

**ΕΡΓΟ: ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΤ4, ΚΤ5α, ΚΤ5β, ΚΤ5δ ΤΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ «ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ»**

## **ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**



**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΗΣ:**



**ALTEREN Ενέργεια και Περιβάλλον Α.Ε.**

Ανώνυμη Μελετητική Τεχνική Εταιρία

Καλλιρρόης 2, Ελαιώνες

555 36 Πυλαία Θεσσαλονίκη

☎ : 2310 263960, 282528, Fax : 283725

E-mail : [info@alteren.gr](mailto:info@alteren.gr)

http : [//www.alteren.gr](http://www.alteren.gr)

**ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2018**



**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
<b>ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ .....</b>	<b>2</b>
<b>ΓΕΝΙΚΑ .....</b>	<b>2</b>
<b>1 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ .....</b>	<b>5</b>
1.1 ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ .....	5
1.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ .....	5
1.1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΔΩΜΑΤΩΝ .....	7
1.1.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΝΕΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ) ...	8
1.2 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ .....	10
1.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΝΕΩΝ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ .....	10
1.2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΝΕΩΝ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ .....	11
1.3 ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ .....	13
1.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ.....	13
<b>2 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΩΝ – ΚΑΥΣΤΗΡΩΝ ΜΕ ΛΕΒΗΤΕΣ-ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ .....</b>	<b>16</b>
2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ.....	16
2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	16
2.1.2 ΛΕΒΗΤΕΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ.....	17
2.1.3 ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ.....	18
2.1.4 ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.....	18
2.2 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ .....	19
2.2.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΙ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΕΣ.....	19
2.2.2 ΝΕΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	19
2.3 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ .....	20
2.4 ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ.....	21
2.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ.....	22
<b>3 ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΨΥΞΗΣ ΧΩΡΩΝ .....</b>	<b>24</b>
3.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	24
3.2 ΝΕΟΙ ΑΕΡΟΨΥΚΤΟΙ ΨΥΚΤΕΣ.....	25
3.3 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΟΝΩΣΕΩΝ ΣΩΝΗΝΩΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ - ΨΥΞΗΣ.....	25
3.4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ .....	26
3.5 ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ.....	26
3.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ.....	27
<b>4 ΠΡΟΤΑΣΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ .....</b>	<b>29</b>
4.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	29
4.2 ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	30
4.2.1 ΝΕΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ .....	30
4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ.....	35
<b>5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ (BMS).....</b>	<b>37</b>
5.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	37
5.2 ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ .....	38
5.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	38
5.2.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ .....	39
5.2.3 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ .....	39
5.2.4 ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΣΔ (BMS) .....	39
5.3 ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ.....	41
5.4 ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ.....	42
5.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ.....	43

<b>6</b>	<b>ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΖΝΧ.....</b>	<b>45</b>
6.1	ΓΕΝΙΚΑ .....	45
6.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΖΝΧ.....	45
6.2.1	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΖΝΧ .....	45
6.2.2	ΗΜΕΡΗΣΙΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΖΝΧ .....	46
6.2.3	ΜΗΝΙΑΙΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΖΝΧ .....	46
6.3	ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΖΝΧ.....	48
6.3.1	ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΜΠΥΛΩΝ f ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΝΕΡΟΥ .....	48
6.3.2	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ .....	50
6.3.2.1	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ.....	50
6.3.2.2	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	50
6.3.2.3	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ .....	50
6.4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ.....	51
6.5	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΖΝΧ .....	52
6.6	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ .....	52
6.7	ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	53
6.8	ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ.....	54
6.9	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ.....	55
<b>7</b>	<b>ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....</b>	<b>57</b>
7.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	57
7.2	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ .....	57
7.2.1	ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	57
7.2.2	ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ .....	58
7.3	ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ .....	58
7.4	ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ ΙΣΧΥΟΣ (INVERTERS).....	60
7.4.1	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΑΣΗΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ ΜΕ ΤΑΣΗ ΦΒ ΠΛΑΙΣΙΩΝ.....	61
7.4.2	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ ΜΕ ΡΕΥΜΑ ΦΒ ΠΛΑΙΣΙΩΝ .....	62
7.4.3	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	62
7.5	ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ .....	62
7.6	ΝΕΟΣ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΤΥΠΟΥ ΚΙΟΣΚΙ .....	63
7.6.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	63
7.6.2	ΠΕΔΙΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ .....	64
7.6.3	ΠΕΔΙΟ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	64
7.6.4	ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ .....	64
7.6.5	ΟΙΚΙΣΚΟΣ .....	64
7.7	ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	64
7.8	ΓΕΙΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	64
7.9	ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ.....	65
7.10	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ.....	66
<b>8</b>	<b>ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΟΦΕΛΩΝ .....</b>	<b>68</b>
8.1	ΓΕΝΙΚΑ .....	68
8.2	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ.....	69
8.3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	70
8.3.1	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ .....	71
8.3.2	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ .....	72
<b>9</b>	<b>ΕΚΘΕΣΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.....</b>	<b>74</b>

## ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.1	Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας στην συναρμογή πλαισίου – υαλοπίνακα (πίν. 3.10 TOTEE 20701-1/2017).....	11
Πίνακας 1.2	Τυπικές τιμές συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθετη πρόσπτωση και της μέσης διαπερατότητας $g_{gl}$ για διάφορους τύπους υαλοπίνακα (πίν. 3.17 TOTEE 20701-1/2017) .....	12
Πίνακας 1.3	Τυπικές τιμές διείσδυσης αέρα λόγω ύπαρξης χαραμμάτων ανά μονάδα επιφανείας κουφώματος (πίν. 3.24 TOTEE 20701-1/2017) .....	12
Πίνακας 1.4	Ανάλυση κόστους εξωτερικής θερμομόνωσης αδιαφανών κατακόρυφων δομικών στοιχείων και οροφών, αντικατάσταση κουφωμάτων .....	13
Πίνακας 1.5	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση ( $kWh/m^2$ ) για το υπάρχον κτίριο .....	14
Πίνακας 1.6	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση ( $kWh/m^2$ ) για το σενάριο των επεμβάσεων στο κτιριακό κέλυφος .....	14
Πίνακας 1.7	Οικονομική αξιολόγηση επεμβάσεων στο κτιριακό κέλυφος (εξωτερική θερμομόνωση και αντικατάσταση κουφωμάτων) .....	15
Πίνακας 2.1	Κόστος αντικατάστασης ατμολεβήτων-καυστήρων με λέβητες θερμού νερού-καυστήρες....	21
Πίνακας 2.2	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση ( $kWh/m^2$ ) για το υπάρχον κτίριο .....	22
Πίνακας 2.3	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση ( $kWh/m^2$ ) για το σενάριο της αντικατάστασης ατμολεβήτων με λέβητες θερμού νερού .....	22
Πίνακας 2.4	Οικονομική αξιολόγηση της αντικατάστασης των ατμολεβήτων με λέβητες θερμού νερού ..	23
Πίνακας 3.1	Κόστος αντικατάστασης μονάδων ψύξης .....	26
Πίνακας 3.2	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση ( $kWh/m^2$ ) για το υπάρχον κτίριο .....	27
Πίνακας 3.3	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση ( $kWh/m^2$ ) για το σενάριο αντικατάστασης των αερόψυκτων ψυκτών .....	27
Πίνακας 3.4	Οικονομική αξιολόγηση επέμβασης της αντικατάστασης τοπικών μονάδων ψύξης με πολυδιαιρούμενο σύστημα κλιματισμού με μεταβαλλόμενη παροχή ψυκτικού μέσου (VRV)28	28
Πίνακας 4.1	Ισχύς φωτισμού ανά θερμική ζώνη υφιστάμενης κατάστασης.....	29
Πίνακας 4.2	Τυπικές τιμές πυκνότητας ισχύος φωτισμού ανά 100lux, για επιθεώρηση κτιρίων όταν ο υπό εξέταση χώρος είναι υποφωτισμένος κατά Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701/2017 .....	30
Πίνακας 4.3	Υπολογισμός εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού ανά θερμική ζώνη με φωτοδιόδους LED ....	32
Πίνακας 4.4	Συγκριτική ισχύς φωτισμού ανά θερμική ζώνη πριν και μετά την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού .....	33
Πίνακας 4.5	Τεχνικά χαρακτηριστικά διαθέσιμων φωτιστικών σωμάτων .....	33
Πίνακας 4.6	Υπολογισμός πλήθους φωτιστικών σωμάτων και κόστους .....	34
Πίνακας 4.7	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση ( $kWh/m^2$ ) για το υπάρχον κτίριο .....	35
Πίνακας 4.8	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση ( $kWh/m^2$ ) για το σενάριο της επέμβασης στον φωτισμό με φωτιστικά λαμπτήρων LED.....	35
Πίνακας 4.9	Οικονομική αξιολόγηση επέμβασης στον φωτισμό με φωτιστικά σώματα λαμπτήρων LED .	36
Πίνακας 5.1	Κατάλογος τοπικών ελεγκτών ΚΚΜ.....	37
Πίνακας 5.2	Ενδεικτικά σημεία ελέγχου εγκατάστασης.....	40
Πίνακας 5.3	Κόστος εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμών και ελέγχου των εγκαταστάσεων (BMS) .	42
Πίνακας 5.4	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση ( $kWh/m^2$ ) για το υπάρχον κτίριο .....	43
Πίνακας 5.5	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση ( $kWh/m^2$ ) για το σενάριο εγκατάστασης του συστήματος αυτοματισμών και ελέγχου των εγκαταστάσεων (BMS).....	43
Πίνακας 5.6	Οικονομική αξιολόγηση επέμβασης της εγκατάστασης του συστήματος αυτοματισμών και ελέγχου των εγκαταστάσεων (BMS) .....	44
Πίνακας 6.1	Υπολογισμός ετήσιας και μηνιαίας κατανάλωσης ZNX .....	45
Πίνακας 6.2	Μέση θερμοκρασία δικτύου νερού ( $^{\circ}C$ ) και ημερήσιο θερμικό φορτίο για ZNX των κτιρίων ΚΤ5α και ΚΤ5β του Νοσοκομείου .....	46
Πίνακας 6.3	Γραμμική θερμική μετάδοση $\psi_d$ (από πίνακες 4.8 και 4.9 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017).....	47
Πίνακας 6.4	Υπολογισμός μηνιαίου συνολικού θερμικού φορτίου ZNX.....	48

Πίνακας 6.5	Αποτελέσματα υπολογισμών για κάλυψη φορτίου ZNX από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες	51
Πίνακας 6.6	Κόστος εγκατάστασης ηλιακού συστήματος παραγωγής ZNX .....	54
Πίνακας 6.7	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> ) για το υπάρχον κτίριο .....	55
Πίνακας 6.8	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> ) για το σενάριο εγκατάστασης του θερμικού ηλιακού συστήματος παραγωγής ZNX.....	55
Πίνακας 6.9	Οικονομική αξιολόγηση επέμβασης της εγκατάστασης θερμικού ηλιακού συστήματος παραγωγής ZNX.....	56
Πίνακας 7.1	Οικονομική αξιολόγηση επέμβασης εγκατάστασης ΦΒ συστήματος .....	65
Πίνακας 7.2	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> ) για το υπάρχον κτίριο .....	66
Πίνακας 7.3	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> ) για το σενάριο της εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος .....	66
Πίνακας 7.4	Οικονομική αξιολόγηση της εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος .....	67
Πίνακας 8.1	Συνολικός προϋπολογισμός ενεργειακών επεμβάσεων.....	69
Πίνακας 8.2	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> ) για το υπάρχον κτίριο .....	70
Πίνακας 8.3	Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> ) για το συνολικό σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου .....	70
Πίνακας 8.4	Οικονομική αξιολόγηση της συνολικής επέμβασης ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου ..	72
Πίνακας 8.5	Οικονομική αξιολόγηση των προτεινόμενων επεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου, ανά κατηγορία εργασιών.....	73

## ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.1	Κατασκευαστική λεπτομέρεια εξωτερικής θερμομόνωσης κελύφους (θερμοπρόσοψη) .....	5
Εικόνα 1.2	Κατασκευαστική λεπτομέρεια ανεστραμμένης εξωτερικής θερμομόνωσης δώματος .....	8
Εικόνα 3.1	Ο υφιστάμενος αερόψυκτος ψύκτης (CLIMAVENETA) των χειρουργείων του κτιρίου ΚΤ4....	24
Εικόνα 3.2	Δίκτυο σωληνώσεων από τον αερόψυκτο ψύκτη προς το μηχανοστάσιο της ΚΚΜ των χειρουργείων του κτιρίου ΚΤ4.....	24
Εικόνα 3.3	Ο υφιστάμενος αερόψυκτος ψύκτης (HITACHI) του κτιρίου ΚΤ5α.....	25
Εικόνα 4.1	Φωτιστικά σώματα συστήματος τεχνητού φωτισμού .....	29
Εικόνα 5.1	Μονάδες ελέγχου ΚΚΜ Χειρουργείου (Αριστερά) - ΚΚΜ U1.4 (δεξιά).....	37
Εικόνα 5.2	Μονάδες ελέγχου ΚΚΜ κυρίως χώρου (Αριστερά) - ΚΚΜ No1 (δεξιά).....	38
Εικόνα 6.1	Χωροθέτηση ηλιακού θερμικού συστήματος παραγωγής ZNX.....	53
Εικόνα 7.1	Μορφή πολυκρυσταλλικού φωτοβολταϊκού πλαισίου .....	57
Εικόνα 7.2	Χωροθέτηση ΦΒ Συστήματος.....	58
Εικόνα 7.3	Μορφή βάσεων στήριξης.....	59
Εικόνα 7.4	Ράγα αλουμινίου (αριστερά)–Περιοχή επαφής ραγών και πλαισίου (πράσινο χρώμα-δεξιά)	59
Εικόνα 7.5	Μορφή βάσεων στήριξης με τα πλαίσια.....	60
Εικόνα 7.6	Όψη αντιστροφών ισχύος (αριστερά) – επίτοιχη τοποθέτηση (δεξιά).....	61
Εικόνα 7.7	Μορφή διασύνδεσης ΦΒ Συστήματος αυτοπαραγωγής .....	63

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η παρούσα οικονομοτεχνική μελέτη αφορά στην ενεργειακή αναβάθμιση του συγκροτήματος των κτιρίων ΚΤ4, ΚΤ5α, ΚΤ5β και ΚΤ5δ του Γενικού Νοσοκομείου Θεσσαλονίκης «ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ», το οποίο αποτελείται από το Κτίριο 4, το Κεντρικό Σώμα και τις Πτέρυγες 5α, 5β, και 5δ. Η πτέρυγα 5γ δεν έχει συμπεριληφθεί στη μελέτη αλλά και στην έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.) γιατί από την ανέγερσή του και μέχρι σήμερα υφίσταται μόνον ως φέρων οργανισμός, δεν αποπερατώθηκε ποτέ και δεν λειτούργησε ως κτιριακή μονάδα, για κατασκευαστικούς λόγους, που οφείλονται στην αντισεισμική του θωράκιση.

Η παρούσα οικονομοτεχνική μελέτη ενεργειακής αναβάθμισης εκπονήθηκε με βάση το «Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων» (Κ.Εν.Α.Κ.), όπως αυτός συμπληρώθηκε και τροποποιήθηκε με τον ισχύοντα Κ.Εν.Α.Κ. (Αριθ. ΔΕΠΕΑ/οικ.178581/ 30-06-17, ΦΕΚ 2367/Β/12-07-17) και τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας που συντάχθηκαν υποστηρικτικά του κανονισμού όπως αυτές ισχύουν επικαιροποιημένες.

Ειδικότερα, η οικονομοτεχνική μελέτη βασίζεται στις εξής Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.:

- 20701-1/2017: «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση Π.Ε.Α.» - Α' Έκδοση (Νοέμβριος 2017),
- 20701-2/2017: «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων» - Α' Έκδοση (Νοέμβριος 2017),
- 20701-3/2014: «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών πόλεων» - Γ' Έκδοση (Νοέμβριος 2014),

Με βάση την Ενεργειακή Επιθεώρηση που διενεργήθηκε και το Π.Ε.Α. το κτίριο στην υφιστάμενη κατάστασή του κατατάχθηκε στην Κατηγορία Ε.

Στόχος της οικονομοτεχνικής μελέτης είναι η υποβολή προτάσεων για τις αναγκαίες παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης του κτιριακού συγκροτήματος, μέσω:

- της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων με την κατάλληλη εφαρμογή θερμομόνωσης στα αδιαφανή δομικά στοιχεία,
- της επιλογής κατάλληλων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων υψηλής απόδοσης, για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, φωτισμό, ζεστό νερό χρήσης με την κατά το δυνατόν ελάχιστη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας,
- της χρήσης τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) όπως θερμικά ηλιακά και φωτοβολταϊκά συστήματα.

Από την διενεργηθείσα “ex ante” Ενεργειακή Επιθεώρηση και την παρούσα Οικονομοτεχνική Μελέτη ενεργειακής αναβάθμισης του συγκροτήματος των κτιρίων ΚΤ4, ΚΤ5α, ΚΤ5β και ΚΤ5δ του Γ.Ν.Θ. «ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ» αποδεικνύεται ότι:

- ❖ Το υφιστάμενο κτίριο, με βάση την Ενεργειακή Επιθεώρηση δεν πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές ενεργειακής απόδοσης, σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. μιας και κατατάχθηκε στην **Κατηγορία Ε**.
- ❖ Τα βασικά μέτρα παρεμβάσεων είναι η αναβάθμιση του κτιριακού περιβλήματος (με εφαρμογή σύνθετου συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης σε επιλεγμένες επιχρισμένες όψεις του συγκροτήματος, θερμομόνωση επιλεγμένων δωματίων, αντικατάσταση κουφωμάτων), επεμβάσεις στις Η/Μ εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, εγκατάσταση συστήματος αυτοματισμών και ελέγχου και χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (θερμικού ηλιακού συστήματος παραγωγής ΖΝΧ και φωτοβολταϊκού συστήματος με τη μέθοδο του ενεργειακού συμψηφισμού – net metering).
- ❖ Με τις προτεινόμενες ενεργειακές επεμβάσεις αναβαθμίζεται στην **Κατηγορία Β** και μάλιστα από την μελέτη προκύπτει ότι επιτυγχάνεται **εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας 55,6%**.
- ❖ Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του λογισμικού η περίοδος αποπληρωμής από την εφαρμογή του συνολικού σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου προκύπτει **5,1 έτη**.

**ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ****ΓΕΝΙΚΑ**

Με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου, πρέπει να προταθούν συστάσεις αναβάθμισης του κελύφους ή/και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.

Οι προτάσεις αυτές δύναται να κινηθούν στους εξής άξονες:

- Θερμομονωτική προστασία των αδιαφανών επιφανειών του κτιριακού κελύφους.
- Βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των διαφανών επιφανειών του κτιριακού κελύφους.
- Επεμβάσεις στις εγκαταστάσεις θέρμανσης – ψύξης και κλιματισμού του κτιρίου.
- Επεμβάσεις στις εγκαταστάσεις παραγωγής Ζ.Ν.Χ.
- Επεμβάσεις στο σύστημα του φωτισμού του κτιρίου.
- Ενσωμάτωση κάποιου συστήματος ΑΠΕ ή ΣΗΘ.

Το ποιο από τα παραπάνω μέτρα πρέπει να προτείνει κάποιος ενεργειακός επιθεωρητής έχει να κάνει:

- Με τη ενεργειακή συνεισφορά του προτεινόμενου μέτρου,
- με τη δυνατότητα υλοποίησής του,
- με την οικονομική απόσβεσή του,

ενώ η προτεινόμενη σειρά υλοποίησης πρέπει να είναι:

- επεμβάσεις στο κέλυφος,
- επεμβάσεις στις εγκαταστάσεις θέρμανσης – ψύξης και κλιματισμού του κτιρίου καθώς και ΖΝΧ και
- επεμβάσεις στο σύστημα του φωτισμού του κτιρίου ανεξάρτητα των προηγούμενων
- ενσωμάτωση συστημάτων ΑΠΕ-ΣΗΘ.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται πίνακες από το λογισμικό TEE-KENAK με τις απαιτήσεις και τις τελικές καταναλώσεις του κτιρίου αναφοράς και του υπάρχοντος κτιρίου:

Κτίριο αναφοράς														
	Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		2.3	1.4	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.6	6.4
Ψύξη		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.0	33.3	32.2	0.0	0.0	0.0	0.0	94.5
Υγρανση		0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7
ZNX		1.5	1.3	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	13.5

	Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		8.8	6.4	4.7	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	3.9	7.3	34.8
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ψύξη		0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	12.1	14.0	13.5	0.6	0.0	0.0	0.0	40.7
ZNX		1.8	1.6	1.7	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.3	1.5	1.7	16.3
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης		0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	2.9
Φωτισμός		4.5	4.1	4.5	4.4	4.5	4.4	4.5	4.5	4.4	4.5	4.4	4.5	53.1
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο		15.1	12.1	10.9	8.4	6.4	17.5	19.5	19.0	6.0	6.9	9.8	13.5	145.0



Υπάρχον κτίριο														
	Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	32.3	24.3	17.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	14.1	27.4	122.1
	Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.6	40.6	37.6	0.0	0.0	0.0	0.0	108.8
	Υγρανση	0.4	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	1.3
	ZNX	1.5	1.3	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	13.5
	Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	78.1	59.5	43.2	15.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	36.0	66.9	304.5
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	20.4	27.0	25.0	0.9	0.0	0.0	0.0	74.2
	ZNX	3.9	3.5	3.6	3.2	2.8	2.3	2.1	2.1	2.3	2.8	3.2	3.7	35.6
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	5.5	5.0	5.5	5.3	5.5	5.3	5.5	5.5	5.3	5.5	5.3	5.5	64.6
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.5	68.0	52.3	24.3	9.2	28.0	34.6	32.6	8.5	13.3	44.5	76.2	478.9

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση του κτιριακού συγκροτήματος:

Τελική χρήση	Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	Ποσοστό της κατανάλωσης επί του συνόλου
Θέρμανση	348,5	44,27%
Ψύξη	215,1	27,32%
ZNX	36,2	4,60%
Φωτισμός	187,4	23,81%
<b>Σύνολο</b>	<b>787,2</b>	<b>100,00%</b>

Από τον πίνακα προκύπτει άμεσα ως προτεραιότητα η αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης του κτιρίου καθώς το 44,3% της κατανάλωσης συμβαίνει εκεί.

Συγκρίνοντας μάλιστα τις ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση του κτιρίου αναφοράς με το υπάρχον κτίριο βλέπουμε ότι η απαίτηση του υπάρχοντος κτιρίου σε θερμική ενέργεια είναι πολλαπλάσια του κτιρίου αναφοράς, άρα αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το κέλυφος πρέπει να θωρακιστεί θερμικά. Δίνεται η δυνατότητα για μόνωση κελύφους (τοιχοποιίες και οροφές) σε επιλεγμένες επιχρισμένες όψεις καθώς και αντικατάσταση των κουφωμάτων.

Σημαντική επίσης είναι και η κατανάλωση του φωτισμού. Τα φωτιστικά σώματα στην πλειονότητα είναι φωτιστικά φθορισμού και λίγα πυράκτωσης, οπότε εξετάζεται η αντικατάσταση των υπαρχόντων φωτιστικών σωμάτων με φωτιστικά σώματα λαμπτήρων Led.

Η απαίτηση για ζεστό νερό χρήσης επίσης είναι σημαντική στο κτίριο, οπότε εξετάζεται το σενάριο της παραγωγής ZNX μέσω συστοιχίας επιλεκτικών επίπεδων ηλιακών συλλεκτών.

Τέλος, για την ενεργειακή αναβάθμιση του Νοσοκομείου προτείνεται παράλληλα με τις υπόλοιπες παρεμβάσεις, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού (ΦΒ) συστήματος με στόχο την κάλυψη μέρους των υφιστάμενων ηλεκτρικών του αναγκών.

Η διασύνδεση του ΦΒ συστήματος θα γίνει σύμφωνα με τις οδηγίες της νέας νομοθεσίας περί εγκατάστασης μονάδων φωτοβολταϊκών συστημάτων από αυτοπαραγωγούς για την κάλυψη ιδίων αναγκών τους, με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού (net metering) (ΦΕΚ Β' 3583/ 31.12.2014).

Από τις δυνατές επεμβάσεις:

- Η θερμομονωτική προστασία των κατακόρυφων αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου ιδιαίτερα στις περιοχές που υπάρχει ορατή λιθοδομή πρέπει να αποκλεισθεί καθώς είναι δυσχερής η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης κελύφους, αλλά και επεμβαίνει δραστικά στην αισθητική των κτιρίων του «πέτρινου» συγκροτήματος.
- Εξετάζεται έτσι μόνο η εφαρμογή σύνθετου συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης (Σ.Σ.Ε.Θ.) κτιριακού κελύφους στις ΒΑ επιχρισμένες όψεις και η εφαρμογή θερμομόνωσης σε επιλεγμένα δώματα του κτιριακού συγκροτήματος.
- Η βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των εξωτερικών κουφωμάτων δύναται να εφαρμοσθεί και εξετάζεται η αντικατάστασή τους με νέα.
- Εξετάζεται η ενεργειακή βελτίωση και αναβάθμιση των Η/Μ συστημάτων θέρμανσης – ψύξης.
- Εξετάζεται η επέμβαση στον φωτισμό των κτιρίων με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με λαμπτήρες φθορισμού με φωτιστικά σώματα λαμπτήρων Led.
- Εξετάζεται η ενσωμάτωση θερμικού ηλιακού συστήματος παραγωγής ΖΝΧ.
- Εξετάζεται η ενσωμάτωση συστήματος φωτοβολταϊκών με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού (net metering).
- Δεν εξετάζεται η ενσωμάτωση Σ.Η.Θ.Υ.Α. καθώς η συγκεκριμένη μελέτη απαιτεί πληθώρα στοιχείων ενεργειακών καταναλώσεων για τον βέλτιστο καθορισμό της θερμικής / ηλεκτρικής ισχύος της. Άλλωστε οι μονάδες παραγωγής θερμότητας στην υφιστάμενη κατάσταση είναι ατμολέβητες, οπότε η ενσωμάτωση συστήματος Σ.Η.Θ.Υ.Α. θα απαιτούσε την διερεύνηση δυνατότητας χρήσης μονάδας αεριοτροβίλου με λέβητα ανάκτησης για την παραγωγή ατμού, εφαρμογή που δεν κρίνεται τεχνικο-οικονομικά βιώσιμη. Σε κάθε περίπτωση η διερεύνηση της χρήσης συστήματος Σ.Η.Θ.Υ.Α. θα μπορούσε να εξετασθεί σε επόμενο στάδιο μετά την εφαρμογή των πρωταρχικών μέτρων που προτείνονται στην παρούσα τεχνικο-οικονομική μελέτη.

Οπότε συγκεντρωτικά η πρόταση ενεργειακής αναβάθμισης του κτιριακού συγκροτήματος θα έχει σαν στόχο την εφαρμογή των παρακάτω επεμβάσεων:

#### 1. **Αναβάθμιση του κτιριακού περιβλήματος:**

- 1.1. Με εφαρμογή **σύνθετου συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης (Σ.Σ.Ε.Θ.)** κτιριακού κελύφους στις ΒΑ επιχρισμένες όψεις
- 1.2. Με **εφαρμογή θερμομόνωσης σε προσβάσιμα δώματα** του κτιριακού συγκροτήματος.
- 1.3. **Αντικατάσταση κουφωμάτων** με νέα πιστοποιημένα κουφώματα με βελτιωμένα θερμικά χαρακτηριστικά.

2. Αντικατάσταση **κεντρικών ατμολεβήτων-καυστήρων** Θέρμανσης Χώρων και Ζεστού Νερού Χρήσης με σύστημα **λεβήτων-καυστήρων** θερμού νερού υψηλής θερμικής απόδοσης. Αποκατάσταση μονώσεων δικτύων διανομής θέρμανσης – ψύξης.
3. Αντικατάσταση **αερόψυκτων ψυκτών με νέους υψηλής ενεργειακής απόδοσης.**
4. Αναβάθμιση **συστήματος τεχνητού φωτισμού** με την αντικατάσταση υφισταμένων φωτιστικών σωμάτων λαμπτήρων φθορισμού, με φωτιστικά σώματα λαμπτήρων τεχνολογίας LED.
5. Εγκατάσταση **συστήματος αυτοματισμών και ελέγχου εγκαταστάσεων (BMS)**. Θερμοστατικές βάνες με κεφαλές σε θερμαντικά σώματα.
6. Εγκατάσταση **ενεργητικού ηλιακού θερμικού συστήματος** για παραγωγή ΖΝΧ.
7. Εγκατάσταση **φωτοβολταϊκού** συστήματος.

## 1 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

### 1.1 ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

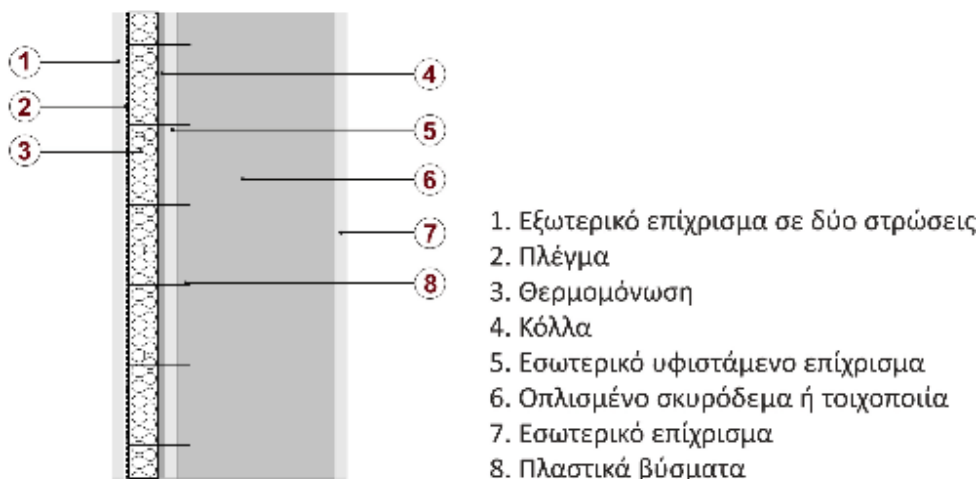
#### 1.1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η ενεργειακή θωράκιση του κελύφους αποτελεί το πρώτο βήμα εξοικονόμησης, ειδικά σε κτίρια που ο λόγος πλευρικών επιφανειών προς όγκο είναι μεγάλος, όπως στο συγκεκριμένο.

Στο συγκεκριμένο όμως κτιριακό συγκρότημα, στο οποίο η τοιχοποιία πλήρωσης είναι εμφανής λιθοδομή στην πλειοψηφία των όψεων, εξετάζεται η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία (φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης) μόνο στις επιχρισμένες τοιχοποιίες των ΒΑ όψεων των κτιρίων του συγκροτήματος.

Έτσι προτείνεται να θερμομονωθούν τα κτίρια στις ΒΑ επιχρισμένες όψεις τους με τυποποιημένο και πιστοποιημένο σύνθετο σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης (Σ.Σ.Ε.Θ.) κελύφους κτιρίων (θερμοπρόσοψης), που θα αποτελείται από θερμομονωτικές πλάκες πάχους τουλάχιστον 8cm, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda=0,034 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  ή μικρότερο και με ρητινούχους σοβάδες τσιμεντοειδούς βάσης, σε απόχρωση επιλογής του επιβλέποντος μηχανικού για την διαμόρφωση λείας τελικής επιφάνειας.

Η εξωτερική θερμομόνωση εφαρμόζεται ως ένας συνδυασμός θερμομονωτικού υλικού επικολλημένου στην προβλεπόμενη εξωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας χωρίς κενά και επιχρίσματος που εφαρμόζεται επάνω στην θερμομονωτική στρώση. Αποτελείται από κόλλα πρόσφυσης, οπλισμό με πλέγμα, μονωτικό υλικό, επίχρισμα και τελική στρώση χρώματος. Μια κατασκευαστική λεπτομέρεια φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



**Εικόνα 1.1** Κατασκευαστική λεπτομέρεια εξωτερικής θερμομόνωσης κελύφους (θερμοπρόσοψη)

Τα βασικά στοιχεία της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι:

Κόλλα πρόσφυσης	Πρόκειται για υλικό στερέωσης του θερμομονωτικού υλικού με πρόσφυση στο υπόστρωμα που περιέχει συνδετικό οργανικό υλικό. Διατίθεται υπό μορφή ξηρού βιομηχανικού κονιάματος ή σε πολτώδη μορφή.
Θερμομονωτικό υλικό	Προκατασκευασμένες θερμομονωτικές πλάκες γραφιτούχου εξηλασμένης ή διογκωμένης πολυστερίνης/πολυστερόλης ή πετροβάμβακα με πλεκτές ίνες.
Οπλισμός	Πλέγμα από ίνες γυαλιού ή από συνθετικές ίνες ενσωματούμενο στο πάχος της βασικής στρώσης, με προστασία από τα αλκάλια στην περίπτωση χρήσης τσιμεντοειδών επιχρισμάτων.
Στρώσεις επιχρίσματος	Λεπτή στρώση οργανικού επιχρίσματος στο πάχος της οποίας ενσωματώνεται ο οπλισμός.
Τελική στρώση	Στρώση που διαμορφώνει την τελική επιφάνεια της εξωτερικής θερμομόνωσης και εξασφαλίζεται η τελική επιφάνεια και ο χρωματισμός.

Το θερμομονωτικό υλικό θα είναι κατάλληλο για χρήση σε εξωτερική θερμομόνωση και πιστοποιημένο για αυτή την εφαρμογή. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν θερμομονωτικές πλάκες γραφιτούχου εξηλασμένης ή διογκωμένης πολυστερίνης/πολυστυρόλης ή πετροβάμβακας με πλεκτές ίνες, με την προϋπόθεση ότι τα θερμομονωτικά υλικά, που θα επιλεγούν, θα ικανοποιούν τις απαιτήσεις του νέου Κανονισμού Πυροπροστασίας Κτιρίων (Π.Δ. 41/2018).

Στις εργασίες πλήρους κατασκευής του ολοκληρωμένου βιομηχανικού σύνθετου συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης κελύφους με χρώμα στην τελική επιφάνεια περιλαμβάνονται:

- 1) Η προετοιμασία της επιφάνειας, με την αποκατάσταση των προβληματικών σημείων με έτοιμα επισκευαστικά κονιάματα καθώς και σταθεροποίηση της βασικής στρώσης με αστάρι σε περίπτωση αφαίρεσης σαθρού τελικού επιχρίσματος
- 2) Η τοποθέτηση του μεταλλικού οδηγού στήριξης με νεροσταλλάκτη στη βάση του κτιρίου για την τοποθέτηση της πρώτης σειράς θερμομονωτικών πλακών και η σφράγιση με κορδόνι αρμών και ειδική μασίχη.
- 3) Η εφαρμογή ρητινούχας κόλλας τσιμεντοειδούς βάσης στα ειδικά τεμάχια γωνιών του κτιρίου και ανοιγμάτων και κόλληση τους στην τοιχοποιία. Οι ενισχύσεις των άκρων θα γίνει με ειδικά τεμάχια (ειδικά σταθερά ανισοσκελή γωνιόκρανα από PVC για τις εξωτερικές γωνίες του κτιρίου, εύκαμπτα γωνιόκρανα από PVC για τις εσωτερικές γωνίες του κτιρίου, ειδικά σταθερά γωνιόκρανα από PVC με νεροσταλλάκτη για τις οριζόντιες αρχιτεκτονικές προεξοχές, ειδικά υαλοπλέγματα ανοιγμάτων).
- 4) Η εφαρμογή κόλλας σε όλη την επιφάνεια στις θερμομονωτικές πλάκες για την κόλληση τους στην τοιχοποιία. Οι θερμομονωτικές πλάκες θα είναι εφαρμοσμένες σε επίπεδη και καθαρή επιφάνεια απαλλαγμένη από σκόνες, βρωμιές και λίπη, τοποθετημένες σταυρωτά και κολλημένες στα δομικά στοιχεία με κόλλα υψηλής συγκολλητικής ικανότητας, κατάλληλης για ανόργανα ή οργανικά υποστρώματα, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του συστήματος και τις απαιτήσεις του υποστρώματος με επιπέδωση. Τυχόν κενά στις ενώσεις των πλακών θα πληρούνται με θερμομονωτικό αφρό. Σε κάθε σημείο του κτιρίου όπου σταματά η θερμομόνωση (π.χ. στους λαμπάδες και τα πρέκια των κουφωμάτων, ποδιές παραθύρων κλπ.) χρησιμοποιείται αυτοδιογκούμενη στεγανωτική ταινία, για να εξασφαλιστεί η στεγάνωση του συστήματος στα σημεία αυτά. Η ταινία τοποθετείται επί του σταθερού στοιχείου σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από την μελέτη εφαρμογής που θα εκπονηθεί και πιέζεται επ' αυτού με την θερμομονωτική πλάκα.
- 5) Τελική επικάλυψη με στρώση αντιρρηγματικού, οργανικής βάσης, έτοιμου προς χρήση σοβά, χρωματισμένου στην μάζα του σύμφωνα με τις απαιτήσεις της μελέτης εφαρμογής, που θα εκπονηθεί, και σε απόχρωση επιλογής της υπηρεσίας, υψηλής ελαστικότητας, ακρυλικής βάσης, χωρίς τσιμέντο, με υψηλή αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις, εξαιρετικής ανθεκτικότητας σε μικροοργανισμούς, υψηλής υδρατμοδιαπερατότητας και υδροφοβίας, που θα επιτρέπει τον εμποτισμό υαλοπλέγματος για την πλήρη αντιρρηγματική προστασία του συστήματος, με κατανάλωση  $3\text{kg/m}^2$  (πάχος στρώσης 2mm), ο οποίος απλώνεται ομοιόμορφα στο σύνολο της επιφάνειας των θερμομονωτικών πλακών και εντός του οποίου όσο είναι ακόμα υγρός εμβαπτίζεται υαλόπλεγμα, ανθεκτικό στα αλκάλια, σταθερών διαστάσεων, με μεγάλη ικανότητα απορρόφησης τάσεων (1700N/50mm), βάρους τουλάχιστον  $160\text{g/m}^2$  με επικάλυψη 10cm στο σημείο συνάντησης των λωρίδων. Το υαλόπλεγμα απλώνεται στο στρώμα του αντιρρηγματικού σοβά, με ταυτόχρονη πίεση ώστε να επιτευχθεί τέλειος εμβαπτισμός του.
- 6) Πριν από την εφαρμογή του αντιρρηγματικού σοβά και του υαλοπλέγματος, γίνεται επιπλέον μηχανική στερέωση των θερμομονωτικών πλακών με τα ειδικά βύσματα εγκεκριμένα για χρήση σε συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης, στο απαιτούμενο μήκος.

Περιλαμβάνονται όλα τα απαιτούμενα υλικά και ειδικά τεμάχια (μεταλλικοί ράβδοι έναρξης / γωνιόκρανα κλπ.) επί τόπου και εργασία πλήρους κατασκευής. Όλη η εργασία θα γίνει από εξειδικευμένο και πιστοποιημένο συνεργείο και όλα τα χρησιμοποιούμενα υλικά θα είναι αποκλειστικά αυτά που αναφέρονται στο επίσημο εγχειρίδιο του κατασκευαστή, ανάλογα του ολοκληρωμένου συστήματος μόνωσης του κελύφους του κτιρίου.

Προβλέπεται η προμήθεια θερμομονωτικών πλακών, κόλλας, σοβάδων, πλέγματος και υλικών στερέωσης και συγκόλλησης, ειδικών τεμαχίων (γωνιόκρανα, κλπ.) μεταφορά στον τόπο έργου, απαραίτητα μηχανήματα και εργαλεία εφαρμογής, εργασία εφαρμογής σε οποιαδήποτε στάθμη από το έδαφος και ύψος από δάπεδο εργασίας, καθαρισμός, ικρίσματα και εργασία τελειωμένης κατασκευής σύμφωνα με τις οδηγίες επίβλεψης, του προμηθευτή και την ΕΤΕΠ03-03-01-00 "Επιχρίσματα με κονιάματα που παρασκευάζονται επί τόπου".

### 1.1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΔΩΜΑΤΩΝ

Προβλέπεται η θερμομόνωση όλων των προσβάσιμων δωματίων των κτιρίων. Η αρχική κατασκευή της οροφής ήταν δώμα βατό με ανεστραμμένα δοκάρια, και στη συνέχεια για λόγους κυρίως υδατοστεγανότητας αλλά και προστασίας από την άμεση επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, κατασκευάστηκε στέγη με μεταλλικά στηρίγματα τύπου dexion και με επικάλυψη από πλάκες αμιάντου. Δεν υπάρχει κανένα είδους θερμομόνωσης ή υδρομόνωσης, παρά μόνο η στέγη που αποτρέπει το νερό να έρθει σε επαφή με το δώμα. Το δώμα είναι βατό και ο χώρος κάτω από τη στέγη επισκέψιμος.

Διερευνήθηκαν διάφοροι τρόποι και υλικά θερμομόνωσης με βάση την υφιστάμενη κατάσταση και λαμβάνοντας υπόψη τεχνικούς και οικονομικούς περιορισμούς. Κατ' αρχήν οι πλάκες επικάλυψης αμιάντου πρέπει να απομακρυνθούν για λόγους επικινδυνότητας του υλικού για την υγεία. Οπότε υπάρχει η λύση της αφαίρεσης και απομάκρυνσης του αμιάντου καθώς και των μεταλλικών στηριγμάτων και η τοποθέτηση της μόνωσης και υγρομόνωσης επί της πλάκας σκυροδέματος. Αυτό σημαίνει ότι οι πλάκες μόνωσης θα πρέπει να επικαλυφθούν είτε με μια στρώση κονιάματος είτε με πλάκες πεζοδρομίου. Αλλά μια τέτοια λύση αυξάνει το φορτίο οπότε απαιτείται μελέτη στατικής επάρκειας για το αν είναι αποδεκτή. Επίσης θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την συλλογή και απομάκρυνση των όμβριων που σημαίνει να δοθεί με ένα κονίαμα κλίση στην πλάκα και να εγκατασταθούν συλλεκτήριοι αγωγοί που θα απομακρύνουν το νερό.

Όσον αφορά το υλικό θερμομόνωσης που θα επιλεγεί, λαμβάνονται υπόψη χαρακτηριστικά όπως ο συντελεστής θερμοπερατότητας, η συμπεριφορά στη φωτιά, η μηχανική αντοχή, η αντίσταση στη διάχυση υδρατμών. Υλικά από ορυκτοβάμβακα και υαλοβάμβακα απορρίφθηκαν διότι δεν έχουν αντοχή σε συμπίεση ενώ το δώμα θα πρέπει να είναι βατό και επισκέψιμο. Επίσης δεν διασφαλίζουν υδροστεγανότητα σε τυχόν διαφυγόντα όμβρια από τη στέγη. Οπότε σε σχέση με τα εμπορικά διαθέσιμα υλικά η επιλογή γίνεται ανάμεσα σε μόνωση πολυστερίνης (διογκωμένη ή εξηλασμένη) και αφρώδη υλικά όπως πολυουρεθάνη / πολυισοκυανουρία. Η κύρια διαφορά ανάμεσα στα δύο είδη μόνωσης είναι η σημαντική διαφορά του συντελεστή θερμοπερατότητας, με τις πολυστερίνες να έχουν  $\lambda = 0,031 \div 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  και τα αφρώδη κυψελωτά  $\lambda = 0,022 \div 0,026 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ . Αυτό έχει πρακτική σημασία στην περίπτωση μας καθώς τα ανεστραμμένα δοκάρια δημιουργούν «γλάστρες» οι οποίες επικοινωνούν με οπές ώστε να μπορούν να απομακρυνθούν τα όμβρια σε περίπτωση που διαπεράσουν μέσα από τη στέγη ή από τα ανοιχτά σημεία. Οπότε για να επιτύχουμε τον ίδιο συντελεστή θερμοπερατότητας με καλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, σημαίνει μικρότερο πάχος μόνωσης, και άρα διασφάλιση ότι δεν θα σφραγιστούν οι οπές από τη στρώση του μονωτικού. Επίσης και τα δύο έχουν ίδια κατάταξη συμπεριφοράς σε φωτιά.

Συνοψίζοντας τα προηγούμενα καταλήγουμε στην πρόταση να αποξηλωθούν οι πλάκες αμιάντου από τον μεταλλικό σκελετό αφήνοντας ελεύθερο προς εργασίες το δώμα. Ο μεταλλικός σκελετός θα μείνει ως έχει. Η αποξήλωση και απομάκρυνση του αμιάντου δεν αφορά την παρούσα μελέτη και θα εκπονηθεί με ξεχωριστή σύμβαση που θα συνάψει η τεχνική υπηρεσία του Νοσοκομείου με ανάδοχο εξειδικευμένο και πιστοποιημένο για αντίστοιχες εργασίες.

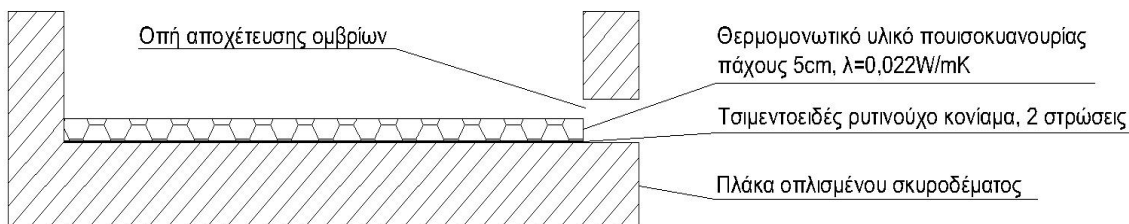
Στη συνέχεια η επιφάνεια θα πρέπει να καθαριστεί σχολαστικά από σκόνες και σαθρά υλικά και να γίνει καθαρίσμα της επιφάνειας του δώματος με βολή νερού. Για λόγους ασφαλείας ως προς την εισχώρηση υγρασίας θα γίνει επικάλυψη του δώματος με επαλειφόμενο στεγανωτικό κονίαμα κρυσταλλοποίησης. Αυτό δρα με δύο τρόπους, αφ' ενός δημιουργώντας ένα λεπτό στεγανό υμένα στην επιφάνεια, αφ' ετέρου με εις βάθος κρυσταλλοποίηση. Κατά την κρυσταλλοποίηση τα ενεργά άλατα του υλικού μεταφέρονται από την υγρασία μέσω του τριχοειδούς δικτύου σε βάθος μέσα στην πλάκα και αλληλεπιδρούν με την ελεύθερη άσβεστο του σκυροδέματος. Τα σύμπλοκα άλατα που σχηματίζονται αποφράζουν το πορώδες σε βάθος μερικών εκατοστών. Η επάλειψη με το στεγανωτικό θα πρέπει να γίνει σε δύο στρώσεις.

Πάνω από την στεγανωτική επάλειψη θα τοποθετηθούν πλάκες αφρώδους πολυισοκυανουρίας, υλικό παρόμοιο με την πολυουρεθάνη. Το πλεονέκτημά της σε σχέση με την πολυουρεθάνη είναι ότι λόγω

σύστασης επιτυγχάνει καλύτερη θερμική σταθερότητα και άρα καλύτερη απόδοση στην φωτιά. Για να επιτευχθεί συντελεστής θερμοπερατότητας σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ, για τη Γ κλιματική ζώνη ο συντελεστής θερμοπερατότητας για οροφές πρέπει να είναι κατά μέγιστο  $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Οπότε θα εγκατασταθεί θερμομόνωση με πλάκες πολυισοκυανουρίας πάχους 5cm τουλάχιστον και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda = 0,022 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ .

Η εκτίμηση του υφιστάμενου συντελεστή θερμοπερατότητας του δώματος γίνεται από τον πίνακα 3.4 της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 και για αμόνωτο δώμα είναι  $U=3,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Οπότε με δεδομένο αρχικό συντελεστή και χαρακτηριστικά της μόνωσης, ο τελικός συντελεστής θερμοπερατότητας μετά τη μόνωση θα είναι  $U=0,385 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Οι πλάκες πολυισοκυανουρίας θα έχουν επικάλυψη φύλλου αλουμινίου και από τις δύο πλευρές ώστε το υλικό να προστατεύεται από την επαφή με τον αέρα και την υγρασία και επίσης να προστατεύει το μονωτικό από τραυματισμό εφόσον το δώμα θα είναι προσβάσιμο και βατό. Για να εξασφαλιστεί συνέχεια της επιφάνειας και να μην επιτρέπει την εισχώρηση ξένων σωμάτων και υγρασίας, θα γίνει επικόλληση των μονωτικών πλακών με πολυουρεθανική κόλλα η οποία διογκώνεται και σφραγίζει πλήρως τα κενά μεταξύ των πλακών.

Η διάστρωση της μόνωσης θα γίνει παρακάμπτοντας τον υφιστάμενο μεταλλικό σκελετό και σφραγίζοντας στα στηρίγματά του. Η επικάλυψη στη θέση των πλακών αμιάντου, θα γίνει πλέον με τραπεζοειδή λαμαρίνα ηλεκτροστατικής βαφής πάχους 0,7mm. Το στατικό φορτίο της τραπεζοειδούς λαμαρίνας είναι μικρότερο από αυτό του αμιάντου, οπότε δεν θα υπάρξει στατική επιβάρυνση στο κτίριο ούτε στο υφιστάμενο μεταλλικό ζευκτό τύπου dexion. Αυτό που θα πρέπει να ελέγξει ο ανάδοχος κατασκευαστής είναι οι αποστάσεις των στηριγμάτων με βάση την υφιστάμενη μεταλλική κατασκευή και τις απαιτήσεις στήριξης της τραπεζοειδούς λαμαρίνας και να επέμβει με πύκνωση σε περίπτωση που απαιτείται. Επίσης θα πρέπει να ελέγξει τη στεγανότητα της στέγης από πλευρικά ανοίγματα για την αποφυγή κινδύνου υφαρπαγής της στέγης από ανεμόπτηση.



**Εικόνα 1.2** Κατασκευαστική λεπτομέρεια ανεστραμμένης εξωτερικής θερμομόνωσης δώματος

### 1.1.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΝΕΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ)

Προτείνεται η εγκατάσταση εξωτερικής θερμομόνωσης του κελύφους του κτιρίου (θερμοπρόσοψης), με τυποποιημένο και πιστοποιημένο σύστημα που αποτελείται από θερμομονωτικές πλάκες τύπου εξηλασμένης ή διογκωμένης πολυστερίνης/ πολυστυρόλης, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda=0,034 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  ή μικρότερο, πάχους τουλάχιστον 8cm.

Εναλλακτικά, σε επίπεδο μελέτης εφαρμογής, και με στόχο την ικανοποίηση των απαιτήσεων του νέου Κανονισμού Πυροπροστασίας Κτιρίων (Π.Δ. 41/2018) θα εξετασθεί και το σενάριο χρήσης σκληρών πλακών πετροβάμβακα με πλεκτές ίνες με τη μορφή σύνθετου συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda=0,036 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  ή μικρότερο, πάχους τουλάχιστον 8cm.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου  $n$  στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

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

όπου:  $U$   $[\text{W/m}^2\text{K}]$  ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου

$n$   $[-]$  το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου

d	[m]	το πάχος κάθε στρώσης δομικού στοιχείου
λ	[m]	ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης
R <sub>δ</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]	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
R <sub>i</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο
R <sub>a</sub>	[m <sup>2</sup> K/W]	η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον

Από την παραπάνω εξίσωση προκύπτει:

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

όπου: R [W/m<sup>2</sup>K] η αντίσταση θερμικής μετάβασης του δομικού στοιχείου

Όπως έχει αναφερθεί και στο τεύχος της Ενεργειακής Επιθεώρησης, οι συντελεστές θερμοπερατότητας των υφιστάμενων δομικών στοιχείων έχουν ληφθεί από πίνακες, ενώ η προσθήκη πρόσθετων στοιχείων θα προσθέσει αντιστάσεις στη μετάδοση της θερμότητας, προκαλώντας έτσι μεταβολή στη συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_{\text{μετά}} = R_{\text{πριν}} + \sum_{k=1}^m \frac{d_k}{\lambda_k}$$

όπου: R<sub>μετά</sub> [W/m<sup>2</sup>K] η νέα αντίσταση θερμικής μετάβασης του δομικού στοιχείου

m [-] το πλήθος των νέων στρώσεων του δομικού στοιχείου

d<sub>k</sub> [m] το πάχος κάθε στρώσης πρόσθετου δομικού στοιχείου

λ<sub>k</sub> [m] ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε πρόσθετης στρώσης

Οπότε στα δομικά στοιχεία που επιλέχθηκαν θα έχουμε τελικούς συντελεστές σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

Κωδικός	Δομικό στοιχείο	U [W/(m <sup>2</sup> K)] (υφιστάμενοι)	U' [W/(m <sup>2</sup> K)] (μελλοντικοί)
T1	Οπλισμένο σκυρόδεμα – Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις	3,40	0,378
T5	Αργολιθοδομή - Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις	3,85	0,383
O1	Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμαινόμενο χώρο	3,70	0,393
O2	Οριζόντια οροφή σε επαφή με αέρα	3,05	0,385



## 1.2 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ

### 1.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΝΕΩΝ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ

Τα κουφώματα του κτιρίου είναι στο σύνολό τους μεταλλικά χωρίς θερμοδιακοπή. Οι υαλοπίνακες ποικίλουν από διπλούς με διάκενο αέρα 6mm ή με διάκενο αέρα 12mm, ενώ σε ορισμένες επιφάνειες υπάρχουν υαλότουβλα. Κανένας υαλοπίνακας δεν είναι ενεργειακός, δηλαδή με επίστρωση μεταλλικών οξειδίων.

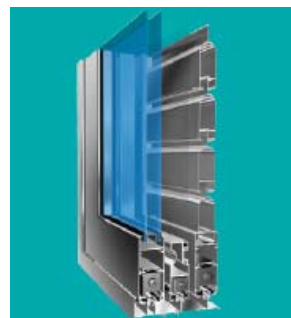
Η πρόταση για τα κουφώματα αφορά αντικατάστασή τους, διατηρώντας την υπάρχουσα τυπολογία τους, αλλά με θερμοδιακοπτόμενα προφίλ αλουμινίου και ενεργειακούς υαλοπίνακες (low-e) και μεγαλύτερα διάκενα υαλοπινάκων με πλήρωση αδρανούς αερίου.

Τα ανοιγόμενα, συρόμενα αλλά και σταθερά τμήματα προτείνεται να αντικατασταθούν από προφίλ αλουμινίου, θερμοδιακοπτόμενο με πολυαμίδιο. Το σύστημα θαλάμων του προφίλ σε συνδυασμό με το πολυαμίδιο δύναται να δίνουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας πλαισίου. Η στεγάνωση θα γίνεται με ελαστικά EPDM σε όλα τα σημεία συναρμογής, ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη αεροστεγανότητα.

Οι υαλοπίνακες των νέων κουφωμάτων θα είναι ενεργειακοί, με μαλακή επίστρωση μεταλλικών οξειδίων, ώστε να ανακλούν την υπέρυθη ακτινοβολία. Η πλήρωση του διάκενου μεταξύ τους, θα γίνει με αδρανές αέριο argon για ενίσχυση των θερμομονωτικών τους χαρακτηριστικών. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων θα είναι  $U_g \leq 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Για κάθε τύπο κουφώματος που αναφέρεται στην τυπολογία (ανοιγόμενα, ανακλινόμενα, συρόμενα, σταθερά) γίνεται επιλογή των νέων κουφωμάτων με ενδεικτικό τύπο από προϊόντα της αγοράς και ενδεικτικά:

1. Ανοιγόμενο θερμομονωτικό σύστημα αλουμινίου, ενδεικτικού τύπου Alumil M11000 Alutherm plus, με σύστημα θερμοδιακοπής με υαλοενισχυμένο πολυαμίδιο (24mm) για αυξημένη θερμομόνωση, ( $U_f$  =έως  $2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Έχει φύλλο πλάτους 70mm, δυνατότητα υάλωσης έως 46mm με διπλό ή τριπλό τζάμι, με τρεις σειρές από ειδικά ελαστικά (EPDM), για μέγιστη δυνατή στεγάνωση. Διαθέτει διθάλαμα προφίλ για σωστή απορροή νερού και δυνατότητα υποδοχής δεύτερης γωνίας και δυνατότητα χρήσης ατσάλινου περιμετρικού μηχανισμού 16mm (πολλαπλών σημείων κλειδώματος) για ακόμη μεγαλύτερη ασφάλεια.
2. Ανοιγόμενο / ανακλινόμενο σύστημα θερμομονωτικών κουφωμάτων αλουμινίου ενδεικτικού τύπου M9660 της ALUMIL με χαλύβδινο μηχανισμό 16mm (περιμετρικής ασφάλισης) και κλασικού μηχανισμού αλουμινίου. Το πλάτος κάσας είναι 56mm και του φύλλου 63,5mm και 65,5mm ανάλογα με τον μηχανισμό. Διαθέτει θερμομόνωση με παρεμβολή υαλοενισχυμένου πολυαμιδίου στα 24mm στις κάσες και στα φύλλα που εμποδίζει την μεταφορά θερμότητας από και προς τον εσωτερικό χώρο. Ο μηχανισμός είναι χαλύβδινος 16mm χωρίς προφίλ ντίζας για ιδιαίτερη οικονομία χρόνου στην εφαρμογή του με κλειδώματα σε σχήμα μανιταριού έως και σε 17 σημεία, για μέγιστη ασφάλεια.
3. Συρόμενο κούφωμα αλουμινίου με σύστημα θερμοδιακοπής και διπλούς υαλοπίνακες, ενδεικτικού τύπου Alumil S350, με πάχος διατομών (min-max) 1,4-1,6mm, θερμοδιακοπή μηχανική με παρεμβολή υαλοενισχυμένου πολυαμιδίου πλάτους 20 και 24mm σε φύλλο και κάσα. Οι διαστάσεις του είναι (Πλάτος / Ύψος: 35mm / 85mm), διαθέτει στεγάνωση απλού συρόμενου οριζόντια με δύο σειρές από βουρτσάκια μεμβράνης και κάθετα με δύο σειρές από ελαστικά EPDM, με κύλιση με διπλά ράουλα με επένδυση Teflon πάνω σε ανοξείδωτο οδηγό.





**1.2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΝΕΩΝ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ**

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας για τα κουφώματα, υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τον συντελεστή θερμοπερατότητας του πλαισίου (κάσα και φύλλο), τον συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα, το ποσοστό συμμετοχής του καθενός στο κούφωμα και τους συντελεστές γραμμικής θερμοπερατότητας και το μήκος των θερμογεφυρών στην επιφάνεια επαφής υαλοπίνακα - πλαισίου. Ο τύπος που υπολογίζει τον συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος είναι:

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

όπου:  $U_w$  [W/m<sup>2</sup>K] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κουφώματος

$U_f$  [W/m<sup>2</sup>K] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου

$U_g$  [W/m<sup>2</sup>K] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα

$A_f$  [m<sup>2</sup>] η επιφάνεια του πλαισίου

$A_g$  [m<sup>2</sup>] η επιφάνεια του υαλοπίνακα

$A_w$  [m<sup>2</sup>] η επιφάνεια του κουφώματος

$l_g$  [m] το μήκος της θερμογέφυρας

$\Psi_g$  [W/mK] ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας

Οι υπολογισμοί έγιναν με τις εξής παραδοχές:

- συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου για τα συρόμενα κουφώματα: 3,70 W/m<sup>2</sup>K
- συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου για τα ανοιγόμενα/ ανακλινόμενα κουφώματα: 2,70 W/m<sup>2</sup>K
- συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου για τα σταθερά υαλοστάσια: 1,60 W/m<sup>2</sup>K
- συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα διπλού (4-16-4), με ενεργειακό τον ένα υαλοπίνακα (low-e) και πλήρωση διακένου με αδρανές αέριο: 1,1 W/m<sup>2</sup>K
- συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας σύμφωνα με τον πίνακα 3.10 της TOTEE 20701-1/2017, για πλαίσιο με θερμοδιακοπή και υαλοπίνακα ενεργειακό: 0,11 W/m·K
- συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους υαλοπίνακα για διπλό ενεργειακό υαλοπίνακα σύμφωνα με τον πίνακα 3.17 της TOTEE 20701-1/2017:  $g_{gl} = 0,60$
- αερισμός λόγω αεροστεγανότητας σύμφωνα με τον πίνακα 3.24 της TOTEE 20701-1/2017, λαμβάνεται για τα παράθυρα 1,4 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> (κλάση αεροπερατότητας: 4)

Στους επόμενους πίνακες παρατίθενται οι συντελεστές που αναφέρονται στην TOTEE 20701-1/2017.

**Πίνακας 1.1** Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας στην συναρμογή πλαισίου – υαλοπίνακα (πίν. 3.10 TOTEE 20701-1/2017)

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων $\Psi_g$ [W/(m.K)]	
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,11
Συνθετικό πλαίσιο	0,06	0,08
Ξύλινο πλαίσιο	0,06	0,08

**Πίνακας 1.2** Τυπικές τιμές συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθετη πρόσπτωση και της μέσης διαπερατότητας  $g_{gl}$  για διάφορους τύπους υαλοπίνακα (πίν. 3.17 TOTEE 20701-1/2017)

Τύπος υαλοπίνακα	$g$	$g_{gl}$
Μονός υαλοπίνακας	0,85	0,77
Διπλός υαλοπίνακας	0,75	0,68
Διπλός υαλοπίνακας, με επιλεκτική, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0,67	0,60
Διπλό παράθυρο	0,75	0,68
Υαλότουβλα	0,30	0,27

**Πίνακας 1.3** Τυπικές τιμές διείσδυσης αέρα λόγω ύπαρξης χαραμιάδων ανά μονάδα επιφάνειας κουφώματος (πίν. 3.24 TOTEE 20701-1/2017)

Κουφώματα με μεταλλικό, συνθετικό ή ξύλινο πλαίσιο με πιστοποίηση κατά EN 12207(*)		
Κλάση αεροπερατότητας με βάση τη συνολική επιφάνεια του κουφώματος:	1	7,7
	2	4,1
	3	1,4
	4	0,5
Γυάλινες προσόψεις		
Για τα μερικώς ανοιγόμενα κουφώματα των γυάλινων προσόψεων (π.χ. με προβαλλόμενα τμήματα) λαμβάνεται υπόψη μόνο το μη σταθερό τμήμα, ανάλογα προς τις παραπάνω κατηγορίες αυτού του πίνακα.		

\* Οι τιμές του συντελεστή  $\alpha$  για τα πιστοποιημένα κατά EN 12207 κουφώματα έχουν αναχθεί σε συνθήκες συνθήκες διαφοράς πίεσης (6 Pa) από τις συνθήκες κατά τη διαδικασία της πιστοποίησης (διαφορά πίεσης 100 Pa). Η πιστοποίηση των κουφωμάτων γίνεται μετά από μετρήσεις που καθορίζονται από το πρότυπο EN 14351 και γίνονται σε εργαστήρια με βάση το πρότυπο EN 1026.

Προβλέπεται η αποξήλωση των παλαιών και η εγκατάσταση νέων κουφωμάτων μεταλλικού πλαισίου αλουμινίου θερμοδιακοπόμενου με πολυαμίδιο και δίδυμο υαλοπίνακα με πλήρωση αργον και με μαλακή επίστρωση μεταλλικών οξειδίων, με συντελεστή θερμοπερατότητας (μέσος ανηγμένος σε αθροιστική επιφάνεια τυπικού κουφώματος),  $U_w \leq 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Τα νέα κουφώματα θα διαθέτουν πιστοποίηση κατά EN 12207 και η αεροπερατότητά τους με βάση τη συνολική επιφάνεια του κουφώματος θα είναι κλάσης 4, οπότε για συνήθεις συνθήκες διαφοράς πίεσης (6Pa) από τις συνθήκες κατά τη διαδικασία της πιστοποίησης (με διαφορά πίεσης 100Pa), και σύμφωνα με τον Πίνακα 3.24 της TOTEE 20701-1/2017 η τιμή του συντελεστή διείσδυσης αέρα θα είναι:  $\alpha = 0,5 \text{ m}^3/\text{h/m}^2$ .

**1.3 ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ**

Το ανηγμένο κόστος του σύνθετου συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες του κτιριακού συγκροτήματος, δηλαδή την ανάγκη για κατασκευή ικριώματος στη ΒΑ όψη των κτιρίων, υπολογίζεται σε 45 €/m<sup>2</sup> για τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία, και 50 €/m<sup>2</sup> για τη μόνωση του δώματος και την επικάλυψη του με τραπεζοειδή λαμαρίνα.

Το κόστος για την αποξήλωση παλαιών και εγκατάσταση νέων κουφωμάτων μεταλλικού πλαισίου αλουμινίου θερμοδιακοπόμενου με πολυαμίδιο και δίδυμο υαλοπίνακα με πλήρωση argon και με μαλακή επίστρωση μεταλλικών οξειδίων, υπολογίζεται σε 250 €/m<sup>2</sup>

Οπότε το συνολικό κόστος ανά παρέμβαση για την εξωτερική θερμομόνωση αδιαφανών δομικών στοιχείων και οροφών και για την αντικατάσταση των κουφωμάτων θα διαμορφωθεί ως εξής:

**Πίνακας 1.4** Ανάλυση κόστους εξωτερικής θερμομόνωσης αδιαφανών κατακόρυφων δομικών στοιχείων και οροφών, αντικατάσταση κουφωμάτων

A/A	Είδος Εργασίας	Μονάδα	Ποσότητα	Τιμή Μον.	Δαπάνη μερική
1.1	Εξωτερική θερμομόνωση των κατακόρυφων αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου με τυποποιημένο και πιστοποιημένο σύστημα που αποτελείται από θερμομονωτικές πλάκες τύπου εξηλασμένης πολυστερίνης με συντελεστή $\lambda=0,034 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ή μικρότερο, πάχους τουλάχιστον 8cm.	m <sup>2</sup>	1.816	45 €	81.716,81 €
1.2	Εξωτερική θερμομόνωση των οριζόντιων αδιαφανών δομικών στοιχείων των κτιρίων με πλάκες πολυισοκυανουρίας πάχους 5cm και με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda= 0,022 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ . Εργασίες καθαρισμού δώματος, επάλειψη στεγανωτικού κονιάματος κρυσταλλοποίησης, εγκατάσταση θερμομονωτικών πλακών αφρώδους πολυισοκυανουρίας, επικόλληση των πλακών με πολυουρεθανική κόλλα και επικάλυψη με τραπεζοειδή λαμαρίνα επί του υφιστάμενου μεταλλικού ζευκτού.	m <sup>2</sup>	3.828	50 €	191.388,50 €
1.3	Αποξήλωση παλαιών και εγκατάσταση νέων κουφωμάτων μεταλλικού πλαισίου αλουμινίου θερμοδιακοπόμενου με πολυαμίδιο και δίδυμο υαλοπίνακα με πλήρωση argon και με μαλακή επίστρωση μεταλλικών οξειδίων, με συντελεστή θερμοπερατότητας (μέσος ανηγμένος σε αθροιστική επιφάνεια τυπικού κουφώματος), $U_w \leq 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ .	m <sup>2</sup>	2.306	250 €	576.518,75 €
<b>Συνολικό Κόστος</b>					<b>849.624,06 €</b>

**1.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ**

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας εκτιμάται βάσει του προγράμματος TEE – KENAK και παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας 1.5** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το υπάρχον κτίριο

Υπάρχον κτίριο														
	Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	32,3	24,3	17,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,1	27,4	122,1
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	40,6	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	108,8
	Υγρανση	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3
	ZNX	1,5	1,3	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	13,5
	Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	78,1	59,5	43,2	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	36,0	66,9	304,5
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	20,4	27,0	25,0	0,9	0,0	0,0	0,0	74,2
	ZNX	3,9	3,5	3,6	3,2	2,8	2,3	2,1	2,1	2,3	2,8	3,2	3,7	35,6
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	5,5	5,0	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	64,6
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	87,5	68,0	52,3	24,3	9,2	28,0	34,6	32,6	8,5	13,3	44,5	76,2	478,9
	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m²)					Εκπομπές CO2 (kg/m²)							
►	Ηλεκτρισμός	157,4					155,7							
	Πετρέλαιο	0,0					0,0							
	Φυσικό αέριο	321,6					63,0							
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0					0,0							
	Ηλιακή	0,0					0,0							
	Βιομάζα	0,0					0,0							
	Γεωθερμία	0,0					0,0							
	Άλλο ΑΠΕ	0,0					0,0							
	Σύνολο	478,9					218,7							

**Πίνακας 1.6** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το σενάριο των επεμβάσεων στο κτιριακό κέλυφος

Σενάριο 1														
	Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	11.7	8.4	5.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	3.9	9.4	39.7
	Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.1	36.7	34.8	0.0	0.0	0.0	0.0	101.6
	Υγρανση	0.4	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	1.2
	ZNX	1.5	1.3	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	13.5
	Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	36.3	26.9	18.3	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	14.6	30.2	134.7
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	20.1	24.6	23.4	0.9	0.0	0.0	0.0	69.8
	ZNX	3.9	3.5	3.6	3.2	2.8	2.3	2.1	2.1	2.3	2.8	3.2	3.7	35.6
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	5.5	5.0	5.5	5.3	5.5	5.3	5.5	5.5	5.3	5.5	5.3	5.5	64.6
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	45.8	35.4	27.4	14.8	9.2	27.7	32.2	31.0	8.5	10.5	23.1	39.4	304.8
	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m²)					Εκπομπές CO2 (kg/m²)							
►	Ηλεκτρισμός	152.9					151.2							
	Πετρέλαιο	0.0					0.0							
	Φυσικό αέριο	151.9					29.8							
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0.0					0.0							
	Ηλιακή	0.0					0.0							
	Βιομάζα	0.0					0.0							
	Γεωθερμία	0.0					0.0							
	Άλλο ΑΠΕ	0.0					0.0							
	Σύνολο	304.8					181.0							

Η συγκεκριμένη επέμβαση κρίνεται επιβεβλημένη λόγω της έλλειψης θερμικής θωράκισης των κτιρίων και των συνεπαγόμενων σημαντικών θερμικών απωλειών και ψυκτικών φορτίων και καταλήγει μόνον αυτή να αναβαθμίζει το συγκεκριμένο κτίριο **από την κατηγορία Ε στην κατηγορία Δ**, όπως δείχνεται στον επόμενο πίνακα. Από την συγκεκριμένη επέμβαση προκύπτει **εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας: 168,1kWh/m<sup>2</sup>**.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> )				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	60.7	348.5	170.4
	Ψύξη	118.1	215.1	202.6
	ZNX	17.3	36.2	36.2
	Φωτισμός	153.9	187.4	187.4
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	350.0	787.2	596.5
	Κατάταξη	-	Ε	Δ

Με κόστος επέμβασης για την εγκατάσταση εξωτερικής θερμομόνωσης κελύφους του κτιρίου και αντικατάσταση κουφωμάτων το οποίο υπολογίζεται σε **849.624,06 €** χωρίς εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ, η απόσβεση της επέμβασης στο κτιριακό κέλυφος όπως προκύπτει με την απλή μέθοδο αποπληρωμής του προγράμματος TEE-KENAK, ανέρχεται σε **4,2 έτη**.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Λειτουργικό κόστος (€)	391,629.9	834,929.1	632,241.9
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			849,624.1
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			190.7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			24.2
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.3
	Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			37.6
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			4.2

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα οικονομικά στοιχεία για την οικονομική αξιολόγηση της επέμβασης εξωτερικής θερμομόνωσης και αντικατάστασης των κουφωμάτων. Η οικονομική αξιολόγηση γίνεται με βάση τους οικονομικούς δείκτες: της Έντοκης περιόδου αποπληρωμής, DPB της Καθαρής Παρούσας Αξίας, NPV (σε 20 έτη) και του Εσωτερικού βαθμού απόδοσης, IRR (σε 20 έτη).

Επισημαίνεται ότι ο προϋπολογισμός με βάση τον οποίο γίνεται η οικονομική αξιολόγηση δεν περιλαμβάνει εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ.

**Πίνακας 1.7** Οικονομική αξιολόγηση επεμβάσεων στο κτιριακό κέλυφος (εξωτερική θερμομόνωση και αντικατάσταση κουφωμάτων)

Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης, C	849.624 €
Ετήσιο λειτουργικό όφελος, ft	202.687 €
Επιτόκιο αναγωγής, d	5%
Απλή περίοδος αποπληρωμής, PB	4,2 έτη
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, DPB	4,8 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία, NPV (σε 20 έτη)	1.676.306 €
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης, IRR (σε 20 έτη)	23,5%



## 2 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΩΝ – ΚΑΥΣΤΗΡΩΝ ΜΕ ΛΕΒΗΤΕΣ-ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

### 2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ

#### 2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το σύνολο του συγκροτήματος των κτιρίων ΚΤ4, ΚΤ5α και ΚΤ5β, πλην της πτέρυγας ΚΤ5δ που διαθέτει αυτόνομο λεβητοστάσιο ζεστού νερού, τροφοδοτείται από το κεντρικό λεβητοστάσιο που βρίσκεται σε κτίριο παρακείμενο στη βόρεια πλευρά του κεντρικού σώματος των εξεταζόμενων κτιρίων. Στην υφιστάμενη κατάσταση το σύστημα θέρμανσης βασίζεται στην παραγωγή θερμότητας από τους τέσσερις (4) κεντρικούς ατμολέβητες που στεγάζονται στο Κεντρικό Λεβητοστάσιο, που καλύπτει τις ανάγκες σε θέρμανση χώρων, ΖΝΧ και ανάγκες των μαγειρείων. Η διανομή θερμότητας γίνεται με δίκτυο ατμού προς τους θερμικούς σταθμούς που υπάρχουν στα υπόγεια των κτιρίων και από εκεί μέσω εναλλακτών θερμότητας ατμού/νερού, τροφοδοτούνται με θερμό νερό οι διάφορες απαιτήσεις των κτιρίων με τερματικές μονάδες, όπως θερμαντικά σώματα, θερμαντικά στοιχεία κλιματιστικών μονάδων κ.λπ.

Η προτεινόμενη επέμβαση αναφέρεται στην μετατροπή του συστήματος θέρμανσης από ατμό σε θερμό νερό. Η αλλαγή του συστήματος θέρμανσης από ατμό σε θερμό νερό θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των θερμικών απωλειών του δικτύου διανομής και την εξάλειψη πρόσθετων απωλειών που σχετίζονται με τα δίκτυα ατμού όπως είναι οι διαρροές των ατμοπαγίδων, ο στρατσωνισμός του ατμολέβητα και ο δευτερογενής ατμός εκτόνωσης (flash steam) από τα ατμοσφαιρικά δοχεία συμπυκνωμάτων.

Συγκεκριμένα προτείνονται οι ακόλουθες επεμβάσεις:

- Η αποξήλωση των δύο (2) υφισταμένων λεβήτων ατμού Νο. 1 και Νο. 2 και του συνοδού εξοπλισμού τους, η αποκατάσταση του χώρου και των δικτύων υποδομής.
- Η αποξήλωση των υφισταμένων κεντρικών δικτύων σωληνώσεων, εναλλακτών θερμότητας και διακοπτικού υλικού εντός των θερμικών σταθμών των κτιρίων ΚΤ4, ΚΤ5α και ΚΤ5β και η αποκατάσταση του χώρου και των δικτύων υποδομής. Εξοπλισμός ο οποίος βρίσκεται σε καλή κατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε άλλα κτίρια του Νοσοκομείου.
- Η αντικατάσταση των δύο (2) υφισταμένων ατμολεβήτων οι οποίοι είναι επιφορτισμένοι κυρίως με τη θέρμανση χώρων και ΖΝΧ από ισάριθμους λέβητες νερού στο χώρο του κεντρικού λεβητοστασίου. Οι νέοι λέβητες νερού θα είναι κατάλληλης ονομαστικής θερμικής ισχύος, λαμβάνοντας υπόψη τις επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος, ενώ δύναται να είναι και συμπύκνωσης.
- Η εγκατάσταση ενός λέβητα νερού για την κάλυψη της παραγωγής του ΖΝΧ όμοιου με αυτών που αναφέρθηκαν παραπάνω αλλά μικρότερης θερμικής ισχύος. Ο διαθέσιμος χώρος από την αποξήλωση των δύο υφισταμένων ατμολεβήτων μάλιστα επαρκεί για την εγκατάσταση και των τριών (3) νέων σε σειρά.
- Η εγκατάσταση νέων δικτύων σωληνώσεων τροφοδοσίας νερού από το κεντρικό λεβητοστάσιο προς τους τρεις θερμικούς σταθμούς των κτιρίων ΚΤ4, ΚΤ5α και ΚΤ5β. Η όδευση των δικτύων θα γίνεται όπως και τα υφιστάμενα, μέσα από τους μηχανοδιαδρόμους του υπογείου.
- Η σύνδεση των δικτύων σωληνώσεων ζεστού νερού για θέρμανση χώρων και ΖΝΧ των κτιρίων ΚΤ4, ΚΤ5α και ΚΤ5β προς τα νέα δίκτυα σωληνώσεων, εντός των θερμικών σταθμών.
- Η τοποθέτηση νέων αντλιών νερού σε υφιστάμενα δίκτυα των κτιρίων ΚΤ4, ΚΤ5α και ΚΤ5β όπου τοποθετούνται ρυθμιστικές βάνες σε θερμαντικά σώματα.
- Η τοποθέτηση σε όλα τα θερμαντικά σώματα θερμοστατικών κεφαλών αντιβανδαλιστικού τύπου.
- Η εγκατάσταση νέου συστήματος αυτοματισμού.

Η περιγραφή των επεμβάσεων που αναφέρονται στην τοποθέτηση θερμοστατικών βαλβίδων στα θερμαντικά σώματα και η εγκατάσταση συστήματος αυτοματισμών και ελέγχου των εγκαταστάσεων (BMS), περιγράφονται και αναλύονται σε επόμενη παράγραφο.

### 2.1.2 ΛΕΒΗΤΕΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ

Από το λεβητοστάσιο του Νοσοκομείου προτείνεται να αποξηλωθούν οι δύο (2) υφιστάμενοι ατμολέβητες Νο.1 και Νο.2, θέρμανσης χώρων και ΖΝΧ, και να εγκατασταθούν στη θέση τους τρεις (3) νέοι λέβητες θερμού νερού συμπύκνωσης με τους αντίστοιχους καυστήρες φυσικού αερίου και τα παρακάτω χαρακτηριστικά.

Οι λέβητες θερμού νερού θα είναι χαλύβδινοι, κατάλληλοι για καύση φυσικού αερίου, με δυνατότητα συμπύκνωσης, ονομαστικής πίεσης λειτουργίας τουλάχιστον 6 bar, με μόνωση και χαλύβδινο τελικό κάλυμμα. Θα μπορούν να αποδώσουν θερμική ισχύ **1.280 kW ή 720 kW αντίστοιχα** σε θερμοκρασίες δικτύου  $T_v/T_R = 80/60^\circ\text{C}$  και θα έχουν βαθμό απόδοσης που φθάνει έως και **95% (στην ΑΘΙ) ή 106% (στην ΚΘΙ)**, ενδεικτικού τύπου: Viessmann – Vitocrossal 300.

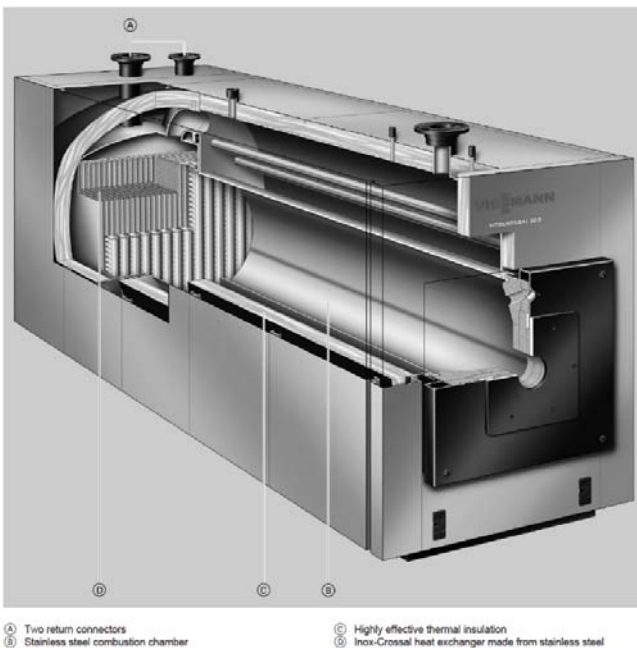
Οι λέβητες θα εκμεταλλεύονται την ανακτημένη θερμότητα της συμπύκνωσης των υδρατμών στα καυσαέρια έχοντας με τον τρόπο αυτό τη δυνατότητα εκμετάλλευσης της μέγιστης δυνατής ενέργειας του καυσίμου φυσικού αερίου. Επιδιώκεται έτσι η εκμετάλλευση της Ανώτερης Θερμογόνου Ικανότητας (ΑΘΙ) του καυσίμου, δηλαδή της θερμότητας που απελευθερώνεται με την πλήρη καύση, συμπεριλαμβανομένης της λανθάνουσας θερμότητας συμπύκνωσης των υδρατμών στα καυσαέρια, δηλαδή το νερό θεωρείται σε υγρή φάση στο τέλος της καύσης, αντί της Κατώτερης Θερμογόνου Ικανότητας (ΚΘΙ), της θερμότητας δηλαδή που απελευθερώνει η πλήρης καύση, όταν οι υδρατμοί στα καυσαέρια παραμένουν σε αέρια φάση στο τέλος της καύσης.

Έτσι με τη συμπύκνωση των υδρατμών στα καυσαέρια, θα επιτυγχάνεται το διπλό πλεονέκτημα της εκμετάλλευσης της λανθάνουσας θερμότητας εξάτμισης των υδρατμών από τη μία, αλλά και τμήματος της αισθητής θερμότητας των καυσαερίων, τα οποία πλέον θα αποβάλλονται στην ατμόσφαιρα σε θερμοκρασίες  $50\text{--}60^\circ\text{C}$ , προκειμένου να εξασφαλιστεί η συμπύκνωση των υδρατμών, αντί να αποβάλλονται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των  $100\text{--}120^\circ\text{C}$ , όπως συμβαίνει στους συμβατικούς λέβητες.

Χάρη στα λειτουργικά αυτά χαρακτηριστικά των λεβήτων συμπύκνωσης επιτυγχάνονται πολύ υψηλές θερμικές αποδόσεις, οι οποίες αγγίζουν το 107-108%, με υπολογισμό του βαθμού απόδοσης που βασίζεται στην ΚΘΙ, χωρίς δηλαδή να λαμβάνεται υπόψη η θερμότητα συμπύκνωσης των υδρατμών.

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στις εγκαταστάσεις που εκμεταλλεύονται την τεχνική της συμπύκνωσης είναι η θερμοκρασία επιστροφής του νερού στο λέβητα. Όσο πιο χαμηλή είναι η θερμοκρασία αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι η λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης που μεταφέρεται στο νερό. Από αυτό συμπεραίνεται ότι η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται σε εγκαταστάσεις με χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας του εργαζόμενου μέσου (προσαγωγής και επιστροφής) και μάλιστα περίπου στους  $50/30^\circ\text{C}$  έτσι ώστε να μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τα αποτελέσματα της συμπύκνωσης για όλη την περίοδο λειτουργίας της εγκατάστασης.

Από σχετικές καταγραφές και μελέτες έχει προκύψει το συμπέρασμα ότι οι θερμοκρασίες λειτουργίας της εγκατάστασης επηρεάζουν στην πράξη τη χρήση της τεχνικής της συμπύκνωσης. Έτσι, με την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού επιστροφής στην εγκατάσταση, μειώνεται το πεδίο της συμπύκνωσης και, δεδομένου του ότι η θερμοκρασία συμπύκνωσης των υδρατμών, όταν ο λέβητας λειτουργεί με φυσικό αέριο, είναι περίπου  $58^\circ\text{C}$ , στις εγκαταστάσεις υψηλών θερμοκρασιών  $80/60^\circ\text{C}$  η συμπύκνωση δεν είναι δυνατή σε εξωτερικές θερμοκρασίες κάτω των  $-11^\circ\text{C}$ . Ακόμα κι έτσι όμως διαπιστώνεται ότι η τεχνική της συμπύκνωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και στις εγκαταστάσεις υψηλών θερμοκρασιών για το μεγαλύτερο μέρος της περιόδου θέρμανσης.



Οι λέβητες θα φέρουν σήμανση CE, θα συνοδεύονται από πιστοποιητικά ποιότητας κατασκευής, απόδοσης και συμμόρφωσης με τα πρότυπα DIN EN 303-1/ EN 14394 και τις απαιτήσεις των Οδηγιών 92/42/ΕΟΚ και 2009/142/ΕΚ η οποία κωδικοποίησε την Οδηγία 90/396/ΕΟΚ.

Για τη παράλληλη λειτουργία των τριών λεβήτων συμπύκνωσης θα εγκατασταθεί πίνακας ελέγχου (ενδεικτικού τύπου Vitocontrol control panel και LON module) με διακόπτες, θερμοστάτες λειτουργίας των καυστήρων για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του νερού και θερμοστάτη ασφαλείας για διακοπή της λειτουργίας του κάθε καυστήρα στους 100°C.

Οι λέβητες θα εγκατασταθούν στο χώρο του λεβητοστάσιου σε υπερυψωμένη βάση από σκυρόδεμα ύψους 10cm, και θα συνδεθούν μέσω των καπναγωγών στην υφιστάμενη κατακόρυφη καπνοδόχο.

Για την απαγωγή των καυσαερίων των λεβήτων θα χρησιμοποιηθεί η υφιστάμενη καπνοδόχος. Στη βάση της η καπνοδόχος θα συνδεθεί με τον λέβητα με καπναγωγό με εσωτερική διάμετρο 500mm και πάχους μόνωσης τουλάχιστον 25mm. Κάθε καπναγωγός θα οδεύει με ελαφρά κλίση 15° προς την καπνοδόχο. Το οριζόντιο τμήμα του καπναγωγού κοντά στο λέβητα θα έχει υποδοχή (μούφα με τάπα) για τη μέτρηση των καυσαερίων. Στα σημεία σύνδεσης του καπναγωγού με την καπνοδόχο θα δημιουργείται γωνία μεγαλύτερη των 100°.

### 2.1.3 ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ

Οι πιεστικοί καυστήρες θα είναι φυσικού αερίου, διβάθμιοι / ρυθμιζόμενοι, με ανεμιστήρα, εφοδιασμένοι με τα όργανα και τις διατάξεις αυτοματισμού της λειτουργίας τους, με σήμανση CE (σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΕ) 2016/426) και δοκιμασμένοι σύμφωνα με τις προδιαγραφές του προτύπου EN 676, ενδεικτικού τύπου: WEISHAUPΤ WM-G20/2 ή ELCO VG6.1600 DP /TC

### 2.1.4 ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Οι σωληνώσεις του δικτύου διανομής θερμού νερού του λέβητα θα κατασκευαστούν για διαμέτρους έως και DN50 (2") με χαλυβδοσωλήνες μαύρους με ραφή, μέσου βάρους κατά EN 10255 (DIN 2440), με εξαρτήματα από μαλακτοποιημένο χυτοσίδηρο με σπείρωμα και ενισχυμένα χείλη. Για τις μεγαλύτερες διαμέτρους οι σωληνώσεις θα κατασκευαστούν από χαλυβδοσωλήνα χωρίς ραφή κατά EN 10220 (DIN 2448 ή 2449), με συνδέσεις φλαντζωτές. Σε όλο το μήκος του δικτύου οι συνδέσεις με βάνες, διακόπτες, φίλτρα, συσκευές, αντλίες κλπ. θα γίνουν είτε με φλάντζες (διάμετρος DN65 και άνω), με ρακόρ (διάμετροι έως και DN50), ώστε να είναι δυνατή η αποσύνδεσή τους. Τα μεγάλα οριζόντια τμήματα των δικτύων θα οδεύουν με μικρή κλίση ώστε να είναι εύκολο το άδειασμά τους.

Οι συλλεκτοδιανομείς κατασκευάζονται από χαλυβδοσωλήνες χωρίς ραφή με άκρα φλαντζωτά. Όλα τα τμήματα του δικτύου χαλυβδοσωλήνων, αφού καθαριστούν, θα βαφτούν με δύο στρώσεις αντισκωριακού.

Στα υψηλά σημεία του δικτύου, αλλά και σε θέσεις καθόδων και ανόδων και όπου μπορεί να εγκλωβιστεί αέρας θα εγκατασταθούν αυτόματα εξαεριστικά ορειχάλκινα, διαμέτρου DN15, με πλωτήρα, τύπου SPIROTECH SPIROTOP.

Δικλίδες διακοπής: για διαμέτρους έως και DN50 θα χρησιμοποιηθούν ορειχάλκινες σφαιρικές βαλβίδες ολικής διατομής ροής. Για τις μεγαλύτερες διαμέτρους θα χρησιμοποιηθούν χυτοσιδηρές δικλίδες τύπου πεταλούδας.

Το δίκτυο θερμού νερού θα ασφαλιστεί με κλειστό δοχείο διαστολής με μεμβράνη και πίεση αερίου κατά DIN EN 12828 (DIN 4807).

Οι αντλίες που θα εγκατασταθούν θα είναι κυκλοφορητές θερμού νερού χαμηλού μανομετρικού με τρεις κλίμακες στροφών φλαντζωτοί ενδεικτικού τύπου GRUNDFOS MAGNA ή ισοδύναμου.

Για την εξοικονόμηση ενέργειας όλο το δίκτυο των σωληνώσεων θερμού νερού θα είναι θερμομονωμένο με μονωτικούς σωλήνες από εύκαμπτο ελαστομερές υλικό με κλειστές κυψέλες, ενδεικτικού τύπου Armaflex AC πάχους 19mm για διαμέτρους σωληνώσεων έως και DN50 και πάχους 25mm για μεγαλύτερες διαμέτρους. Προβλέπεται επίσης η θερμομόνωση με τα αντίστοιχα υλικά των συλλεκτών και των διανομέων καθώς και όλων των εξαρτημάτων των δικτύων. Η μόνωση όλων των τμημάτων των δικτύων θα είναι συνεχής και δεν θα διακόπτεται από αμόνωτα εξαρτήματα ή από πιθανές διελεύσεις από δομικά στοιχεία.



## 2.2 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΒΗΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

### 2.2.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΙ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΕΣ

Στο χώρο του λεβητοστασίου υπάρχουν εγκατεστημένοι έξι (6) ατμολέβητες. Οι τέσσερις (4) εξυπηρετούν τις ανάγκες θέρμανσης των κτιρίων ΚΤ4, ΚΤ5α και ΚΤ5β (πλην της πτέρυγας 5δ, που διαθέτει αυτόνομο λεβητοστάσιο) καθώς και τα μαγειρεία, ενώ οι άλλοι δύο (2) είναι παροπλισμένοι.

Οι τέσσερις (4) ατμολέβητες που εξυπηρετούν τις ανάγκες θέρμανσης των κτιρίων ΚΤ4, ΚΤ5α και ΚΤ5β λειτουργούν παράλληλα, μπαίνοντας σε λειτουργία διαδοχικά με βάση συγκεκριμένο πρόγραμμα λειτουργίας.

Ο συνολικός εποχιακός βαθμός απόδοσης της θερμικής απόδοσης του κάθε ατμολέβητα όπως υπολογίστηκε στην ενεργειακή επιθεώρηση είναι:

$$(1) \text{ Ατμολέβητας/καυστήρας Νο.1: } n_{\text{gen}} = n_{\text{SKΘ}} \cdot n_{\text{g1}} \cdot n_{\text{g2}} = 0,808 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \mathbf{0,808 \text{ ή } 80,8\%}$$

$$(2) \text{ Ατμολέβητας/καυστήρας Νο.2: } n_{\text{gen}} = n_{\text{SKΘ}} \cdot n_{\text{g1}} \cdot n_{\text{g2}} = 0,834 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \mathbf{0,834 \text{ ή } 83,4\%}$$

$$(3) \text{ Ατμολέβητας/καυστήρας Νο.3: } n_{\text{gen}} = n_{\text{SKΘ}} \cdot n_{\text{g1}} \cdot n_{\text{g2}} = 0,822 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \mathbf{0,822 \text{ ή } 82,2\%}$$

$$(4) \text{ Ατμολέβητας/καυστήρας Νο.4: } n_{\text{gen}} = n_{\text{SKΘ}} \cdot n_{\text{g1}} \cdot n_{\text{g2}} = 0,810 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \mathbf{0,810 \text{ ή } 81,0\%}$$

Το δίκτυο διανομής (ατμού) από το λεβητοστάσιο προς τους θερμικούς σταθμούς και από τους θερμικούς σταθμούς μέχρι τις τελικές καταναλώσεις εντός του κτιρίου είναι μονωμένο αλλά η μόνωσή τους θεωρείται ανεπαρκής λόγω φθορών σε τμήματα του δικτύου και ύπαρξης συνδέσεων και βανών χωρίς μόνωση. Οπότε εφόσον ένα κομμάτι του δικτύου είναι σε χειρότερη κατάσταση, οι απώλειες του δικτύου σωληνώσεων υπολογίζεται με βάση τον δυσμενέστερο κλάδο. Για μεταφερόμενη ισχύ μεγαλύτερη από 400 KW και δίκτυο με ανεπαρκή μόνωση και διέλευση > 20% σε εξωτερικούς χώρους (μηχανοδιάδρομοι με συνεχή αερισμό) οι απώλειες λαμβάνονται ίσες με 12%, οπότε ο βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής του συστήματος θέρμανσης συνολικά λαμβάνεται **88%**.

### 2.2.2 ΝΕΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Οι νέοι προτεινόμενοι λέβητες θερμού νερού θα είναι υψηλότερης ενεργειακής απόδοσης και θα έχουν δυνατότητα συμπύκνωσης των καυσαερίων. Συγκεκριμένα προτείνεται η εγκατάσταση λεβήτων θερμού νερού δυνατότητας συμπύκνωσης των δημιουργούμενων υδρατμών στα καυσαερίά τους σε χαμηλές θερμοκρασίες ζήτησης του θερμού νερού:

- **Λέβητας 1:** Ονομαστικής θερμικής ισχύος της τάξης των 1.250 kW, εποχιακού βαθμού απόδοσης (για θερμοκρασίες συστήματος θέρμανσης: 75/60°C): έως και **95% (στην ΑΘΔ) / 106% (στην ΚΘΔ)**
- **Λέβητας 2:** Ονομαστικής θερμικής ισχύος της τάξης των 1.250 kW, εποχιακού βαθμού απόδοσης (για θερμοκρασίες συστήματος θέρμανσης: 75/60°C): έως και **95% (στην ΑΘΔ) / 106% (στην ΚΘΔ)**
- **Λέβητας 3:** Ονομαστικής θερμικής ισχύος της τάξης των 720 kW, εποχιακού βαθμού απόδοσης (για θερμοκρασίες συστήματος θέρμανσης: 75/60°C): έως και **95% (στην ΑΘΔ) / 106% (στην ΚΘΔ)**

Όπως αναφέρθηκε ήδη, η αλλαγή του συστήματος θέρμανσης από ατμό σε θερμό νερό θα έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική μείωση των θερμικών απωλειών του δικτύου διανομής και την εξάλειψη πρόσθετων απωλειών που σχετίζονται με τα δίκτυα ατμού όπως είναι οι διαρροές των ατμοπαγίδων, ο στρατσωνισμός του ατμολέβητα και ο δευτερογενής ατμός εκτόνωσης από τα δοχεία συμπυκνωμάτων.

Το δίκτυο διανομής προτείνεται να κατασκευασθεί με χαλυβοδοσλήνες χωρίς ή με ραφή ανάλογα με την διάμετρο του σωλήνα και θα είναι θερμομονωμένο με μονωτικούς σωλήνες από εύκαμπτο ελαστομερές υλικό με κλειστές κυψέλες, ενδεικτικού τύπου Armaflex. Οπότε για μεταφερόμενη ισχύ μεγαλύτερη από 400 KW και μόνωση σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κτιρίου αναφοράς και διέλευση >20% από εξωτερικούς χώρους οι απώλειες λαμβάνονται ίσες με 3%, οπότε ο βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής του συστήματος θέρμανσης συνολικά λαμβάνεται **97%**.

Τέλος, καταργούνται από τις βοηθητικές καταναλώσεις του συστήματος θέρμανσης, τα συστήματα που αφορούν στις αντλίες τροφοδοσίας των ατμολεβήτων και οι αντλίες επιστροφής των συμπυκνωμάτων.

### 2.3 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ

Από την ενεργειακή επιθεώρηση των εγκαταστάσεων θέρμανσης χώρων προβλέπονται επεμβάσεις για την αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης.

Συγκεκριμένα για την ενεργειακή αναβάθμιση των συστημάτων ατμολεβήτων-καυστήρων προτείνονται:

- (1) Η αντικατάσταση των δύο (2) παλαιών ατμολεβήτων και καυστήρων με τρεις (3) νέους λέβητες θερμού νερού με δυνατότητα συμπύκνωσης, υψηλότερης ενεργειακής απόδοσης κατάλληλης θερμικής ισχύος (ενδεικτικής θερμικής ισχύος: **1250 kW**, δύο (2) τεμ. και **720 kW**, ένα (1) τεμ.), με σήμανση CE, με θάλαμο καύσης αναστροφής καυσαερίων με βάση το πρότυπο DIN EN 303/ EN 14394 και με δυνατότητα συμπύκνωσης των καπναερίων.

Προτείνεται η εγκατάσταση χαλύβδινου λέβητα συμπύκνωσης, καύσης φυσικού αερίου, ενδεικτικού τύπου: Viessmann – Vitocrossal 300

Εποχιακός βαθμός απόδοσης (σύμφωνα με DIN για θερμοκρασίες συστήματος θέρμανσης: 75/60°C):  
**έως και 95% (στην ΑΘΔ) / 106% (στην ΚΘΔ)**



- (2) Ο κάθε λέβητας θα συνοδεύεται με συμβατό κατάλληλο **καυστήρα φυσικού αερίου**. Προτείνεται η εγκατάσταση διβάθμιου / ρυθμιζόμενου πιεστικού καυστήρα φυσικού αερίου με σήμανση CE (σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΕ) 2016/426) και δοκιμασμένου σύμφωνα με τις προδιαγραφές του προτύπου EN 676, ενδεικτικού τύπου: WEISHAUPΤ WM-G20/2 ή ELCO VG6.1600 DP /TC



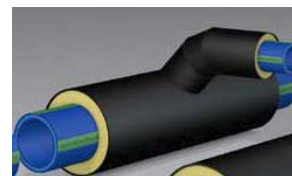
- (3) Η εγκατάσταση **αντλιών – κυκλοφορητών θερμού νερού** υψηλής απόδοσης, ενδεικτικού τύπου: GRUNDFOS TP, TPE



- (4) **Χαλυβοσωλήνας μαύρος με ραφή**, για διαμέτρους έως και DN50 (2") μέσου βάρους κατά EN 10255 (DIN 2440), με εξαρτήματα από μαλακτοποιημένο χυτοσίδηρο με σπείρωμα και ενισχυμένα χείλη. Για τις μεγαλύτερες διαμέτρους οι σωληνώσεις θα κατασκευαστούν από **χαλυβοσωλήνα χωρίς ραφή** κατά EN 10220 (DIN 2448 ή 2449), με συνδέσεις φλαντζωτές.



- (5) **Προμονωμένος σωλήνας** με μόνωση πολυουρεθάνης και εξωτερική προστασία από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο, **πολυστρωματικός σωλήνας πολυπροπυλενίου (PP-Randon) 3<sup>ης</sup> γενιάς** με φράγμα οξυγόνου κατά DIN 4726, SDR 11 κατά DIN 8077 / 78, ονομαστικής διατομής από DN 25 έως DN125



**2.4 ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ**

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται η προεκτίμηση κόστους αντικατάστασης ατμολεβήτων-καυστήρων με λέβητες θερμού νερού-καυστήρες.

**Πίνακας 2.1** Κόστος αντικατάστασης ατμολεβήτων-καυστήρων με λέβητες θερμού νερού-καυστήρες

A/A	Είδος Εργασίας	Μονάδα	Ποσότητα	Τιμή	Δαπάνη μερική
2.1	Αποξήλωση των υφισταμένων λεβήτων και του συνοδού εξοπλισμού και μεταφορά σε χώρο του νοσοκομείου που θα υποδειχθεί από το φορέα του έργου. Αποκατάσταση του χώρου του λεβητοστασίου	κ.α.	1	9.000 €	9.000 €
2.2	Αποξήλωση από τα υφιστάμενα μηχανοστάσια των εναλλακτών θερμότητα και του συνοδού εξοπλισμού και μεταφορά σε χώρο του νοσοκομείου που θα υποδειχθεί από το φορέα του έργου και σύνδεση του νέου εξοπλισμού προς να νέα δίκτυα	κ.α.	3	3.000 €	9.000 €
2.3	Λέβητας ζεστού νερού δυνατότητας συμπίκνωσης των δημιουργούμενων υδρατμών στα καυσαέρια του σε χαμηλές θερμοκρασίες ζήτησης του θερμού νερού, ονομαστικής αποδιδόμενης θερμικής ισχύος της τάξης των 1.250 kW	Τεμ.	2	71.480 €	142.960 €
2.4	Καυστήρας φυσικού αερίου αποδιδόμενης θερμικής ισχύος της τάξης των 1.250 kW με τη διάταξη τροφοδοσίας φυσικού αερίου	Τεμ.	2	11.460 €	22.920 €
2.5	Λέβητας ζεστού νερού δυνατότητας συμπίκνωσης των δημιουργούμενων υδρατμών στα καυσαέρια του σε χαμηλές θερμοκρασίες ζήτησης του θερμού νερού, ονομαστικής αποδιδόμενης θερμικής ισχύος της τάξης των 720 kW	Τεμ.	1	45.700 €	45.700 €
2.6	Καυστήρας φυσικού αερίου αποδιδόμενης θερμικής ισχύος της τάξης των 720 kW με τη διάταξη τροφοδοσίας φυσικού αερίου	Τεμ.	1	8.770 €	8.770 €
2.7	Καπνοδόχος κυκλικής διατομής δύο τοιχωμάτων από ανοξείδωτο χάλυβα λείας επιφάνειας με ενδιάμεση μόνωση πετροβάμβακα 30 mm, εσωτερικής/εξωτερικής διαμέτρου διαμέτρου Φ400/465 mm και Φ500/565 mm	m	85	146 €	12.375 €
2.8	Προμονωμένος με μόνωση πολυουρεθάνης και εξωτερική προστασία από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο, πολυστρωματικός σωλήνας πολυπροπυλενίου (PP-Randon) 3ης γενιάς με φράγμα οξυγόνου, ονομαστικής διατομής από DN 25 έως DN125	m	823.00	47 €	38.922 €
2.9	Χαλυβδοσωλήνας μαύρος χωρίς ραφή Διαμέτρου 82/ 89 mm	m	73.00	51 €	3.745 €
2.1	Αντλία νερού TP	Τεμ.	9	2.444 €	21.996 €
2.11	Εξαρτήματα δικτύου σωληνώσεων (διάταξη αποσκήρυξης, διαχωριστές σωματιδίων-απαερωτές, φλάντζες, βαλβίδες, δικλείδες, φίλτρα, μανόμετρα, θερμόμετρα, εξεριστικά, δοχείο διαστολής κ.ά.)				43.416 €
2.12	Θερμική μόνωση σωλήνων με αφρώδες πλαστικό υλικό Armaflex				3.817 €
<b>Άθροισμα Εργασιών κατηγορίας:</b>					<b>362.620 €</b>

## 2.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας εκτιμάται βάσει του προγράμματος ΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ και παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας 2.2** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το υπάρχον κτίριο

Υπάρχον κτίριο														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		32,3	24,3	17,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,1	27,4	122,1
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	40,6	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	108,8
Υγρανση		0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3
ZNX		1,5	1,3	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	13,5
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		78,1	59,5	43,2	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	36,0	66,9	304,5
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	20,4	27,0	25,0	0,9	0,0	0,0	0,0	74,2
ZNX		3,9	3,5	3,6	3,2	2,8	2,3	2,1	2,1	2,3	2,8	3,2	3,7	35,6
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός		5,5	5,0	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	64,6
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο		87,5	68,0	52,3	24,3	9,2	28,0	34,6	32,6	8,5	13,3	44,5	76,2	478,9
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )										Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )		
► Ηλεκτρισμός		157,4										155,7		
Πετρέλαιο		0,0										0,0		
Φυσικό αέριο		321,6										63,0		
Άλλα ορυκτά καύσιμα		0,0										0,0		
Ηλιακή		0,0										0,0		
Βιομάζα		0,0										0,0		
Γεωθερμία		0,0										0,0		
Άλλο ΑΠΕ		0,0										0,0		
Σύνολο		478,9										218,7		

**Πίνακας 2.3** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το σενάριο της αντικατάστασης ατμολεβήτων με λέβητες θερμού νερού

Σενάριο 1														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		32,3	24,3	17,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,1	27,4	122,1
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	40,6	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	108,8
Υγρανση		0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3
ZNX		1,5	1,3	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	13,5
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		63,3	48,4	35,3	13,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	29,4	54,3	248,1
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	20,4	27,0	25,0	0,9	0,0	0,0	0,0	74,2
ZNX		2,6	2,3	2,4	2,1	1,8	1,5	1,4	1,4	1,5	1,8	2,1	2,4	23,2
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός		5,5	5,0	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	64,6
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο		71,4	55,6	43,1	20,5	8,2	27,2	33,9	31,9	7,7	11,6	36,8	62,3	410,1
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )										Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )		
► Ηλεκτρισμός		154,8										153,1		
Πετρέλαιο		0,0										0,0		
Φυσικό αέριο		255,3										50,0		
Άλλα ορυκτά καύσιμα		0,0										0,0		
Ηλιακή		0,0										0,0		
Βιομάζα		0,0										0,0		
Γεωθερμία		0,0										0,0		
Άλλο ΑΠΕ		0,0										0,0		
Σύνολο		410,1										203,1		

Η συγκεκριμένη επέμβαση, όπως έχει ήδη αναφερθεί, θα έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική μείωση των θερμικών απωλειών του δικτύου διανομής και την εξάλειψη πρόσθετων απωλειών που σχετίζονται με τα δίκτυα ατμού όπως είναι οι διαρροές των ατμοπαγίδων, ο στρατσωνισμός του ατμολέβητα και ο δευτερογενής ατμός εκτόνωσης από τα δοχεία συμπυκνωμάτων. Από την συγκεκριμένη επέμβαση προκύπτει σημαντική **εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας: 76 kWh/m<sup>2</sup>**.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> )				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	60.7	348.5	284.7
	Ψύξη	118.1	215.1	215.1
	ZNX	17.3	36.2	24.0
	Φωτισμός	153.9	187.4	187.4
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	350.0	787.2	711.2
	Κατάταξη	-	E	E

Με κόστος επέμβασης για την αντικατάσταση των ατμολεβήτων με λέβητες θερμού νερού το οποίο υπολογίζεται σε **362.620 €** χωρίς εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ, η απόσβεση της επέμβασης στον φωτισμό του κτιρίου όπως προκύπτει με την απλή μέθοδο αποπληρωμής του προγράμματος ΤΕΕ-KENAK, ανέρχεται σε **4,4 έτη**.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Λειτουργικό κόστος (€)	391,629.9	834,929.1	753,338.7
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			362,620.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			76.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			9.7
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.3
	Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			15.5
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			4.4

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα οικονομικά στοιχεία για την οικονομική αξιολόγηση της επέμβασης αντικατάστασης των ατμολεβήτων με λέβητες θερμού νερού. Η οικονομική αξιολόγηση γίνεται με βάση τους οικονομικούς δείκτες: της Έντοκης περιόδου αποπληρωμής, DPB της Καθαρής Παρούσας Αξίας, NPV (σε 20 έτη) και του Εσωτερικού βαθμού απόδοσης, IRR (σε 20 έτη).

Επισημαίνεται ότι ο προϋπολογισμός με βάση τον οποίο γίνεται η οικονομική αξιολόγηση δεν περιλαμβάνει εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ.

**Πίνακας 2.4** Οικονομική αξιολόγηση της αντικατάστασης των ατμολεβήτων με λέβητες θερμού νερού

Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης, C	362.620 €
Ετήσιο λειτουργικό όφελος, ft	81.590 €
Επιτόκιο αναγωγής, d	5%
Απλή περίοδος αποπληρωμής, PB	4,4 έτη
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, DPB	5,2 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία, NPV (σε 20 έτη)	654.177 €
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης, IRR (σε 20 έτη)	22,1%



### 3 ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΨΥΞΗΣ ΧΩΡΩΝ

#### 3.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Προτείνεται η αντικατάσταση δύο (2) υφιστάμενων αερόψυκτων ψυκτών: του ψύκτη (CLIMAVENETA) των χειρουργείων του κτιρίου ΚΤ4 και του ψύκτη (HITACHI) ο οποίος βρίσκεται εκτός λειτουργίας στο δώμα του κτιρίου ΚΤ5α, με νέους ψύκτες υψηλής ενεργειακής απόδοσης.

Ο υφιστάμενος αερόψυκτος ψύκτης νερού είναι τύπου Climaveneta WRAT LN 0602, ψυκτικού μέσου R22 ονομαστικής ψυκτικής ισχύος 109 kW. Είναι τοποθετημένος στο εξωτερικό περιβάλλον δίπλα από το μικρό κτίριο το οποίο στεγάζει την ΚΚΜ των χειρουργείων και της οποίας το ψυκτικό στοιχείο τροφοδοτεί μέσω μεταλλικής σωλήνωσης μικρού μήκους.



**Εικόνα 3.1** Ο υφιστάμενος αερόψυκτος ψύκτης (CLIMAVENETA) των χειρουργείων του κτιρίου ΚΤ4



**Εικόνα 3.2** Δίκτυο σωληνώσεων από τον αερόψυκτο ψύκτη προς το μηχανοστάσιο της ΚΚΜ των χειρουργείων του κτιρίου ΚΤ4



**Εικόνα 3.3** Ο υφιστάμενος αερόψυκτος ψύκτης (HITACHI) του κτιρίου ΚΤ5α

### 3.2 ΝΕΟΙ ΑΕΡΟΨΥΚΤΟΙ ΨΥΚΤΕΣ

Οι επεμβάσεις στο δίκτυο ψύξης των χειρουργείων του κτιρίου ΚΤ4 και του δώματος του ΚΤ5α θα περιλαμβάνουν:

- Την αποσύνδεση των υφιστάμενων αερόψυκτων ψυκτών από τα δίκτυα σωληνώσεων και παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και τη μεταφορά τους σε χώρο ο οποίος θα υποδειχθεί από την επίβλεψη του έργου για αποθήκευση ή επαναχρησιμοποίηση.
- Την αποξήλωση του εξωτερικού δικτύου σωληνώσεων από τον υφιστάμενο αερόψυκτο ψύκτη των χειρουργείων του ΚΤ4 έως το σημείο εισόδου των σωληνώσεων στο κτίριο της ΚΚΜ. Στο σημείο κοπής θα τοποθετηθούν φλάντζες σύνδεσης.
- Την προμήθεια και εγκατάσταση δύο (2) νέων αερόψυκτων ψυκτών ονομαστικής ισχύος τουλάχιστον ίσης με τους υφιστάμενους. Οι νέοι αερόψυκτοι ψύκτες θα είναι ενδεικτικού τύπου Daikin EWAQ 115 XS ονομαστικής ψυκτικής ισχύος 117 kW και απόδοσης σε ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας EER=3,20. Οι εργασίες τοποθέτησης θα περιλαμβάνουν και τις συνδέσεις με τα δίκτυα σωληνώσεων και ηλεκτρικής τροφοδοσίας αλλά και αυτοματισμού των εγκαταστάσεων.
- Τοποθέτηση νέου δικτύου σωληνώσεων από την έξοδο του αερόψυκτου ψύκτη των χειρουργείων προς το υφιστάμενο δίκτυο τροφοδοσίας του ψυκτικού στοιχείου της ΚΚΜ. Οι νέες σωληνώσεις θα είναι πλαστικές σωληνώσεις πολυπροπυλενίου τυποποίησης SDR 11, κατάλληλες για χρήση σε δίκτυα θέρμανσης – ψύξης. Μάλιστα για μείωση των απωλειών και αντοχή στο χρόνο προτείνεται να γίνει χρήση πολυστρωματικών προμονωμένων σωληνώσεων πολυπροπυλενίου.

### 3.3 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΟΝΩΣΕΩΝ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ - ΨΥΞΗΣ

Στα πλαίσια της παρούσας οικονομοτεχνικής μελέτης εξετάζονται και αντικαθίστανται τα εξής δίκτυα σωληνώσεων:

- Παροχής θερμικής ενέργειας από το κεντρικό λεβητοστάσιο προς τα μηχανοστάσια των κτιρίων ΚΤ4, ΚΤ5α, ΚΤ5β συμπεριλαμβανομένων και των συνδέσεων των νέων λεβήτων ζεστού νερού.
- Παροχής θερμικής ενέργειας από τους διανομείς των μηχανοστασίων των εξεταζόμενων κτιρίων προς τα υφιστάμενα δίκτυα θερμού νερού.
- Σύνδεσης του νέου αερόψυκτου ψύκτη νερού τροφοδοσίας της ΚΚΜ των χειρουργείων του κτιρίου 4 με την υφισταμένη εγκατάσταση.

### 3.4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

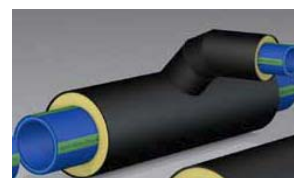
Εξετάζεται η αναβάθμιση του συστήματος ψύξης, που θα περιλαμβάνει:

- (1) Την αντικατάσταση των δύο (2) προτεινόμενων αερόψυκτων ψυκτών με **νέους αερόψυκτους ψύκτες**, απόδοσης σε ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας **EER=3,20** τουλάχιστον

Ενδεικτικός τύπος: DAIKIN EWAQ 115 XS



- (2) **Προμονωμένος σωλήνας** με μόνωση πολυουρεθάνης και εξωτερική προστασία από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο, πολυστρωματικός σωλήνας πολυπροπυλενίου (PP-Randon) 3ης γενιάς με φράγμα οξυγόνου κατά DIN 4726, SDR 11 κατά DIN 8077 / 78, ονομαστικής διατομής από DN 25 έως DN125



### 3.5 ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται το κόστος αντικατάστασης των δύο (2) αερόψυκτων ψυκτών και το δίκτυο διανομής με προμονωμένους σωλήνες PP που εξυπηρετεί τον ψύκτη των χειρουργείων.

**Πίνακας 3.1** Κόστος αντικατάστασης μονάδων ψύξης

A/A	Είδος Εργασίας	Μονάδα	Ποσότητα	Τιμή	Δαπάνη μερική
3.1	Αερόψυκτος ψύκτης ενδεικτικού τύπου Daikin EWAQ115G-XS	Τεμ.	2,00	24.500 €	49.000 €
3.2	Προμονωμένος με μόνωση πολυουρεθάνης και εξωτερική προστασία από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο, πολυστρωματικός σωλήνας πολυπροπυλενίου (PP-Randon) 3ης γενιάς με φράγμα οξυγόνου κατά DIN 4726., SDR 11 κατά DIN 8077 / 78, ονομαστικής διατομής DN 65	m	16,00	29 €	470 €
3.3	Δικλείδα, τύπου πεταλούδας, με άξονα από AISI 304 και δίσκο από AISI 316, με μηχανισμό με χειρισμό χειροκίνητο ονομαστικής πίεσεως 10atm διαμέτρου 65mm	Τεμ.	2,00	180 €	360 €
3.4	Ζεύγος φλαντζών περαστές συγκόλλησης για σύνδεση χαλυβδοσωλήνων ονομ. πίεσεως 6atm διαμέτρου Φ 65mm	Ζευγ.	4,00	130 €	520 €
<b>Άθροισμα Εργασιών κατηγορίας:</b>					<b>50.350 €</b>



### 3.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας εκτιμάται βάσει του προγράμματος ΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ και παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας 3.2** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το υπάρχον κτίριο

Υπάρχον κτίριο													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	32,3	24,3	17,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,1	27,4	122,1
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	40,6	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	108,8
Υγρανση	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3
ΖΝΧ	1,5	1,3	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	13,5
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	78,1	59,5	43,2	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	36,0	66,9	304,5
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	20,4	27,0	25,0	0,9	0,0	0,0	0,0	74,2
ΖΝΧ	3,9	3,5	3,6	3,2	2,8	2,3	2,1	2,1	2,3	2,8	3,2	3,7	35,6
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός	5,5	5,0	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	64,6
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	87,5	68,0	52,3	24,3	9,2	28,0	34,6	32,6	8,5	13,3	44,5	76,2	478,9
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )					Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )							
► Ηλεκτρισμός	157,4					155,7							
Πετρέλαιο	0,0					0,0							
Φυσικό αέριο	321,6					63,0							
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0					0,0							
Ηλιακή	0,0					0,0							
Βιομάζα	0,0					0,0							
Γεωθερμία	0,0					0,0							
Άλλο ΑΠΕ	0,0					0,0							
Σύνολο	478,9					218,7							

**Πίνακας 3.3** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το σενάριο αντικατάστασης των αερόψυκτων ψυκτών

Σενάριο 1													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	32,3	24,3	17,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,1	27,4	122,1
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	40,6	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	108,8
Υγρανση	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3
ΖΝΧ	1,5	1,3	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	13,5
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	78,1	59,5	43,2	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	36,0	66,9	304,5
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	20,2	26,7	24,8	0,9	0,0	0,0	0,0	73,5
ΖΝΧ	3,9	3,5	3,6	3,2	2,8	2,3	2,1	2,1	2,3	2,8	3,2	3,7	35,6
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός	5,5	5,0	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	64,6
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	87,5	68,0	52,3	24,3	9,2	27,8	34,4	32,3	8,5	13,3	44,5	76,2	478,3
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )					Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )							
► Ηλεκτρισμός	156,7					155,0							
Πετρέλαιο	0,0					0,0							
Φυσικό αέριο	321,6					63,0							
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0					0,0							
Ηλιακή	0,0					0,0							
Βιομάζα	0,0					0,0							
Γεωθερμία	0,0					0,0							
Άλλο ΑΠΕ	0,0					0,0							
Σύνολο	478,3					218,0							

Η συγκεκριμένη επέμβαση κρίνεται επιβεβλημένη λόγω της κατάργησης της χρήσης του ψυκτικού μέσου R22 του ενός αερόψυκτου ψύκτη και των προβλημάτων λειτουργίας του δεύτερου. Από την συγκεκριμένη επέμβαση προκύπτει **εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας: 2 kWh/m<sup>2</sup>**.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> )				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	60,7	348,5	348,5
	Ψύξη	118,1	215,1	213,1
	ZNX	17,3	36,2	36,2
	Φωτισμός	153,9	187,4	187,4
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	350,0	787,2	785,2
	Κατάταξη	-	E	E

Με κόστος αντικατάστασης των αερόψυκτων ψυκτών, το οποίο υπολογίζεται σε **50.350 €** χωρίς εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ, η απόσβεση της επέμβασης όπως προκύπτει με την απλή μέθοδο αποπληρωμής του προγράμματος TEE-KENAK, ανέρχεται σε **24,7 έτη**.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Λειτουργικό κόστος (€)	391.629,9	834.929,1	832.892,6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			50.350,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			2,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			0,2
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1,4
	Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			0,7
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			24,7

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα οικονομικά στοιχεία για την οικονομική αξιολόγηση της επέμβασης αντικατάστασης των αερόψυκτων ψυκτών. Η οικονομική αξιολόγηση γίνεται με βάση τους οικονομικούς δείκτες: της Έντοκης περιόδου αποπληρωμής, DPB της Καθαρής Παρούσας Αξίας, NPV (σε 20 έτη) και του Εσωτερικού βαθμού απόδοσης, IRR (σε 20 έτη).

Επισημαίνεται ότι ο προϋπολογισμός με βάση τον οποίο γίνεται η οικονομική αξιολόγηση δεν περιλαμβάνει εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ.

**Πίνακας 3.4** Οικονομική αξιολόγηση επέμβασης της αντικατάστασης τοπικών μονάδων ψύξης με πολυδιαιρούμενο σύστημα κλιματισμού με μεταβαλλόμενη παροχή ψυκτικού μέσου (VRV)

Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης, C	50.350 €
Ετήσιο λειτουργικό όφελος, ft	2.037 €
Επιτόκιο αναγωγής, d	5%
Απλή περίοδος αποπληρωμής, PB	24,7 έτη
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, DPB	>25 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία, NPV (σε 20 έτη)	-24.971 €
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης, IRR (σε 20 έτη)	1,9%

## 4 ΠΡΟΤΑΣΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

### 4.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Ο φωτισμός των εσωτερικών χώρων του κτιρίου, σε όλες τις ζώνες τεχνητού φωτισμού υλοποιείται στη συντριπτική πλειοψηφία με συμβατικά φωτιστικά σώματα οροφής ή ψευδοροφής, χωρίς κάλυμμα και με λαμπτήρες φθορισμού, ισχύος 58W, 36W ή 18 W. Σε χώρους υγιεινής υφίστανται κυρίως φωτιστικά σώματα επίτοιχα, είτε με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού ενώ συναντώνται σε μεμονωμένες περιπτώσεις λαμπτήρες πυράκτωσης ισχύος 60W ή 80W. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται τύποι φωτιστικών σωμάτων που καταγράφηκαν κατά την διεξαγωγή της επιθεώρησης.



**Εικόνα 4.1** Φωτιστικά σώματα συστήματος τεχνητού φωτισμού

Όπως έχει αναφερθεί αναλυτικά και στο τεύχος της ενεργειακής επιθεώρησης, η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού ανά θερμική ζώνη ανέρχεται στις τιμές του παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 4.1** Ισχύς φωτισμού ανά θερμική ζώνη υφιστάμενης κατάστασης

A/A	Περιγραφή Ζώνης	Συνολική επιφάνεια	Συνολική ισχύς φωτισμού
-	-	m <sup>2</sup>	kW
1	Θερμική Ζώνη 1	2.884,00	26,44
2	Θερμική Ζώνη 2	4.402,53	35,72
3	Θερμική Ζώνη 3	5.836,00	52,13
4	Θερμική Ζώνη 4	1.184,00	14,92
5	Θερμική Ζώνη 5	224,07	37,20
6	Θερμική Ζώνη 6	264,51	11,11
7	Θερμική Ζώνη 7	2.678,75	36,17
	<b>Σύνολο</b>	<b>17.473,86</b>	<b>213,69</b>

## 4.2 ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

### 4.2.1 ΝΕΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ

Για τον περιορισμό της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και την αύξηση της στάθμης φωτισμού των χώρων ώστε αυτή να εναρμονίζεται με τα υφιστάμενα πρότυπα φωτισμού (ELOT EN 12464-01) προτείνεται η αντικατάσταση όλων των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων με λαμπτήρες φθορισμού από σύγχρονα φωτιστικά σώματα που διαθέτουν λαμπτήρες LED (Light Emitting Diode).

Τα νέα φωτιστικά σώματα θα διαθέτουν ορθογωνική ή τετραγωνική μορφή και θα εγκαθίστανται σε όσο το δυνατόν πιο παραπλήσια θέση με τα φωτιστικά σώματα που αφαιρούνται. Η τροφοδοσία των νέων φωτιστικών σωμάτων θα πραγματοποιείται από την κοντινότερη υφιστάμενη κλέμμη που τροφοδοτεί ένα από τα παλιά φωτιστικά σώματα. Δεδομένου ότι η ισχύς των νέων φωτιστικών σωμάτων είναι μειωμένη κατά το ήμισυ σχεδόν συγκριτικά με τα υφιστάμενα, το ονομαστικό ρεύμα, το μέσο προστασίας (ασφάλεια τήξεως ή μικροαυτόματος) και το καλώδιο τροφοδοσίας τους θεωρείται ότι πληρούν τις απαιτήσεις του προτύπου ELOT HD384.

Τα νέα φωτιστικά σώματα θα διαθέτουν προδιαγραφή για περιορισμό εμφάνισης του φαινομένου της θάμβωσης (Unified Glare Rating). Όλα τα νέα φωτιστικά σώματα θα είναι κατάλληλα για στήριξη στην οροφή του κτιρίου και η ανάρτηση τους θα γίνει από νέα UPAT που θα τοποθετήσει το συνεργείο εγκατάστασης.

Η ηλεκτρική σύνδεση των νέων φωτιστικών θα είναι η ίδια με αυτήν που εξυπηρετεί επί τους παρόντος τα υφιστάμενα φωτιστικά σώματα. Δεδομένου ότι επί του παρόντος, η απαιτούμενη στάθμη φωτισμού των χώρων εργασίας δεν επιτυγχάνεται (σε ποσοστό μεγαλύτερο του 30% - σύμφωνα με τη Κ.Υ.Α. Δ6/Β/14826/17-6-2008) και η ελάχιστη εγκατεστημένη ισχύς ( $W/m^2$ ) γενικού φωτισμού της ενεργειακής αναβάθμισης υπολογίζεται ανάλογα με την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού ( $lx$ ) ανάλογα με την χρήση του χώρου του παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 4.2** Τυπικές τιμές πυκνότητας ισχύος φωτισμού ανά 100lux, για επιθεώρηση κτιρίων όταν ο υπό εξέταση χώρος είναι υποφωτισμένος κατά Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701/2017

Φωτιστικά με λαμπτήρες	Πυκνότητα ισχύος ανά 100lx [ $W/m^2/100lx$ ]
Απλός πυράκτωσης (έχει καταργηθεί)	27,0
Πυράκτωσης αλογόνου	16,6
Ατμών υδραργύρου (έχει καταργηθεί)	7,0
Ατμών νατρίου υψηλής πίεσης	4,2
Συμπαγής φθορισμού (συμπεριλαμβανομένου του ballast)	4,5
Γραμμικός φθορισμού T8 (halophosphate συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτρομαγνητικού ballast)	4,2
Γραμμικός φθορισμού T8 (triphosphor συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτρονικού ballast)	3,4
Γραμμικός φθορισμού T5 (συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτρονικού ballast)	3,2
Ατμών μεταλλικών αλογονιδίων (συμπεριλαμβανομένου ηλεκτρομαγνητικού στραγγαλιστικού πηνίου (ballast))	5,2
<b>Φωτοдиодοι (LED) με ενσωματωμένο driver</b>	<b>2,5</b>

Το σενάριο αντικατάστασης φωτιστικών σωμάτων προβλέπει την χρήση φωτιστικών σωμάτων με λαμπτήρες LED (φωτοδίοδοι) με ενσωματωμένο driver και πυκνότητα ισχύος 2,5W ανά τετραγωνικό μέτρο και ανά 100lux. Στον πίνακα της επόμενης σελίδας παρατίθεται ο υπολογισμός της εγκατεστημένης ισχύος φωτιστικών σωμάτων LED για κάθε ζώνη τεχνητού φωτισμού.

Τα νέα φωτιστικά σώματα θα διαθέτουν δείκτη θάμβωσης (Unified Glare Rating) μικρότερο του είκοσι (20) ενώ προτείνεται για την επίτευξη των τιμών φωτεινής ροής, η επιλογή θερμοκρασίας χρώματος 4000°K. Η θερμοκρασία χρώματος επιτρέπεται να είναι και μικρότερη (2700°K ή 3000°K) εφόσον το φωτιστικό σώμα έχει μεγαλύτερη απόδοση (lm/W). Τα αναλυτικά τεχνικά χαρακτηριστικά θα προκύψουν κατά το στάδιο της μελέτης εφαρμογής.

Η διαδικασία αντικατάστασης των φωτιστικών σωμάτων θα είναι:

- Διακοπή της ηλεκτροδότησης στον Γενικό Πίνακα Χαμηλής Τάσης των κτιρίων.
- Αφαίρεση εγκατεστημένων λαμπτήρων φθορισμού και αποσύνδεση κλέμματος τροφοδοσίας παλαιών φωτιστικών σωμάτων.
- Αποξήλωση παλαιών φωτιστικών σωμάτων.
- Τοποθέτηση νέων φωτιστικών σωμάτων και διασύνδεση της κλέμματος τροφοδοσίας.
- Έλεγχος ηλεκτρικής εγκατάστασης κατά ΚΕΝΕ (για εγκαταστάσεις προ 2004) ή κατά ΕΛΟΤ HD 384 (για εγκαταστάσεις μετά το 2004).

**Πίνακας 4.3** Υπολογισμός εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού ανά θερμική ζώνη με φωτοδιόδους LED

		Συνολική Επιφάνεια	1000 lx			500 lx			300 lx			200 lx			100 lx			
		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> /100lx	P	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> /100lx	P	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> /100lx	P	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> /100lx	P	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> /100lx	P	P total(kW)
1	Θερμική Ζώνη 1	2.884,00	0,00	2,50	0,00	853,00	2,50	10,66	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	2031,00	2,50	5,08	15,74
2	Θερμική Ζώνη 2	4.402,53	0,00	2,50	0,00	993,87	2,50	12,42	0,00	2,50	0,00	127,71	2,50	0,64	3280,95	2,50	8,20	21,26
3	Θερμική Ζώνη 3	5.836,00	0,00	2,50	0,00	1534,00	2,50	19,18	0,00	2,50	0,00	440,00	2,50	2,20	3862,00	2,50	9,66	31,03
4	Θερμική Ζώνη 4	1.184,00	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	1184,00	2,50	8,88	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	8,88
5	Θερμική Ζώνη 5	224,07	224,07	2,50	5,60	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	5,60
6	Θερμική Ζώνη 6	264,51	264,51	2,50	6,61	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	6,61
7	Θερμική Ζώνη 7	2.678,75	0,00	2,50	0,00	1467,29	2,50	18,34	0,00	2,50	0,00	63,86	2,50	0,32	1147,60	2,50	2,87	21,53
	<b>Σύνολα</b>	<b>17.473,86</b>																<b>110,66</b>



Η νέα απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού ανέρχεται σε 110,66 kW αντί για 213,69 kW που υπολογίζεται στην υφιστάμενη κατάσταση. Η μείωση της εγκατεστημένης ισχύος ανέρχεται σε ποσοστό 48,21% (σχεδόν μισή της υφιστάμενης).




**Πίνακας 4.4** Συγκριτική ισχύς φωτισμού ανά θερμική ζώνη πριν και μετά την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού

A/A	Περιγραφή Ζώνης	Συνολική επιφάνεια	Συνολική ισχύς φωτισμού (Πριν την παρέμβαση)	Συνολική ισχύς φωτισμού (Μετά την παρέμβαση)	Ποσοστό εξοικονόμησης
-	-	m <sup>2</sup>	kW	kW	%
1	Θερμική Ζώνη 1	2.884,00	26,44	15,74	40,48
2	Θερμική Ζώνη 2	4.402,53	35,72	21,26	40,48
3	Θερμική Ζώνη 3	5.836,00	52,13	31,03	40,48
4	Θερμική Ζώνη 4	1.184,00	14,92	8,88	40,48
5	Θερμική Ζώνη 5	224,07	37,20	5,60	84,94
6	Θερμική Ζώνη 6	264,51	11,11	6,61	40,48
7	Θερμική Ζώνη 7	2.678,75	36,17	21,53	40,48
	<b>Σύνολο</b>	<b>17.473,86</b>	<b>213,69</b>	<b>110,66</b>	<b>48,22</b>

Δεδομένου, ότι η νέα ισχύς προκύπτει υπολογιστικά, για την εκτίμηση του προϋπολογισμού χρησιμοποιούνται τεχνικές προδιαγραφές και αποδόσεις φωτιστικών σωμάτων των μεγαλύτερων κατασκευαστών φωτιστικών σωμάτων παγκοσμίως ώστε να προκύψει η μέση καταναλισκόμενη ισχύς ανά φωτιστικό σώμα και κατ' επέκταση το πλήθος των απαιτούμενων φωτιστικών σωμάτων για το σύνολο των θερμικών ζωνών. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά για φωτιστικά σώματα οροφής, ορθογωνικής ή τετραγωνικής μορφής τα οποία προορίζονται για την αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων φθορισμού (1/2x36, 1/2x58, 2/4x18 κλπ.).

**Πίνακας 4.5** Τεχνικά χαρακτηριστικά διαθέσιμων φωτιστικών σωμάτων

Κατασκευαστής	Φωτογραφία	Διαστάσεις	Φωτεινή Ροή	Ισχύς	UGR
		mm	lm	W	
iGuzzini		600 x 600	3.640	30,4	< 20
ZUMTOBEL		636 x 636	4.590	40,0	< 20
Philips		600 x 600	3.700	32,0	< 20
Μέση Τιμή			3.977	34,1	

Κατασκευαστής	Φωτογραφία	Διαστάσεις	Φωτεινή Ροή	Ισχύς	UGR
iGuzzini		1.196 x 296	3.743	39.4	< 20
ZUMTOBEL		1.218 x 268	3.770	31,3	< 20
Philips		1200 x 200	3.700	32,0	<20
Μέση Τιμή			3.738	34,2	

Αποδεικνύεται ότι η μέση τιμή των 34Watt ανά φωτιστικό σώμα αποτελεί αντιπροσωπευτικό δείγμα. Το πλήθος των φωτιστικών σωμάτων και το κόστος εγκατάστασης τους υπολογίζεται ανά θερμική ζώνη:

**Πίνακας 4.6** Υπολογισμός πλήθους φωτιστικών σωμάτων και κόστους

A/A	Περιγραφή Ζώνης	Συνολική επιφάνεια	Συνολική ισχύς φωτισμού (Μετά την παρέμβαση)	Μέση Ισχύς ανά φωτιστικό σώμα	Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	Κόστος ανά φωτιστικό σώμα	Σύνολο
-	-	m <sup>2</sup>	kW	kW	Τεμάχια	€	€
1	Θερμική Ζώνη 1	2.884,00	15,74	0,034	463	180,00	83.340
2	Θερμική Ζώνη 2	4.402,53	21,26	0,034	625	180,00	112.500
3	Θερμική Ζώνη 3	5.836,00	31,03	0,034	912	180,00	164.160
4	Θερμική Ζώνη 4	1.184,00	8,88	0,034	261	180,00	46.980
5	Θερμική Ζώνη 5	224,07	5,60	0,034	164	180,00	29.520
6	Θερμική Ζώνη 6	264,51	6,61	0,034	194	180,00	34.920
7	Θερμική Ζώνη 7	2.678,75	21,53	0,034	633	180,00	113.940
	<b>Σύνολο</b>	<b>17.473,86</b>	<b>110,66</b>	<b>0,034</b>	<b>3.252</b>	<b>-</b>	<b>585.360</b>



### 4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας εκτιμάται βάσει του προγράμματος ΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ και παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας 4.7** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το υπάρχον κτίριο

Υπάρχον κτίριο													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	32,3	24,3	17,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,1	27,4	122,1
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	40,6	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	108,8
Υγρανση	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3
ΖΝΧ	1,5	1,3	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	13,5
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	78,1	59,5	43,2	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	36,0	66,9	304,5
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	20,4	27,0	25,0	0,9	0,0	0,0	0,0	74,2
ΖΝΧ	3,9	3,5	3,6	3,2	2,8	2,3	2,1	2,1	2,3	2,8	3,2	3,7	35,6
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός	5,5	5,0	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	64,6
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	87,5	68,0	52,3	24,3	9,2	28,0	34,6	32,6	8,5	13,3	44,5	76,2	478,9
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )												Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
► Ηλεκτρισμός	157,4												155,7
Πετρέλαιο	0,0												0,0
Φυσικό αέριο	321,6												63,0
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0												0,0
Ηλιακή	0,0												0,0
Βιομάζα	0,0												0,0
Γεωθερμία	0,0												0,0
Άλλο ΑΠΕ	0,0												0,0
Σύνολο	478,9												218,7

**Πίνακας 4.8** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το σενάριο της επέμβασης στον φωτισμό με φωτιστικά λαμπτήρων LED

Σενάριο 1													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	34,2	25,8	18,2	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	15,2	29,2	130,2
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,3	38,3	35,2	0,0	0,0	0,0	0,0	101,8
Υγρανση	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3
ΖΝΧ	1,5	1,3	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	13,5
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	82,2	62,9	45,8	16,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	38,6	70,8	322,6
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	19,1	25,6	23,6	0,9	0,0	0,0	0,0	70,1
ΖΝΧ	3,9	3,5	3,6	3,2	2,8	2,3	2,1	2,1	2,3	2,8	3,2	3,7	35,6
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός	3,1	2,8	3,1	3,0	3,1	3,0	3,1	3,1	3,0	3,1	3,0	3,1	36,9
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	89,3	69,2	52,6	23,1	6,9	24,4	30,9	28,9	6,2	11,3	44,8	77,7	465,2
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )												Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
► Ηλεκτρισμός	125,7												124,3
Πετρέλαιο	0,0												0,0
Φυσικό αέριο	339,5												66,5
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0												0,0
Ηλιακή	0,0												0,0
Βιομάζα	0,0												0,0
Γεωθερμία	0,0												0,0
Άλλο ΑΠΕ	0,0												0,0
Σύνολο	465,2												190,9

Η συγκεκριμένη επέμβαση κρίνεται επιβεβλημένη λόγω της αυξημένης κατανάλωσης ενέργειας στον φωτισμό. Από την συγκεκριμένη επέμβαση προκύπτει σημαντική **εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας: 73,1 kWh/m<sup>2</sup>.**

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> )				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	60.7	348.5	367.4
	Ψύξη	118.1	215.1	203.4
	ΖΝΧ	17.3	36.2	36.2
	Φωτισμός	153.9	187.4	107.1
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	350.0	787.2	714.1
	Κατάταξη	-	E	E

Με κόστος επέμβασης για την αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων φθορισμού με φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες LED το οποίο υπολογίζεται σε **585.360 €** χωρίς εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ, η απόσβεση της επέμβασης στον φωτισμό του κτιρίου όπως προκύπτει με την απλή μέθοδο αποπληρωμής του προγράμματος TEE-KENAK, ανέρχεται σε **7,7 έτη**.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Λειτουργικό κόστος (€)	391,629.9	834,929.1	759,126.3
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			585,360.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			73.1
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			9.3
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.4
	Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			27.8
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			7.7

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα οικονομικά στοιχεία για την οικονομική αξιολόγηση της επέμβασης στον φωτισμό με φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες LED. Η οικονομική αξιολόγηση γίνεται με βάση τους οικονομικούς δείκτες: της Έντοκης περιόδου αποπληρωμής, DPB της Καθαρής Παρούσας Αξίας, NPV (σε 20 έτη) και του Εσωτερικού βαθμού απόδοσης, IRR (σε 20 έτη).

Επισημαίνεται ότι ο προϋπολογισμός με βάση τον οποίο γίνεται η οικονομική αξιολόγηση δεν περιλαμβάνει εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ.

**Πίνακας 4.9** Οικονομική αξιολόγηση επέμβασης στον φωτισμό με φωτιστικά σώματα λαμπτήρων LED

Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης, C	585.360 €
Ετήσιο λειτουργικό όφελος, ft	75.803 €
Επιτόκιο αναγωγής, d	5%
Απλή περίοδος αποπληρωμής, PB	<b>7,7 έτη</b>
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, DPB	<b>10,0 έτη</b>
Καθαρή Παρούσα Αξία, NPV (σε 20 έτη)	<b>359,310 €</b>
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης, IRR (σε 20 έτη)	<b>11,5%</b>

## 5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ (BMS)

### 5.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Σε κάθε Η/Μ εγκατάσταση τα περιφερειακά συστήματα αυτοματισμών έχουν σαν σκοπό την διαχείριση και τον έλεγχο των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των απαιτήσεων των θερμικών ζωνών και των χρηστών τους.

Οι αυτοματισμοί του συστήματος θέρμανσης του Νοσοκομείου επί του παρόντος είναι απαρχαιωμένοι με εξαιρετικά περιορισμένες δυνατότητες ελέγχου. Οι χειρισμοί πραγματοποιούνται από το τεχνικό προσωπικό σε τοπικό επίπεδο (χωρίς απομακρυσμένο έλεγχο) ενώ η επίτευξη της βέλτιστης ενεργειακής συμπεριφοράς και η συνολική επιτήρηση των εγκαταστάσεων δεν είναι εφικτές. Παράλληλα η αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης θα δημιουργήσει νέες απαιτήσεις αυτοματισμών και ελέγχων που δεν καλύπτονται από τα υπάρχοντα υλικά.

Οι αυτοματισμοί των Κεντρικών Κλιματιστικών Μονάδων (ΚΚΜ) είναι επίσης απαρχαιωμένοι. Από έρευνα αγοράς και επαφή με τους κατασκευαστές των μονάδων ελέγχου (Siemens) διαπιστώθηκε ότι οι τύποι των ελεγκτών ήταν διαθέσιμοι στο εμπόριο προ 15ετίας και διέθεταν εξαιρετικά περιορισμένες δυνατότητες διασύνδεσης και επικοινωνίας. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται μια λίστα των διαθέσιμων μονάδων ελέγχου των ΚΚΜ.

**Πίνακας 5.1** Κατάλογος τοπικών ελεγκτών ΚΚΜ

A/A	Περιοχή εγκατάστασης	Περιγραφή θέσης / Κωδικοποίηση	Κατασκευαστής	Μονάδα ελέγχου
1	Πτέρυγα 4	ΚΚΜ Χειρουργείων	Carel	pCO <sup>XS</sup>
2	Πτέρυγα 5 <sup>A</sup>	ΚΚΜ U 1.1	Siemens - Landis & Staefa	RWX62.732
3	Πτέρυγα 5 <sup>A</sup>	ΚΚΜ U 1.2	Siemens - Landis & Staefa	RWX62.732
4	Πτέρυγα 5 <sup>A</sup>	ΚΚΜ U 1.3	Siemens - Landis & Staefa	RWX62.732
5	Πτέρυγα 5 <sup>A</sup>	ΚΚΜ U 1.4	Siemens - Landis & Staefa	RWX62.732
6	Πτέρυγα 5 <sup>A</sup>	ΚΚΜ 5 - Aeroclima DAIKIN RYP200B8W1	No controller (ON/OFF)	-
7	Πτέρυγα 5 <sup>A</sup>	ΚΚΜ 6 - Aeroclima DAIKIN RYP200B8W1	No controller (ON/OFF)	-
8	Πτέρυγα 5 <sup>A</sup>	ΚΚΜ - Βόρειο τμήμα πλησίον κεντρικού κορμού	Siemens - Landis & Staefa	RWX62.732
9	Πτέρυγα 5 <sup>B</sup>	ΚΚΜ – Εξώστης	Siemens	RLU220
10	Πτέρυγα 5 <sup>B</sup>	ΚΚΜ No 1	Siemens	RWX62.732/509
11	Πτέρυγα 5 <sup>B</sup>	ΚΚΜ No 1	Siemens	RWX62.732/509

Οι τύποι των υφιστάμενων μονάδων ελέγχου παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες.



**Εικόνα 5.1** Μονάδες ελέγχου ΚΚΜ Χειρουργείου (Αριστερά) - ΚΚΜ U1.4 (δεξιά)





**Εικόνα 5.2** Μονάδες ελέγχου ΚΚΜ κυρίως χώρου (Αριστερά) - ΚΚΜ Νο1 (δεξιά)

Εντός των υφιστάμενων χώρων συνάθροισης κοινού (κοινόχρηστοι χώροι, αίθουσες αναμονών, κλπ.) δεν καταγράφηκαν συστήματα ή εξοπλισμός μηχανικού αερισμού (ανεμιστήρες προσαγωγής ή απαγωγής αέρα). Κατ' επέκταση εγκατάσταση μονάδων ελέγχου ή μπουτόν εκκίνησης-στάσης των συστημάτων αυτών δεν υφίστανται.

## 5.2 ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

### 5.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Για την αναβαθμισμένη λειτουργία του νέου συστήματος θέρμανσης και των υφιστάμενων Κεντρικών Κλιματιστικών Μονάδων προβλέπεται η εγκατάσταση Κεντρικού Συστήματος Διαχείρισης (**B**uilding **M**anagement **S**ystem - BMS) με ψηφιακούς ελεγκτές άμεσου ελέγχου. Το Κεντρικό Σύστημα Διαχείρισης (ΚΣΔ) θα είναι σε θέση να διενεργεί εκτεταμένες λειτουργίες μετρήσεων, παρακολούθησης, ελέγχου, και βελτιστοποίησης των απαραίτητων λειτουργιών για την επίτευξη θερμικής άνεσης και υψηλής ποιότητας αέρα για τους χρήστες.

Το ΚΣΔ θα διαθέτει αρχιτεκτονική τριών λειτουργικών επιπέδων:

- Το επίπεδο διαχείρισης
- Το επίπεδο αυτοματισμού
- Το επίπεδο συσκευών πεδίου (συλλογή πληροφοριών)

**Το επίπεδο διαχείρισης** θα αποτελείται από έναν κεντρικό σταθμό (Η/Υ) ο οποίος θα περιέχει την γραφική απεικόνιση των εγκαταστάσεων με την οποία ο χρήστης θα αλληλοεπιδρά με τις συσκευές του επιπέδου αυτοματισμών και πεδίου. Κατ' επέκταση ο χρήστης θα αλληλοεπιδρά με τις ίδιες τις εγκαταστάσεις. Λειτουργίες που θα υποστηρίζονται στο επίπεδο διαχείρισης θα είναι:

- Οπτικοποίηση και διαχείριση γεγονότων
- Οπτικοποίηση και έλεγχος των κρίσιμων γεγονότων/συναγερμών
- Αυτόματη επισήμανση των κρίσιμότερων γεγονότων κατά προτεραιότητα
- Άμεση πλοήγηση στο στοιχείο που δημιουργεί έναν συναγερμό ή γεγονός
- Γρήγορη πλοήγηση σε συγκεκριμένες λειτουργίες που παρέχουν οδηγίες στον χειριστή και γραφική αναπαράσταση για την τοποθεσία των γεγονότων
- Αυτόματη αποστολή αναφορών και συναγερμών μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.
- Παραγωγή και προγραμματισμός αυτόματου ιστορικού αναφορών.
- Χρήση χρονοπρογραμμάτων λειτουργίας
- Δημιουργία προφίλ χρηστών
- Εξασφάλιση απομακρυσμένης πρόσβασης χρηστών

**Το επίπεδο αυτοματισμού** θα αποτελείται από ψηφιακούς ελεγκτές με ενσωματωμένη ευφυΐα, οι οποίοι θα προγραμματίζονται τοπικά ή αποκεντρωμένα και θα έχουν ικανότητα αυτόνομης λειτουργίας. Οι ελεγκτές θα διαθέτουν δυνατότητα να ρυθμίζουν, να ελέγχουν, να μετρούν, να παρακολουθούν και να καταγράφουν τον εγκατεστημένο εξοπλισμό (Σύστημα θέρμανσης/ΚΚΜ). Οι ψηφιακοί ελεγκτές θα διαθέτουν προ-εγκατεστημένες ψηφιακές και αναλογικές εισόδους/εξόδους ενώ σε περίπτωση που απαιτούνται επιπλέον εισοδοί ή εξοδοί, οι ελεγκτές θα είναι πλήρως επεκτάσιμοι μέσω καρτών

εισόδων/εξόδων(modules). Η επικοινωνία των ελεγκτών αναμεταξύ τους αλλά και με το επίπεδο διαχείρισης θα πραγματοποιείται μέσω πρωτοκόλλου BACnet/IP με ταχύτητες έως 100Mbps.

Το **επίπεδο συσκευών πεδίου** θα αποτελείται από το σύνολο των αισθητηρίων μέτρησης (ηλιακή ακτινοβολία, παροχή θερμού ρευστού, θερμοκρασία, υγρασία, στάθμη ρευστών, μέτρηση θερμικής/ηλεκτρικής ενέργειας) και εξαρτημάτων ελέγχου (2-οδες, τρίοδες βάνες, inverter αντλιών κλπ.) που θα χρησιμοποιηθούν για την έναυση και την παύση, τον έλεγχο, την παρακολούθηση, την ρύθμιση και βελτιστοποίηση των εγκαταστάσεων.

### 5.2.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Λόγω της φύσης του συστήματος, αμφίδρομη μετάδοση πληροφοριών θα πραγματοποιείται τόσο μεταξύ των ψηφιακών ελεγκτών (επίπεδο αυτοματισμού) όσο και μεταξύ του επιπέδου αυτοματισμού και του επιπέδου διαχείρισης.

Η μετάδοση πληροφοριών θα πραγματοποιηθεί ενσύρματα μέσω τυποποιημένου πρωτοκόλλου Ethernet IP LAN 10/100Mbps. Η μέθοδος υλοποίησης θα είναι η παρακάτω:

- Κάθε ψηφιακός ελεγκτής θα συνδεθεί μέσω συνεστραμμένου καλωδίου FTP τεσσάρων ζευγών κατηγορίας 6 με τον πλησιέστερο **ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ** κατανεμητή δεδομένων (ικρίωμα rack 19") που χρησιμοποιείται για την κάλυψη τηλεπικοινωνιακών αναγκών του Νοσοκομείου. Πρακτικά θα καταληφθεί μια θύρα RJ45 από την μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) του τοπικού δικτύου.
- Ο κεντρικός σταθμός (H/Y) θα συνδεθεί μέσω συνεστραμμένου καλωδίου FTP τεσσάρων ζευγών κατηγορίας 6 με τον πλησιέστερο **ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ** κατανεμητή δεδομένων (ικρίωμα rack 19") που χρησιμοποιείται για την κάλυψη τηλεπικοινωνιακών αναγκών του Νοσοκομείου.


Η μετάδοση πληροφοριών μεταξύ των συσκευών πεδίου των ψηφιακών ελεγκτών θα ακολουθήσει τις συμβατικές μεθόδους επικοινωνίας με σήματα μεταβλητής τάσης (0-10V) ή έντασης ρεύματος (4-20mA) για τα αναλογικά σήματα και ψυχρών επαφών κλειστών ή ανοιχτών για την μεταφορά σήματος DC ή AC για τα ψηφιακά σήματα.

### 5.2.3 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ

Το σύνολο του αυτοματισμού που αφορά το νέο σύστημα θέρμανσης θα εγκατασταθεί εντός μεταλλικού πίνακα (επίτοιχου/επιδαπέδιου - ανάλογα με το πλήθος και το μέγεθος των υλικών) ο οποίος θα χαρακτηρίζεται ως Απομακρυσμένο Κέντρο Ελέγχου (Α.Κ.Ε.). Ο βαθμός προστασίας του πίνακα θα πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον ίσος με IP41. Κάθε ΑΚΕ θα περιλαμβάνει:

- Τα μέσα προστασίας για τα κυκλώματα ισχύος (Αυτόματοι Διακόπτες Ισχύος, Διακόπτες φορτίου κλπ.)
- Τους ψηφιακούς ελεγκτές του επιπέδου αυτοματισμών
- Τα τροφοδοτικά των ψηφιακών ελεγκτών
- Τυχόν ρυθμιστές στροφών
- Τις ενδεικτικές λυχνίες τάσης και σημάτων LED
- Την ειδική σήμανση επαφών, συνδέσεων και συνδέσμων

Οι αυτοματισμοί των ΚΚΜ θα εγκατασταθούν στον διαθέσιμο χώρο που θα προκύψει μετά την αφαίρεση των **ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ** ελεγκτών (Πίνακας 5.1) από τους επίσης **ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥΣ** πίνακες αυτοματισμών.

 Πριν την διασύνδεση των νέων ψηφιακών ελεγκτών και την θέση τους σε λειτουργία θα πρέπει να επιβεβαιωθεί η κατάσταση και η λειτουργικότητα των συσκευών πεδίου (θερμόμετρα, μανόμετρα, υγρόμετρα, παροχόμετρα κλπ) που είναι εγκατεστημένες στις έντεκα (11) υφιστάμενες Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες. Εφόσον οι συσκευές πεδίου έχουν καταστραφεί ή μεταφέρουν εσφαλμένες μετρήσεις θα πρέπει να αντικατασταθούν από νέες.

### 5.2.4 ΣΗΜΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΣΔ (BMS)

Στον πίνακα της επόμενης σελίδας παρουσιάζονται ενδεικτικά τα σημεία ελέγχου των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Τα σημεία αυτά δύναται να είναι ψηφιακά σήματα εισόδου (DI)/εξόδου(DO), αναλογικά σήματα εισόδου (AIP/AIA) / εξόδου (AIA) ή σήματα πρωτοκόλλων επικοινωνίας όπως (MODBus, Profinet, BACnet, BACnet IP, KNX κλπ.).

Πίνακας 5.2 Ενδεικτικά σημεία ελέγχου εγκατάστασης

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ BMS								
A/A	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΕΛΕΓΧΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ	DI	DO	AIP	AIA	AO
1	ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ	ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΛΕΒΗΤΑΣ 1		1			
2		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΛΕΒΗΤΑΣ 1	1				
3		ΕΝΔΕΙΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΛΕΒΗΤΑΣ 1	1				
4		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΛΕΒΗΤΑΣ 2		1			
5		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΛΕΒΗΤΑΣ 2	1				
6		ΕΝΔΕΙΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΛΕΒΗΤΑΣ 2	1				
7		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΛΕΒΗΤΑΣ 3		1			
8		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΛΕΒΗΤΑΣ 3	1				
9		ΕΝΔΕΙΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΛΕΒΗΤΑΣ 3	1				
10		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ			1		
11		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ			1		
12		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΓΩΓΗ ΛΕΒΗΤΑ 1			1		
13		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΛΕΒΗΤΑ 1			1		
14		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΓΩΓΗ ΛΕΒΗΤΑ 2			1		
15		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΛΕΒΗΤΑ 2			1		
16		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΓΩΓΗ ΛΕΒΗΤΑ 3			1		
17		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΛΕΒΗΤΑ 3			1		
18		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ 1		2			
19		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΝΤΛΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ 1	2				
20		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΕΠΑΦΗ ΑΝΤΛΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ 1	2				
21		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΡΟΗΣ 1	2				
22		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ 2		2			
23		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΝΤΛΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ 2	2				
24		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΕΠΑΦΗ ΑΝΤΛΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ 2	2				
25		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΡΟΗΣ 2	2				
26		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ 3		2			
27		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΝΤΛΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ 3	2				
28		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΕΠΑΦΗ ΑΝΤΛΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ 3	2				
29		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΡΟΗΣ 3	2				
30		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΑΝΤΛΙΑ Α ΠΤΕΡΥΓΑ 4 (ΔΙΔΥΜΗ)		2			
31		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΝΤΛΙΑΣ Α ΠΤΕΡΥΓΑ 4 (ΔΙΔΥΜΗ)	2				
32		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΕΠΑΦΗ ΑΝΤΛΙΑΣ Α ΠΤΕΡΥΓΑ 4 (ΔΙΔΥΜΗ)	2				
33	ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ	ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΑΝΤΛΙΑ Β ΠΤΕΡΥΓΑ 4 (ΔΙΔΥΜΗ)		2			
34		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΝΤΛΙΑΣ Β ΠΤΕΡΥΓΑ 4 (ΔΙΔΥΜΗ)	2				
35		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΕΠΑΦΗ ΑΝΤΛΙΑΣ Β ΠΤΕΡΥΓΑ 4 (ΔΙΔΥΜΗ)	2				
36		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΡΟΗ	2				
37		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΑΝΤΛΙΑ Α ΠΤΕΡΥΓΑ 5Α (ΔΙΔΥΜΗ)		2			
38		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΝΤΛΙΑΣ Α ΠΤΕΡΥΓΑ 5Α (ΔΙΔΥΜΗ)	2				
39		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΕΠΑΦΗ ΑΝΤΛΙΑΣ Α ΠΤΕΡΥΓΑ 5Α (ΔΙΔΥΜΗ)	2				
40		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΑΝΤΛΙΑ Β ΠΤΕΡΥΓΑ 5Α (ΔΙΔΥΜΗ)		2			
41		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΝΤΛΙΑΣ Β ΠΤΕΡΥΓΑ 5Α (ΔΙΔΥΜΗ)	2				
42		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΕΠΑΦΗ ΑΝΤΛΙΑΣ Β ΠΤΕΡΥΓΑ 5Α (ΔΙΔΥΜΗ)	2				
43		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΡΟΗΣ	2				
44		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΑΝΤΛΙΑ Α ΠΤΕΡΥΓΑ 5Β (ΔΙΔΥΜΗ)		2			
45		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΝΤΛΙΑΣ Α ΠΤΕΡΥΓΑ 5Β (ΔΙΔΥΜΗ)	2				
46		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΕΠΑΦΗ ΑΝΤΛΙΑΣ Α ΠΤΕΡΥΓΑ 5Β (ΔΙΔΥΜΗ)	2				
47		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΑΝΤΛΙΑ Β ΠΤΕΡΥΓΑ 5Β (ΔΙΔΥΜΗ)		2			
48		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΝΤΛΙΑΣ Β ΠΤΕΡΥΓΑ 5Β (ΔΙΔΥΜΗ)	2				
49		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΕΠΑΦΗ ΑΝΤΛΙΑΣ Β ΠΤΕΡΥΓΑ 5Β (ΔΙΔΥΜΗ)	2				
50		ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΡΟΗΣ	2				
51		ΡΥΘΜΙΣΗ ΘΕΣΗΣ	3-ΟΔΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ 4					1
52		ΡΥΘΜΙΣΗ ΘΕΣΗΣ	3-ΟΔΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ 5Α					1
53		ΡΥΘΜΙΣΗ ΘΕΣΗΣ	3-ΟΔΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ 5Β					1
54		ΡΥΘΜΙΣΗ ΘΕΣΗΣ	3-ΟΔΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ 5Β					1

Α/Α	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΕΛΕΓΧΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ	DI	DO	AIP	AIA	AO
55	BOILER	ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	BOILER 1 ΠΤΕΡΥΓΑ 4			1		
56		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	BOILER 2 ΠΤΕΡΥΓΑ 4			1		
57		ΡΥΘΜΙΣΗ ΘΕΣΗΣ	3-ΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ 4					1
58		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΑΝΤΛΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ 4	1				
59		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΝΤΛΙΑΣ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ 4	1				
60		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ	ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΗΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ			2		
61		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΑΝΤΛΙΑ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ	1				
62		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΝΤΛΙΑΣ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ	1				
63		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΔΟΧΕΙΟ ΑΠΟΘ. 1 ΠΤΕΡ.5Α - 1Η ΜΕΤΡΗΣΗ			1		
64		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΔΟΧΕΙΟ ΑΠΟΘ. 1 ΠΤΕΡ.5Α - 2Η ΜΕΤΡΗΣΗ			1		
65	BOILER	ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΔΟΧΕΙΟ ΑΠΟΘ. 2 ΠΤΕΡ.5Α - 1Η ΜΕΤΡΗΣΗ			1		
66		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΔΟΧΕΙΟ ΑΠΟΘ. 2 ΠΤΕΡ.5Α - 2Η ΜΕΤΡΗΣΗ			1		
67		ΡΥΘΜΙΣΗ ΘΕΣΗΣ	3-ΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΟΧΕΙΟΥ 1 ΠΤΕΡ.5Α					1
68		ΡΥΘΜΙΣΗ ΘΕΣΗΣ	3-ΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΟΧΕΙΟΥ 2 ΠΤΕΡ.5Α					1
69		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	2-ΟΔΟΣ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΛΕΒΗΤΑ ΔΟΧΕΙΟΥ 1 ΠΤΕΡ. 5Α	1				
70		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	2-ΟΔΟΣ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΛΕΒΗΤΑ ΔΟΧΕΙΟΥ 2 ΠΤΕΡ. 5Α	1				
71		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ	ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΗΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΟΧΕΙΩΝ 1+2 ΠΤΕΡ.5Α			2		
72		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	BOILER ΖΝΧ ΠΤΕΡ. 5Α - 1Η ΜΕΤΡΗΣΗ			1		
73		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	BOILER ΖΝΧ ΠΤΕΡ. 5Α - 2Η ΜΕΤΡΗΣΗ			1		
74		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	2-ΟΔΟΣ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΛΕΒΗΤΑ BOILER ΖΝΧ ΠΤΕΡ. 5Α	1				
75		ΡΥΘΜΙΣΗ ΘΕΣΗΣ	3-ΟΔΟΣ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΖΝΧ ΠΤΕΡ. 5Α					1
76		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΑΝΤΛΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΖΝΧ ΠΤΕΡ. 5Α	1				
77		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΝΤΛΙΑΣ ΖΝΧ ΠΤΕΡ. 5Α	1				
78		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΔΟΧΕΙΟ ΑΠΟΘ. 1 ΠΤΕΡ.5Β - 1Η ΜΕΤΡΗΣΗ			1		
79		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΔΟΧΕΙΟ ΑΠΟΘ. 1 ΠΤΕΡ.5Β - 2Η ΜΕΤΡΗΣΗ			1		
80		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΔΟΧΕΙΟ ΑΠΟΘ. 2 ΠΤΕΡ.5Β - 1Η ΜΕΤΡΗΣΗ			1		
81		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΔΟΧΕΙΟ ΑΠΟΘ. 2 ΠΤΕΡ.5Β - 2Η ΜΕΤΡΗΣΗ			1		
82		ΡΥΘΜΙΣΗ ΘΕΣΗΣ	3-ΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΟΧΕΙΟΥ 1 ΠΤΕΡ.5Β					1
83		ΡΥΘΜΙΣΗ ΘΕΣΗΣ	3-ΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΔΟΧΕΙΟΥ 2 ΠΤΕΡ.5Β					1
84		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	2-ΟΔΟΣ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΛΕΒΗΤΑ ΔΟΧΕΙΟΥ 1 ΠΤΕΡ.5Β	1				
85		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	2-ΟΔΟΣ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΛΕΒΗΤΑ ΔΟΧΕΙΟΥ 2 ΠΤΕΡ.5Β	1				
86		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ	ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΗΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΟΧΕΙΩΝ 1+2 ΠΤΕΡ.5Β			2		
87		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	BOILER ΖΝΧ ΠΤΕΡ. 5Β - 1Η ΜΕΤΡΗΣΗ			1		
88		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	BOILER ΖΝΧ ΠΤΕΡ. 5Β - 2Η ΜΕΤΡΗΣΗ			1		
89		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	2-ΟΔΟΣ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΛΕΒΗΤΑ BOILER ΖΝΧ ΠΤΕΡ. 5Β	1				
90		ΡΥΘΜΙΣΗ ΘΕΣΗΣ	3-ΟΔΟΣ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΖΝΧ ΠΤΕΡ. 5Β					1
91		ΕΚΚΙΝΗΣΗ / ΣΤΑΣΗ	ΑΝΤΛΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΖΝΧ ΠΤΕΡ. 5Β	1				
92		ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ ΑΝΤΛΙΑΣ ΖΝΧ ΠΤΕΡ. 5Β	1				
93		ΜΕΤΡΗΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ			1		
94		ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜ/ΥΓΡΑΣΙΑΣ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ				2	
95		ΕΝΔΕΙΞΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΑΝΟΙΚΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟ ΑΠΟΖΕΥΚΤΩΝ	2				
96	ΚΚΜ	ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ	ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ	128	32	128		16

### 5.3 ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Για την διασύνδεση και την λειτουργία των συσκευών του επιπέδου διαχείρισης (Η/Υ, monitor, περιφερειακά) θα χρησιμοποιηθούν οι υφιστάμενοι ρευματοδότες του χώρου εγκατάστασης (230V, 50Hz). Μεταξύ του δικτύου Χαμηλής Τάσης και της μονάδας διαχείρισης θα παρεμβάλλεται ένα σύστημα αδιάλειπτης λειτουργίας UPS.

Ανάλογα συστήματα αδιάλειπτης λειτουργίας θα τροφοδοτούν τους ψηφιακούς ελεγκτές του συστήματος θέρμανσης και των ΚΚΜ μονάδων. Η εγκατάσταση των συστημάτων UPS θα πραγματοποιηθεί στο εσωτερικό των πινάκων αυτοματισμού.



**5.4 ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ**

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται η προεκτίμηση κόστους εγκατάστασης του συστήματος αυτοματισμών και ελέγχου των εγκαταστάσεων (BMS).

**Πίνακας 5.3** Κόστος εγκατάστασης συστήματος αυτοματισμών και ελέγχου των εγκαταστάσεων (BMS)

Α/Α	Είδος Εργασίας	Μονάδα	Ποσότητα	Τιμή	Δαπάνη μερική
5.1	Θερμοστατική κεφαλή θερμαντικού σώματος αντιβανδαλιστικού τύπου με προϋθμιση ενδεικτικού τύπου Danfoss RA-DV με ρυθμιστή RA 2920	Τεμ.	1.270	85,00 €	107.950 €
5.2	Λογισμικό επισκόπησης και ελέγχου στον Σταθμό Διαχείρισης ενδεικτικού τύπου Siemens CCA-CORE- FSET + CCA-200-BA (BACnet)-[BEMS]	κ.α.	1	3.760 €	3.760 €
5.3	Ελεγκτές BACnet IP & Κάρτες I/O ενδεικτικού τύπου Siemens PXCxx-E.D./TXM1.xx-[BEMS]	κ.α.	1	18.400 €	18.400 €
5.4	Αισθητήρια πεδίου (Θερμόμετρα, Διακόπτες ροής, kWh) ενδεικτικού τύπου Siemens QAE/QFA/QVE-[BEMS]	κ.α.	1	3.990 €	3.990 €
5.5	Θερμιδομετρητές & Gateways συστήματος ενδεικτικού τύπου Siemens UH50/TXA-[BEMS]	κ.α.	1	6.160 €	6.160 €
5.6	Η/Υ Σταθμού Διαχείρισης ενδεικτικού τύπου Quest Xrand i7-6700-[BEMS]	Τεμ.	1	1.920 €	1.920 €
5.7	Υπηρεσίες προγραμματισμού συστήματος στον Σταθμό Διαχείρισης και fine tuning-[BEMS]	κ.α.	1	5.400 €	5.400 €
5.8	Καλωδιώσεις αυτοματισμών και δικτύων ενδεικτικό'υ τύπου Cablel LiYCY / FTP cat 6 / H05VV-R-[BEMS]	κ.α.	1	4.400 €	4.400 €
5.9	Επίτοιχοι μεταλλικοί πίνακες αυτοματισμών (ΑΚΕ) και Πύλλα μεταλλικά IP65 Ηλιακών Θερμικών ενδεικτικού τύπου ABB ArTu L(πίνακες) και KYBA(Pillar)-[BEMS]	κ.α.	1	3.800 €	3.800 €
5.10	Ψηφιακός πίνακας λέβητα, Πίνακας ελέγχου cascade λεβήτων, Module typ KNX/BM/BS για επικοινωνία του συστήματος με το σύστημα ελέγχου του κτιρίου	κ.α.	1	5.500 €	5.500 €
<b>Άθροισμα Εργασιών κατηγορίας:</b>					<b>161.280 €</b>

### 5.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας εκτιμάται βάσει του προγράμματος ΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ και παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας 5.4** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το υπάρχον κτίριο

Υπάρχον κτίριο														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	32,3	24,3	17,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,1	27,4	122,1	
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	40,6	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	108,8	
Υγρανση	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3	
ZNX	1,5	1,3	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	13,5	
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	78,1	59,5	43,2	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	36,0	66,9	304,5	
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	20,4	27,0	25,0	0,9	0,0	0,0	0,0	74,2	
ZNX	3,9	3,5	3,6	3,2	2,8	2,3	2,1	2,1	2,3	2,8	3,2	3,7	35,6	
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Φωτισμός	5,5	5,0	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	64,6	
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Σύνολο	87,5	68,0	52,3	24,3	9,2	28,0	34,6	32,6	8,5	13,3	44,5	76,2	478,9	
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )										Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )			
► Ηλεκτρισμός	157,4										155,7			
Πετρέλαιο	0,0										0,0			
Φυσικό αέριο	321,6										63,0			
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0										0,0			
Ηλιακή	0,0										0,0			
Βιομάζα	0,0										0,0			
Γεωθερμία	0,0										0,0			
Άλλο ΑΠΕ	0,0										0,0			
Σύνολο	478,9										218,7			

**Πίνακας 5.5** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το σενάριο εγκατάστασης του συστήματος αυτοματισμών και ελέγχου των εγκαταστάσεων (BMS)

Σενάριο 1														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	32,3	24,3	17,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,1	27,4	122,1	
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	40,6	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	108,8	
Υγρανση	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3	
ZNX	1,5	1,3	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	13,5	
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	78,1	59,5	43,2	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	36,0	66,9	304,5	
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	20,2	26,7	24,8	0,9	0,0	0,0	0,0	73,5	
ZNX	3,9	3,5	3,6	3,2	2,8	2,3	2,1	2,1	2,3	2,8	3,2	3,7	35,6	
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Φωτισμός	5,5	5,0	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	64,6	
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Σύνολο	87,5	68,0	52,3	24,3	9,2	27,8	34,4	32,3	8,5	13,3	44,5	76,2	478,3	
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )										Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )			
► Ηλεκτρισμός	156,7										155,0			
Πετρέλαιο	0,0										0,0			
Φυσικό αέριο	321,6										63,0			
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0										0,0			
Ηλιακή	0,0										0,0			
Βιομάζα	0,0										0,0			
Γεωθερμία	0,0										0,0			
Άλλο ΑΠΕ	0,0										0,0			
Σύνολο	478,3										218,0			

Η συγκεκριμένη επέμβαση κρίνεται επιβεβλημένη λόγω της ανάγκης για αναβάθμιση της κατηγορίας των διατάξεων ελέγχου και των αυτοματισμών των Η/Μ συστημάτων των κτιρίων του συγκροτήματος. Από την συγκεκριμένη επέμβαση προκύπτει σημαντική **εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας: 126,1 kWh/m<sup>2</sup>**.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> )				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	60,7	348,5	271,3
	Ψύξη	118,1	215,1	166,2
	ΖΝΧ	17,3	36,2	36,2
	Φωτισμός	153,9	187,4	187,4
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	350,0	787,2	661,1
	Κατάταξη	-	E	E

Με κόστος εγκατάστασης του συστήματος αυτοματισμών και ελέγχου των εγκαταστάσεων (BMS), το οποίο υπολογίζεται σε **161.280 €** χωρίς εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ, η απόσβεση της επέμβασης όπως προκύπτει με την απλή μέθοδο αποπληρωμής του προγράμματος ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, ανέρχεται σε **1,2 έτη**.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Λειτουργικό κόστος (€)	391.629,9	834.929,1	700.417,5
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			161.280,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			126,1
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			16,0
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,1
	Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			32,3
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			1,2

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα οικονομικά στοιχεία για την οικονομική αξιολόγηση της επέμβασης εγκατάστασης του συστήματος αυτοματισμών και ελέγχου των εγκαταστάσεων (BMS). Η οικονομική αξιολόγηση γίνεται με βάση τους οικονομικούς δείκτες: της Έντοκης περιόδου αποπληρωμής, DPB της Καθαρής Παρούσας Αξίας, NPV (σε 20 έτη) και του Εσωτερικού βαθμού απόδοσης, IRR (σε 20 έτη).

Επισημαίνεται ότι ο προϋπολογισμός με βάση τον οποίο γίνεται η οικονομική αξιολόγηση δεν περιλαμβάνει εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ.

**Πίνακας 5.6** Οικονομική αξιολόγηση επέμβασης της εγκατάστασης του συστήματος αυτοματισμών και ελέγχου των εγκαταστάσεων (BMS)

Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης, C	161.280 €
Ετήσιο λειτουργικό όφελος, ft	134.512 €
Επιτόκιο αναγωγής, d	5%
Απλή περίοδος αποπληρωμής, PB	1,2 έτη
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, DPB	1,3 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία, NPV (σε 20 έτη)	1.515.032 €
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης, IRR (σε 20 έτη)	83,4%

## 6 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΖΝΧ

### 6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Προτείνεται η εγκατάσταση επιλεκτικών επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για την κάλυψη μέρους των αναγκών σε Ζεστό Νερό Χρήσης (ΖΝΧ) των κτιρίων ΚΤ5α και ΚΤ5β του Νοσοκομείου.

Η εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών προτείνεται να γίνει σε ελεύθερο χώρο στην ΝΑ πλευρά του κτιρίου ΚΤ5δ και θα πραγματοποιηθεί σύμφωνα με το άρθρο 1 της Υ.Α. 36720/6-9-2010 (ΦΕΚ376/6-9-2010) «Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικοπέδα εντός σχεδίου περιοχών, και σε οικισμούς», στο οποίο καθορίζονται οι όροι και οι διαδικασίες εγκατάστασης ηλιακών συστημάτων. Συγκεκριμένα προβλέπεται και επιτρέπεται η εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων στους ακάλυπτους χώρους των οικοπέδων που βρίσκονται σε περιοχές εντός σχεδίου και εντός οικισμών μετά από έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας.

Επίσης σύμφωνα με το άρθρο 17, παρ. 7η του Ν. 4067/2012 (ΦΕΚ 79 Α/09-04-2012) «Νέος Οικοδομικός Κανονισμός» επιτρέπεται επί των ακάλυπτων χώρων του οικοπέδου και εφόσον καλύπτεται η υποχρέωση για φύτευση, η εγκατάσταση ενεργητικών ηλιακών συστημάτων, που κατασκευάζονται σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς.

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (§ 6.3.1) κατά την διαστασιολόγηση (σχεδιασμό) του συστήματος ηλιακών συλλεκτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μεθοδολογίες όπως, η ωριαία προσομοίωση λειτουργίας του συστήματος, οι μέθοδοι που αναφέρονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15316.4-3:2008, η μέθοδος καμπυλών  $f$  των S. Klein, W.A. Beckman και J.A Duffie, που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Wincosin και οποιαδήποτε άλλη αναγνωρισμένη αναλυτική ή μη μέθοδος εφαρμόζεται μέχρι σήμερα. Στην μελέτη διαστασιολόγησης του συστήματος ηλιακών συλλεκτών πρέπει να αναφέρεται η μέθοδος και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αναλυτικά, ενώ είναι υποχρεωτική η αναφορά των αποτελεσμάτων για την τεκμηρίωση του ποσοστού κάλυψης του φορτίου ΖΝΧ.

Για τον υπολογισμό του φορτίου κάλυψης των ηλιακών συλλεκτών στην παρούσα μελέτη, εφαρμόστηκε η μέθοδος καμπυλών  $f$  (S. Klein, W.A. Beckman και J.A Duffie). Η μέθοδος αυτή, δίνει περίπου τα ίδια αποτελέσματα για την κάλυψη του φορτίου ζεστού νερού χρήσης, με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού όπως δίνεται από το Ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 12976.2:2006 και για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης είναι επαρκής.

### 6.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΖΝΧ

#### 6.2.1 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΖΝΧ

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, όπως ορίζεται στον πίνακα 2.5, η κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ) για τα Νοσοκομεία είναι:

- Ημερήσια κατανάλωση ΖΝΧ: 80 lt/άτομο για Νοσοκομείο κάτω των 500 κλινών ή
- Ετήσια κατανάλωση ΖΝΧ: 29,2 m<sup>3</sup>/κλίνη/έτος για Νοσοκομείο κάτω των 500 κλινών ή

Διευκρινίζεται πως εάν η κατανάλωση ΖΝΧ του νοσοκομείου (π.χ. ανά κλίνη), έχει προσδιοριστεί σε μία θερμική ζώνη του κτιρίου (π.χ. αίθουσες ασθενών, δωμάτια), δεν πρέπει να προσδιοριστεί ξανά σε άλλη θερμική ζώνη (π.χ. στα μαγειρεία του νοσοκομείου).

**Πίνακας 6.1** Υπολογισμός ετήσιας και μηνιαίας κατανάλωσης ΖΝΧ

Κτίριο - Πτέρυγα	Αριθμός κλινών	Ετήσια κατανάλωση ΖΝΧ, m <sup>3</sup>	Ημερήσια κατανάλωση ΖΝΧ, lt
Κτίριο 5α	51	1.489,20	4.080
Κτίριο 5β	112	3.270,40	8.960
<b>Σύνολο</b>	<b>161</b>	<b>4.759,60</b>	<b>13.040</b>

Έτσι η συνολική ημερήσια κατανάλωση για Ζ.Ν.Χ στα κτίρια – πτέρυγες 5α και 5β ανέρχεται σε: **13.040 lt/ημέρα** δηλ. **13,0 m<sup>3</sup>/ημέρα**.

Η μέση θερμοκρασία του ΖΝΧ ορίζεται στους 45°C, ενώ οι μέσες θερμοκρασίες νερού δικτύου ύδρευσης για την πόλη της Θεσσαλονίκης, όπως ορίζονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών Περιοχών», δίνονται στον πίνακα 6.2.

### 6.2.2 ΗΜΕΡΗΣΙΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΖΝΧ

Το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο  $Q_d$  σε (kWh/day) για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου σε ΖΝΧ δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q_d = V_d \cdot \frac{c_p}{3600} \cdot \rho \cdot \Delta T$$

όπου:

$V_d$  : το ημερήσιο φορτίο (lt /ημέρα),

$\rho$  : η μέση πυκνότητα του ΖΝΧ (kg/lt),

$c_p$  : η ειδική θερμότητα του νερού (kJ/(kg·K)),

$\Delta T$  : η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ νερού δικτύου και ΖΝΧ, (K) ή (°C)

Κατά τη διαστασιολόγηση του συστήματος ΖΝΧ εφαρμόστηκε η παραπάνω σχέση για τον υπολογισμό του μέσου ημερήσιου θερμικού φορτίου (kWh/ημέρα) για ΖΝΧ των Κτιρίων ΚΤ5α και ΚΤ5β για κάθε μήνα, όπως δίνεται στον Πίνακα 6.2. Οι θερμοκρασίες νερού δικτύου που χρησιμοποιήθηκαν στη διαστασιολόγηση του συστήματος ΖΝΧ, είναι μέσες μηνιαίες για την πόλη της Θεσσαλονίκης, σύμφωνα με ΕΛΟΤ 1291.

**Πίνακας 6.2** Μέση θερμοκρασία δικτύου νερού (°C) και ημερήσιο θερμικό φορτίο για ΖΝΧ των κτιρίων ΚΤ5α και ΚΤ5β του Νοσοκομείου

Μήνας	Θερμοκρασία νερού δικτύου ύδρευσης (Θεσσαλονίκη)	Ημερήσιο θερμικό φορτίο ΖΝΧ
[-]	[°C]	kWh/ημέρα
ΙΑΝ	8,2	555
ΦΕΒ	7,9	560
ΜΑΡ	9,2	540
ΑΠΡ	12,8	485
ΜΑΪ	16,8	425
ΙΟΥΝ	20,2	373
ΙΟΥΛ	21,5	354
ΑΥΓ	22,8	334
ΣΕΠ	22,1	345
ΟΚΤ	19,4	385
ΝΟΕ	15,7	441
ΔΕΚ	11,0	513

### 6.2.3 ΜΗΝΙΑΙΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΖΝΧ

Το συνολικό θερμικό φορτίο για κάθε μήνα είναι άθροισμα της ενέργειας που απαιτείται για να αποκτήσει το νερό την επιθυμητή θερμοκρασία,  $Q_w$  και των θερμικών απωλειών του δικτύου,  $Q_p$ . Δηλαδή:

$$L = Q_w + Q_p$$

Το μέσο μηνιαίο φορτίο για θέρμανση νερού  $Q_w$  (J/μήνα) υπολογίζεται από τη παρακάτω σχέση για τις ημέρες κάθε μήνα:

$$Q_w = N \cdot V_d \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_w - T_m)$$

όπου,

$N$  : ο αριθμός των ημερών του μήνα

$V_d$  : το ημερήσιο φορτίο (lt/ημέρα),

$\rho$  : η πυκνότητα του νερού (kg/lt)

- $c_p$  : η ειδική θερμότητα του νερού (J/kg·K)  
 $T_w$  : η θερμοκρασία του ζεστού νερού (°C)  
 $T_m$  : η θερμοκρασία του κρύου νερού του δικτύου (°C)

Η συνολική κατανάλωση ΖΝΧ εξαρτάται από τον αριθμό των χρηστών αλλά και το είδος τη εγκατάστασης. Η κατανάλωση αυτή υπολογίστηκε στη προηγούμενη παράγραφο.

Η θερμοκρασία του ΖΝΧ καθορίζεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 σε 45°C. Η θερμοκρασία του κρύου νερού, που προέρχεται από το δίκτυο της πόλης, εξαρτάται από τον τόπο και την εποχή του έτους. Στον πίνακα 6.2 καταγράφηκαν οι μέσες θερμοκρασίες κρύου νερού δικτύου για κάθε μήνα, για τη ζώνη Γ στην οποία ανήκει η πόλη της Θεσσαλονίκης.

Ο υπολογισμός των απωλειών του δικτύου είναι απαραίτητος, καθώς σε μεγάλες εγκαταστάσεις φτάνουν και το 30% του συνολικού φορτίου. Σε τέτοια δίκτυα υπάρχει ανακυκλοφορία του νερού με κυκλοφορητή, λόγω της μεγάλης απόστασης δεξαμενής και υποδοχέων, ώστε να υπάρχει πάντα διαθέσιμο νερό. Οι απώλειες  $Q_p$  υπολογίζονται από τις σχέσεις:

$$Q_p = N \cdot t \cdot \Sigma(U_d \cdot l_d) \text{ ή } Q_p = N \cdot t \cdot U_M \cdot l$$

όπου,

- $N$  : ο αριθμός των ημερών του μήνα  
 $t$  : ο ημερήσιος χρόνος χρήσης του δικτύου (s)  
 $U_d$  : ο συντελεστής απωλειών σωλήνα με διάμετρο  $d$  (W/m)  
 $l_d$  : το μήκος σωλήνων με διάμετρο  $d$  (m)  
 $U_M$  : ο μέσος συντελεστής απωλειών σωλήνα (W/m)  
 $l$  : το συνολικό μήκος σωλήνων (m)

Στον Πίνακα 6.3 δίνονται οι θερμικές απώλειες σωλήνων, χωρίς μόνωση και μονωμένων, ανά τρέχον μέτρο και βαθμό θερμοκρασιακής διαφοράς. Ο συντελεστής  $U_d$  είναι το γινόμενο των τιμών του Πίνακα 6.3, δηλ. της γραμμικής θερμικής μετάδοσης  $\psi_d$  και της διαφοράς θερμοκρασίας σωλήνων ( $T_i$ ) και του χώρου διέλευσης-περιβάλλοντος ( $T_a$ ):

$$U_d = \psi_d \cdot (T_i - T_a)$$

**Πίνακας 6.3** Γραμμική θερμική μετάδοση  $\psi_d$  (από πίνακες 4.8 και 4.9 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)

Ονομαστική διάμετρος	Γραμμική θερμική μετάδοση $\psi_d$ σε (W/m·K) για χαλκοσωλήνες		Ονομαστική διάμετρος	Γραμμική θερμική μετάδοση $\psi_d$ σε (W/m·K) για χαλυβδοσωλήνες	
	Χωρίς μόνωση	Σωλήνες μονωμένοι <sup>1</sup>		Χωρίς μόνωση	Σωλήνες μονωμένοι <sup>1</sup>
15	0,30	0,14	1/2"	0,37	0,14
18	0,52	0,20	3/4"	0,53	0,18
22	0,59	0,22	1"	0,67	0,22
28	0,72	0,25	1 1/4"	0,77	0,24
35	0,87	0,29	1 1/2"	0,94	0,28
42	1,00	0,32	2"	1,06	0,31
54	1,22	0,37	2 1/2"	1,29	0,36
64	1,44	0,41	3"	1,69	0,44
76	1,62	0,47	4"	1,81	0,50

<sup>1</sup> Πάχος μόνωσης  $d_m=13$  mm και συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μόνωσης  $\lambda_m=0,040$  W/m·K

Συνήθως στο κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών χρησιμοποιείται χαλκοσωλήνας, εκτός από διαμέτρους μεγαλύτερες από 1 1/2", όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί χαλυβδοσωλήνας βαρέως τύπου (πράσινη ετικέτα). Όταν δεν είναι γνωστές οι λεπτομέρειες του δικτύου υποθέτουμε ότι το δίκτυο αποτελείται από σωλήνες ενιαίας διαμέτρου, συνήθως 1 1/4". Για την εκτίμηση του συνολικού μήκους των σωληνώσεων του ηλιακού



θερμικού συστήματος, θεωρήθηκε: 0,75 m σωλήνωσης ανά μονάδα επιφάνειας συλλεκτών και προστέθηκε η απόσταση του συστήματος από τους θερμικούς σταθμούς (χώρους τοποθέτησης των δεξαμενών αποθήκης θερμού νερού και τελικής κατανάλωσης ΖΝΧ), που εκτιμήθηκε σε 700m.

Ο χρόνος χρήσης εξαρτάται από τη λειτουργία του κτιρίου και μπορεί να κυμαίνεται από 8 έως 24 ώρες. Η διάρκεια του λειτουργικού ωραρίου των Νοσοκομείων από τον Πίνακα 2.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 λαμβάνεται: 24 ώρες. Η συνάρτηση των απωλειών από το χρόνο χρήσης είναι αναλογική, όπως φαίνεται από τις δύο προηγούμενες σχέσεις. Επομένως οι απώλειες μπορούν να μειωθούν σημαντικά, αν χρησιμοποιηθεί χρονοδιακόπτης στον κυκλοφορητή ανακυκλοφορίας.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών για τα μηνιαία φορτία θέρμανσης του ΖΝΧ αλλά και των μηνιαίων θερμικών απωλειών του δικτύου δίνονται στον Πίνακα 6.4.

**Πίνακας 6.4** Υπολογισμός μηνιαίου συνολικού θερμικού φορτίου ΖΝΧ

Μήνας [-]	Ημέρες μήνα	Θερμοκρασία νερού δικτύου [°C]	Θερμοκρασι- ακή διαφορά Κ	Φορτίο ΖΝΧ [kWh/mo]	Απώλειες σωληνώσεων [kWh/mo]	Συνολικό θερμικό φορτίο [kWh/mo]
ΙΑΝ	31	8,2	36,8	17.207	4.864	22.072
ΦΕΒ	28	7,9	37,1	15.670	4.211	19.881
ΜΑΡ	31	9,2	35,8	16.737	4.270	21.007
ΑΠΡ	30	12,8	32,2	14.558	3.570	18.128
ΜΑΪ	31	16,8	28,2	13.165	3.020	16.185
ΙΟΥΝ	30	20,2	24,8	11.198	2.335	13.534
ΙΟΥΛ	31	21,5	23,5	10.963	2.123	13.085
ΑΥΓ	31	22,8	22,2	10.354	2.186	12.540
ΣΕΠ	30	22,1	22,9	10.337	2.629	12.966
ΟΚΤ	31	19,4	25,6	11.946	3.437	15.383
ΝΟΕ	30	15,7	29,3	13.240	3.986	17.226
ΔΕΚ	31	11,0	34,0	15.890	4.662	20.552
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>365</b>			<b>161.265</b>	<b>41.292</b>	<b>202.557</b>

Παρατηρούμε ότι οι απώλειες του δικτύου των σωληνώσεων αποτελούν ποσοστό τουλάχιστον 20% της απαιτούμενης όλο το χρόνο συνολικής ενέργειας για την παραγωγή ΖΝΧ.

### 6.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΖΝΧ

#### 6.3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΜΠΥΛΩΝ f ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Για τον υπολογισμό του φορτίου κάλυψης των ηλιακών συλλεκτών στην παρούσα μελέτη, εφαρμόστηκε η μέθοδος καμπυλών f (S. Klein, W.A. Beckman και J.A. Duffie). Η μέθοδος αυτή, δίνει περίπου τα ίδια αποτελέσματα για την κάλυψη του φορτίου ζεστού νερού χρήσης, με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού όπως δίνεται από το Ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 12976.2:2006, και για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης είναι επαρκής.

Η μέθοδος αφορά στον καθορισμό του ποσοστού του ολικού φορτίου που καλύπτεται από τον ήλιο, μέσω των καμπυλών f. Στη μέθοδο αυτή η κύρια μεταβλητή σχεδίασης είναι η συλλεκτική επιφάνεια, ενώ άλλες μεταβλητές είναι ο τύπος του συλλέκτη, η χωρητικότητα της δεξαμενής αποθήκευσης, ο ρυθμός ροής των ρευστών και η ροή του φορτίου και τα μεγέθη των εναλλακτών θερμότητας.

Η μέθοδος αυτή είναι αποτέλεσμα συσχετίσεων αποτελεσμάτων από πολλές εκατοντάδες προσομοιώσεις της θερμικής απόδοσης συστημάτων θέρμανσης με ηλιακή ενέργεια. Οι συνθήκες των προσομοιώσεων μεταβάλλονταν μέσα στα όρια των τιμών των παραμέτρων για τα σχέδια των συστημάτων. Τα αποτελέσματα των συσχετίσεων δίνουν το f, το κλάσμα του μηνιαίου θερμικού φορτίου που θα καλυφθεί από την ηλιακή ενέργεια, σαν συνάρτηση δύο αδιάστατων μεταβλητών X και Y.

Οι δύο αυτές αδιάστατες μεταβλητές είναι:

$$X = \frac{A_c \cdot F_R' \cdot U_L \cdot (T_{ref} - T_a) \cdot \Delta t}{L} \cdot K_2 \cdot K_3$$

$$Y = \frac{A_c \cdot F_R' \cdot (\overline{\tau\alpha}) \cdot \overline{H_T}}{L} \cdot K_4$$

και

όπου:

- $A_c$  : η επιφάνεια του συλλέκτη ( $m^2$ )
- $F_R'$  : ο βαθμός απόδοσης συλλέκτη-εναλλάκτη θερμότητας.
- $U_L$  : ο ολικός συντελεστής απωλειών του συλλέκτη ( $W/m^2K$ )
- $\Delta t$  : η χρονική περίοδος κάθε μήνα (s)
- $T_a$  : η μέση μηνιαία θερμοκρασία ημέρας ( $^{\circ}C$ )
- $T_{ref}$  : η θερμοκρασία αναφοράς, συνήθως  $100^{\circ}C$ .
- $L$  : το μέσο μηνιαίο θερμικό φορτίο (J)
- $(\overline{\tau\alpha})$  : το μέσο μηνιαίο γινόμενο συντελεστών διαπερατότητας και απορρόφησης.
- $\overline{H_T}$  : η μέση μηνιαία προσπίπτουσα ακτινοβολία στην επιφάνεια του συλλέκτη ( $J/m^2$ ).
- $K_2$  : ο συντελεστής χωρητικότητας δεξαμενής
- $K_3$  : ο συντελεστής ζεστού νερού
- $K_4$  : ο συντελεστής εναλλάκτη θερμότητας φορτίου

Οι εξισώσεις μπορούν να ξαναγραφούν ως εξής:

$$X = [F_R U_L] \cdot \left[ \frac{F_R'}{F_R} \right] \cdot (T_{ref} - T_a) \cdot \Delta t \cdot \frac{A_c}{L} \cdot K_2 \cdot K_3$$

$$Y = [F_R (\tau\alpha)_n] \cdot \left[ \frac{F_R'}{F_R} \right] \cdot \left[ \frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n} \right] \cdot \overline{H_T} \cdot \frac{A_c}{L} \cdot K_4$$

και

όπου :

- $\left[ \frac{F_R'}{F_R} \right]$  : Διορθωτικός συντελεστής συλλέκτη-εναλλάκτη ο οποίος λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και δείχνει την ωφέλιμη ισχύ σαν ποσοστό αυτής, αν δεν παρεμβαλλόταν ο εναλλάκτης.
- $\left[ \frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n} \right]$  : Διορθωτικός συντελεστής λόγω της επίδρασης της θέσης του συλλέκτη.

Τα γινόμενα  $F_R U_L$  και  $F_R (\tau\alpha)_n$  προκύπτουν από την καμπύλη απόδοσης του συλλέκτη. Το πηλίκο  $(F_R' / F_R)$ , που ονομάζεται διορθωτικός συντελεστής συλλέκτη-εναλλάκτη έχει συνήθως τιμές μεγαλύτερες από 0,90. Μια λογική τιμή είναι 0,95. Για τις τιμές του διορθωτικού συντελεστή  $(\overline{\tau\alpha}) / (\tau\alpha)_n$  έχουν ληφθεί προσεγγιστικές μέσες τιμές για όλη τη χώρα ανάλογα με την κλίση και για νότιο προσανατολισμό με απόκλιση  $10^{\circ}$  από το νότο.

Η ολική ακτινοβολία στο επίπεδο της συλλεκτικής επιφάνειας για κάθε μήνα  $\overline{H_T}$  προκύπτει από τη μέση ημερήσια ακτινοβολία  $H_T$  πολλαπλασιάζοντας με τον αριθμό ημερών του μήνα.

Ως προς τις φυσικές έννοιές τους, κατά προσέγγιση η αδιάστατη μεταβλητή  $Y$  αντιστοιχεί με το πηλίκο της ολικής ενέργειας που απορροφάται από την επιφάνεια του συλλέκτη προς το ολικό φορτίο του μήνα, ενώ η μεταβλητή  $X$  αντιστοιχεί με το πηλίκο των απωλειών του συλλέκτη προς το ολικό θερμικό φορτίο του μήνα.

**6.3.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ****6.3.2.1 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ**

Ο συντελεστής  $K_2$  προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$K_2 = (M/75)^{-0,25} \text{ για } 37,5 < M < 300$$

όπου,

$M$  : η χωρητικότητα της κύριας δεξαμενής σε  $\text{lt/m}^2$  συλλεκτικής επιφάνειας

Η αύξηση της χωρητικότητας της δεξαμενής βελτιώνει ελαφρά την ετήσια απόδοση του συστήματος. Λαμβάνοντας υπόψη το κόστος της δεξαμενής η βέλτιστη χωρητικότητα είναι από 50 έως 100 λίτρα ανά τετραγωνικό μέτρο συλλεκτικής επιφάνειας.

Προφανώς για  $M=75 \text{ lt/m}^2$  τότε  $K_2=1$ .

**6.3.2.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ**

Η μέση θερμοκρασία του νερού τροφοδοσίας  $T_m$  και η χαμηλότερη αποδεκτή θερμοκρασία του ζεστού νερού  $T_w$  επηρεάζουν την απόδοση των ηλιακών συστημάτων θέρμανσης νερού. Και οι δύο θερμοκρασίες ασκούν επίδραση στη μέση θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος και συνεπώς στις απώλειες του συλλέκτη.

Η αδιάστατη μεταβλητή  $X$  μπορεί να διορθωθεί με πολλαπλασιασμό με τον συντελεστή ζεστού νερού.

Για συστήματα αποκλειστικά παραγωγής ΖΝΧ δίνεται από τη σχέση:

$$K_3 = \frac{11,6 + 1,18T_w + 3,86T_m - 2,32\overline{T_a}}{100 - \overline{T_a}}$$

όπου,

$T_w$  : η επιθυμητή θερμοκρασία του ζεστού νερού

$T_m$  : η μέση θερμοκρασία του κρύου νερού για κάθε μήνα

$\overline{T_a}$  : η μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά την διάρκεια της ημέρας

**6.3.2.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ**

Το μέγεθος του εναλλάκτη φορτίου χαρακτηρίζεται από την αδιάστατη παράμετρο  $\varepsilon_L C_{\min}(UA)_b$ , όπου  $\varepsilon_L$  είναι ο συντελεστής εκμετάλλευσης του εναλλάκτη,  $C_{\min}$  είναι η μικρότερη από τις δύο θερμοχωρητικές παροχές σε κάθε πλευρά του εναλλάκτη και  $(UA)_b$  είναι το γινόμενο του μέσου συντελεστή θερμικής διαπερατότητας επί την επιφάνεια του κτιρίου.

Ο συντελεστής  $K_4$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_4 = 0,39 + 0,65 \cdot \exp[-0,139 \cdot (UA)_b / (\varepsilon_L C_{\min})]$$

Προφανώς στη περίπτωση συστημάτων θέρμανσης ΖΝΧ ο συντελεστής αυτός διόρθωσης λαμβάνεται:  $K_4=1$ .

Αφού προσδιοριστούν οι συντελεστές  $X$  και  $Y$  για κάθε μήνα υπολογίζεται το ποσοστό  $f$  του φορτίου που καλύπτεται από τον ήλιο, από το διάγραμμα του σχήματος 4.4 ή από τη συσχέτιση:

$$f = 1,029 \cdot Y - 0,065 \cdot X - 0,245 \cdot Y^2 + 0,0018 \cdot X^2 + 0,021 \cdot Y^3$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται το ετήσιο ποσοστό  $F$  ως εξής:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{12} f_i L_i}{\sum_{i=1}^{12} L_i}$$

όπου,

$f_i$  : το ποσοστό του φορτίου που καλύπτεται από τον ήλιο για κάθε μήνα

$L_i$  : το θερμικό φορτίο κάθε μήνα.

Κατόπιν σχεδιάζεται η καμπύλη τη ετήσιας κάλυψης σε συνάρτηση με τη συλλεκτική επιφάνεια. Δηλαδή οι συντελεστές  $X$  και  $Y$  δεν υπολογίζονται μόνο για μια τιμή της συλλεκτικής επιφάνειας αλλά για περισσότερες, ώστε να γίνει η τελική επιλογή του μεγέθους βάσει των οικονομικών δεδομένων.

#### 6.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Στη συνέχεια δίνονται τα αποτελέσματα των αναλυτικών υπολογισμών της τεχνικο-οικονομικής μελέτης διαστασιολόγησης των ηλιακών συλλεκτών για την κάλυψη μέρους του φορτίου ΖΝΧ των κτιρίων ΚΤ5α και ΚΤ5β του Νοσοκομείου.

Συγκεκριμένα μελετήθηκε η εγκατάσταση επίπεδων επιλεκτικών συλλεκτών, με κλίση  $\beta = 35^\circ$  και με νότιο καθαρά προσανατολισμό,  $\gamma = 0^\circ$ .

Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, που ενδεικτικά προτείνονται, θα είναι επιλεκτικής συλλεκτικής επιφάνειας και θα έχουν εξωτερικές διαστάσεις: 2000mm x 1000mm.

Για ένα ενδεικτικό τύπο επίπεδου συλλέκτη επιλεκτικής επιφάνειας υψηλής απόδοσης λήφθηκαν:

- Συντελεστής μηδενικών απωλειών,  $n_o = F_R(\tau\alpha)_n = 0,87$  και
- Συντελεστής θερμικής απώλειας ηλιακού συλλέκτη,  $F_R U_L = 5,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Στην συνέχεια έγιναν αναλυτικοί υπολογισμοί για το προσδιορισμό του θερμικού φορτίου κάλυψης για ΖΝΧ από τους επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, λαμβάνοντας υπόψη την βέλτιστη απαίτηση για την χωρητικότητα δεξαμενών αποθήκευσης που προτείνει η μεθοδολογία ( $75 \text{ lt/m}^2$ ) καθώς και την οικονομικότερη και αποδοτικότερη λειτουργία των ηλιακών συλλεκτών.

Με βάση τους δείκτες οικονομικής ανάλυσης: της Έντοκης περιόδου αποπληρωμής, DPB της Καθαρής Παρούσας Αξίας, NPV (σε 20 έτη) και του Εσωτερικού βαθμού απόδοσης, IRR (σε 20 έτη), εκτιμήθηκε ότι ο βέλτιστος αριθμός επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, που μπορούν να εγκατασταθούν στο υπό μελέτη κτίριο για την κάλυψη μέρους του ΖΝΧ είναι 75, δηλαδή συνολικής επιφάνειας  $150\text{m}^2$  και καθαρής συλλεκτικής επιφάνειας  $140\text{m}^2$ .

Βάσει των υπολογισμών επιλέχτηκε τελικά η εγκατάσταση 75 ηλιακών συλλεκτών κενού, συλλεκτικής επιφάνειας  $A_c=140,25\text{m}^2$ , οι οποίοι θα συνδεθούν μέσω εσωτερικών εναλλακτών (σερπαντίνα) με τέσσερις (4) προθερμαντήρες των  $2 \text{ m}^3$  έκαστος. Σε κάθε μηχανοστάσιο-θερμικό σταθμό των κτιρίων 5Α και 5Β θα εγκατασταθούν δύο (2) προθερμαντήρες των  $2 \text{ m}^3$  έκαστος και στη σειρά ένας (1) θερμομαντήρας ΖΝΧ χωρητικότητας  $1 \text{ m}^3$ . Έτσι η χωρητικότητα αποθήκευσης από το ηλιακό σύστημα θα ανέρχεται σε  $5 \text{ m}^3$  σε κάθε μηχανοστάσιο και συνολικά στα  $10 \text{ m}^3$ .

Στον Πίνακα που ακολουθεί, δίνονται συνοπτικά τα αποτελέσματα υπολογισμών για την εγκατάσταση των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών.

**Πίνακας 6.5** Αποτελέσματα υπολογισμών για κάλυψη φορτίου ΖΝΧ από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες

Μήνας	Ηλιακή ακτινοβολία σε κλίση $\beta=35^\circ$ (kWh/mo)	Μέσο μηναίο φορτίο για ΖΝΧ (kWh/mo)	Μέσο μηναίο φορτίο κάλυψης από Η.Σ. (kWh/mo)	Ποσοστό ηλιακής αξιοποίησης από Η.Σ. (%)	Ποσοστό κάλυψης φορτίου από Η.Σ. - fi (%)
ΙΑΝ	12.313	22.091	4.956	40,3%	22,4%
ΦΕΒ	12.817	19.897	5.549	43,3%	27,9%
ΜΑΡ	17.045	21.024	7.689	45,1%	36,6%
ΑΠΡ	20.155	18.142	8.951	44,4%	49,3%
ΜΑΪ	23.326	16.197	9.858	42,3%	60,9%
ΙΟΥΝ	24.806	13.543	9.803	39,5%	72,4%
ΙΟΥΛ	26.634	13.094	10.322	38,8%	78,8%
ΑΥΓ	25.520	12.548	9.733	38,1%	77,6%
ΣΕΠ	21.700	12.976	8.464	39,0%	65,2%
ΟΚΤ	17.352	15.397	6.824	39,3%	44,3%
ΝΟΕ	12.850	17.242	4.837	37,6%	28,1%
ΔΕΚ	11.361	20.570	4.205	37,0%	20,4%
<b>Σύνολο</b>	<b>225.878</b>	<b>202.721</b>	<b>91.191</b>		
<b>Μέσος όρος</b>				<b>40,4%</b>	<b>45,0%</b>

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των υπολογισμών, το μέσο ετήσιο ποσοστό κάλυψης του φορτίου για ΖΝΧ από το πεδίο των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών ανέρχεται σε  $f = 45\%$ . Τα επιμέρους μηνιαία ποσοστά κάλυψης φορτίου από τους προτεινόμενους ηλιακούς συλλέκτες κυμαίνονται από 20% έως και 79%. Η μεγαλύτερη κάλυψη (79%) παρουσιάζεται τον μήνα Ιούλιο για την δεδομένη κλίση ( $35^\circ$ ) εγκατάστασης.

Εγκατάσταση μεγαλύτερης επιφάνειας επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, παρουσιάζει σημαντική μείωση του ποσοστού ηλιακής αξιοποίησης σε σχέση με την μικρή αύξηση του ποσοστού κάλυψης του θερμικού φορτίου για ΖΝΧ, καθώς και εγκατάσταση μεγαλύτερης χωρητικότητας δεξαμενών αποθήκευσης.

## 6.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΖΝΧ

Προτείνεται η εγκατάσταση θερμικού ηλιακού συστήματος παραγωγής ΖΝΧ με επίπεδους επιλεκτικούς ηλιακούς συλλέκτες.

Η θερμική ενέργεια που θα παράγεται από το ηλιακό σύστημα, με εξαναγκασμένη κυκλοφορία του θερμικού μέσου, θα τροφοδοτεί μέσω σωληνωτού εναλλάκτη (σερπαντίνα), τα δοχεία αποθήκευσης των ηλιακών (προθερμαντήρες) παραγωγής ΖΝΧ.

Η εναλλαγή μεταξύ των δύο κυκλωμάτων τροφοδότησης θερμικής ενέργειας ανά επιμέρους θερμικό σταθμό, θα πραγματοποιείται μέσω τρίοδης αναλογικής βαλβίδας που θα καθοδηγείται από αισθητήρια θερμοκρασίας.

Τα δοχεία αποθήκευσης των ηλιακών (προθερμαντήρες) παραγωγής ΖΝΧ θα τροφοδοτούνται με νερό χρήσης από το δίκτυο της ύδρευσης (δίκτυο υπό πίεση) και θα τροφοδοτούν με προθερμασμένο νερό χρήσης, τον θερμομαντήρα τελικής κατανάλωσης ΖΝΧ, του κάθε θερμικού σταθμού των κτιρίων 5Α και 5Β του Νοσοκομείου, το οποίο με τη σειρά του θα τροφοδοτεί τις τελικές καταναλώσεις ΖΝΧ. Με τη διάταξη αυτή μεγιστοποιείται η εκμετάλλευση της παραγόμενης θερμικής ενέργειας από το ενεργητικό ηλιακό σύστημα.

Η πλήρωση του κλειστού κυκλώματος των ηλιακών συλλεκτών με διάλυμα νερού – προπυλενογλυκόλης (τουλάχιστον 20% κ.ο.) θα πραγματοποιείται μέσω αντλίας πλήρωσης η οποία θα τροφοδοτείται από δοχείο προανάμιξης. Η τροφοδοσία θα γίνεται κατά τρόπο ώστε να εξάγεται ο αέρας του κυκλώματος από τον επιπλέον σωλήνα επιστροφής και εν συνεχεία να πληρώνεται το δίκτυο με το διάλυμα.

## 6.6 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ

Αναλυτικά το ενεργητικό ηλιακό σύστημα θα περιλαμβάνει:

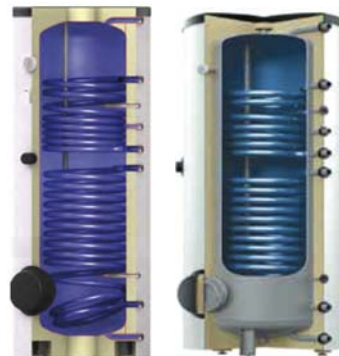
- Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες.

Θα απαιτηθούν 75 τεμάχια, επιφάνειας  $2,04 \text{ m}^2/\text{συλλέκτη}$ , επιλεκτικής συλλεκτικής απορροφητικής επιφάνειας  $1,87 \text{ m}^2/\text{συλλέκτη}$ .



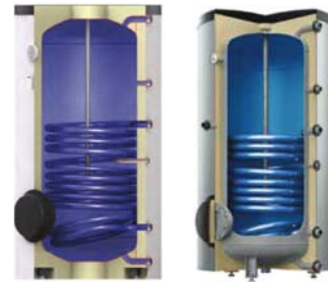
- Δοχεία αποθήκευσης ηλιακών (προθερμαντήρες) παραγωγής ΖΝΧ χωρητικότητας 2000 l, διπλής ενεργείας με εσωτερικούς εναλλάκτες (τύπου σερπαντίνας) με δυνατότητα τροφοδοσίας από το πεδίο των ηλιακών συλλεκτών και από το δίκτυο θέρμανσης των λεβήτων φυσικού αερίου.

Σε κάθε θερμικό σταθμό των κτιρίων 5Α και 5Β προτείνεται να εγκατασταθούν δύο δοχεία αποθήκευσης (προθερμαντήρες) συνολικής χωρητικότητας  $4,0 \text{ m}^3$  ( $2 \times 2 \text{ m}^3$ ) για κάθε κτίριο. Ο κάτω εναλλάκτης (σερπαντίνα) εκτιμώμενης θερμικής ισχύος: 112 kW θα τροφοδοτείται από το πεδίο των ηλιακών, ενώ ο πάνω εναλλάκτης εκτιμώμενης θερμικής ισχύος: 72 kW θα τροφοδοτείται από το δίκτυο θέρμανσης των λεβήτων φυσικού αερίου.



- Θερμαντήρας τελικής κατανάλωσης ZNX χωρητικότητας 1000 l, με εσωτερικό εναλλάκτη (τύπου σερπαντίνας) με δυνατότητα τροφοδοσίας το δίκτυο θέρμανσης των λεβήτων φυσικού αερίου.

Σε κάθε θερμικό σταθμό των κτιρίων 5Α και 5Β προτείνεται να εγκατασταθεί ένας θερμαντήρας τελικής κατανάλωσης ZNX χωρητικότητας 1,0 m<sup>3</sup> για κάθε κτίριο. Ο εναλλάκτης (σερπαντίνα) εκτιμώμενης θερμικής ισχύος: 32 kW θα τροφοδοτείται από το δίκτυο θέρμανσης των λεβήτων φυσικού αερίου για την τελική ρύθμιση της θερμοκρασίας του ZNX.



Το σύστημα των ηλιακών συλλεκτών θα είναι τοποθετημένο σε ειδικές βάσεις στον ελεύθερο χώρο στην ΝΑ πλευρά του Κτιρίου ΚΤ5δ και με νότιο προσανατολισμό.

Η τοποθέτηση των διαδοχικών σειρών-συστοιχιών των ηλιακών συλλεκτών στο έδαφος θα γίνει πάνω σε ειδικές βάσεις με γωνία κλίσης 35° και σε μεταξύ τους αποστάσεις, τέτοιες ώστε να επιτρέπεται η επίσκεψη από συντηρητή αλλά και για την περίπτωση πολλαπλών συστοιχιών που βρίσκονται η μία πίσω από την άλλη, έτσι ώστε οι πίσω συλλέκτες να σκιάζονται όσο το δυνατόν λιγότερο.

Το μέσο μεταφοράς (προπυλενογλυκόλη) θα οδηγείται προς τα κτίρια ΚΤ5α και ΚΤ5β μέσω του ειδικού μηχανοδιαδρόμου σωληνώσεων, απ' όπου βάσει της αρχής λειτουργίας και των θερμοκρασιών, θα τροφοδοτεί τις σερπαντίνες των δοχείων αποθήκευσης ηλιακών κάθε κτιρίου, τα οποία θα αποτελούν τους προθερμαντήρες του ZNX για τους θερμαντήρες τελικής κατανάλωσης ZNX σε κάθε θερμικό σταθμό και εξυπηρετούμενο κτίριο.

## 6.7 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στον προαύλειο χώρο του Νοσοκομείου και συγκεκριμένα στη ΝΑ πλευρά του Κτιρίου ΚΤ5δ, θα εγκατασταθεί σύστημα ηλιακών συλλεκτών, για την κάλυψη μέρους των αναγκών σε ZNX των κτιρίων ΚΤ5α και ΚΤ5β.



**Εικόνα 6.1** Χωροθέτηση ηλιακού θερμικού συστήματος παραγωγής ZNX

Το συγκεκριμένο σύστημα θα αποτελείται από:

- Ηλιακούς συλλέκτες επίπεδους, οι οποίοι θα τοποθετηθούν σε ειδικές βάσεις επί του εδάφους.
- Δοχεία αποθήκευσης ηλιακών (προθερμαντήρες) παραγωγής ZNX, διπλής ενεργείας με εσωτερικούς εναλλάκτες τύπου σερπαντίνας.
- Θερμαντήρα τελικής κατανάλωσης ZNX σε κάθε θερμικό σταθμό των κτιρίων ΚΤ5α και ΚΤ5β.
- Το σύστημα των ηλιακών συλλεκτών θα τροφοδοτεί τα δοχεία αποθήκευσης των ηλιακών (προθερμαντήρες ZNX) με στόχο την βέλτιστη κάλυψη του φορτίου ZNX από το ηλιακό σύστημα.



**6.8 ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ**

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται η προεκτίμηση κόστους εγκατάστασης του ηλιακού συστήματος παραγωγής ΖΝΧ.

**Πίνακας 6.6** Κόστος εγκατάστασης ηλιακού συστήματος παραγωγής ΖΝΧ

A/A	Είδος Εργασίας	Μονάδα	Ποσότητα	Τιμή	Δαπάνη μερική
6.1	Γενικές εκσκαφές σε έδαφος γαιώδες-ημιβραχώδες, με την μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής	m <sup>3</sup>	110,00	5,00 €	550,00 €
6.2	Επίχωση με προϊόντα εκσκαφών, εκβραχισμών ή κατεδαφίσεων	m <sup>3</sup>	110,00	4,50 €	495,00 €
6.3	Επίπεδοι συλλέκτες συνολικής επιλεκτικής επιφάνειας 140 m <sup>2</sup>	Τεμ.	75,00	326,02 €	24.451,50 €
6.4	Βάση ταράτσας B 30/45 Alu - Βάση Συλλέκτη για επίπεδη πλάκα	Τεμ.	15,00	58,54 €	878,10 €
6.5	Array Module 30/45 Alu	Τεμ.	60,00	53,66 €	3.219,60 €
6.6	Σετ σύνδεσης RKBL/2	Τεμ.	19,00	118,70 €	2.255,30 €
6.7	Σετ σύνδεσης RKBL/3	Τεμ.	13,00	123,58 €	1.606,54 €
6.8	Αντλία με ελεγκτή (Solar station με controller)	Τεμ.	2,00	1.282,93 €	2.565,86 €
6.9	Δεξαμενή ΖΝΧ με δύο αποσπώμενους εναλλάκτες 2000 lt - 2*5,4m <sup>2</sup>	Τεμ.	4,00	4.564,46 €	18.257,84 €
6.10	Δεξαμενή ΖΝΧ με ένα αποσπώμενο εναλλάκτη 1000 lt - 5,4m <sup>2</sup>	Τεμ.	2,00	2.028,46 €	4.056,92 €
6.11	Εργατικά για την ανάρτηση, σύνδεση ηλιοθερμικών συλλεκτών	Τεμ.	75,00	40,00 €	3.000,00 €
6.12	Σωληνώσεις και εργατικά για την εγκατάσταση υδραυλικού δικτύου (μέση τιμή για χαλκοσωλήνες από ½" έως 1½")	m	355,00	65,00 €	23.075,00 €
<b>Άθροισμα Εργασιών κατηγορίας:</b>					<b>84.411,66 €</b>

## 6.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας εκτιμάται βάσει του προγράμματος ΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ και παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας 6.7** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το υπάρχον κτίριο

Υπάρχον κτίριο														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	32,3	24,3	17,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,1	27,4	122,1	
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	40,6	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	108,8	
Υγρανση	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3	
ΖΝΧ	1,5	1,3	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	13,5	
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	78,1	59,5	43,2	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	36,0	66,9	304,5	
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	20,4	27,0	25,0	0,9	0,0	0,0	0,0	74,2	
ΖΝΧ	3,9	3,5	3,6	3,2	2,8	2,3	2,1	2,1	2,3	2,8	3,2	3,7	35,6	
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Φωτισμός	5,5	5,0	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	64,6	
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Σύνολο	87,5	68,0	52,3	24,3	9,2	28,0	34,6	32,6	8,5	13,3	44,5	76,2	478,9	
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )										Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )			
► Ηλεκτρισμός	157,4										155,7			
Πετρέλαιο	0,0										0,0			
Φυσικό αέριο	321,6										63,0			
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0										0,0			
Ηλιακή	0,0										0,0			
Βιομάζα	0,0										0,0			
Γεωθερμία	0,0										0,0			
Άλλο ΑΠΕ	0,0										0,0			
Σύνολο	478,9										218,7			

**Πίνακας 6.8** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το σενάριο εγκατάστασης του θερμικού ηλιακού συστήματος παραγωγής ΖΝΧ

Σενάριο 1														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	32,3	24,3	17,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,1	27,4	122,1	
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	40,6	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	108,8	
Υγρανση	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3	
ΖΝΧ	1,5	1,3	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	13,5	
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	78,1	59,5	43,2	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	36,0	66,9	304,5	
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	20,4	27,0	25,0	0,9	0,0	0,0	0,0	74,2	
ΖΝΧ	3,3	2,8	2,8	2,3	1,8	1,3	1,1	1,1	1,4	2,1	2,6	3,1	25,8	
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	5,0	
Φωτισμός	5,5	5,0	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	64,6	
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Σύνολο	86,8	67,3	51,5	23,5	8,2	27,0	33,6	31,6	7,6	12,5	43,9	75,6	469,2	
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )										Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )			
► Ηλεκτρισμός	157,3										155,6			
Πετρέλαιο	0,0										0,0			
Φυσικό αέριο	311,8										61,1			
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0										0,0			
Ηλιακή	5,0										0,0			
Βιομάζα	0,0										0,0			
Γεωθερμία	0,0										0,0			
Άλλο ΑΠΕ	0,0										0,0			
Σύνολο	469,2										216,7			

Η συγκεκριμένη επέμβαση κρίνεται σημαντική λόγω της αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για την μερική κάλυψη των αναγκών των κτιρίων του συγκροτήματος σε ΖΝΧ. Από την συγκεκριμένη επέμβαση προκύπτει σημαντική **εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας: 11 kWh/m<sup>2</sup>**.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> )				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	60.7	348.5	348.5
	Ψύξη	118.1	215.1	215.1
	ΖΝΧ	17.3	36.2	25.1
	Φωτισμός	153.9	187.4	187.4
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	350.0	787.2	776.2
	Κατάταξη	-	E	E

Με κόστος εγκατάστασης του συστήματος αυτοματισμών και ελέγχου των εγκαταστάσεων (BMS), το οποίο υπολογίζεται σε **84.410 €** χωρίς εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ, η απόσβεση της επέμβασης όπως προκύπτει με την απλή μέθοδο αποπληρωμής του προγράμματος ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, ανέρχεται σε **7,7 έτη**.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Λειτουργικό κόστος (€)	391,629.9	834,929.1	823,987.5
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			84,411.7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			11.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			1.4
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.4
	Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			1.9
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			7.7

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα οικονομικά στοιχεία για την οικονομική αξιολόγηση της επέμβασης εγκατάστασης του θερμικού ηλιακού συστήματος παραγωγής ΖΝΧ. Η οικονομική αξιολόγηση γίνεται με βάση τους οικονομικούς δείκτες: της Έντοκης περιόδου αποπληρωμής, DPB της Καθαρής Παρούσας Αξίας, NPV (σε 20 έτη) και του Εσωτερικού βαθμού απόδοσης, IRR (σε 20 έτη).

Επισημαίνεται ότι ο προϋπολογισμός με βάση τον οποίο γίνεται η οικονομική αξιολόγηση δεν περιλαμβάνει εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ.

**Πίνακας 6.9** Οικονομική αξιολόγηση επέμβασης της εγκατάστασης θερμικού ηλιακού συστήματος παραγωγής ΖΝΧ

Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης, C	84.412 €
Ετήσιο λειτουργικό όφελος, ft	10.942 €
Επιτόκιο αναγωγής, d	5%
Απλή περίοδος αποπληρωμής, PB	7,7 έτη
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, DPB	10,0 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία, NPV (σε 20 έτη)	51.945 €
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης, IRR (σε 20 έτη)	11,5%

## 7 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

### 7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την ενεργειακή αναβάθμιση του Νοσοκομείου, προβλέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού (ΦΒ) συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ονομαστικής ισχύος 170,5kW επί του εδάφους, σε έκταση στην Νότιο-Ανατολική Πλευρά του Κτιρίου 5δ.

Η διασύνδεση του ΦΒ συστήματος θα γίνει στα πλαίσια της νομοθεσίας περί εγκατάστασης μονάδων ΑΠΕ από αυτοπαραγωγούς με συμψηφισμό ενέργειας (net metering) (ΦΕΚ Β' 3583/ 31.12.2014). Στο τέλος κάθε έτους θα γίνεται συμψηφισμός μεταξύ της ενέργειας που καταναλώθηκε από το Νοσοκομείο και αυτής που παρήγαγαν τα ΦΒ πλαίσια. Η διοίκηση του Νοσοκομείου θα καλείται να καταβάλει το οικονομικό αντίτιμο που προβλέπεται για την διαφορά της καταναλισκόμενης και της παραγόμενης ενέργειας. Λόγω της περιορισμένης έκτασης του ΦΒ Συστήματος και την τεράστια κατανάλωση των ΗΜ εγκαταστάσεων του Νοσοκομείου, δεν προβλέπεται σε κανένα σημείο του έτους να υπάρχει πλεόνασμα ενέργειας από την πλευρά του ΦΒ Συστήματος.

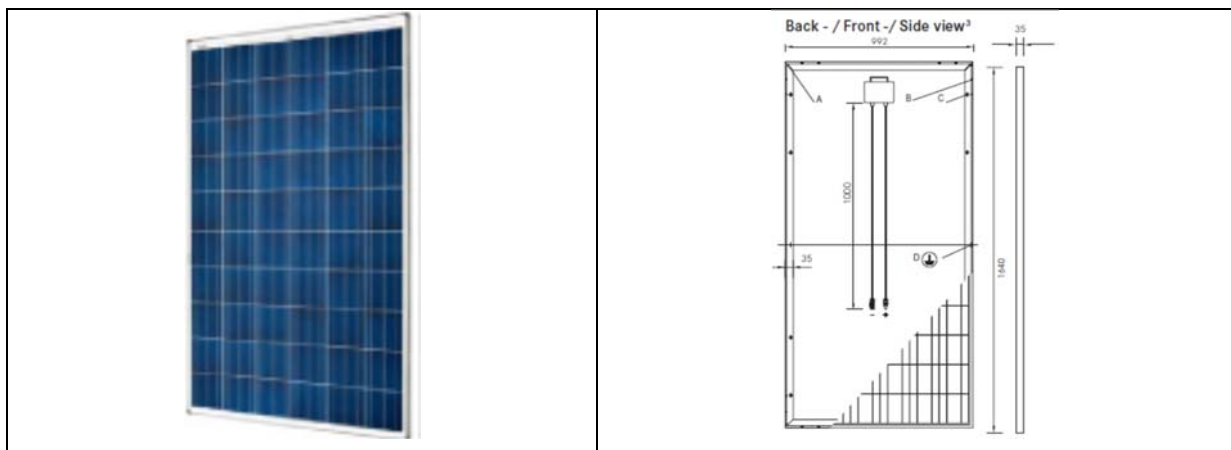
Το ΦΒ σύστημα θα ακολουθεί τους συμβατικούς κανόνες σχεδίασης και κατασκευής. Θα αποτελείται από συστοιχίες ΦΒ πλαισίων (panels), βάσεις στήριξης των ΦΒ πλαισίων, αντιστροφείς ισχύος (inverters), καλωδιώσεις συνεχούς (dc) και εναλλασσομένου (ac) ρεύματος, ηλεκτρικό πίνακα εγκατάστασης, μετασχηματιστή ανύψωσης τάσης στα 20kV, κυψέλες ΜΤ με ΑΔΙ Ισχύος, μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας και ραγούλικό ελέγχου και προστασίας του εξοπλισμού.

### 7.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

#### 7.2.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στο ελεύθερο τμήμα του εδάφους κάτω από το κτίριο 5δ, θα εγκατασταθούν φωτοβολταϊκά πλαίσια (panels) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο τύπος των ΦΒ θα είναι κρυσταλλικού πυριτίου με 60 στοιχεία (κυψέλες) ανά πλαίσιο. Κάθε πλαίσιο θα διαθέτει ονομαστική ισχύ ίση με 275W σε τυποποιημένες συνθήκες ελέγχου (Standard Testing Conditions - STC), δηλαδή ένταση ηλιακής ακτινοβολίας 1000W/m<sup>2</sup>, θερμοκρασία 25°C, και μάζα αέρα (AM) 1,5.

Οι διαστάσεις των πλαισίων θα είναι περίπου 1640 mm x 992mm x 35mm (±2,5%), ενώ οι κυψέλες θα εγκλείονται σε προφίλ αλουμινίου για περιορισμό του συνολικού βάρους. Το βάρος κάθε πλαισίου δεν θα ξεπερνά τα 20kg. Όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πλαισίων θα έχουν μετρηθεί βάσει των διεθνών προτύπων IEC EN 61215 και IEC EN 61730. Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζεται η μορφή ενός πολυκρυσταλλικού ΦΒ πλαισίου.



**Εικόνα 7.1** Μορφή πολυκρυσταλλικού φωτοβολταϊκού πλαισίου

Η τάση ανοικτού κυκλώματος του πλαισίου είναι 38,58V και το ρεύμα βραχυκυκλώματος είναι 9,27A. Ο βαθμός απόδοσης του κάθε πλαισίου ανέρχεται σε 16,94%. Η θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων είναι από -40° C έως +85° C και δύναται η λειτουργία συστημάτων με αναπτυσσόμενη τάση έως 1000Vdc.

Οι συντελεστές μεταβολής με τη θερμοκρασία της μέγιστης ισχύος είναι -0,41% /°C, του ρεύματος βραχυκύκλωσης +0,05% /°C και της τάσης ανοικτού κυκλώματος -0,30% /°C.

Τα πλαίσια θα είναι κατάλληλα για εγκατάσταση σε εξωτερικό χώρο καθώς διαθέτουν βαθμό προστασίας IP67. Η σε σειρά συνδεσμολογία των πλαισίων θα πραγματοποιηθεί μέσω των ειδικών προ-εγκατεστημένων φισ τύπου MC-4. Κάθε πλαίσιο θα διαθέτει δύο καλώδια, ένα για τον θετικό πόλο dc (μήκος 1000mm) και ένα για τον αρνητικό πόλο dc (μήκος 1000mm).

Η ΦΒ εγκατάσταση θα περιέχει 620 φωτοβολταϊκά πλαίσια όμοια με τα παραπάνω. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς θα ανέρχεται σε  $620p \times 275Wp = 170,500 \text{ kWp}$ .

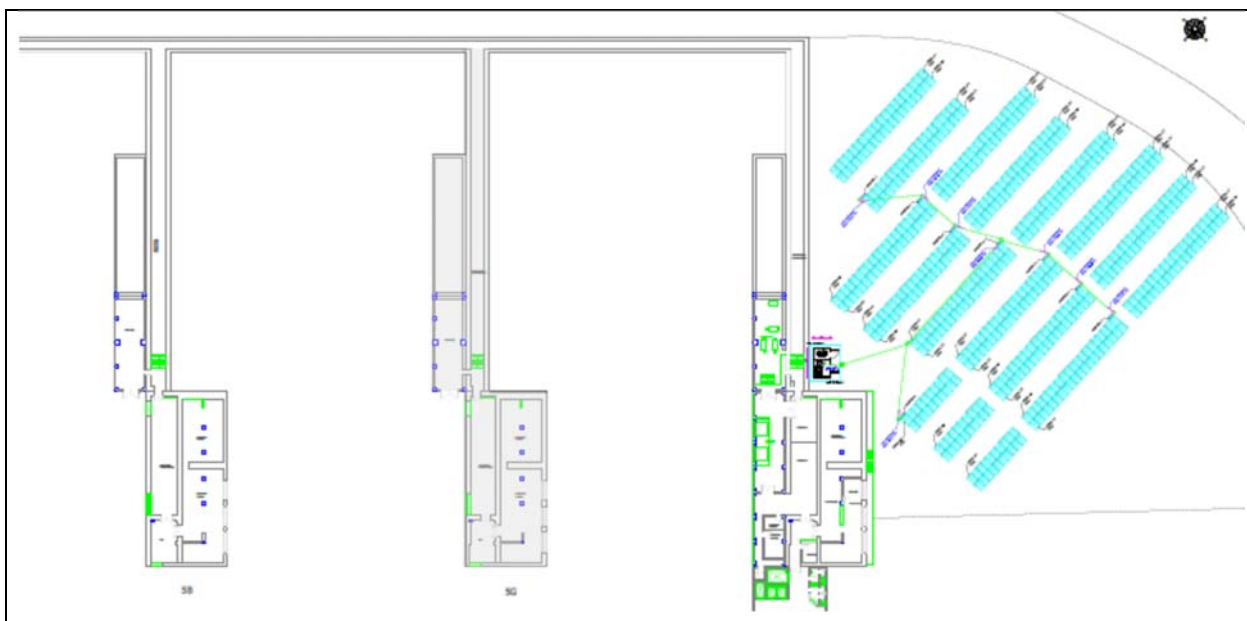
### 7.2.2 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ

Η χωροθέτηση πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω:

- Την αποφυγή σκίασης των πλαισίων από τις αντίστοιχες εμπρόσθιες σειρές πλαισίων.
- Την ύπαρξη ηλιακών για την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης εμπρός των ΦΒ πλαισίων.
- Την απαιτούμενη όδευση των καλωδιώσεων για διασύνδεση στον Γενικό Πίνακα Χαμηλής Τάσης.
- Την θέση του διαθέσιμου χώρου εγκατάστασης.

Τα πλαίσια θα τοποθετηθούν σε κλίση  $30^\circ$  από το οριζόντιο επίπεδο ενώ ο προσανατολισμός τους θα είναι αυστηρώς Νότιος που αντιστοιχεί σε γωνία  $180^\circ$  σύμφωνα με την TOTEE 20701-1/2017.

Σχέδιο κάτοψης με τις ενδεικτικές θέσεις των ΦΒ πλαισίων (κυανό χρώμα) παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα αλλά και στο επισυναπτόμενο σχέδιο ΦΒ-1.



Εικόνα 7.2 Χωροθέτηση ΦΒ Συστήματος

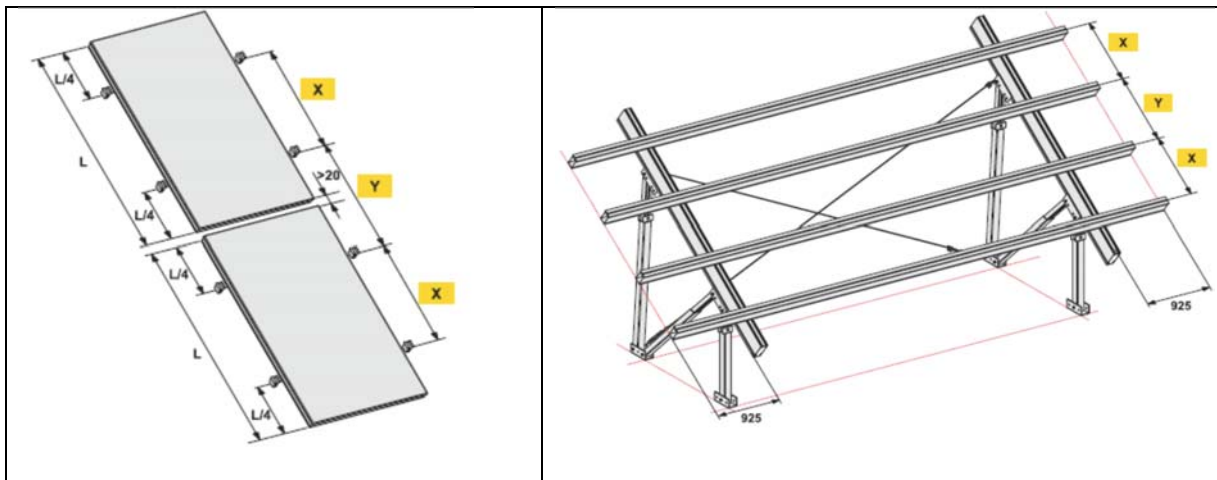
### 7.3 ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Για τη στήριξη των ΦΒ πάνελ επί του εδάφους θα χρησιμοποιηθούν μεταλλικές βάσεις γαλβανισμένες εν θερμώ, οι οποίες θα είναι κατάλληλες για την τοποθέτηση δύο πλαισίων το ένα πάνω από το άλλο σύμφωνα με τις παρακάτω εικόνες. Οι βάσεις θα είναι κατασκευασμένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε να συγκρατούν τα ΦΒ πλαίσια στην απαιτούμενη κλίση.

Συνολικά το σύστημα στερέωσης θα αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

- Προφίλ γαλβανισμένου χάλυβα γωνίας στήριξης  $30^\circ$ .
- Ράγες (τεγίδες) αλουμινίου οριζόντιας τοποθέτησης.
- Ενδιάμεσοι συγκρατητές φωτοβολταϊκών πλαισίων.
- Ακραίοι συγκρατητές φωτοβολταϊκών πλαισίων.
- Ανοξείδωτοι Κοχλίες και περικόχλια συνδέσεων.





**Εικόνα 7.3** Μορφή βάσεων στήριξης

Η τοποθέτηση των πλαισίων στις βάσεις γίνεται με τη μεγάλη διάσταση κάθετα και σε δύο σειρές.

Οι αποστάσεις μεταξύ των βάσεων καθορίστηκαν ίσες με 6,5 μέτρα έτσι ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα σκιάσεων μεταξύ των ΦΒ πλαισίων που μειώνουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

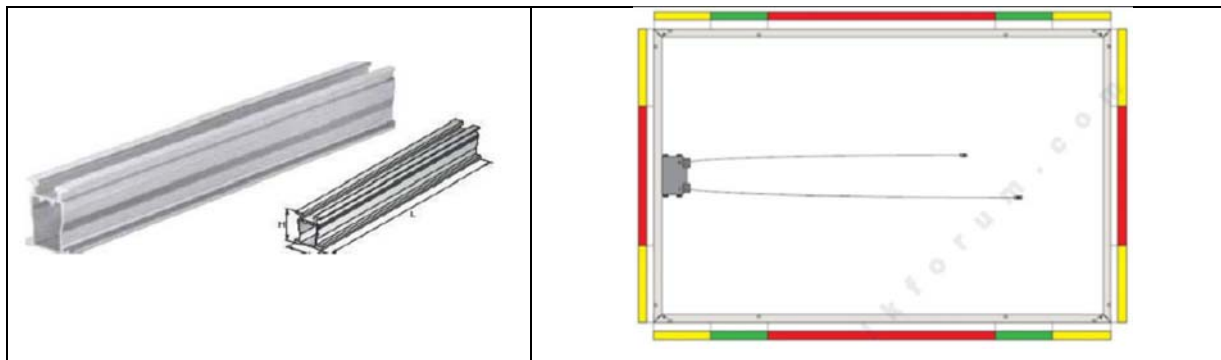
Οι ράγες αλουμινίου θα είναι μεσαίου τύπου και θα διατίθενται σε τυποποιημένο μήκος 6,00m. Θα είναι κατασκευασμένες από αλουμίνιο, παρά το σχετικά υψηλότερο κόστος προμήθειας, για τους εξής λόγους:

- Έχουν χαμηλότερο βάρος και απαιτούν μικρότερες βάσεις στήριξης από μπετόν
- Είναι ευκολότερες στον χειρισμό και την συναρμολόγηση κατά την εγκατάσταση του συστήματος.
- Παρουσιάζουν αυξημένη αντοχή σε βεβαρυμμένα περιβάλλοντα.

Η έδραση τους, επάνω στις μεταλλικές βάσεις, θα πραγματοποιείται μέσω ειδικών ανοξείδωτων (INOX) κοχλιών και περικοχλίων.

Επάνω στις ράγες θα εδράζονται τα ΦΒ πλαίσια της εγκατάστασης. Σε κάθε περίπτωση οι ράγες αλουμινίου θα πρέπει να προεξέχουν κατά 0,15m από τα άκρα του τελευταίου ΦΒ πλαισίου εκατέρωθεν. Όταν δεν επαρκεί μια ράγα αλουμινίου 6,00m, για να στηριχθεί το σύνολο των πλαισίων θα ενώνεται με ειδικό συνδετήρα-σύνδεσμο με δεύτερη, τρίτη κτλ. Το περίσσιο τμήμα ράγας θα κόβεται επιτόπου από τον εγκαταστάτη.

Κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο θα στηρίζεται επάνω σε δύο ράγες αλουμινίου στα σημεία  $L/4-L/5$  και  $3L/4-3L/5$  της μεγάλης πλευράς του ορθογωνίου που σχηματίζεται. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται ενδεικτική μορφή των ραγών αλουμινίου καθώς και η περιοχή επαφής (πράσινο χρώμα) των ΦΒ πλαισίων με τις ράγες.



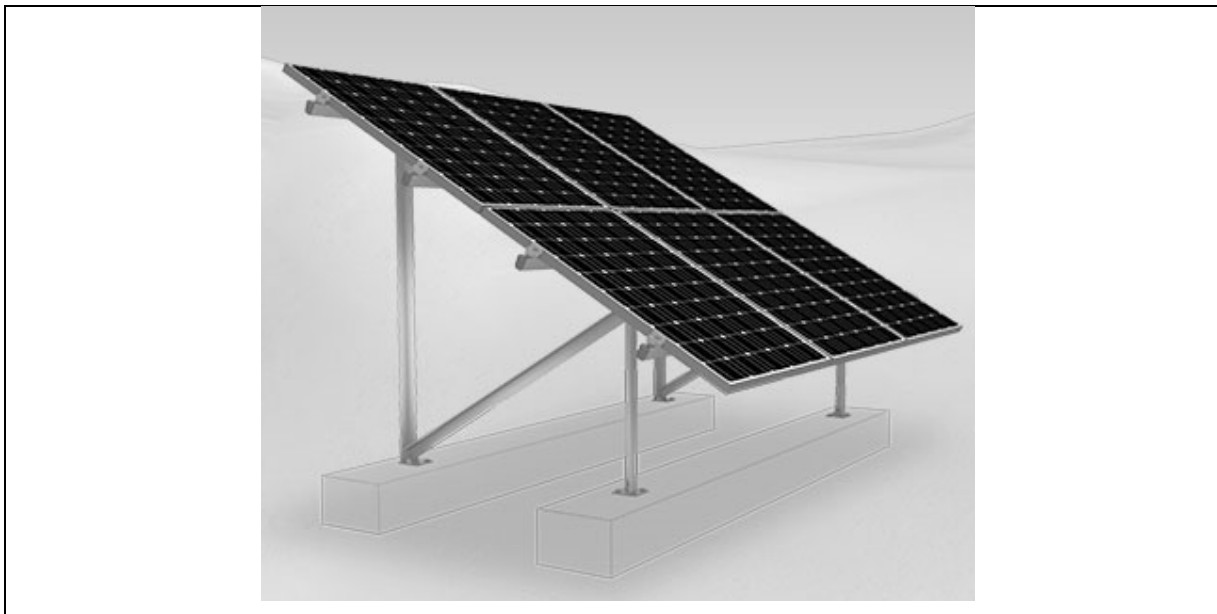
**Εικόνα 7.4** Ράγα αλουμινίου (αριστερά)–Περιοχή επαφής ραγών και πλαισίου (πράσινο χρώμα-δεξιά)

Τα πλαίσια θα στηρίζονται επί των ραγών αλουμινίου με ενδιάμεσους και ακραίους συγκρατητές. Οι συγκρατητές θα είναι κατασκευασμένοι από αλουμίνιο και θα στηρίζουν πλαίσια πάχους έως 35mm. Θα διαθέτουν ειδικό σύνδεσμο για να μπαίνουν χωνευτά στο κατάλληλο κανάλι της ράγας αλουμινίου και



μέσω ημίσειας στροφής θα συγκρατούνται στέρεα στην θέση τους. Κάθε ενδιάμεσο ΦΒ πλαίσιο θα συγκρατείται από τέσσερις ενδιάμεσους συγκρατητές ενώ το πρώτο και το τελευταίο πλαίσιο της σειράς θα στηρίζονται από δύο ενδιάμεσους και δύο ακραίους συγκρατητές.

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η συνολική μορφή των βάσεων στήριξης.



**Εικόνα 7.5** Μορφή βάσεων στήριξης με τα πλαίσια

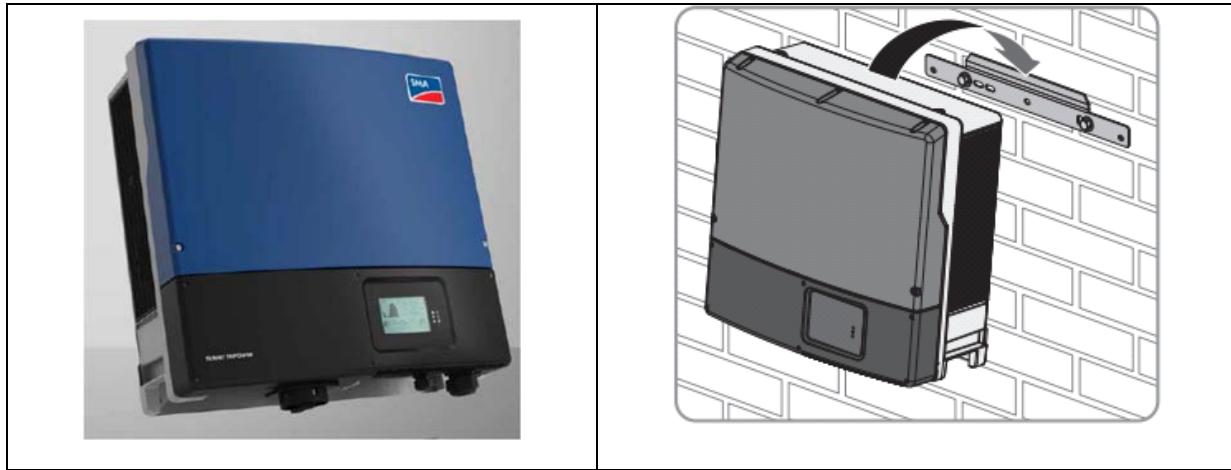
#### **7.4 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ ΙΣΧΥΟΣ (INVERTERS)**

Τα παραπάνω ΦΒ πλαίσια θα συνδεθούν μέσω ειδικών καλωδιώσεων συνεχούς ρεύματος (dc) με τριφασικούς αντιστροφείς συνολικής ισχύος ίσης με 155 kW (ac) για τη μετατροπή της συνεχούς τάσης/ρεύματος σε εναλλασσόμενη τάση/ρεύμα. Ανάλογα με το διαθέσιμο πλήθος πλαισίων, προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν αντιστροφείς ονομαστικής ισχύος εξόδου 20kW(ac) ή 15kW(ac). Ο συνολικός βαθμός απόδοσης των αντιστροφέων θα είναι μεγαλύτερος από 98,2% ενώ ο Ευρωπαϊκός Βαθμός Απόδοσης τους θα είναι μεγαλύτερος ή ίσος με 98,0%.

Συνολικά προβλέπεται να εγκατασταθούν επτά (7) αντιστροφείς ισχύος 20kW(ac) και ένας (1) αντιστροφέας ισχύος 15kW(ac).

Η έξοδος κάθε αντιστροφέα θα είναι τριφασική, τάσης 400V και συχνότητας 50Hz. Κατά την ρύθμιση των τιμών λειτουργίας κάθε αντιστροφέα θα πρέπει, για λόγους προστασίας, στην περίπτωση που η τάση μειωθεί κάτω από το -20% του ονομαστικού ή αυξηθεί πάνω από το +15%, ο αντιστροφέας να τίθεται εκτός λειτουργίας. Το ίδιο θα συμβαίνει σε περίπτωση που η συχνότητα μεταβληθεί κατά  $\pm 0,5\text{Hz}$  επί της ονομαστικής. Η ολική αρμονική παραμόρφωση (THD) του ρεύματος του αντιστροφέα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 5%. Επιπρόσθετα, ο κάθε αντιστροφέας θα πρέπει να είναι εναρμονισμένος με το πρότυπο DIN VDE 0126-1-1 για προστασία έναντι νησιδοποίησης. Ο αντιστροφέας θα διαθέτει πιστοποιήσεις και κατά εκπομπών ή λήψεων ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών όπως απαιτούν οι αντίστοιχες ευρωπαϊκές οδηγίες.

Ο κάθε αντιστροφέας θα διαθέτει βαθμό προστασίας IP 65 και θα λειτουργεί σε θερμοκρασίες μεταξύ  $-25^{\circ}\text{C}$  έως  $+60^{\circ}\text{C}$ . Μέσω των συγκεκριμένων προδιαγραφών θα δίνεται η δυνατότητα εγκατάστασης του τόσο σε εξωτερικό όσο και σε εσωτερικό χώρο. Οι αντιστροφείς θα τοποθετηθούν στην πλάτη των βάσεων στήριξης των πλαισίων, σε ειδική επιδαπέδια μεταλλική κατασκευή ενώ το χαμηλότερο σημείο τους θα πρέπει να βρίσκεται σε ύψος 1,00m από την στάθμη του εδάφους.



**Εικόνα 7.6** Όψη αντιστροφέων ισχύος (αριστερά) – επίτοιχη τοποθέτηση (δεξιά)

Κάθε αντιστροφέας ισχύος 20kW(ac) θα συνδέεται ηλεκτρικά με ογδόντα (80) φωτοβολταϊκά πλαίσια ισχύος 275Wp. Ο αντιστροφέας ισχύος 15kW(ac) θα συνδεθεί ηλεκτρικά με εξήντα (60) πλαίσια ίδιας ισχύος.

Ο τρόπος σύνδεσης των πλαισίων με τον αντιστροφέα καθορίζεται από την μέγιστη τάση εισόδου του αντιστροφέα, το μέγιστο ρεύμα εισόδου του αντιστροφέα και την ελάχιστη δυνατή τάση ανίχνευσης του σημείου μέγιστης ισχύος. Δεδομένου ότι τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των πλαισίων μεταβάλλονται σύμφωνα με τις κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, ακτινοβολία) οι ακραίες τιμές τους καθορίζονται για θερμοκρασίες λειτουργίας -10°C και 70°C.

#### 7.4.1 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΑΣΗΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ ΜΕ ΤΑΣΗ ΦΒ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση στην είσοδο του αντιστροφέα είναι 1000V. Αντίστοιχα το εύρος ανίχνευσης του σημείου μέγιστης ισχύος του αντιστροφέα κυμαίνεται μεταξύ 240/320-800Volt. Η τάση ανοικτού κυκλώματος των ΦΒ πλαισίων στους -10°C (δυσμενέστερη θερμοκρασιακή κατάσταση αντιστροφέα τον χειμώνα) θα είναι ίση με:

$$V_{OC(-10^{\circ}C)} = V_{OC(STC)} \cdot \left(1 - 35 \cdot \frac{\Delta V}{100}\right) = 38,58 \cdot \left(1 - 35 \cdot \frac{-0,30}{100}\right) = 38,58 \cdot 1,105 = 42,63 \text{ Volt}$$

Η τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος (MPP) των ΦΒ πλαισίων στους 70°C θα είναι ίση με:

$$V_{MPP(70^{\circ}C)} = V_{MPP(STC)} \cdot \left(1 + 45 \cdot \frac{\Delta V}{100}\right) = 31,42 \cdot \left(1 + 45 \cdot \frac{-0,30}{100}\right) = 31,42 \cdot 0,865 = 27,18 \text{ Volt}$$

Επομένως, ο μέγιστος και ο ελάχιστος (ανά τύπο αντιστροφέα) επιτρεπόμενος αριθμός ΦΒ πλαισίων συνδεδεμένων σε σειρά που επιτρέπεται να συνδεθούν στους αντιστροφείς είναι:

$$n_{\max series} = \frac{V_{\max}}{V_{OC(-10^{\circ}C)}} = \frac{1000V}{42,63V} = 23,45 = 23 \text{ ΦΒ πλαίσια}$$

$$n_{\min series} = \frac{V_{\max 1}}{V_{MPP(70^{\circ}C)}} = \frac{320V}{27,18V} = 11,77 = 12 \text{ ΦΒ πλαίσια (STP 20000TL)}$$

$$n_{\min series} = \frac{V_{\max 2}}{V_{MPP(70^{\circ}C)}} = \frac{240V}{27,18V} = 8,83 = 9 \text{ ΦΒ πλαίσια (STP 15000TL)}$$

#### 7.4.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ ΜΕ ΡΕΥΜΑ ΦΒ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να δεχθούν οι αντιστροφείς ισχύος 15/20kW(ac) στις εισόδους Α και Β είναι ίσο με 33Α. Δεδομένου ότι το μέγιστο ρεύμα τους τα ΦΒ πλαίσια μπορούν να το αναπτύξουν στις υψηλές θερμοκρασίες και σε κατάσταση σφάλματος (ρεύμα βραχυκύκλωσης  $I_{sc}$ ) θα πρέπει ο σχεδιασμός να είναι τέτοιος ώστε να μην κινδυνεύσει η λειτουργία του αντιστροφέα. Έτσι το πραγματικό ρεύμα των πλαισίων στην δυσμενέστερη κατάσταση (Σφάλμα βραχυκύκλωσης την θερινή περίοδο) θα είναι ίσο με:

$$I_{SC(70^{\circ}C)} = I_{SC(STC)} \cdot (1 + 45 \cdot \frac{\Delta I}{100}) = 9,27 \cdot (1 + 45 \cdot \frac{0,05}{100}) = 9,27 \cdot 1,0225 = 9,48A$$

Επομένως, ο μέγιστος αριθμός παράλληλων στοιχειοσειρών ΦΒ πλαισίων προκύπτει:

$$N_{MAX\ 20kWac} = \frac{I_{MAX\ INVERTER}}{I_{SC(70^{\circ}C)}} = \frac{33A}{9,48A} = 3,48 = 3\ \text{στοιχειοσειρές ανά είσοδο (A/B)}$$

#### 7.4.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Σύμφωνα με την ανάλυση των παραπάνω παραγράφων θα πρέπει η ηλεκτρική σύνδεση των 620 πλαισίων να επαληθεύει τα παραπάνω όρια επομένως η ορθή ηλεκτρική σύνδεση θα είναι:

- Ογδόντα(80) πλαίσια, σε τέσσερις (4) στοιχειοσειρές των είκοσι(20) πλαισίων για κάθε αντιστροφή των 20kW(ac). Το σύνολο των αντιστροφέων θα είναι επτά (7x4x20=560 πλαίσια).
- Εξήντα (60) πλαίσια σε τρεις (3) στοιχειοσειρές των είκοσι (20) πλαισίων για τον αντιστροφή των 15kW(ac) (1x3x20=60 πλαίσια).

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει και ο επιθυμητός αριθμός ΦΒ πλαισίων (7x4x20+1x3x20=620).

#### 7.5 ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

Οι καλωδιώσεις της εγκατάστασης θα διαχωρίζονται σε:

- Καλωδιώσεις της πλευράς συνεχούς ρεύματος (dc). Αφορούν το μέσο ηλεκτρικής σύνδεσης μεταξύ ΦΒ πλαισίων και αντιστροφέων.
- Καλωδιώσεις της πλευράς εναλλασσόμενου ρεύματος (ac). Αφορούν την ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ αντιστροφέων και γενικού πίνακα Χαμηλής Τάσης και του δικτύου του ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε (Μέση Τάση).

Οι καλωδιώσεις dc θα αποτελούνται από πολύκλινα μονοπολικά καλώδια ισχύος με προδιαγραφές καταλληλότητας για την συνεχή έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία (εξωτερική μόνωση από νεοπρένιο ή πολυχλωροπρένιο), για την αντοχή στην μέγιστη τάση του συστήματος (1000V) καθώς και για την αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (90°C).

Από κάθε στοιχειοσειρά θα αναχωρούν δύο καλώδια, ένα του θετικού πόλου και ένα για του αρνητικού πόλου με προορισμό τους αντίστοιχους ακροδέκτες του αντιστροφέα. Οι συνδέσεις των καλωδίων αυτών με τα προεγκατεστημένα καλώδια των ΦΒ πλαισίων και με τον αντιστροφή θα πραγματοποιούνται μέσω ειδικών συνδέσμων-κονεκτόρων MC-4.

Το τμήμα της dc καλωδίωσης που αναχωρεί από τον θετικό και τον αρνητικό πόλο της στοιχειοσειράς με προορισμό τον αντιστροφή θα πρέπει να οδεύει εντός πλαστικού σωλήνα σπινάλ μεσαίου τύπου με αντοχή στην συνεχή έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία.

Οι καλωδιώσεις ac θα περιλαμβάνουν τα καλώδια σύνδεσης των τριφασικών αντιστροφέων με τον ηλεκτρικό πίνακα χαμηλής τάσης των Φωτοβολταϊκών πλαισίων (ΓΠΧΤ-PV). Όλα τα καλώδια ac θα είναι τριπολικά τύπου J1VV-R/S (πρώην NYY).

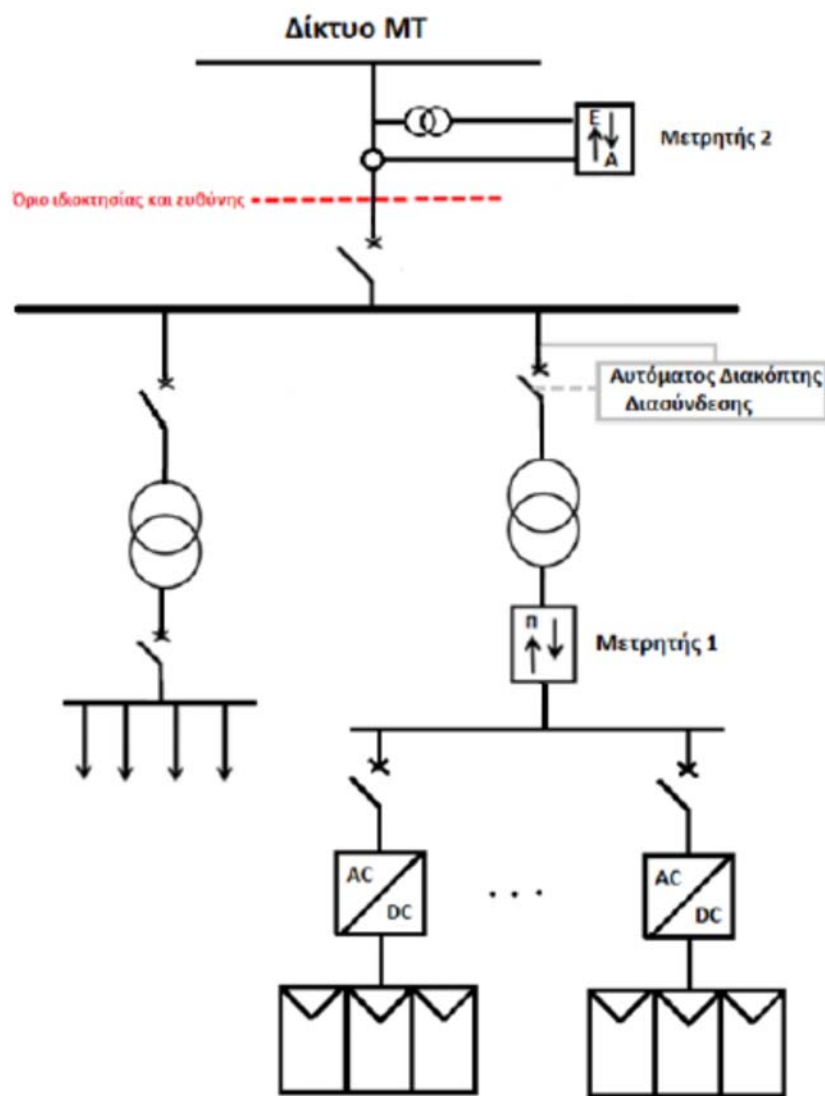
Τα καλώδια ας θα πρέπει να είναι κατάλληλα για τάσεις λειτουργίας 600V(φασική) και 1000V(πολική), η μόνωση τους να είναι από PVC (διπλή) και η θερμοκρασία λειτουργίας τους θα πρέπει να είναι από -40°C έως 70°C. Τα καλώδια θα διαθέτουν προδιαγραφές κατά VDE 0276. Κάθε καλώδιο θα περιέχει χρωματισμένους αγωγούς φάσης (Μαύρο), έναν αγωγό ουδετέρου Ν(Μπλε) και έναν αγωγό προστασίας PE (Κίτρινο-πράσινο).

Οι καλωδιώσεις Μέσης Τάσης θα υλοποιηθούν με μονοπολικά καλώδια διατομής 50mm<sup>2</sup> τύπου N2XSΥ.

## 7.6 ΝΕΟΣ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΤΥΠΟΥ ΚΙΟΣΚΙ

### 7.6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Λόγω πολυπλοκότητας της ηλεκτρικής εγκατάστασης χαμηλής τάσης του Νοσοκομείου, των απαρχαιωμένων υλικών του Γενικού Πίνακα Χαμηλής Τάσης και την κρισιμότητα των τροφοδοτούμενων φορτίων επιλέγεται σύμφωνα με τα ενημερωτικά σημειώματα του ΔΕΔΔΗΕ (ΔΧΔ/1.10.2015) η κάτωθι μορφολογία διασύνδεσης του συστήματος αυτοπαραγωγής μέσω ιδιαίτερου μετασχηματιστή ισχύος ο οποίος θα εγκατασταθεί σε υπαίθριο προκατασκευασμένο οικίσκο τύπου κιόσκι.



**Εικόνα 7.7** Μορφή διασύνδεσης ΦΒ Συστήματος αυτοπαραγωγής

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία προσφέρει τα παρακάτω πλεονεκτήματα παρότι έχει ένα μικρό επιπρόσθετο κόστος εγκατάστασης:

- Απαιτείται επέκταση της υφιστάμενης ηλεκτρολογικής εγκατάστασης Μέσης Τάσης κατά μία μόνο κυψέλη Μέσης Τάσης πλάτους 750mm.
- Η διακοπή ηλεκτρικής τροφοδοσίας του υφιστάμενου Πίνακα Μέσης Τάσης (δεδομένου ότι η νέα κυψέλη θα είναι προκατασκευασμένη) δεν θα διαρκέσει παρά ελάχιστες ώρες (λιγότερο από μια ημέρα).
- Οι εργασίες σύνδεσης του ΦΒ συστήματος δεν θα επηρεάσουν την ομαλή λειτουργία του Νοσοκομείου.
- Οι απώλειες των καλωδίσεων λόγω μεγάλων αποστάσεων του Νοσοκομείου (από το σημείο εγκατάστασης του ΦΒ ως το σημείο σύνδεσης του ΔΕΔΔΗΕ) θα είναι ελάχιστες λόγω της μεταφοράς ισχύος σε Μέση Τάση (20kV).

#### 7.6.2 ΠΕΔΙΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Τα Πεδία Μέσης Τάσης θα είναι μεταλλικές κυψέλες κατασκευασμένες από χαλυβδοελάσμα. Θα είναι τυποποιημένες και επεκτάσιμες και θα αποτελούνται από τα εξής διαμερίσματα:

- Πεδίο άφιξης καλωδίου Μέσης Τάσης με τριπολικό διακόπτη φορτίου SF6, αλεξικέραυνα γραμμής, χωρητικούς καταμεριστές, τρεις ενδεικτικές λυχνίες ύπαρξης τάσης.
- Πεδίο αναχώρησης προς τον Μ/Σ με Αυτόματο Διακόπτη Ισχύς Μέσης Τάσης SF6, έντασης 630A και ρεύματος βραχυκύκλωσης 12,5kA.

Η είσοδος των καλωδίων στο πεδίο άφιξης θα γίνει από το κάτω μέρος. Το δάπεδο κάτω από τις κυψέλες θα είναι ανοιχτό για να επιτρέπεται η ελεύθερη είσοδος των καλωδίων σε αυτό.

#### 7.6.3 ΠΕΔΙΟ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

Το Πεδίο Χαμηλής Τάσης (Γ.Π.Χ.Τ.-PV) θα είναι αυτοστήρικτος τύπου πεδίων και θα αποτελείται από:

- Τον Αυτόματο Διακόπτη Ισχύος ανοικτού τύπου ονομαστικής εντάσεως 400A για την τροφοδοσία του Μ/Σ
- Τους οκτώ (8) Αυτόματους Διακόπτες Ισχύος κλειστού τύπου 40A για την τροφοδοσία των αντιστροφών ισχύος
- Έναν Αυτόματο Διακόπτη Ισχύος κλειστού τύπου 40A για την τροφοδοσία βοηθητικών συστημάτων του υποσταθμού

#### 7.6.4 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Εντός του οικίσκου θα εγκατασταθεί ένας Μετασχηματιστής (Μ/Σ) Ισχύος 250kVA και τάσεων 20/0,4kV ξηρού τύπου (cast resin). Ο Μ/Σ Ισχύος θα διαθέτει χαμηλές ωμικές απώλειες και απώλειες σιδήρου και θα είναι εναρμονισμένος με τις ισχύουσες Ευρωπαϊκές Νομοθεσίες χαμηλών απωλειών Ecodesign.

#### 7.6.5 ΟΙΚΙΣΚΟΣ

Το σύνολο του εξοπλισμού Μέσης και Χαμηλής Τάσης θα εγκατασταθεί εντός προκατασκευασμένου οικίσκου επί βάσης μπετόν.

#### 7.7 ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Με βάση την κείμενη νομοθεσία απαιτείται, πέραν της καταγραφής της απορροφώμενης και εγχεόμενης από και προς το δίκτυο ενέργειας που είναι δυνατή με έναν μετρητή διπλής κατεύθυνσης-καταγραφής (εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας - Μετρητής 2), η καταγραφή και της παραγόμενης ενέργειας του ΦΒ συστήματος, μέσω πιστοποιημένων μετρητών δικαιοδοσίας του διαχειριστή του δικτύου την ευθύνη για την εγκατάσταση του οποίου έχει ο ιδιοκτήτης (Νοσοκομείο)

#### 7.8 ΓΕΙΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το ΦΒ Σύστημα θα διαθέτει περιμετρική γείωση εντός του εδάφους, η οποία θα είναι τύπου «Β» και θα καταλήγει εντός του ζυγού Χαμηλής τάσης του Υποσταθμού.

## 7.9 ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

Ο προϋπολογισμός του ΦΒ Συστήματος διαμορφώνεται από το άθροισμα της αξίας των υλικών και των διαφόρων υπηρεσιών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του έργου. Όλες οι τιμές που αναφέρονται παρακάτω αποτελούν πραγματικές τιμές αγοράς λιανικής χωρίς να συνυπολογίζονται εκπτώσεις λόγω κλίμακας του έργου. Τα επιμέρους κόστη του συνόλου των εγκαταστάσεων διακρίνονται σε:

- Κόστος υλικών εγκατάστασης ΦΒ συστήματος 170,50kWp.
- Έξοδα μεταφοράς υλικών στην τοποθεσία εγκατάστασης.
- Κόστος συνεργείου κατασκευής του έργου.
- Απρόβλεπτα, μικροϋλικά.
- Κόστος έργων σύνδεσης με τον ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (650€ για παροχή ΜΤ με ΦΒ ισχύος <500kWp).

Τα έξοδα μεταφοράς υλικών αφορούν κυρίως τα ΦΒ πλαίσια, τον αντιστροφέα και τις βάσεις στήριξης καθώς οι προμηθευτές αυτών δεν συμπεριλαμβάνουν το κόστος στις τιμές προσφοράς υλικών.

Το κόστος συνεργείου κατασκευής αφορά την αμοιβή του εργολάβου υλοποίησης του έργου. Για την κατασκευή ενός ΦΒ συστήματος αυτού του μεγέθους απαιτείται μια χρονική περίοδος ενός μήνα (30 ημερών) για συνεργείο τεσσάρων (4) ατόμων. Στην παραπάνω χρονική περίοδο δεν λογίζονται καθυστερήσεις λόγω κακών καιρικών συνθηκών.

Ο παρακάτω πίνακας περιέχει συγκεντρωτικά το κόστος του έργου:

**Πίνακας 7.1** Οικονομική αξιολόγηση επέμβασης εγκατάστασης ΦΒ συστήματος

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΟΥ	Μ.Μ.	ΠΟΣΟΤ.	ΣΥΝΟΛΟ (€)
1	ΦΒ ΠΛΑΙΣΙΑ 275Wp	Κ.Α		80.000,00 €
2	ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ 20kWac	Κ.Α		19.000,00 €
3	ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ 10kWac	Κ.Α		2.500,00 €
4	ΔΙΕΠΑΦΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ WEBCONNECT	Κ.Α		1.200,00 €
5	ΒΑΣΕΙΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ 30° ΓΙΑ ΕΔΑΦΟΣ	Κ.Α		24.000,00 €
6	ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ DC	Κ.Α		1.500,00 €
7	ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ AC	Κ.Α		33.500,00 €
8	ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ ΜΤ 20kV	Κ.Α		6.800,00 €
9	ΣΩΛΗΝΕΣ ΔΙΠΛΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ	Κ.Α		3.000,00 €
10	ΓΠΧΤ PV	Κ.Α		5.000,00 €
11	ΚΥΨΕΛΕΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΜΕ ΑΔΙ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟ ΕΠΙΤΗΡΗΣΗΣ	Κ.Α		35.000,00 €
12	ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ 250kVA	Κ.Α		16.000,00 €
13	ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Κ.Α		500,00 €
14	ΟΙΚΙΣΚΟΣ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ	Κ.Α		15.000,00 €
15	ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ	Κ.Α		500,00 €
16	ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΔΕΔΔΗΕ	Κ.Α		650,00 €
17	ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ – ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΤΗΣ	Κ.Α		5.750,00 €
	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>249.900,00 €</b>



**7.10 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ**

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας εκτιμάται βάσει του προγράμματος ΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ και παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας 7.2** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το υπάρχον κτίριο

Υπάρχον κτίριο														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	32,3	24,3	17,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,1	27,4	122,1	
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	40,6	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	108,8	
Υγρανση	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3	
ΖΝΧ	1,5	1,3	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	13,5	
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	78,1	59,5	43,2	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	36,0	66,9	304,5	
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	20,4	27,0	25,0	0,9	0,0	0,0	0,0	74,2	
ΖΝΧ	3,9	3,5	3,6	3,2	2,8	2,3	2,1	2,1	2,3	2,8	3,2	3,7	35,6	
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Φωτισμός	5,5	5,0	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	64,6	
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Σύνολο	87,5	68,0	52,3	24,3	9,2	28,0	34,6	32,6	8,5	13,3	44,5	76,2	478,9	
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )										Εκπομπές CO2 (kg/m <sup>2</sup> )			
► Ηλεκτρισμός	157,4										155,7			
Πετρέλαιο	0,0										0,0			
Φυσικό αέριο	321,6										63,0			
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0										0,0			
Ηλιακή	0,0										0,0			
Βιομάζα	0,0										0,0			
Γεωθερμία	0,0										0,0			
Άλλο ΑΠΕ	0,0										0,0			
Σύνολο	478,9										218,7			

**Πίνακας 7.3** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το σενάριο της εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος

Σενάριο 1														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	32,3	24,3	17,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,1	27,4	122,1	
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	40,6	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	108,8	
Υγρανση	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3	
ΖΝΧ	1,5	1,3	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	13,5	
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	78,1	59,5	43,2	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	36,0	66,9	304,5	
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	20,4	27,0	25,0	0,9	0,0	0,0	0,0	74,2	
ΖΝΧ	3,9	3,5	3,6	3,2	2,8	2,3	2,1	2,1	2,3	2,8	3,2	3,7	35,6	
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Φωτισμός	5,5	5,0	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	5,5	5,3	5,5	5,3	5,5	64,6	
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,8	0,8	1,1	1,3	1,6	1,7	1,8	1,7	1,4	1,1	0,8	0,7	14,8	
Σύνολο	87,5	68,0	52,3	24,3	9,2	28,0	34,6	32,6	8,5	13,3	44,5	76,2	478,9	
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )										Εκπομπές CO2 (kg/m <sup>2</sup> )			
► Ηλεκτρισμός	142,5										140,9			
Πετρέλαιο	0,0										0,0			
Φυσικό αέριο	321,6										63,0			
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0										0,0			
Ηλιακή	0,0										0,0			
Βιομάζα	0,0										0,0			
Γεωθερμία	0,0										0,0			
Άλλο ΑΠΕ	0,0										0,0			
Σύνολο	478,9										204,0			

Η συγκεκριμένη επέμβαση κρίνεται επιβεβλημένη λόγω της απαίτησης της ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου στην κατηγορία Β'. Από την συγκεκριμένη επέμβαση προκύπτει **συνεισφορά ΑΠΕ** στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας είναι: **43,0 kWh/m<sup>2</sup>**.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> )				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	60.7	348.5	348.5
	Ψύξη	118.1	215.1	215.1
	ΖΝΧ	17.3	36.2	36.2
	Φωτισμός	153.9	187.4	187.4
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	43.0
	Σύνολο	350.0	787.2	744.2
	Κατάταξη	-	E	E

Με κόστος εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος το οποίο υπολογίζεται σε **249.900 €** χωρίς εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ, η απόσβεση της επέμβασης εγκατάστασης ΦΒ συστήματος, όπως προκύπτει με την απλή μέθοδο αποπληρωμής του προγράμματος ΤΕΕ- ΚΕΝΑΚ, ανέρχεται σε **5,6 έτη**.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Λειτουργικό κόστος (€)	391,629.9	834,929.1	790,043.5
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			249,900.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			43.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			5.5
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.3
	Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			14.7
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			5.6

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα οικονομικά στοιχεία για την οικονομική αξιολόγηση της εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος. Η οικονομική αξιολόγηση γίνεται με βάση τους οικονομικούς δείκτες: της Έντοκης περιόδου αποπληρωμής, DPB της Καθαρής Παρούσας Αξίας, NPV (σε 20 έτη) και του Εσωτερικού βαθμού απόδοσης, IRR (σε 20 έτη).

Επισημαίνεται ότι ο προϋπολογισμός με βάση τον οποίο γίνεται η οικονομική αξιολόγηση δεν περιλαμβάνει εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ.

#### Πίνακας 7.4 Οικονομική αξιολόγηση της εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος

Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης, C	249.900 €
Ετήσιο λειτουργικό όφελος, ft	44.886 €
Επιτόκιο αναγωγής, d	5%
Απλή περίοδος αποπληρωμής, PB	5,6 έτη
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, DPB	6,7 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία, NPV (σε 20 έτη)	309.474 €
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης, IRR (σε 20 έτη)	17,2%

## **8 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΟΦΕΛΩΝ**

### **8.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Συγκεντρωτικά η πρόταση ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου θα έχει σαν στόχο την εφαρμογή των παρακάτω επεμβάσεων:

- (1) Αναβάθμιση του κτιριακού περιβλήματος:
  - 1.1. Με εφαρμογή σύνθετου συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης (Σ.Σ.Ε.Θ.) κτιριακού κελύφους στις ΒΑ επιχρισμένες όψεις
  - 1.2. Με εφαρμογή θερμομόνωσης σε επιλεγμένα δώματα του κτιριακού συγκροτήματος.
  - 1.3. Αντικατάσταση κουφωμάτων με νέα πιστοποιημένα κουφώματα με βελτιωμένα θερμικά χαρακτηριστικά.
- (2) Αντικατάσταση κεντρικών ατμολεβήτων-καυστήρων Θέρμανσης Χώρων και Ζεστού Νερού Χρήσης με σύστημα λεβήτων-καυστήρων θερμού νερού υψηλής θερμικής απόδοσης. Αποκατάσταση μονώσεων δικτύων διανομής θέρμανσης – ψύξης.
- (3) Αντικατάσταση αερόψυκτων ψυκτών με νέους υψηλής ενεργειακής απόδοσης.
- (4) Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με την αντικατάσταση υφισταμένων φωτιστικών σωμάτων λαμπτήρων φθορισμού, με φωτιστικά σώματα λαμπτήρων τεχνολογίας LED .
- (5) Εγκατάσταση συστήματος αυτοματισμών και ελέγχου εγκαταστάσεων (BMS). Θερμοστατικές βάνες με κεφαλές σε θερμαντικά σώματα.
- (6) Εγκατάσταση ενεργητικού ηλιακού θερμικού συστήματος για παραγωγή ΖΝΧ.
- (7) Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος.

**8.2 ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ**

Ο συνολικός προϋπολογισμός των ενεργειακών επεμβάσεων για την ενεργειακή αναβάθμιση του συγκροτήματος των κτιρίων ΚΤ4, ΚΤ5α, ΚΤ5β και ΚΤ5δ έχει διαμορφωθεί ως εξής:

**Πίνακας 8.1** Συνολικός προϋπολογισμός ενεργειακών επεμβάσεων

<b>ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΤ4, ΚΤ5α, ΚΤ5β, ΚΤ5δ ΤΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ «ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ»</b>				
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ</b>				
<b>A/A</b>	<b>Ομάδες Εργασιών</b>	<b>Ποσότητα</b>	<b>Τιμή μονάδας</b>	<b>Σύνολο Δαπανών</b>
<b>1</b>	<b>ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΕ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ ΚΤ4, ΚΤ5α, ΚΤ5β, ΚΤ5δ</b>			
1.1	Επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος			
1.1.1	Θερμομόνωση κατακόρυφων δομικών στοιχείων (ΒΑ επιχρισμένες όψεις)	1.816 m <sup>2</sup>	45,00 €/m <sup>2</sup>	81.716,81
1.1.2	Θερμομόνωση οριζόντιων δομικών στοιχείων (δώματα κτιρίων)	3.828 m <sup>2</sup>	50,00 €/m <sup>2</sup>	191.388,50
1.1.3	Αντικατάσταση κουφωμάτων με νέα πιστοποιημένα κουφώματα	2.306 m <sup>2</sup>	250,00 €/m <sup>2</sup>	576.518,75
1.2	Αντικατάσταση ατμολεβήτων-καυστήρων με λέβητες-καυστήρες θερμού νερού		κατ. αποκ.	362.620,04
1.3	Αντικατάσταση αερόψυκτων ψυκτών με νέους υψηλής ενεργειακής απόδοσης		κατ. αποκ.	50.350,08
1.4	Επεμβάσεις στο σύστημα φωτισμού (νέα φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες LED )		κατ. αποκ.	585.360,00
1.5	Σύστημα αυτοματισμών και ελέγχου των εγκαταστάσεων (BMS)		κατ. αποκ.	161.280,00
1.6	Ηλιακό θερμικό σύστημα για παραγωγή ΖΝΧ	140 m <sup>2</sup>	603 €/m <sup>2</sup>	84.411,66
1.7	Φωτοβολταϊκό σύστημα	170,50 kW	1466 €/kW	249.900,00
	<b>ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ</b>			<b>2.343.545,84</b>

Επισημαίνεται ότι ο προϋπολογισμός με βάση τον οποίο γίνεται η οικονομική αξιολόγηση δεν περιλαμβάνει εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ.

### 8.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας εκτιμάται βάσει του προγράμματος ΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ και παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας 8.2** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το υπάρχον κτίριο

Υπάρχον κτίριο														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	32.3	24.3	17.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	14.1	27.4	122.1	
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.6	40.6	37.6	0.0	0.0	0.0	0.0	108.8	
Υγρανση	0.4	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	1.3	
ΖΝΧ	1.5	1.3	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	13.5	
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	78.1	59.5	43.2	15.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	36.0	66.9	304.5	
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	20.4	27.0	25.0	0.9	0.0	0.0	0.0	74.2	
ΖΝΧ	3.9	3.5	3.6	3.2	2.8	2.3	2.1	2.1	2.3	2.8	3.2	3.7	35.6	
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Φωτισμός	5.5	5.0	5.5	5.3	5.5	5.3	5.5	5.5	5.3	5.5	5.3	5.5	64.6	
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Σύνολο	87.5	68.0	52.3	24.3	9.2	28.0	34.6	32.6	8.5	13.3	44.5	76.2	478.9	
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )										Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )			
► Ηλεκτρισμός	157.4										155.7			
Πετρέλαιο	0.0										0.0			
Φυσικό αέριο	321.6										63.0			
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0.0										0.0			
Ηλιακή	0.0										0.0			
Βιομάζα	0.0										0.0			
Γεωθερμία	0.0										0.0			
Άλλο ΑΠΕ	0.0										0.0			
Σύνολο	478.9										218.7			

**Πίνακας 8.3** Ενεργειακές απαιτήσεις και ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m<sup>2</sup>) για το συνολικό σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου

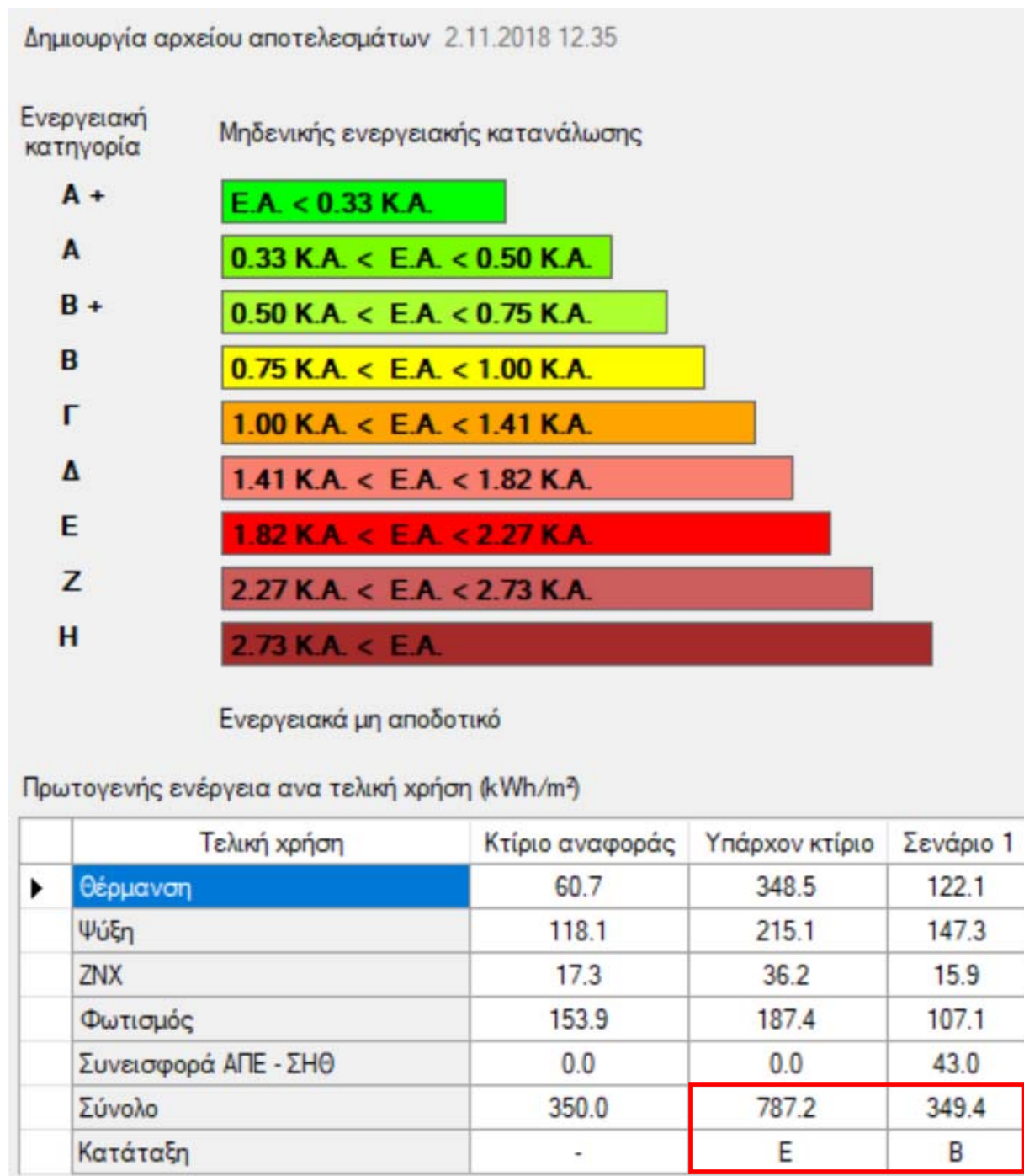
Σενάριο 1														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	13.0	9.3	5.7	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	4.4	10.5	44.5	
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.8	34.3	32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	94.6	
Υγρανση	0.4	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	1.3	
ΖΝΧ	1.5	1.3	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	13.5	
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
► Θέρμανση	25.2	18.8	13.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	10.5	21.1	95.1	
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	14.4	17.8	16.9	0.8	0.0	0.0	0.0	50.8	
ΖΝΧ	2.0	1.7	1.7	1.4	1.1	0.8	0.7	0.7	0.9	1.3	1.6	1.9	15.9	
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	5.6	
Φωτισμός	3.1	2.8	3.1	3.0	3.1	3.0	3.1	3.1	3.0	3.1	3.0	3.1	36.9	
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0.8	0.8	1.1	1.3	1.6	1.7	1.8	1.7	1.4	1.1	0.8	0.7	14.8	
Σύνολο	30.4	23.4	17.9	9.0	5.1	18.3	21.7	20.8	4.7	6.1	15.1	26.2	198.7	
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )										Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )			
► Ηλεκτρισμός	86.9										85.9			
Πετρέλαιο	0.0										0.0			
Φυσικό αέριο	96.9										19.0			
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0.0										0.0			
Ηλιακή	5.6										0.0			
Βιομάζα	0.0										0.0			
Γεωθερμία	0.0										0.0			
Άλλο ΑΠΕ	0.0										0.0			
Σύνολο	198.7										104.9			



### 8.3.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

Οι συνολικές παρεμβάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του συγκροτήματος των κτιρίων ΚΤ4, ΚΤ5α, ΚΤ5β και ΚΤ5δ του Νοσοκομείου θα έχουν ως αποτέλεσμα την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου **από την Κατηγορία Ε' στην Κατηγορία Β'**, όπως αποτυπώνεται και στο συνημμένο Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης.

Από τις προτεινόμενες ενεργειακές επεμβάσεις προκύπτει σημαντική **ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας: 269,3 kWh/m<sup>2</sup>**.





**8.3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ**

Με συνολικό κόστος όλων των προβλεπόμενων ενεργειακών επεμβάσεων για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού συγκροτήματος του Νοσοκομείου να εκτιμάται σε: **2.343.546 €** χωρίς εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ, η απόσβεση της συνολικής επέμβασης ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου, όπως προκύπτει με την απλή μέθοδο αποπληρωμής του προγράμματος ΤΕΕ- ΚΕΝΑΚ, ανέρχεται σε **5,1 έτη**.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Λειτουργικό κόστος (€)	391,629.9	834,929.1	371,153.3
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			2,343,545.8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			437.8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			55.6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.3
	Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			113.7
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			5.1

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα οικονομικά στοιχεία για την οικονομική αξιολόγηση της συνολικής επέμβασης ενεργειακής αναβάθμισης του κτιριακού συγκροτήματος του Νοσοκομείου. Η οικονομική αξιολόγηση γίνεται με βάση τους οικονομικούς δείκτες: της Έντοκης περιόδου αποπληρωμής, DPB της Καθαρής Παρούσας Αξίας, NPV (σε 20 έτη) και του Εσωτερικού βαθμού απόδοσης, IRR (σε 20 έτη).

Επισημαίνεται ότι ο προϋπολογισμός με βάση τον οποίο γίνεται η οικονομική αξιολόγηση δεν περιλαμβάνει εργολαβικό όφελος, απρόβλεπτα, αναθεωρήσεις και ΦΠΑ.

**Πίνακας 8.4** Οικονομική αξιολόγηση της συνολικής επέμβασης ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου

Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης, C	2.343.546 €
Ετήσιο λειτουργικό όφελος, ft	463.776 €
Επιτόκιο αναγωγής, d	5%
Απλή περίοδος αποπληρωμής, PB	5,1 έτη
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, DPB	6,0 έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία, NPV (σε 20 έτη)	3.436.126 €
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης, IRR (σε 20 έτη)	19,2%

**Πίνακας 8.5** Οικονομική αξιολόγηση των προτεινόμενων επεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου, ανά κατηγορία εργασιών

Α/Α	Ομάδες Εργασιών	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο		Σενάριο		Εξοικονόμηση kWh/m <sup>2</sup>	Κόστος επέμβασης €	ΑΠΑ έτη	ΕΠΑ έτη	ΚΠΑ €	ΕΒΑ %
			kWh/m <sup>2</sup>	Κατηγορία	kWh/m <sup>2</sup>	Κατηγορία						
1.1	Επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος	350,0	787,2	Ε	596,5	Δ	168,1	849.624,06	4,2	4,8	1.676.306,00	23,5
1.2	Αντικατάσταση ατμολεβήτων-καυστήρων με λέβητες-καυστήρες θερμού νερού	350,0	787,2	Ε	711,2	Ε	76,0	362.620,04	4,4	5,2	654.177,00	22,1
1.3	Αντικατάσταση αερόψυκτων ψυκτών με νέους υψηλής ενεργειακής απόδοσης	350,0	787,2	Ε	785,2	Ε	2,0	50.350,08	24,7	>25	-24.971,00	1,9
1.4	Επεμβάσεις στο σύστημα φωτισμού (νέα φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες LED )	350,0	787,2	Ε	714,1	Ε	73,0	585.360,00	7,7	10,0	359.310,00	11,5
1.5	Σύστημα αυτοματισμών και ελέγχου των εγκαταστάσεων (BMS)	350,0	787,2	Ε	661,1	Ε	126,1	161.280,00	1,2	1,3	1.515.032,00	83,4
1.6	Θερμικό ηλιακό σύστημα παραγωγής ΖΝΧ (140 m <sup>2</sup> )	350,0	787,2	Ε	776,2	Ε	11,0	84.411,66	7,7	10,0	51.945,00	11,5
1.7	Φωτοβολταϊκό σύστημα (170,5 kW)	350,0	787,2	Ε	744,2	Ε	43,0	249.900,00	5,6	6,7	309.474,00	17,2
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ</b>			<b>787,2</b>	<b>Ε</b>	<b>349,4</b>	<b>Β</b>	<b>437,8</b>	<b>2.343.545,84</b>	<b>5,1</b>	<b>6,0</b>	<b>3.436.126,00</b>	<b>19,2</b>
<b>ΑΠΑ:</b> Απλή Περίοδος Αποπληρωμής, ΡΒ <b>ΕΠΑ:</b> Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής, ΡΡΒ <b>ΚΠΑ:</b> Καθαρή Παρούσα Αξία, NPV (σε 20 έτη) <b>ΕΒΑ:</b> Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης, IRR (σε 20 έτη)												

## 9 ΕΚΘΕΣΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Εξειδίκευση κριτηρίου	Κατάσταση	Βαθμός υποκριτηρίου	Βαθμολογία πράξης ανά κριτήριο	Τεκμηρίωση
<b>Γ2. Αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα Πράξης</b>				
1. Εξετάζεται η συμβολή της προτεινόμενης πράξης στην επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί σε επίπεδο δεικτών, όπως προσδιορίζονται στην Πρόσκληση. Ο βαθμός συμβολής εκφράζεται ως πηλίκο των τιμών ενός δείκτη εκροής για την πράξη και την πρόσκληση : $P_n = ((\text{δείκτης εκροής της πράξης}) / (\text{δείκτης εκροής για την Πρόσκληση}))$ . Εφόσον η προτεινόμενη πράξη συνεισφέρει σε δύο ή περισσότερους δείκτες εκροών τα πηλικά $P_n$ συντίθενται με το μέσο όρο των $P_n$	<b>Υψηλή</b> ( $1 \leq P_n$ )	10	<b>10</b>	Ο δείκτης εκροής της πράξης, σύμφωνα με το ΠΕΑ για την ετήσια μείωση της πρωτογενούς ενέργειας είναι: $437,8 \text{ kWh/m}^2 \times 17.810,22 \text{ m}^2 = \mathbf{7.797.314 \text{ kWh/έτος}}$ Ο δείκτης εκροής για την Πρόσκληση CO32 - Ενεργειακή απόδοση: Μείωση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας των δημόσιων κτιρίων για τις περισσότερες ανεπτυγμένες περιφέρειες είναι: <b>5.877.000 kWh/έτος</b> Οπότε: <b><math>P_n (\text{CO32}) = 1,327</math></b> Αντίστοιχα ο δείκτης εκροής της πράξης, σύμφωνα με το ΠΕΑ για την μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> είναι: $113,7 \text{ kg/m}^2 \times 17.810,22 \text{ m}^2 = \mathbf{2.025 \text{ τόνοι ισοδυνάμου CO}_2}$ . Ο δείκτης εκροής για την Πρόσκληση CO34 - Μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου: Εκτιμώμενη ετήσια μείωση των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου για τις περισσότερες ανεπτυγμένες περιφέρειες είναι: <b>1.457 τόνοι ισοδυνάμου CO<sub>2</sub></b> . Οπότε: <b><math>P_n (\text{CO34}) = 1,39</math></b> Έτσι το τελικό πηλίκο $P_n$ , που συντίθενται με το μέσο όρο των $P_n$ είναι: <b><math>P_n = 1,358 &gt; 1</math></b>
	<b>Μέση</b> ( $0 < P_n < 1$ )	5		
	<b>Έλλειψη τεκμηρίωσης / <math>P_n = 0</math></b>	0		
2. Θετική αναλογία κόστους/ωφέλους <25 ετών, ως προς τον προσδόκιμο χρόνο ζωής των κατασκευών και με περιορισμένη ανάγκη συντήρησης, σύμφωνα με την Οδηγία 2012/27/ΕΕ.	<b>Υψηλή</b> (το κόστος επένδυσης αποσβένεται σε χρόνο 15 ετών<25 ετών, όπως θα πρέπει να αποδεικνύεται από το ΠΕΑ)	10	<b>7</b>	Σύμφωνα με το ΠΕΑ και από το συνολικό σενάριο που αναφέρεται στις ενεργειακές επεμβάσεις, τόσο στο κέλυφος του κτιρίου όσο στο σύνολο των Ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων και με την εγκατάσταση θερμικού ηλιακού και φωτοβολταϊκού συστήματος προκύπτει περίοδος αποπληρωμής <b>5,1 έτη</b> .
	<b>Μέση</b> (το κόστος επένδυσης αποσβένεται σε χρόνο 3 ετών<15 ετών όπως θα πρέπει να αποδεικνύεται από το ΠΕΑ)	7		
	<b>Χαμηλή</b> (το κόστος επένδυσης αποσβένεται σε χρόνο <3 ετών ή >25ετών όπως θα πρέπει να αποδεικνύεται από το ΠΕΑ)	5		
	<b>Έλλειψη τεκμηρίωσης</b>	0		
3. Εξετάζεται η ενεργειακή αποδοτικότητα της πράξης. Προσδιορίζεται η εξοικονομούμενη ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας (ktoe/τ.μ.).	<b>Υψηλή</b> (>60% μείωση)	10	<b>7</b>	Σύμφωνα με το ΠΕΑ και από το συνολικό σενάριο που αναφέρεται στις ενεργειακές επεμβάσεις, τόσο στο κέλυφος του κτιρίου όσο στο σύνολο των Ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων και με την εγκατάσταση θερμικού ηλιακού και φωτοβολταϊκού συστήματος προκύπτει εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας: <b>437,8 kWh/m<sup>2</sup> ή 37,64·10<sup>-6</sup> ktoe/m<sup>2</sup> και σε ποσοστό 55,6%</b>
	<b>Μέση</b> (30-60% μείωση)	7		
	<b>Χαμηλή</b> (15-30% μείωση)	5		
	<b>Έλλειψη τεκμηρίωσης</b>	0		
4. Εξετάζεται αν οι παρεμβάσεις οδηγούν σε αναβάθμιση σε περισσότερες κατηγορίες όπως προκύπτει από το 2ο πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης.	<b>Υψηλή</b> (αναβάθμιση κατά 3 κατηγορίες και άνω)	10	<b>10</b>	Σύμφωνα με το ΠΕΑ από το συνολικό σενάριο που αναφέρεται στις ενεργειακές επεμβάσεις, τόσο στο κέλυφος του κτιρίου όσο στο σύνολο των Ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων και με την εγκατάσταση θερμικού ηλιακού και φωτοβολταϊκού συστήματος προκύπτει η αναβάθμιση του κτιρίου από την <b>Κατηγορία Ε</b> στην <b>Κατηγορία Β</b>
	<b>Μέση</b> (αναβάθμιση κατά 2 κατηγορίες)	7		
	<b>Χαμηλή</b> (αναβάθμιση κατά 1 κατηγορία)	5		
	<b>Έλλειψη τεκμηρίωσης</b>	0		

Εξειδίκευση κριτηρίου	Κατάσταση	Βαθμός υποκριτηρίου	Βαθμολογία πράξης ανά κριτήριο	Τεκμηρίωση
5. Εξετάζεται η Ενσωμάτωση τεχνολογιών ΑΠΕ/ ΣΗΘΥΑ με τον προσδιορισμό του ποσοστού εξυπηρέτησης αναγκών με ΑΠΕ/ ΣΗΘΥΑ επί της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.	Υψηλή (> 71% εξυπηρέτηση αναγκών με ΑΠΕ επί της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας)	10	5	Από την εγκατάσταση: 1. Θερμικού ηλιακού συστήματος προκύπτει συνεισφορά ΑΠΕ <b>11,0 kWh/m²</b> 2. Φωτοβολταϊκού συστήματος προκύπτει συνεισφορά ΑΠΕ <b>43,0 kWh/m²</b> Οπότε η συνολική συνεισφορά των συστημάτων ΑΠΕ είναι <b>57,0 kWh/m²</b> επί της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας 349,4 kWh/m², οπότε <b>&lt;40%</b>
	Μέση (40% - 70% εξυπηρέτησης αναγκών με ΑΠΕ επί της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας)	7		
	Χαμηλή (40% < εξυπηρέτηση αναγκών με ΑΠΕ επί της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας)	5		
	Έλλειψη τεκμηρίωσης	0		
Οικονομικότητα της πρότασης, λειτουργικότητα				
1. Εξετάζεται η οικονομική αποδοτικότητα παρεμβάσεων Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕ) και προκύπτει από το αποτέλεσμα του δείκτη (Προϋπολογισμός Παρεμβάσεων ΕΞΕ)/ (Επιφάνεια Χώρου παρεμβασης ΕΞΕ) €/μ2.	Υψηλή (πρόταση με κόστος μικρότερο των 800ευρώ/μ2 και μεγαλύτερο των 100ευρώ/μ2)	10	10	Ο συνολικός Προϋπολογισμός Παρεμβάσεων ΕΞΕ είναι: <b>2.343.546 €</b> , ενώ η επιφάνεια παρέμβασης θερμαινόμενων/ψυχόμενων χώρων είναι: <b>17.810,22 m²</b> , οπότε ο Δείκτης (Προϋπολογισμός Παρεμβάσεων ΕΞΕ)/ (Επιφάνεια Χώρου παρέμβασης ΕΞΕ) €/m² είναι: <b>131,58 €/m²</b> μικρότερος από 800 €/m² και μεγαλύτερο των 100 €/m².  Ακόμη και εάν ληφθεί υπόψη ο συνολικός Προϋπολογισμός Παρεμβάσεων ΕΞΕ, συμπεριλαμβανομένων γενικών εξόδων, εργαλαβικού οφέλους (Γ.Ε.+Ο.Ε.), απρόβλεπτων και αναθεωρήσεων, δηλ. έως <b>4.000.000 €</b> ο δείκτης είναι: <b>224,59 €/m²</b>
	Μέση (πρόταση με κόστος μεταξύ 800ευρώ/μ2 1300ευρώ/μ2)	7		
	Χαμηλή (πρόταση με κόστος μεγαλύτερο των 1300ευρώ/μ2 ή μικρότερο των 100ευρώ/μ2)	5		
	Έλλειψη τεκμηρίωσης	0		
	Χαμηλή (προβλέπονται οι αναγκαίες ενέργειες με συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα, προκειμένου να εξασφαλιστεί η λειτουργία και η συντήρηση των έργων που θα υλοποιηθούν)	4		
	Έλλειψη τεκμηρίωσης	0		
2. Εξετάζεται η οικονομική αποδοτικότητα των προτεινόμενων παρεμβάσεων από τη σχέση του κόστους ανά εξοικονομούμενη kWh.	Υψηλή (Προτάσεις με οποίες για κάθε εξοικονομούμενη kWh, δαπανώνται έως 50ευρώ)	10	10	Σύμφωνα με το ΠΕΑ προκύπτει ότι η εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι: 437,8 kWh/m² x 17.810,22 m² = <b>7.797.314 kWh/έτος</b> Ο συνολικός προϋπολογισμός των προτεινόμενων ενεργειακών επεμβάσεων είναι: <b>2.343.546 €</b> <b>Οπότε προκύπτει ότι για κάθε εξοικονομούμενη kWh δαπανώνται: 0,30 €</b>
	Μέση (Προτάσεις με οποίες για κάθε εξοικονομούμενη kWh, δαπανώνται από 51 έως 80ευρώ)	7		
	Χαμηλή (Προτάσεις με οποίες για κάθε εξοικονομούμενη kWh, δαπανώνται πάνω από 80 ευρώ)	5		
	Έλλειψη τεκμηρίωσης	0		
Βιωσιμότητα, αξιοποίηση				
1. Αξιολογείται βάσει της εμβέλειας της πράξης (τοπική ή η υπερτοπική)	Υψηλή (το προτεινόμενο έργο αφορά σε εγκαταστάσεις που εξυπηρετεί περιφέρεια ή το σύνολο της χώρας)	10	10	Το προτεινόμενο έργο αφορά στις εγκαταστάσεις του συγκροτήματος κτιρίων ΚΤ4, ΚΤ5α, ΚΤ5β και ΚΤ5δ του Γενικού Νοσοκομείου Θεσσαλονίκης «ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ», το οποίο που εξυπηρετεί την περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.
	Χαμηλή (το προτεινόμενο έργο αφορά νοσοκομείο που εξυπηρετεί τοπικά (πόλη)	5		
	Έλλειψη τεκμηρίωσης	0		

Εξειδίκευση κριτηρίου	Κατάσταση	Βαθμός υποκριτηρίου	Βαθμολογία πράξης ανά κριτήριο	Τεκμηρίωση
2. Αξιολογείται βάσει της Δυναμικότητας Κλινών, του πλήθους των παροχών κα	<b>Υψηλή</b> (το προτεινόμενο έργο αφορά σε εγκαταστάσεις που αφορά συνολικές παροχές υγείας όπως συγκρότημα νοσοκομείων με υψηλή Δυναμικότητα Κλινών >600, Κλινικές, Εντατική, κα	10	<b>10</b>	Το προτεινόμενο έργο αφορά στις εγκαταστάσεις του συγκροτήματος κτιρίων ΚΤ4, ΚΤ5α, ΚΤ5β και ΚΤ5δ του Γενικού Νοσοκομείου Θεσσαλονίκης «ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ», που αφορά συνολικές παροχές υγείας όπως συγκρότημα νοσοκομείων με υψηλή Δυναμικότητα Κλινών >600, Κλινικές, Εντατική, κ.α.
	<b>Χαμηλή</b> (το προτεινόμενο έργο αφορά νοσοκομείο που έχει χαμηλή δυναμικότητα Κλινών <600, κα)	5		
	Έλλειψη τεκμηρίωσης	0		
3. Εξετάζεται αν και με ποιο τρόπο κατά την ολοκλήρωση της πράξης εξασφαλίζεται η συντήρηση και η λειτουργία της. Πχ σε περίπτωση πράξεων υποδομών, όπου απαιτείται συντήρηση και λειτουργία, ο δικαιούχος θα πρέπει να αναφέρει την ύπαρξη σχετικών φορέων/ δομών/μηχανισμών λειτουργίας και συντήρησης ή να προβλέπει τις αναγκαίες ενέργειες με συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα, προκειμένου να εξασφαλιστεί η συντήρηση και λειτουργία. Σε περίπτωση πράξεων που δεν ενέχουν λειτουργία θα πρέπει να επεξηγείται ο τρόπος αξιοποίησης των αποτελεσμάτων. Κατά την ολοκλήρωση της πράξης απαιτείται ο ορισμός ενεργειακού υπευθύνου.	<b>Υψηλή</b> (οι εγκαταστάσεις στις οποίες θα υλοποιηθεί το προτεινόμενο έργο, ακολουθούν ορθή περιβαλλοντική διαχείριση πχ επανάχρηση νερού, ανακύκλωσης απορριμμάτων, διαχείρισης λυμάτων, επικινδύνων, κα).	10	<b>5</b>	Οι εγκαταστάσεις στις οποίες θα υλοποιηθεί το προτεινόμενο έργο, δεν ακολουθούν ορθή περιβαλλοντική διαχείριση π.χ. επανάχρηση νερού, ανακύκλωσης απορριμμάτων, διαχείρισης λυμάτων, επικινδύνων
	<b>Χαμηλή</b> (οι εγκαταστάσεις στις οποίες θα υλοποιηθεί το προτεινόμενο έργο, δεν ακολουθούν ορθή περιβαλλοντική διαχείριση πχ επανάχρηση νερού, ανακύκλωσης απορριμμάτων, διαχείρισης λυμάτων, επικινδύνων, κα).	5		
	Έλλειψη τεκμηρίωσης	0		