

«Ενεργειακή και οικονομοτεχνική ανάλυση δυνατοτήτων επανάχρησης διατηρητέου συγκροτήματος κτιρίων στο Δήμο Χανίων»

Ιωάννα Κώτσου



Επιβλέπων καθηγητής
Παπαευθυμίου Σπυρίδων

Χανιά, Οκτώβριος 2022

Περίληψη

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ενεργειακή και οικονομοτεχνική μελέτη πρότασης επανάχρησης του διατηρητέου συγκροτήματος κτιρίων - μετοχιού «*Ησυχάκη*». Η πρόταση αυτή προβλέπει το ένα μέρος του συγκροτήματος να μετατραπεί σε δωμάτια φιλοξενίας πολιτιστικού και εκπαιδευτικού ενδιαφέροντος, ενώ το κεντρικό κτήριο σε εκθεσιακό χώρο και χώρους μελέτης. Στόχος είναι η ανάλυση δυνατοτήτων ενεργειακής αναβάθμισης και αυτονομίας του μετοχιού με το ελάχιστο δυνατό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Η πρόταση αυτή είναι σύμφωνη με την Χάρτα της Βενετίας και σέβεται απόλυτα τόσο το μετόχι όσο και τα όρια-κανόνες του φυσικού περιβάλλοντος στο οποίο εντάσσεται.

Στη διπλωματική θα παρουσιαστεί η διαδικασία για την υλοποίηση της ενεργειακής αναβάθμισης με χρήση των λογισμικών της 4M GCAD και KENAK. Μέσω των προγραμμάτων αυτών θα αποτυπωθεί το κτιριακό συγκρότημα και θα αναλυθούν τρία ενεργειακά σενάρια αντίστοιχα. Οι μελέτες αυτές θα συνοδεύονται από οικονομοτεχνική μελέτη. Στόχος είναι να γίνει επιλογή του κατάλληλου σεναρίου που θα προσφέρει αφενός χαμηλές ενεργειακές καταναλώσεις και εκπομπές CO₂ και αφετέρου γρηγορότερη αποπληρωμή. Ενδεικτικά θα μελετηθεί η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ και αντλίας θερμότητας, κοινά και για τις δύο χρήσεις του μετοχιού. Στο τέλος της εργασίας θα αναλυθούν τα τελικά συμπεράσματα που θα παρουσιάζουν το πιο ευνοϊκό σενάριο.

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
1. Εισαγωγή.....	6
2. Περιγραφή μετοχίου	8
2.1. Φάσεις κατασκευής.....	9
2.2. Παρουσίαση υφιστάμενης κατάστασης.....	13
2.3. Υφιστάμενα δομικά στοιχεία.....	14
3. Χάρτα Βενετίας.....	16
4. Πρόταση επανάχρησης	17
5. Επεμβάσεις στον φέροντα οργανισμό	21
5.1. Τοιχοποιία	21
5.2. Οροφές.....	22
5.3. Δάπεδα.....	25
5.4. Ανοίγματα.....	26
6. Ενεργειακή μελέτη	27
6.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας	31
6.2. Παρουσίαση GCAD.....	34
6.3. Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων	43
6.4. Υφιστάμενη κατάσταση.....	45
6.5. Πρώτο ενεργειακό σενάριο	46
6.6. Δεύτερο ενεργειακό σενάριο	49
6.7. Τρίτο ενεργειακό σενάριο	54
6.8. Συμπεράσματα από τις ενεργειακές μελέτες.....	58
7. Οικονομική μελέτη.....	59
7.1. Συμπεράσματα από την οικονομική μελέτη	66
8. Συμπεράσματα και σχόλια	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	68

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 2.1: Πανοραμική εικόνα του μετοχίου «Ησυχάκη» από την εφαρμογή Google Earth.	8
Εικόνα 2.2: Παρουσίαση της πρώτης φάσης κατασκευής του μετοχίου «Ησυχάκη».	9
Εικόνα 2.3: Παρουσίαση της δεύτερης φάσης κατασκευής του μετοχίου «Ησυχάκη».	10
Εικόνα 2.4: Παρουσίαση της τρίτης φάσης κατασκευής του μετοχίου «Ησυχάκη».	11
Εικόνα 2.5: Παρουσίαση της τέταρτης φάσης κατασκευής του μετοχίου «Ησυχάκη».	12
Εικόνα 2.6: Κάτοψη του υφιστάμενου ισογείου.	13
Εικόνα 2.7: Τομή του υφιστάμενου κεντρικού κτιρίου.	14
Εικόνα 2.8: Όψη του κεντρικού κτιρίου στην οποία αποτυπώνονται οι κατηγορίες των αλλοιώσεων. Διαγραμματική Όψη Παθολογίας 1.	15
Εικόνα 2.9: Όψη του κεντρικού κτιρίου στην οποία αποτυπώνονται οι κατηγορίες των αλλοιώσεων. Διαγραμματική Όψη Παθολογίας 2.	15
Εικόνα 3.1: Χάρτα Βενετίας.	16
Εικόνα 4.1: Κάτοψη δωματίων φιλοξενίας, στην πάνω πλευρά της εικόνας απεικονίζεται η κάτοψη των παταριών.	17
Εικόνα 4.2: Κάτοψη των χώρων που υπάρχουν οι κοινόχρηστες τουαλέτες, το γραφείο και το δωμάτιο του φύλακα του συγκροτήματος.....	18
Εικόνα 4.3: Κάτοψη ισογείου του κεντρικού κτιρίου.	18
Εικόνα 4.4: Κάτοψη Α' στάθμης του κεντρικού κτιρίου.	19
Εικόνα 4.5: Κάτοψη Β' στάθμης του κεντρικού κτιρίου.	19
Εικόνα 5.1: Τα υλικά της νέας τοιχοποιίας όπως αυτά αποτυπώθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK....	21
Εικόνα 5.2: Τα υλικά του νέου δώματος όπως αυτά αποτυπώθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.	22
Εικόνα 5.3: Τα υλικά της νέας κεκλιμένης σκεπής για το κεντρικό κτίριο όπως αυτά αποτυπώθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.	23
Εικόνα 5.4: Τα υλικά της νέας κεκλιμένης σκεπής για τα δωμάτια όπως αυτά αποτυπώθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.	24
Εικόνα 5.5: Τα υλικά του νέου δαπέδου που είναι σε επαφή με το έδαφος όπως αυτά αποτυπώθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.	25
Εικόνα 6.1: Σχήμα 1.1 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 που απεικονίζει τις κλιματικές ζώνες της ελληνικής	27
Εικόνα 6.2: Πίνακας 1.4 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 με τον διαχωρισμό της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες.....	28
Εικόνα 6.3: Πίνακας 1.5 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 με την ταξινόμηση των κτιρίων σύμφωνα με την χρήση τους.	28
Εικόνα 6.4: Πίνακας 3.4β της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 με τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή U_{\max} ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου A/V για ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια.	34
Εικόνα 6.5: Σχήμα 9 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-2/2017 που παρουσιάζει τον σωστό τρόπο υπολογισμού του ύψους του ορόφου.	35
Εικόνα 6.6 : Η καρτέλα διαχείριση επιπέδου του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των στάθμεων για τις μελέτες α και β	35
Εικόνα 6.7: Η καρτέλα διαχείριση επιπέδου του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των στάθμεων για την μελέτη γ	36

Εικόνα 6.8: Ενδεικτική καρτέλα θερμικές γέφυρες του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των θερμογεφυρών που σχηματίζονται με τα όμορα με τον εξωτερικό τοίχο δομικά υλικά.	36
Εικόνα 6.9: Ενδεικτική καρτέλα εξωτερικός τοίχος του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των εξωτερικών τοίχων.	37
Εικόνα 6.10: Ενδεικτική καρτέλα θερμικές γέφυρες του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των θερμογεφυρών που σχηματίζονται με τα όμορα με την πόρτα δομικά υλικά.	37
Εικόνα 6.11: Ενδεικτική καρτέλα πόρτα του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των πορτών που υπάρχουν στο κτίριο.	38
Εικόνα 6.12: Ενδεικτική καρτέλα θερμικές γέφυρες του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των θερμογεφυρών που σχηματίζονται με τα όμορα με το παράθυρο δομικά υλικά στο κτίριο.	38
Εικόνα 6.13: Ενδεικτική καρτέλα παράθυρο του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των παραθύρων που υπάρχουν στο κτίριο.	39
Εικόνα 6.14: Ενδεικτική καρτέλα δάπεδο του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των δαπέδων που υπάρχουν στο κτίριο.	39
Εικόνα 6.15: Ενδεικτική καρτέλα οροφή του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των οροφών που υπάρχουν στο κτίριο.	40
Εικόνα 6.16: Καρτέλα ζώνες προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των διαφόρων θερμικών ζωνών για τις μελέτες α και β.	40
Εικόνα 6.17: Καρτέλα ζώνες προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των διαφόρων θερμικών ζωνών για την μελέτη γ.	41
Εικόνα 6.18 : Ενδεικτικό σχήμα που παρουσιάζει την γωνία σκιασμού ενός τοίχου από την πλευρική προεξοχή του.	41
Εικόνα 6.19: Παράμετροι που καθορίζουν κάθε γειτονικό κτίριο μέσα στο πρόγραμμα GCAD.	42
Εικόνα 6.20: Ενδεικτικό σχήμα που παρουσιάζει την γωνία σκιασμού ενός τοίχου από γειτονικά κτίρια ή τεχνητά εμπόδια που υπάρχουν απέναντι από κάποιο τοίχο.	42
Εικόνα 6.21: Καρτέλα ήλιος προγράμματος GCAD.	42
Εικόνα 6.22: Καρτέλα στοιχεία κτιρίου προγράμματος 4M KENAK για την μελέτη α.	43
Εικόνα 6.23: Καρτέλα στοιχεία κτιρίου προγράμματος 4M KENAK για την μελέτη β.	44
Εικόνα 6.24: Καρτέλα στοιχεία κτιρίου προγράμματος 4M KENAK για την μελέτη γ.	44
Εικόνα 6.25: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά κατηγορία στο αρχικό σενάριο.	46
Εικόνα 6.26: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά κατηγορία στο πρώτο ενεργειακό σενάριο.	48
Εικόνα 6.27: Πίνακας με τις αποδόσεις των πάνελ ανάλογα με τον προσανατολισμό, την κλίση τους.	49
Εικόνα 6.28: Τομή μελισσόκηπου που θα εγκατασταθούν τα πάνελ.	49
Εικόνα 6.29: Κάτοψη μελισσόκηπου που θα εγκατασταθούν τα πάνελ.	50
Εικόνα 6.30: Κάτοψη μελισσόκηπου με την διάταξη των πάνελ.	50
Εικόνα 6.31: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά κατηγορία στο δεύτερο ενεργειακό σενάριο.	53
Εικόνα 6.32: Παρουσίαση του boiler solaris-DB.	56
Εικόνα 6.33: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά κατηγορία στο τρίτο ενεργειακό σενάριο.	57
Εικόνα 6.34: Συγκριτικό διάγραμμα μεταξύ των τεσσάρων ενεργειακών σεναρίων η μπλε γραμμή αποτυπώνει τις καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας και η κόκκινη τις εκπομπές CO ₂ .	58
Εικόνα 7.1: Χρεώσεις προμήθειας ΔΕΗ.	62
Εικόνα 7.2: Ρυθμιζόμενες χρεώσεις ΔΕΗ.	62

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 5.1: Τα στοιχεία των πορτών που καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.	26
Πίνακας 5.2: Τα στοιχεία των ξύλινων παραθύρων που καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.26	
Πίνακας 5.3: Τα στοιχεία των μεταλλικών παραθύρων που δημιουργούνται στην βάση την οροφής στης μελέτης α και όπως αυτά καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.	26
Πίνακας 6.1: Τμήμα πίνακα 2.1 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 με το τυπικό ωράριο λειτουργίας κτιρίων ανά χρήση.....	29
Πίνακας 6.2: Τμήμα πίνακα 2.2 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 με τις τυπικές τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας σε εσωτερικούς χώρους ανά χρήση.	29
Πίνακας 6.3: Τμήμα πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 με τον απαιτούμενο νωπό αέρα ανά χρήση.	30
Πίνακας 6.4: Τμήμα πίνακα 2.4 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 με τις ελάχιστες στάθμες γενικού φωτισμού κτιρίου αναφοράς ανά χρήση σύμφωνα με το EN12464-1 2011.....	30
Πίνακας 6.5: Πίνακας 3.4 α. της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 με τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή U ανά δομικό στοιχείο και ανά κλιματική ζώνη για ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια.....	32
Πίνακας 6.6: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τρεις μελέτες στην υφιστάμενη κατάσταση και τα αθροιστικά στοιχεία για το συνολικό κτιριακό συγκρότημα.	45
Πίνακας 6.7: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τρεις μελέτες στο πρώτο ενεργειακό σενάριο και τα αθροιστικά στοιχεία για το συνολικό κτιριακό συγκρότημα.	48
Πίνακας 6.8: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τέσσερις υπομελέτες στο δεύτερο ενεργειακό σενάριο για την μελέτη α.	52
Πίνακας 6.9: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τρεις υπομελέτες στο δεύτερο ενεργειακό σενάριο για την μελέτη β.	52
Πίνακας 6.10: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τρεις μελέτες στο δεύτερο ενεργειακό σενάριο και τα αθροιστικά στοιχεία για το συνολικό κτιριακό συγκρότημα.	53
Πίνακας 6.11: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τέσσερις υπομελέτες στο τρίτο ενεργειακό σενάριο για την μελέτη α.	54
Πίνακας 6.12: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τρεις υπομελέτες στο τρίτο ενεργειακό σενάριο για την μελέτη β.	55
Πίνακας 6.13: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τρεις μελέτες στο τρίτο ενεργειακό σενάριο και τα αθροιστικά στοιχεία για το συνολικό κτιριακό συγκρότημα.	56
Πίνακας 6.14: Τα αθροιστικά στοιχεία για το συνολικό κτιριακό συγκρότημα για τέσσερα ενεργειακά σενάρια.	57
Πίνακας 7.1: Παρουσίαση κοστολογίου ανά σενάριο.	61
Πίνακας 7.2: Παρουσίαση μηνιαίων χρεώσεων ΔΕΗ μία πραγματική και μία θεωρητική καθώς και η εξοικονόμηση από τον μηνιαίο	63
Πίνακας 7.3: Χρονοδιάγραμμα απόσβεσης για τιμή 0,50394 €	64
Πίνακας 7.4: Χρονοδιάγραμμα απόσβεσης για τιμή 0,20 €	65

1. Εισαγωγή

Ένα από τα βασικότερα προβλήματα της ανθρωπότητας είναι το ενεργειακό. Από το 1972 που έγινε η πρώτη ενεργειακή κρίση έως και σήμερα, όλος ο πλανήτης προσπαθεί να απεξαρτηθεί από την χρήση των ορυκτών καυσίμων και να μεταβεί σε πηγές ενέργειας πιο οικονομικές και οικολογικές. Εν έτη 2022 που υπάρχει μεγάλη άνοδος των τιμών λόγω της ταυτόχρονης αβεβαιότητας για επάρκεια στην τροφοδοσία ενέργειας και της αυξημένης ρύπανσης του πλανήτη, η μετάβαση σε μηδενικής κατανάλωσης κτίρια είναι επιβεβλημένη. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί κυρίως με την χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στην Ελλάδα συγκεκριμένα από το 2010 έχει οριστεί ένας Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ). Με την χρήση του εν λόγω κανονισμού, δίνεται η δυνατότητα στον μηχανικό να αποτυπώσει τον θερμομονωτικό χαρακτήρα των κτιρίων, να ελέγχουν εναλλακτικές εφαρμογές για την βελτίωση του ενεργειακού αποτυπώματος τους και να δίνουν οικονομικά συμφέρουσες συμβουλές στους ιδιοκτήτες. Σημαντικό αναφοράς είναι το γεγονός ότι μια τέτοια μελέτη είναι υποχρεωτική τόσο στην έκδοση αδειών πάσης φύσεως, όσο και για την ενοικίαση των υφιστάμενων κτιρίων.

Λόγω των παραπάνω, επιλέχθηκε το παρόν θέμα διπλωματικής στην οποία ερευνάται η δυνατότητα επανάχρησης διατηρητέου κτιριακού συγκροτήματος ή αλλιώς *μετόχι*, στον νομό Χανίων. Η πρόταση αυτή προτάθηκε από τις φοιτήτριες Ελπίδα Αναστασιάδου, Εβελίνα Κουτσουπάκη και Αλεξάνδρα Κάτρη στα πλαίσια της δικής τους διπλωματικής. Για την κατανόηση των παρακάτω κεφαλαίων όμως είναι ανάγκη να διευκρινιστούν οι παρακάτω όροι:

1. «Ενεργειακή απόδοση κτιρίου»:

Η ποσότητα ενέργειας που πράγματι καταναλώνεται ή εκτιμάται ότι ικανοποιεί τις διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση του κτιρίου.

2. «Ενεργειακή επιθεώρηση»:

Η διαδικασία εκτίμησης των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας, των παραγόντων που τις επηρεάζουν, καθώς και των μεθόδων βελτίωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα.

3. «Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου» (ΠΕΑ):

Πιστοποιητικό αναγνωρισμένο από το Υπουργείο Ανάπτυξης και αποτυπώνει την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου.

4. «Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης (ΜΕΑ) κτιρίου ή κτιριακής μονάδας»:

Η μελέτη που αναλύει και αξιολογεί την απόδοση του ενεργειακού σχεδιασμού του κτιρίου ή της κτιριακής μονάδας.

5. «Ριζική ανακαίνιση κτιρίου»:

Η ανακαίνιση κτιρίου της οποίας το συνολικό κόστος που αναφέρεται στα δομικά στοιχεία ή και στις ενεργειακές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του, όπως οι εγκαταστάσεις θέρμανσης, παροχής θερμού νερού, κλιματισμού, εξαερισμού και φωτισμού, υπερβαίνει το 25% της συνολικής αξίας του

κτιρίου, μη περιλαμβανομένης της αξίας του οικοπέδου, ή όταν η ανακαίνιση αφορά σε ποσοστό άνω του 25% του εξωτερικού περιβλήματος του κτιρίου.¹

6. «Κτίριο αναφοράς»:

Κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Το κτίριο αναφοράς πληροί ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τη θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX) και το φωτισμό.

7. «Θερμογέφυρα»:

Θερμοαγώγιμο υλικό που έχει διεισδύσει ή παρακάμψει ένα σύστημα θερμομόνωσης, δίνοντας τη δυνατότητα μεταφοράς θερμότητας μέσω της διαδρομής που δημιουργεί.

8. «Θερμική ζώνη κτιρίου»:

Οι χώροι στους οποίους διαιρείται ένα κτίριο ανάλογα με τις απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες και τη χρήση τους.

9. «COP»:

Ο ονομαστικός συντελεστής συμπεριφοράς των αντλιών θερμότητας και λοιπών ψυκτικών μονάδων στις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας όπως δίνονται στις τεχνικές προδιαγραφές.²

10. «Ζεστό νερό χρήσης» ZNX:

Ονομάζουμε το νερό που ζεσταίνουμε για να το χρησιμοποιήσουμε σε διάφορες καθημερινές χρήσεις, είτε αυτές είναι οικιακές (πλύσιμο, καθαρισμός, μαγείρεμα κ.ά.) είτε είναι χρήσεις για μεγάλα κτίρια π.χ. νοσοκομεία, ξενοδοχεία κ.ά.³

¹ (<https://www.e-nomothesia.gr/kat-periballon/oikodomes/n-3661-2008.html>)

² (<http://www.opengov.gr/minenv/?p=200>)

³ (<https://greenbuilding.gr/thermosiphones/θερμοσιφωνες-ζεστό-νερό-χρήσης/>)

2. Περιγραφή μετοχίου

Μετόχι ορίζεται ένα συγκρότημα με ένα ή λίγα σπίτια που αρχικά προέρχονται από την ενετοκρατία και στην συνέχεια εξελίσσονται. Ιδιοκτήτες τους ήταν συνήθως άτομα αριστοκρατικής τάξης όπως ήταν για παράδειγμα οι ενετοί φεουδάρχες και είχαν γεωργικό και κτηνοτροφικό χαρακτήρα. Το μετόχι που μελετάται στην παρούσα διπλωματική πήρε το όνομά του από τον ιδιοκτήτη του, Μίνω Ησυχάκη. Βρίσκεται νοτιοανατολικά της πόλης των Χανίων στην περιοχή Νεροκούρου και καταλαμβάνει μια έκταση 20 στρεμμάτων. Στη γύρω περιοχή, σε κοντινή απόσταση βρίσκεται το λιμάνι των Χανίων ενώ από το κέντρο της πόλης απέχει 6 χιλιόμετρα. Νότια αυτού βρίσκεται το βουνό μαλάξα από το οποίο γίνεται και η υδροδότηση του συγκροτήματος.



Εικόνα 2.1: Πανοραμική εικόνα του μετοχίου «Ησυχάκη» από την εφαρμογή Google Earth.

Όπως γίνεται αντιληπτό η γύρω περιοχή θεωρείται εξαιρετικά αγροτική. Οι προσβάσεις στο μετόχι γίνονται βόρεια από την εθνική οδό αλλά και νότια από μια τοπική οδό. Η προσπέλαση προς το μετόχι ωστόσο πραγματοποιείται μέσω ενός λιθόστρωτου αγροτικού δρόμου, καλντερίμι 300 μέτρων προσανατολισμένο κατά τη διεύθυνση βορρά νότου το οποίο είχε κατασκευαστεί τον 16^ο αιώνα και έχει κηρυχτεί ως διατηρητέο από την Αρχαιολογική υπηρεσία των Χανίων. Το μεγαλύτερο μέρος του μετοχίου καταλαμβάνεται από γεωργικές εκτάσεις – αυλές. Στο βόρειο τμήμα του υπάρχει ο μοναδικός διατηρημένος αναγεννησιακός κήπος στην Κρήτη και ένα από τα πολύ λίγα ευρωπαϊκά δείγματα διατηρημένων αναγεννησιακών κήπων στην Ευρώπη. Είναι γεμάτο από πληθώρα εσπεριδοειδών δέντρων πολλά από τα οποία είναι ιδιαίτερα και δεν υπάρχουν σε πολλά ακόμη μέρη στην Ελλάδα τα οποία φυτεύτηκαν στην βενετοκρατία. Στο νότιο τμήμα του μετοχίου υπάρχει ένας μικρότερης κλίμακας κήπος με βότανα , ο πρώην μελισσόκηπος ο οποίος διαμορφώνεται σε κλιμακωτή διάταξη ,το συγκρότημα των κτιρίων και το κεντρικό κτίσμα που περιλαμβάνει τη βίλα και τον πύργο.

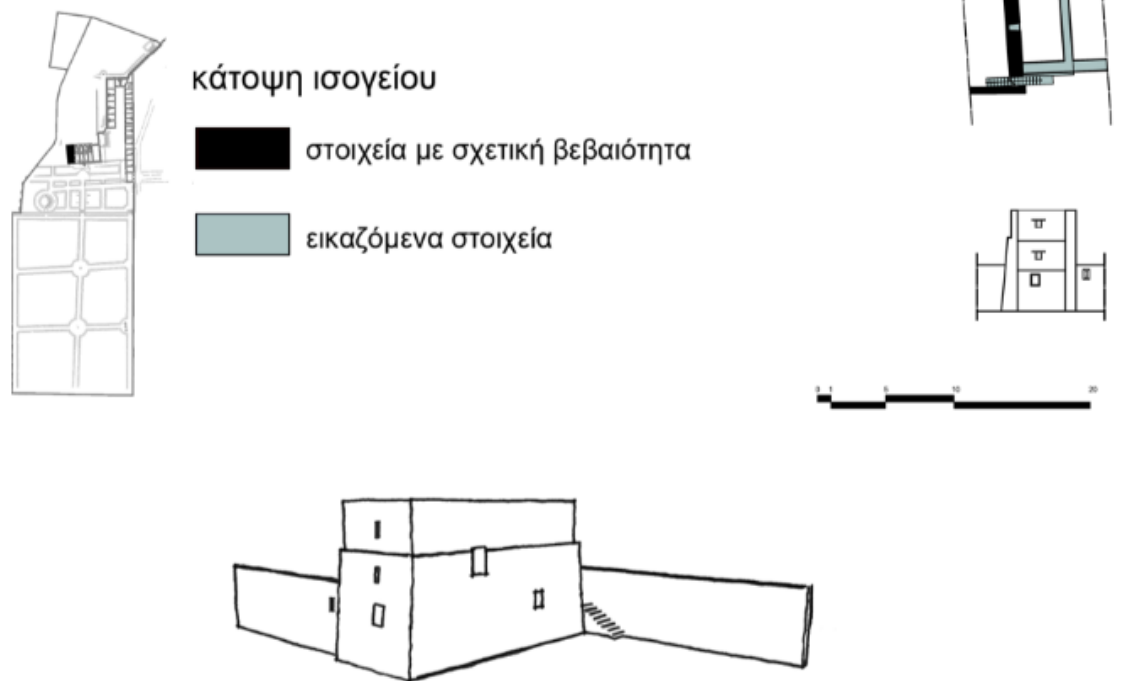
2.1. Φάσεις κατασκευής

Το μετόχι «Ησυχάκη» υλοποιήθηκε σε τέσσερις φάσεις:

1. Η πρώτη φάση τοποθετείται περίπου 1450-1500, δηλαδή κατά τη περίοδο της Βενετοκρατίας. Αυτό το φανερώνει άλλωστε ότι κατασκευάστηκε περιμετρική οχυρωματική διάταξη γύρω από τον πύργο. Τα χαρακτηριστικά αυτού του πύργου είναι οι τρεις στάθμες, η έλλειψη εισόδου από το ισόγειο, οι πολεμίστρες και τα ελάχιστα ανοίγματα στο ισόγειο.

1η φάση_1450-1500: Βενετοκρατία

πιθανή αναπαράσταση



Εικόνα 2.2: Παρουσίαση της πρώτης φάσης κατασκευής του μετοχίου «Ησυχάκη».

2. Η δεύτερη φάση ανήκει και αυτή στη Βενετοκρατία και χρονολογείται στο 1500-1670. Τότε κατασκευάζονται τα δωμάτια, σε κάποια από τα οποία έμενε το εργατικό προσωπικό, ενώ άλλα μεγαλύτερα αποτελούσαν χώρους φιλοξενίας. Υπήρχαν και δύο δωμάτια που λειτουργούσαν ως βοηθητικοί χώροι κουζίνας στη νότια πλευρά του συγκροτήματος. Δίπλα στον πύργο προστέθηκαν χώροι οι οποίοι αποτελούσαν την κατοικία του ιδιοκτήτη, δηλαδή τη βίλλα, κάποιοι βοηθητικοί χώροι και η σάλα, δηλαδή μια κεντρική μεγάλη αίθουσα.

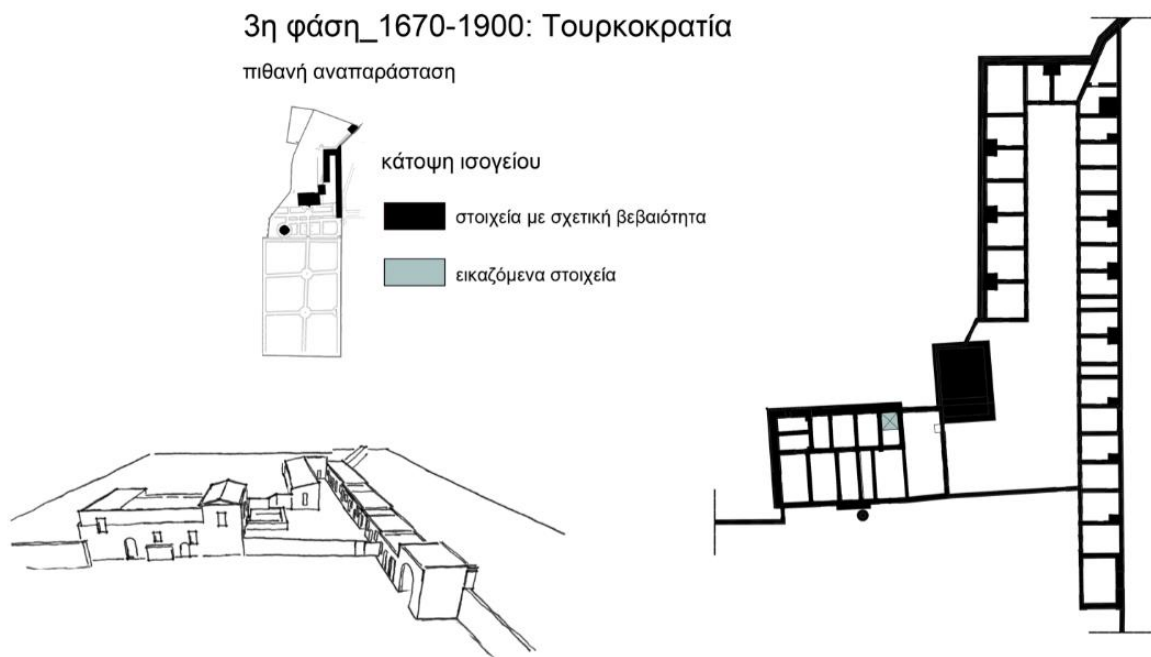
2η φάση_1500-1670: Βενετοκρατία

πιθανή αναπαράσταση



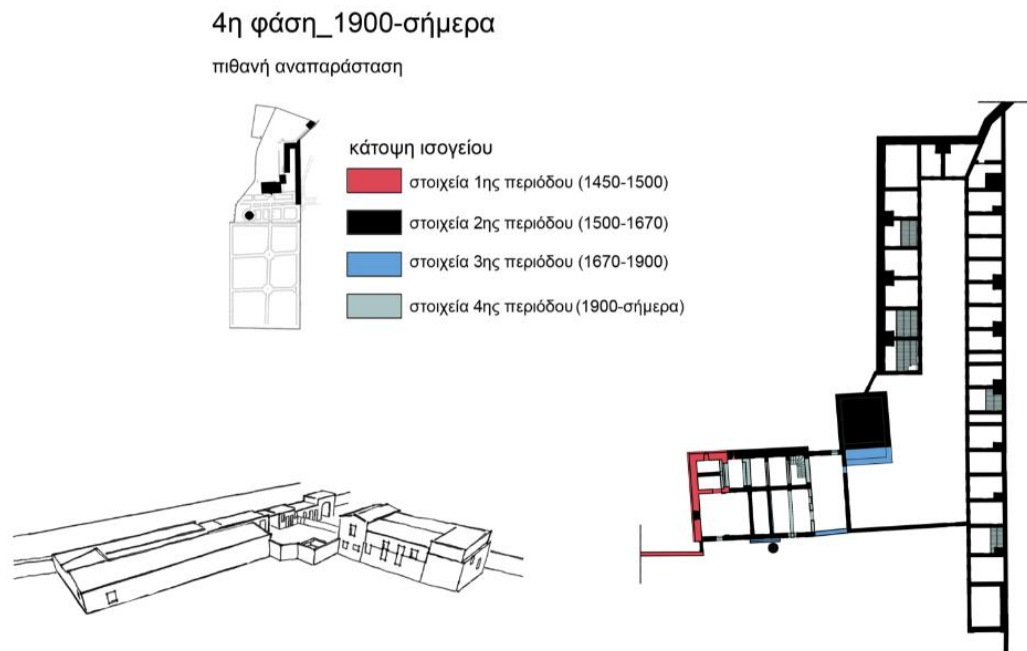
Εικόνα 2.3: Παρουσίαση της δεύτερης φάσης κατασκευής του μετοχίου «Ησυχάκη».

3. Στη τρίτη φάση η οποία χρονολογείται γύρω στο 1670-1900 και ανήκει στην Τουρκοκρατία, ο χώρος του ισογείου αλλάζει χρήση περίπου στα μέσα του 19ου αιώνα και γίνεται ελαιοτριβείο. Για αυτό το λόγο ανοίγεται και μία επιπλέον είσοδος στο κτίριο, από τη πλευρά της βοτσαλωτής αυλής. Σημαντικό γεγονός της περιόδου επίσης, αποτελεί μία μεγάλη πυρκαγιά που έγινε στα τέλη του 19ου αιώνα από την οποία καταστράφηκαν κάποια σημεία του κτιρίου.



Εικόνα 2.4: Παρουσίαση της τρίτης φάσης κατασκευής του μετοχίου «Ησυχάκη».

4. Στην τέταρτη και τελευταία φάση από το 1900 έως και σήμερα που ουσιαστικά πέρασε στα χέρια της οικογένειας Ησυχάκη, έγιναν επεμβάσεις όπως οι προσθήκες στις στέγες και στα δώματα.



Εικόνα 2.5: Παρουσίαση της τέταρτης φάσης κατασκευής του μετοχίου «Ησυχάκη».

2.2. Παρουσίαση υφιστάμενης κατάστασης



Εικόνα 2.6: Κάτοψη του υφιστάμενου ισογείου.

Στην εικόνα παραπάνω παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση των ισογείων, δεξιά είναι τα μικρά δωμάτια του εργατικού προσωπικού και των φιλοξενουμένων. Είναι μονόχωρα κτίσματα διαταγμένα σε σειρά. Σε κάθε ένα από αυτά υπάρχει κτισμένο ένα τζάκι. Στο ισόγειο του κεντρικού κτιρίου μας βρίσκεται το ελαιοτριβείο και δίπλα κάποια μικρότερα δωμάτια τα οποία χρησιμοποιούνταν ως βοηθητικοί χώροι.



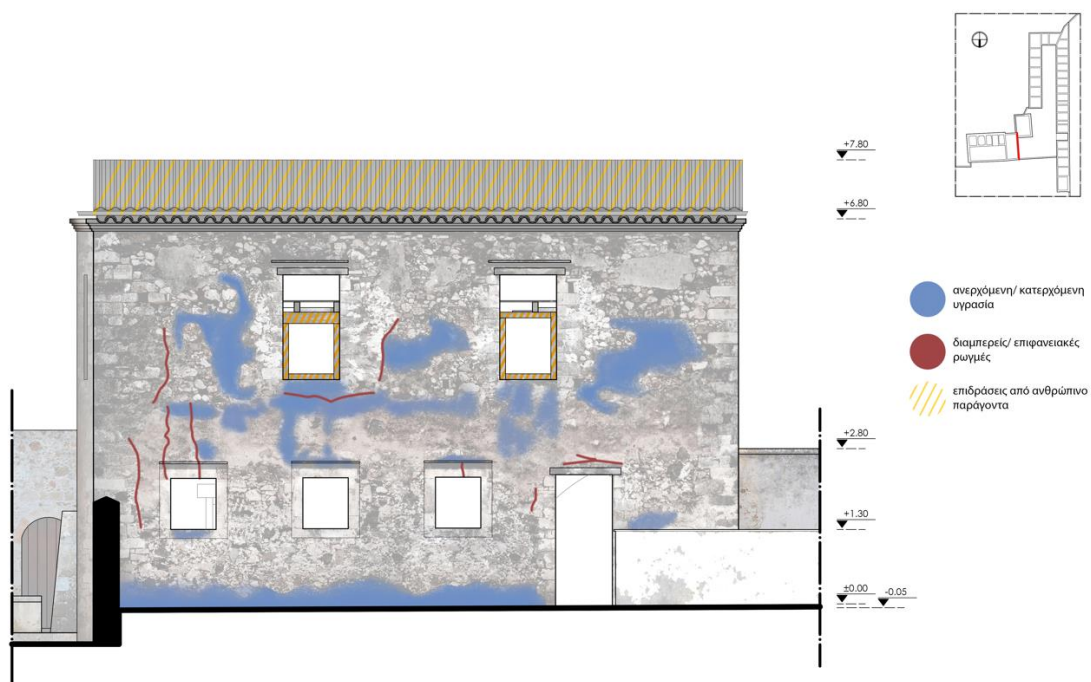
Εικόνα 2.7: Τομή του υφιστάμενου κεντρικού κτιρίου.

Στην παραπάνω τομή παρουσιάζονται οι δύο προσβάσιμοι χώροι, ο τετράγωνος χώρος στη θέση που ήταν παλιά ο πύργος και ένα κομμάτι της πρώτης στάθμης της βίλας αυτό που βρίσκεται δίπλα από τη σκάλα.

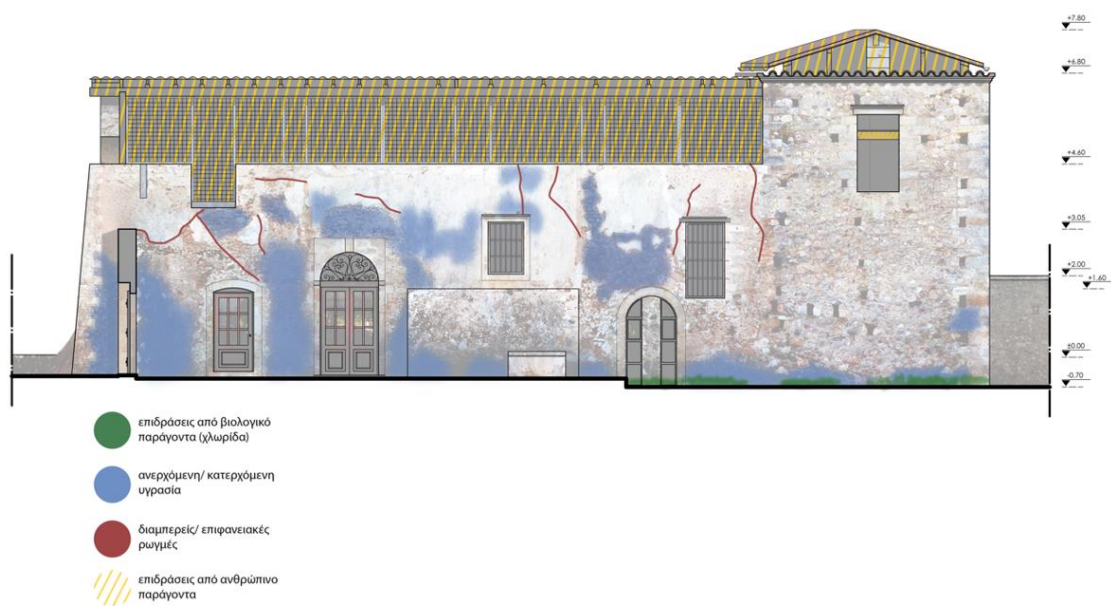
2.3. Υφιστάμενα δομικά στοιχεία

Η κατασκευή αποτελείται από αργολιθοδομή με συνδετικό θηραικοκονίαμα, ενώ στις γωνίες και στα ανοίγματα χρησιμοποιούνται λαξευμένοι γωνιόλιθοι. Για την προστασία της αργολιθοδομής υπάρχει κονίαμα και από τις δύο όψεις, ενώ οι γωνιόλιθοι παραμένουν εμφανείς. Στα δάπεδα κυριαρχεί το πατητό κοκκινόχωμα στο ισόγειο, ενώ τα δάπεδα του ορόφου είναι ξύλινα και στηρίζονται σε ξύλινα δοκάρια, τα οποία με τη σειρά τους στηρίζονται στις καμάρες και σε κάποιες περιπτώσεις στις εσοχές των τοίχων. Οι οροφές είναι κεκλιμένες κεραμοσκεπές κόκκινου χρώματος με ξύλινες βάσεις και οι στέγες κυματοειδείς λαμαρίνες. Τα κουφώματα είναι ξύλινα σε διάφορες διαμορφώσεις με λίθινες πλάκες για προστασία από το νερό.

Τα κτίρια έχουν πολλές φθορές και αλλοιώσεις. Αρκετές είναι οι κατηγορίες των αλλοιώσεων που παρατηρούνται τόσο στις όψεις και όσο και στα αναπτύγματα των εσωτερικών χώρων. Αρχικά, οι επιδράσεις από το βιολογικό παράγοντα, όπως η χλωρίδα που παρατηρείται σε κάποια σημεία των όψεων. Η αποκόλληση επιχρίσματος τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά της υφιστάμενης τοιχοποιίας. Μία άλλη κατηγορία είναι η ανερχόμενη και η κατερχόμενη υγρασία. Επιπρόσθετα οι επιφανειακές ρωγμές που υπάρχουν τοπικά σε αρκετά σημεία των κτιρίων. Τέλος αλλοιώσεις προκαλούν και οι επιδράσεις από τον ανθρώπινο παράγοντα, όπως τα πρόσθετα δάπεδα που τοποθετήθηκαν σε λάθος στάθμες, καθώς καταλήγουν πάνω σε ανοίγματα, αλλά και οι οροφές.

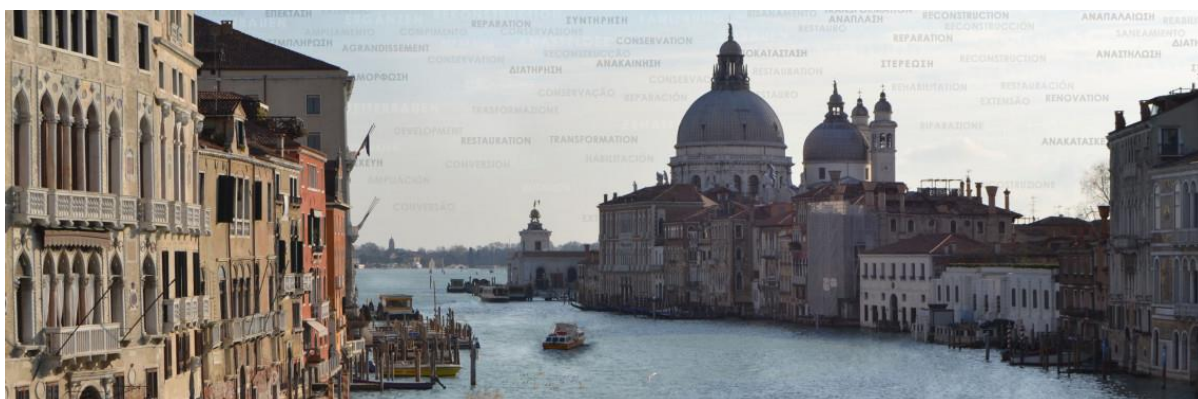


Εικόνα 2.8: Όψη του κεντρικού κτιρίου στην οποία αποτυπώνονται οι κατηγορίες των αλλοιώσεων. Διαγραμματική Όψη Παθολογίας 1.



Εικόνα 2.9: Όψη του κεντρικού κτιρίου στην οποία αποτυπώνονται οι κατηγορίες των αλλοιώσεων. Διαγραμματική Όψη Παθολογίας 2.

3. Χάρτα Βενετίας



Εικόνα 3.1: Χάρτα Βενετίας⁴.

Η πρόταση επανάχρησης είναι σύμφωνη με την Χάρτα Βενετίας. Η οποία είναι ένα πλαίσιο κατευθυντήριων αρχών για την αποκατάσταση και συντήρηση κάθε είδους μνημείων⁵. Το πλαίσιο αυτό ορίζει ότι οποιαδήποτε αποκατάσταση είναι επιτρεπτή στον βαθμό που είναι τεκμηριωμένη και φυσικά με προϋπόθεση να υπάρχει σεβασμός τόσο στο μνημείο όσο και στο φυσικό περιβάλλον μέσα στο οποίο εντάσσεται. Συγκεκριμένα, θα πρέπει η νέα χρήση του μνημείου να συνεισφέρει στην αναβάθμιση της κοινωνίας. Η διαμερισματοποίηση, οι χρωματισμοί και οι όγκοι των μνημείων δεν θα πρέπει να αλλάξουν δραματικά. Η μετακίνηση γλυπτών και διακοσμητικών στοιχείων να θα πρέπει να γίνεται για να εξασφαλιστεί η διάσωση τους. Τέλος τα στοιχεία που προορίζονται να αντικαταστήσουν τα προϋπάρχοντα, θα πρέπει να ενσωματώνονται αρμονικά στο σύνολο να φέρουν την σφραγίδα της εποχής και να μην φαίνονται σαν ξένο σώμα⁶.

⁴ (https://www.charta-von-venedig.de/%CF%87%CE%AC%CF%81%CF%84%CE%B7%CF%82-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B2%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%84%CE%AF%CE%B1%CF%82_home.html)

⁵ (https://el.wikipedia.org/wiki/Χάρτης_της_Βενετίας)

⁶ (<https://www.ssaette.gr/node/25>)

4. Πρόταση επανάχρησης

Σεβόμενοι τα παραπάνω, η πρόταση είναι να μετατραπεί το μετόχι σε ένα χώρο πολιτιστικού και εκπαιδευτικού ενδιαφέροντος που πρόσβαση θα έχουν αφενός κάποιες ομάδες ατόμων, όπως ερευνητές και μελετητές, οι οποίοι θα μπορούν να φιλοξενηθούν και αφετέρου επισκέπτες που θα μπορούν να θαυμάσουν τόσο τους κήπους, τα κτίρια όσο και τον μουσειακό χώρο που θα διαμορφωθεί στο ισόγειο του κεντρικού κτιρίου. Για να επιτευχθεί αυτό, δωμάτια φιλοξενίας θα μετατραπούν οι χώροι στην νοτιοδυτική πλευρά του οικοπέδου.



Εικόνα 4.1: Κάτοψη δωματίων φιλοξενίας, στην πάνω πλευρά της εικόνας απεικονίζεται η κάτοψη των παταριών.

Οι χώροι που βρίσκονται στη δυτική πλευρά, για εκμετάλλευση του ύψους του χώρου διαμορφώνονται πατάρια όπως και στην πρότερη κατάσταση τους, κάθε δωμάτιο θα έχει στο ισόγειο γραφείο, κουζίνα, λουτρό και στο πατάρι ένα υπνοδωμάτιο με δύο κρεβάτια. Τα δωμάτια της ανατολικής πλευράς, που είναι και μικρότερα δωμάτια, θα ενωθούν ανά δύο για μεγαλύτερη άνεση. Το κάθε δωμάτιο θα έχει δική του κουζίνα, λουτρό και μπορεί να φιλοξενήσει δύο άτομα. Στη νότια πλευρά, υπάρχει χώρος κουζίνας και τραπεζαρία που θα παρέχει την δυνατότητα γεύματος, όπως αντίστοιχα και στην αρχική του φάση. Η συνολική χωρητικότητα των δωματίων είναι 25 άτομα.



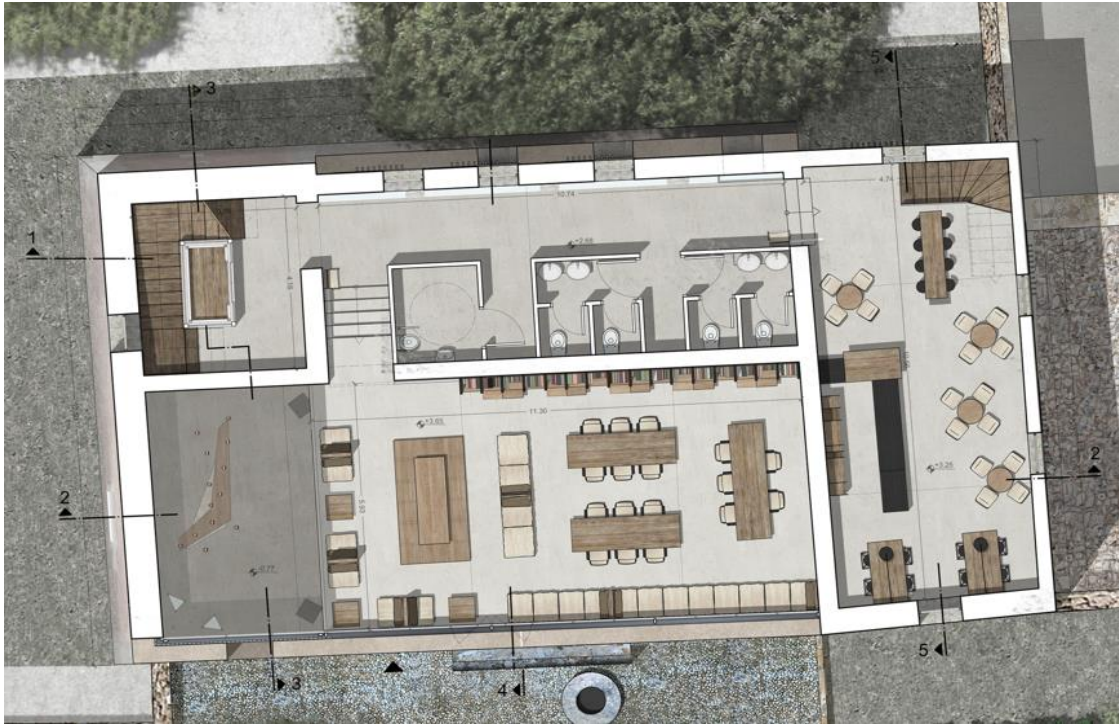
Εικόνα 4.2: Κάτοψη των χώρων που υπάρχουν οι κοινόχρηστες τουαλέτες, το γραφείο και το δωμάτιο του φύλακα του συγκροτήματος.

Μετά την καμάρα θα υπάρχουν κοινόχρηστες τουαλέτες για την εξυπηρέτηση των επισκεπτών καθώς επίσης χώρος φιλοξενίας και γραφείου που θα παρέχεται στον φύλακα του συγκροτήματος.



Εικόνα 4.3: Κάτοψη ισόγειο του κεντρικού κτιρίου.

Όσον αφορά το κεντρικό κτίριο, στο ισόγειο ο επισκέπτης θα συναντά ένα χώρο στον οποίο υπάρχει το ελαιοτριβείο, οι καμάρες και άλλα στοιχεία. Στο δίπλα χώρο θα μπορεί να γνωρίσει την ιστορία του κτιρίου μέσα από οθόνες ή/και εικόνες. Στον πίσω χώρο θα μπορεί ο επισκέπτης να δει τα εκθέματα-αντικείμενα που υπήρχαν στο συγκρότημα και είχαν ιδιαίτερη αξία.



Εικόνα 4.4: Κάτοψη Α' στάθμης του κεντρικού κτιρίου.



Εικόνα 4.5: Κάτοψη Β' στάθμης του κεντρικού κτιρίου.

Στην πρώτη στάθμη, η οποία επιλέχθηκε σύμφωνα με τις υπάρχουσες στάθμες, θα υπάρχει ένας χώρος μελέτης, βιβλιοθήκης και κοινόχρηστες τουαλέτες. Θα προστεθεί στην συνέχεια μία μόνο

επιπλέον στάθμη, η οποία θα έχει τραπεζοκαθίσματα και τον χώρο του workshop. Η προσθήκη αυτή είναι μεταλλική κατασκευή και στηρίζεται στις τοιχοποιίες του παλιού κτιρίου. Για να διασφαλιστεί ότι οι προσθήκες δεν θα προσθέσουν πολύ βάρος στην υφιστάμενη κατασκευή, θα κατασκευαστούν από ξύλο και γυαλί. Η νέα στάθμη θα έχει πρόσβαση από δύο χώρους της πρώτης στάθμης. Όσον αφορά την πρόσβαση ΑΜΕΑ, το κεντρικό κτίριο θα διαθέτει ανελκυστήρα και αναβατόρια για να εξασφαλισθεί η πρόσβασή τους σε όλα τα επίπεδα.

5. Επεμβάσεις στον φέροντα οργανισμό

5.1. Τοιχοποιία

Συντηρείται το κονίαμα από την παλαιότερη κατασκευή στις εξωτερικές παρειές των τοίχων και αφαιρείται το μεταγενέστερο κονίαμα. Για λόγους θερμομονωτικής επάρκειας επιλέχθηκε η επένδυση, εσωτερικά των τοίχων με ένα στρώμα μεμβράνης πολυουρεθάνης και ένα υαλοβάμβακα για θερμομόνωση και ηχομόνωση αντίστοιχα.

Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας U

Υφιστάμενη λιθοδομή

Δομικό Στοιχείο:

Υφιστάμενη λιθοδομή

Τύπος Κατασκευής:

Υφιστάμενη λιθοδομή

Είδος Στοιχείου:

Τοιχοποιία

☐ Διπλό Πάχος

☐ Τομή από φωτογραφία

☐ Με αεριζόμενο διάκενο αέρα

Ελαφρώς αεριζόμενο προς τα έξω

Εμβαδό θυρίδων A_v (mm²)

Ra2

	Στρώσεις Υλικών	Πυκν. (Kgr/m ³)	Πάχος1 (m)	Συντ. λ (W/mK)	R (m ² K/W)
1	Επίχρισμα	1900	0.030	0.872	0.034
2	Μεμβράνη πολυαιθυλ.		0.010	0.023	0.435
3	Υαλοβάμβακας	65	0.030	0.027	1.111
4	Λιθοδομή		0.550	1.047	0.525
5	Επίχρισμα	1900	0.030	0.872	0.034
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13	ΣΥΝΟΛΟ		0.650		

Ri

0.13

Ra

0.04

Συντ. Θερμ. U =

0.433

Αντίσταση θερμικής μετάβασης

Αποδοχή

Ακύρωση

Εικόνα 5.1: Τα υλικά της νέας τοιχοποιίας όπως αυτά αποτυπώθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.

5.2. Οροφές

Αναφορικά με την οροφή της ανατολική πλευρά των δωματίων, αφαιρούνται οι μεταγενέστερες προσθήκες και αντικαθίστανται από ένα ενιαίο φεγγίτη για τον καλύτερο φωτισμό. Το νέο δώμα θα στηρίζεται στην υφιστάμενη τοιχοποιία με χρήση μεταλλικών δοκών. Το ίδιο δώμα θα δημιουργηθεί και στις απολήξεις του κεντρικού κτιρίου. Η μόνωσή του δώματος θα γίνει σε πολλά στρώματα για να επιτευχθεί η θερμομόνωση, η ηχομόνωση, η υγρασιμόνωση και η προστασία από την φωτιά. Στο τέλος, το δώμα θα καλύπτεται από ένα λεπτό στρώμα τσιμεντοκονίας για να επιτευχθεί η λεία επιφάνειά του.

Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας U

Συμβατικό δώμα

Δομικό Στοιχείο: Συμβατικό δώμα

Τύπος Κατασκευής: Συμβατικό δώμα

Είδος Στοιχείου: Οροφή

☐ Διπλό Πάχος

☐ Τομή από φωτογραφία

☐ Με αεριζόμενο διάκενο αέρα: Ελαφρώς αεριζόμενο προς τα έξω

Εμβαδό θυρίδων A_v (mm²): R_{a2} :

	Στρώσεις Υλικών	Πυκν. (Kg/m ³)	Πάχος (m)	Συντ. λ (W/mK)	R (m ² K/W)
1	Κόντρα πλακέ πυκνότητας 700kg/	700	0.030	0.170	0.176
2	Φύλλο λαμαρίνας		0.005	58.00	
3	Ελαφροσκυρόδεμα 500 kg/m ³	500	0.030	0.180	0.167
4	Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	1390	0.005	0.170	0.029
5	Γαλούφασμα, υαλόνημα, γεωύφασμ	60-14	0.005	0.040	0.125
6	Υγρασιμόνωση (ασφαλτόπανα)	1000	0.005	0.186	0.027
7	Περλομπετόν		0.050	0.145	0.345
8	Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκ		0.050	0.037	1.351
9	Τσιμεντοκονίαμα		0.030	1.390	0.022
10					
11					
12					
13	ΣΥΝΟΛΟ		0.210		

Ri: 0.10 Ra: 0.04 Συντ. Θερμ. U = 0.420

Εικόνα 5.2: Τα υλικά του νέου δώματος όπως αυτά αποτυπώθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.

δωμα κεκ.βιθα

Δομικό Στοιχείο:

Τύπος Κατασκευής:

Είδος Στοιχείου:

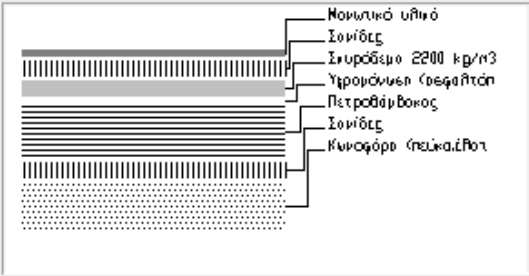
☐ Διπλό Πάχος

☐ Τομή από φωτογραφία

☐ Με αεριζόμενο διάκενο αέρα

Εμβαδό θυρίδων A_v (mm²)

Ra2



	Στρώσεις Υλικών	Πυκν. (Kgr/m3)	Πάχος1 (m)	Συντ. η (W/mK)	R (m ² K/W)
1	Κωνοφόρα (πεύκο,έλατο κλπ.)	600	0.060	0.140	0.429
2	Σανίδες	550	0.020	0.140	0.143
3	Πετροβάμβακας		0.070	0.041	1.707
4	Υγρομόνωση (ασφαλτόπανο)	1000	0.001	0.186	0.005
5	Σκυρόδεμα 2200 kg/m3	2200	0.020	1.650	0.012
6	Σανίδες	550	0.020	0.140	0.143
7	Μονωτικό υλικό		0.010	0.041	0.244
8					
9					
10					
11					
12					
13	ΣΥΝΟΛΟ		0.201		

Ri Ra

Συντ. Θερμ. U =

Εικόνα 5.3: Τα υλικά της νέας κεκλιμένης σκεπής για το κεντρικό κτίριο όπως αυτά αποτυπώθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.

Όσον αφορά την κεκλιμένη κεραμοσκεπή που υπάρχει στα δωμάτια δεξιά και στο κέντρο των ξενώνων, σε πρώτη φάση θα πρέπει να γίνει έλεγχος στατικής επάρκειας του καδρονarisματος και θα γίνει προσπάθεια διατήρησης των βυζαντινών κεραμιδιών. Εάν αυτό επιτευχθεί θα ενισχυθεί η σκεπή με άλλο ένα στρώμα ιδίου καδρονarisματος (καδρόνια και σανίδες) και με μία στρώση πετροβάμβακα για θερμομόνωση ανάμεσα τους. Για να υγρομονωθεί η κεραμοσκεπή θα στρωθεί ένα ασφαλτόπανο πάνω στο οποίο θα υπάρχει σκυρόδεμα για να μπορέσουν να επανατοποθετηθούν τα υφιστάμενα κεραμίδια. Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να αντικατασταθεί τόσο το καδρονάρισμα όσο και τα κεραμίδια με νέα παρεμφερή υλικά.

κεκλιμένης μετοχι

Δομικό Στοιχείο:

Τύπος Κατασκευής:

Είδος Στοιχείου:

☐ Διπλό Πάχος

☐ Τομή από φωτογραφία

☐ Με αεριζόμενο διάκενο αέρα

Εμβαδό θυρίδων A_v (mm²)

R_{a2}

	Στρώσεις Υλικών	Πυκν. (Kgr/m3)	Πάχος1 (m)	Συντ. λ (W/mK)	R (m ² K/W)
1	Κωνοφόρα (πεύκο,έλατο κλπ.)	600	0.06	0.140	0.429
2	Σανίδες	550	0.02	0.140	0.143
3	Πετροβάμβακας		0.07	0.041	1.707
4	Κωνοφόρα (πεύκο,έλατο κλπ.)	600	0.06	0.140	0.429
5	Σανίδες	550	0.02	0.140	0.143
6	Υγρομόνωση (ασφαλτόπανα)	1000	0.001	0.186	0.005
7	Σκυρόδεμα 2200 kg/m3	2200	0.02	1.650	0.012
8	Ρωμαϊκό Κεραμίδι Τύπου Κέραμος	1200		0.581	
9					
10					
11					
12					
13	ΣΥΝΟΛΟ		0.251		

R_i R_a Συντ. Θερμ. U =

Εικόνα 5.4: Τα υλικά της νέας κεκλιμένης σκεπής για τα δωμάτια όπως αυτά αποτυπώθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.

5.3. Δάπεδα

Τα δάπεδα της χαμηλότερης στάθμης και στα τρία κτίσματα θα πρέπει να αλλαχθούν για να μπορέσουν να εξαλειφθούν οι εσωτερικές ανισοσταθμίες. Όσο αφορά την στεγανοποίηση και θερμομόνωση των νέων δαπέδων γίνεται χρήση πλακιδίων πολυστερίνης και ελαφροσκυροδέματος. Τα δάπεδα των ορόφων και παταριών θα στηρίζονται με μεταλλικούς δοκούς ανά 70 εκατοστά σε πυκνή διάταξη και θα είναι σύμμεικτα με μία στρώση πολυβινυλοχλωριδίου για θερμομόνωση.

Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας U

Δάπεδο σε επαφή με Φ.Ε.

Δομικό Στοιχείο: Δάπεδο σε επαφή με Φ.Ε.

Τύπος Κατασκευής: Δάπεδο σε επαφή με Φ

Είδος Στοιχείου: Δάπεδο

☐ Διπλό Πάχος

☐ Τομή από φωτογραφία

☐ Με αεριζόμενο διάκενο αέρα: Ελαφρώς αεριζόμενο προς τα έξω

Εμβαδό θυρίδων A_v (mm²): R_{a2} :

	Στρώσεις Υλικών	Πυκν. (Kgr/m ³)	Πάχος1 (m)	Συντ. λ (W/mK)	R (m ² K/W)
1	Κεραμικά πλακίδια δαπέδου	2000	0.005	1.840	0.003
2	Τσιμεντοκονίαμα	1800	0.020	0.870	0.023
3	Κισηρόδεμα, ελαφροσκυρόδεμα	500	0.050	0.200	0.250
4	Διαγκωμένη πολυστερίνη σε πλάκ	12-30	0.040	0.035	1.143
5	Σκυρόδεμα οπλισμένο με 2% χάλυ	2400	0.200	2.500	0.080
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13	ΣΥΝΟΛΟ		0.315		

R_i : R_a : Συντ. Θερμ. U =

Αντίσταση θερμικής μετάβασης Αποδοχή Ακύρωση

Εικόνα 5.5: Τα υλικά του νέου δαπέδου που είναι σε επαφή με το έδαφος όπως αυτά αποτυπώθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.

5.4. Ανοίγματα

Όλη η υφιστάμενη ξυλεία των κουφωμάτων θα διατηρηθεί και θα αποκατασταθεί σε κάποιες περιπτώσεις. Όσο αφορά τα υαλοστάσια θα τοποθετηθούν νέα διπλά.

Πίνακας 5.1: Τα στοιχεία των πορτών που καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.

Κατηγορία ανοίγματος	Είδος ανοίγματος	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου Uf	Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα Ug	Απορροφητικότητα πόρτας
Πόρτα	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (ξύλινο πλαίσιο)	2.2	3.48	0.4

Πίνακας 5.2: Τα στοιχεία των ξύλινων παραθύρων που καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.

Κατηγορία ανοίγματος	Είδος ανοίγματος	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου Uf	Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα Ug	Αερισμός λόγω χαραμάδων
Παράθυρο	Διπλό διάκενο 6mm (ξύλινο ισ. Πλαίσιο 10 cm)	2.2	3.3	6.2

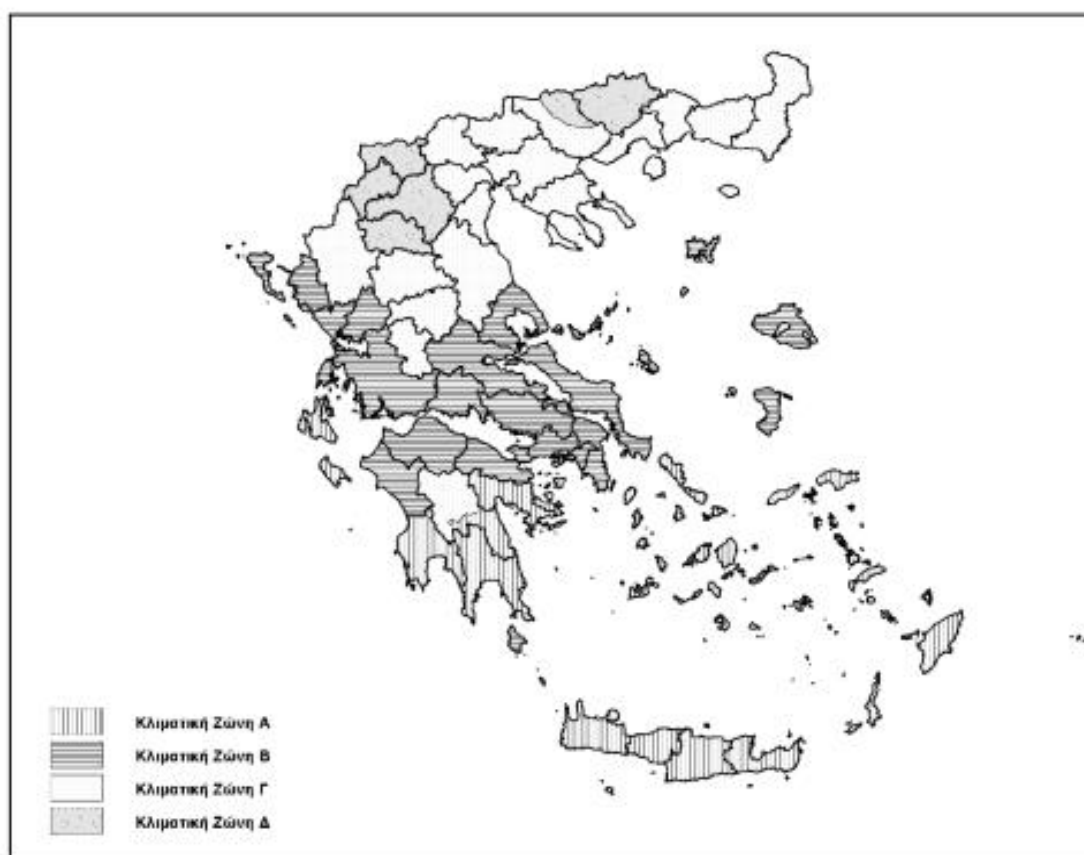
Πίνακας 5.3: Τα στοιχεία των μεταλλικών παραθύρων που δημιουργούνται στην βάση την οροφής στην μελέτη α και όπως αυτά καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα 4m KENAK.

Κατηγορία ανοίγματος	Είδος ανοίγματος	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου Uf	Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα Ug	Αερισμός λόγω χαραμάδων
Παράθυρο	Διπλό διάκενο 6mm (μεταλλικό ισ. Πλαίσιο 7.5 cm + μεμβράνη)	2.0	1.4	6.2

6. Ενεργειακή μελέτη

Οι ενεργειακές μελέτες που έγιναν για την παρούσα διπλωματική είναι σύμφωνές με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ). Πιο αναλυτικά έγιναν τρεις επιμέρους μελέτες, λόγω του ότι τα κτίρια βρίσκονται σε απόσταση το ένα από το άλλο. Η πρώτη αφορά τα κτίρια που θα στεγάζονται οι επισκέπτες και θα ονομάζεται *μελέτη α*, μία για τα κτίρια που είναι μετά την καμάρα όπου υπάρχουν οι κοινόχρηστες τουαλέτες, το γραφείο και το δωμάτιο του φύλακα που θα ονομάζεται *μελέτη β* και μία για το κεντρικό κτίριο που θα είναι η *μελέτη γ*.

Οι τρεις μελέτες αυτές αναφέρονται σε κτηριακό συγκρότημα σε Α κλιματική ζώνη λόγω του ότι βρίσκονται στο νομό Χανίων σε μηδενικό υψόμετρο και σύμφωνα με τον πίνακα 1.4. Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017.



Εικόνα 6.1: Σχήμα 1.1 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 που απεικονίζει τις κλιματικές ζώνες της ελληνικής .

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

Εικόνα 6.2: Πίνακας 1.4 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 με τον διαχωρισμό της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες.

Σύμφωνα με τον πιο κάτω πίνακα, οι μελέτες α και β ανήκουν στην κατηγορία προσωρινής διαμονής καθώς χαρακτηρίζονται ως ξενώνες ετήσιας λειτουργίας, ενώ η μελέτη γ ανήκει σε δύο κατηγορίες σε αυτή του γραφείου και σε αυτή της συνάθροισης κοινού. Πιο συγκεκριμένα έχουμε την χρήση μουσείου στο ισόγειο και βιβλιοθήκης που αναπτύσσεται στα δύο επίπεδα από πάνω.

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων που περιλαμβάνονται στις κατηγορίες
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (κτήριο με περισσότερα του ενός ανεξάρτητα διαμερίσματα).
Προσωρινής διαμονής	Ξενοδοχείο, ξενώνας, οικότροφείο και κοιτώνας.
Συνάθροισης κοινού	Χώρος συνεδρίων, χώρος εκθέσεων, μουσείο, χώρος συναυλιών, θέατρο, κινηματογράφος, αίθουσα δικαστηρίων, κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο, εστιατόριο, ζαχαροπλαστείο, καφενείο, τράπεζα, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.
Εκπαίδευσης	Νηπιαγωγείο, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση, τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας, φροντιστήριο.
Υγείας και κοινωνικής πρόνοιας	Νοσοκομείο, κλινική, αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο, ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομείο, βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός.
Σωφρονισμού	Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή.
Εμπορίου	Κατάστημα, εμπορικό κέντρο, αγοράς και υπεραγοράς, φαρμακείο, κουρείο και κομμωτήριο, ινστιτούτο γυμναστικής.
Γραφείων	Γραφείο, βιβλιοθήκη.

Εικόνα 6.3: Πίνακας 1.5 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 με την ταξινόμηση των κτιρίων σύμφωνα με την χρήση τους.

Τα ωράρια λειτουργίας και για τις τρεις μελέτες επιλέχθηκαν να είναι τα τυπικά σύμφωνα με τον πίνακα 2.1 της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017⁷.

Πίνακας 6.1: Τμήμα πίνακα 2.1 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 με το τυπικό ωράριο λειτουργίας κτιρίων ανά χρήση.

Βασικές κατηγορίες κτιρίων	Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Ώρες λειτουργίας	Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα	Περίοδος λειτουργίας σε μήνες
Προσωρινής διαμονής	Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	24	7	12
Συνάθροισης κοινού	Χώρος εκθέσεων, μουσείο	6	7	12
Γραφείων	Βιβλιοθήκη	6	5	12

Η ίδια λογική ακολουθήθηκε για τον καθορισμό των εσωτερικών θερμοκρασιών και των σχετικών υγρασιών με χρήση του Πίνακα 2.2.

Πίνακας 6.2: Τμήμα πίνακα 2.2 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 με τις τυπικές τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας σε εσωτερικούς χώρους ανά χρήση.

Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμοκρασία [°C]		Σχετική υγρασία [%]	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	20	26	35	45
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	20	23	35	50
Βιβλιοθήκη	20	26	35	50

Όσο αφορά την παροχή νωπού αέρα και του γενικού φωτισμού και στις τρεις μελέτες τόσο στην αρχική κατάσταση όσο και στα τρία ενεργειακά σενάρια, επιλέχθηκαν οι κατώτερες τιμές απαιτήσεων με την χρήση των πινάκων 2.3 και 2.4 αντίστοιχα.

⁷ (http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak)

Πίνακας 6.3: Τμήμα πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 με τον απαιτούμενο νωπό αέρα ανά χρήση.

Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Άτομα / 100 m ² επιφάνεια δαπέδου	Νωπός αέρας [m ³ /h/άτομο]	Νωπός αέρας [m ³ /h/m ²]
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	15	20	3,00
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	50	20	10,00
Βιβλιοθήκη	22	30	6,60

Πίνακας 6.4: Τμήμα πίνακα 2.4 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-1/2017 με τις ελάχιστες στάθμες γενικού φωτισμού κτιρίου αναφοράς ανά χρήση σύμφωνα με το EN12464-1 2011.

Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]	Δείκτης θάμβωσης UGR	Ομοιομορφία φωτισμού U _o (min/μέση τιμή)
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	200	0,8	22	0,4
Βιβλιοθήκη	500	0,8	19	0,6

6.1. Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας

Ο έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας είναι το πρώτο βήμα κάθε ενεργειακής μελέτης και υπολογίζει τις ανταλλαγές θερμικών φορτίων του κάθε κτιρίου με το περιβάλλον μέσω των στοιχείων του φέρον οργανισμού τόσο με αγωγή όσο με συναγωγή και καθορίζει αν τα υλικά με τα οποία ο κάθε μελετητής έχει επιλέξει είναι εντός προδιαγραφών. Ο έλεγχος αυτός γίνεται σε δύο στάδια με χρήση τύπων που αναλύονται στην TOTEE 20701-2/2017.

Στο πρώτο στάδιο ελέγχονται τα δομικά στοιχεία μεμονωμένα με χρήση των παρακάτω τύπων:

- Γενική σχέση υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων.

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

όπου,

d_j το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου j ,

λ_j ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης j ,

R_i / R_a οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου

R_s η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος

n το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου

- Γενική σχέση υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφανούς δομικού στοιχείου.

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + I_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g}$$

όπου,

U_f ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος,

U_g ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος

A_f το εμβαδόν επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,

A_g το εμβαδόν επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

L_g το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος

Ψ_g ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

Οι τιμές αυτές του συντελεστή θερμοπερατότητας U και U_w για το κάθε δομικό στοιχείο θα πρέπει να μην υπερβαίνει τις αντίστοιχες τιμές που ορίζει ο πίνακας 3.4.α. της ΤΟΤ.Ε. 20701-1/2017 για τα ριζικός ανακαινιζόμενα.

Πίνακας 6.5: Πίνακας 3.4 α. της Τ.Ο.Τ.Ε. 20701-1/2017 με τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή U ανά δομικό στοιχείο και ανά κλιματική ζώνη για ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια.

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [$W/(m^2 \cdot K)$]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή)	0,50	0,45	0,40	0,35
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,20	0,90	0,75	0,70
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,20	0,90	0,75	0,70
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,00	2,80	2,60
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,20	2,00	1,80	1,80
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,70	5,20	4,80	4,40
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,70	5,20	4,80	4,40
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	4,00	3,60	3,10	2,90

ο δεύτερο στάδιο, εφόσον τα επιμέρους δομικά στοιχεία καλύπτουν τις απαιτήσεις, θα πρέπει το κτίριο στο σύνολό του να παρουσιάζει ένα μέσο συντελεστή θερμικής διαπερατότητας τέτοιο ώστε να μην υπερβαίνει τον συντελεστή $U_{m,max}$ (μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου).

- Ο υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμικής διαπερατότητας του κτιρίου δίνεται από τη σχέση:

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

όπου:

U_m	ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτηρίου
n	το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτηρίου
v	το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας A_j του κελύφους
A_j	το εμβαδό επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτηρίου
U_j	ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους του κτηρίου
l_j	το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου
Ψ_i	ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτηρίου
b_j	μειωτικός συντελεστής (όπως αναλύεται στην επόμενη ενότητα για κάθε τύπο δομικού στοιχείου)
b_i	μειωτικός συντελεστής του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ) σε κάθε θέση θερμογέφυρας (όπως αναλύεται στις διευκρινίσεις της παραγράφου 2.4. για κάθε τύπο δομικού στοιχείου)

- Για να βρεθεί η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή (U_{max}) του κάθε κτιρίου θα πρέπει αρχικά να γίνει υπολογισμός του συντελεστή $\frac{A}{V}$ με A να είναι το εμβαδόν των εξωτερικών επιφανειών του κτιριακού κελύφους και V ο όγκος του κτιρίου που περικλείεται από αυτές τις επιφάνειες εκτός από τους μη θερμαινόμενους χώρους. Οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές (U_{max}) που παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4.β της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017.

Λόγος A/V [m^{-1}]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m [$W/(m^2 \cdot K)$]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
$\leq 0,2$	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
$\geq 1,0$	0,81	0,73	0,66	0,60

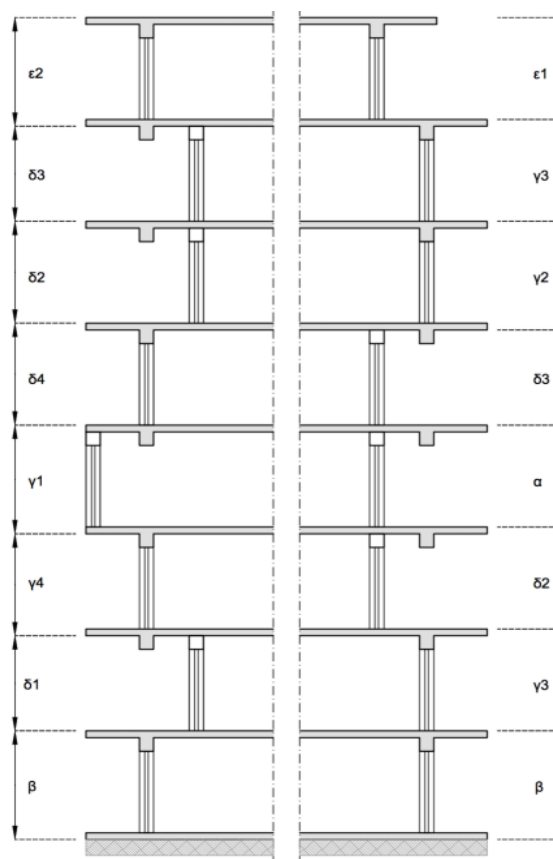
Εικόνα 6.4: Πίνακας 3.4β της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 με τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή U_{max} ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου A/V για ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια.

Στην παρούσα διπλωματική τα κτίρια υφίστανται ριζική ανακαίνιση και τα υλικά τα οποία επιλέχθηκαν και παρουσιάστηκαν παραπάνω είναι εντός προδιαγραφών.

6.2. Παρουσίαση GCAD

Για την αποτύπωση των επεμβάσεων που αναλύθηκαν παραπάνω και την δημιουργία των ενεργειακών σεναρίων γίνεται χρήση δύο προγραμμάτων της ελληνικής εταιρίας 4M. Σε πρώτη φάση σχεδιάστηκαν μέσω του προγράμματος GCAD τα κτίρια. Πιο αναλυτικά ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα :

- Ορίστηκαν οι στάθμες των κτιρίων και ορόφων (στην περίπτωση του κεντρικού κτιρίου). Στο σημείο αυτό γίνεται μία παραδοχή, λόγω του ότι τα κτίρια είναι κατασκευασμένα από πέτρες τοποθετημένες στην επιφάνεια του φυσικού εδάφους που έχει ανωμαλίες, δεν υπάρχει η έννοια της οικοδομικής πλάκας, κάτι πολύ βασικό για την αποτύπωση του κτιρίου στο πρόγραμμα. Η σύμβαση λοιπόν, είναι η δημιουργία μίας νοητής πλάκας που αφενός θα ισοσταθμίζει τις ανωμαλίες του εδάφους και αφετέρου θα αποτυπώνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια η υφιστάμενη κατάσταση. Δόθηκε μεγάλη σημασία στην διατήρηση των τελικών σταθμών των τοίχων, των διαστάσεων των κουφωμάτων και έγιναν οι κατάλληλες αλλαγές για να μην υπάρχουν μεγάλες διαφορές στις γωνίες σκιασμού που δημιουργούνται. Γίνεται λοιπόν εύληπτο πως οι κατώτερες στάθμες των επιπέδων και τοίχων αλλάζουν και υπολογίζονται εκ νέου με την βοήθεια του παρακάτω σχήματος.



Εικόνα 6.5: Σχήμα 9 της Τ.Ο.Τ.Τ.Ε. 20701-2/2017 που παρουσιάζει τον σωστό τρόπο υπολογισμού του ύψους του ορόφου.

Επίσης αλλάζουν και οι ποδιές των ανοιγμάτων με τις νέες μετρήσεις να γίνονται εσωτερικά των χώρων και από την άνω παρειά της πλάκας.

Διαχείριση επιπέδων

Τρέχον επίπεδο : 1

Επίπεδο Αρχείο Στάθμη Όνομα

1	...K.BLD\ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΑ ΑΔΕΙΑ.DWG	-0.15	δωμάτια
---	---------------------------------	-------	---------

Στοιχεία

Επίπεδο : 1 Στάθμη : -0.15

Όνομα : δωμάτια

Αρχείο... F:\ΔΙΠΛΩΜ\ΚΕΝΑΚ.BLD\ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΑ ΑΔΕΙΑ.DWG

Νέο Τρέχον Διαγραφή Αποδοχή

Εικόνα 6.6 : Η καρτέλα διαχείριση επιπέδου του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των στάθμεων για τις μελέτες α και β.

Διαχείριση επιπέδων

Τρέχον επίπεδο : 3

Επίπεδο	Αρχείο	Στάθμη	Όνομα
3	...ΟΡΟΦΟ.BLD\ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗ (3).DWG	6.19	b orofos
2	...ΟΡΟΦΟ.BLD\ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗ (2).DWG	4.41	orofos
1	...ΟΡΟΦΟ.BLD\ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗ (1).DWG	-0.15	isogeio

Στοιχεία

Επίπεδο : Στάθμη :

Όνομα :

Αρχείο...

Εικόνα 6.7: Η καρτέλα διαχείριση επιπέδου του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των στάθμων για την μελέτη γ.

- Ορίστηκε η διεύθυνση του βορρά
- Σχεδιάστηκαν οι εξωτερικοί τοίχοι ορίζοντας την στάθμη που ξεκινάει ο εκάστοτε τοίχος, το ύψος του, το πάχος του, τις θερμογέφυρες που δημιουργούνται στις τέσσερις πλευρές του και την ύπαρξη ή όχι δοκαριού.

Θερμικές γέφυρες προς εξωτερικές επιφάνειες

	Πλευρά	Υπάρχει	Είδος 2ης Επιφάνειας	Περιγραφή	Ψκ (W/mK)
1	Επάνω	<input checked="" type="checkbox"/>	O1	ΔΣ - 26	0.550
2	Κάτω	<input checked="" type="checkbox"/>	Δ1	ΔΦ - 15	-0.050
3	Πλευρά 1	<input type="checkbox"/>			
4	Πλευρά 2	<input checked="" type="checkbox"/>		ΞΓ - 6	-0.250
5	Άλλη οριζόντια	<input type="checkbox"/>			
6	Άλλη κατακόρυφη	<input type="checkbox"/>			

1:1 Απεικόνιση

Εικόνα 6.8: Ενδεικτική καρτέλα θερμικές γέφυρες του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των θερμογεφυρών που σχηματίζονται με τα όμορα με τον εξωτερικό τοίχο δομικά υλικά.

Εξωτερικός Τοίχος

Τύπος τοίχου
☒ Ευθύς
☐ Κυκλικός

Τύπος τοικοποιίας
☒ Εξωτερική
☐ Εξωτερική Προς Όμορο Κτίριο

☒ Καθάρισμα ενώσεων

Τύπος... T2 Στάθμη : 0.00
 Ύψος : 3.65
 Πάχος : 0.60
 Μήκος 1 : 0.00
 Μήκος 2 : 0.00

Χρώμα 3D... BYLAYER
 Χρώμα 3D... BYLAYER
 Χρώμα 2D... BYLAYER

Χαρακτηριστικά
 Συντελεστής U: 0.450

Σύνδεση με στέγη
☐ Στέγη <
 Υπερύψωση : 0.00

Δοκάρι
☒ Δοκάρι...
 Σταθερή πλευρά :
 Σταθερή πλευρά τοίχου

Θερμικές Γέφυρες
☒ Θερμικές Γέφυρες...

Πρόβολος

Αποδοχή Ακύρωση

Εικόνα 6.9: Ενδεικτική καρτέλα εξωτερικός τοίχος του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των εξωτερικών τοίχων.

- Σχεδιάστηκαν τα ανοίγματα ορίζοντας τις διαστάσεις τους (ύψος, πλάτος, ποδιά και προσανατολισμός), ο τύπος του ανοίγματος (μονό, διπλό, ανοιγόμενο, συρόμενο, επάλληλο κ.τ.λ.) και τις θερμογέφυρες που δημιουργούνται με τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού στις τέσσερις πλευρές του.

Θερμικές γέφυρες προς εξωτερικές επιφάνειες

	Πλευρά	Υπάρχει	Είδος 2ης Επιφάνειας	Περιγραφή	Ψκ (W/mK)
1	Επάνω	<input checked="" type="checkbox"/>	T2	ΥΠ - 8	0.350
2	Κάτω	<input checked="" type="checkbox"/>	T2	ΥΠ - 8	0.350
3	Πλευρά 1	<input type="checkbox"/>			
4	Πλευρά 2	<input checked="" type="checkbox"/>	T2	ΛΠ - 8	0.150

Ok Άκυρο

2:3 Απεικόνιση

Εικόνα 6.10: Ενδεικτική καρτέλα θερμικές γέφυρες του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των θερμογεφυρών που σχηματίζονται με τα όμορα με την πόρτα δομικά υλικά.

Πόρτα

Είδος: Πόρτα

Τύπος...
Ανοιγμα χωρίς τζάμι (ξύλινο πλαίσιο)

Χαρακτηριστικά
Συντελεστής U 3.50

Αύξων Αριθμός:

Ύψος: 2.40
☐ Ύψωμα: 0.50

Ποδιά: 0.00
Μήκος: 1.30
Προτ./νο Μήκος: 1.41

☒ Στροφή Χ:
☐ Στροφή Υ:

☒ Σχεδίαση 2D
☒ Πινάκισα...

Επικαθήμενο ρολό/Εξωτερικό προστατευτικό φύλλο
Συντελεστής U_{rb} επικαθήμενου ρολού 0.00 ...
Ύψος κυτίου επικαθήμενου ρολού 0.00
Θερμική αντίσταση R_{rb} εξωφύλλου 0.00 ...

Αποδοχή Ακύρωση

Σχέδιο 3D
DOOR1
Μονόφυλλη ανοιγόμενη ορθογωνική συμπαγής
Επιλογή... Ιδιότητες...

Στοιχισή
Στοιχισή Κάσας
☐ 1η Πλευρά ☒ Κέντρο ☐ 2η Πλευρά
Απόσταση Κάσας από Πλευρά τούλου: 0.10
Στοιχισή πλαισίων
☐ 1η Πλευρά ☒ Κέντρο ☐ 2η Πλευρά
Απόσταση πλαισίων από Πλευρά Κάσας: 0.02

Θερμικές Γέφυρες
☒ Θερμικές Γέφυρες...

Πρόβολος
Δεν υπάρχει

Εικόνα 6.11: Ενδεικτική καρτέλα πόρτα του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των πορτών που υπάρχουν στο κτίριο.

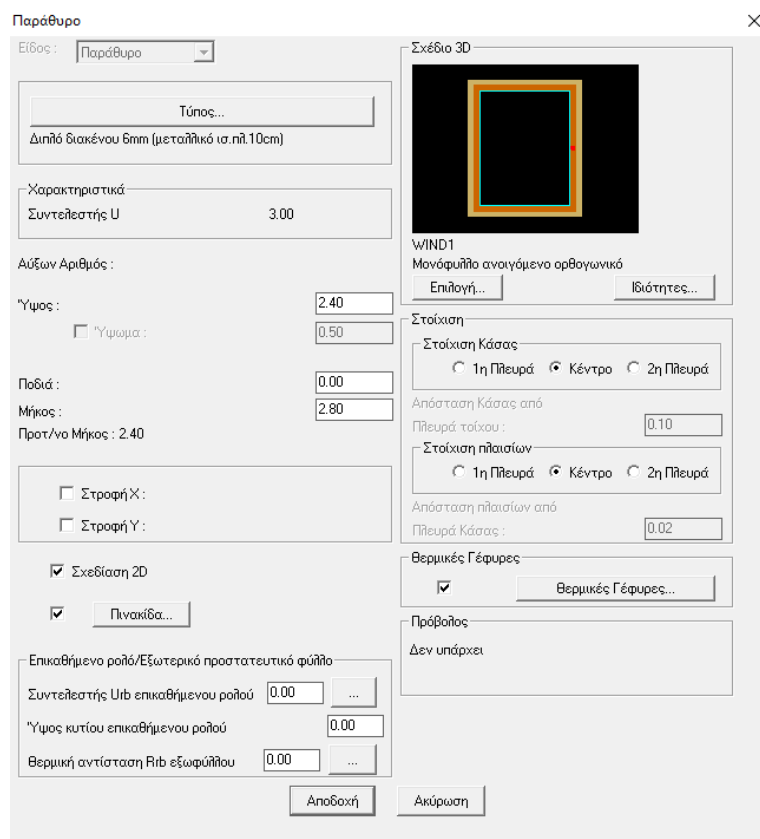
Θερμικές γέφυρες προς εξωτερικές επιφάνειες

	Πλευρά	Υπάρχει	Είδος 2ης Επιφάνειας	Περιγραφή	Ψκ (W/mK)
1	Επάνω	<input checked="" type="checkbox"/>	T2	ΥΠ - 8	0.350
2	Κάτω	<input checked="" type="checkbox"/>	T2	ΥΠ - 8	0.350
3	Πλευρά 1	<input checked="" type="checkbox"/>	T2	ΛΠ - 8	0.150
4	Πλευρά 2	<input checked="" type="checkbox"/>	T2	ΛΠ - 8	0.150

Ok Άκυρο

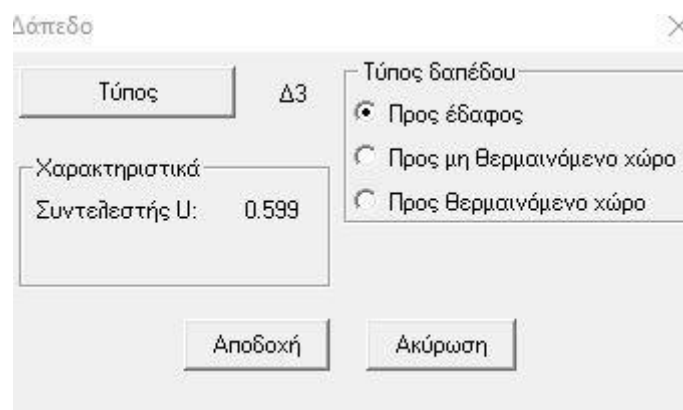
1: 1 Απεικόνιση

Εικόνα 6.12: Ενδεικτική καρτέλα θερμικές γέφυρες του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των θερμογεφυρών που σχηματίζονται με τα όμορα με το παράθυρο δομικά υλικά στο κτίριο.



Εικόνα 6.13: Ενδεικτική καρτέλα παράθυρο του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των παραθύρων που υπάρχουν στο κτίριο.

- Ορίστηκαν τα δάπεδα σχεδιάζοντας το περίγραμμά τους.



Εικόνα 6.14: Ενδεικτική καρτέλα δάπεδο του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των δαπέδων που υπάρχουν στο κτίριο.

- Ορίστηκαν οι οροφές σχεδιάζοντας το περίγραμμά τους.

Εικόνα 6.15: Ενδεικτική καρτέλα οροφή του προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των οροφών που υπάρχουν στο κτίριο.

- Ορίστηκαν οι θερμικές ζώνες σχεδιάζοντας το περίγραμμά τους.

Εικόνα 6.16: Καρτέλα ζώνες προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των διαφόρων θερμικών ζωνών για τις μελέτες α και β.

Ζώνες / Συστήματα

Αριθμός Θερμικών Ζωνών : 2

Α/α	Όνομα ζώνης	Θερμ/σία Θέρμανσης	Θερμ/σία Ψύξης	Χρήση
1	μουσείο	20.00	23.00	Μουσεία
2	βιβλιοθήκη	20.00	26.00	Βιβλιοθήκες

Όνομα Ζώνης :

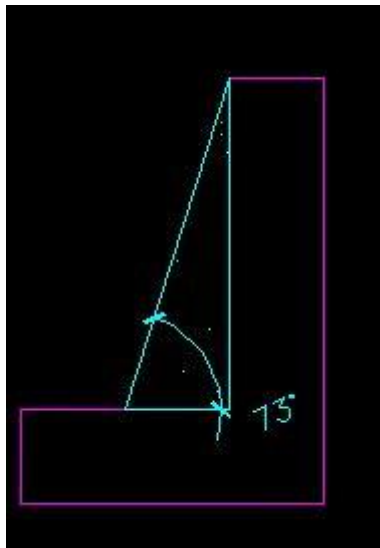
Θερμοκρασία Θέρμανσης :

Θερμοκρασία Ψύξης :

Χρήση Ζώνης :

Εικόνα 6.17: Καρτέλα ζώνες προγράμματος GCAD στην οποία γίνεται ορισμός των διαφόρων θερμικών ζωνών για την μελέτη γ.

- Σχεδιάστηκαν οι γωνίες σκιασμού που δημιουργούνται στα ανοίγματα και τους τοίχους από πλευρικές προεξοχές.



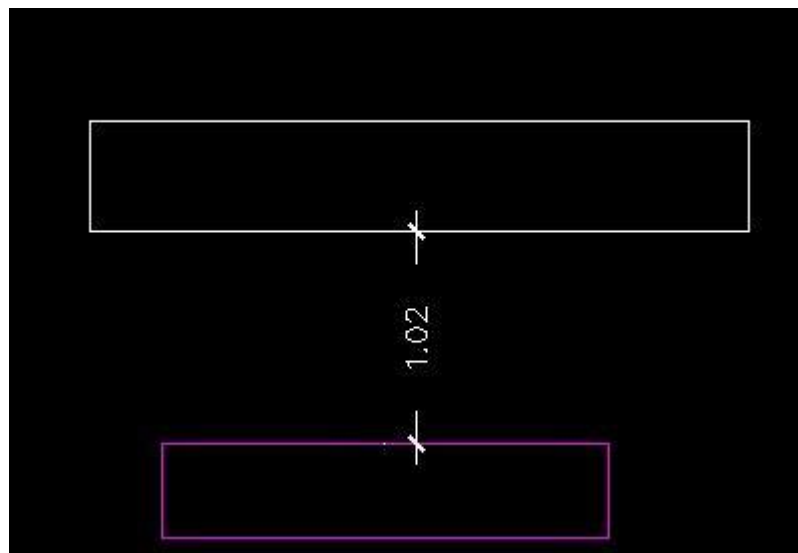
Εικόνα 6.18 : Ενδεικτικό σχήμα που παρουσιάζει την γωνία σκιασμού ενός τοίχου από την πλευρική προεξοχή του.

- Ορίστηκαν τα γειτονικά κτίρια μέσω σχεδιασμού του περιγράμματος και ορισμού της στάθμης και του ύψους του.

Επιλέξτε polyline :
Στάθμη κτιρίου <-0.15> :
Στάθμη κτιρίου <-0.15> :
Υψος κτιρίου <3.00> :

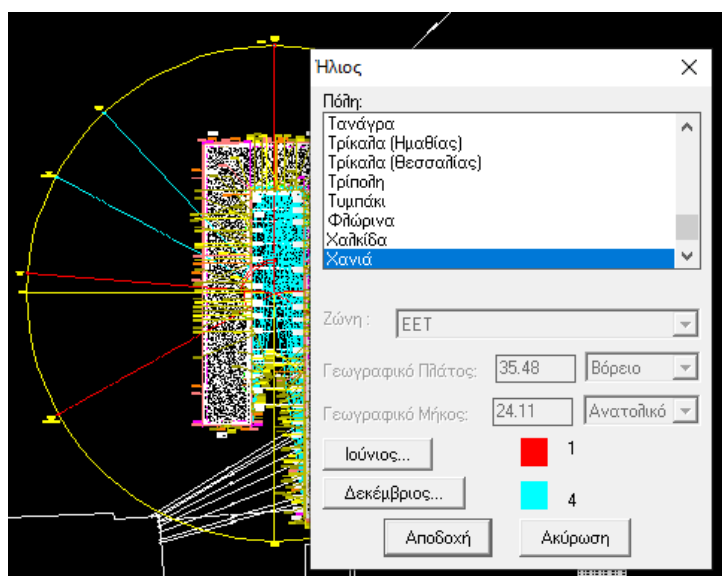
Εικόνα 6.19: Παράμετροι που καθορίζουν κάθε γειτονικό κτίριο μέσα στο πρόγραμμα GCAD.

- Σχεδιάστηκαν οι γωνίες σκιασμού των ανοιγμάτων και των τοίχων από τα γειτονικά κτίρια.



Εικόνα 6.20: Ενδεικτικό σχήμα που παρουσιάζει την γωνία σκιασμού ενός τοίχου από γειτονικά κτίρια ή τεχνητά εμπόδια που υπάρχουν απέναντι από κάποιο τοίχο.

- Τέλος ορίστηκε η θέση του ήλιου σύμφωνα με την πόλη που βρίσκεται το εκάστοτε κτίριο για να μπορέσει να γίνει υπολογισμός των μέσων συντελεστών σκίασης για τις εξωτερικές επιφάνειες.



Εικόνα 6.21: Καρτέλα ήλιος προγράμματος GCAD.

6.3. Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω βημάτων γίνεται χρήση του υπολογιστικού προγράμματος KENAK της 4M. Στο πρόγραμμα αυτό αρχικά συμπληρώνονται τα στοιχεία των κτιρίων που εντάσσονται στην κάθε μελέτη.

Στοιχεία Κτιρίου

Γενικά Παράμετροι υπολογισμών

Πόλη Χανιά

Αριθμός Θερμικών Ζωνών 1

Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου (1 - 15) 1

Τυπικό Ύψος Επιπέδου (m) 3

Κλιματική Ζώνη ΖΩΝΗ Α

Υψόμετρο μεγαλύτερο των 500m ☐

Γωνία Περιτροφής 0

Χρήση κτιρίου Ξενώνες - Ετήσιας Λειτουργίας

Τύπος κατασκευής Φέρων οργανισμός με κατακόρυφα στοιχεία λιθοδομ.

Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους 1

Βάθος δαπέδου στο έδαφος (m)

Περίμετρος κτιρίου (m) 180.3

Τύπος μελέτης/επιθεώρησης Ριζικά ανακαινιζόμενο

Υπολογισμοί με χρήση μηχανής TEE ☒

Αρχείο μηχανής υπολογισμών TEE C:\Program Files (x86)\TEE\TEE_KENAK_1_31\Nomis.exe

Τμήμα κτιρίου ☐

Επιθυμητό συνολικό εμβαδό (m²)

Επιθυμητός συνολικός όγκος (m³)

Αυτόματη εκτέλεση υπολογισμών ☒

Εμφάνιση σκαριφημάτων στην εκτύπωση θερμογεφυρών ☐

Έκδοση κοινού πιστοποιητικού για διαφορετικές βασικές χρήσεις ☐

Επιλογή κανονισμού TOTEE 2017

Ok Άκυρο

Εικόνα 6.22: Καρτέλα στοιχεία κτιρίου προγράμματος 4M KENAK για την μελέτη α.

Στοιχεία Κτιρίου

Γενικά **Παράμετροι υπολογισμών**

Πόλη: Χανιά
 Αριθμός Θερμικών Ζωνών: 1
 Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου (1 - 15): 1
 Τυπικό Ύψος Επιπέδου (m): 3
 Κλιματική Ζώνη: ΖΩΝΗ Α
 Υψόμετρο μεγαλύτερο των 500m: ☐
 Γωνία Περιστροφής: 0
 Χρήση κτιρίου: Ξενώνες - Ετήσιας Λειτουργίας
 Τύπος κατασκευής: Φέρων οργανισμός με κατακόρυφα στοιχεία λιθοδομ.
 Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους: 1
 Βάθος δαπέδου στο έδαφος (m):
 Περίμετρος κτιρίου (m): 22.65
 Τύπος μελέτης/επιθεώρησης: Ριζικά ανακαινιζόμενο
 Υπολογισμοί με χρήση μηχανής TEE: ☒
 Αρχείο μηχανής υπολογισμών TEE: C:\Program Files (x86)\TEE\TEE_KENAK_1_31\Nomis.exe
 Τμήμα κτιρίου: ☐
 Επιθυμητό συνολικό εμβαδό (m²):
 Επιθυμητός συνολικός όγκος (m³):
 Αυτόματη εκτέλεση υπολογισμών: ☒
 Εμφάνιση σκαριφημάτων στην εκτύπωση θερμογεφυρών: ☐
 Έκδοση κοινού πιστοποιητικού για διαφορετικές βασικές χρήσεις: ☐
 Επιλογή κανονισμού: TOTEE 2017

Ok Άκυρο

Εικόνα 6.23: Καρτέλα στοιχεία κτιρίου προγράμματος 4M KENAK για την μελέτη β.

Στοιχεία Κτιρίου

Γενικά **Παράμετροι υπολογισμών**

Πόλη: Χανιά
 Αριθμός Θερμικών Ζωνών: 2
 Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου (1 - 15): 3
 Τυπικό Ύψος Επιπέδου (m): 3
 Κλιματική Ζώνη: ΖΩΝΗ Α
 Υψόμετρο μεγαλύτερο των 500m: ☐
 Γωνία Περιστροφής: 0
 Χρήση κτιρίου: Μουσεία
 Τύπος κατασκευής: Φέρων οργανισμός με κατακόρυφα στοιχεία λιθοδομ.
 Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους: 1
 Βάθος δαπέδου στο έδαφος (m):
 Περίμετρος κτιρίου (m): 66.45
 Τύπος μελέτης/επιθεώρησης: Ριζικά ανακαινιζόμενο
 Υπολογισμοί με χρήση μηχανής TEE: ☒
 Αρχείο μηχανής υπολογισμών TEE: C:\Program Files (x86)\TEE\TEE_KENAK_1_31\Nomis.exe
 Τμήμα κτιρίου: ☐
 Επιθυμητό συνολικό εμβαδό (m²):
 Επιθυμητός συνολικός όγκος (m³):
 Αυτόματη εκτέλεση υπολογισμών: ☒
 Εμφάνιση σκαριφημάτων στην εκτύπωση θερμογεφυρών: ☐
 Έκδοση κοινού πιστοποιητικού για διαφορετικές βασικές χρήσεις: ☐
 Επιλογή κανονισμού: TOTEE 2017

Ok Άκυρο

Εικόνα 6.24: Καρτέλα στοιχεία κτιρίου προγράμματος 4M KENAK για την μελέτη γ.

Στη συνέχεια έγινε ορισμός των τυπικών δομικών στοιχείων. Ορίστηκαν δηλαδή τα υλικά από τα οποία αποτελούνται τα δάπεδα, οι οροφές, τα δοκάρια, οι τοίχοι και τα ανοίγματα που υπάρχουν στο εκάστοτε κτίριο όπως αυτά παρουσιάστηκαν παραπάνω. Τέλος ορίστηκαν τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα των κτιρίων.

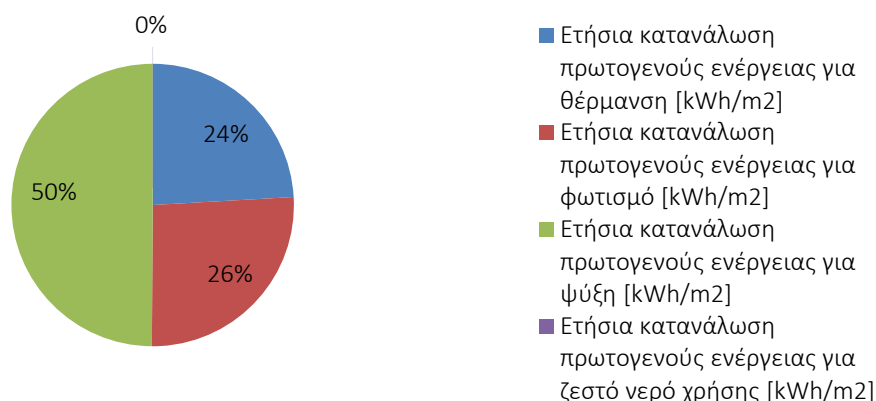
6.4. Υφιστάμενη κατάσταση

Στην υφιστάμενη κατάσταση υπάρχει απουσία συστημάτων θέρμανσης-ψύξης, οπότε θεωρείται από το πρόγραμμα ότι το κτίριο διαθέτει θέρμανση με τοπικές ηλεκτρικές μονάδες βαθμού απόδοσης 100% όπως και στο κτίριο αναφοράς. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τα ενεργειακά πιστοποιητικά των υφιστάμενων καταστάσεων.

Πίνακας 6.6: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τρεις μελέτες στην υφιστάμενη κατάσταση και τα αθροιστικά στοιχεία για το συνολικό κτιριακό συγκρότημα.

	ΦΥΛΑΚΑΣ	ΔΩΜΑΤΙΟ	ΤΡΙΩΡΟΦΟ- ΜΟΥΣΕΙΟ	ΤΡΙΩΡΟΦΟ- ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	ΑΡΧΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m ²]:	417,6	364,8	89,9	83,4	238,925
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:	593,1	412,4	178,9	270,7	363,775
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO ₂ [KgCO ₂ /m ²]	202	140	61	92	123,75
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση [kWh/m ²]	185	125,5	19,1	21,4	87,75
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό [kWh/m ²]	170,2	109,5	35,5	63,3	94,625
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη [kWh/m ²]	237,6	179,1	124,3	186	181,75
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης [kWh/m ²]	0,02	0,02	0	0	0,01

ΑΡΧΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ



Εικόνα 6.25: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά κατηγορία στο αρχικό σενάριο.

6.5. Πρώτο ενεργειακό σενάριο

Το πρώτο ενεργειακό σενάριο που εξετάστηκε είναι η εγκατάσταση αντλιών θερμότητας νερού-αέρα με συμπιεστή inverter scroll και ψυκτικό μέσο R410A. Κάθε αντλία θερμότητας νερού-αέρα είναι μία συσκευή που βασίζεται στη λειτουργία της μηχανής Carnot και περιλαμβάνει πέντε εξαρτήματα, τον εξατμιστή, τον συμπιεστή, τον συμπυκνωτή, τη βαλβίδα εξάτμισης και το ψυκτικό μέσο. Για την θέρμανση ενός χώρου αρχικά το ψυκτικό μέσον (νερό) θα πρέπει να περάσει μέσα από τον εξατμιστή και να λάβει θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα με αποτέλεσμα να μετατραπεί σε αέριο. Έπειτα, ο συμπιεστής αναρροφά το εξατμισμένο νερό και τον συμπιέζει με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πίεση και η θερμοκρασία του. Το νερό πλέον έχει μετατραπεί σε υπέρθερμο ατμό και μεταφέρεται στον συμπυκνωτή, ο οποίος ψύχει και συμπυκνώνει τον ατμό και έτσι αποβάλλει θερμότητα στο σύστημα θέρμανσης του χώρου και το νερό επιστρέφει στην υγρή κατάσταση. Η βαλβίδα εκτόνωσης μειώνει εκ νέου την πίεση του νερού, ώστε η θερμοκρασία του να είναι μικρότερη από αυτήν του εξωτερικού περιβάλλοντος και ο κύκλος να αρχίσει από την αρχή⁸. Μια αντλία έχει επίσης την δυνατότητα να συνδεθεί με ένα boiler και να παρέχει στο χώρο ζεστό νερό χρήσης^{9,10}. Με την χρήση αυτής της δυνατότητας έχει γίνει και η παραγωγή ZNX για τις μελέτες α και β.

Για την επιλογή των αντλιών για κάθε μελέτη έγιναν οι εξής προσεγγίσεις:

- ❖ Για ένα αμόνωτο κτίριο κατηγορίας ξενώνα υπάρχουν 500 btu/h/m² ανάγκη για ψυκτικά φορτία και 120 Kcal/h/m² για θερμικές απώλειες.
- ❖ Για ένα αμόνωτο κτίριο κατηγορίας μουσείο και βιβλιοθήκης υπάρχουν 700 btu/h/m² ανάγκη για ψυκτικά φορτία και 120 Kcal/h/m² για θερμικές απώλειες.

⁸ (ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΙΑΝΝΑΚΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΑΕΜ: 4847)

⁹ (<https://thermansipress.gr/thermansi/%CF%80%CF%8E%CF%82-%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B3%CE%BF%CF%8D%CE%BD-%CE%BF%CE%B9-%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1/#.YngVEOhBziU>)

¹⁰ (<https://www.aenaos-sa.gr/antlies-thermotitas-alpha-omega>)

Επισημαίνεται ότι η ψυκτική ισχύς των αντλιών θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 50% των ψυκτικών φορτίων των χώρων και το 100% των θερμικών απωλειών. Επίσης, οι αντλίες που επιλέχθηκαν έχουν ενσωματωμένο ψυχοστάσιο, γρίλιες προστασίας εναλλακτών ψυκτικού μέσου – αέρα και εργοστασιακά αντιδονητικά στηρίγματα για να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή απόδοση.

Για τα κτίρια της μελέτης (α) επιλέχθηκε η αντλία NX-N/K/0262P της εταιρίας *Mitsubishi Electric* με ψυκτική ισχύ 64.30KW, EER 2.720, θερμική ισχύ 71.10KW και COP 3.07. Τα σώματα που θα εξοπλίσουν του χώρους της μελέτης θα είναι είκοσι οκτώ fan coil οροφής μοντέλου MHD2 50 της ίδιας εταιρίας.

Για τα κτίρια της μελέτης (β) επιλέχθηκε η αντλία i-BX-N/008M της εταιρίας *Mitsubishi Electric* με ψυκτική ισχύ 7.5 KW, EER 2.810, θερμική ισχύ 8.5 KW και COP 3.260. Τα σώματα που θα εξοπλίσουν του χώρους της μελέτης θα είναι δύο fan coil οροφής μοντέλου MHD2 60 της ίδιας εταιρίας.

Για τα κτίρια της μελέτης (γ) επιλέχθηκε για το τμήμα του μουσείου η αντλία NX-N/K/0202P της εταιρίας *Mitsubishi Electric* με ψυκτική ισχύ 50.7 KW, EER 2.710, θερμική ισχύ 55.6 KW και COP 3.30. Τα σώματα που θα εξοπλίσουν του χώρους της μελέτης θα είναι fan coil καναλάτα μοντέλου a-LIFE 3 2T DLMO 0902 της ίδιας εταιρίας. Για το τμήμα της βιβλιοθήκης επιλέχθηκε η αντλία NX-N /K /0352P της εταιρίας MITSUBISHI ELECTRIC με ψυκτική ισχύ 83.9 KW, EER 2.57, θερμική ισχύ 92.70 KW και COP 3.07. Τα σώματα που θα εξοπλίσουν του χώρους της μελέτης θα είναι τα εξής:

1. Τρία fan coil δαπέδου μοντέλου a -LIFE3 2T DLMV 0702 στο τμήμα του study room στον α' όροφο.
2. Τρία fan coil δαπέδου μοντέλου a- LIFE3 2T DLMV 0502 στο τμήμα ανατολικά στον α' όροφο.
3. Δύο fan coil δαπέδου μοντέλου a -LIFE3 2T DLMV 0302 στο τμήμα δυτικά του β' ορόφου.
4. Τρία fan coil δαπέδου μοντέλου a -LIFE3 2T DLMV 0502 στο τμήμα ανατολικά του β' ορόφου.
5. Επτά fan coil οροφής μοντέλου a -LIFE3 2T DLMO 0902 στο τμήμα του μουσείου στο ισόγειο.

Για την παραγωγή και αποθήκευση του ZNX επιλέγονται δύο boiler της εταιρίας Assos μοντέλου BL1 1000 τα οποία διαθέτουν έναν εναλλάκτη και μπορούν να συνδεθούν στις αντλίες θερμότητας. Έτσι, το ζεστό νερό της αντλίας θερμότητας θα περνάει μέσα από σωληνώσεις που βρίσκονται εσωτερικά του boiler και θερμαίνουν το νερό που βρίσκεται εκεί¹¹.

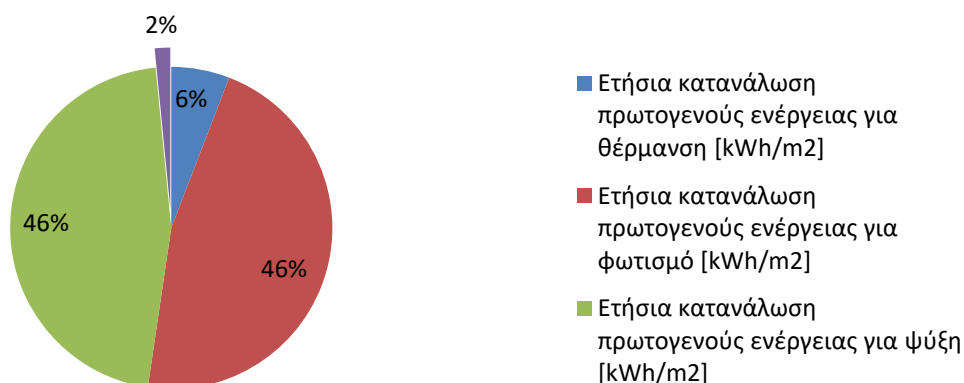
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τα ενεργειακά πιστοποιητικά των πρώτων σεναρίων.

¹¹ (<https://www.skroutz.gr/s/29358679/Assos-Boiler-Λεβητοστασίου-BL1-1000-A-1000lt-με-έναν-Εναλλάκτη-για-Αντλίες-Θερμότητας.html#description>))

Πίνακας 6.7: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τρεις μελέτες στο πρώτο ενεργειακό σενάριο και τα αθροιστικά στοιχεία για το συνολικό κτιριακό συγκρότημα.

	ΦΥΛΑΚΑΣ	ΔΩΜΑΤΙΟ	ΤΡΙΩΡΟΦΟ- ΜΟΥΣΕΙΟ	ΤΡΙΩΡΟΦΟ- ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m ²]:	412,6	370,1	156,8	171,6	277,775
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:	301,2	229,1	59,3	108,2	174,45
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO ₂ [KgCO ₂ /m ²]	102	78	20	36	59
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση [kWh/m ²]	18,6	18,8	1,7	2,8	10,475
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό [kWh/m ²]	146,8	109,5	37,5	38,6	83,1
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη [kWh/m ²]	131,2	94,4	20,2	84,1	82,475
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης [kWh/m ²]	4,7	6,4	0	0	2,775

ΣΕΝΑΡΙΟ 1



Εικόνα 6.26: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά κατηγορία στο πρώτο ενεργειακό σενάριο.

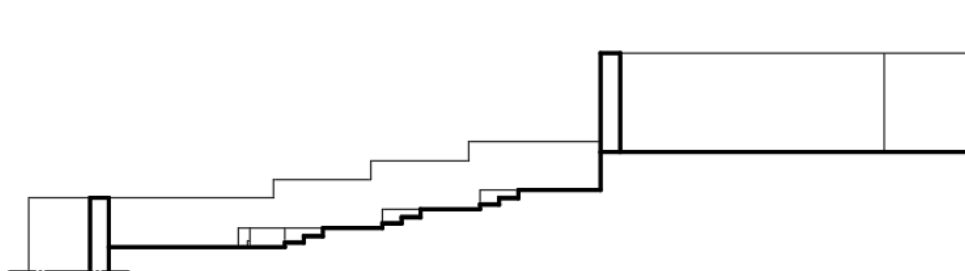
6.6. Δεύτερο ενεργειακό σενάριο

Το δεύτερο ενεργειακό σενάριο που εξετάστηκε είναι η εγκατάσταση αντλιών θερμότητας νερού-αέρα σε συνδυασμό με τοποθέτηση ηλιακών ή/ και φωτοβολταϊκών με τεχνολογία συμψηφισμού (net metering). Το σενάριο αυτό βασίζεται στον πρώην μελισσόκηπο που είναι ένας χώρος 580 τετραγωνικών μέτρων με αναβαθμούς (τεχνητά οριζόντια εδάφη στηριζόμενα από πέτρινα τοιχεία)¹². Λόγω λοιπόν της διαμόρφωσης και της θέσης του χώρου ευνοείται η εγκατάσταση πάνελ για την κάλυψη ΖΝΧ, και όχι μόνο. Με βάση τον προσανατολισμό του χώρου (Ανατολή- Δύση) τα πάνελ θα πρέπει να έχουν κλίση 10 μοίρες από το φυσικό έδαφος για να έχουν την μέγιστη δυνατή απόδοση, αυτή των 84%, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

προσανατολισμός																				
δύση										νότος						ανατολή				
τοποθέτηση πάνελ σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο		90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80	90°
	0°	87	88	90	91	92	92	93	93	93	93	93	93	92	92	91	90	89	87	86
	10°	84	87	90	92	94	95	95	96	96	97	97	96	95	94	93	91	89	87	84
	20°	82	85	90	93	94	96	97	98	99	99	98	97	96	95	93	91	88	84	81
	30°	78	83	87	91	93	96	97	98	99	100	98	97	96	95	93	89	85	81	78
	40°	75	79	84	87	92	94	95	96	96	96	96	95	94	92	90	86	82	77	72
	50°	70	74	79	83	87	90	91	93	94	94	94	93	91	88	83	80	76	73	70
	60°	65	69	73	77	80	83	86	87	87	87	88	87	85	82	78	74	71	67	63
	70°	59	69	66	70	72	75	78	79	79	79	79	79	78	75	72	62	64	61	56
	80°	50	56	60	64	66	68	69	70	71	72	72	71	70	67	66	60	57	54	50
90°	41	49	54	58	59	60	61	61	63	65	65	63	62	59	59	52	50	47	44	

Εικόνα 6.27: Πίνακας με τις αποδόσεις των πάνελ ανάλογα με τον προσανατολισμό, την κλίση τους¹³.

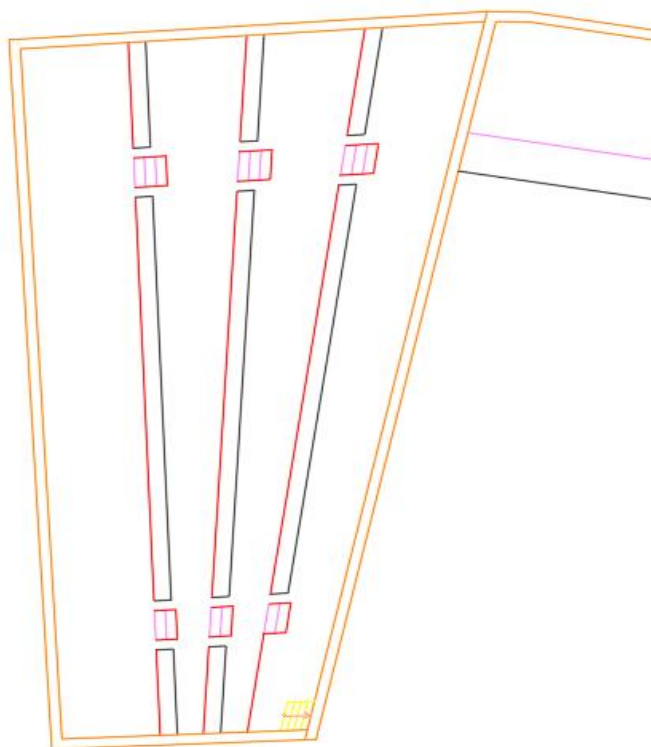
Τα πάνελ θα πρέπει επίσης να απέχουν 0.5 μέτρα από τα περιμετρικά τοιχεία του περιβάλλοντος χώρου για να μην υπάρχει σκιασμός καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Σύμφωνα με τα παραπάνω, και δεδομένου ότι τα πάνελ έχουν διάσταση 1x2 μέτρα το καθένα, ο μέγιστος αριθμός πάνελ είναι 127 με την παρακάτω διάταξη.



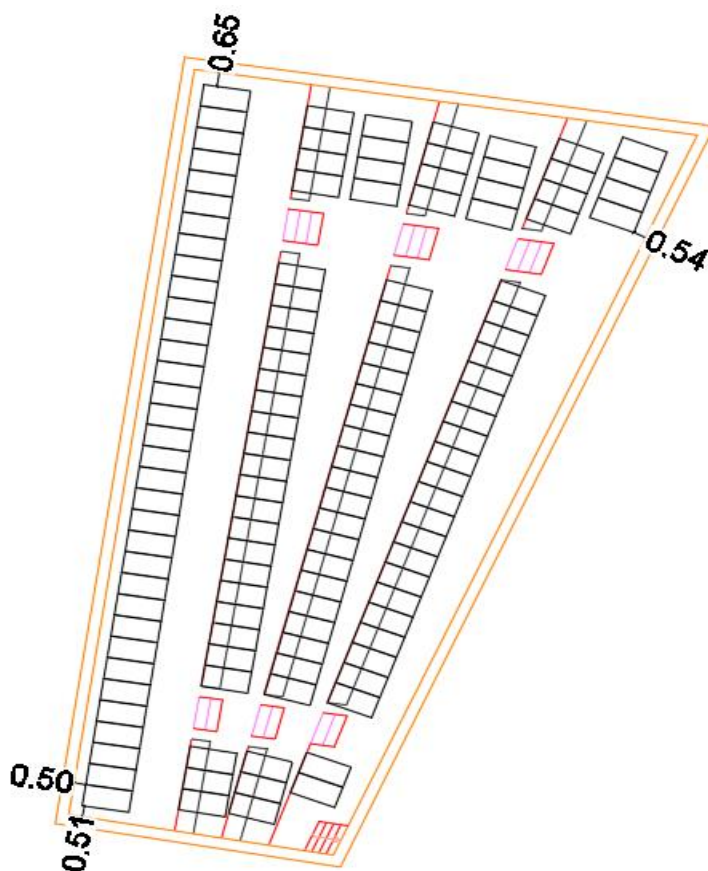
Εικόνα 6.28: Τομή μελισσόκηπου που θα εγκατασταθούν τα πάνελ.

¹² ((http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Αναβαθμοί_και_προστασία_εδάφους).)

¹³ (<https://www.mp-energy.gr/φωτοβολταικα/βοηθεια/φωτοβολταικα-με-απλα-λογια.html>)



Εικόνα 6.29: Κάτοψη μελισσόκηπου που θα εγκατασταθούν τα πάνελ.



Εικόνα 6.30: Κάτοψη μελισσόκηπου με την διάταξη των πάνελ.

Αυτά τα 127 πάνελ αναλογούν σε 1144 τετραγωνικά μέτρα θερμαινόμενων χώρων. Για την απλούστευση της διπλωματικής τα τετραγωνικά της κάθε μελέτης μετατράπηκαν σε ποσοστό επί των συνολικών (αθροιστικών) τετραγωνικών μέτρων θερμαινόμενων χώρων και έπειτα το ποσοστό αυτό μετατρέπεται σε ποσοστό επι των πάνελ.

Παράδειγμα η μελέτη (α) που καλύπτει 453.78 τ.μ. άρα το 39,65 % των συνολικών 1144 τ.μ. συνεπώς θα έχει $127 \cdot 0,3965 = 50,355$ ή 51 πάνελ.

Με το παραπάνω σκεπτικό προκύπτουν για την μελέτη (β) 6 πάνελ και για την μελέτη (γ) 28 πάνελ για το τμήμα με χρήση μουσείου και 42 για αυτό της βιβλιοθήκης.

Για να μπορέσει να διερευνηθεί αν τα πάνελ θα είναι ηλιακά, φωτοβολταϊκά ή μίξη αυτών, δημιουργήθηκαν κάποια υποσενάρια για την κάθε μελέτη, με τα ποσοστά κάλυψης του ZNX να είναι μεγαλύτερα του 60% όπως ορίζεται από την παράγραφο 5.8.1 της TOTEE 20701-1/2017, τα οποία είναι τα εξής:

ΜΕΛΕΤΗ Α

- ❖ 12 τ.μ. ηλιακά πάνελ για κάλυψη 67,34% της ανάγκης για ZNX και 90 τ.μ. σε φωτοβολταϊκά.
- ❖ 18 τ.μ. ηλιακά πάνελ για κάλυψη 81,27% της ανάγκης για ZNX και 84 τ.μ. σε φωτοβολταϊκά.
- ❖ 44 τ.μ. ηλιακά πάνελ για κάλυψη 100% της ανάγκης για ZNX και 58 τ.μ. σε φωτοβολταϊκά.
- ❖ 0 τ.μ. ηλιακά πάνελ για κάλυψη 0% της ανάγκης για ZNX και 102 τ.μ. σε φωτοβολταϊκά.

ΜΕΛΕΤΗ Β

- ❖ 2 τ.μ. ηλιακά πάνελ για κάλυψη 91,57% της ανάγκης για ZNX και 10 τ.μ. σε φωτοβολταϊκά.
- ❖ 4 τ.μ. ηλιακά πάνελ για κάλυψη 100% της ανάγκης για ZNX και 8 τ.μ. σε φωτοβολταϊκά.
- ❖ 0 τ.μ. ηλιακά πάνελ για κάλυψη 0% της ανάγκης για ZNX και 12 τ.μ. σε φωτοβολταϊκά.

ΜΕΛΕΤΗ Γ

Λόγω του ότι αυτή η μελέτη ανήκει σε κτιριακή κατηγορία μουσείου και βιβλιοθήκης αντίστοιχα σε κάθε όροφο, δεν υπάρχει απαίτηση για παροχή ZNX και έτσι όλα τα πάνελ θα είναι φωτοβολταϊκά, με στόχο την μείωση των καταναλισκόμενων κιλοβαττωρών.

Για την αποθήκευση και την παραγωγή ZNX για τις άλλες μελέτες θα πρέπει να εγκατασταθούν δύο boiler της εταιρίας Assos μοντέλου BL2 1000 με δύο εναλλάκτες αυτή την φορά για να γίνεται η ταυτόχρονη σύνδεσή τους τόσο με τα πάνελ όσο και με τις αντλίες θερμότητας.

Πίνακας 6.8: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τέσσερις υπομελέτες στο δεύτερο ενεργειακό σενάριο για την μελέτη α.

	90 φ.β. 12 ηλιακά 67,34% κάλυψη	84 φ.β. 18 ηλιακά 81,27% κάλυψη	58 φ.β. 44 ηλιακά 100% κάλυψη	102 φ.β.
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m ²]:	370,1	370,1	370,1	370,1
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:	112,4	118,6	149,3	102,1
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO ₂ [KgCO ₂ /m ²]	78	77	76	80
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση [kWh/m ²]	18,8	18,8	18,8	18,8
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό [kWh/m ²]	109,5	109,5	109,5	109,5
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη [kWh/m ²]	94,4	94,4	94,4	94,4
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης [kWh/m ²]	2,5	1,7	0,2	6,4

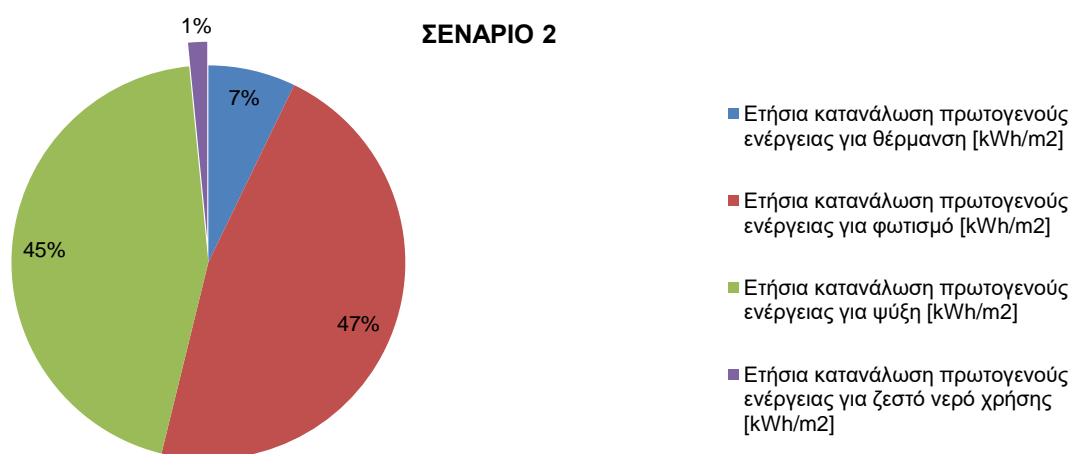
Πίνακας 6.9: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τρεις υπομελέτες στο δεύτερο ενεργειακό σενάριο για την μελέτη β.

	10 φ.β. 2 ηλιακά 91,57% κάλυψη	8 φ.β. 4 ηλιακά 100% κάλυψη	12 φ.β.
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m ²]:	406,3	406,3	406,3
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:	172,3	195,9	152,7
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO ₂ [KgCO ₂ /m ²]	100	100	102
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση [kWh/m ²]	28	28	28
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό [kWh/m ²]	146,8	146,8	146,8
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη [kWh/m ²]	118,4	118,4	118,4
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης [kWh/m ²]	0,7	0	4,7

Παρατηρείται ότι για την επιλογή του βέλτιστου σεναρίου θα επιλεγούν τα υποσενάρια με την χαμηλότερη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για κάθε μελέτη. Συνεπώς, το δεύτερο σενάριο προβλέπει εγκατάσταση 51 φωτοβολταϊκών για την μελέτη α, 6 για την μελέτη β και 70 για την μελέτη γ, καθώς επίσης και τις αντλίες θερμότητας του πρώτου σεναρίου. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ που επιλέχθηκαν είναι τα Luxor ECOLINE HALF CELL M144 με εύρος 385-405 Watt.

Πίνακας 6.10: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τρεις μελέτες στο δεύτερο ενεργειακό σενάριο και τα αθροιστικά στοιχεία για το συνολικό κτιριακό συγκρότημα.

	ΦΥΛΑΚΑΣ	ΔΩΜΑΤΙΟ	ΤΡΙΩΡΟΦΟ- ΜΟΥΣΕΙΟ	ΤΡΙΩΡΟΦΟ- ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	ΣΕΝΑΡΙΟ 2
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m ²]:	406,3	370,1	156,8	171,6	276,2
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:	152,7	102,1	-3,8	41	73
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO ₂ [KgCO ₂ /m ²]	102	80	0	78	65
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση [kWh/m ²]	28	18,8	1,7	2,6	12,775
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό [kWh/m ²]	146,8	109,5	37,5	38,6	83,1
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη [kWh/m ²]	118,4	94,4	20,2	84,8	79,45
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης [kWh/m ²]	4,7	6,4	0	0	2,775



Εικόνα 6.31: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά κατηγορία στο δεύτερο ενεργειακό σενάριο.

6.7. Τρίτο ενεργειακό σενάριο

Το τρίτο και τελευταίο ενεργειακό σενάριο είναι η εγκατάσταση μόνο των πάνελ. Τα κτίρια πλέον δεν θα διαθέτουν σύστημα θέρμανσης-ψύξης, οπότε θεωρείται από το πρόγραμμα ότι το κτίριο διαθέτει θέρμανση με τοπικές ηλεκτρικές μονάδες βαθμού απόδοσης 100%, όπως στο κτίριο αναφοράς και την αρχική κατάσταση. Η διερεύνηση και αυτού του σεναρίου θα γίνει με την βοήθεια των υποσεναρίων.

Πίνακας 6.11: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τέσσερις υπομελέτες στο τρίτο ενεργειακό σενάριο για την μελέτη α.

	90 φ.β. 12 ηλιακά 67,34% κάλυψη	84 φ.β. 18 ηλιακά 81,27% κάλυψη	58 φ.β. 44 ηλιακά 100% κάλυψη	102 φ.β.
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m ²]:	418,6	418,6	418,6	418,6
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:	413,4	405,8	392,4	449
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO ₂ [KgCO ₂ /m ²]	141	138	133	153
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση [kWh/m ²]	108,2	108,2	108,2	108,2
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό [kWh/m ²]	109,5	109,5	109,5	109,5
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη [kWh/m ²]	173,1	173,1	173,2	173,1
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης [kWh/m ²]	22,5	15	1,5	58,2

Πίνακας 6.12: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τρεις υπομελέτες στο τρίτο ενεργειακό σενάριο για την μελέτη β..

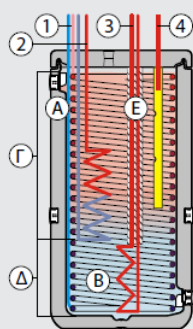
	10 φ.β. 2 ηλιακά 91,57% κάλυψη	8 φ.β. 4 ηλιακά 100% κάλυψη	12 φ.β.
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m ²]:	431	431	431
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:	428	446,2	440,5
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO ₂ [KgCO ₂ /m ²]	187	185	200
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση [kWh/m ²]	172,3	172,3	172,3
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό [kWh/m ²]	146,8	146,8	146,8
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη [kWh/m ²]	224,3	224,3	224,3
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης [kWh/m ²]	6,2	0	42,9

Παρατηρείται ότι για την επιλογή του βέλτιστου σεναρίου θα επιλεγούν τα υποσενάρια με την χαμηλότερη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για κάθε μελέτη. Συνεπώς, το τρίτο σενάριο προβλέπει εγκατάσταση 29 φωτοβολταϊκών και 22 ηλιακών συλλεκτών για την μελέτη α, 5 φωτοβολταϊκά και 1 πάνελ ηλιακού συλλέκτη για την μελέτη β και 70 φωτοβολταϊκά για την μελέτη γ. Για τη βέλτιστη δυνατή απόδοση του σεναρίου επιλέχθηκε η εγκατάσταση ανοιχτού ηλιακού συστήματος - drain back. Το σύστημα αυτό είναι της εταιρίας Rotex και αποτελείται από ένα υβριδικό boiler 500 λίτρων συνδεδεμένο με ηλιακά πάνελ της ίδιας εταιρίας. Κάθε ανοιχτό ηλιακό σύστημα προσφέρει υγιεινό νερό απαλλαγμένο από ιζήματα και άλατα. Έχει επίσης μεγάλη αντοχή στο χρόνο και τη διάβρωση καθώς το boiler είναι κατασκευασμένο από πλαστικό. Επιπλέον, το σύστημα δε βρίσκεται υπό πίεση, συνεπώς δε χρειάζεται η εγκατάσταση δοχείου διαστολής και τέλος σημαντικό είναι ότι τα πάνελ γεμίζουν μόνο όταν υπάρχει επαρκής ηλιοφάνεια ή όταν το boiler χρειάζεται μεγαλύτερη θερμότητα. Η αρχή λειτουργίας του συστήματος είναι ότι το νερό από την κεντρική παροχή κυκλοφορεί μέσω του εναλλάκτη στο boiler, θερμαίνεται από το “στατικό νερό” και καταναλώνεται κατευθείαν χωρίς να αποθηκεύεται. Πιο αναλυτικά, όταν υπάρχει ανάγκη για ZNX το “στατικό νερό” μεταφέρεται μέσω του διαχειριστή στους ηλιακούς συλλέκτες απευθείας από το κάτω μέρος του boiler και θερμαίνεται. Έπειτα, επιστρέφει στο boiler και μεταφέρει την θερμότητα στο νερό του boiler το οποίο με την συνέχεια οδηγείται κατευθείαν για χρήση. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ που επιλέχθηκαν είναι τα Luxor ECOLINE HALF CELL M144 με εύρος 385-405 Watt όπως και στο προηγούμενο σενάριο^{14,15}.

¹⁴ (http://www.ikyriakopoulos.gr/attachments/article/175/sanicube_boiler.pdf)

¹⁵ (http://polydomiki.gr/wp-content/uploads/sanicube_solaris.pdf)

Ηλιακό σύστημα ανοιχτού κυκλώματος
«drain back» ROTEX Solaris-DB,
SCS 538/16/0-DB



Νερό και ήλιος. Ο τέλειος συνδυασμός.

Η άριστη διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας μέσα στο μπόιλερ και οι ελάχιστες απώλειες θερμότητας, καθιστούν το *sanicube solaris* ιδανικό αποθηκευτή ηλιακής ενέργειας και παραγωγής θερμότητας

Ηλιακό σύστημα υπό πίεση της ROTEX

Σύστημα άμεσης αποστράγγισης νερού ROTEX

A Μπόιλερ

B Στατικό νερό χωρίς πίεση

Γ Ζώνη ζεστού νερού χρήσης

Δ Ζώνη ηλιακή

E Ζώνη θέρμανσης

1 Παροχή νερού χρήσης

2 Θέρμανση από λέβητα

3 Παροχή θέρμανσης

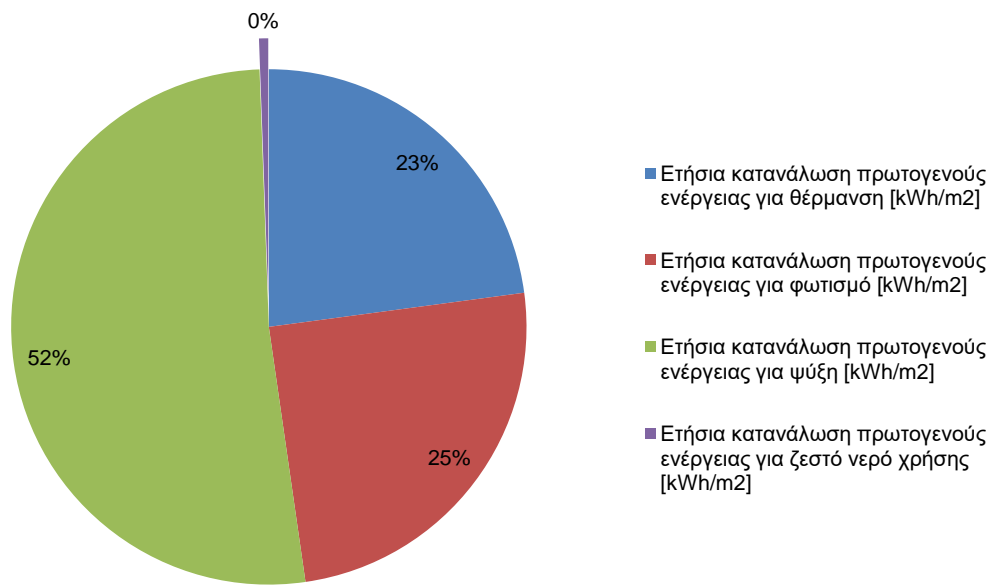
4 Παροχή ηλιακών συλλεκτών

Εικόνα 6.32: Παρουσίαση του boiler solaris-DB.

Πίνακας 6.13: Τα στοιχεία των ΠΕΑ για τις τρεις μελέτες στο τρίτο ενεργειακό σενάριο και τα αθροιστικά στοιχεία για το συνολικό κτιριακό συγκρότημα.

	ΦΥΛΑΚΑΣ	ΔΩΜΑΤΙΟ	ΤΡΙΩΡΟΦΟ- ΜΟΥΣΕΙΟ	ΤΡΙΩΡΟΦΟ- ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	ΣΕΝΑΡΙΟ 3
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m ²]:	431	418,6	184,7	176	302,575
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:	428	392,4	65,2	144,1	257,425
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO ₂ [KgCO ₂ /m ²]	187	133	79	87	121,5
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση [kWh/m ²]	172,3	108,2	9,1	16,6	76,55
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό [kWh/m ²]	146,8	109,5	37,5	38,6	83,1
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη [kWh/m ²]	224,3	173,2	116,7	177,6	172,95
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης [kWh/m ²]	6,2	1,5	0	0	1,925

ΣΕΝΑΡΙΟ 3

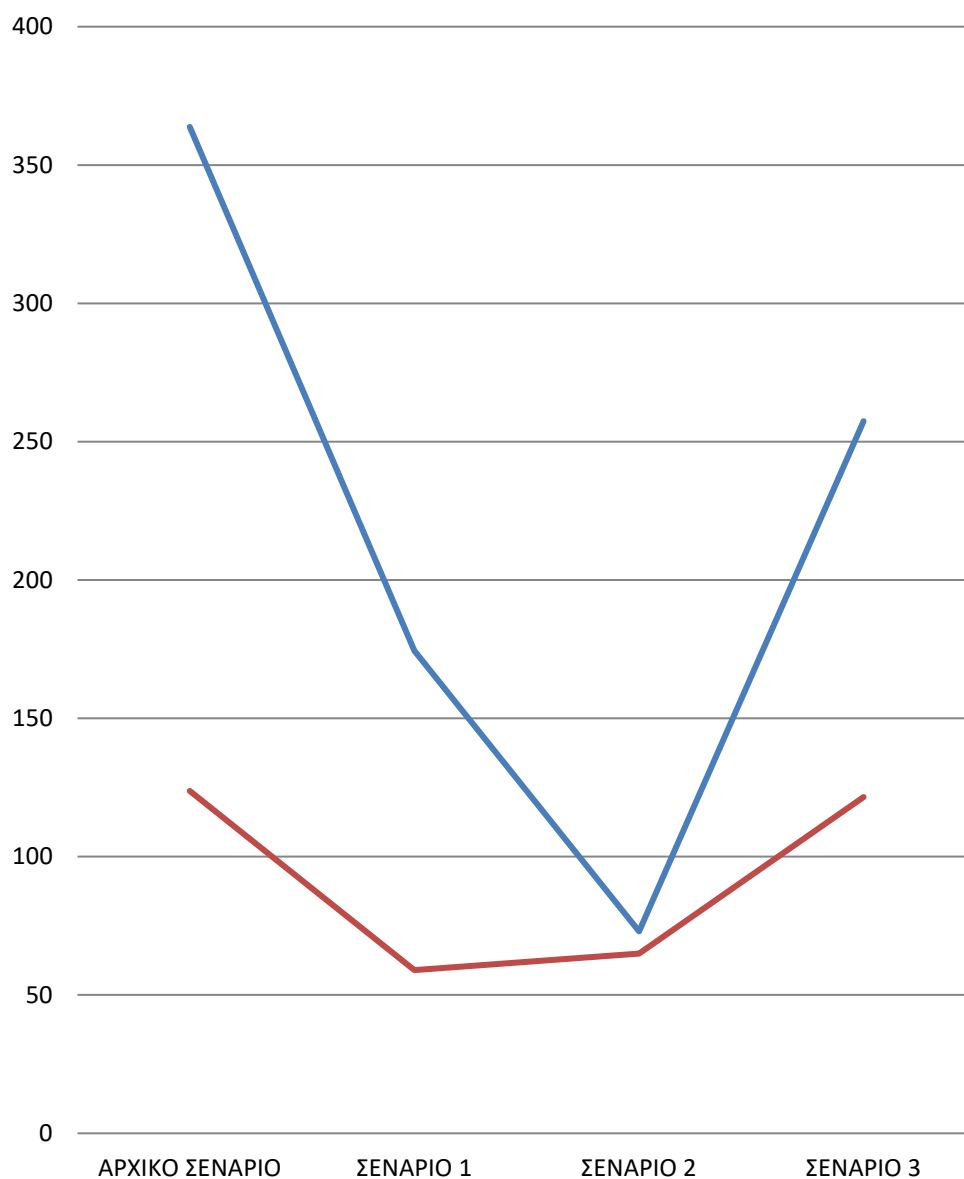


Εικόνα 6.33: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά κατηγορία στο τρίτο ενεργειακό σενάριο.

Πίνακας 6.14: Τα αθροιστικά στοιχεία για το συνολικό κτιριακό συγκρότημα για τέσσερα ενεργειακά σενάρια.

	ΑΡΧΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m ²]:	238,925	277,775	276,2	302,575
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:	363,775	174,45	73	257,425
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO ₂ [kgCO ₂ /m ²]	123,75	59	65	121,5
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση [kWh/m ²]	87,75	10,475	12,775	76,55
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό [kWh/m ²]	94,625	83,1	83,1	83,1
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ψύξη [kWh/m ²]	181,75	82,475	79,45	172,95
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης [kWh/m ²]	0,01	2,775	2,755	1,925

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ



Εικόνα 6.34: Συγκριτικό διάγραμμα μεταξύ των τεσσάρων ενεργειακών σεναρίων η μπλε γραμμή αποτυπώνει τις καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας και η κόκκινη τις εκπομπές CO₂.

6.8. Συμπεράσματα από τις ενεργειακές μελέτες

Από τα παραπάνω δεδομένα, από ενεργειακής πλευράς, συμπεραίνεται πως το καλύτερο σενάριο είναι το δεύτερο και αυτό γιατί έχει χαμηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας καθώς επίσης και χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

7. Οικονομική μελέτη

Για να μπορέσουν να υλοποιηθούν τα παραπάνω ενεργειακά σενάρια θα πρέπει να γίνουν οι παρακάτω δαπάνες:

- Μία αντλία θερμότητας αέρα – νερού με συμπιεστή inverter scroll και ψυκτικό μέσο R410A (λειτουργία ψύξη – θέρμανση) με ενσωματωμένο ψυχοστάσιο, γρίλιες προστασίας εναλλακτών ψυκτικού μέσου – αέρα και εργοστασιακά αντιδονητικά στηρίγματα μοντέλου i-BX-N 008M, που όπως προαναφέρθηκε θα εγκατασταθεί στα σενάρια 1 και 2 στην μελέτη (β) με κόστος **3.850€**.
- Τρεις αντλίες θερμότητας αέρα – νερού με συμπιεστές scroll type και ψυκτικό μέσο R410A (λειτουργία ψύξη – θέρμανση) με μανόμετρα υψηλής και χαμηλής πίεσης, βάνες απομόνωσης συμπιεστών, γρίλιες προστασίας εναλλακτών ψυκτικού μέσου – αέρα και εργοστασιακά αντιδονητικά στηρίγματα, μοντέλα NX-N/K 0202P, NX-N/K 0262P, NX-N/K 0352P που όπως προαναφέρθηκε θα εγκατασταθούν στα σενάρια 1 και 2 στις μελέτες (α) και (γ) , με κόστη **22.500€** , **26.500€** και **31.900€** αντίστοιχα.
- Τοπικές κλιματιστικές μονάδες (Fan Coil) δαπέδου, φανερός τοποθέτησης, με ενσωματωμένο ηλεκτρονικό χειριστήριο και πόδια στήριξης, δύο μοντέλου a-Life3 302 DLMV, έξι τύπου a-Life3 502 DLMV και τρεις μοντέλου a-Life3 702 DLMV που όπως προαναφέρθηκε θα εγκατασταθούν στα σενάρια 1 και 2 στις μελέτες (γ), για την κάλυψη του τμήματος της βιβλιοθήκης, με κόστη ανά τεμάχιο **367€** , **409€** , **436€** αντίστοιχα.
- Επτά τοπικές κλιματιστικές μονάδες (Fan Coil) οροφής, φανερός τοποθέτησης, με επίτοιχο ηλεκτρονικό χειριστήριο μοντέλου a-Life3 902 DLMO, που όπως προαναφέρθηκε θα εγκατασταθεί στα σενάρια 1 και 2 στην μελέτη (γ), για την κάλυψη του τμήματος του μουσείου, με κόστος ανά τεμάχιο **447€**.
- Εικοσι οκτώ τοπικές κλιματιστικές μονάδες επίτοιχης τοποθέτησης με ασύρματο χειριστήριο, πολύ χαμηλής στάθμης θορύβου, μοντέλου MHD2 50 και δύο μοντέλου MHD2 60 για τους χώρους διαμονής του φύλακα. Τα κόστη τους ανά τεμάχιο είναι **499€** και **547€** αντίστοιχα και όπως προαναφέρθηκε θα εγκατασταθούν στα σενάρια 1 και 2 στην μελέτη (α).
- Εκατόν είκοσι επτά φωτοβολταϊκά πάνελ *Luxor* ECO LINE HALF CELL M144 με τις βάσεις στήριξής τους και με μετατροπέα IV HU SUN2000 36 KTL με συνολικό κόστος **47.200€**. Για την καλωδίωση της εγκατάστασης χρειάζεται καλώδιο συνεχούς ρεύματος τύπου dc solar διατομής 6mm², καλώδιο εναλλασσόμενου ρεύματος τύπου NYG 3 x 25A και NYG 3 x 16A, καθώς και κόστος καλωδίωσης του κεντρικού πίνακα της εγκατάστασης με τις κατάλληλες ασφάλειες και το αντικεραυνικό σύστημα, με συνολικό κόστος **6.820€**. Τέλος, το κόστος για τις μελέτες, την αδειοδότηση, τη μεταφορά και τη συναρμολόγηση του εξοπλισμού ανέρχεται σε **13.640€**. Επισημαίνεται πως οι παραπάνω δαπάνες θα γίνουν μόνο για το σενάριο 2.

- Εκατόν τέσσερα φωτοβολταϊκά πάνελ *Luxor* ECO LINE HALF CELL M144 με τις βάσεις στήριξής τους και με μετατροπέα IV HU SUN2000 36 KTL με συνολικό κόστος **38.640€**. Για τη καλωδίωση της εγκατάστασης χρειάζεται καλώδιο συνεχούς ρεύματος τύπου dc solar διατομής 6mm², καλώδιο εναλλασσόμενου ρεύματος τύπου NYG 3 x 25A και NYG 3 x 16A, καθώς και κόστος καλωδίωσης του κεντρικού πίνακα της εγκατάστασης με τις κατάλληλες ασφάλειες και το αντικεραυνικό σύστημα με συνολικό κόστος **5.600€**. Τέλος, το κόστος για τις μελέτες, την αδειοδότηση, τη μεταφορά και την συναρμολόγηση του εξοπλισμού ανέρχεται σε **11.300€**. Επισημαίνεται πως οι παραπάνω δαπάνες θα γίνουν μόνο για το σενάριο 3.
- Δύο boiler BL1 1000 της εταιρίας *Assos* με χωρητικότητα 1000 λίτρα και έναν εναλλάκτη για την παραγωγή και την αποθήκευση ζεστού νερού χρήσης για το σενάριο 1 με κόστος ανά τεμάχιο **2.260€**. Δύο κυκλοφορητές της εταιρίας *Grundfos* μοντέλου UPS2 25-80 180 με κόστος ανά τεμάχιο **103€**. Τέλος, το κόστος συναρμολόγησης των boiler και των κυκλοφορητών είναι **1.500€**.
- Δύο boiler BL2 1000 της εταιρίας *Assos* με χωρητικότητα 1000 λίτρα και δύο εναλλάκτες για την παραγωγή και την αποθήκευση ζεστού νερού χρήσης για το σενάριο 2 με κόστος ανά τεμάχιο **2.500€**. Δύο κυκλοφορητές της εταιρίας *Grundfos* μοντέλου UPS2 25-80 180 με κόστος ανά τεμάχιο **103€**. Τέλος, το κόστος συναρμολόγησης των boiler και των κυκλοφορητών είναι **1.500€**.
- Δύο boiler SCS 538/0/0-DB της εταιρίας *Rotex* για την παραγωγή και την αποθήκευση ζεστού νερού χρήσης για το σενάριο 3 με κόστος ανά τεμάχιο **3.970€**. Δύο κυκλοφορητές της εταιρίας *Grundfos* μοντέλου UPS2 25-80 180 με κόστος ανά τεμάχιο **103€**. Εικοσιτρία ηλιακά πάνελ μοντέλου V21P της εταιρίας *Rotex* με κόστος ανά τεμάχιο **566€**. Τέλος, το κόστος συναρμολόγησης των boiler και των κυκλοφορητών είναι **3.500€**.

Οι αναγραφόμενες τιμές είναι προσεγγιστικές και επιβαρύνονται με το νόμιμο Φ.Π.Α. κατά την τιμολόγηση.

Πίνακας 7.1: Παρουσίαση κοστολογίου ανά σενάριο.

	Κόστος	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Αντλία i-BX-N 008M	3.850,00 €	•	•	
Αντλία NX-N/K 0202P	22.500,00 €	•	•	
Αντλία NX-N/K 0262P	26.500,00 €	•	•	
Αντλία NX-N/K 0352P	31.900,00 €	•	•	
Fan Coil a-Life3 302 DLMV	734,00 €	•	•	
Fan Coil a-Life3 502 DLMV	2.454,00 €	•	•	
Fan Coil a-Life3 702 DLMV	1.308,00 €	•	•	
Fan Coil a-Life3 902 DLMO	3.129,00 €	•	•	
κλιματιστικές μονάδες MHD2 50	13.972,00 €	•	•	
κλιματιστικές μονάδες MHD2 60	1.094,00 €	•	•	
φωτοβολταϊκά/μετατροπείς για 127 πάνελ	47.200,00 €		•	
καλωδίωση / κεντρικός πίνακας/ αντικεραυνικό σύστημα για 127 πάνελ	6.820,00 €		•	
αδειοδότηση/μεταφορά και συναρμολόγηση του εξοπλισμού για 127 πάνελ	13.640,00 €		•	
φωτοβολταϊκά/μετατροπείς για 104 πάνελ	38.650,00 €			•
καλωδίωση / κεντρικός πίνακας/ αντικεραυνικό σύστημα για 104 πάνελ	5.600,00 €			•
αδειοδότηση/μεταφορά και συναρμολόγηση του εξοπλισμού για 104 πάνελ	11.300,00 €			•
boiler BL1 1000	4.520,00 €	•		
boiler BL2 1000	5.000,00 €		•	
Boiler solaris SCS 538/0/0-DB	7.940,00 €			•
πάνελ ηλιακών V21P για ZNX	13.013,40 €			•
κυκλοφορητής	206,40 €	•	•	•
τοποθέτηση και σύνδεση για 2 boiler και 2 κυκλοφορητές	1.500,00 €	•	•	
τοποθέτηση και σύνδεση για 23 ηλιακά πάνελ ,2 boiler και 2 κυκλοφορητές	3.500,00 €			•

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει πως το συνολικό κόστος επένδυσης για το πρώτο σενάριο είναι 113.667,40 €, για το δεύτερο 181.807,40 € και για το τρίτο 80.209,80 €. Με μία πρώτη ματιά το τρίτο σενάριο είναι το πιο συμφέρον οικονομικά. Θα πρέπει όμως για να υπάρχει μια πιο αντικειμενική άποψη, να διερευνηθούν τα κέρδη που προσφέρονται από το κάθε σενάριο, λόγω της εξοικονόμησης κιλοβαττωρών. Για να συμβεί αυτό, θα πρέπει να υπολογιστεί το ποσό που θα εξοικονομηθεί από την χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ στο κάθε σενάριο σε βάθος χρόνου. Η εν' λόγω εταιρία για τον Σεπτέμβριο 2022 για ένα επαγγελματικό τιμολόγιο Γ22 έχει τις εξής χρεώσεις:

Χρεώσεις Προμήθειας

Μήνας	Πάγιο	Χρέωση Ισχύος	Χρέωση Ενέργειας	Κρατική Επιδότηση ΤΕΜ*	Τελική Χρέωση Ενέργειας
	(€/μήνα)	(€/kW/μήνα)	(€/kWh)	(€/kWh)	(€/kWh)
Αύγουστος 2022	1,5	2,2	0,48300	0,25000	0,23300
Σεπτέμβριος 2022	1,5	2,2	0,78500	0,34200	0,44300

Εικόνα 7.1: Χρεώσεις προμήθειας ΔΕΗ.

Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις¹

Οι Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις εγκρίνονται από την Πολιτεία και εφαρμόζονται σε όλους τους πελάτες που κάνουν χρήση του Εθνικού Ηλεκτρικού Συστήματος, ανεξαρτήτως του προμηθευτή που έχουν επιλέξει.

Είδος παροχής	Σύστημα Μεταφοράς		Δίκτυο Διανομής		ΕΤΜΕΑΡ (€/kWh)	ΥΚΩ (€/kWh)
	Ισχύς (ΜΠΧ) €/kVA*ΣΙ/έτος	Ενέργεια (ΜΜΧ) €/kWh	Ισχύς (ΜΠΧ) €/kVA*ΣΙ/έτος	Ενέργεια (ΜΜΧ) €/kWh		
Χωρίς μέτρηση Αέργου ισχύος		0,00844	2,72	0,0190	0,017	0,01824
Με μέτρηση Αέργου ισχύος		0,00844	3,98	0,0173	0,017	0,01824

Εικόνα 7.2: Ρυθμιζόμενες χρεώσεις ΔΕΗ¹⁶.

Σύμφωνα με τις ενεργειακές μελέτες που παρουσιάστηκαν στο έκτο κεφάλαιο οι ετήσιες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας είναι:

- Αρχικό σενάριο: 363.775 kWh/m²/έτος
- Πρώτο σενάριο: 174.45 kWh/m²/έτος
- Δεύτερο σενάριο: 73 kWh/m²/έτος
- Τρίτο σενάριο: 257.43 kWh/m²/έτος

¹⁶ (<https://www.dei.gr/el/gia-tin-epixeirisi/revma/epaggelmaties-epixeiriseis/g22/>)

Δεδομένου όμως ότι θέλουμε τη συνολική κατανάλωση για όλο το κτιριακό συγκρότημα των 1144 τετραγωνικών μέτρων, οι παραπάνω τιμές μετατρέπονται ως εξής:

- Αρχικό σενάριο: 416,158.6 kWh /έτος
- Πρώτο σενάριο: 199,570.8 kWh /έτος
- Δεύτερο σενάριο: 83,512 kWh /έτος
- Τρίτο σενάριο: 294500 kWh /έτος

Επειδή όμως οι χρεώσεις της ΔΕΗ είναι μηνιαίες θα πρέπει να γίνει αναγωγή των ετησίων καταναλώσεων σε μηνιαίες, και έτσι προκύπτουν οι εξής τιμές:

- Αρχικό σενάριο: 34,679.88 kWh/μήνα
- Πρώτο σενάριο: 16,630.9 kWh/μήνα
- Δεύτερο σενάριο: 6,959.33 kWh/μήνα
- Τρίτο σενάριο: 24,541.7 kWh/μήνα

Πίνακας 7.2: Παρουσίαση μηνιαίων χρεώσεων ΔΕΗ μία πραγματική και μία θεωρητική καθώς και η εξοικονόμησης από τον μηνιαίο λογαριασμό ανά σενάριο.

	ΑΡΧΙΚΟ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3
Χρεώσεις προμήθειας ΔΕΗ με 0.443 € τιμή/ kwh	15,363.19 €	7,367.49 €	3,082.98 €	10,871.96 €
Χρεώσεις σύστημα μεταφοράς ενέργειας ΔΕΗ με 0.0084€ τιμή/ kwh	292.70 €	140.36 €	58.74 €	207.13 €
Χρεώσεις δικτύου διανομής ενέργειας, ΕΤΜΕΑΡ και ΥΚΩ ΔΕΗ με 0.05254€ τιμή/ kwh	1,822.08 €	873.79 €	365.64 €	1,289.42 €
Συνολική χρέωση	17,477.97 €	8,381.64 €	3,507.36 €	12,368.51 €
Εξοικονόμηση από λογαριασμό τον μήνα	-	9,096.33 €	13,970.60 €	5,109.46 €
Εξοικονόμηση από λογαριασμό τον χρόνο	-	109,155.92 €	167,647.23 €	61,313.54 €
Για θεωρητική συνολική χρέωση ΔΕΗ 0.20€ τιμή/ kwh	6,935.98 €	3,326.18 €	1,391.87 €	4,908.33 €
Θεωρητική εξοικονόμηση από λογαριασμό τον μήνα	-	3,609.80 €	5,544.11 €	2,027.64 €
Θεωρητική εξοικονόμηση από λογαριασμό τον χρόνο	-	43,317.56 €	66,529.32 €	24,331.74 €

Μέσω αυτής την οικονομικής ανάλυσης φαίνεται ότι παρόλο που το μεγαλύτερο αρχικό κεφάλαιο επένδυσης και στις δύο εναλλακτικές χρεώσεις είναι το δεύτερο σενάριο παρουσιάζει και το μεγαλύτερο κέρδος. Για να είναι όμως ολοκληρωμένη η οικονομική μελέτη θα πρέπει να διερευνηθεί ποιος είναι ο μήνας απόσβεσης για κάθε σενάριο και για τις δύο εναλλακτικές χρεώσεις κιλοβατμών.

Πίνακας 7.3: Χρονοδιάγραμμα απόσβεσης για τιμή 0,50394 €.

ΜΗΝΑΣ	ΑΠΟΣΒΕΣΗ		
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1 113,667.40 €	ΣΕΝΑΡΙΟ 2 181,807.40 €	ΣΕΝΑΡΙΟ 3 80,209.80 €
1 ^{ος}	104,571.07 €	167,836.80 €	75,100.34 €
2 ^{ος}	95,474.75 €	153,866.19 €	69,990.88 €
3 ^{ος}	86,378.42 €	139,895.59 €	64,881.41 €
4 ^{ος}	77,282.09 €	125,924.99 €	59,771.95 €
5 ^{ος}	68,185.77 €	111,954.39 €	54,662.49 €
6 ^{ος}	59,089.44 €	97,983.78 €	49,553.03 €
7 ^{ος}	49,993.11 €	84,013.18 €	44,443.57 €
8 ^{ος}	40,896.79 €	70,042.58 €	39,334.11 €
9 ^{ος}	31,800.46 €	56,071.97 €	34,224.64 €
10 ^{ος}	22,704.13 €	42,101.37 €	29,115.18 €
11 ^{ος}	13,607.81 €	28,130.77 €	24,005.72 €
12 ^{ος}	4,511.48 €	14,160.17 €	18,896.26 €
13 ^{ος}	- 4,584.85 €	189.56 €	13,786.80 €
14 ^{ος}	- 13,681.17 €	- 13,781.04 €	8,677.33 €
15 ^{ος}	- 22,777.50 €	- 27,751.64 €	3,567.87 €
16 ^{ος}	- 31,873.83 €	- 41,722.24 €	- 1,541.59 €

Πίνακας 7.4: Χρονοδιάγραμμα απόσβεσης για τιμή 0,20 €.

ΜΗΝΑΣ	ΑΠΟΣΒΕΣΗ		
	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3
	113,667.40 €	181,807.40 €	80,209.80 €
1 ^{ος}	110,057.60 €	176,263.29 €	78,182.16 €
2 ^{ος}	106,447.81 €	170,719.18 €	76,154.51 €
3 ^{ος}	102,838.01 €	165,175.07 €	74,126.87 €
4 ^{ος}	99,228.21 €	159,630.96 €	72,099.22 €
5 ^{ος}	95,618.42 €	154,086.85 €	70,071.58 €
6 ^{ος}	92,008.62 €	148,542.74 €	68,043.93 €
7 ^{ος}	88,398.82 €	142,998.63 €	66,016.29 €
8 ^{ος}	84,789.03 €	137,454.52 €	63,988.64 €
9 ^{ος}	81,179.23 €	131,910.41 €	61,961.00 €
10 ^{ος}	77,569.43 €	126,366.30 €	59,933.35 €
11 ^{ος}	73,959.64 €	120,822.19 €	57,905.71 €
12 ^{ος}	70,349.84 €	115,278.08 €	55,878.06 €
13 ^{ος}	66,740.04 €	109,733.97 €	53,850.42 €
14 ^{ος}	63,130.25 €	104,189.86 €	51,822.77 €
15 ^{ος}	59,520.45 €	98,645.75 €	49,795.13 €
16 ^{ος}	55,910.65 €	93,101.64 €	47,767.49 €
17 ^{ος}	52,300.86 €	87,557.53 €	45,739.84 €
18 ^{ος}	48,691.06 €	82,013.42 €	43,712.20 €
19 ^{ος}	45,081.26 €	76,469.31 €	41,684.55 €
20 ^{ος}	41,471.47 €	70,925.20 €	39,656.91 €
21 ^{ος}	37,861.67 €	65,381.09 €	37,629.26 €
22 ^{ος}	34,251.87 €	59,836.98 €	35,601.62 €
23 ^{ος}	30,642.08 €	54,292.87 €	33,573.97 €
24 ^{ος}	27,032.28 €	48,748.76 €	31,546.33 €
25 ^{ος}	23,422.48 €	43,204.65 €	29,518.68 €
26 ^{ος}	19,812.69 €	37,660.54 €	27,491.04 €
27 ^{ος}	16,202.89 €	32,116.43 €	25,463.39 €
28 ^{ος}	12,593.09 €	26,572.32 €	23,435.75 €
29 ^{ος}	8,983.30 €	21,028.21 €	21,408.10 €
30 ^{ος}	5,373.50 €	15,484.10 €	19,380.46 €
31 ^{ος}	1,763.70 €	9,939.99 €	17,352.82 €
32 ^{ος}	- 1,846.09 €	4,395.88 €	15,325.17 €
33 ^{ος}	- 5,455.89 €	- 1,148.23 €	13,297.53 €
34 ^{ος}	- 9,065.69 €	- 6,692.34 €	11,269.88 €
35 ^{ος}	- 12,675.48 €	- 12,236.45 €	9,242.24 €
36 ^{ος}	- 16,285.28 €	- 17,780.56 €	7,214.59 €
37 ^{ος}	- 19,895.08 €	- 23,324.67 €	5,186.95 €
38 ^{ος}	- 23,504.87 €	- 28,868.78 €	3,159.30 €
39 ^{ος}	- 27,114.67 €	- 34,412.89 €	1,131.66 €
40 ^{ος}	- 30,724.47 €	- 39,957.00 €	- 895.99 €

7.1. Συμπεράσματα από την οικονομική μελέτη

Από τα παραπάνω δεδομένα , συμπεραίνεται πως γρηγορότερη αποπληρωμή έχει το πρώτο σενάριο και ένα μήνα μετά γίνεται και η απόσβεση του δεύτερου. Το τρίτο όμως σενάριο έχει πολύ μεγαλύτερο χρόνο απόσβεσης και συνεπώς δεν είναι επιλέξιμο.

Σημαντικό επίσης είναι να παρατηρηθεί ότι τον δέκατο τέταρτο μήνα, στην πραγματική χρέωση, το δεύτερο σενάριο που δίνει κέρδος για πρώτη φορά. Μάλιστα το κέρδος αυτό είναι μεγαλύτερο από αυτό που δίνει το πρώτο σενάριο, παρόλο που έχει παρουσιάζει κέρδος ένα μήνα πριν από το δεύτερο σενάριο. Για τη θεωρητική χρέωση το παραπάνω φαινόμενο παρατηρείται στον τριακοστό έκτο μήνα.

8. Συμπεράσματα και σχόλια

Ως απότοκο των παραπάνω μελετών, ενεργειακών και οικονομικών, η καλύτερη επιλογή είναι το δεύτερο σενάριο, η εγκατάσταση δηλαδή αντλιών θερμότητας και 127 φωτοβολταϊκών πάνελ για την κάλυψη των αναγκών του συγκροτήματος. Το σενάριο αυτό έχει τις χαμηλότερες ετήσιες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας, έχει χαμηλά επίπεδα εκπομπής CO₂ και παρόλο που απαιτεί μεγάλο αρχικό κεφάλαιο επένδυσης, έχει σχετικά γρήγορη απόσβεση και αποδίδει μέσα σε λίγους μήνες μεγαλύτερα κέρδη. Σημαντικό είναι να τονιστεί ότι για να επιτευχθούν ακόμα μεγαλύτερα κέρδη οικονομικά και οικολογικά, θα μπορούσε να γίνει φωτιστική μελέτη, για το σύνολο του κτιριακού συγκροτήματος, ώστε να μειωθεί η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό που μετά την εφαρμογή του δεύτερου σεναρίου αποτελούν το 47% των συνολικών καταναλισκόμενων κιλοβατώραν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ανάκτηση από <http://www.opengov.gr/minenv/?p=200>.
2. Ανάκτηση από <https://greenbuilding.gr/thermosiphones/θερμοσιφωνες-ζεστό-νερό-χρήσης/>.
3. Ανάκτηση από https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A7%CE%AC%CF%81%CF%84%CE%B7%CF%82_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%92%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%84%CE%AF%CE%B1%CF%82.
4. Ανάκτηση από <https://www.e-nomothesia.gr/kat-periballon/oikodomes/n-3661-2008.html>.
5. Ανάκτηση από https://www.charta-von-venedig.de/%CF%87%CE%AC%CF%81%CF%84%CE%B7%CF%82-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B2%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%84%CE%AF%CE%B1%CF%82_home.html
https://www.charta-von-venedig.de/%CF%87%CE%AC%CF%81%CF%84%CE%B7%CF%82-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B2%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%84%CE%AF%CE%B1%CF%82_home.html
6. Ανάκτηση από https://el.wikipedia.org/wiki/Χάρτης_της_Βενετίας.
7. Ανάκτηση από <https://www.ssaette.gr/node/25>.
8. Ανάκτηση από ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΙΑΝΝΑΚΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΑΕΜ: 4847.
9. Ανάκτηση από <https://thermansipress.gr/thermansi/%CF%80%CF%8E%CF%82-%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B3%CE%BF%CF%8D%CE%BD-%CE%BF%CE%B9-%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1/#.YngVEOhBzIU>.
10. Ανάκτηση από <https://www.aenaos-sa.gr/antlies-thermotitas-alpha-omega>.
11. Ανάκτηση από <https://www.skroutz.gr/s/29358679/Assos-Boiler-Λεβητοστασίου-BL1-1000-A-1000lt-με-έναν-Εναλλάκτη-για-Αντλίες-Θερμότητας.html#description>).
12. Ανάκτηση από http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Αναβαθμοί_και_προστασία_εδάφους).
13. Ανάκτηση από <https://www.mp-energy.gr/φωτοβολταικα/βοηθεια/φωτοβολταικα-με-απλα-λογια.html>.
14. Ανάκτηση από http://www.ikyriakopoulos.gr/attachments/article/175/sanicube_boiler.pdf.

15. Ανάκτηση από http://polydomiki.gr/wp-content/uploads/sanicube_solaris.pdf.
16. Ανάκτηση από <https://www.dei.gr/el/gia-tin-epixeirisi/revma/epaggelmaties-epixeiriseis/g22/>.
17. Ανάκτηση από http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak.
18. <https://www.dei.gr/el/gia-tin-epixeirisi/revma/epaggelmaties-epixeiriseis/g22/>. Ανάκτηση από <https://www.dei.gr/el/gia-tin-epixeirisi/revma/epaggelmaties-epixeiriseis/g22/>.