρέλες, βιβλία κ.λπ. Πρόκειται φυσικά για μια σημαντική ποικιλία υλικών που υπάρχουν σε αυτά τα αντικείμενα (φυτικές ίνες, ξύλο, χαρτί, δέρμα, φτερά, κόκαλο, ελεφαντόδοντο, μέταλλα, γυαλί κ.λπ.), μια κατάσταση που συχνά προκαλεί προβλήματα διατήρησης. Στο VH, ο καταγραφέας δεδομένων τοποθετήθηκε μέσα σε μια στεγανή προθήκη από ξύλο και γυαλί, με φωτισμό LED.

Η δεύτερη αίθουσα, η Αίθουσα Πορτογαλίας (PH), είναι αφιερωμένη στην πανίδα της Ιβηρικής Χερσονήσου. Σε αυτήν την περίπτωση, η συλλογή δεν είναι τόσο ποικίλη όσο στο VH. Αποτελείται κυρίως από ταριχευμένα πτηνά και θηλαστικά. Η τελευταία αρκούδα που πιάστηκε στην Πορτογαλία ξεχωρίζει. Στο PH, ο καταγραφέας δεδομένων τοποθετήθηκε σε ύψος περίπου 3 μέτρων, πάνω σε μια προθήκη στο κέντρο του δωματίου.

Μετρήσεις μικροκλίματος

Λαμβάνοντας υπόψη τις διάφορες προσεγγίσεις και μεθοδολογίες για την αξιολόγηση των εσωτερικών περιβαλλοντικών συνθηκών των μουσειακών χώρων που εφαρμόζονται σήμερα [27, 21-26, 32-33], η ανάλυση δεδομένων και η συζήτηση των αποτελεσμάτων

στις επόμενες ενότητες καθορίζονται ουσιαστικά σύμφωνα με το πρότυπο EN 15757:2010 [26].

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, δεν υπάρχουν πολλές εφαρμογές ευρωπαϊκών προτύπων στη βιβλιογραφία. Επιπλέον, το MCUC είναι ένα ιστορικό κτίριο χωρίς σύστημα HVAC. Συνεπώς, η τρέχουσα κατάσταση της μόνιμης έκθεσης αντιστοιχεί σε ένα εγκληματισμένο πλαίσιο. Παρ' όλα αυτά, τα αποτελέσματα που λαμβάνονται συγκρίνονται με εκείνα που λαμβάνονται μέσω άλλων κατευθυντήριων γραμμών ή/και μεθοδολογιών, π.χ. της μεθόδου ASHRAE [19].

Εκστρατείες παρακολούθησης του περιβάλλοντος

Μέχρι το 2011, δεν είχε διεξαχθεί ποτέ υδροθερμική μελέτη εντός του MCUC. Μέχρι τότε, αποφασίστηκε να υπάρχει μια αρχική αντιπροσωπευτικότητα όλων των δωματίων (τουλάχιστον ένας καταγραφέας δεδομένων ανά δωμάτιο). Επί του παρόντος, ορισμένα δωμάτια διαθέτουν περισσότερους από έναν αισθητήρες - αν και αυτό το ζήτημα μπορεί να αντιμετωπιστεί στο μέλλον, είναι εκτός του πεδίου εφαρμογής της παρούσας μελέτης.

Καθώς προοριζόταν να μετρηθούν οι συνθήκες στις οποίες εκτέθηκαν τα εκτεθειμένα αντικείμενα (και όχι η θερμική άνεση των επισκεπτών, για παράδειγμα), στο VH, καθώς όλα τα αντικείμενα εκτίθενται μέσα σε ντουλάπια ή/και προθήκες, τοποθετήθηκε εδώ το καταγραφικό. Στο PH, δεδομένου ότι ένας σημαντικός αριθμός των εκτεθειμένων ταριχευμένων ζώων δεν βρίσκεται σε προθήκες και υπόκειται άμεσα στις συνθήκες του αέρα του δωματίου, αποφασίστηκε να παρακολουθούνται οι υδροθερμικές συνθήκες του δωματίου - οι οποίες υποψιάζονται ότι είναι λιγότερο ευνοϊκές για τη διατήρηση των αντικειμένων. Σημειώνουμε ότι μέχρι σήμερα δεν έχει γίνει καμία σημαντική παρέμβαση στο κτίριο και οι υδροθερμικές συνθήκες του κελύφους του κτιρίου.

Σύμφωνα με το πρότυπο EN15757:2010 [26], για μια σωστή ανάλυση θα πρέπει να ληφθούν υπόψη δεδομένα από διάστημα άνω του ενός έτους (395 ημέρες, για την ακρίβεια: ένα έτος συν έναν μήνα). Με σκοπό την επέκταση της μελέτης μας, όπως προτείνεται στο [9], η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα (T , °C) και η σχετική υγρασία (RH,%) καταγράφονταν κάθε 15 λεπτά χρησιμοποιώντας καταγραφείς δεδομένων

Tinytag View 2 (TV – 4501) [23], σε απόσταση τεσσάρων ετών, κατά τη διάρκεια δύο κύριων περιόδων: (1) 29/08/2011 έως 26/09/2012 και (2) 23/02/2015 έως 23/03/2016. Οι προδιαγραφές της TV – 4501 βρίσκονται στο Tinytag [23] και περιλαμβάνουν ένα διακριτικό γκρι περίβλημα, το οποίο παρακολουθεί θερμοκρασίες από -25 έως +50 °C και σχετική υγρασία από 0 έως 100% χρησιμοποιώντας ενσωματωμένους αισθητήρες, με ανάλυση καταγραφής αισθητήρα θερμοκρασίας 0,02 °C ή καλύτερη και αισθητήρα σχετικής υγρασίας με ακρίβεια $\pm 3,0\%$ σχετική υγρασία στους 25 °C.

Από την παρατήρηση των δεδομένων, μπορούν να εξαχθούν διάφορα συμπεράσματα.

- Παρ' όλα αυτά, οι εξωτερικές συνθήκες επηρεάζουν αναμφισβήτητα τις εσωτερικές, το καταγραφικό δεδομένων που τοποθετήθηκε στο ΡΗ δείχνει πολύ μεγαλύτερη εξάρτηση από το εξωτερικό κλίμα. Και οι δύο υγροθερμικές παράμετροι ήταν πολύ πιο σταθερές στο VΗ από ό,τι στο ΡΗ. Αν και αυτή η διαφορά μπορεί να υποδηλώνει μια ενιαία επιρροή από τη διαφορετική θέση των καταγραφικών στα δωμάτια - μέσα / έξω από την προθήκη.

Οι τιμές σχετικής υγρασίας σε εξωτερικούς χώρους ήταν γενικά υψηλότερες από ό,τι σε εσωτερικούς χώρους και το αντίθετο επαληθεύτηκε για τη θερμοκρασία.

- Η επίδραση της θερμικής αδράνειας της κατασκευής του κτιρίου, όπως προτάθηκε προηγουμένως από τους Dias Pereira et al. [31], φαίνεται να έχει σαφή επίδραση στις διαφορές που βρέθηκαν μεταξύ των δύο δωματίων: οι εικόνες αποκαλύπτουν σαφώς ότι το VΗ και το ΡΗ χτίστηκαν σε διαφορετικές φάσεις κατασκευής του Jesus College και ότι η κατασκευή του VΗ είναι βαρύτερη. Στην πραγματικότητα, το κτίριο στη ζώνη VΗ εκτελέστηκε καλύτερα, καθώς η κατασκευή πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια μιας πλουσιότερης περιόδου του Πορτογαλικού Βασιλείου.

- Κατά τη σύγκριση των περιόδων φθινοπώρου/χειμώνα 2011/12 και 2015/16 (π.χ. περίοδοι Σεπτεμβρίου - Μαρτίου), η σχετική υγρασία κατά τη δεύτερη περίοδο στο VΗ έδειξε διαφορετική συμπεριφορά, αποκομμένη από τα αρχεία θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου.

- Η εξωτερική σχετική υγρασία φαίνεται να έχει ισχυρότερη επίδραση σε εσωτερικούς χώρους από τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα (T). Κατά τη διάρκεια και των δύο

χειμερινών περιόδων (Δεκέμβριος - Μάρτιος), για παράδειγμα, οι τιμές σχετικής υγρασίας σε εσωτερικούς χώρους ποικίλλουν πολύ περισσότερο από την εσωτερική θερμοκρασία (εκτός από το ότι θεωρούνται πιο σταθερές, οι κλίσεις της θερμοκρασίας είναι λιγότερο απότομες και λιγότερο έντονες).

- Οι μέγιστες εσωτερικές θερμοκρασίες που καταγράφηκαν και στα δύο δωμάτια ήταν πάνω από πολλές από τις μέγιστες θερμοκρασίες των διεθνών οδηγιών (περίπου $\approx 24^{\circ}\text{C}$ [21, 34-13]). Επιπλέον, στο ΡΗ (2015/16) οι μέγιστες θερμοκρασίες αέρα ($30,2^{\circ}\text{C}$) ξεπέρασαν το ανώτατο όριο που καθορίστηκε από την ASHRAE (μέσω αυτών των προδιαγραφών καθορίζεται ένα σημείο ρύθμισης θερμοκρασίας μεταξύ 15 και 25°C , γίνονται δεκτές εποχιακές προσαρμογές $[\pm 10^{\circ}\text{C}]$ αλλά όχι πάνω από 30°C).

- Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι καταγράφηκαν πολύ χαμηλές τιμές θερμοκρασίας αέρα και κατά τη διάρκεια και των δύο εκστρατειών παρακολούθησης: και στους δύο χώρους καταγράφηκαν τιμές θερμοκρασίας κάτω των 9°C . Και οι δύο καταγραφές αντιστοιχούσαν σε ιδιαίτερα κρύες ημέρες στην Κοΐμπρα: από 1 έως 15 Φεβρουαρίου 2012, η μέση εξωτερική θερμοκρασία (MOT) κυμάνθηκε μεταξύ $4,7$ και 11°C . Η πιο κρύα ημέρα ήταν η 5η Φεβρουαρίου (η ημέρα που καταγράφηκε η χαμηλότερη θερμοκρασία στο ΡΗ). Η χαμηλότερη καταγραφή θερμοκρασίας στο VΗ καταγράφηκε στις 13 Φεβρουαρίου (MOT= $7,2^{\circ}\text{C}$), μετά από μια πολύ κρύα ημέρα, στις 12 Φεβρουαρίου (MOT= 5°C). Παρόλο που το Εγχειρίδιο ASHRAE αναφέρει ότι «οι κρύες χειμερινές περίοδοι έχουν διπλή διάρκεια ζωής» των αντικειμένων [19], οι τιμές θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα κάτω των 10°C είναι ιδιαίτερα δυσάρεστες για τους ενοίκους (εργαζόμενους και επισκέπτες), λαμβάνοντας υπόψη τον σχετικά χαμηλό μεταβολικό ρυθμό ($1,2 - 1,6^{\circ}\text{C}$ [9]). Ακόμα πιο πρόσφατα και ευέλικτα πρότυπα, όπως αυτά που εξετάζουν μια προσαρμοστική συμπεριφορά θερμικής άνεσης (ASHRAE's 55 [3] ή EN15251 [4]), λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές συνθήκες, δεν θεωρούν αποδεκτές εσωτερικές λειτουργικές θερμοκρασίες χαμηλότερες από 17°C [3] ή 19°C [4].

- Οι μέσες τιμές της σχετικής υγρασίας (RH) κυμαίνονταν γενικά μεταξύ 55 και 60%. Στην ΡΗ, κατά τη διάρκεια του 2015/16 αυτή η τιμή ήταν ελαφρώς υψηλότερη.

- Οι ακραίες τιμές της σχετικής υγρασίας ήταν ιδιαίτερα ανησυχητικές (μέγιστες τιμές υψηλότερες από 80% και ακόμη και 90%, και οι χαμηλότερες τιμές που καταγράφηκαν ήταν 30%).
- Η υψηλότερη σταθερότητα των υδροθερμικών παραμέτρων στο VH επιβεβαιώνεται επίσης από τις ετήσιες μέσες τιμές RH, οι οποίες ήταν ίδιες και στις δύο περιόδους παρακολούθησης.

Βραχυπρόθεσμες διακυμάνσεις

Ο ορισμός σταθερών και καθολικών βέλτιστων τιμών για όλους τους τύπους εκτεθειμένων αντικειμένων και υλικών στα μουσεία είναι ένα μάλλον δύσκολο έργο. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο στη βιβλιογραφία βρίσκονται διαφορετικές τιμές αναφοράς και διαστήματα [21-19, 13]. Πιο συναινετική είναι η σημασία των βραχυπρόθεσμων διακυμάνσεων των υδροθερμικών παραμέτρων, δηλαδή των ημερήσιων κύκλων T και RH.

Η φθορά του αντικειμένου εξαρτάται όχι μόνο από τις απόλυτες τιμές καθεμιάς από αυτές τις παραμέτρους, αλλά και από τις διακυμάνσεις τους στο χρόνο. Ανάλογα με το αντικείμενο, η διακύμανση της σχετικής υγρασίας (RH) μπορεί να είναι τόσο σημαντική όσο η διακύμανση της θερμοκρασίας [6].

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί, και στις δύο περιόδους, το VH είχε σημαντικά καλύτερη απόδοση από το PH, ειδικά αν ληφθεί υπόψη η απόδοσή του σύμφωνα με το UNI 10829 [21], ένα πολύ αυστηρό πρότυπο αναφοράς. Εκτός από την επίδραση στην ποιότητα του κτιρίου, η προαναφερθείσα προσωρινή αποθήκευση της προθήκης (όπου τοποθετείται ο καταγραφέας στο VH), συνιστά μια συμπληρωματική μελέτη - όπως δηλώνουν οι Scurri et al., «οι προθήκες έχουν βασική σημασία για τη συντήρηση και χρησιμοποιούνται ευρέως σε μουσεία που δεν είναι εξοπλισμένα με HVAC» [6].

Σε αντίθεση με τις οδηγίες UNI 10829, το πρότυπο EN 15757:2010 [26] δεν ορίζει σταθερά διαστήματα για τις ημερήσιες διακυμάνσεις: οι ημερήσιοι κύκλοι μπορούν να ποικίλλουν και εκτιμώνται για κάθε υπολογιζόμενη τιμή αφαιρώντας τον κινητό μέσο όρο από την στιγμιαία τιμή.

- Εξετάζοντας κάθε δωμάτιο ξεχωριστά, και για τα δύο έτη ανάλυσης, τα ανώτερα και κατώτερα όρια κάθε υγραυερμικής παραμέτρου ποικίλλουν.
- Λαμβάνοντας υπόψη μια ετήσια ανάλυση (π.χ. 2011/12), στο VH οι ημερήσιες διακυμάνσεις είναι μικρότερες, όπως και τα «διαστήματα ασφαλείας».
- Όταν εξετάζουμε τα δεδομένα του 2015/16, τα όρια διακύμανσης που ελήφθησαν είναι αρκετά ανησυχητικά - π.χ. στο VH το ληφθέν διάστημα RH είναι αυστηρότερο από τα όρια του UNI 10829.

Η ανάλυση αναδεικνύει τη σημασία της συνεχούς μακροπρόθεσμης παρακολούθησης (περισσότερο από ένα έτος) των εσωτερικών περιβαλλοντικών συνθηκών των μουσειακών χώρων, με στόχο την υποστήριξη τεκμηριωμένων κατευθυντήριων γραμμών για τη συντήρηση των εκθέσεων. Διαφορετικά, οι εσφαλμένες συνθήκες συντήρησης των αντικειμένων μπορεί να θεωρηθούν δεδομένες. Αυτή η πρόταση ενισχύεται από προηγούμενες έρευνες επί του θέματος [5, 11], οι οποίες επισημαίνουν την αξιοποίηση των ιστορικών κλιματικών συνθηκών εσωτερικών χώρων, καθώς και την ιστορία του ίδιου του κτιρίου και των διαφόρων φάσεων κατασκευής του.

Επιπλέον, επιχειρήθηκε η σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν με παρόμοιες μελέτες περιπτώσεων που είναι διαθέσιμες στη βιβλιογραφία (π.χ. μουσεία που στεγάζονται σε ιστορικά κτίρια), αλλά αυτό αποδείχθηκε δύσκολο έργο. Πρώτον, πολλές από τις πιο πρόσφατες επιτόπιες μελέτες που διεξήχθησαν σε μουσεία αναφέρονται σε κλιματιζόμενους χώρους. Δεύτερον, σε πολλές περιπτώσεις η σύγκριση θα ήταν μεροληπτική λόγω του διαφορετικού τύπου εκθεμάτων, του τύπου χρήσης των δωματίων ή ακόμη και της κατάστασης διατήρησης του ίδιου του κτιρίου.

Μία από τις πιο γνωστές πορτογαλικές μελέτες περίπτωσης είναι αυτή του Εθνικού Μουσείου Τέχνης της Αντίγκουα (MNAA), που βρίσκεται στη Λισαβόνα, σε ένα παλάτι του 17ου αιώνα, στην οποία οι Silva et al. ανέλυσαν «δύο κλιματιζόμενα και ένα μη ελεγχόμενο δωμάτιο, για να κατανοήσουν τη γενική απόκριση του κτιρίου».

Δυστυχώς, ο τελευταίος χώρος αντιστοιχεί στο παρεκκλήσι, το οποίο, με τη σειρά του, ήταν κλειστό για τους επισκέπτες κατά τη διάρκεια της μελέτης (η οποία διεξήχθη το 2014). Σε μια άλλη μελέτη, που αναπτύχθηκε από τους Ferreira et al. για το Μουσείο της

Σχολής Καλών Τεχνών του Πανεπιστημίου του Πόρτο (Μουσείο FBAUP), που εγκαταστάθηκε σε ένα παλάτι του 19ου αιώνα, η έμφαση δόθηκε στις αποθήκες του μουσείου «που επισκέπτονταν σποραδικά το τεχνικό προσωπικό», οι οποίες αερίζονταν μηχανικά. Επιπλέον, η σύγκριση με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στην αίθουσα εκθέσεων θα ήταν παράλογη λόγω της πρόσφατης αποκατάστασης του κτιρίου και της φυσικής του (μεταξύ 2009 και 2010, το Μουσείο FBAUP έχει υποστεί σημαντική παρέμβαση όσον αφορά τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης: την προσθήκη θερμομόνωσης και στεγανοποίησης του κελύφους, τη βελτίωση των παραθύρων και την εγκατάσταση συστημάτων εξαερισμού και κλιματισμού. Επιπλέον, η αρχική φυσική του κτιρίου είναι τυπική της δεκαετίας του 1950 - αποτελούμενη από γρανιτένια τοιχοποιία και πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος.

Εν ολίγοις, η μοναδικότητα του MCUC καθιστά δύσκολη τη σύγκριση. Παρ' όλα αυτά, η διεθνής μελέτη που ανέπτυξαν οι Sciurpu et al. στο μουσείο «La Specola» στη Φλωρεντία (που χτίστηκε τον 18ο αιώνα) [6] είναι αρκετά παρόμοια με αυτήν που παρουσιάζεται εδώ. Αρχικά, αυτό θεωρείται το πρώτο ευρωπαϊκό επιστημονικό μουσείο και είναι γνωστό για τις διάσημες ζωολογικές συλλογές του. Στη συνέχεια, η πειραματική παρακολούθηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων διεξήχθη σε αντιπροσωπευτικές προθήκες εσωτερικών και εξωτερικών αιθουσών, των οποίων τα χαρακτηριστικά δεν διαφέρουν σημαντικά από αυτά του MCUC. Τέλος, οι συγγραφείς πραγματοποίησαν παρόμοια ανάλυση δεδομένων (χρησιμοποιώντας το πρότυπο EN 15757 και συλλογή δεδομένων ενός έτους). Ένα από τα στοιχεία αυτής της μελέτης είναι ότι η τάση των υγροθερμικών παραμέτρων από τους μη ελεγχόμενους χώρους (δηλαδή, απουσία συστημάτων HVAC) ήταν παρόμοια και τα δεδομένα ακολούθησαν το εξωτερικό κλίμα, όπως ακριβώς και στο MCUC. Άλλα συμπεράσματα αφορούσαν τις ημερήσιες διακυμάνσεις αυτών των παραμέτρων, και συγκεκριμένα τη διαφορά μεταξύ των τιμών που καταγράφηκαν εντός και εκτός των προθηκών. Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι προθήκες προβολής «μειώνουν τις διακυμάνσεις της σχετικής υγρασίας σε σχέση με εκείνες των δωματίων» [6], δηλαδή επιβεβαιώθηκε η επίδραση buffering των προθηκών προβολής, υποστηρίζοντας περαιτέρω το ίδιο αποτέλεσμα στο MCUC. Παρά τις ομοιότητες, μπορούν να επισημανθούν ορισμένες διαφορές: i) στο MCUC, στο VH η μέγιστη ΔΤ (24 ώρες) κυμάνθηκε μεταξύ 18,1 και 24,6%, ενώ στο μουσείο «La Specola»

αυτές οι τιμές ήταν ίσες με 3,6 °C και 7% αντίστοιχα· ii) αφετέρου, κατά τη σύγκριση των υγροθερμικών διακυμάνσεων των συνθηκών των δωματίων, στο pH η μέγιστη ΔT (24 ώρες) κυμάνθηκε μεταξύ 6,9 και 10,3 °C και η μέγιστη ΔRH (24 ώρες) κυμάνθηκε μεταξύ 20,6 και 24,0 °C, ενώ στις αναλυθείσες αίθουσες στο μουσείο της Φλωρεντίας αυτές οι τιμές ήταν 4,7 °C και 20%. Γενικά, οι ημερήσιες διακυμάνσεις των υγροθερμικών παραμέτρων μέσα στις προθήκες του μουσείου «La Specola» ήταν πιο ικανοποιητικές. Επιπλέον, αν και η ΔT (24ωρη) του εσωτερικού αέρα ήταν πιο σημαντική στο MCUC (στο PH), η ημερήσια διακύμανση της RH ήταν αρκετά παρόμοια (≈20%).

Πέρα από τις βραχυπρόθεσμες διακυμάνσεις

Είναι γενικά αποδεκτό ότι τα υψηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας θέτουν σε κίνδυνο τις συλλογές. Στην πραγματικότητα, οι τιμές σχετικής υγρασίας άνω του 80% είναι γνωστό ότι ενισχύουν την ανάπτυξη μούχλας και τον κίνδυνο συμπύκνωσης. Στο Εγχειρίδιο ASHRAE, το 75% αναφέρεται ως κρίσιμη τιμή [18]. Από την άλλη πλευρά, όταν τα επίπεδα σχετικής υγρασίας είναι χαμηλά, τα υλικά απελευθερώνουν ορισμένα μόρια νερού μειώνοντας την περιεκτικότητα σε υγρασία, ενισχύοντας τη συρρίκνωσή τους. Εκτός από την ανάλυση του ημερήσιου κύκλου, οι Kalamees et al. προτείνουν ότι για τη μελέτη των ρωγμών στο ξύλο που προκαλούνται από τις διακυμάνσεις της σχετικής υγρασίας σε μια μη θερμαινόμενη εκκλησία, «ένας μήνας θα ήταν ένα πιο κατάλληλο χρονικό διάστημα».

Παρ' όλα αυτά, όσον αφορά τον πιθανό αντίκτυπο των υψηλών επιπέδων σχετικής υγρασίας (RH) στα αρχικά ερμάρια που στεγάζουν την έκθεση στο Μουσείο, για την τρέχουσα ανάλυση η μελέτη μας εξετάζει σε βάθος τις εποχιακές διακυμάνσεις των καταγεγραμμένων δεδομένων, ακολουθώντας τις οδηγίες του προτύπου EN 15757:2010 (π.χ. τον υπολογισμό ενός κινητού μέσου όρου 30 ημερών και του 7ου 93ου εκατοστημορίου - προσδιορισμός των βιώσιμων ορίων) καθώς και τις συστάσεις κατηγορίας B της ASHRAE.

Όπως προτάθηκε προηγουμένως, σε αντίθεση με άλλους κανόνες ή οδηγίες, το EN15757 είναι λιγότερο απαιτητικό, δηλαδή δεν συνιστά σταθερές τιμές, επιτρέποντας μια ημερήσια και εποχιακή διακύμανση των υγροθερμικών παραμέτρων (αν και η προτεινόμενη μεθοδολογία στους κανόνες αφορά κυρίως την υγρασία).

- Μια κορύφωση θερμοκρασίας είναι αισθητή στα δεδομένα του Ιανουαρίου του 2011/12 και στα δύο δωμάτια. Αυτή ήταν μια ημέρα συλλογής δεδομένων από τους καταγραφείς δεδομένων και η κορύφωση πιθανότατα οφειλόταν στον χειρισμό του εξοπλισμού.
- Γενικά (π.χ. εξετάζοντας τους ετήσιους μέσους όρους), η σχετική υγρασία είναι η παράμετρος που αλλάζει περισσότερο, είτε μεταξύ δωματίων είτε/και ετών.
- Οι παρακολουθούμενες τιμές σχετικής υγρασίας είναι γενικά υψηλές. Κατά συνέπεια, οι ανώτεροι στόχοι διασφάλισης που καθορίζονται από το EN 15757 είναι επίσης πολύ υψηλότεροι από αυτούς που καθορίζονται από τις περισσότερες οδηγίες διατήρησης. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στον υπολογισμό της υγρασίας κατά τη διάρκεια του 2015/16. Σε αυτήν την περίπτωση, το 89% της σχετικής υγρασίας επιτεύχθηκε ως στόχος ασφαλείας.
- Η ισχυρή σχέση/εξάρτηση αυτών των δύο παραμέτρων ενισχύεται από τα αποτελέσματα που ελήφθησαν: στο PH, η ασφάλεια τόσο για την υγρασία όσο και για τη θερμοκρασία είναι πιο ακραία από ό,τι στο VH.
- Αν και καταγράφηκαν σημαντικές διακυμάνσεις και στους δύο χώρους και στις περιόδους παρατήρησης, οι ετήσιοι μέσοι όροι δεν απέχουν πολύ από τις συνιστώμενες οδηγίες. Συγκεκριμένα, η κατηγορία B της ASHRAE: σε αυτήν την περίπτωση είτε το 50% είτε ο «ιστορικός ετήσιος μέσος όρος για μόνιμες συλλογές» μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αναφορά. Με τον ίδιο τρόπο, «η θερμοκρασία έχει οριστεί μεταξύ 15 και 25 °C». Εδώ, οι ετήσιοι μέσοι όροι κυμάνθηκαν μεταξύ 18,8 και 19,3 °C.

Με βάση αυτήν την ανάλυση, τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αναλύθηκαν επίσης σύμφωνα με την κατηγορία ελέγχου B της ASHRAE.

Σύμφωνα με αυτά τα κριτήρια: (i) καμία από τις αίθουσες έκθεσης δεν παρουσιάζει ικανοποιητικές συνθήκες όσον αφορά τη διατήρηση της εκτιθέμενης κληρονομιάς· (ii) και οι δύο αίθουσες είχαν καλύτερη απόδοση το 2011/12 από ό,τι το 2015/16· (iii) η αύξηση της RH (>60%) μεταξύ των ετών είναι πολύ σημαντική και ιδιαίτερα ανησυχητική στην PH - το 2015/16, τα δεδομένα παρακολούθησης RH ήταν πάνω από 60% σε περισσότερο από 76% του χρόνου.

Επιπλέον, όπως συνιστάται για αυτήν την κατηγορία διατήρησης, διερευνήθηκαν τιμές θερμοκρασίας κάτω των 30 °C και στις δύο αίθουσες έκθεσης (PH και VH): αυτό το υποκριτήριο επιτεύχθηκε σχεδόν στο 100% του χρόνου παρακολούθησης (τόσο 2011/12 όσο και 2015/16).

Εκτός από το σταθερό διάστημα RH 40 – 60% (μέσος όρος $50 \pm 10\%$), τα δεδομένα διερευνήθηκαν σύμφωνα με τον ιστορικό ετήσιο μέσο όρο. Στην πραγματικότητα, το 2015/16, το ποσοστό συμμόρφωσης VH είναι σχεδόν 100%. Για άλλη μια φορά, τονίζεται η σημασία της διεξαγωγής προσεκτικής ανάλυσης δεδομένων, «για την υποστήριξη τεκμηριωμένων κατευθυντήριων γραμμών για τη συντήρηση των εκθεμάτων». Ο ορισμός των κατάλληλων στόχων διατήρησης δεν μπορεί να αποσυνδεθεί από τις προειδοποιήσεις και τη στρατηγική ανάλυση των δεδομένων που παρακολουθούνται.

Συμπεράσματα

Εκτός από την αυξανόμενη προσοχή που δίνεται στην πτυχή της διατήρησης των εκθεμάτων σε μουσειακούς χώρους, έχει επίσης δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην κατανάλωση ενέργειας τέτοιων κτιρίων, ιδιαίτερα σε χώρους Πολιτιστικής Κληρονομιάς.

Όπως αναφέρουν οι Celenza et al., η θερμική ενέργεια θέρμανσης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα σε τέτοια κτίρια, η σωστή διαχείρισή της παίζει βασικό ρόλο στην παγκόσμια ενεργειακή απόδοση και ενισχύει τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτή η ανησυχία καθίσταται ακόμη πιο επίκαιρη με την πρόσφατη δημοσίευση του προτύπου EN 16883:2017 Conservation of Cultural Heritage – Guidelines for Improving the Energy Performance of Historic Buildings [34], το οποίο θα έπρεπε να είχε εφαρμοστεί σε κάθε ευρωπαϊκό κράτος μέλος το αργότερο έως τον Νοέμβριο του 2017. Ως εκ τούτου, ο σωστός ορισμός του διαστήματος των υγροθερμικών παραμέτρων αποτελεί ένα θεμελιώδες βήμα προς τα εμπρός. Οι ακατάλληλοι στόχοι θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας ενδέχεται να θέσουν τις συλλογές σε κίνδυνο και να οδηγήσουν σε κακή χρήση ενέργειας.

Η αποφυγή γρήγορων ή ακραίων διακυμάνσεων ελαχιστοποιεί την φθορά των αντικειμένων. Όπως παρατηρήθηκε, σε αυτό το ιστορικό μουσείο, η θερμική μάζα του κτιρίου βοήθησε θετικά στην αποφυγή απότομων βραχυπρόθεσμων διακυμάνσεων και

τα δεδομένα παρακολούθησης, αν και όχι βέλτιστα, ήταν γενικά ικανοποιητικά - το πιθανό φαινόμενο buffering της προθήκης (όπου έχει τοποθετηθεί ο καταγραφέας στο VH) δεν μπορεί επίσης να παραμεληθεί και υποδηλώνει πρόσθετη μελέτη επί του θέματος, όπως ενισχύεται από τη συγκριτική μελέτη των Sciurpi et al. στο μουσείο «La Specola» [6].

Το ίδιο δεν μπορεί να ειπωθεί για τις ακραίες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα ή/και της σχετικής υγρασίας. Τα δεδομένα έδειξαν την ανάγκη εισαγωγής κάποιου ελέγχου με στόχο την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων των πιο ακραίων τιμών, π.χ. σχετική υγρασία > 75% και θερμοκρασία > 30 °C, έτσι ώστε κατά τη διάρκεια του έτους, όταν εξαιρείται το 14% των δεδομένων πέραν των στόχων ασφαλείας όπως ορίζονται σύμφωνα με το πρότυπο EN 15757:2010, οι κορυφές να ελαχιστοποιούνται και τα ακραία όρια να σέβονται αυτές τις μέγιστες τιμές.

Όπως επισημαίνουν οι Richman et al.[11] και Timusk, υπάρχουν πολλές λύσεις για τη μείωση του δυναμικού συμπύκνωσης, δηλαδή: (i) μείωση της εσωτερικής σχετικής υγρασίας (RH) παρέχοντας περισσότερο αερισμό, (ii) αέρας – μονώνοντας το κέλυφος του κτιρίου και (iii) αποσυμπίεση του εσωτερικού χώρου κατά τη διάρκεια ψυχρών περιόδων. Στην παρούσα περίπτωση, οι συγγραφείς πιστεύουν ότι η ακριβής αφύγρανση του αέρα κατά τη διάρκεια των κρίσιμων περιόδων θα βελτίωνε άμεσα τα αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν. Μια άλλη επιλογή θα μπορούσε να είναι η θέρμανση του εσωτερικού αέρα όταν η σχετική υγρασία είναι υψηλότερη. Επιπλέον, προκειμένου να ενισχυθεί ένα πιο σταθερό περιβάλλον, θα μπορούσαν να εφαρμοστούν ορισμένα άλλα μέτρα: η προσθήκη ενός στρώματος υγρασκοπικών υλικών στους τοίχους ή τις οροφές αυξάνοντας την υγρασκοπική αδράνεια των δωματίων.

Καθώς δεν είναι δυνατόν να οριστούν βέλτιστες τιμές για όλα τα υλικά σε όλες τις αίθουσες (όπως προτείνεται στο [21], καθώς οι αίθουσες έκθεσης επικοινωνούν μεταξύ τους και είναι ενσωματωμένες σε μια γκαλερί τύπου βαγονιού), σύμφωνα με τις διάφορες αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν και στις δύο αίθουσες (VH / RH) και τα δύο έτη (2011/12 και 2015/16), οι βέλτιστες τιμές για τις αίθουσες MCUC ορίζονται ως επί το πλείστον σε γενικές γραμμές:

$40\% < RH < 75\%$ & $15^{\circ}C < T < 27,5^{\circ}C$

Αυτά τα υγροθερμικά εύρη είναι αρκετά ευρέα και απέχουν πολύ από τις πιο ασυμπερασματικά, η παρούσα εργασία παρέχει μια λεπτομερή εικόνα της σημασίας της μακροπρόθεσμης υγροθερμικής αξιολόγησης των μουσειακών χώρων. Η παρούσα μεθοδολογία (βασισμένη κυρίως στο πρότυπο EN 15757 - βασισμένη σε δύο περιόδους 395 ημερών παρακολουθούμενων δεδομένων σε χρονικές αποστάσεις, στην προκειμένη περίπτωση σε απόσταση τεσσάρων ετών), ξεκινώντας από μια συνολική αξιολόγηση των δεδομένων και ακολουθούμενη από την ανάλυση των βραχυπρόθεσμων διακυμάνσεων (που καθορίστηκαν σύμφωνα με το πρότυπο EN 15757 αλλά αναλύθηκαν επίσης σύμφωνα με τις οδηγίες της ASHRAE), έχει δείξει πόση ποικιλία αποτελεσμάτων μπορούν να αναμένονται. Επιπλέον, επισημαίνει τη σημασία της διεξαγωγής μιας σωστής ανάλυσης δεδομένων, με στόχο την αποφυγή ακατάλληλης ερμηνείας και παραπλάνησης των πραγματικών απαιτήσεων τέτοιων χώρων.

παιτητικές διεθνείς οδηγίες.

Η επιλογή του διαρρηγμένου κτιρίου που θα μελετηθεί μπορεί να βρεθεί από μια βάση δεδομένων για τα χαρακτηρισμένα διατηρητέα κτίρια του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας [31].

Στο παράρτημα παρουσιάζονται μερικά διατηρητέα κτίρια που υπάρχουν στο Δήμο Χαλανδρίου.

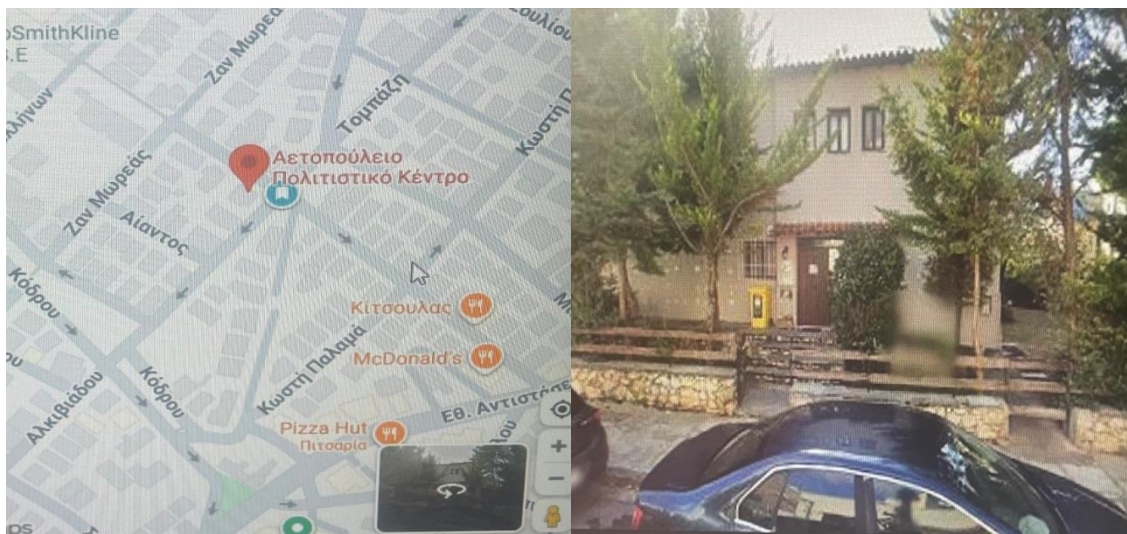
Β' ΜΕΡΟΣ.

5. Επιλογή των κτιρίων που θα μελετηθούν.

Τελικά επιλέχθηκαν να μελετηθούν δύο κτίρια που είναι στην ιδιοκτησία του Δήμου Χαλανδρίου γιατί υπάρχει μεγαλύτερη δυνατότητα προσβασιμότητας και λήψης μετρήσεων από τα λοιπά διατηρητέα κτίρια που είναι ιδιωτικά και δεν θα υπήρχε η ίδια δυνατότητα επισκεψιμότητας και μετρήσεων. Το πρώτο είναι το Αετοπούλειο πολιτιστικό Κέντρο Δήμου Χαλανδρίου που στεγάζει και τη δημοτική βιβλιοθήκη και το δεύτερο είναι το κτίριο "Νόμπελ" το οποίο θα στεγάσει μελλοντικά τις πολιτιστικές εκδηλώσεις του Δήμου, Δημοτική Βιβλιοθήκη και περιστασιακές εκθέσεις καλλιτεχνών.

5.1. Αετοπούλειο Πολιτιστικό Κέντρο Δήμου Χαλανδρίου- Γενική περιγραφή.

Το Αετοπούλειο Πολιτιστικό Κέντρο βρίσκεται στη συμβολή των οδών Τομπάζη και Φιλικής Εταιρείας, στο Χαλάνδρι (Τομπάζη & Φιλικής Εταιρείας στους Χάρτες Google <https://maps.app.goo.gl/B2pXuSGL1bjEFJnm8>).



Εικόνα 3.: Απεικόνιση του Αετοπούλειο Πολιτιστικού Κέντρου του Δήμου Χαλανδρίου από το google maps

Ως κτίσμα ανεγέρθηκε και υφίσταται νόμιμα δυνάμει της υπ' αρ. Α2821/1967 Άδειας (Οικοδομής) που εκδόθηκε από το Γραφείο Πολεοδομίας Αθηνών.

Το κτίριο έχει πολιτιστική χρήση. Το ισόγειο λειτουργεί ως αίθουσα πολιτιστικών εκδηλώσεων (παρουσιάσεις βιβλίων, ομιλίες, προβολές ιστορικών και μη ντοκιμαντέρ κ.λ.π.) και ο όροφος φιλοξενεί μεγάλο αριθμό βιβλίων και λειτουργεί και ως δανειστική βιβλιοθήκη για τους δημότες. Το κτίριο αναπτύσσεται σε τρία επίπεδα: υπόγειο, ισόγειο και άνωθεν αυτού όροφος με στέγη.

Ο Φέρων Οργανισμός του κτιρίου έχει κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Οι εσωτερικές και εξωτερικές πληρωπληρώσεις αποτελούνται από δρομικές και μπατικές οπτοπλινθοδομές αντίστοιχα, χωρίς ενσωμάτωση συστήματος θερμομόνωσης στο εσωτερικό τους. Τα επιχρίσματα του κτιρίου έχουν κατασκευαστεί από ασβεστοσιμεντοκίαμα τριών στρώσεων.

Τα κουφώματα είναι συμπαγή ξύλινα με μονή υάλωση.

Το δάπεδα των εσωτερικών χώρων έχουν κατασκευαστεί από συμπαγή ξύλινα στοιχεία (παρκέ).

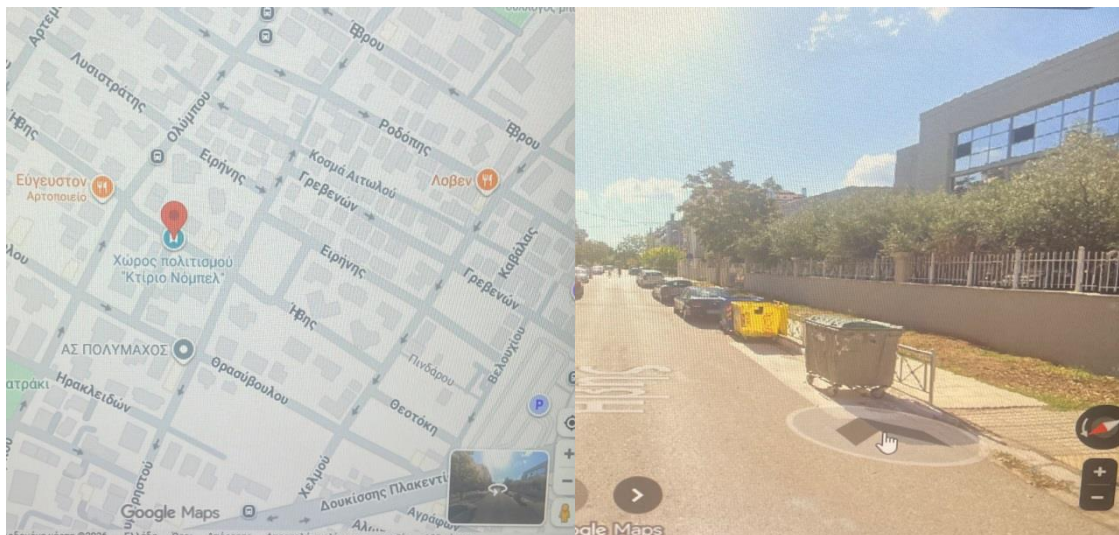
Οι επιστρώσεις των υπαίθριων και ημιυπαίθριων χώρων του ορόφου έχουν επίστρωση με κεραμικά πλακίδια, ενώ οι αντίστοιχες επιφάνειες του περιβάλλοντα χώρου με φυσικούς σχιστόλιθους.

Η κάλυψη του κτιρίου πραγματοποιείται με κεραμοσκεπή επί της πλάκας οροφής ορόφου από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Η θέρμανση των εσωτερικών χώρων πραγματοποιείται και με σύστημα καυστήρα πετρελαίου και θερμαντικών σωμάτων, ενώ ο κλιματισμός με εσωτερικές μονάδες κλιματισμού (A/C) σε κάθε χώρο του κτιρίου.

5.2. Το Κτιρίου «Νόμπελ» του Δήμου Χαλανδρίου- Γενική περιγραφή.

Το κτίριο αυτό βρίσκεται στην οδό Ήβης, 15234 στο Χαλάνδρι και σε αυτό θα στεγαστεί το μελλοντικό Πολιτιστικό κέντρο του Δήμου.



Εικόνα 4.: Απεικόνιση του κτιρίου Νόμπελ από το google maps

Για το κτίριο αυτό έχει εκδοθεί η με αριθμό 432/2005 άδεια οικοδομής για την «Ανέγερση τριώροφου κτιρίου πολιτιστικών εκδηλώσεων και στέγασης ιδιωτικής συλλογής και διώροφο κτίριο περιοδικών εκθέσεων με υπόγειους βοηθητικούς χώρους και γκαράζ». Το κτίριο αυτό ήταν ιδιοκτησία της οικογένειας Μάρκου και κατά τη μεταβίβασή του ακινήτου στο Δήμο Χαλανδρίου στις 31/12/2015 είχαν ήδη περατωθεί οι ακόλουθες κατασκευαστικές φάσεις του κτιρίου:

- Ο φέρων οργανισμός από οπλισμένο σκυρόδεμα
- Η διαμόρφωση των όψεων, ήτοι οι εξωτερικές τοιχοποιίες και τα ανοίγματα, η κατασκευή των εξωτερικών επιχρισμάτων και οι εξωτερικοί χρωματισμοί
- Η τοποθέτηση των εξωτερικών κουφωμάτων &
- Οι βασικές διαμορφώσεις και χαράξεις του περιβάλλοντα χώρου (περιστοίχιση, βασικές στάθμες επιπέδων, διαμόρφωση φύτευσης κ.λ.π.)

Η αρχιτεκτονική διαμόρφωση του κελύφους του κτιρίου παραπέμπουν σε δείγμα του μπρουταλισμού με χρήση των αντίστοιχων συνθετικών εργαλείων για τη διαμόρφωση των όψεων και των εσωτερικών χώρων του κτιρίου.

Κύρια χαρακτηριστικά του αποτελούν:

- Η εκτεταμένη χρήση σκυροδέματος με μεγάλες διατομές φερόντων στοιχείων και κατασκευή στοιχείων τοιχοπλήρωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα. Χαρακτηριστικό είναι ότι το σύνολο των επιφανειών του κελύφους έχει κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα, με απλό χρωματισμό, χωρίς την κάλυψή τους με επιχρίσματα ή άλλα υλικά.
- Η έντονη γραμμικότητα της ογκοπλαστικής διάρθρωσης του κτιρίου, με διάκριση των όγκων που συναποτελούν το κτιριακό σύνολο.
- Τα ενιαία ανοίγματα, με στόχο την αντίστοιχη διάκριση πλήρων και κενών επιφανειών που διαμορφώνουν τις όψεις του κτιρίου.
- Η διαμόρφωση ενιαίων εσωτερικών χώρων επιτυγχάνεται μέσω γεφύρωσης των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων στην περίμετρο της κάτοψης με σύστημα δοκών μεγάλης διατομής, μήκους και πυκνότητας, χωρίς ενδιάμεση υποστήλωση.

Το κτίριο αυτό θα στεγάσει τμήμα των βιβλίων του Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου αλλά θα λειτουργήσει και ως εκθεσιακός χώρος καλλιτεχνών (ζωγράφων, γλυπτών κ.λ.π)

Μια οπτική εικόνα για τα δύο αυτά υπό μελέτη κτίρια μπορούμε να έχουμε στην παράγραφο 12 “Παράρτημα φωτογραφιών των υπό μελέτη κτιρίων του Δήμου Χαλανδρίου”.

6. Θερμοφυσικές ιδιότητες των υπό μελέτη κτιρίων

Οι θερμοφυσικές ιδιότητες ενός κτιρίου είναι ουσιαστικά η «ταυτότητα» του τρόπου με τον οποίο το κτίριο διαχειρίζεται τη θερμότητα. Δεν είναι κάτι στατικό, αλλά ένα δυναμικό αποτέλεσμα που εξαρτάται από πολλούς παράγοντες.

Οι κύριοι άξονες από τους οποίους εξαρτώνται αυτές οι ιδιότητες είναι οι εξής:

1. Τα Υλικά Κατασκευής

Είναι ο σημαντικότερος παράγοντας, καθώς κάθε υλικό έχει διαφορετική συμπεριφορά απέναντι στη θερμότητα.

- Θερμική Αγωγιμότητα : Πόσο εύκολα περνάει η θερμότητα μέσα από το υλικό. Υλικά όπως το μέταλλο έχουν υψηλές τιμές ενώ τα μονωτικά (πολυστερίνη, πετροβάμβακας) πολύ χαμηλές τιμές.
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα : Η ικανότητα του υλικού να αποθηκεύει θερμότητα.
- Πυκνότητα : Τα βαριά υλικά (π.χ. μπετόν, πέτρα) έχουν συνήθως μεγαλύτερη θερμική μάζα σε σχέση με τα ελαφριά (π.χ. ξύλο, γυψοσανίδα).

2. Η Θερμική Αδράνεια (Thermal Mass)

Εξαρτάται από τον συνδυασμό της μάζας και της θερμοχωρητικότητας των υλικών.

- Κτίρια με υψηλή θερμική αδράνεια (πέτρινοι τοίχοι) αργούν να ζεσταθούν αλλά και να κρυώσουν, λειτουργώντας ως «θερμικές μπαταρίες».
- Αυτό βοηθά στην εξομάλυνση των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας μεταξύ μέρας και νύχτας.

3. Η Γεωμετρία και ο Προσανατολισμός

Ο τρόπος που είναι τοποθετημένο το κτίριο στον χώρο αλλάζει τα δεδομένα:

- Συντελεστής Σχήματος: Η σχέση της εξωτερικής επιφάνειας προς τον όγκο του κτιρίου. Όσο πιο «συμπαγές» είναι ένα κτίριο, τόσο λιγότερες απώλειες έχει.
- Προσανατολισμός: Η έκθεση στον ήλιο επηρεάζει τη θερμική απορρόφηση (π.χ. νότιος προσανατολισμός για κέρδη τον χειμώνα).

4. Η Κατάσταση των Κουφωμάτων (Διαφανή Στοιχεία)

Τα παράθυρα είναι συνήθως οι «ασθενείς κρίκοι» της θερμοφυσικής συμπεριφοράς.

- Εξαρτώνται από τον τύπο του υαλοπίνακα (μονός, διπλός, ενεργειακός) και το πλαίσιο (αλουμίνιο, PVC, ξύλο).
- Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) των κουφωμάτων καθορίζει το πόση ενέργεια χάνεται προς το περιβάλλον.

Τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των κτιρίων στην Ελλάδα καθορίζονται και περιγράφονται αναλυτικά στις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ), οι οποίες συνοδεύουν τον ΚΕΝΑΚ (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων).

Συγκεκριμένα στην ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 περιγράφονται αναλυτικά τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των κτιρίων στην Ελλάδα ανάλογα με τα υλικά κατασκευής του κάθε κτιρίου και την ημερομηνία κατασκευής του.

6.1. Θερμοφυσικές ιδιότητες κτιρίου Αετοπουλείου.

Στο Αετοπούλειο Πολιτιστικό Κέντρο του Δήμου Χαλανδρίου ο Φέρων Οργανισμός του κτιρίου έχει κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Οι εσωτερικές και εξωτερικές πληρώσεις αποτελούνται από δρομικές και μπατικές οπτοπλινθοδομές αντίστοιχα, χωρίς ενσωμάτωση συστήματος θερμομόνωσης στο εσωτερικό τους. Αυτό σημαίνει ότι η με τη δρομική τοιχοποιία περιγράφουμε τον τρόπο κατασκευής των εσωτερικών τοίχων με πάχος στα 10 cm που από τη μια εξοικονομεί χώρο αλλά έχει πολύ μικρή αντίσταση ακουστική και θερμική αντίσταση.

Αναφερόμενοι στη μπατική τοιχοποιία περιγράφουμε την κατασκευή της εξωτερικής τοιχοποιίας που έχει πάχος περίπου 20cm χωρίς τα επιχρίσματα. Με αυτόν τον τρόπο χτισίματος επιτυγχάνουμε μια περισσότερο στιβαρή κατασκευή και με καλύτερη θερμομόνωση από τη δρομική κατασκευή (που χρησιμοποιούμε για τους εσωτερικούς τοίχους) λόγω μεγαλύτερου πάχους και μάζας αλλά είναι ανεπαρκής για τα σημερινά δεδομένα.

Τα επιχρίσματα του κτιρίου έχουν κατασκευαστεί από ασβεστοτσιμεντοκίαμα τριών στρώσεων.

Τα κουφώματα είναι συμπαγή ξύλινα με μονή υάλωση.

Το δάπεδα των εσωτερικών χώρων έχουν κατασκευαστεί από συμπαγή ξύλινα στοιχεία (παρκέ).

Η περιγραφή αυτή αναφέρεται σε έναν πολύ συνηθισμένο τρόπο κατασκευής των ελληνικών κτιρίων (κυρίως πριν από το 1979), όπου η «προστασία» του κτιρίου βασιζόταν αποκλειστικά στο πάχος του τούβλου και όχι σε σύγχρονα μονωτικά υλικά.

Το κτίριο του Αετοπουλείου όπως αναφέρθηκε νωρίτερα έχει κατασκευαστεί με μια οικοδομική άδεια του 1967. Συνεπώς πριν την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομονωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) από εφαρμόστηκε από το 1979 και δεν έχει καμία θερμομονωτική προστασία στην εξωτερική τοιχοποιία από μονωτικά υλικά. Δηλαδή οι εξωτερικοί τοίχοι δεν έχουν διάκενο και είναι συμπαγείς. Και δεν υπάρχουν υλικά όπως διογκωμένη πολυστερίνη (φελιζόλ), πετροβάμβακας ή εξηλασμένη πολυστερίνη ανάμεσα στα τούβλα ή εξωτερικά. Υπάρχουν θέματα θερμογεφυρών καθώς το μπετόν (κολώνες και δοκάρια) είναι εκτεθειμένα στο εξωτερικό περιβάλλον και δημιουργούνται σημεία που η ζέστη ή το κρύο «δραπετεύουν» αμέσως.

Οι κατηγορίες των κτιρίων ορίζονται από την ημερομηνία έκδοσης της οικοδομικής τους άδειας. Στην περίπτωση μας που το Αετοπούλειο κτίριο έχει οικοδομική άδεια το 1967, εντάσσεται στην 1^η κατηγορία για κτίρια που έχουν οικοδομική άδεια πριν την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (4 Ιουλίου του 1979) περίοδο στην οποία δεν υπήρχε καμία απαίτηση για τη θερμομονωτική προστασία του κελύφους του κτιρίου. Πρακτικά ως τυπική ημερομηνία οριοθέτησης της περιόδου αυτής ορίζεται η 1^η Ιανουαρίου του 1980.

Το Αετοπούλειο κτίριο βρίσκεται στην κλιματική ζώνη Β σύμφωνα με τον πίνακα 1.4 της TOTEE 20701-1/2017 και η χρήση του είναι χώρου γραφείου και συνάθροισης κοινού σύμφωνα με τον πίνακα 1.5 της TOTEE 20701-1/2017.

Κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία.

Στην παράγραφο 4.2 της TOTEE 20701-2017 περιγράφονται τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων των κτιρίων.

Στην παράγραφο 4.2.2 της TOTEE20701-1/2017 περιγράφονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων.

Στον πίνακα 3.3 α ορίζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας U [$W/(m^2 \cdot K)$] των επιμέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ανέγερσης νέου κτιρίου και στον πίνακα 3.4 α ορίζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας U [$W/(m^2 \cdot K)$] των επιμέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφισταμένου κτιρίου (TOTEE20701-1/2017).

Στον πίνακα 3.5 α της TOTEE20701-1/2017 περιγράφονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτίρια των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε πριν την εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ (2010).

Στη περίπτωση μας ο μπατικός (εξωτερικός) επιχρισμένος και από τις δύο όψεις αμόνωτος τοίχος ο οποίος έχει συντελεστή θερμοπερατότητας $U = 3,40 \text{ [W/(m}^2\text{*K)]} > U = 0,45 \text{ [W/(m}^2\text{*K)]}$ που είναι η τιμή για έναν σύγχρονο τοίχο που καλύπτει τις προδιαγραφές του ΚΕΝΑΚ για τη ζώνη Β' που βρισκόμαστε ή για την τιμή του U για την ριζική ανακαίνιση που είναι $0,5 \text{ [W/(m}^2\text{*K)]}$.

Συνεπώς έχουμε πολύ υψηλό ποσοστό απωλειών από την εξωτερική τοιχοποιία.

Οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία.

Στο κτίριο του Αετροπουλείου έχουμε πλάκα οροφής και κεραμοσκεπή (στέγη) χωρίς μόνωση. Από τον πίνακα 3.5 β της ΤΟΤΕΕ20701-1/2017 για περιπτώσεις οριζόντιας οροφής κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη έχουμε τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας $U = 3,7 \text{ [W/(m}^2\text{*K)]}$ που είναι κατά πολύ μεγαλύτερη τιμή από τον μέγιστο συντελεστή θερμοπερατότητας μετά την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) του 1979 που ορίζει την τιμή των $U = 0,5 \text{ [W/(m}^2\text{*K)]}$ για εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές, πυλωτές) για τη ζώνη Β'. Δηλαδή έχουμε τετραπλάσιες και περισσότερο ενεργειακές απώλειες.

Το δε δάπεδο για επαφή με το έδαφος χωρίς θερμομονωτική προστασία από τον πίνακα 3.5 β μας δίνει μια τιμή στα $3,1 \text{ [W/(m}^2\text{*K)]}$ που και αυτή η τιμή είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την τιμή του πίνακα 3.6 της ίδιας ΤΟΤΕΕ, που ορίζει τον μέγιστο επιτρεπόμενο συντελεστή της θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων σύμφωνα με τον ΚΘΚ όπου για το δάπεδο σε επαφή με το έδαφος για την ζώνη Β' είναι $1,90 \text{ [W/(m}^2\text{*K)]}$. Έχουμε και εδώ σημαντική απόκλιση που δηλώνει ότι και από το δάπεδο θα έχουμε σημαντικές ενεργειακές απώλειες στο κτίριό μας.

Κατακόρυφα διαφανή δομικά στοιχεία.

Στην παράγραφο 4.2.3 της ΤΟΤΕΕ20701-1/2017 περιγράφεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας των αδιαφανών επιφανειών.

Γενικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος U_w εξαρτάται από το υλικό του πλαισίου, το σύστημα των υαλοπινάκων που φέρει, το ποσοστό επιφάνειας πλαισίου και υαλοπινάκων επί του κουφώματος και το μήκος της θερμογέφυρας που σχηματίζεται στα σημεία ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο.

Στην περίπτωση μας στο κτίριο του Αετοπουλείου έχουμε ξύλινα κουφώματα με μονά τζάμια.

Από τον πίνακα 3.8 μπορούμε να δούμε τις τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα U_g για διάφορους τύπους υαλοπίνακα. Για μονό υαλοπίνακα που έχουμε εμείς η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι $U_g = 5,7 [W/(m^2 \cdot K)]$ και είναι κατά πολύ μεγαλύτερη (δηλαδή χειρότερη) από τις τιμές από την χρήση του δίδυμου υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6mm με $U_g = 3,3 [W/(m^2 \cdot K)]$ και από την τιμή του δίδυμου υαλοπίνακα με διάκενο αέρα των 12mm με $U_g = 2,8 [W/(m^2 \cdot K)]$ που χρησιμοποιούμε πλέον στις νέες κατασκευές.

Στην παράγραφο 4.2.3.2 της ΤΟΤΕΕ20701-1/2017 περιγράφεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου.

Από τον πίνακα 3.9 βλέπουμε ότι το απλό ξύλινο πλαίσιο που έχουμε στην περίπτωση του Αετοπουλείου κτιρίου μας έχει μια τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας πλαισίου $U_f = 2,2 [W/(m^2 \cdot K)]$, ενώ τα σύγχρονα μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 12mm και 24mm έχουν αντίστοιχα τιμές $U_f = 3,5 [W/(m^2 \cdot K)]$ (για τα 12mm) και $U_f = 2,8 [W/(m^2 \cdot K)]$ (για τα 24mm).

Σημαντική είναι και η προστασία που προσφέρουν τα εξωτερικά φύλλα των κουφωμάτων με τα ξύλινα κουφώματα της εποχής κατασκευής του κτιρίου να παρουσιάζουν χαμηλή αεροστεγανότητα (πίνακας 3.12 /ΤΟΤΕΕ20701-1/2017).

Στον πίνακα 3.8 παρουσιάζονται οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπίνακα τόσο για την περίπτωση του μονού υαλοπίνακα που έχουμε στο κτίριό μας, όσο και για τους δίδυμους υαλοπίνακες με θερμοδιακοπή. Στην περίπτωση του μονού υαλοπίνακα έχουμε συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπίνακα $U_g=5,7[W/(m^2 \cdot K)]$, ενώ

για δίδυμο πίνακα με θερμοδιακοπή 6mm έχουμε συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπίνακα $U_g=3,3[W/(m^2 \cdot K)]$

Στον πίνακα 3.9. παρουσιάζονται οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου για ξύλινα και μεταλλικά κουφώματα. Για τα ξύλινα κουφώματα που έχει το κτίριό μας έχουμε συντελεστή θερμοπερατότητας $U_f=2,2 [W/(m^2 \cdot K)]$, ενώ τα μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 12mm έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας $U_f=3,5 [W/(m^2 \cdot K)]$

Στον πίνακα 3.13 γ παρουσιάζονται οι τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων $U_w [W/(m^2 \cdot K)]$ με χρήση εξώφυλλων αδιαφόρων της αεροστεγανότητάς τους.

Για τα ξύλινα κουφώματα με μονό υαλοπίνακα.

έχουμε τιμές του $U_w [W/(m^2 \cdot K)]$ από 4,2 – 4,0 – 3,7 $[W/(m^2 \cdot K)]$, όταν οι αντίστοιχες τιμές για τα μεταλλικά κουφώματα με θερμοδιακοπή 12mm και διάκενο αέρα 6mm που συνήθως χρησιμοποιούμε πλέον είναι στα 3,2 – 3,1 – 3,1 $[W/(m^2 \cdot K)]$.

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα η θερμοχωρητικότητα καθορίζει τη δυνατότητα ενός υλικού να αποθηκεύει θερμότητα όταν το περιβάλλον είναι ζεστό και να την αποδίδει όταν αυτό κρυώνει. Η θερμοχωρητικότητα εξαρτάται από τη μάζα και το είδος των υλικών.

Οι διαφορές ανάμεσα στο κτίριο του Αετοπουλείου και κάποιο στο οποίο έχει εφαρμοστεί ο ΚΕΝΑΚ είναι πολλές καθώς το παλαιό κτίριο που μελετάμε του 1967 δεν έχει μόνωση και έχει μεγάλη θερμική μάζα εκτεθειμένη άμεσα στο εξωτερικό και εσωτερικό περιβάλλον. Δηλαδή επειδή δεν υπάρχει μόνωση το καλοκαίρι οι τοίχοι πυρώνουν μέχρι το εσωτερικό τους και εκπέμπουν ζέστη όλη τη νύχτα και τον χειμώνα η μάζα της τοιχοποιίας “ρουφάει” τη ζέστη από τα καλοριφέρ ή τα κλιματιστικά και καθυστερώντας τη θέρμανση του χώρου. Επίσης λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας είναι πολύ πιθανό να εμφανιστούν φαινόμενα μούχλας στις γωνίες ή χαμηλά στους τοίχους καθώς οι υδρατμοί του αέρα συμπυκνώνονται πάνω στον κρύο και αμόνωτο τοίχο.

Στα σύγχρονα κτίρια που εφαρμόζεται ο ΚΕΝΑΚ συνήθως τοποθετείται θερμοπρόσοψη εξωτερικά, οπότε όλη η μάζα του τούβλου και του μπετόν βρίσκεται εντός του θερμομονωτικού περιβλήματος. Έτσι το κτίριο αποκτά τεράστια εσωτερική θερμοχωρητικότητα και μόλις ζεσταθεί ο εσωτερικός αέρας οι τοίχοι αποθηκεύουν τη ζέστη και την κρατούν εντός λόγω της εξωτερικής θερμομόνωσης.

Στο κτίριο λοιπόν του Αετοπουλείου που έχει κατασκευαστεί με τα ισχύοντα της οικοδομικής άδειας του 1967 παρουσιάζει μεγάλη “ενεργειακή σπατάλη”.

Πίνακας των Υλικών του Αετοπουλείου(από την ΤΟΤΕΕ20701-1/2017).

	Κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία			
Υλικό Κατασκευής	Συντελεστής θερμοπερατότητας $U [W/(m^2 \cdot K)]$ (πρίν την εφαρμογή του ΚΘΚ, 1979) – Ζώνη Β΄	Συντελεστής θερμοπερατότητας $U [W/(m^2 \cdot K)]$ (μετά την εφαρμογή του ΚΘΚ, 1979) – Ζώνη Β΄	Συντελεστής θερμοπερατότητας $U [W/(m^2 \cdot K)]$ (νέα κατασκευή κατά ΚΕΝΑΚ) – Ζώνη Β΄	Συντελεστής θερμοπερατότητας $U [W/(m^2 \cdot K)]$ (ριζική ανακαίνιση κατά ΚΕΝΑΚ) – Ζώνη Β΄
Εξωτερικός τοίχος από τούβλα χωρίς μόνωση (επιχρισμένος και από τις δύο όψεις)	3,4	1,00	0,45	0,50
	Οριζόντια αδιαφανή στοιχεία			
Πλάκα οροφής και κεραμοσκεπή (στέγη) χωρίς μόνωση	3,7	1,00	0,5	0,9
Δάπεδο για επαφή με το έδαφος χωρίς θερμομονωτική	3,1	1,9	0,8	0,9

προστασία				
Κατακόρυφα διαφανή δομικά στοιχεία				
Ξύλινα Κουφώματα με μονό υαλοπίνακα	Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα U_g [W/(m ² *K)]		Συντελεστής υαλοπίνακα πλαισίου U_f [W/(m ² *K)]	
Μονός υαλοπίνακας	5,7			
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 6mm	3,30			
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12mm	2,8			
Ξύλινο πλαίσιο			2,20	
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοπδιακοπή 12mm			3,5	
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24mm			2,8	
	Τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων U_w [W/(m ² *K)]			
Ξύλινα κουφώματα με μονό υαλοπίνακα	4,2 – 4,0 – 3,7 (20% - 30% - 40% / ποσοστό πλαισίου)			
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12mm & διάκενο 6 mm		3, 2 – 3,1 – 3,1 (20% - 30% - 40% / ποσοστό πλαισίου)		

Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24mm & διάκενο 6mm			3,0 – 2,9 – 2,8 (20% - 30% - 40% / ποσοστό πλαισίου)
--	--	--	--

6.2. Θερμοφυσικές ιδιότητες κτιρίου “Νόμπελ”.

Για το κτίριο αυτό είχε εκδοθεί αρχικά μια οικοδομική άδεια το 2005, δηλαδή μετά την εφαρμογή του ΚΘΚ (Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων) αλλά πριν την εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ (το 2012). Μετά εκδόθηκε νέα οικοδομική άδεια με αριθμό 1580452/10-09-2025 στην οποία λαμβάνεται υπόψη ο ΚΕΝΑΚ και προβλέπεται μετά την ολοκλήρωσή του να είναι ενεργειακής κατάταξης Α' με βάση τον ΚΕΝΑΚ.

Το κτίριο αυτό αυτή την περίοδο είναι ένα ημιτελές κτίριο από οπλισμένο σκυρόδεμα με μεταλλικά κουφώματα χωρίς θερμοδιακοπή με μονό υαλοστάσιο καθώς σε αυτή την κατασκευαστική κατάσταση είχε αγοραστεί από τον Δήμο Χαλανδρίου. Στο μέλλον κατά την ολοκλήρωση και εφαρμογή της εγκεκριμένης μελέτης θα αντικατασταθούν τα παλαιά κουφώματα με νέα ενεργειακά με θερμοδιακοπή και διπλά υαλοστάσια ενώ θα υπάρξει και μέριμνα εξωτερικής θερμομόνωσης και εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ.

Κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία.

Στην παράγραφο 4.2 της ΤΟΤΕΕ 20701-2017 περιγράφονται τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων των κτιρίων.

Στην παράγραφο 4.2.2 της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 περιγράφονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων.

Στον πίνακα 3.3 α ορίζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας U [$W/(m^2 \cdot K)$] των επιμέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ανέγερσης νέου κτιρίου και στον πίνακα 3.4 α ορίζονται οι μέγιστες

επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας U [$W/(m^2 \cdot K)$] των επιμέρους δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης υφισταμένου κτιρίου (TOTE20701-1/2017).

Στην περίπτωση μας στην ημιτελή φάση που βρίσκεται το κτίριο οι εξωτερικοί τοίχοι είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα και μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας U [$W/(m^2 \cdot K)$] των επιμέρους δομικών στοιχείων για τη ζώνη Β' που βρισκόμαστε είναι 0,5 [$W/(m^2 \cdot K)$] (πίνακας 3.4 α/ TOTE20701-1/2017), ενώ τώρα από τον πίνακα 3.5 α η τιμή που έχουμε για το ανεπίχρηστο από μια ή δύο όψεις για οπλισμένο σκυρόδεμα χωρίς θερμομονωτική προστασία είναι 3,65 [$W/(m^2 \cdot K)$]. Οι διαφορές αυτές θα διορθωθούν μετά την ολοκλήρωση του κτιρίου και την εφαρμογή των εγκεκριμένων μελετών και του ΚΕΝΑΚ.

Οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία.

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.4 α της TOTE20701-1/2017 για τη ζώνη Β' για τις εξωτερικές οριζόντιες ή κεκλιμένες επιφάνειες σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές) ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας για περίπτωση ριζικής ανακαίνισης είναι 0,45 [$W/(m^2 \cdot K)$], τιμή που θα επιτευχθεί μετά την ολοκλήρωση της ριζικής ανακαίνισης του κτιρίου Νόμπελ.

Κατακόρυφα διαφανή δομικά στοιχεία.

Στην περίπτωση μας στο κτίριο του Νόμπελ έχουμε μεταλλικά κουφώματα με μονά τζάμια.

Από τον πίνακα 3.8 μπορούμε να δούμε τις τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα U_g για διάφορους τύπους υαλοπίνακα. Για μονό υαλοπίνακα που έχουμε εμείς η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι $U_g = 5,7$ [$W/(m^2 \cdot K)$] και είναι κατά πολύ μεγαλύτερη (δηλαδή χειρότερη) από τις τιμές από την χρήση του δίδυμου υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6mm με $U_g = 3,3$ [$W/(m^2 \cdot K)$] και από την τιμή του δίδυμου υαλοπίνακα με διάκενο αέρα των 12mm με $U_g = 2,8$ [$W/(m^2 \cdot K)$] που χρησιμοποιούμε πλέον στις νέες κατασκευές.

Στην παράγραφο 4.2.3.2 της ΤΟΤΕΕ20701-1/2017 περιγράφεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου.

Από τον πίνακα 3.9 βλέπουμε ότι το απλό μεταλλικό πλαίσιο που έχουμε στην περίπτωση του κτιρίου Νόμπελ μας έχει μια τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας πλαισίου $U_f = 7,2 \text{ [W/(m}^2\text{*K)]}$, ενώ τα σύγχρονα μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 12mm και 24mm έχουν αντίστοιχα τιμές $U_f = 3,5 \text{ [W/(m}^2\text{*K)]}$ (για τα 12mm) και $U_f = 2,8 \text{ [W/(m}^2\text{*K)]}$ (για τα 24mm).

Στον πίνακα 3.13 γ παρουσιάζονται οι τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων $U_w \text{ [W/(m}^2\text{*K)]}$ με χρήση εξώφυλλων αδιαφόρων της αεροστεγανότητάς τους.

Για τα μεταλλικά κουφώματα πλαισίου χωρίς θερμοδιακοπή με μονό υαλοπίνακα.

έχουμε τιμές του $U_w \text{ [W/(m}^2\text{*K)]}$ από 4,9 – 5,0 – 5,1 $\text{[W/(m}^2\text{*K)]}$ για ποσοστό πλαισίου αντίστοιχα 20% - 30% - 40%, όταν οι αντίστοιχες τιμές για τα μεταλλικά κουφώματα με θερμοδιακοπή 12mm και διάκενο αέρα 6mm που συνήθως χρησιμοποιούμε πλέον είναι στα 3,2 – 3,1 – 3,1 $\text{[W/(m}^2\text{*K)]}$.

Πίνακας των Υλικών του κτιρίου Νόμπελ (από την ΤΟΤΕΕ20701-1/2017).

	Κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία	
Υλικό Κατασκευής	Συντελεστής θερμοπερατότητας $U \text{ [W/(m}^2\text{*K)]}$ (πριν την εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ) – Ζώνη Β'	Συντελεστής θερμοπερατότητας $U \text{ [W/(m}^2\text{*K)]}$ (ριζική ανακαίνιση κατά ΚΕΝΑΚ) – Ζώνη Β'
Τοίχος από σκυρόδεμα ανεπίχριστος και από τις δύο όψεις χωρίς θερμομονωτική προστασία	3,65	0,5
	Οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία	
Οριζόντια	2,90	0,45

επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα χωρίς θερμομονωτική προστασία		
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	2,00	0,90
	Κατακόρυφα διαφανή δομικά στοιχεία	
Μεταλλικά κουφώματα με μονο υαλοπίνακα	Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα U_g [$W/(m^2 \cdot K)$]	Συντελεστής υαλοπίνακα πλαισίου U_f [$W/(m^2 \cdot K)$]
Μονός υαλοπίνακας	5,70	
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 6mm	3,30	
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12mm	2,80	
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή		7,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12mm		3,50
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24mm		2,80
	Τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων U_w [$W/(m^2 \cdot K)$]	
Μεταλλικά κουφώματα με μονό υαλοπίνακα	4,9 – 5,0 – 5,1 (20% - 30% - 40% / ποσοστό πλαισίου)	

Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12mm & διάκενο 6 mm		3,2 – 3,1 – 3,1 (20% - 30% - 40% / ποσοστό πλαισίου)	
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24mm & διάκενο 6mm			3,0 – 2,9 – 2,8 (20% - 30% - 40% / ποσοστό πλαισίου)

Γενικά για το κτίριο Νόμπελ μετά την ολοκλήρωση της ριζικής ανακαίνισης του και την εφαρμογή των εγκεκριμένων μελετών θα επιτευχθούν οι στόχοι του ΚΕΝΑΚ.

7. Μετρητικά όργανα – Οργάνωση των καταγραφών.

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας στα υπό μελέτη κτίρια της εργασίας αυτής είναι το FHT 70 DataLog [32].

Το FHT 70 DataLog είναι ένα εξειδικευμένο όργανο ακριβείας (καταγραφικό), σχεδιασμένο για τη συνεχή παρακολούθηση και αποθήκευση περιβαλλοντικών δεδομένων.

Το μηχάνημα μετρά τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία

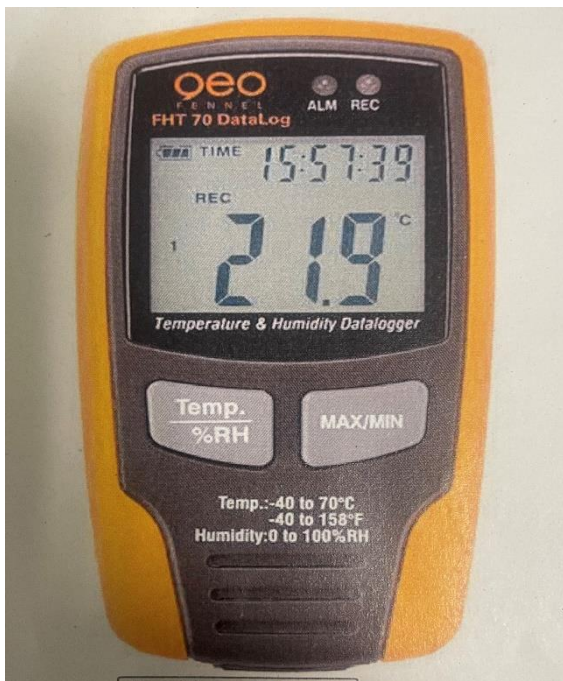
Το μηχάνημα χρησιμοποιεί ψηφιακούς αισθητήρες υψηλής ευαισθησίας για να ανιχνεύσει τις μεταβολές στο περιβάλλον:

- Θερμοκρασία: Μετρά συνήθως σε εύρος από -40°C έως +70°C.
- Σχετική Υγρασία: Μετρά την περιεκτικότητα των υδρατμών στον αέρα από 0% έως 100% RH.

Η "καρδιά" της λειτουργίας του είναι η εσωτερική μνήμη. Το FHT 70 δεν δείχνει απλώς τις τιμές σε πραγματικό χρόνο, αλλά τις αποθηκεύει σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα (π.χ. κάθε 1 λεπτό ή κάθε 1 ώρα), ανάλογα με τις ρυθμίσεις του χρήστη.

- Χωρητικότητα: Μπορεί να αποθηκεύσει χιλιάδες μετρήσεις (συνήθως έως 32.000 σύνολα δεδομένων).

- Αυτονομία: Λειτουργεί με μπαταρία μεγάλης διάρκειας, επιτρέποντας την τοποθέτησή του σε ψυγεία, αποθήκες ή κοντέινερ για εβδομάδες.

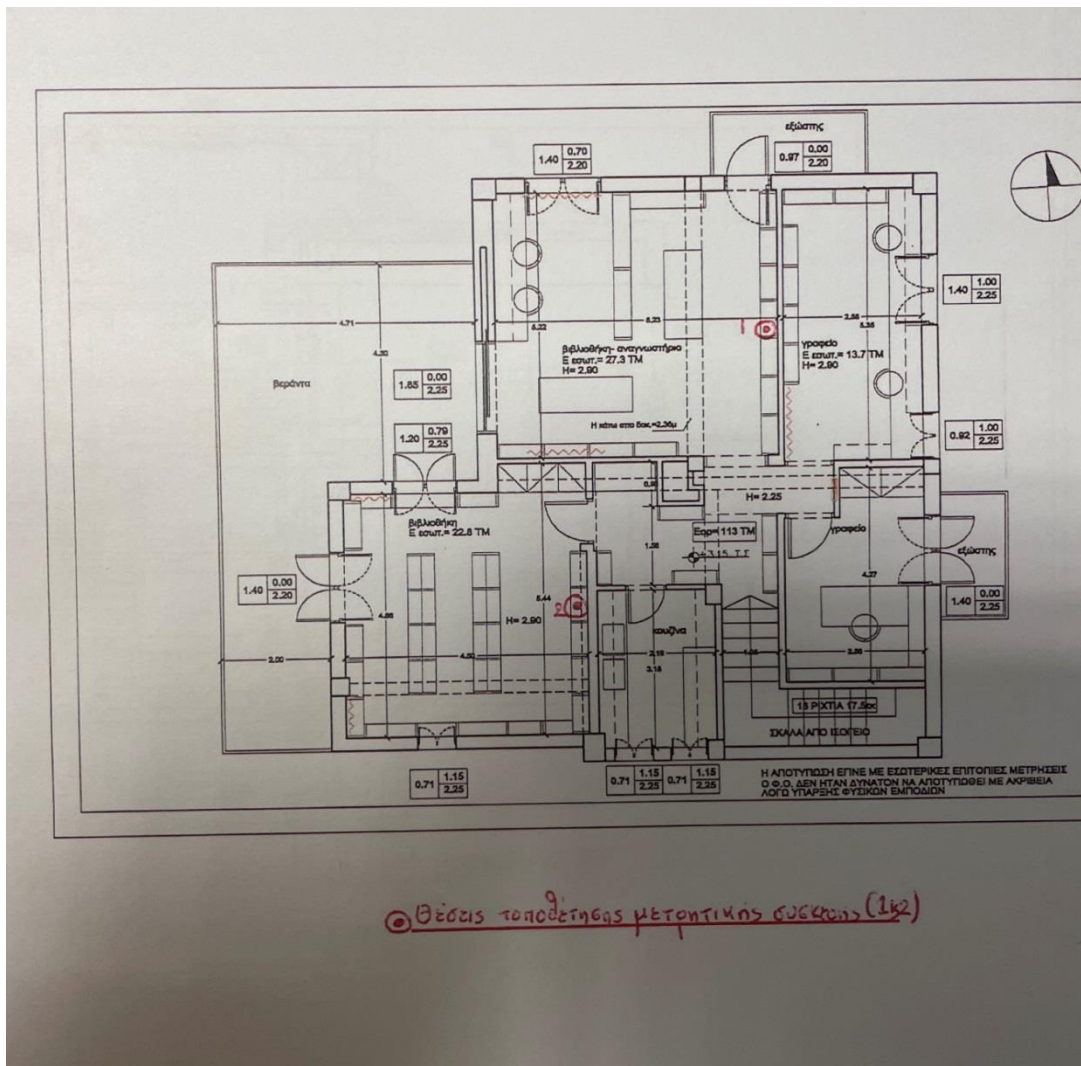


Εικόνα 5.: FHT 70 DataLog Καταγραφικό όργανο.

Μόλις ολοκληρωθεί η περίοδος μέτρησης, η συσκευή συνδέεται με υπολογιστή (συνήθως μέσω USB).

- Λογισμικό: Συνοδεύεται από ειδικό λογισμικό που μετατρέπει τις αποθηκευμένες τιμές σε γραφήματα και πίνακες.
- Εξαγωγή: Τα δεδομένα μπορούν να εξαχθούν σε αρχεία PDF ή Excel για περαιτέρω επεξεργασία ή για λόγους πιστοποίησης ποιότητας (π.χ. HACCP στις μεταφορές τροφίμων).

Το FHT 70 διαθέτει οπτικές ενδείξεις (LED) που αναβοσβήνουν αν οι τιμές ξεπεράσουν τα όρια ασφαλείας που έχει θέσει ο χρήστης (π.χ. αν η θερμοκρασία σε ένα φαρμακείο ανέβει πάνω από τους 8°C) [33-23].



Εικόνα 7.: Κάτοψη Β' ορόφου με τις θέσεις του καταγραφικού οργάνου

7.1.2. Φωτογραφίες Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου Δήμου Χαλανδρίου.

Οι παρακάτω φωτογραφίες απεικονίζουν τους εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους του Αετοπουλείου Πολιτιστικού κέντρου του Δήμου Χαλανδρίου.



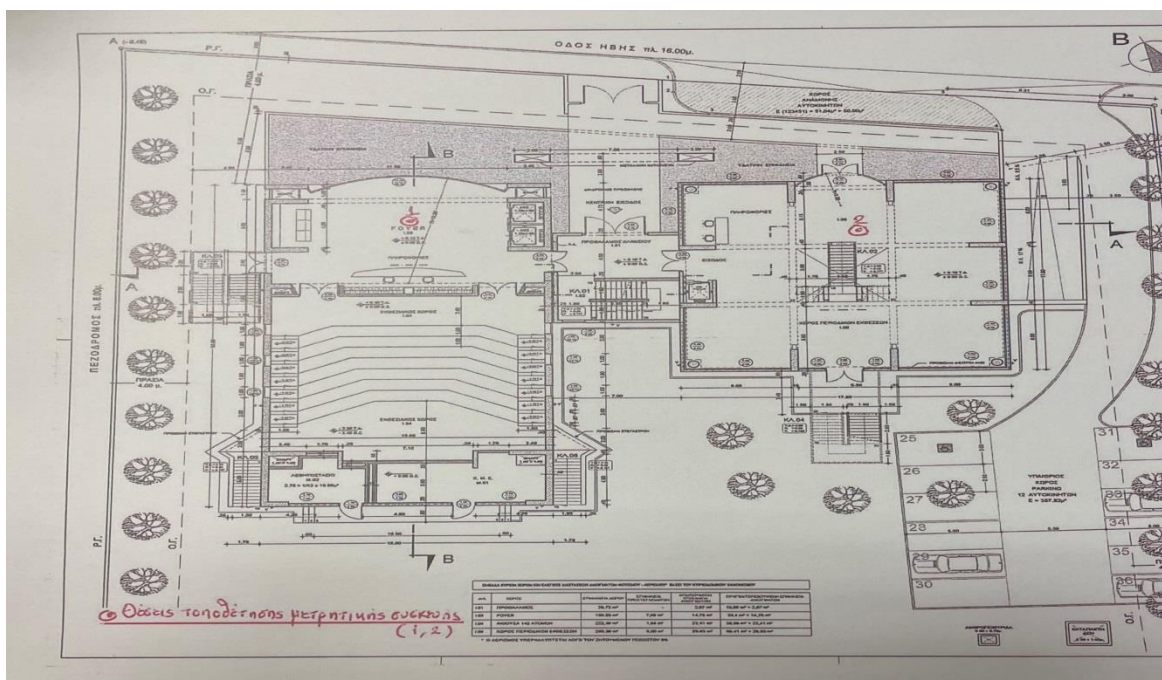
Εικόνα 8.: Φωτογραφίες του Αετοπούλειου Πολιτιστικού Κέντρου



Εικόνα 9.: Τοποθέτηση του καταγραφικού οργάνου στον χώρο της βιβλιοθήκης.

7.2.1. Κατόψεις Κτιρίου «Νόμπελ» Δήμου Χαλανδρίου.

Στα παρακάτω σχέδια απεικονίζονται τα σημεία τοποθέτησης του μετρητικού οργάνου για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στον χώρο (σημεία 1,2,3,4).



Εικόνα 10.: Κάτοψη ισογείου με τις θέσεις του καταγραφικού οργάνου.

7.2.2. Φωτογραφίες κτιρίου «Νόμπελ» Δήμου Χαλανδρίου.

Οι παρακάτω φωτογραφίες απεικονίζουν το νέο (μελλοντικό) Πολιτιστικό Κτίριο «Νόμπελ» του Δήμου Χαλανδρίου στο οποίο θα στεγαστεί παλαιό βιβλιογραφικό και αρχαιακό ιστορικά υλικό του Δήμου και θα γίνονται και εκθέσεις καλλιτεχνών (ζωγράφων, γλυπτών κ.λ.π.) και εικαστικά δρώμενα.



Εικόνα 13.: Εξωτερικές όψεις κτιρίου Νόμπελ.





Εικόνα 14.: Χώρος ισογείου



Εικόνα 15.: Χώρος Α' ορόφου



Εικόνα 16.: Χώρος Β' ορόφου

8. Ανάλυση των διαγραμμάτων και των πινάκων από τις μετρήσεις και σύγκρισή τους με το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN15757 και το αντίστοιχο Αμερικάνικο πρότυπο της ASHRAE Guideline 34 – 2019.

8.1. Ανάλυση πινάκων και διαγραμμάτων των καταγραφών του εσωκλίματος και του εξωτερικού περιβάλλοντος του Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου.

- Αποτελέσματα μετρήσεων πίνακα 1 & διαγράμματος 1.

Από τον πίνακα 1 & διάγραμμα 1 του παραρτήματος 10, στα οποία απεικονίζονται οι τιμές των μετρήσεων θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (RH%) για τον μήνα Οκτώβριο του 2025 παρατηρούμε μια μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας στους 26,6°C στις 06/10/25 και ώρα 17:05:01 και μια ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας στους 19,3 °C στις 08/10/25 και ώρα 07:06:22.

Αντίστοιχα έχουμε μια μέγιστη τιμή της σχετικής υγρασίας (RH%) στους 61,4% στις 31/10/25 και ώρα 22:32:59 και μια ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας (RH%) στους 41,9% στις 06/10/25 και ώρα 07:05:01.

- Αποτελέσματα μετρήσεων πίνακα 2 & διαγράμματος 2.

Από τον πίνακα 2 & διάγραμμα 2 του παραρτήματος 10, στα οποία απεικονίζονται οι τιμές των μετρήσεων θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (RH%) για τον μήνα Νοέμβριο του 2025 παρατηρούμε μια μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας στους 24,1°C στις 18/11/25 και ώρα 11:30:07 και μια ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας στους 19,8°C στις 12/11/25 και ώρα 10:20:19.

Αντίστοιχα έχουμε μια μέγιστη τιμή της σχετικής υγρασίας (RH%) στους 66,7% στις 03/11/25 και ώρα 10:02:59 και μια ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας (RH%) στους 43,6% στις 25/11/25 και ώρα 13:00:07.

- Αποτελέσματα μετρήσεων πίνακα 3 & διαγράμματος 3.

Από τον πίνακα 3 & διάγραμμα 3 του παραρτήματος 10, στα οποία απεικονίζονται οι τιμές των μετρήσεων θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (RH%) για τον μήνα

Δεκέμβριο του 2025 παρατηρούμε μια μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας στους 25,2°C στις 10/12/25 και ώρα 11:00:03 και μια ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας στους 18,7 °C στις 23/12/25 και ώρα 11:00:05.

Αντίστοιχα έχουμε μια μέγιστη τιμή της σχετικής υγρασίας (RH%) στους 62,5% στις 04/12/25 και ώρα 11:00:01 και μια ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας (RH%) στους 42,2% στις 11/12/25 και ώρα 11:00:03.

- Αποτελέσματα μετρήσεων πίνακα 4 & διαγράμματος 4.

Από τον πίνακα 4 & διάγραμμα 4 του παραρτήματος 10, στα οποία απεικονίζονται οι τιμές των μετρήσεων θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (RH%) για τον μήνα Ιανουάριο του 2026 παρατηρούμε μια μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας στους 25,9°C στις 15/01/26 και ώρα 13:00:03 και μια ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας στους 18,9 °C στις 16/01/26 και ώρα 10:00:03.

Αντίστοιχα έχουμε μια μέγιστη τιμή της σχετικής υγρασίας (RH%) στους 49,8% στις 16/01/26 και ώρα 12:02:33 και μια ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας (RH%) στους 34,1% στις 15/01/26 και ώρα 13:00:03.

- Αποτελέσματα μετρήσεων πίνακα 5 & διαγράμματος 5.

Από τον πίνακα 5 & διάγραμμα 5 του παραρτήματος 10, στα οποία απεικονίζονται οι τιμές των μετρήσεων θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (RH%) για τον μήνα Φεβρουάριο του 2026 παρατηρούμε μια μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας στους 26,2°C στις 18/02/26 και ώρα 16:15:03 και μια ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας στους 18,7 °C στις 19/02/26 και ώρα 09:15:03 & 10:15:03.

Αντίστοιχα έχουμε μια μέγιστη τιμή της σχετικής υγρασίας (RH%) στους 40,9% στις 19/02/26 και ώρα 09:15:03 και μια ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας (RH%) στους 24,3% στις 18/02/26 και ώρα 12:15:03.

- Αποτελέσματα μετρήσεων πίνακα 6 & διαγράμματος 6.

Από τον πίνακα 6 & διάγραμμα 6 του παραρτήματος 10, στα οποία απεικονίζονται οι τιμές των μετρήσεων θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (RH%) για τον μήνα Μάρτιο του 2026 παρατηρούμε μια μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας στους 22,3°C στις 05/03/26

και ώρα 13:00:07 και μια ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας στους 20,7 °C στις 06/03/26 και ώρα 10:00:07.

Αντίστοιχα έχουμε μια μέγιστη τιμή της σχετικής υγρασίας (RH%) στους 44,7% στις 06/03/26 και ώρα 00:00:07 και μια ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας (RH%) στους 42,1% στις 06/03/26 και ώρα 13:00:07.

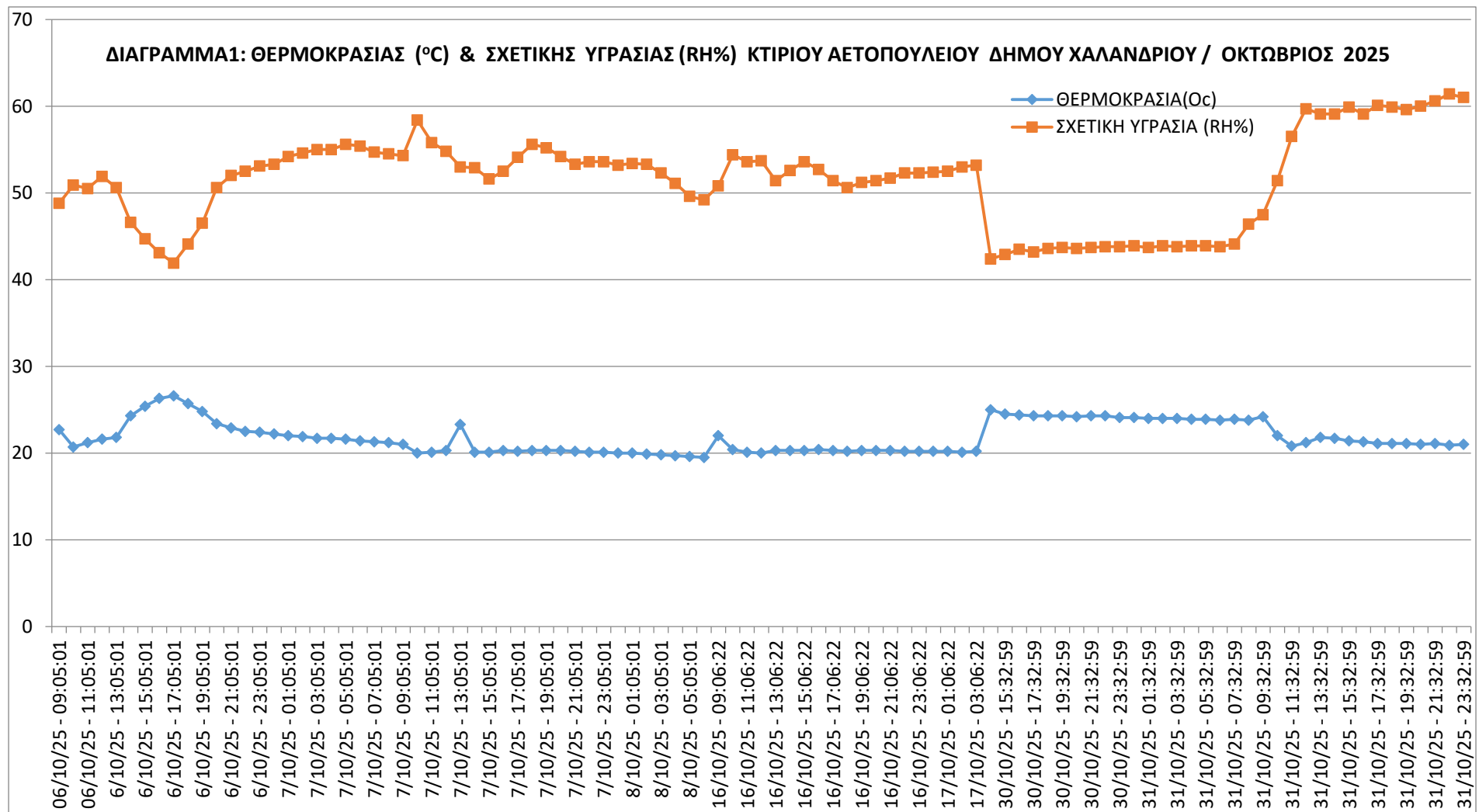
Ανάλυση πίνακα και διαγραμμάτων εσωτερικών και εξωτερικών θερμοκρασιών Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου από τον Οκτώβριο του 2025 έως τον Μάρτιο του 2026.

- Αποτελέσματα μετρήσεων πίνακα 7 & διαγράμματος 7.

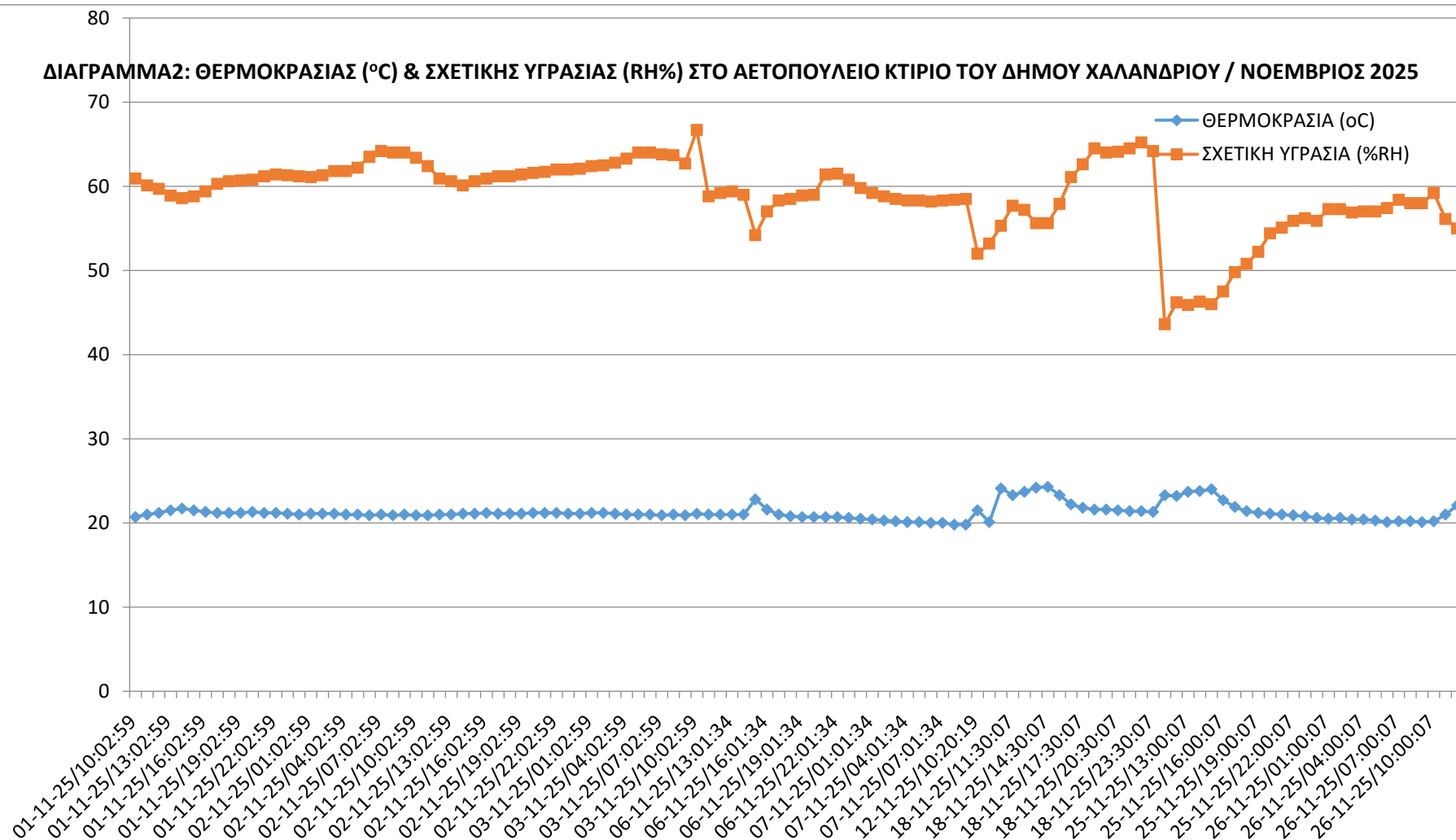
Στην περίπτωση αυτή έχουμε τα συγκριτικά αποτελέσματα των εσωτερικών και εξωτερικών θερμοκρασιών.

Η μέγιστη τιμή της εσωτερικής θερμοκρασίας είναι στους 26,6 °C με τιμή εξωτερικής θερμοκρασίας στους 17,8 °C την 06/10/25 και ώρα 16:05:01.

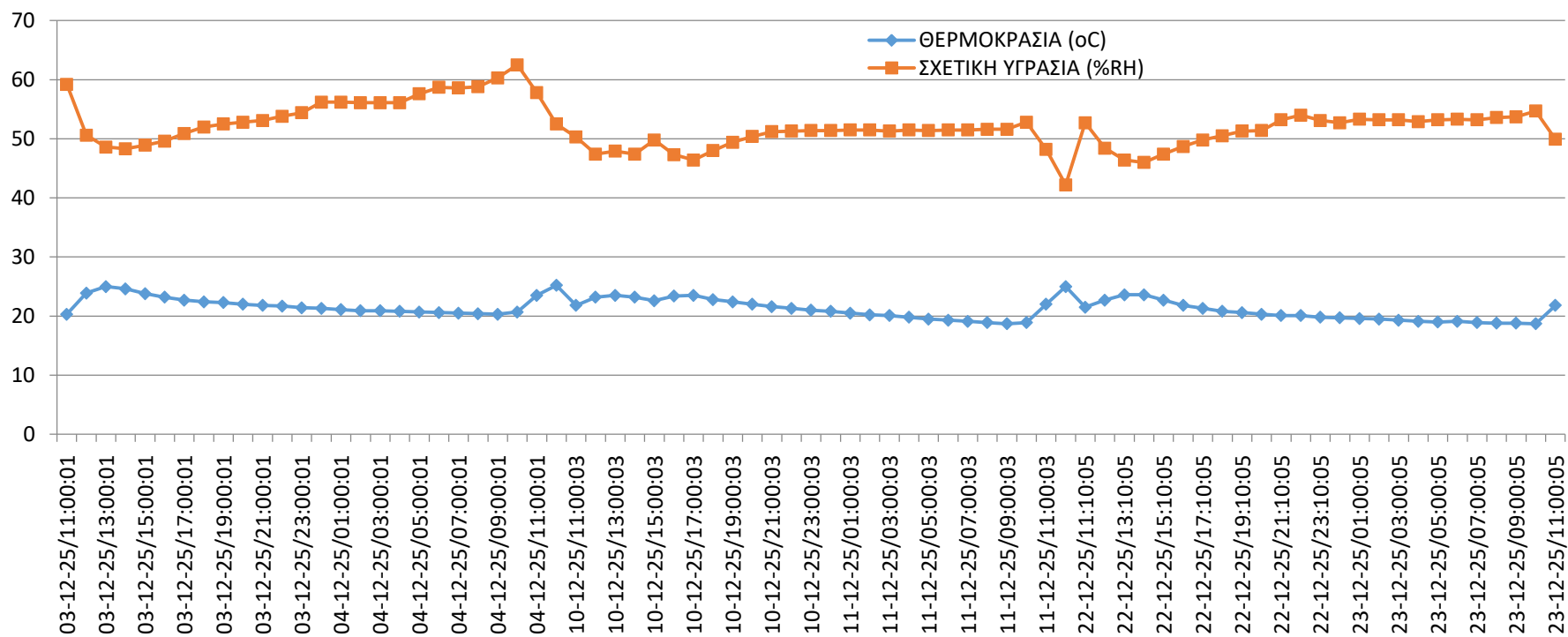
Η ελάχιστη τιμή της εσωτερικής θερμοκρασίας είναι στους 18,4 °C με τιμή εξωτερικής θερμοκρασίας στους 10,5 °C την 06/01/26 και ώρα 12:02:33.



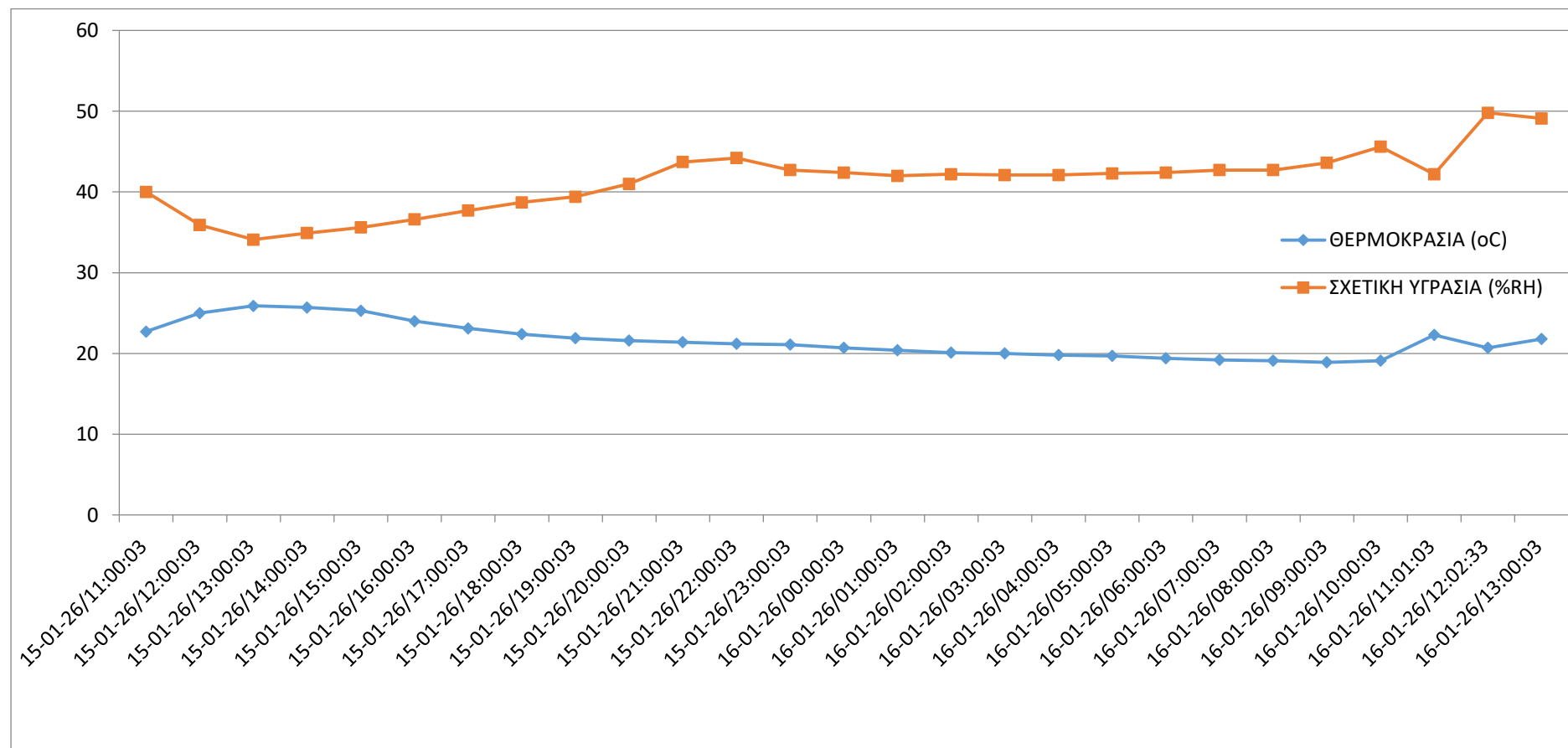
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ2: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ (°C) & ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (RH%) ΣΤΟ ΑΕΤΟΠΟΥΛΕΙΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ / ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2025



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ3: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ (°C) % ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (RH%) ΣΤΟ ΑΕΤΟΠΟΥΛΕΙΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ / ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2025

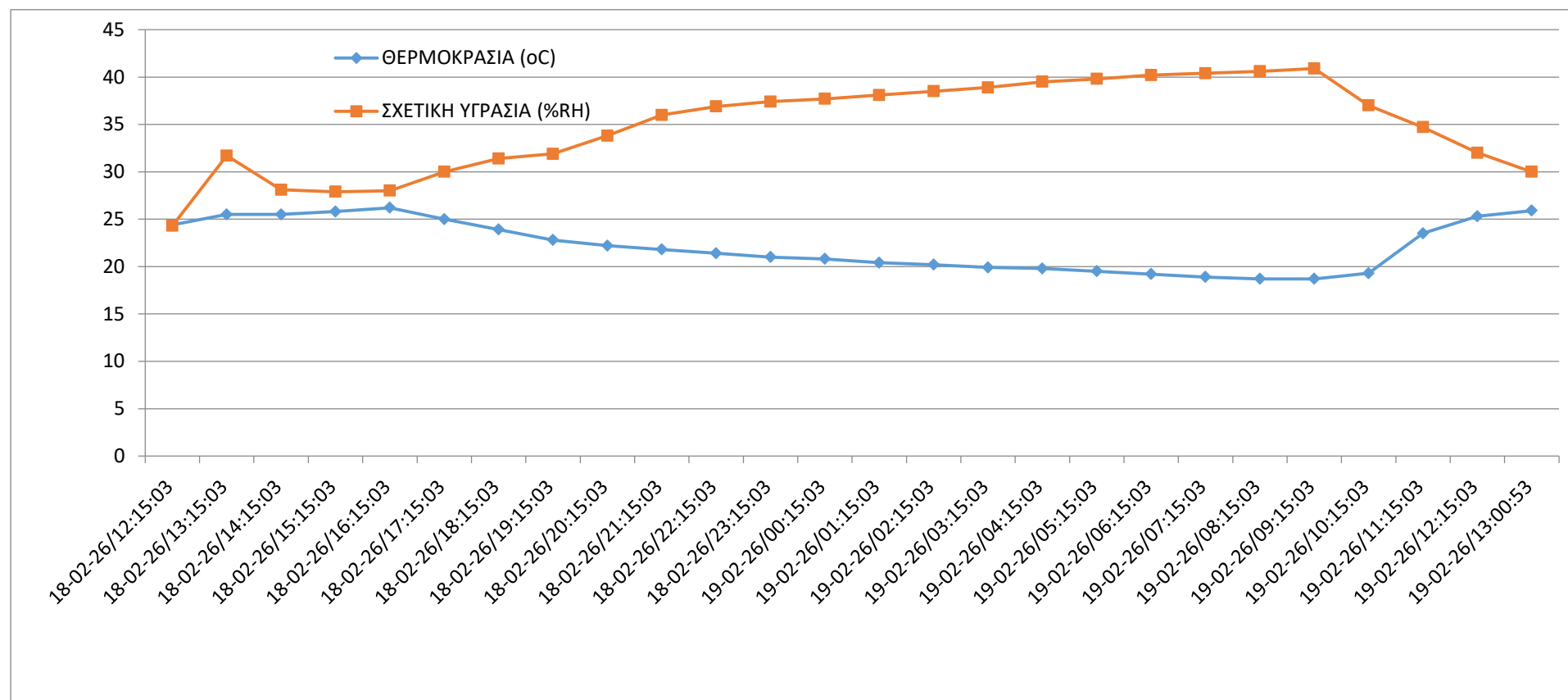


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ (°C) ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (RH) ΣΤΟ ΑΕΤΟΠΟΥΛΕΙΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ / ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2026

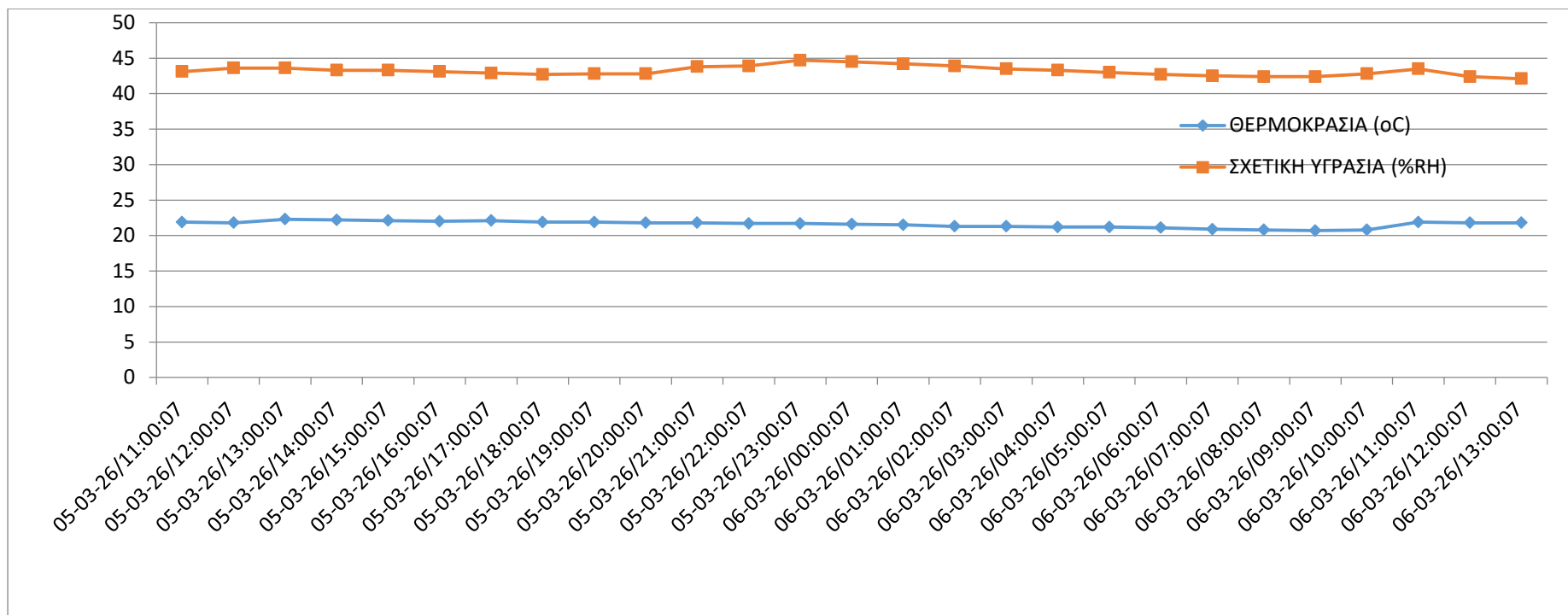


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ (°C) ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (RH) ΣΤΟ ΑΕΤΟΠΟΥΛΕΙΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ / ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ

2026

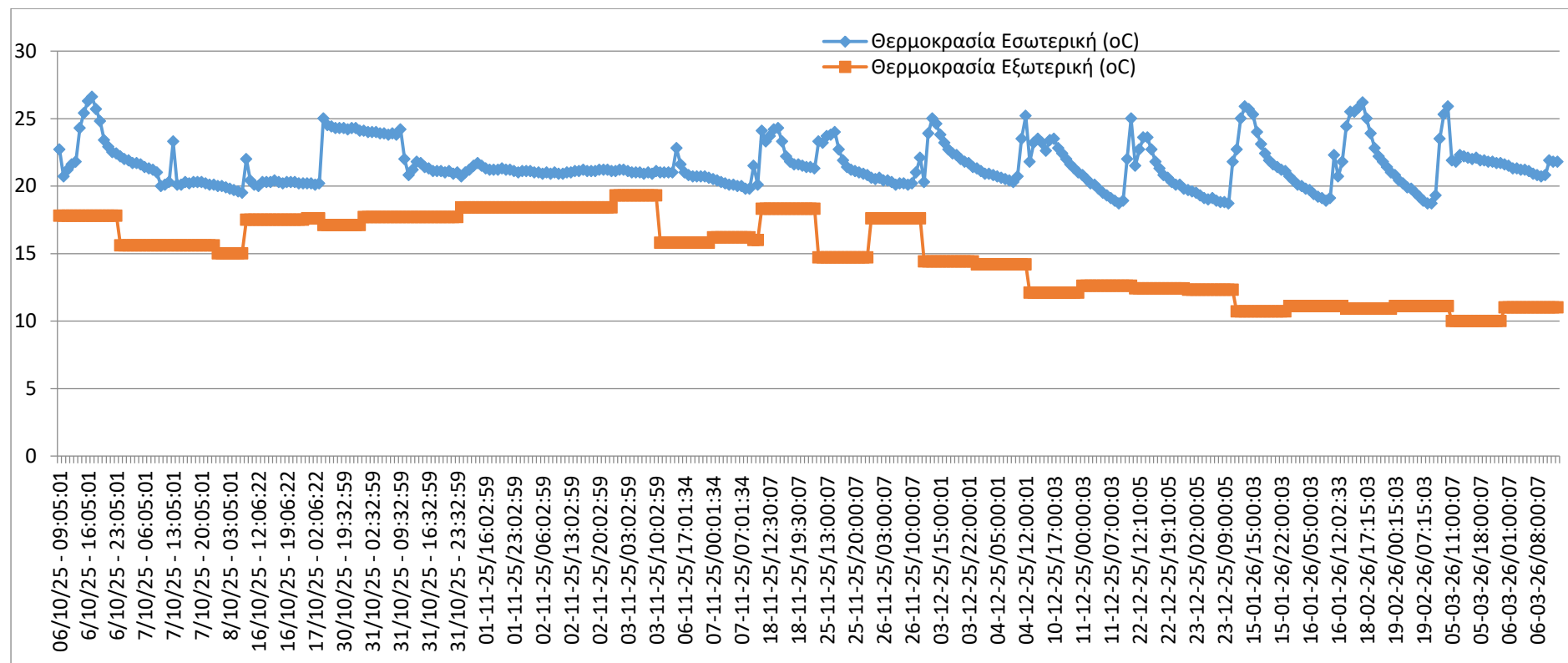


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ (°C) ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (RH) ΣΤΟ ΑΕΤΟΠΟΥΛΕΙΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ / ΜΑΡΤΙΟΣ 2026



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΟΥ ΑΕΤΟΠΟΥΛΕΙΟΥ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ / ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ

2025 - ΜΑΡΤΙΟΣ 2026



8.2. Ανάλυση πινάκων και διαγραμμάτων των καταγραφών του εσωκλίματος και του εξωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου «Νόμπελ».

- Αποτελέσματα μετρήσεων πίνακα 8 & διαγράμματος 8.

Στον ανωτέρω αναφερόμενο πίνακα και διάγραμμα του παραρτήματος 10 παρουσιάζονται οι μετρήσεις της θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$) και σχετικής υγρασίας (RH%) του εξωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου Νόμπελ από τον Οκτώβριο του 2025 έως τον Μάρτιο του 2026.

Η μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία είναι $26,4^{\circ}\text{C}$ με σχετική υγρασία 34,7% την 30/03/26 στην οδό Ήβης και Τυμφρηστού.

Η ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία είναι $18,1^{\circ}\text{C}$ με σχετική υγρασία 59,9% την 13/12/25 στην οδό Μάρκου.

- Αποτελέσματα μετρήσεων πίνακα 9 & διαγράμματος 9.

Στον ανωτέρω αναφερόμενο πίνακα και διάγραμμα του παραρτήματος 10 παρουσιάζονται οι μετρήσεις της θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$) και σχετικής υγρασίας (RH%) του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου Νόμπελ από τον Οκτώβριο του 2025 έως τον Μάρτιο του 2026.

Η μέγιστη εσωτερική θερμοκρασία είναι $24,4^{\circ}\text{C}$ με σχετική υγρασία 64,7% την 04/11/25 στους χώρους του ισογείου, 1^{ου} και 2^{ου} ορόφου.

Η ελάχιστη εσωτερική θερμοκρασία είναι $16,5^{\circ}\text{C}$ με σχετική υγρασία 69,2% την 13/12/25 στον χώρο του 2^{ου} ορόφου.

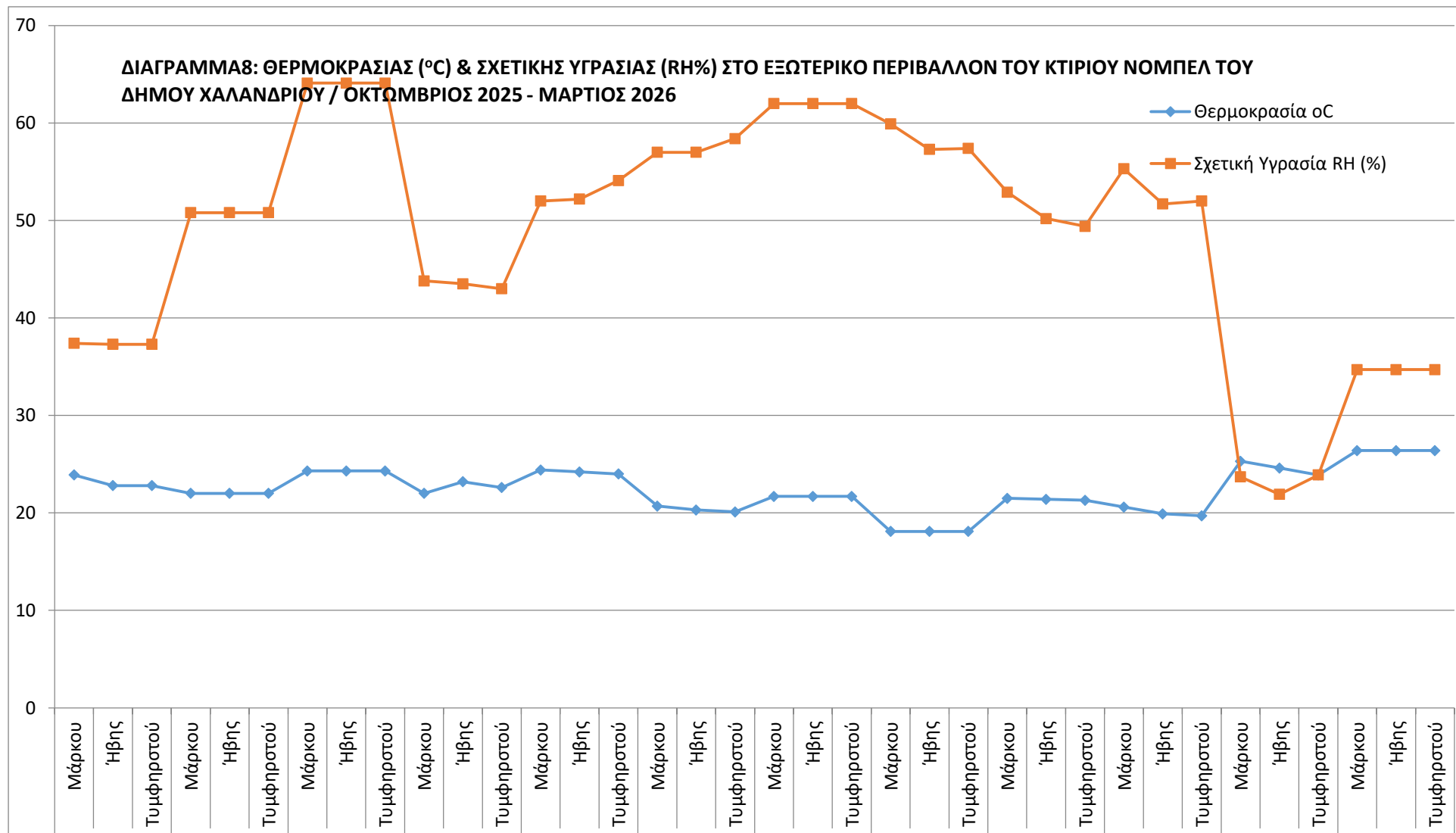
- Αποτελέσματα μετρήσεων πίνακα 10 & διαγράμματος 10.

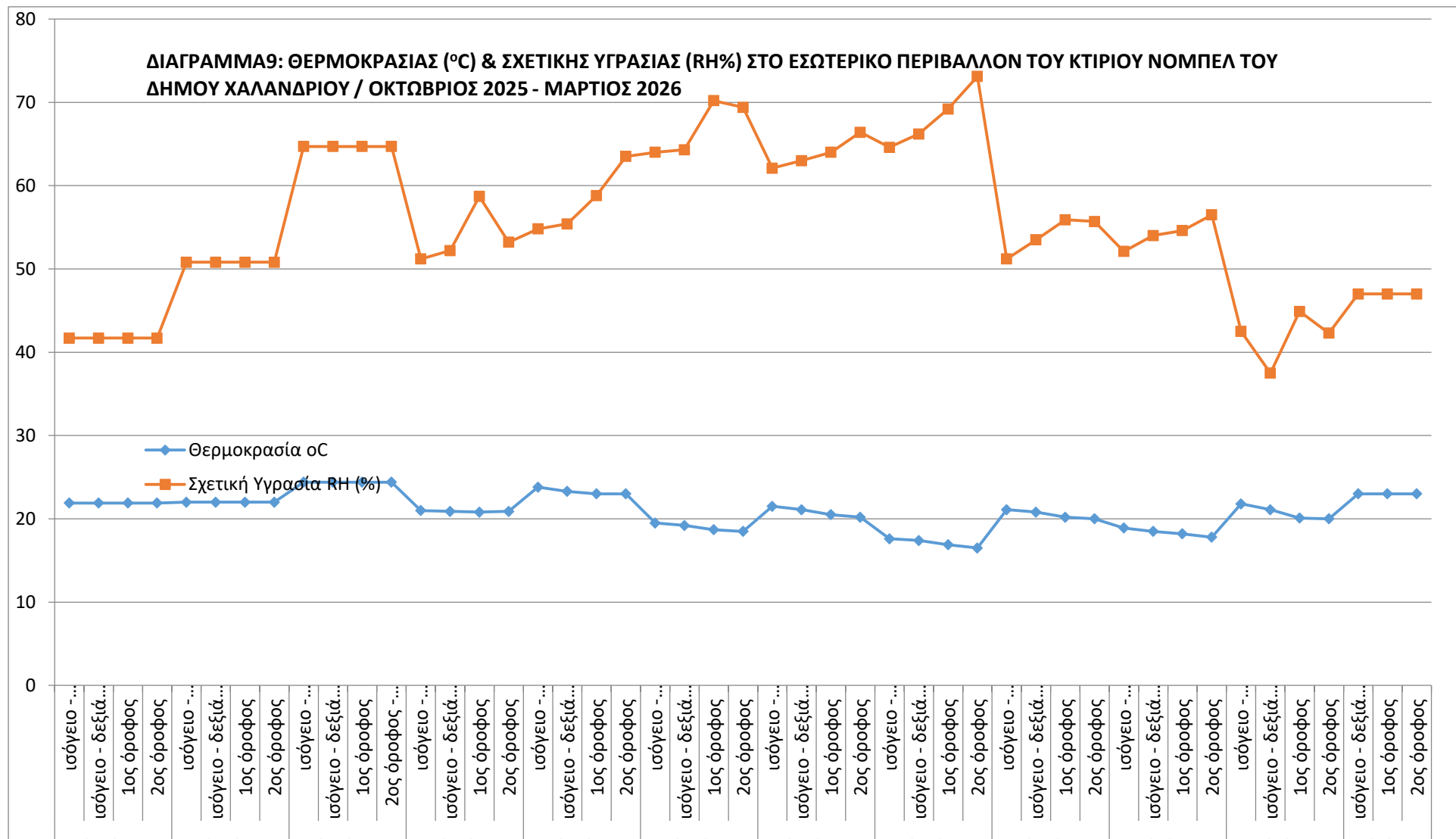
Στον ανωτέρω αναφερόμενο πίνακα και διάγραμμα του παραρτήματος 10 παρουσιάζονται συγκριτικά οι μετρήσεις που ελήφθησαν των εσωτερικών και εξωτερικών θερμοκρασιών για το κτίριο Νόμπελ από τον Οκτώβριο του 2025 έως τον Μάρτιο του 2026.

Στις 04/11/25 στους χώρους του ισογείου, του 1^{ου} και του 2^{ου} ορόφου του κτιρίου είχαμε τη μέγιστη τιμή της εσωτερικής θερμοκρασίας στους 24,4 °C με αντίστοιχω εξωτερική θερμοκρασία στους 24 °C.

Στις 13/12/25 στον χώρο του 2^{ου} ορόφου του κτιρίου είχαμε την ελάχιστη τιμή της εσωτερικής θερμοκρασίας στους 16,5 °C με αντίστοιχη τιμή εξωτερικής θερμοκρασίας στους 18,1 °C.

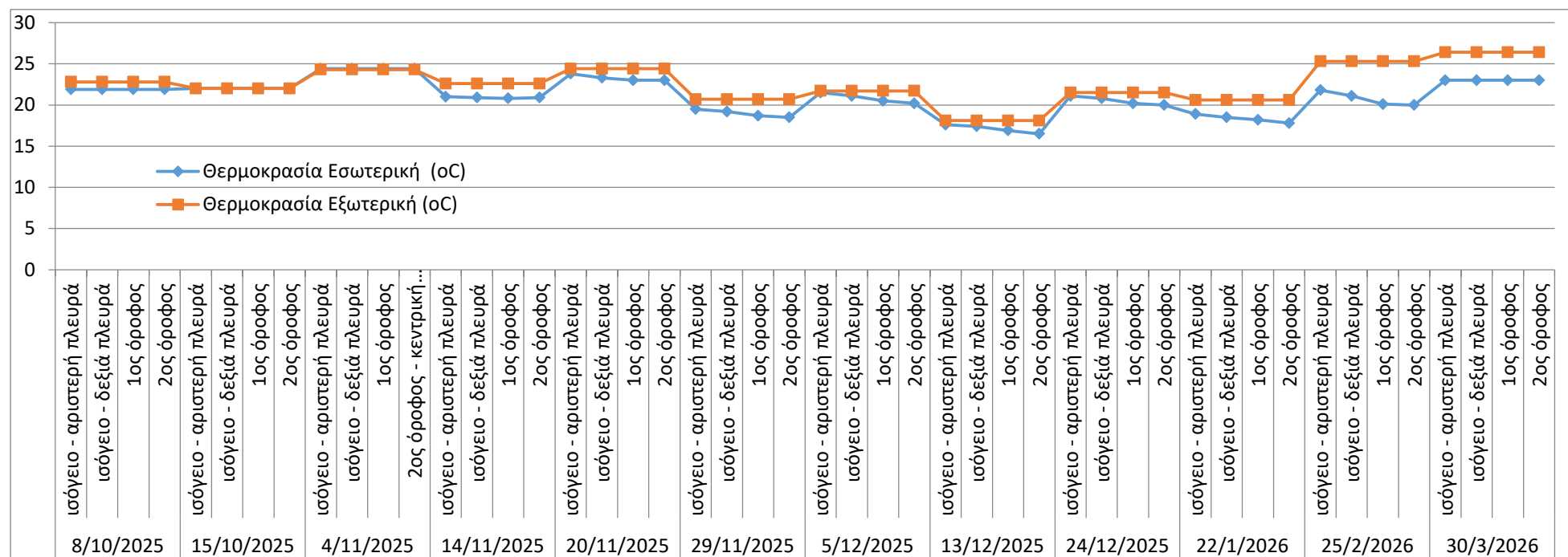
Είναι λογικό στο κτίριο αυτό οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές των εσωτερικών θερμοκρασιών να είναι κοντά με τις αντίστοιχες τιμές των εξωτερικών θερμοκρασιών , καθώς αναφερόμαστε σ' ένα κτίριο ημιτελές και χωρίς σύστημα θέρμανσης.





ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10: ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ ΝΟΜΠΕΛ ΔΗΜΟΥ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ / ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2025 – ΜΑΡΤΙΟΣ 2026

2026



9.Διεθνή Πρότυπα.

9.1. Γενική παρουσίαση του Ευρωπαϊκού προτύπου EN15757:2010.

Το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN15757:2010 (Conservation of Cultrural Heritage – Specifications for temperature and relative humidity to limit climate-induced mechanical damage in organic hygroscopic materials) δεν ορίζει αυστηρά πρότυπα συγκριτικά με παλαιότερα πρότυπα, αλλά εστιάζει στη διατήρηση του ιστορικού κλίματος στο οποίο έχουν γκλιματιστεί τα αντικείμενα – εκθέματα.

Το πρότυπο δίνει προτεραιότητα στη σταθερότητα της υγρασίας για την αποφυγή μηχανικών καταπονήσεων. Μνημονεύονται ορισμοί όπως το «ιστορικό μέσο» που είναι ο κινητός μέσος όρος της σχετικής υγρασίας των τελευταίων 30 ημερών, η «επιτρεπτή διακύμανση» που ορίζει το επιτρεπτό παράθυρο της διακύμανσης της σχετικής υγρασίας (RH) για τα διάφορα εκθέματα. Οι βραχυπρόθεσμες διακυμάνσεις δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν το 10% , ενώ για διάφορα ευαίσθητα εκθέματα αυτές οι διακυμάνσεις δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν το 5%.

Το ευρωπαϊκό αυτό πρότυπο (EN15757) είναι λιγότερο αυστηρό με την θερμοκρασία. Δεν ορίζει αυστηρές τιμές αλλά προτείνει τη διατήρηση της θερμοκρασίας μεταξύ 15 °C και 25 °C για τη θερμική άνεση των επισκεπτών και τη χημική σταθερότητα.

Γενικά προτείνει την αποφυγή των απότομων μεταβολών που θα μπορούσαν να προκαλέσουν αλλαγή στη σχετική υγρασία ή συμπύκνωση (δημιουργία δρόσου – υγρασίας) πάνω στα εκθέματα.

Το πρότυπο επιτρέπει την ύπαρξη μιας βαθμιαίας εποχιακής μετατόπισης της σχετικής υγρασίας. Δέχεται δηλαδή ότι η υγρασία το καλοκαίρι είναι ελαφρώς υψηλότερη και τον χειμώνα χαμηλότερη αρκεί να βρισκόμαστε στα όρια του 10% που αναφέρθηκαν νωρίτερα.

9.2. Γενική παρουσίαση του Αμερικάνικου προτύπου της ASHRAE (Guideline 34 G34_2019 / 86851).

Το πρότυπο ASHRAE Guideline 34-2019 με τίτλο «Energy Guideline for Historic Buildings» (Ενεργειακή οδηγία για ιστορικά κτίρια), παρέχει τις απαραίτητες διαδικασίες που πρέπει να εφαρμόζονται για την ενεργειακή αναβάθμιση των ιστορικών κτιρίων με σεβασμό στον ιδιαίτερο χαρακτήρα τους.

Στο πρότυπο αυτό παρέχονται συμβουλές για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, ελαχιστοποιώντας παράλληλα την όχληση στα ιστορικά κτίρια και τον χαρακτήρα του κτιρίου. Εφαρμόζεται σε κτίρια που έχουν χαρακτηριστεί ιστορικά ή είναι επιλέξιμα για τέτοιο χαρακτηρισμό. Καλύπτει βελτιώσεις στο κέλυφος του κτιρίου, στα συστήματα HVAC (θέρμανση, αερισμός, κλιματισμός) , στον φωτισμό και στο ζεστό νερό χρήσης (ZNX).

Αναφορικά με τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας δεν δίνονται συγκεκριμένες τιμές ορίων, αλλά ζητούνται τέτοιες παρεμβάσεις ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα όπως η συμπύκνωση υδρατμών που μπορεί να βλάψει τα ιστορικά υλικά. Στις πόρτες και τα παράθυρα συχνά προτείνονται λύσεις τοποθέτησης στεγανοποιητικών ταινιών, διπλών παραθύρων (storm windows) ή προστατευτικών μεμβρανών που μειώνουν το θερμικό φορτίο χωρίς να αλλάζουν την αισθητική και τον χαρακτήρα του κτιρίου.

Για τον λόγο αυτό, δηλαδή την μη αλλοίωση του χαρακτήρα του κτιρίου και για τα συστήματα HVAC και φωτισμού επιλέγονται συστήματα με τις λιγότερες δυνατές παρεμβάσεις στο χώρο. Τα ιστορικά κτίρια μπορεί να μην μπορούν να διατηρήσουν τα ίδια επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασίας με τα σύγχρονα κτίρια, αλλά προτείνεται μια εποχιακή προσαρμογή των ρυθμίσεων. Για τον φωτισμό το πρότυπο προτείνει τη χρήση της τεχνολογίας LED και αισθητήρων κίνησης για τη μείωση της κατανάλωσης , αλλά και την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

Γι' αυτό και το πρότυπο ASHRAE Guideline 34-2019 δεν ορίζει ένα ενιαίο και αυστηρό όριο για τη θερμοκρασία και την υγρασία, αλλά τονίζει ότι οι συνθήκες θα πρέπει να προσαρμόζονται ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου, τη χρήση του και τα εκθέματα.

Ένας πολύ γενικός θερμοκρασιακός κανόνας για τις τυπικές θερμοκρασίες στους κλιματιζόμενους χώρους είναι 22 °C για τον χειμώνα και 25 °C για το καλοκαίρι.

Για τα θέματα τις υγρασίας θα πρέπει αρμόδιοι επιμελητές και συντηρητές να καθορίσουν τα επιθυμητά επίπεδα ανάλογα με τα εκθέματα. Ένας πολύ γενικός κανόνας είναι να μην δημιουργείται συμπύκνωση υδρατμών στους τοίχους και να διατηρούνται τα αυστηρά επίπεδα υγρασίας που απαιτούν τα εκθέματα.

Επειδή στην περίπτωση μας τα εκθέματα είναι κυρίως από χαρτί το πρότυπο δεν ορίζει ένα συγκεκριμένο ποσοστό υγρασίας αλλά τονίζει ότι τα όρια θα πρέπει να καθορίζονται σε συνεργασία με ειδικούς συντηρητές και επιμελητές συλλογών.

10. Σύγκριση με τα πρότυπα και συμπεράσματα.

10.1. Συμπεράσματα για το κτίριο του Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου και σύγκριση των αποτελεσμάτων με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN15757:2010.

Αναφερόμενοι για το Αετοπούλειο Πολιτιστικό Κέντρο του Δήμου Χαλανδρίου μιλάμε για ένα κτίριο εν λειτουργία στο οποίο εκτίθενται παλαιά και νέα βιβλία και διοργανώνονται πολλά πολιτιστικά δρώμενα.

Για να μπορέσουμε να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα για τις τιμές που βρήκαμε στο κτίριο του Αετοπουλείου υπολογίσαμε τους μέσους όρους της σχετικής υγρασίας για κάθε μήνα του υπό μελέτη χρονικού διαστήματος (από τον Οκτώβριο του 20025 έως τον Μάρτιο του 2026).

Κτίριο του Αετοπουλείου – Πίνακας Σχετικής Υγρασίας

RH%	Οκτώβριος	Νοέβριος	Δεκέμβριος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος
Υψηλότερη τιμή	61,4%	66,7%	62,5%	49,8%	40,9%	44,7%
Μέση τιμή	51,5%	59%	52,05%	41,3%	34,8%	43,21%
Χαμηλότερη	41,9%	43,6%	42,2%	34,1%	24,3%	42,1%

τιμή						
------	--	--	--	--	--	--

Για την περίπτωση του κτιρίου του Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου για να είμαστε σύμφωνοι με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN15757:2010 θα πρέπει να ρυθμιστούν τα συστήματα κλιματισμού ώστε να μην υπάρχουν ημερήσιες διακυμάνσεις πάνω των 10% στην σχετική υγρασία και θα πρέπει να αποφεύγονται ακραίες τιμές της σχετικής υγρασίας , δηλαδή RH<40% που ξεραίνει το χαρτί και το ξύλο και τιμές πάνω από RH>65% που ευνοούν τη μούχλα.

Στην περίπτωσή μας παρατηρήθηκε ότι τον Φεβρουάριο του 2026 είχαμε μέσο όρο σχετικής υγρασίας (M.O.RH) 34,8% < από το όριο του 40% του προτύπου που μας οδηγεί στην εφαρμογή των προαναφερομένων ρυθμίσεων για το μήνα αυτόν. Για το υπόλοιπο χρονικό διάστημα των μετρήσεών μας ήμασταν εντός του πλαισίου των οδηγιών του EN15757:2010.

Σχετικά με την θερμοκρασία οι τιμές που έχουμε βρίσκονται στο οριζόμενο πλαίσιο από το EN15757, δηλαδή από 15 °C με 25 °C για το Αετοπούλειο κτίριο.

Κτίριο του Αετοπουλείου – Πίνακας Θερμοκρασίας

Θερμοκρασία	Οκτώβριος	Νοέβριος	Δεκέμβριος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος
Υψηλότερη τιμή	26,6 °C	24,3 °C	25,2 °C	25,9 °C	26,2 °C	22,3 °C
Μέση τιμή	21,81°C	21,24°C	21,27°C	21,57 °C	22,14°C	21,59°C
Χαμηλότερη τιμή	19,5 °C	19,8 °C	18,7 °C	18,9 °C	18,7 °C	20,7 °C

10.2. Συμπεράσματα για το κτίριο Νόμπελ και σύγκριση των αποτελεσμάτων με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN15757:2010.

Το κτίριο Νόμπελ είναι όπως έχουμε προαναφέρει ένα ημιτελές κτίριο το οποίο μελλοντικά θα στεγάσει Πολιτιστικές και Εκθεσιακές εκδηλώσεις.

Το κτίριο αυτό για όλο το υπό μελέτη χρονικό διάστημα (από τον Οκτώβρη του 2025 έως τον Μάρτιο του 2026) παρουσιάζει τις ακόλουθες μέσες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας για το εσωτερικό του περιβάλλον.

Η μέση τιμή της εσωτερικής θερμοκρασίας του για όλο το υπό μελέτη χρονικό διάστημα είναι 21°C , ενώ η μέση τιμή για την σχετική υγρασία του (RH) (στο εσωτερικό του κτιρίου) είναι 55,63%. Οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές RH που καταγράφηκαν ήταν 73,1% και 37,5% αντίστοιχα.

Η δε μέση τιμή της εξωτερικής θερμοκρασίας για όλο το υπό μελέτη χρονικό διάστημα είναι στους $22,5^{\circ}\text{C}$. Οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας που καταγράφηκαν ήταν $26,4^{\circ}\text{C}$ & $18,1^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα.

Οι πολύ κοντινές τιμές στους μέσους όρους στις εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες είναι λογικό καθώς αναφερόμαστε σ' ένα ημιτελές κτίριο χωρίς μονώσεις (υγρομονώσεις, θερμομονώσεις κλπ) και χωρίς συστήματα θέρμανσης σε αυτή την χρονική περίοδο που το μελετάμε.

Το βασικότερο όμως τωρινό του πρόβλημα δεν είναι η θερμοκρασία που τυπικά είναι στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Προτύπου EN15757, αλλά η τιμή της μέσης σχετικής υγρασίας που ξεφεύγει πολύ από το όριο του 40% του προτύπου.

Σαφώς μετά την ολοκλήρωσή του δεν θα υπάρχουν τέτοιου είδους προβλήματα και τιμές για τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία διότι οι ζητούμενες προδιαγραφές θα ληφθούν υπόψη στον ενεργειακό σχεδιασμό του κτιρίου.

10.3. Συμπεράσματα για το κτίριο του Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου και σύγκριση των αποτελεσμάτων με το Αμερικάνικο Πρότυπο ASHRAE Guideline 34-2019.

Όπως είδαμε και νωρίτερα οι τιμές της θερμοκρασίας για την υπό μελέτη περίοδο (χειμερινή περίοδο, από τον Οκτώβριο του 2025 έως τον Μάρτιο του 2026), οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας ήταν από 21,14 °C έως 21,81 °C και οι ακραίες τιμές ήταν 26,6 °C (η μέγιστη τιμή) και 18,7 °C (η ελάχιστη τιμή).

Συνεπώς βρισκόμαστε κοντά στην προτεινόμενη τιμή των 22 °C που αναφέρθηκε στην περίληψη παρουσίασης του προτύπου της ASHRAE Guideline 34-2019.

Οι παρεμβάσεις που απαιτηθούν εφόσον για την σχετική υγρασία δεν ορίζει κάτι αυτό το πρότυπο θα είναι να ακολουθήσουμε τις απαιτήσεις του EN15757:2010 και να μην έχουμε ημερήσιες τιμές σχετικής υγρασίας κάτω από το 40%.

10.4. Συμπεράσματα για το κτίριο Νόμπελ και σύγκριση των αποτελεσμάτων με το Αμερικάνικο Πρότυπο ASHRAE Guideline 34-2019.

Όπως προαναφέραμε, η μέση τιμή της εσωτερικής θερμοκρασίας στο κτίριο Νόμπελ για όλο το υπό μελέτη χρονικό διάστημα είναι 21°C , ενώ η μέση τιμή για την σχετική υγρασία του (RH) (στο εσωτερικό του κτιρίου) είναι 55,63%. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το κτίριο είναι ημιτελές και ότι η θερμοκρασία είναι κοντά στην προτεινόμενη τιμή των 22 °C για τη χειμερινή περίοδο, εκτιμούμε ότι μετά την ολοκλήρωση του κτιρίου οι τιμές τόσο της θερμοκρασίας , όσο και της σχετικής υγρασίας θα είναι βελτιωμένες και θα ακολουθούν τα πρότυπα καθώς στα συστήματα κλιματισμού θα εφαρμοστούν οι απαραίτητες ρυθμίσεις.

11. Συνολικά Συμπεράσματα

Η μελέτη του εσωκλίματος σε κτίρια πολιτιστικής κληρονομιάς με μουσειακή χρήση είναι πολύ σημαντική διότι αφορά το ζήτημα της προστασίας τους, ιδιαίτερα υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής, αλλά ταυτόχρονα αφορά και την ανάγκη κατάλληλης συντήρησης των μουσειακών εκθεμάτων.

Για την μακροπρόθεσμη υδροθερμική αξιολόγηση των μουσειακών χώρων απαιτείται συγκεκριμένη μεθοδολογία έρευνας, με καταγραφικά όργανα και ανάλυση των καταγραφών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.

Η μελέτη δύο κτιρίων στον Δήμο Χαλανδρίου έδειξε τα εξής:

- Κτίριο Αετοπουλείου. Κατασκευή από σκυρόδεμα και οπτοπλινθοδομή

Από τον Οκτώβριο του 2025 έως τον Μάρτιο του 2026, διάστημα μέσα στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, η σχετική υγρασία κυμαίνεται από 34,8% (ελάχιστη τιμή τον Φεβρουάριο του 2026), έως 59% (μέγιστη τιμή τον Νοέμβριο του 2025).

Οι εσωτερικές θερμοκρασίες κυμαίνονται από 21,24°C (ελάχιστη τιμή τον Νοέμβριο του 2025), έως 22,14 °C (μέγιστη τιμή τον Φεβρουάριο του 2026).

Διαπιστώθηκε ότι οι θερμοκρασιακές διαφορές βρίσκονται εντός του οριζόμενου πλαισίου από το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN15757:2010, δηλαδή από 15 °C έως 25 °C.

Αναφορικά με τις μετρήσεις της σχετικής υγρασίας (RH) για να είμαστε σύμφωνοι με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN15757:2010 θα πρέπει να ρυθμιστούν τα συστήματα κλιματισμού ώστε να μην υπάρχουν διακυμάνσεις πάνω από 10% και να αποφεύγονται ακραίες τιμές RH<40% ή και RH>65% που ξηραίνουν την ατμόσφαιρα (1^η περίπτωση) ή δημιουργούν φαινόμενα μούχλας (2^η περίπτωση).

Για την περίπτωση αυτού του κτιρίου οι προαναφερόμενες ρυθμίσεις θα εφαρμοστούν στον μήνα Φεβρουάριο του 2026 που παρουσιάστηκαν τιμές σχετικής υγρασίας 34,8%.

Και με το Αμερικάνικο Πρότυπο της ASHRAE Guideline 34-2019 συμβαδίζουν οι καταγραφές μας καθώς οι μέσες τιμές των θερμοκρασιών έχουν τιμές από 21,4 °C έως 21,81 °C που βρίσκονται κοντά στην προτεινόμενη τιμή των 22 °C του Αμερικάνικου Προτύπου της ASHRAE.

- Κτίριο "Νόμπελ". Κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Για το κτίριο Νόμπελ σε όλο το χρονικό διάστημα των μετρήσεων (από τον Οκτώβριο του 2025 έως τον Μάρτιο του 2026) η μέση τιμή της εσωτερικής θερμοκρασίας είναι 21 °C και η μέση τιμή της σχετικής υγρασίας (RH) είναι 55,63%. Η μέση τιμή της εξωτερικής θερμοκρασίας είναι 22 °C.

Διαπιστώθηκε ότι οι τιμές των εξωτερικών και εσωτερικών θερμοκρασιών είναι πολύ κοντά. Και αυτό είναι αναμενόμενο γιατί το κτίριο είναι ημιτελές χωρίς μονώσεις (υγρομονώσεις, θερμομονώσεις) και συστήματα θέρμανσης. Το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι η τιμή της σχετικής υγρασίας για το εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου που είναι

55,63% και ξεφεύγει πολύ από το όριο του 40% των προτύπων (Ευρωπαϊκού και Αμερικάνικου).

Μετά όμως την ολοκλήρωση της κατασκευής του κτιρίου και των συστημάτων κλιματισμού στα οποία θα εφαρμοστούν οι απαραίτητες ρυθμίσεις προβλέπεται να εξαλειφθούν αυτά τα προβλήματα και να συμβαδίζει η λειτουργία του με τόσο με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN15757:2010, όσο και με το Αμερικάνικο Πρότυπο της ASHRAE Guideline 34-2019.

Συγκρίνοντας τα δύο αυτά κτίρια καταλήγουμε στο εξής συμπέρασμα:

Είτε αναφερόμαστε σε ένα παλαιό υφιστάμενο κτίριο (χωρίς την εφαρμογή του ΚΘΚ ή του ΚΕΝΑΚ) , είτε σε κάποιο νεότερο κτίριο στο οποίο είτε έχει ληφθεί ή θα ληφθεί υπόψη ο ΚΕΝΑΚ, θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας τα πρότυπα (Ευρωπαϊκά ή Αμερικάνικα) ώστε εφενός να ελέγχουμε το μικροκλίμα στο εσωτερικό των κτιρίων και να προστατεύονται τα εκθέματα που φιλοξενούνται στους μουσειακούς χώρους και εφετέρου να δημιουργούμε συνθήκες θερμικής άνεσης στους χρήστες ή τους επισκέπτες των ιστορικών κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς και ενδιαφέροντος.

Η μελέτη αυτή είναι σημαντική θα έχει άμεση εφαρμογή σε δύο κτίρια με σημαντική πολιτιστική αξία για τον Δήμο Χαλανδρίου. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για ανάλογη αξιολόγηση και άλλων κτιρίων.

Αποτελεί όμως και τη βάση για περαιτέρω έρευνα σχετικά με τον έλεγχο των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου και πως μπορούμε να τις περιορίσουμε, επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα τους ακόλουθους στόχους:

- Εσωτερικές συνθήκες ικανοποιητικού βαθμού θερμικής άνεσης για τους χρήστες ή τους επισκέπτες του ιστορικού κτιρίου,
- Προστασία των εκθεμάτων &
- Μειωμένη ενεργειακή κατανάλωση καθώς η καναναλίσκόμενη ενέργεια θέρμανσης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα σε τέτοια κτίρια και η σωστή διαχείρισή της παίζει βασικό ρόλο ενεργειακή απόδοση.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

1. Παράρτημα Πινάκων και Διαγραμμάτων από τις μετρήσεις στα υπό μελέτη κτίρια.

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στα δύο υπό μελέτη κτίρια του Δήμου Χαλανδρίου (Αετοπούλειο Πολιτιστικό Κέντρο & κτίριο Νόμπελ) από τον Οκτώβριο του 2025 έως τον Μάρτιο του 2026.

Πίνακες Μετρήσεων Πολιτιστικού Κτιρίου «Αετοπουλείου».

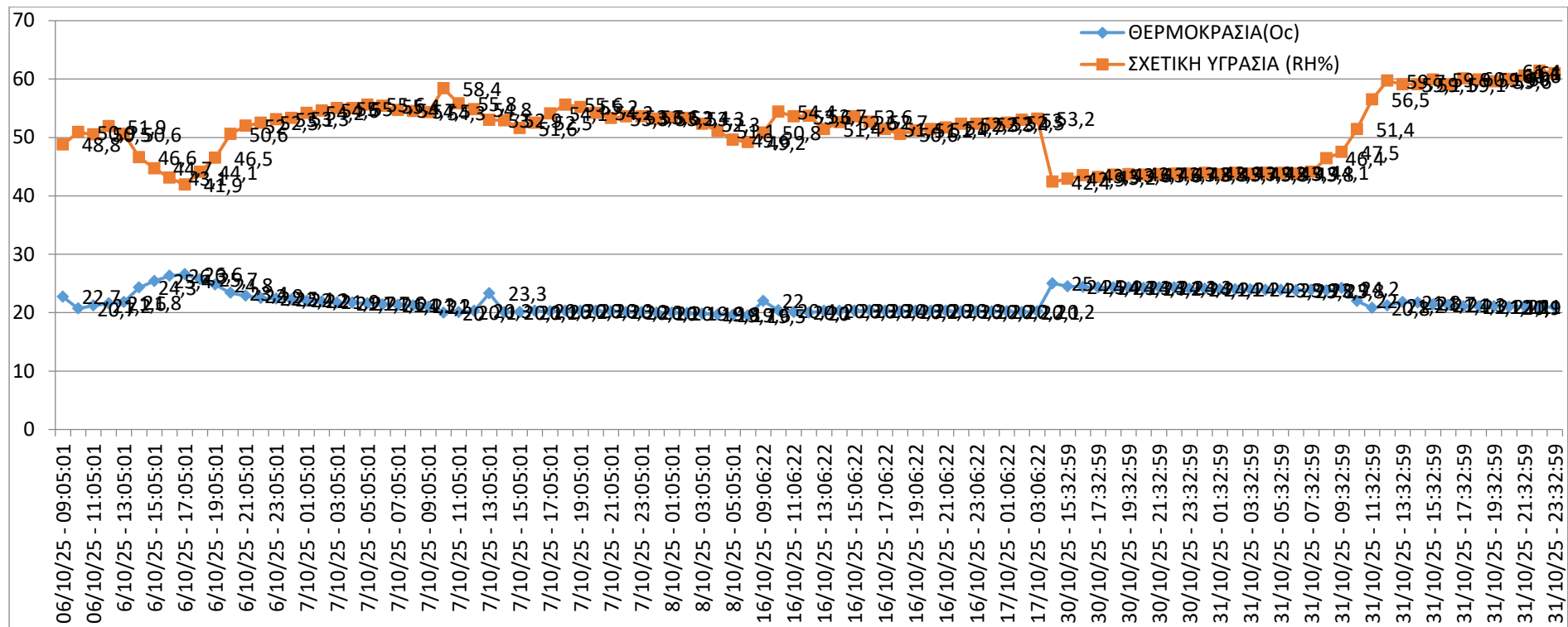
Πίνακας 1. Μετρήσεις θερμοκρασίας (°C) και Σχετικής Υγρασίας (RH %) στους εσωτερικούς χώρους του Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου του Δήμου Χαλανδρίου τον Οκτώβριο του 2025.

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2025		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ/ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(Οc)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (RH%)
06/10/25 - 09:05:01	22,7	48,8
06/10/25 - 10:05:01	20,7	50,9
06/10/25 - 11:05:01	21,2	50,5
6/10/25 - 12:05:01	21,6	51,9
6/10/25 - 13:05:01	21,8	50,6
6/10/25 - 14:05:01	24,3	46,6
6/10/25 - 15:05:01	25,4	44,7
6/10/25 - 16:05:01	26,3	43,1
6/10/25 - 17:05:01	26,6	41,9
6/10/25 - 18:05:01	25,7	44,1
6/10/25 - 19:05:01	24,8	46,5
6/10/25- 20:05:01	23,4	50,6
6/10/25 - 21:05:01	22,9	52
6/10/25 - 22:05:01	22,5	52,5
6/10/25 - 23:05:01	22,4	53,1
7/10/25 - 00:05:01	22,2	53,3
7/10/25 - 01:05:01	22	54,2
7/10/25 - 02:05:01	21,9	54,6
7/10/25 - 03:05:01	21,7	55

7/10/25 - 04:05:01	21,7	55
7/10/25 - 05:05:01	21,6	55,6
7/10/25 - 06:05:01	21,4	55,4
7/10/25 - 07:05:01	21,3	54,7
7/10/25 - 08:05:01	21,2	54,5
7/10/25 - 09:05:01	21	54,3
7/10/25 - 10:05:01	20	58,4
7/10/25 - 11:05:01	20,1	55,8
7/10/25 - 12:05:01	20,3	54,8
7/10/25 - 13:05:01	23,3	53
7/10/25 - 14:05:01	20,1	52,9
7/10/25 - 15:05:01	20,1	51,6
7/10/25 - 16:05:01	20,3	52,5
7/10/25 - 17:05:01	20,2	54,1
7/10/25 - 18:05:01	20,3	55,6
7/10/25 - 19:05:01	20,3	55,2
7/10/25 - 20:05:01	20,3	54,2
7/10/25 - 21:05:01	20,2	53,3
7/10/25 - 22:05:01	20,1	53,6
7/10/25 - 23:05:01	20,1	53,6
8/10/25 - 00:05:01	20	53,2
8/10/25 - 01:05:01	20	53,4
8/10/25 - 02:05:01	19,9	53,3
8/10/25 - 03:05:01	19,8	52,3
8/10/25 - 04:05:01	19,7	51,1
8/10/25 - 05:05:01	19,6	49,6
8/10/25 - 06:05:01	19,5	49,2
16/10/25 - 09:06:22	22	50,8
16/10/25 - 10:06:22	20,4	54,4
16/10/25 - 11:06:22	20,1	53,6
16/10/25 - 12:06:22	20	53,7
16/10/25 - 13:06:22	20,3	51,4
16/10/25 - 14:06:22	20,3	52,6
16/10/25 - 15:06:22	20,3	53,6
16/10/25 - 16:06:22	20,4	52,7
16/10/25 - 17:06:22	20,3	51,4
16/10/25 - 18:06:22	20,2	50,6
16/10/25 - 19:06:22	20,3	51,2
16/10/25 - 20:06:22	20,3	51,4
16/10/25 - 21:06:22	20,3	51,7
16/10/25 - 22:06:22	20,2	52,3
16/10/25 - 23:06:22	20,2	52,3
17/10/25 - 00:06:22	20,2	52,4
17/10/25 - 01:06:22	20,2	52,5

17/10/25 - 02:06:22	20,1	53
17/10/25 - 03:06:22	20,2	53,2
30/10/25 - 14:32:59	25	42,4
30/10/25 - 15:32:59	24,5	42,9
30/10/25 - 16:32:59	24,4	43,5
30/10/25 - 17:32:59	24,3	43,2
30/10/25 - 18:32:59	24,3	43,6
30/10/25 - 19:32:59	24,3	43,7
30/10/25 - 20:32:59	24,2	43,6
30/10/25 - 21:32:59	24,3	43,7
30/10/25 - 22:32:59	24,3	43,8
30/10/25 - 23:32:59	24,1	43,8
31/10/25 - 00:32:59	24,1	43,9
31/10/25 - 01:32:59	24	43,7
31/10/25 - 02:32:59	24	43,9
31/10/25 - 03:32:59	24	43,8
31/10/25 - 04:32:59	23,9	43,9
31/10/25 - 05:32:59	23,9	43,9
31/10/25 - 06:32:59	23,8	43,8
31/10/25 - 07:32:59	23,9	44,1
31/10/25 - 08:32:59	23,8	46,4
31/10/25 - 09:32:59	24,2	47,5
31/10/25 - 10:32:59	22	51,4
31/10/25 - 11:32:59	20,8	56,5
31/10/25 - 12:32:59	21,2	59,7
31/10/25 - 13:32:59	21,8	59,1
31/10/25 - 14:32:59	21,7	59,1
31/10/25 - 15:32:59	21,4	59,9
31/10/25 - 16:32:59	21,3	59,1
31/10/25 - 17:32:59	21,1	60,1
31/10/25 - 18:32:59	21,1	59,9
31/10/25 - 19:32:59	21,1	59,6
31/10/25 - 20:32:59	21	60
31/10/25 - 21:32:59	21,1	60,6
31/10/25 - 22:32:59	20,9	61,4
31/10/25 - 23:32:59	21	61

Αντίστοιχο Διάγραμμα 1 – Θερμοκρασίας (°C) και σχετικής υγρασίας (RH%) τον Οκτώβριο του 2025 στο κτίριο του Αετοπουλείου.



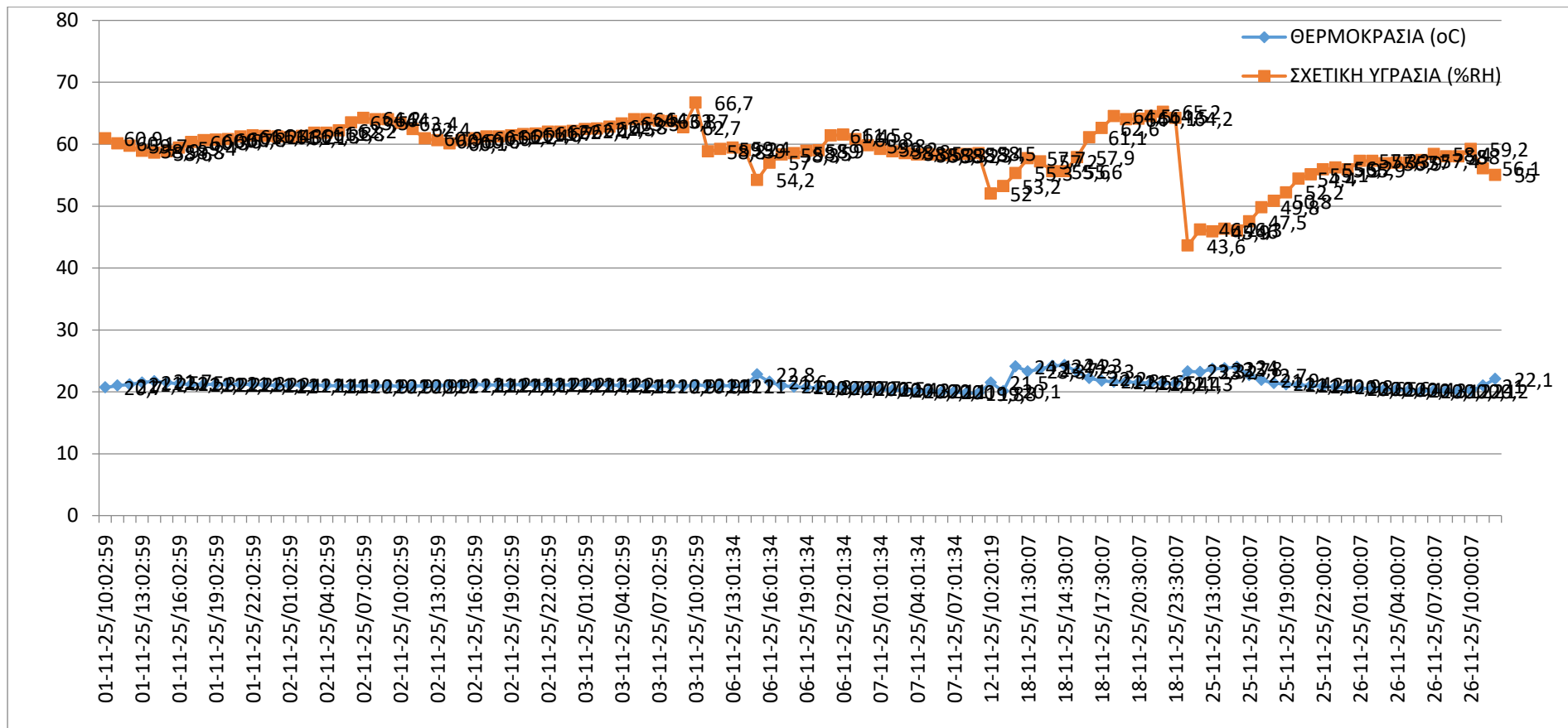
Πίνακας 2. Μετρήσεις θερμοκρασίας (°C) και Σχετικής Υγρασίας (RH %) στους εσωτερικούς χώρους του Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου του Δήμου Χαλανδρίου τον Νοέμβριο του 2025.

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2025		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ / ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%RH)
01-11-25/10:02:59	20,7	60,9
01-11-25/11:02:59	21	60,1
01-11-25/12:02:59	21,2	59,7
01-11-25/13:02:59	21,5	58,9
01-11-25/14:02:59	21,7	58,6
01-11-25/15:02:59	21,5	58,8
01-11-25/16:02:59	21,3	59,4
01-11-25/17:02:59	21,2	60,3
01-11-25/18:02:59	21,2	60,6
01-11-25/19:02:59	21,2	60,7
01-11-25/20:02:59	21,3	60,8
01-11-25/21:02:59	21,2	61,2
01-11-25/22:02:59	21,2	61,4
01-11-25/23:02:59	21,1	61,3
02-11-25/00:02:59	21	61,2
02-11-25/01:02:59	21,1	61,1
02-11-25/02:02:59	21,1	61,3
02-11-25/03:02:59	21,1	61,8
02-11-25/04:02:59	21	61,8
02-11-25/05:02:59	21	62,2
02-11-25/06:02:59	20,9	63,5
02-11-25/07:02:59	21	64,2
02-11-25/08:02:59	20,9	64
02-11-25/09:02:59	21	64
02-11-25/10:02:59	20,9	63,4
02-11-25/11:02:59	20,9	62,4
02-11-25/12:02:59	21	60,9
02-11-25/13:02:59	21	60,6
02-11-25/14:02:59	21,1	60,1
02-11-25/15:02:59	21,1	60,6
02-11-25/16:02:59	21,2	60,9
02-11-25/17:02:59	21,1	61,2
02-11-25/18:02:59	21,1	61,2
02-11-25/19:02:59	21,1	61,4
02-11-25/20:02:59	21,2	61,6
02-11-25/21:02:59	21,2	61,7
02-11-25/22:02:59	21,2	62

02-11-25/23:02:59	21,1	62
03-11-25/00:02:59	21,1	62,1
03-11-25/01:02:59	21,2	62,4
03-11-25/02:02:59	21,2	62,5
03-11-25/03:02:59	21,1	62,8
03-11-25/04:02:59	21	63,3
03-11-25/05:02:59	21	64
03-11-25/06:02:59	21	64
03-11-25/07:02:59	20,9	63,8
03-11-25/08:02:59	21	63,7
03-11-25/09:02:59	20,9	62,7
03-11-25/10:02:59	21,1	66,7
06-11-25/11:01:34	21	58,8
06-11-25/12:01:34	21	59,2
06-11-25/13:01:34	21	59,4
06-11-25/14:01:34	21	59
06-11-25/15:01:34	22,8	54,2
06-11-25/16:01:34	21,6	57
06-11-25/17:01:34	21	58,3
06-11-25/18:01:34	20,8	58,5
06-11-25/19:01:34	20,7	58,9
06-11-25/20:01:34	20,7	59
06-11-25/21:01:34	20,7	61,4
06-11-25/22:01:34	20,7	61,5
06-11-25/23:01:34	20,6	60,8
07-11-25/00:01:34	20,5	59,8
07-11-25/01:01:34	20,4	59,2
07-11-25/02:01:34	20,3	58,8
07-11-25/03:01:34	20,2	58,5
07-11-25/04:01:34	20,1	58,3
07-11-25/05:01:34	20,1	58,3
07-11-25/06:01:34	20	58,2
07-11-25/07:01:34	20	58,3
07-11-25/08:01:34	19,8	58,4
07-11-25/09:01:34	19,8	58,5
12-11-25/10:20:19	21,5	52
12-11-25/11:22:19	20,1	53,2
18-11-25/10:30:07	24,1	55,3
18-11-25/11:30:07	23,3	57,7
18-11-25/12:30:07	23,7	57,2
18-11-25/13:30:07	24,2	55,6
18-11-25/14:30:07	24,3	55,6
18-11-25/15:30:07	23,3	57,9
18-11-25/16:30:07	22,2	61,1

18-11-25/17:30:07	21,8	62,6
18-11-25/18:30:07	21,6	64,5
18-11-25/19:30:07	21,6	64
18-11-25/20:30:07	21,5	64,1
18-11-25/21:30:07	21,4	64,5
18-11-25/22:30:07	21,4	65,2
18-11-25/23:30:07	21,3	64,2
25-11-25/11:00:07	23,3	43,6
25-11-25/12:00:07	23,2	46,2
25-11-25/13:00:07	23,7	45,9
25-11-25/14:00:07	23,8	46,3
25-11-25/15:00:07	24	46
25-11-25/16:00:07	22,7	47,5
25-11-25/17:00:07	21,9	49,8
25-11-25/18:00:07	21,4	50,8
25-11-25/19:00:07	21,2	52,2
25-11-25/20:00:07	21,1	54,4
25-11-25/21:00:07	21	55,1
25-11-25/22:00:07	20,9	55,9
25-11-25/23:00:07	20,8	56,2
26-11-25/00:00:07	20,6	55,9
26-11-25/01:00:07	20,5	57,3
26-11-25/02:00:07	20,6	57,3
26-11-25/03:00:07	20,4	56,9
26-11-25/04:00:07	20,4	57
26-11-25/05:00:07	20,3	57
26-11-25/06:00:07	20,1	57,4
26-11-25/07:00:07	20,2	58,4
26-11-25/08:00:07	20,2	58
26-11-25/09:00:07	20,1	58
26-11-25/10:00:07	20,2	59,2
26-11-25/11:00:07	21	56,1
26-11-25/12:00:07	22,1	55

Αντίστοιχο Διάγραμμα 2 – Θερμοκρασίας (°C) και σχετικής υγρασίας (RH%) τον Νοέμβριο του 2025 στο κτίριο του Αετοπουλείου.

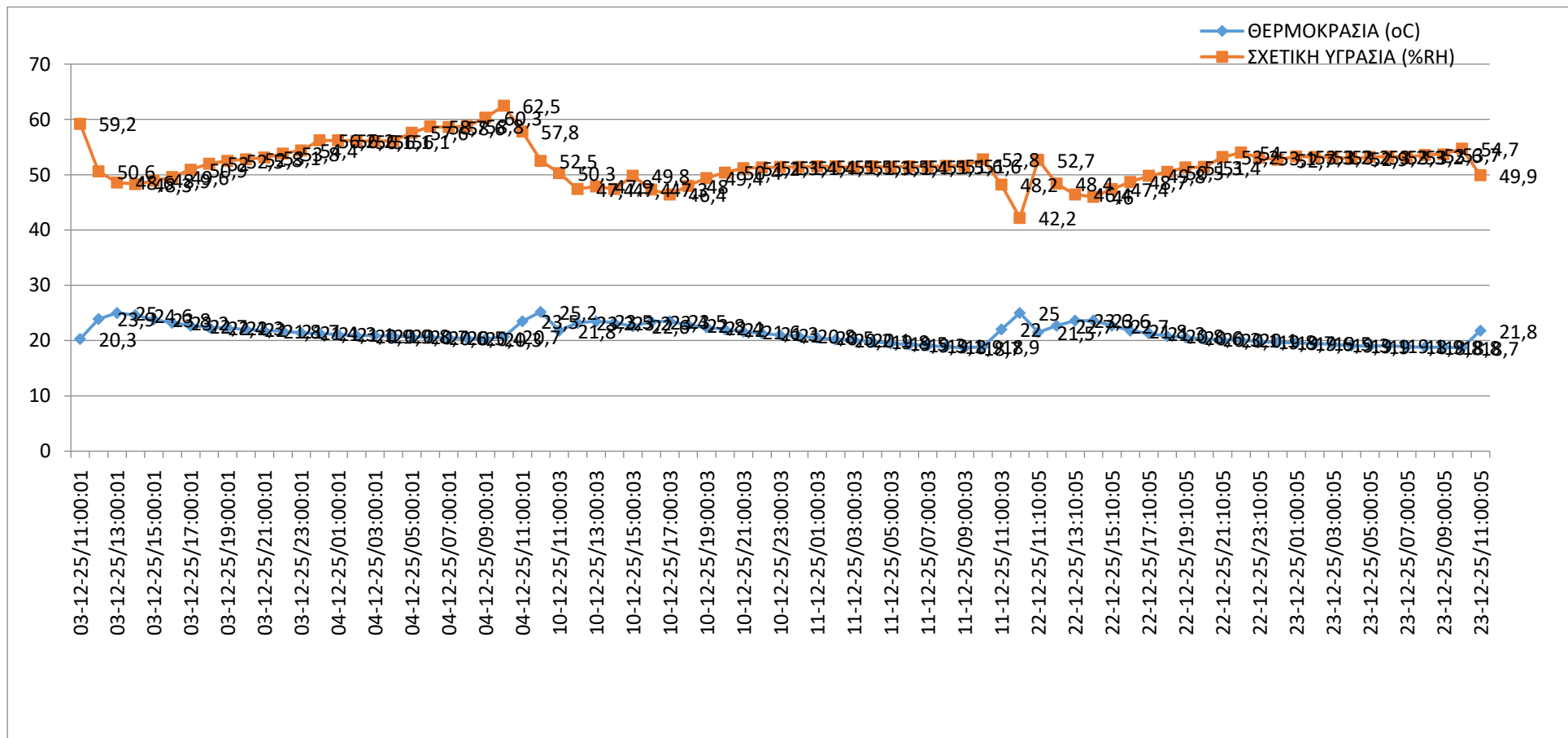


Πίνακας 3. Μετρήσεις θερμοκρασίας (°C) και σχετικής υγρασίας (RH%) στους εσωτερικούς χώρους του Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου του Δήμου Χαλανδρίου τον Δεκέμβριο του 2025.

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2025		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ / ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%RH)
03-12-25/11:00:01	20,3	59,2
03-12-25/12:00:01	23,9	50,6
03-12-25/13:00:01	25	48,6
03-12-25/14:00:01	24,6	48,3
03-12-25/15:00:01	23,8	48,9
03-12-25/16:00:01	23,2	49,6
03-12-25/17:00:01	22,7	50,9
03-12-25/18:00:01	22,4	52
03-12-25/19:00:01	22,3	52,5
03-12-25/20:00:01	22	52,8
03-12-25/21:00:01	21,8	53,1
03-12-25/22:00:01	21,7	53,8
03-12-25/23:00:01	21,4	54,4
04-12-25/00:00:01	21,3	56,2
04-12-25/01:00:01	21,1	56,2
04-12-25/02:00:01	20,9	56,1
04-12-25/03:00:01	20,9	56,1
04-12-25/04:00:01	20,8	56,1
04-12-25/05:00:01	20,7	57,6
04-12-25/06:00:01	20,6	58,7
04-12-25/07:00:01	20,5	58,6
04-12-25/08:00:01	20,4	58,8
04-12-25/09:00:01	20,3	60,3
04-12-25/10:00:01	20,7	62,5
04-12-25/11:00:01	23,5	57,8
04-12-25/12:00:01	25,2	52,5
10-12-25/11:00:03	21,8	50,3
10-12-25/12:00:03	23,2	47,4
10-12-25/13:00:03	23,5	47,9
10-12-25/14:00:03	23,2	47,4
10-12-25/15:00:03	22,6	49,8
10-12-25/16:00:03	23,4	47,3
10-12-25/17:00:03	23,5	46,4
10-12-25/18:00:03	22,8	48
10-12-25/19:00:03	22,4	49,4
10-12-25/20:00:03	22	50,4
10-12-25/21:00:03	21,6	51,2

10-12-25/22:00:03	21,3	51,3
10-12-25/23:00:03	21	51,4
11-12-25/00:00:03	20,8	51,4
11-12-25/01:00:03	20,5	51,5
11-12-25/02:00:03	20,2	51,5
11-12-25/03:00:03	20,1	51,3
11-12-25/04:00:03	19,8	51,5
11-12-25/05:00:03	19,5	51,4
11-12-25/06:00:03	19,3	51,5
11-12-25/07:00:03	19,1	51,5
11-12-25/08:00:03	18,9	51,6
11-12-25/09:00:03	18,7	51,6
11-12-25/10:00:03	18,9	52,8
11-12-25/11:00:03	22	48,2
11-12-25/12:00:03	25	42,2
22-12-25/11:10:05	21,5	52,7
22-12-25/12:10:05	22,7	48,4
22-12-25/13:10:05	23,6	46,4
22-12-25/14:10:05	23,6	46
22-12-25/15:10:05	22,7	47,4
22-12-25/16:10:05	21,8	48,7
22-12-25/17:10:05	21,3	49,8
22-12-25/18:10:05	20,8	50,5
22-12-25/19:10:05	20,6	51,3
22-12-25/20:10:05	20,3	51,4
22-12-25/21:10:05	20,1	53,2
22-12-25/22:10:05	20,1	54
22-12-25/23:10:05	19,8	53,1
23-12-25/00:00:05	19,7	52,7
23-12-25/01:00:05	19,6	53,3
23-12-25/02:00:05	19,5	53,2
23-12-25/03:00:05	19,3	53,2
23-12-25/04:00:05	19,1	52,9
23-12-25/05:00:05	19	53,2
23-12-25/06:00:05	19,1	53,3
23-12-25/07:00:05	18,9	53,2
23-12-25/08:00:05	18,8	53,6
23-12-25/09:00:05	18,8	53,7
23-12-25/10:00:05	18,7	54,7
23-12-25/11:00:05	21,8	49,9

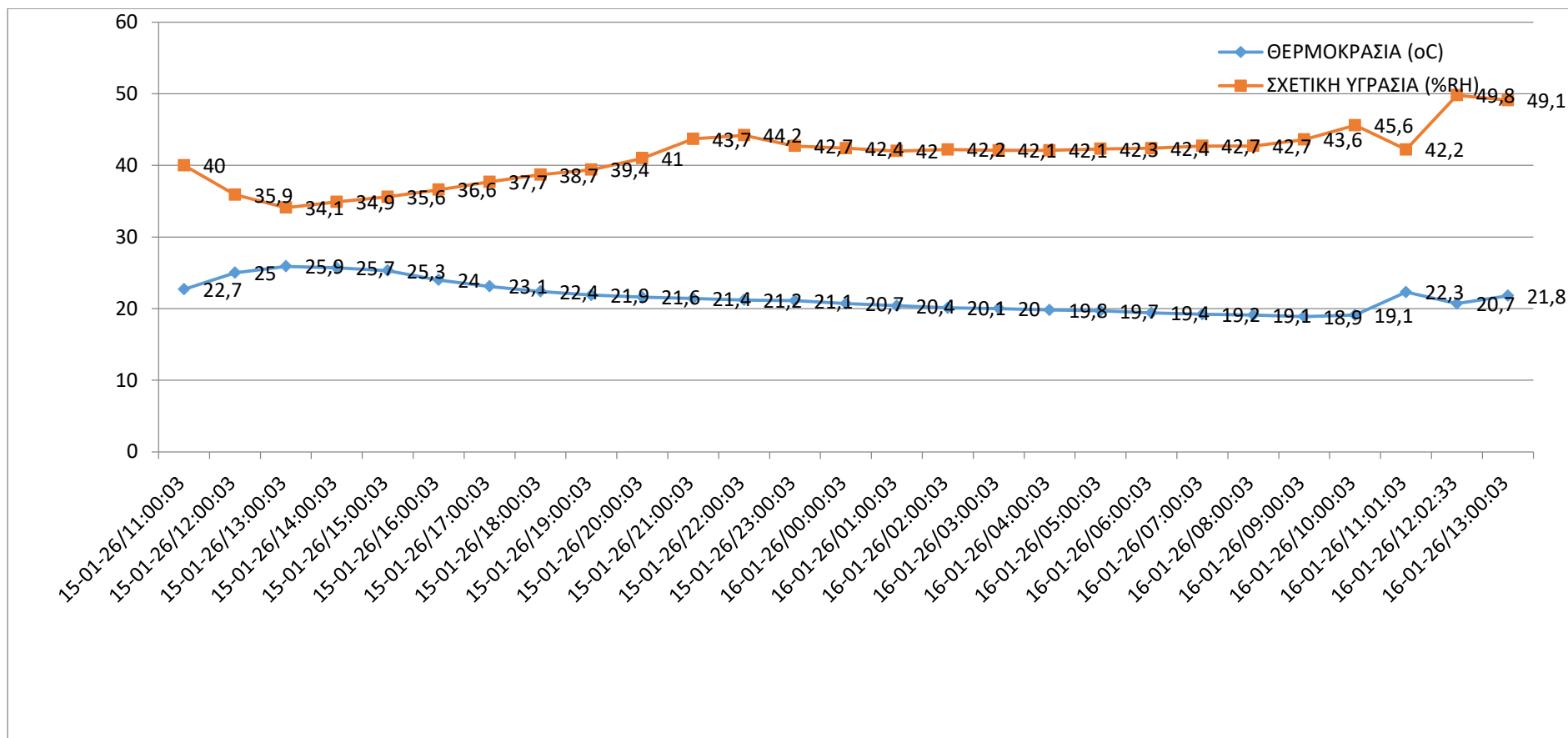
Αντίστοιχο Διάγραμμα 3 – Θερμοκρασίας (°C) και σχετικής υγρασίας (RH%) τον Δεκέμβριο του 2025 στο κτίριο του Αετοπουλείου.



Πίνακας 4. Μετρήσεις θερμοκρασίας (°C) και Σχετικής Υγρασίας (RH %) στους εσωτερικούς χώρους του Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου του Δήμου Χαλανδρίου τον Ιανουάριο του 2026.

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2026		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ / ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%RH)
15-01-26/11:00:03	22,7	40
15-01-26/12:00:03	25	35,9
15-01-26/13:00:03	25,9	34,1
15-01-26/14:00:03	25,7	34,9
15-01-26/15:00:03	25,3	35,6
15-01-26/16:00:03	24	36,6
15-01-26/17:00:03	23,1	37,7
15-01-26/18:00:03	22,4	38,7
15-01-26/19:00:03	21,9	39,4
15-01-26/20:00:03	21,6	41
15-01-26/21:00:03	21,4	43,7
15-01-26/22:00:03	21,2	44,2
15-01-26/23:00:03	21,1	42,7
16-01-26/00:00:03	20,7	42,4
16-01-26/01:00:03	20,4	42
16-01-26/02:00:03	20,1	42,2
16-01-26/03:00:03	20	42,1
16-01-26/04:00:03	19,8	42,1
16-01-26/05:00:03	19,7	42,3
16-01-26/06:00:03	19,4	42,4
16-01-26/07:00:03	19,2	42,7
16-01-26/08:00:03	19,1	42,7
16-01-26/09:00:03	18,9	43,6
16-01-26/10:00:03	19,1	45,6
16-01-26/11:01:03	22,3	42,2
16-01-26/12:02:33	20,7	49,8
16-01-26/13:00:03	21,8	49,1

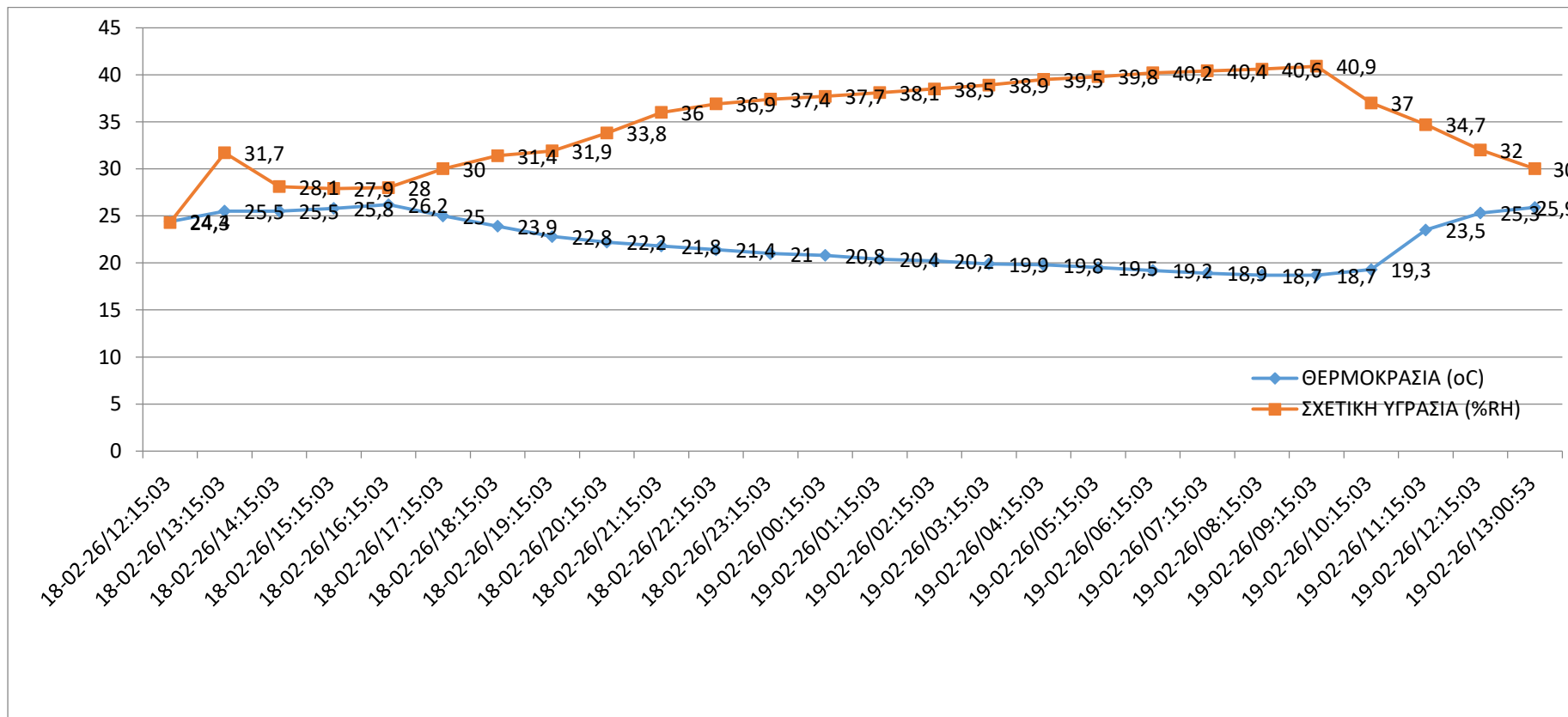
Αντίστοιχο Διάγραμμα 4 – Θερμοκρασίας (°C) και σχετικής υγρασίας (RH%) τον Ιανουάριο του 2025 στο κτίριο του Αετοπουλείου.



Πίνακας 5. Μετρήσεις θερμοκρασίας (°C) και Σχετικής Υγρασίας (RH %) στους εσωτερικούς χώρους του Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου του Δήμου Χαλανδρίου τον Φεβρουάριο του 2026.

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2026		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ / ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%RH)
18-02-26/12:15:03	24,4	24,3
18-02-26/13:15:03	25,5	31,7
18-02-26/14:15:03	25,5	28,1
18-02-26/15:15:03	25,8	27,9
18-02-26/16:15:03	26,2	28
18-02-26/17:15:03	25	30
18-02-26/18:15:03	23,9	31,4
18-02-26/19:15:03	22,8	31,9
18-02-26/20:15:03	22,2	33,8
18-02-26/21:15:03	21,8	36
18-02-26/22:15:03	21,4	36,9
18-02-26/23:15:03	21	37,4
19-02-26/00:15:03	20,8	37,7
19-02-26/01:15:03	20,4	38,1
19-02-26/02:15:03	20,2	38,5
19-02-26/03:15:03	19,9	38,9
19-02-26/04:15:03	19,8	39,5
19-02-26/05:15:03	19,5	39,8
19-02-26/06:15:03	19,2	40,2
19-02-26/07:15:03	18,9	40,4
19-02-26/08:15:03	18,7	40,6
19-02-26/09:15:03	18,7	40,9
19-02-26/10:15:03	19,3	37
19-02-26/11:15:03	23,5	34,7
19-02-26/12:15:03	25,3	32
19-02-26/13:00:53	25,9	30

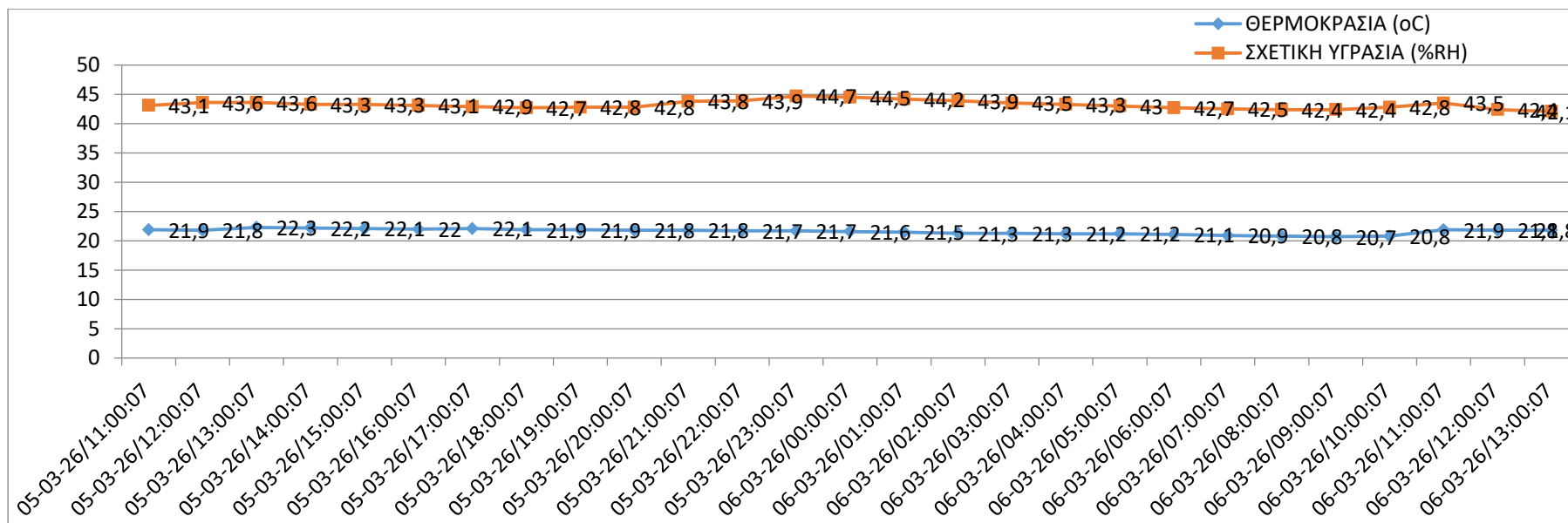
Αντίστοιχο Διάγραμμα 5 – Θερμοκρασίας (°C) και σχετικής υγρασίας (RH%)τον Φεβρουάριο του 2025 στο κτίριο του Αετοπουλείου.



Πίνακας 6. Μετρήσεις θερμοκρασίας (°C) και Σχετικής Υγρασίας (RH %) στους εσωτερικούς χώρους του Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου του Δήμου Χαλανδρίου τον Μάρτιο του 2026.

ΜΑΡΤΙΟΣ 2026		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ / ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%RH)
05-03-26/11:00:07	21,9	43,1
05-03-26/12:00:07	21,8	43,6
05-03-26/13:00:07	22,3	43,6
05-03-26/14:00:07	22,2	43,3
05-03-26/15:00:07	22,1	43,3
05-03-26/16:00:07	22	43,1
05-03-26/17:00:07	22,1	42,9
05-03-26/18:00:07	21,9	42,7
05-03-26/19:00:07	21,9	42,8
05-03-26/20:00:07	21,8	42,8
05-03-26/21:00:07	21,8	43,8
05-03-26/22:00:07	21,7	43,9
05-03-26/23:00:07	21,7	44,7
06-03-26/00:00:07	21,6	44,5
06-03-26/01:00:07	21,5	44,2
06-03-26/02:00:07	21,3	43,9
06-03-26/03:00:07	21,3	43,5
06-03-26/04:00:07	21,2	43,3
06-03-26/05:00:07	21,2	43
06-03-26/06:00:07	21,1	42,7
06-03-26/07:00:07	20,9	42,5
06-03-26/08:00:07	20,8	42,4
06-03-26/09:00:07	20,7	42,4
06-03-26/10:00:07	20,8	42,8
06-03-26/11:00:07	21,9	43,5
06-03-26/12:00:07	21,8	42,4
06-03-26/13:00:07	21,8	42,1

Αντίστοιχο Διάγραμμα 6 – Θερμοκρασίας (°C) και σχετικής υγρασίας (RH%) τον Φεβρουάριο του 2025 στο κτίριο του Αετοπουλείου.



Πίνακας 7. Μετρήσεις εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας Αετοπουλείου Πολιτιστικού Κέντρου από τον Οκτώβριο του 2025 έως και τον Μάρτιο του 2026.

Οι μετρήσεις των εξωτερικών θερμοκρασιών του Αετοπουλείου Πολιτιστικού κέντρου έχουν ληφθεί από το <https://meteosearch.meteo.gr/> , για υπό μελέτη χρονικό διάστημα για τον Δήμο Χαλανδρίου.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ & ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΕΤΟΠΟΥΛΕΙΟΥ /		
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2025 - ΜΑΡΤΙΟΣ 2026		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ/ΩΡΑ	Θερμοκρασία Εσωτερική (°C)	Θερμοκρασία Εξωτερική (°C)
06/10/25 - 09:05:01	22,7	17,8
06/10/25 - 10:05:01	20,7	17,8
06/10/25 - 11:05:01	21,2	17,8
6/10/25 - 12:05:01	21,6	17,8
6/10/25 - 13:05:01	21,8	17,8
6/10/25 - 14:05:01	24,3	17,8
6/10/25 - 15:05:01	25,4	17,8
6/10/25 - 16:05:01	26,3	17,8
6/10/25 - 17:05:01	26,6	17,8
6/10/25 - 18:05:01	25,7	17,8
6/10/25 - 19:05:01	24,8	17,8
6/10/25 - 20:05:01	23,4	17,8
6/10/25 - 21:05:01	22,9	17,8
6/10/25 - 22:05:01	22,5	17,8
6/10/25 - 23:05:01	22,4	17,8
7/10/25 - 00:05:01	22,2	15,6
7/10/25 - 01:05:01	22	15,6
7/10/25 - 02:05:01	21,9	15,6
7/10/25 - 03:05:01	21,7	15,6
7/10/25 - 04:05:01	21,7	15,6
7/10/25 - 05:05:01	21,6	15,6
7/10/25 - 06:05:01	21,4	15,6
7/10/25 - 07:05:01	21,3	15,6
7/10/25 - 08:05:01	21,2	15,6
7/10/25 - 09:05:01	21	15,6
7/10/25 - 10:05:01	20	15,6
7/10/25 - 11:05:01	20,1	15,6

7/10/25 - 12:05:01	20,3	15,6
7/10/25 - 13:05:01	23,3	15,6
7/10/25 - 14:05:01	20,1	15,6
7/10/25 - 15:05:01	20,1	15,6
7/10/25 - 16:05:01	20,3	15,6
7/10/25 - 17:05:01	20,2	15,6
7/10/25 - 18:05:01	20,3	15,6
7/10/25 - 19:05:01	20,3	15,6
7/10/25 - 20:05:01	20,3	15,6
7/10/25 - 21:05:01	20,2	15,6
7/10/25 - 22:05:01	20,1	15,6
7/10/25 - 23:05:01	20,1	15,6
8/10/25 - 00:05:01	20	15
8/10/25 - 01:05:01	20	15
8/10/25 - 02:05:01	19,9	15
8/10/25 - 03:05:01	19,8	15
8/10/25 - 04:05:01	19,7	15
8/10/25 - 05:05:01	19,6	15
8/10/25 - 06:05:01	19,5	15
16/10/25 - 09:06:22	22	17,5
16/10/25 - 10:06:22	20,4	17,5
16/10/25 - 11:06:22	20,1	17,5
16/10/25 - 12:06:22	20	17,5
16/10/25 - 13:06:22	20,3	17,5
16/10/25 - 14:06:22	20,3	17,5
16/10/25 - 15:06:22	20,3	17,5
16/10/25 - 16:06:22	20,4	17,5
16/10/25 - 17:06:22	20,3	17,5
16/10/25 - 18:06:22	20,2	17,5
16/10/25 - 19:06:22	20,3	17,5
16/10/25 - 20:06:22	20,3	17,5
16/10/25 - 21:06:22	20,3	17,5
16/10/25 - 22:06:22	20,2	17,5
16/10/25 - 23:06:22	20,2	17,5
17/10/25 - 00:06:22	20,2	17,6
17/10/25 - 01:06:22	20,2	17,6
17/10/25 - 02:06:22	20,1	17,6
17/10/25 - 03:06:22	20,2	17,6
30/10/25 - 14:32:59	25	17,1
30/10/25 - 15:32:59	24,5	17,1
30/10/25 - 16:32:59	24,4	17,1
30/10/25 - 17:32:59	24,3	17,1
30/10/25 - 18:32:59	24,3	17,1
30/10/25 - 19:32:59	24,3	17,1

30/10/25 - 20:32:59	24,2	17,1
30/10/25 - 21:32:59	24,3	17,1
30/10/25 - 22:32:59	24,3	17,1
30/10/25 - 23:32:59	24,1	17,1
31/10/25 - 00:32:59	24,1	17,7
31/10/25 - 01:32:59	24	17,7
31/10/25 - 02:32:59	24	17,7
31/10/25 - 03:32:59	24	17,7
31/10/25 - 04:32:59	23,9	17,7
31/10/25 - 05:32:59	23,9	17,7
31/10/25 - 06:32:59	23,8	17,7
31/10/25 - 07:32:59	23,9	17,7
31/10/25 - 08:32:59	23,8	17,7
31/10/25 - 09:32:59	24,2	17,7
31/10/25 - 10:32:59	22	17,7
31/10/25 - 11:32:59	20,8	17,7
31/10/25 - 12:32:59	21,2	17,7
31/10/25 - 13:32:59	21,8	17,7
31/10/25 - 14:32:59	21,7	17,7
31/10/25 - 15:32:59	21,4	17,7
31/10/25 - 16:32:59	21,3	17,7
31/10/25 - 17:32:59	21,1	17,7
31/10/25 - 18:32:59	21,1	17,7
31/10/25 - 19:32:59	21,1	17,7
31/10/25 - 20:32:59	21	17,7
31/10/25 - 21:32:59	21,1	17,7
31/10/25 - 22:32:59	20,9	17,7
31/10/25 - 23:32:59	21	17,7
01-11-25/10:02:59	20,7	18,4
01-11-25/11:02:59	21	18,4
01-11-25/12:02:59	21,2	18,4
01-11-25/13:02:59	21,5	18,4
01-11-25/14:02:59	21,7	18,4
01-11-25/15:02:59	21,5	18,4
01-11-25/16:02:59	21,3	18,4
01-11-25/17:02:59	21,2	18,4
01-11-25/18:02:59	21,2	18,4
01-11-25/19:02:59	21,2	18,4
01-11-25/20:02:59	21,3	18,4
01-11-25/21:02:59	21,2	18,4
01-11-25/22:02:59	21,2	18,4
01-11-25/23:02:59	21,1	18,4
02-11-25/00:02:59	21	18,4
02-11-25/01:02:59	21,1	18,4

02-11-25/02:02:59	21,1	18,4
02-11-25/03:02:59	21,1	18,4
02-11-25/04:02:59	21	18,4
02-11-25/05:02:59	21	18,4
02-11-25/06:02:59	20,9	18,4
02-11-25/07:02:59	21	18,4
02-11-25/08:02:59	20,9	18,4
02-11-25/09:02:59	21	18,4
02-11-25/10:02:59	20,9	18,4
02-11-25/11:02:59	20,9	18,4
02-11-25/12:02:59	21	18,4
02-11-25/13:02:59	21	18,4
02-11-25/14:02:59	21,1	18,4
02-11-25/15:02:59	21,1	18,4
02-11-25/16:02:59	21,2	18,4
02-11-25/17:02:59	21,1	18,4
02-11-25/18:02:59	21,1	18,4
02-11-25/19:02:59	21,1	18,4
02-11-25/20:02:59	21,2	18,4
02-11-25/21:02:59	21,2	18,4
02-11-25/22:02:59	21,2	18,4
02-11-25/23:02:59	21,1	18,4
03-11-25/00:02:59	21,1	19,3
03-11-25/01:02:59	21,2	19,3
03-11-25/02:02:59	21,2	19,3
03-11-25/03:02:59	21,1	19,3
03-11-25/04:02:59	21	19,3
03-11-25/05:02:59	21	19,3
03-11-25/06:02:59	21	19,3
03-11-25/07:02:59	20,9	19,3
03-11-25/08:02:59	21	19,3
03-11-25/09:02:59	20,9	19,3
03-11-25/10:02:59	21,1	19,3
06-11-25/11:01:34	21	15,8
06-11-25/12:01:34	21	15,8
06-11-25/13:01:34	21	15,8
06-11-25/14:01:34	21	15,8
06-11-25/15:01:34	22,8	15,8
06-11-25/16:01:34	21,6	15,8
06-11-25/17:01:34	21	15,8
06-11-25/18:01:34	20,8	15,8
06-11-25/19:01:34	20,7	15,8
06-11-25/20:01:34	20,7	15,8
06-11-25/21:01:34	20,7	15,8

06-11-25/22:01:34	20,7	15,8
06-11-25/23:01:34	20,6	15,8
07-11-25/00:01:34	20,5	16,2
07-11-25/01:01:34	20,4	16,2
07-11-25/02:01:34	20,3	16,2
07-11-25/03:01:34	20,2	16,2
07-11-25/04:01:34	20,1	16,2
07-11-25/05:01:34	20,1	16,2
07-11-25/06:01:34	20	16,2
07-11-25/07:01:34	20	16,2
07-11-25/08:01:34	19,8	16,2
07-11-25/09:01:34	19,8	16,2
12-11-25/10:20:19	21,5	16
12-11-25/11:22:19	20,1	16
18-11-25/10:30:07	24,1	18,3
18-11-25/11:30:07	23,3	18,3
18-11-25/12:30:07	23,7	18,3
18-11-25/13:30:07	24,2	18,3
18-11-25/14:30:07	24,3	18,3
18-11-25/15:30:07	23,3	18,3
18-11-25/16:30:07	22,2	18,3
18-11-25/17:30:07	21,8	18,3
18-11-25/18:30:07	21,6	18,3
18-11-25/19:30:07	21,6	18,3
18-11-25/20:30:07	21,5	18,3
18-11-25/21:30:07	21,4	18,3
18-11-25/22:30:07	21,4	18,3
18-11-25/23:30:07	21,3	18,3
25-11-25/11:00:07	23,3	14,7
25-11-25/12:00:07	23,2	14,7
25-11-25/13:00:07	23,7	14,7
25-11-25/14:00:07	23,8	14,7
25-11-25/15:00:07	24	14,7
25-11-25/16:00:07	22,7	14,7
25-11-25/17:00:07	21,9	14,7
25-11-25/18:00:07	21,4	14,7
25-11-25/19:00:07	21,2	14,7
25-11-25/20:00:07	21,1	14,7
25-11-25/21:00:07	21	14,7
25-11-25/22:00:07	20,9	14,7
25-11-25/23:00:07	20,8	14,7
26-11-25/00:00:07	20,6	17,6
26-11-25/01:00:07	20,5	17,6
26-11-25/02:00:07	20,6	17,6

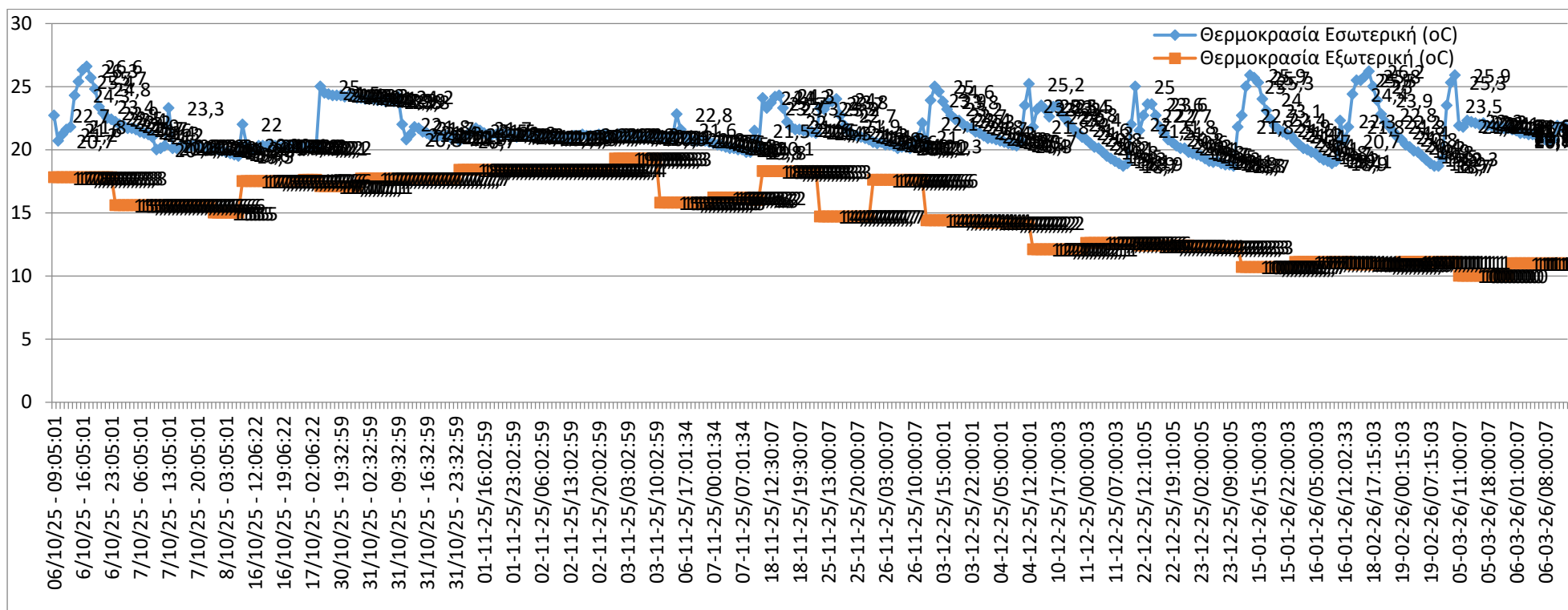
26-11-25/03:00:07	20,4	17,6
26-11-25/04:00:07	20,4	17,6
26-11-25/05:00:07	20,3	17,6
26-11-25/06:00:07	20,1	17,6
26-11-25/07:00:07	20,2	17,6
26-11-25/08:00:07	20,2	17,6
26-11-25/09:00:07	20,1	17,6
26-11-25/10:00:07	20,2	17,6
26-11-25/11:00:07	21	17,6
26-11-25/12:00:07	22,1	17,6
03-12-25/11:00:01	20,3	14,4
03-12-25/12:00:01	23,9	14,4
03-12-25/13:00:01	25	14,4
03-12-25/14:00:01	24,6	14,4
03-12-25/15:00:01	23,8	14,4
03-12-25/16:00:01	23,2	14,4
03-12-25/17:00:01	22,7	14,4
03-12-25/18:00:01	22,4	14,4
03-12-25/19:00:01	22,3	14,4
03-12-25/20:00:01	22	14,4
03-12-25/21:00:01	21,8	14,4
03-12-25/22:00:01	21,7	14,4
03-12-25/23:00:01	21,4	14,4
04-12-25/00:00:01	21,3	14,2
04-12-25/01:00:01	21,1	14,2
04-12-25/02:00:01	20,9	14,2
04-12-25/03:00:01	20,9	14,2
04-12-25/04:00:01	20,8	14,2
04-12-25/05:00:01	20,7	14,2
04-12-25/06:00:01	20,6	14,2
04-12-25/07:00:01	20,5	14,2
04-12-25/08:00:01	20,4	14,2
04-12-25/09:00:01	20,3	14,2
04-12-25/10:00:01	20,7	14,2
04-12-25/11:00:01	23,5	14,2
04-12-25/12:00:01	25,2	14,2
10-12-25/11:00:03	21,8	12,1
10-12-25/12:00:03	23,2	12,1
10-12-25/13:00:03	23,5	12,1
10-12-25/14:00:03	23,2	12,1
10-12-25/15:00:03	22,6	12,1
10-12-25/16:00:03	23,4	12,1
10-12-25/17:00:03	23,5	12,1
10-12-25/18:00:03	22,8	12,1

10-12-25/19:00:03	22,4	12,1
10-12-25/20:00:03	22	12,1
10-12-25/21:00:03	21,6	12,1
10-12-25/22:00:03	21,3	12,1
10-12-25/23:00:03	21	12,1
11-12-25/00:00:03	20,8	12,6
11-12-25/01:00:03	20,5	12,6
11-12-25/02:00:03	20,2	12,6
11-12-25/03:00:03	20,1	12,6
11-12-25/04:00:03	19,8	12,6
11-12-25/05:00:03	19,5	12,6
11-12-25/06:00:03	19,3	12,6
11-12-25/07:00:03	19,1	12,6
11-12-25/08:00:03	18,9	12,6
11-12-25/09:00:03	18,7	12,6
11-12-25/10:00:03	18,9	12,6
11-12-25/11:00:03	22	12,6
11-12-25/12:00:03	25	12,6
22-12-25/11:10:05	21,5	12,4
22-12-25/12:10:05	22,7	12,4
22-12-25/13:10:05	23,6	12,4
22-12-25/14:10:05	23,6	12,4
22-12-25/15:10:05	22,7	12,4
22-12-25/16:10:05	21,8	12,4
22-12-25/17:10:05	21,3	12,4
22-12-25/18:10:05	20,8	12,4
22-12-25/19:10:05	20,6	12,4
22-12-25/20:10:05	20,3	12,4
22-12-25/21:10:05	20,1	12,4
22-12-25/22:10:05	20,1	12,4
22-12-25/23:10:05	19,8	12,4
23-12-25/00:00:05	19,7	12,3
23-12-25/01:00:05	19,6	12,3
23-12-25/02:00:05	19,5	12,3
23-12-25/03:00:05	19,3	12,3
23-12-25/04:00:05	19,1	12,3
23-12-25/05:00:05	19	12,3
23-12-25/06:00:05	19,1	12,3
23-12-25/07:00:05	18,9	12,3
23-12-25/08:00:05	18,8	12,3
23-12-25/09:00:05	18,8	12,3
23-12-25/10:00:05	18,7	12,3
23-12-25/11:00:05	21,8	12,3
15-01-26/11:00:03	22,7	10,7

15-01-26/12:00:03	25	10,7
15-01-26/13:00:03	25,9	10,7
15-01-26/14:00:03	25,7	10,7
15-01-26/15:00:03	25,3	10,7
15-01-26/16:00:03	24	10,7
15-01-26/17:00:03	23,1	10,7
15-01-26/18:00:03	22,4	10,7
15-01-26/19:00:03	21,9	10,7
15-01-26/20:00:03	21,6	10,7
15-01-26/21:00:03	21,4	10,7
15-01-26/22:00:03	21,2	10,7
15-01-26/23:00:03	21,1	10,7
16-01-26/00:00:03	20,7	11,1
16-01-26/01:00:03	20,4	11,1
16-01-26/02:00:03	20,1	11,1
16-01-26/03:00:03	20	11,1
16-01-26/04:00:03	19,8	11,1
16-01-26/05:00:03	19,7	11,1
16-01-26/06:00:03	19,4	11,1
16-01-26/07:00:03	19,2	11,1
16-01-26/08:00:03	19,1	11,1
16-01-26/09:00:03	18,9	11,1
16-01-26/10:00:03	19,1	11,1
16-01-26/11:01:03	22,3	11,1
16-01-26/12:02:33	20,7	11,1
16-01-26/13:00:03	21,8	11,1
18-02-26/12:15:03	24,4	10,9
18-02-26/13:15:03	25,5	10,9
18-02-26/14:15:03	25,5	10,9
18-02-26/15:15:03	25,8	10,9
18-02-26/16:15:03	26,2	10,9
18-02-26/17:15:03	25	10,9
18-02-26/18:15:03	23,9	10,9
18-02-26/19:15:03	22,8	10,9
18-02-26/20:15:03	22,2	10,9
18-02-26/21:15:03	21,8	10,9
18-02-26/22:15:03	21,4	10,9
18-02-26/23:15:03	21	10,9
19-02-26/00:15:03	20,8	11,1
19-02-26/01:15:03	20,4	11,1
19-02-26/02:15:03	20,2	11,1
19-02-26/03:15:03	19,9	11,1
19-02-26/04:15:03	19,8	11,1
19-02-26/05:15:03	19,5	11,1

19-02-26/06:15:03	19,2	11,1
19-02-26/07:15:03	18,9	11,1
19-02-26/08:15:03	18,7	11,1
19-02-26/09:15:03	18,7	11,1
19-02-26/10:15:03	19,3	11,1
19-02-26/11:15:03	23,5	11,1
19-02-26/12:15:03	25,3	11,1
19-02-26/13:00:53	25,9	11,1
05-03-26/11:00:07	21,9	10
05-03-26/12:00:07	21,8	10
05-03-26/13:00:07	22,3	10
05-03-26/14:00:07	22,2	10
05-03-26/15:00:07	22,1	10
05-03-26/16:00:07	22	10
05-03-26/17:00:07	22,1	10
05-03-26/18:00:07	21,9	10
05-03-26/19:00:07	21,9	10
05-03-26/20:00:07	21,8	10
05-03-26/21:00:07	21,8	10
05-03-26/22:00:07	21,7	10
05-03-26/23:00:07	21,7	10
06-03-26/00:00:07	21,6	11
06-03-26/01:00:07	21,5	11
06-03-26/02:00:07	21,3	11
06-03-26/03:00:07	21,3	11
06-03-26/04:00:07	21,2	11
06-03-26/05:00:07	21,2	11
06-03-26/06:00:07	21,1	11
06-03-26/07:00:07	20,9	11
06-03-26/08:00:07	20,8	11
06-03-26/09:00:07	20,7	11
06-03-26/10:00:07	20,8	11
06-03-26/11:00:07	21,9	11
06-03-26/12:00:07	21,8	11
06-03-26/13:00:07	21,8	11

Αντίστοιχο Διάγραμμα 7 – Θερμοκρασίες εσωτερικές και εξωτερικές Αετοπουλείου κτιρίου από τον Οκτώβριο του 2025 έως τον Μάρτιο του 2026.

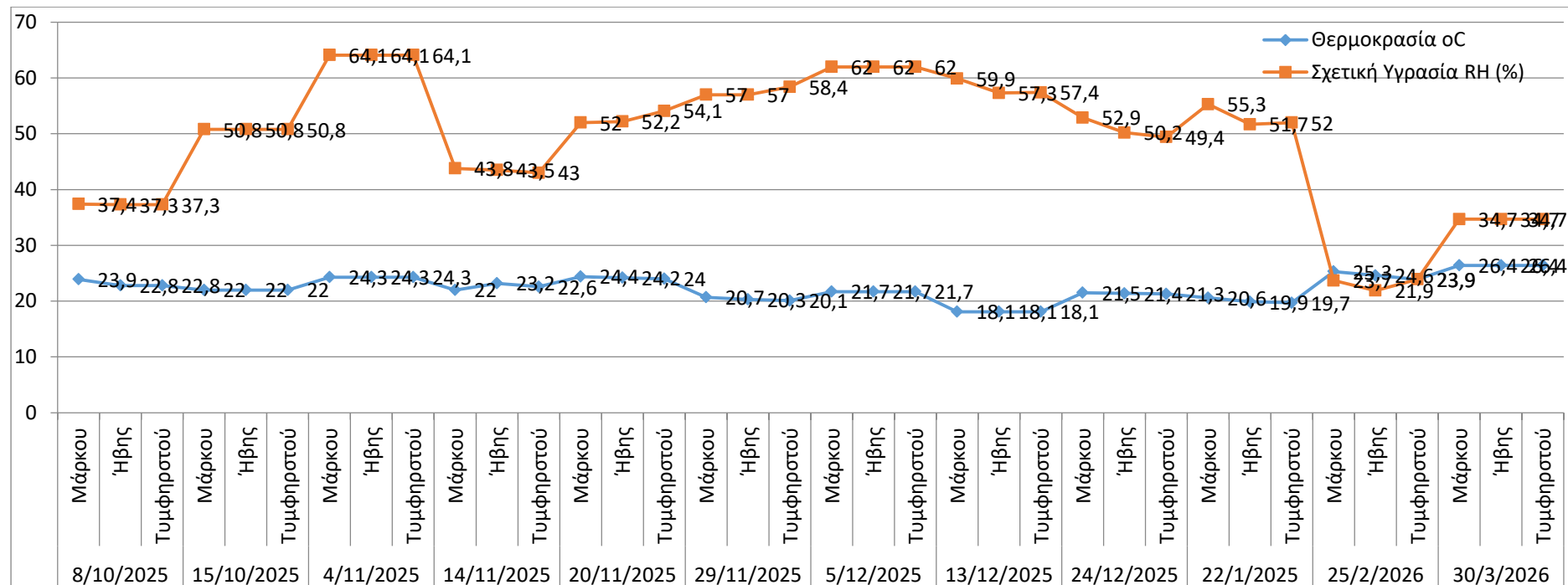


Πίνακες Μετρήσεων Πολιτιστικού Κτιρίου «Νόμπελ».

Πίνακας 8. Μετρήσεις θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος κτιρίου Νόμπελ από τον Οκτώβριο του 2025 έως τον Μάρτιο του 2026.

Ημερομηνία	οδός	Θερμοκρασία οC	Σχετική Υγρασία RH (%)
8/10/2025	Μάρκου	23,9	37,4
	Ήβης	22,8	37,3
	Τυμφηροπού	22,8	37,3
15/10/2025	Μάρκου	22	50,8
	Ήβης	22	50,8
	Τυμφηροπού	22	50,8
4/11/2025	Μάρκου	24,3	64,1
	Ήβης	24,3	64,1
	Τυμφηροπού	24,3	64,1
14/11/2025	Μάρκου	22	43,8
	Ήβης	23,2	43,5
	Τυμφηροπού	22,6	43
20/11/2025	Μάρκου	24,4	52
	Ήβης	24,2	52,2
	Τυμφηροπού	24	54,1
29/11/2025	Μάρκου	20,7	57
	Ήβης	20,3	57
	Τυμφηροπού	20,1	58,4
5/12/2025	Μάρκου	21,7	62
	Ήβης	21,7	62
	Τυμφηροπού	21,7	62
13/12/2025	Μάρκου	18,1	59,9
	Ήβης	18,1	57,3
	Τυμφηροπού	18,1	57,4
24/12/2025	Μάρκου	21,5	52,9
	Ήβης	21,4	50,2
	Τυμφηροπού	21,3	49,4
22/1/2026	Μάρκου	20,6	55,3
	Ήβης	19,9	51,7
	Τυμφηροπού	19,7	52
25/2/2026	Μάρκου	25,3	23,7
	Ήβης	24,6	21,9
	Τυμφηροπού	23,9	23,9
30/3/2026	Μάρκου	26,4	34,7
	Ήβης	26,4	34,7
	Τυμφηροπού	26,4	34,7

Αντίστοιχο Διάγραμμα 8 – θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος κτιρίου Νόμπελ από τον Οκτώβριο του 2025 έως τον Μάρτιο του 2026.



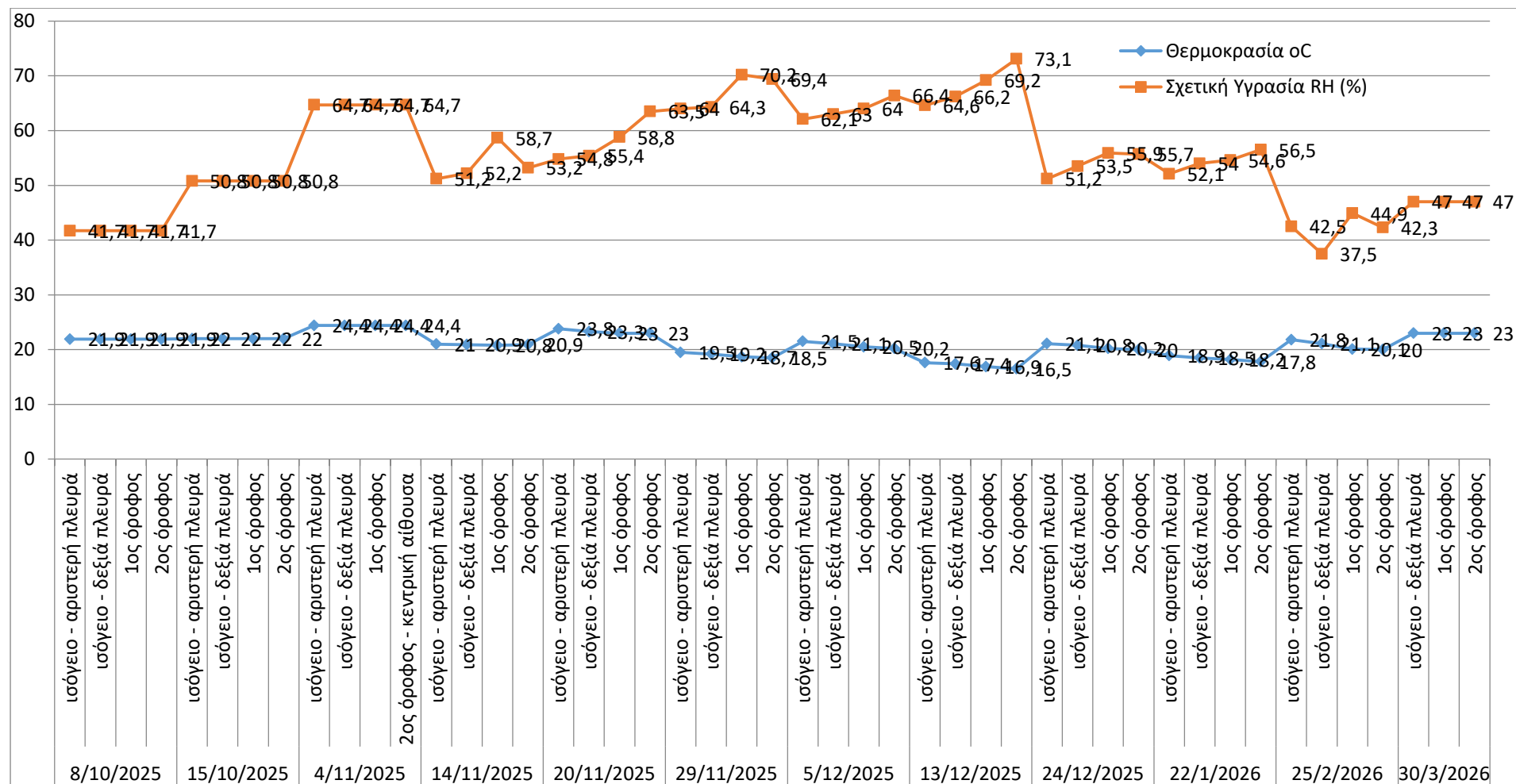
Πίνακας 9. Μετρήσεις θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικού περιβάλλοντος κτιρίου Νόμπελ από τον Οκτώβριο του 2025 έως τον Μάρτιο του 2026.

Ημερομηνία	Χώρος	Θερμοκρασία οC	Σχετική Υγρασία RH (%)
8/10/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	21,9	41,7
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	21,9	41,7
	1ος όροφος	21,9	41,7
	2ος όροφος	21,9	41,7
15/10/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	22	50,8
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	22	50,8
	1ος όροφος	22	50,8
	2ος όροφος	22	50,8
4/11/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	24,4	64,7
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	24,4	64,7
	1ος όροφος	24,4	64,7
	2ος όροφος - κεντρική αίθουσα	24,4	64,7
14/11/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	21	51,2
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	20,9	52,2
	1ος όροφος	20,8	58,7

	2ος όροφος	20,9	53,2
20/11/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	23,8	54,8
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	23,3	55,4
	1ος όροφος	23	58,8
	2ος όροφος	23	63,5
29/11/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	19,5	64
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	19,2	64,3
	1ος όροφος	18,7	70,2
	2ος όροφος	18,5	69,4
5/12/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	21,5	62,1
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	21,1	63
	1ος όροφος	20,5	64
	2ος όροφος	20,2	66,4
13/12/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	17,6	64,6
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	17,4	66,2
	1ος όροφος	16,9	69,2
	2ος όροφος	16,5	73,1

24/12/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	21,1	51,2
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	20,8	53,5
	1ος όροφος	20,2	55,9
	2ος όροφος	20	55,7
22/1/2026	ισόγειο - αριστερή πλευρά	18,9	52,1
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	18,5	54
	1ος όροφος	18,2	54,6
	2ος όροφος	17,8	56,5
25/2/2026	ισόγειο - αριστερή πλευρά	21,8	42,5
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	21,1	37,5
	1ος όροφος	20,1	44,9
	2ος όροφος	20	42,3
30/3/2026	ισόγειο - δεξιά πλευρά	23	47
	1ος όροφος	23	47
	2ος όροφος	23	47

Αντίστοιχο Διάγραμμα 9 – θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικού περιβάλλοντος κτιρίου Νόμπελ από τον Οκτώβριο του 2025 έως τον Μάρτιο του 2026.

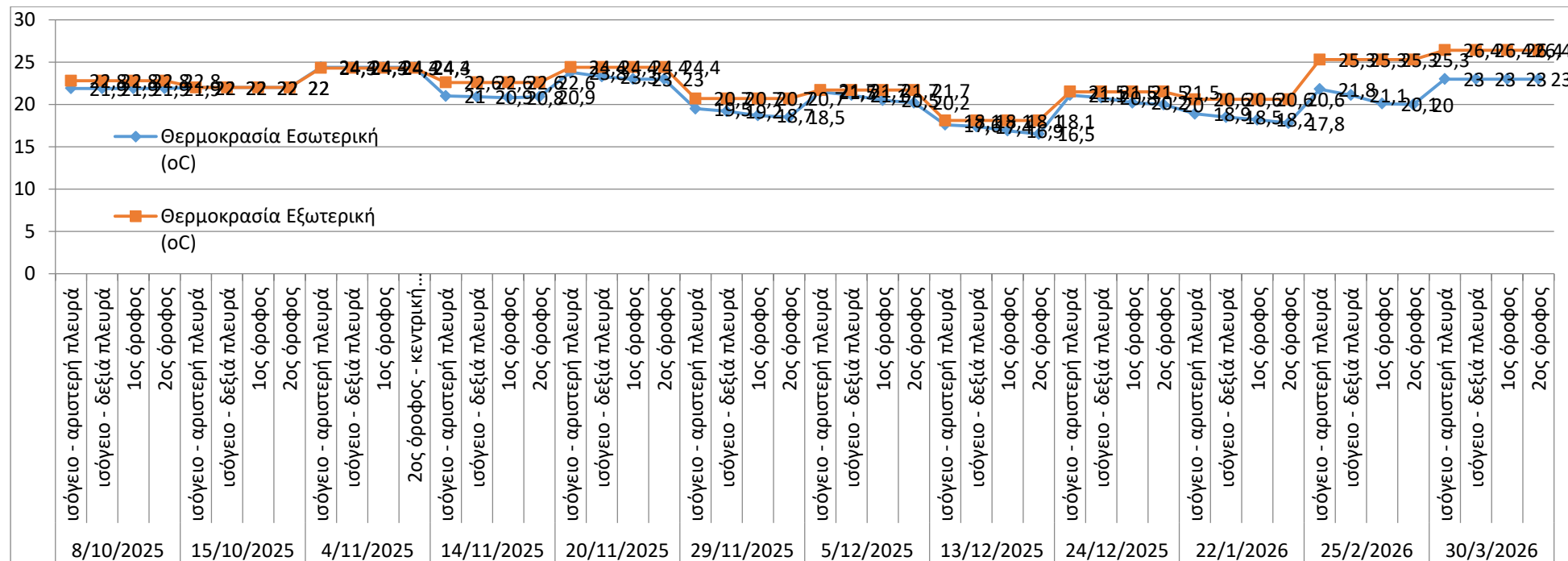


Πίνακας 10. Μετρήσεις εσωτερικών και εξωτερικών θερμοκρασιών κτιρίου Νόμπελ από τον Οκτώβριο του 2025 έως και τον Μάρτιο του 2026.

Ημερομηνία	Χώρος	Θερμοκρασία Εσωτερική (°C)	Θερμοκρασία Εξωτερική (°C)
8/10/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	21,9	22,8
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	21,9	22,8
	1ος όροφος	21,9	22,8
	2ος όροφος	21,9	22,8
15/10/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	22	22
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	22	22
	1ος όροφος	22	22
	2ος όροφος	22	22
4/11/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	24,4	24,3
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	24,4	24,3
	1ος όροφος	24,4	24,3
	2ος όροφος - κεντρική αίθουσα	24,4	24,3
14/11/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	21	22,6
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	20,9	22,6
	1ος όροφος	20,8	22,6
	2ος όροφος	20,9	22,6
20/11/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	23,8	24,4
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	23,3	24,4
	1ος όροφος	23	24,4
	2ος όροφος	23	24,4
29/11/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	19,5	20,7
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	19,2	20,7
	1ος όροφος	18,7	20,7
	2ος όροφος	18,5	20,7
5/12/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	21,5	21,7
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	21,1	21,7
	1ος όροφος	20,5	21,7
	2ος όροφος	20,2	21,7
13/12/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	17,6	18,1
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	17,4	18,1
	1ος όροφος	16,9	18,1
	2ος όροφος	16,5	18,1
24/12/2025	ισόγειο - αριστερή πλευρά	21,1	21,5
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	20,8	21,5
	1ος όροφος	20,2	21,5
	2ος όροφος	20	21,5
22/1/2026	ισόγειο - αριστερή πλευρά	18,9	20,6
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	18,5	20,6

	1ος όροφος	18,2	20,6
	2ος όροφος	17,8	20,6
25/2/2026	ισόγειο - αριστερή πλευρά	21,8	25,3
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	21,1	25,3
	1ος όροφος	20,1	25,3
	2ος όροφος	20	25,3
30/3/2026	ισόγειο - αριστερή πλευρά	23	26,4
	ισόγειο - δεξιά πλευρά	23	26,4
	1ος όροφος	23	26,4
	2ος όροφος	23	26,4

Αντίστοιχο Διάγραμμα 10 – εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες κτιρίου Νόμπελ από τον Οκτώβριο του 2025 έως και τον Μάρτιο του 2026.



2. Παράρτημα φωτογραφιών διατηρητέων κτιρίων του Δήμου Χαλανδρίου.

Στο σχήμα 1 του παραρτήματος φωτογραφιών έχουμε ένα παράδειγμα διατηρητέας μικρής ισόγειας κατοικίας.

Στο σχήμα 2 του παραρτήματος φωτογραφιών έχουμε ένα παράδειγμα διώροφου πέτρινου κτίριου του 1920-1930 με πυργίσκο. Λαξευτή πέτρα εξαιρετικής τεχνικής. Τα ανοίγματα κοσμούνται από πέτρα λαξευτή στο χρώμα της ώχρας. Η πόρτα της εισόδου είναι σε εσοχή και τονίζεται ιδιαίτερα από τοξωτή καμάρα. Χαρακτηριστικός τύπος βίλλας με δυτικοευρωπαϊκές επιρροές. Το κτίριο διατηρείται σε καλή κατάσταση και δεν έχει υποστεί μορφολογικές αλλοιώσεις.

Στο σχήμα 3 του παραρτήματος φωτογραφιών έχουμε ένα κλασικό δείγμα της γραφικής αρχιτεκτονικής που ακολουθήθηκε από τις βίλλες που έκτισε η μεγαλοαστική τάξη το 1880 στα εξοχικά προάστια της Αθήνας. Το κτίριο οργανώνεται σε σχήμα Γ με διώροφους πυργίσκους.

Στο σχήμα 4 του παραρτήματος φωτογραφιών έχουμε μια μονοκατοικία του 1930 με δίρριχτη κεραμοσκεπή στέγη. Τα ανοίγματα τονίζονται από διακοσμητικό πλαίσιο και συνδέονται μεταξύ τους με διακοσμητική ταινία. Σε αυτό το σπίτι έζησε η διάσημη πιανίστας Τζίνα Μπαχάουερ.

Στο σχήμα 5 του παραρτήματος φωτογραφιών έχουμε Διώροφη κατοικία. Τόσο το ίδιο το κτίσμα, όσο και το περιβάλλον χώρος του, δηλαδή ο κήπος με τους δύο υψίκορμους φοίνικες, η διαμόρφωσή του μαντρότοιχου και η μεταλλική εξώπορτα αποτελούν ένα χαρακτηριστικό δείγμα αστικής εξοχικής κατοικίας.

Στο σχήμα 6 του παραρτήματος φωτογραφιών έχουμε το Καρέλειο ίδρυμα προστασίας γήρατος. Αυτό το κτίριο αποτελεί ένα χαρακτηριστικό κτίριο της μεσοπολεμικής περιόδου. Έχει στοιχεία μοντέρνου κινήματος με κλασικίζουσες επιρροές. Αρχικά λειτούργησε ως το πρώτο ξενοδοχείο στο Δήμο Χαλανδρίου και μετά ως οίκος ευγηρίας.

Φωτογραφίες από διατηρητέα κτίρια στον Δήμο Χαλανδρίου.

Σχήμα 1



Σχήμα 2



Σχήμα 3



Σχήμα 4



Σχήμα 5



Σχήμα 6



Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Alterio, S., Barbaro, S., Campione, F., Campodonico, A., & Nicastri, E. (2010). Microclimate management for the preservation of cultural heritage. *Conservation Science in Cultural Heritage*, 10, 71–100. <https://doi.org/10.6092/issn.1973-9494/2319>
2. Ankersmit, B. (2018). Guideline in jeopardy: Observations on the application of the ASHRAE chapter on climate control in museums. *Studies in Conservation*, 63(sup1), 7–14. <https://doi.org/10.1080/00393630.2018.1504435>
3. Ascione, F., De Rossi, F., Jovane, T., & Mastellone, M. (2023). Microclimate control of a fourteenth century church in Italy: The design of systems by experiments and simulations. *Energy and Buildings*, 278, 112630.
4. Bay, E., Martinez-Molina, A., & Dupont, W. (2022). Assessment of natural ventilation strategies in a hot humid climate using energy and CFD simulations. *Journal of Building Engineering*, 51, 104332.
5. Bratasz, Ł. (2013). *Allowable microclimatic variations in museums and historic buildings: Reviewing the guidelines* [Paper presentation]. International Scientific Workshop, Heritage Science and Sustainable Development for the Preservation of Art and Cultural Assets, Berlin, Germany.
6. Cadelano, G., Bortolin, A., Della Valle, A., Ferrarini, G., Cattaneo, P., Peron, F., & Emmi, G. (2024). Thermal behavior of a historic building housing books across past and future climate scenarios. *Heritage*, 7(12), 6916–6937. <https://doi.org/10.3390/heritage7120320>
7. Castilla, M. V. (2023). Analysis of performance strategies for the preservation of heritage buildings: The case of Puerto de Santa Maria. *Sustainability*, 15(4).
8. Cinquepalmi, F., & Cumo, F. (2022). Using digital twin models (DTM) for managing protecting and restoring historical buildings. *Sustainability*, 14(19).
9. D’Agostino, V., d’Ambrosio Alfano, F. R., Palella, B. I., & Riccio, G. (2015). The museum environment: A protocol for evaluation of microclimatic conditions. *Energy and Buildings*, 95, 124–129. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.11.009>
10. Diaz Arellano, I., Zarzo, M., Garcia Diego, F. J., & Perles, A. (2021). A methodology for the multi-point characterization of short-term temperature fluctuations in complex microclimates based on the European standard EN 15757:2010: Application to the Archaeological Museum of L’Almoina (Valencia, Spain). *Sensors*, 21(21).
11. Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture (European Commission). (2022). *Strengthening cultural heritage resilience for climate change: Where the European Green Deal meets cultural heritage*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2766/44172>
12. Esteban-Cantillo, O. J., Menendez, B., & Quesada, B. (2024). Climate change and air pollution impacts on cultural heritage building materials in Europe and Mexico. *Science of The Total Environment*, 906, 167512.
13. Fouseki, K., Newton, D., Murillo Camacho, K. S., Nandi, S., & Koukou, T. (2020). Energy efficiency, thermal comfort and heritage conservation in residential

- historic buildings as dynamic and systemic sociocultural practices. *Atmosphere*, 11(6), 604.
14. Hattori, S., Iwamatsu, T., Miura, T., Tsutsumi, F., & Tanaka, N. (2022). Investigation of indoor air quality in residential buildings by measuring CO₂ concentration and questionnaire survey. *Journal of Building Engineering*, 45, 103444.
 15. Ilies, A. B., Al Hyari, H. S., Al Somali, M., Ratiu, M., Hassan, T. H., Lazar, L., Burta, O., Mircea, C., Caciora, T., Peres, A. C., & Janzakov, B. (2025). Integrated analysis of indoor air quality and fungal microbiota in educational heritage buildings: Implications for health and sustainability. *Journal of Cultural Heritage*, 71, 110–122.
 16. Karatas, L., & Dal, M. (2023). Deterioration analysis of historical village house in Mersin Kanlidivane archaeological area by UAV method. *Heritage Science*, 11, 154.
 17. Kramer, R. (2012). A proposed method to assess the damage risk of future climate change to museum objects in historic buildings. *Building and Environment*, 55, 43–56. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.01.008>
 18. Martins, A. M. T., & Carlos, J. S. (2014). The retrofitting of the Bernardas Convent in Lisbon. *Journal of Building Engineering*.
 19. Moretti, E., Proietti, M. G., & Stamponi, E. (2021). A multiple linear regression model to predict indoor temperature trend in historic buildings for book conservation: The case study of ‘Sala del Dottorato’ in Palazzo Murena, Italy. *Journal of Cultural Heritage*, 48, 218–226.
 20. Oteri, A. M. (2019). *Architetture in territori fragili: Criteri e nuove prospettive per la cura del patrimonio costruito*. Franco Angeli.
 21. Papitsi, C., Ganetsos, T., Karatzouni, G., Drosos, C., Antonopoulos, I., & Symeonaki, E. (2023). Environmental conditions monitoring using wireless sensors for the conservation of museum exhibits: The case of Tsitsanis Museum in Trikala, Greece. *Heritage*, 6(2), 1540–1555.
 22. Pereira, L. D., Gaspar, A. R., Costa, J. J., & Pereira, G. (2019). The importance of long-term hygrothermal assessment of museum spaces: Method and application in a permanent exhibition in a historical building. *Energy and Buildings*, 182, 162–179.
 23. Phoenix, T. (2015). Lessons learned: ASHRAE’s approach in the refurbishment of historic and existing buildings. *Energy and Buildings*, 95, 13–14. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.034>
 24. Ruiz, M., Gineste, S., Bonhomme, M., & Masson, V. (2024). Multi-objective assessment of the retrofit of traditional walls located in a historical city centre using an urban climate model. *Energy and Buildings*, 303, 113785.
 25. Selvaraj, T., Srinivasan, V., Ranieri, S., Fernando, M., Kakria, K., & Jayasingh, S. (2020). Response of organic lime mortars to thermal and electrical shocks due to lightning strikes. *Journal of Cultural Heritage*, 43, 115–124.
 26. Spizzuoco, M., Katouli, H., de Stefano, T., Cavuoto, F., Bovio, G., & Serino, G. (2024). Application of structural health monitoring to the historical monument to the four days of Naples. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*.

27. Υπουργείο Πολιτισμού. (χ.χ.). *Αρχαιολογικοί Χώροι και Μνημεία*.
<https://culture.gov.gr/el/Information/SitePages/view.aspx?nID=3816>
28. Υπουργείο Πολιτισμού. (χ.χ.). *Ενημέρωση για το Πολιτιστικό Απόθεμα*.
<https://www.culture.gov.gr/el/Information/SitePages/view.aspx?nID=4232>
29. www.op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7440foob-2746-11ed-8fa0-01aa75ed71a1/language-en
30. *Tringa, Efstathia – Kavroudakis, Dimitris – Tolika, Konstantia (2024) , Microlimate monitoring: Examining the indoor environment of Greek museums and historical buildings in the face of climate change.*
31. <https://www.gov.gr/upourgeia/upourgeio-periballontos-kai-energeias/periballontos-kai-energeias/arkheio-paradosiakon-oikismon-kai-diatereteon-ktirion>
32. <https://geo-fennel.de/en/products/enviromental-instruments/temperature-humidity-measurer/fht-70-datalog?number=800120>
33. <https://www.mendley.com/download-reference-manager/windows>
34. EN 16883:2017 Conservation of Cultural Heritage – Guidelines for Improving the Energy Performance of Historic Buildings
35. TOTEE20701-1/2017

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.