

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΝΟΜΟΣ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ  
ΔΗΜΟΣ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ**

**ΕΡΓΟ:**

**“ΣΧΕΔΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ  
ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ  
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΟΥ 2ου  
– 5ου ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ – 2ου ΛΥΚΕΙΟΥ  
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ”**

**ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ**

## Περιεχόμενα

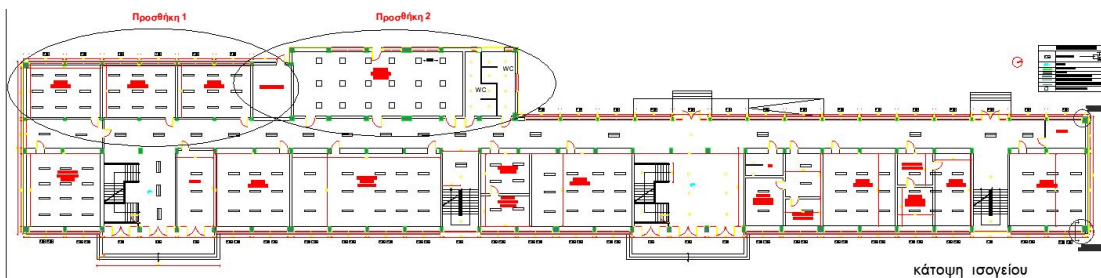
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....</b>	<b>1</b>
<b>1. ΓΕΝΙΚΑ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	4
1.1.1 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτιρίου.....	4
1.1.2 Υφιστάμενη κατάσταση δομικών στοιχείων.....	5
<b>2. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....</b>	<b>7</b>
2.1 Γενικά.....	7
2.2 Εξωτερική θερμομόνωση δομικών στοιχείων.....	7
2.3 Θερμομόνωση κεραμοσκεπής.....	9
<b>3. ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>10</b>
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	10
3.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ.....	10
3.3 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ.....	16
3.3.1 Αποξήλωση υφισταμένων.....	16
3.3.2 Τύποι νέων κουφωμάτων.....	16
3.3.3 Συντελεστές θερμοπερατότητας.....	18
<b>4. ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ.....</b>	<b>20</b>
4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	20
4.2 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ.....	22
<b>5. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....</b>	<b>27</b>
5.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	27
5.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΪΣΙΑ.....	27
5.2.1 Χωροθέτηση.....	28
5.3 Βάσεις στήριξης.....	28
5.4 Αντιστροφείς ισχύος (Inverters).....	30
5.4.1 Συσχέτιση τάσης αντιστροφέα με τάση ΦΒ πλαισίων.....	31
5.4.2 Συσχέτιση ρεύματος αντιστροφέα με ρεύμα ΦΒ πλαισίων.....	31
5.4.3 Ηλεκτρική συνδεσμολογία εγκατάστασης.....	32
5.5 Καλωδιώσεις.....	32
5.6 Μετρητής Ηλεκτρικής Ένεργειας.....	33
5.7 Γείωση συστήματος.....	34

## 1. ΓΕΝΙΚΑ

Το σχολικό κτίριο, στο οποίο στεγάζονται τα 2<sup>ο</sup> & 5<sup>ο</sup> Γυμνάσιο και το 2<sup>ο</sup> Λύκειο Καρδίτσας, βρίσκεται επί της οδού Νίκου Τεμπονέρα 5 του Δήμου Καρδίτσας. Είναι ένα κτίριο το οποίο επεκτάθηκε σε δύο

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

φάσεις ώστε να προκύψει η σημερινή μορφή. Το αρχικό κτίριο είχε οικοδομική άδεια από τις 3/10/1977 και με αριθμό άδειας 1293, που αφορούσε 1571,30 μ<sup>2</sup> κυρίου κτίσματος, 743,75 μ<sup>2</sup> γυμναστηρίου και 165,05 μ<sup>2</sup> wc δίπλα στο γυμναστήριο. Στη συνέχεια έγιναν δύο νέες τριώροφες επεκτάσεις σε δύο φάσεις, οι οποίες δεν δημιούργησαν νέο κτίριο ανεξάρτητο αλλά ενιαίους νέους χώρους πάνω στο αρχικό κτίριο. Το εμβαδόν της 1<sup>ης</sup> επέκτασης είναι 180 μ<sup>2</sup> ανά όροφο και της 2<sup>ης</sup> επέκτασης 190 μ<sup>2</sup> ανά όροφο. Το σύνολο αυτής της δόμησης είναι 1110 μ<sup>2</sup> και τακτοποιήθηκε με την δήλωση με Α/Α 2440722.



Το κτίριο περιλαμβάνει κυρίως χώρους αιθουσών διδασκαλίας δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, γραφεία καθηγητών, αίθουσες εργαστηρίων, WC, καθώς και βοηθητικούς χώρους αποθηκών και διαδρόμους και αποτελείται από τρεις (3) ορόφους όπως παρακάτω:

- Ισόγειο: Περιλαμβάνει γραφεία καθηγητών, διαδρόμους, εργαστήρια, αίθουσες, και τον μη θερμαινόμενο χώρο του λεβητοστασίου
- 1<sup>ος</sup> και 2<sup>ος</sup> όροφος: Αποτελούν θερμαινόμενους χώρους και περιλαμβάνουν αίθουσες διδασκαλίας, διαδρόμους και WC.



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Εικόνα 1.1: Άποψη της κεντρικής εισόδου (Ανατολικά) και της βοηθητικής εισόδου (Δυτικά)



Εικόνα 1.2: Τοπογραφική ορθοφωτογράφιση από το Εθνικό Κτηματολόγιο



Για το κτίριο του σχολικού συγκροτήματος (αρχικό και προσθήκες) προτείνονται τα παρακάτω μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης:

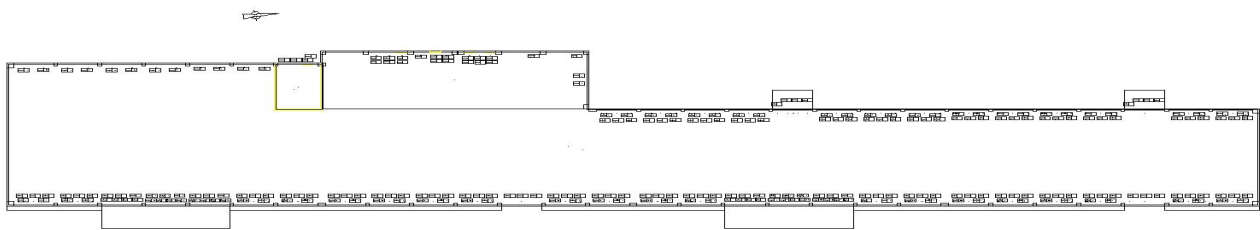
- Θερμομόνωση εξωτερικών επιφανειών
- Θερμομόνωση οροφής
- Αντικατάσταση υφισταμένων κουφωμάτων με νέα από PVC
- Αντικατάσταση όλων των φωτιστικών του σχολείου με νέα τύπου Led
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ισχύος 10 kWστην οροφή του γυμναστηρίου (netmetering).

Να σημειωθεί ότι στο γυμναστήριο του σχολικού συγκροτήματος δεν γίνεται καμία παρέμβαση ενεργειακής αναβάθμισης, παρά μόνο η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών.

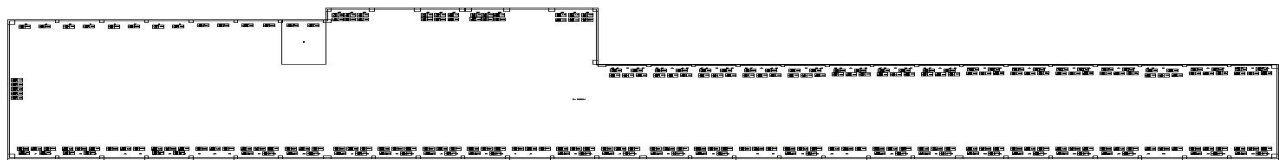
## 1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

### 1.1.1 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτιρίου

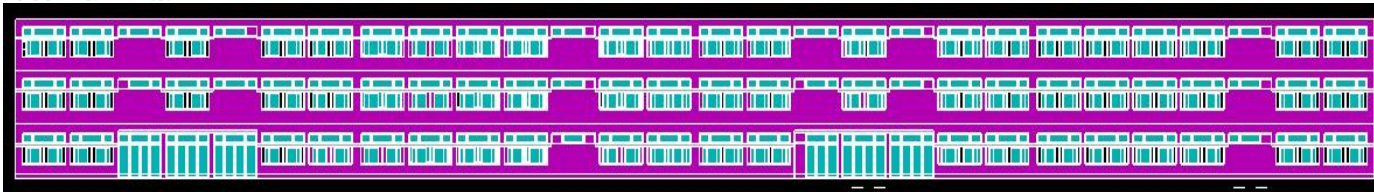
Οι κατόψεις και των τριών επιπέδων του κτιρίου φαίνονται στα σχήματα που ακολουθούν:



Εικόνα 1.3: Κάτοψη ισογείου



Εικόνα 1.4: Κάτοψη 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> ορόφου (τυπικός)



Εικόνα 1.5: Ανατολική όψη

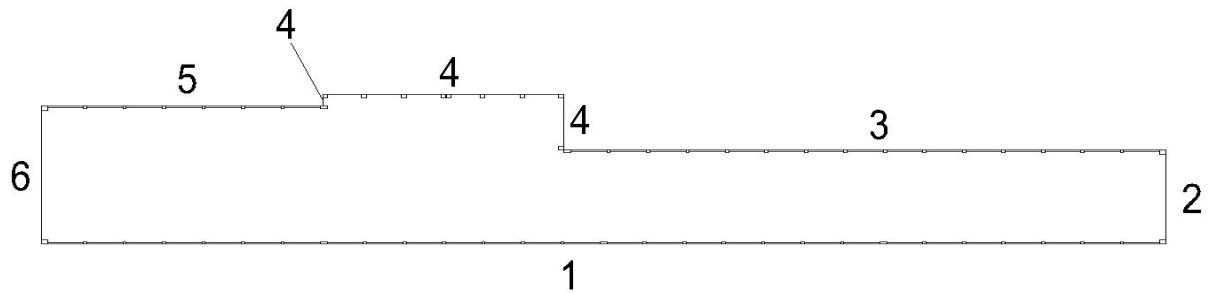


Εικόνα 1.6: Δυτική όψη

### 1.1.2 Υφιστάμενη κατάσταση δομικών στοιχείων

Όπως αναφέρθηκε, το αρχικό κτίριο κατασκευάστηκε το 1977, πριν την έναρξη ισχύος του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (Κ.Θ.Κ), και στην ίδια χρονολογική περίοδο έγινε και η πρώτη επέκτασή του, οπότε τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του αρχικού κτιρίου και της πρώτης επέκτασης λαμβάνονται ως αμόνωτα. Με την ίδια λογική το δάπεδο σε επαφή με το φυσικό έδαφος, το δάπεδο του 1<sup>ου</sup> ορόφου προς τον μη θερμαινόμενο χώρο του λεβητοστασίου και η κεραμοσκεπή του αρχικού κτιρίου και της πρώτης επέκτασης, δεν έχουν θερμομόνωση. Από εδώ και στο εξής με τον όρο αρχικό κτίριο θα εννοούμε το κτίριο που κατασκευάστηκε το 1977 και την 1<sup>η</sup> επέκταση, και με τον όρο επέκταση την τελευταία προσθήκη του κτιρίου.

Έγινε ορισμός των όψεων του κτιρίου σύμφωνα με το παρακάτω σχέδιο, και ο υπολογισμός των ανηγμένων συντελεστών θερμοπερατότητας για κάθε όψη υπολογίζεται σύμφωνα με την εικόνα που ακολουθεί.



**Εικόνα 1.7.:** Αρίθμηση όψεων κτιρίου

Οι όψεις με την αρίθμηση -4-, ανήκουν στην επέκταση του κτιρίου, και οι συντελεστές θερμοπερατότητας είναι σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (Κ.Θ.Κ.).

## 2. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

### 2.1 Γενικά

Το κτίριο είναι είτε παντελώς αμόνωτο εκτός της επέκτασης, και σίγουρα όχι σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ. Σύμφωνα με τον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, δίνεται μεγάλη βάση στη θερμική θωράκιση του κελύφους, δεδομένου ότι από αυτή θα εξαρτηθούν τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης, οπότε είναι σημαντικό να περιορίσουμε τις θερμικές συναλλαγές με το περιβάλλον. Επιλέγεται η λύση της εξωτερικής θερμομόνωσης των δομικών στοιχείων καθώς και της οροφής (κεραμοσκεπή).

### 2.2 Εξωτερική θερμομόνωση δομικών στοιχείων

#### Βασικές προδιαγραφές

Η εξωτερική θερμομόνωση θα γίνει με διογκωμένη πολυστερίνη. Η διογκωμένη πολυστερίνη έχει:

- Εξαιρετικές μονωτικές ιδιότητες
- Πολύ υψηλές μηχανικές αντοχές
- Απεριόριστη αντοχή στον χρόνο
- Εξαιρετικές αντισεισμικές ιδιότητες

Η εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης με διογκωμένη πολυστερίνη προδιαγράφεται από το Πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 13499**: «Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων – Εξωτερικά σύνθετα θερμομονωτικά συστήματα (ETICS) από διογκωμένη πολυστερίνη – Προδιαγραφή», από την «**ΠΕΤΕΠ 03-06-02-04** Συστήματα εξωτερικών θερμομονώσεων (ΣΕΘ) με διογκωμένη πολυστερίνη και λεπτά οπλισμένα οργανικά επιχρίσματα» και από την **ETAG 004**. Το σύστημα εξωτερική θερμομόνωσης:

- Αποτελείται από διογκωμένη πολυστερίνη που τοποθετείται επί των τοιχωμάτων είτε με κόλληση είτε με μηχανικές διατάξεις στερέωσης, επενδύεται με λεπτό ενισχυμένο με οπλισμό επίχρισμα και φέρει μια στρώση τελειώματος (εικ. 3.1.)
- Περιλαμβάνει ειδικές διατάξεις και ειδικά εξαρτήματα για την εξασφάλιση της σύνδεσης της εξωτερικής θερμομόνωσης με διάφορα στοιχεία της όψης (ανοίγματα, λαμπάδες, ποδιές κλπ)
- Συμβάλλει στην στεγανότητα της όψης και στην προστασία των τοιχωμάτων από κλιματικές καταπονήσεις



- Απαιτεί για την εφαρμογή του ειδικά συνεργεία τοποθέτησης



**Εικόνα2.1.** Ενδεικτική τομή εξωτερικής θερμομόνωσης

Τα βασικά στοιχεία της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι:

- Κόλλα πρόσφυσης
- Θερμομονωτικό υλικό πάχους 7 εκ σε όλο το κέλυφος του κτιρίου και 2 εκ γύρω από τα ανοίγματα, όπως φαίνεται στις κατόψεις και τις λεπτομέρειες των σχεδίων
- Οπλισμός
- Στρώσεις επιχρίσματος
- Τελική στρώση με οργανικό επίχρισμα έτοιμου χρώματος

Για τις ενώσεις με άλλα δομικά στοιχεία και την στερέωση – συγκράτηση της εξωτερικής θερμομόνωσης χρησιμοποιούνται μεταλλικές δομές από αλουμίνιο, ανοξείδωτο χάλυβα ή τιτανιούχο ψευδάργυρο. Για την ενίσχυση των ακμών της εξωτερικής θερμομόνωσης χρησιμοποιούνται διατομές αλουμινίου, χάλυβα, ινών γυαλιού ή πλαστικές σε συνδυασμό με ίνες γυαλιού. Στα σημεία που υπάρχει αρμός μεταξύ του αρχικού κτιρίου και των προσθηκών καθώς και μεταξύ των προσθηκών μεταξύ τους, χρησιμοποιείται αρμοκάλυπτρο που προβλέπεται με ειδικό άρθρο Τιμολογίου.

Τα γενικά χαρακτηριστικά της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι:

- Θα πρέπει να αντέχει σε συνδυασμένες καταπονήσεις από το ίδιο το βάρος και τα κλιματικά φαινόμενα.
- Θα πρέπει να έχει αντοχή στο χρόνο μεγαλύτερη των 30 ετών για κανονικές συνθήκες χρήσης και συντήρησης.
- Θα πρέπει τα τοιχώματα της κατασκευής της εξωτερικής θερμομόνωσης να εξασφαλίζονται από πλευράς στεγανότητας του νερού και του χιονιού. Θα πρέπει να σταματούν την προώθηση της υγρασίας προς τα τμήματα που μπορούν να καταστραφούν, αλλά και την συμπύκνωση των υδρατμών όπισθεν της θερμομόνωσης.
- Θα πρέπει να αντέχει σε θερμοκρασίες από  $-20^{\circ}\text{C}$  έως  $+80^{\circ}\text{C}$  όπως και σε θερμικές κρούσεις

### 2.3 Θερμομόνωση κεραμοσκεπής

Στο υφιστάμενο κτίριο υπάρχει κεραμοσκεπή πάνω από το δώμα το οποίο είναι αμόνωτο, ενώ καταγράφονται και προβλήματα υγρασίας. Προτείνεται να γίνει θερμομόνωση του δώματος με διογκωμένη πολυστερίνη πάχους 8 cm και υδρομόνωση κάτω από την κεραμοσκεπή. Οι απαιτούμενες εργασίες για το σκοπό αυτό είναι:

- Απομάκρυνση των κεραμιδιών από την σκεπή
- Τοποθέτηση μονωτικού επί του δώματος
- Τοποθέτηση υδρομονωτικού υλικού κάτω από το πέτωμα της κεραμοσκεπής και επανατοποθέτηση των κεραμιδιών

### 3. ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ

#### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Δεδομένου ότι τα υφιστάμενα κουφώματα αλουμινίου αλλά και σιδηρού προφίλ (οι είσοδοι του σχολείου) είναι πεπαλαιωμένα με πολλές αστοχίες, αποφασίσθηκε η αντικατάσταση με νέα κουφώματα τύπου PVC με τριπλό τζάμι.

#### 3.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ

Τα υφιστάμενα κουφώματα του κτιρίου κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες, αυτά του αρχικού κτιρίου που είναι παλαιά κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή, με μονό απλό υαλοπίνακα και κακή αεροστεγανότητα, και τα κουφώματα της επέκτασης που είναι νέα κουφώματα αλουμινίου, χωρίς θερμοδιακοπή, με διπλό μη ενεργειακό υαλοπίνακα και επαρκή αεροστεγανότητα. Τόσο τα κουφώματα της επέκτασης όσο και του αρχικού κτιρίου είναι διαφόρων τυπολογιών, κυρίως συρόμενα και κάποια ανοιγόμενα, σταθερά και ανακλινόμενα.

Η πρόταση αφορά αντικατάστασή των κουφωμάτων του αρχικού κτιρίου και όχι αυτά της επέκτασης διότι είναι σχετικά καινούρια (5 ετών), επαρκούς αεροστεγανότητας, και με συντελεστή θερμοπερατότητας τέτοιο ώστε δεν θα ήταν αποσβέσιμη η αντικατάστασή τους. Επίσης δεν αντικαθίστανται τα κουφώματα του λεβητοστασίου (1 μεταλλική πόρτα και φεγγίτες) λόγω του ότι αποτελεί μη θερμαινόμενο χώρο και δεν θα είχε ενεργειακό όφελος.

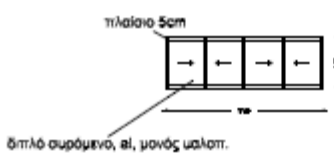
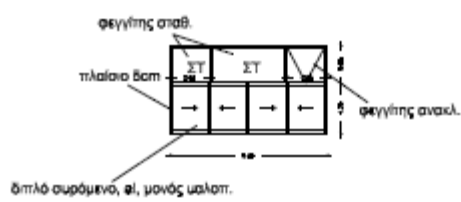
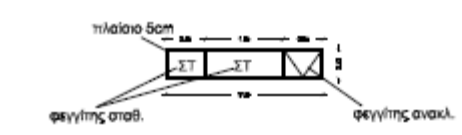
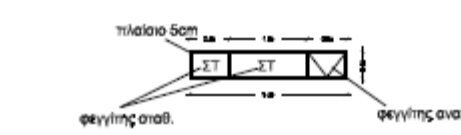
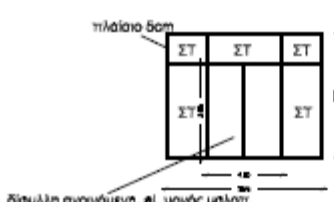
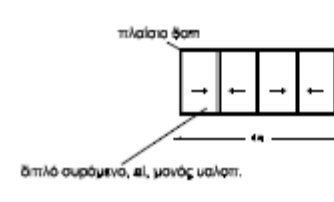


Η αντικατάσταση θα γίνει τους διατηρώντας την υπάρχουσα τυπολογία, με νέα κουφώματα από προφίλ PVC και τριπλούς υαλοπίνακες με πλήρωση αδρανούς αερίου. Η τυπολογία των ανοιγμάτων είναι όπως στους παρακάτω πίνακες:

**Πίνακας 3.1. Ανοίγματα σχολικού συγκροτήματος**

ΙΣΟΓΕΙΟ							
A/A	Συμβολισμός	Μήκος	Πλάτος	Επιφάνεια	Αριθμός όμοιων τεμαχίων	Συνολική επιφάνεια	Περιγραφή
1	Π1	3.75	1.20	4.50	20	90.00	Τυπικό 3,75x1,20
2	Π2	3.75	0.70	2.63	20	52.50	Φεγγίτης 3,75x0,70
3	Π3	3.75	3.00	11.25	8	90.00	Είσοδος 3,75x3,00
4	Π4	3.75	0.70	2.63	2	5.25	Φεγγίτης κλιμακοστασίου 3,75x0,70
5	Π5	3.75	2.10	7.88	13	102.38	Τυπικό 3,75x2,10
6	Π7	3.75	1.60	6.00	6	36.00	Τυπικό 3,75x1,60
						<b>376.13</b>	
Α΄ ΟΡΟΦΟΣ							
A/A	Συμβολισμός	Μήκος	Πλάτος	Επιφάνεια	Αριθμός όμοιων τεμαχίων	Συνολική επιφάνεια	Περιγραφή
1	Π1	3.75	1.20	4.50	22	99.00	Τυπικό 3,75x1,20
2	Π2	3.75	0.70	2.63	26	68.25	Φεγγίτης 3,75x0,70
3	Π4	3.75	0.70	2.63	2	5.25	Φεγγίτης κλιμακοστασίου 3,75x0,70
4	Π5	3.75	2.10	7.88	15	118.13	Τυπικό 3,75x2,10
5	Π6	3.75	0.65	2.44	2	4.88	Φεγγίτης πίσω είσοδος 3,75x0,65
6	Π7	3.75	1.60	6.00	7	42.00	Τυπικό 3,75x1,60
7	Π8	3,80	2,98	11,32	1	11.32	Υαλοστάσιο 3,80x2,98
						<b>346.35</b>	
Β΄ ΟΡΟΦΟΣ							
A/A	Συμβολισμός	Μήκος	Πλάτος	Επιφάνεια	Αριθμός όμοιων τεμαχίων	Συνολική επιφάνεια	Περιγραφή
1	Π1	3.75	1.20	4.50	22	99.00	Τυπικό 3,75x1,20
2	Π2	3.75	0.70	2.63	26	68.25	Φεγγίτης 3,75x0,70
3	Π4	3.75	0.70	2.63	2	5.25	Φεγγίτης κλιμακοστασίου 3,75x0,70
4	Π5	3.75	2.10	7.88	15	118.13	Τυπικό 3,75x2,10
5	Π6	3.75	0.65	2.44	2	4.88	Φεγγίτης πίσω είσοδος 3,75x0,65
6	Π7	3.75	1.60	6.00	7	42.00	Τυπικό 3,75x1,60
7	Π9	3,80	2,98	11,32	1	11.32	Υαλοστάσιο 3,80x2,98
						<b>346.35</b>	

Η τυπολογία των κουφωμάτων φαίνεται στην επόμενη εικόνα:

**Πίνακας 3.2. Τυπολογία κουφωμάτων**

ΚΥΡΙΑ ΟΨΗ ΠΡΟΣ ΑΥΛΕΙΟ ΧΩΡΟ	ΠΙΣΩ ΟΨΗ
<p><b>Π1</b>                      Τυπικό άνοιγμα 3,75 x 1,20</p> 	<p><b>Π5</b>                      Τυπικό άνοιγμα 3,75 x 2,10</p> 
<p><b>Π2</b>                      Τυπικός φεγγίτης 3,75x0,70</p> 	<p><b>Π6</b>                      Φεγγίτης πάνω από την πίσω είσοδο 3,75x0,65</p> 
<p><b>Π3</b>                      Κεντρικές είσοδοι 3,75 x 3,00</p> 	<p><b>Π7</b>                      Τυπικό άνοιγμα 3,75x1,60</p> 
<p><b>Π4</b>                      3,75 x 0,70 ( φεγγίτης σταθ. κλιμακασταίου)</p> 	<p><b>Π8</b>                      Υαλοστάσιο 3,00x2,95</p> 

Φωτογραφική τεκμηρίωση της θέσης των κουφωμάτων ακολουθεί:



Πίνακας 3.3. Φωτογραφική τεκμηρίωση της τυπολογίας των κουφωμάτων









### **3.3 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ**

#### **3.3.1 Αποξήλωση υφισταμένων**

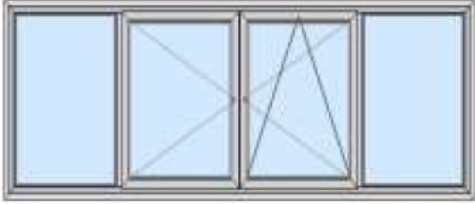

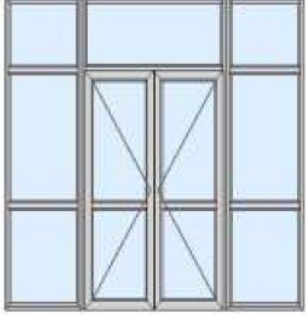
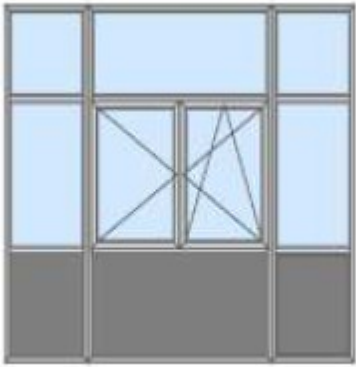
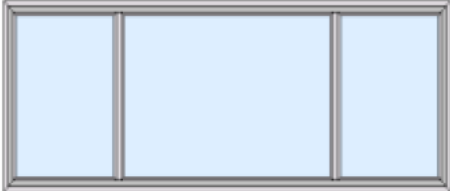
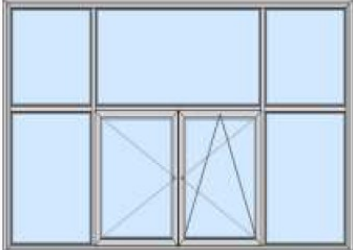
Όλα τα υφιστάμενα κουφώματα των σχολικών μονάδων που έχουν δοθεί στους προηγούμενους πίνακες αποξηλώνονται και απομακρύνονται, με στόχο να αντικατασταθούν από νέα κουφώματα PVC, διαφόρων τύπων.

#### **3.3.2 Τύποι νέων κουφωμάτων**

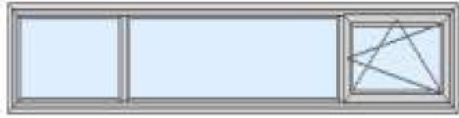
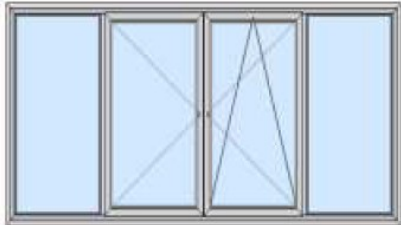
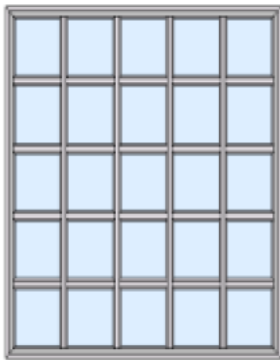
Τα νέα κουφώματα θα είναι όλα από PVC, ανοιγόμενα με την παρακάτω διαμόρφωση:



**Πίνακας 3.4. Τυπολογία νέων κουφωμάτων**

<p>Τύπος Π1 Δίφυλλο ανοιγόμενο με δύο σταθερά τμήματα</p>	
<p>Τύπος Π2 Μονόφυλλο ανοιγόμενο με δύο σταθερά τμήματα</p>	
<p>Τύπος Π3 Δίφυλλη ανοιγόμενη πόρτα εισόδων με δύο σταθερά φύλλα και φεγγίτη</p>	
<p>Τύπος Π3.1 Δίφυλλο ανοιγόμενο με δύο σταθερά φύλλα και φεγγίτη</p>	
<p>Τύπος Π4 Σταθερό με δύο κάθετα</p>	
<p>Τύπος Π5 Δίφυλλο ανοιγόμενο με δύο σταθερά φύλλα και φεγγίτη</p>	



<p>Τύπος Π6 Μονόφυλλο ανοιγόμενο με δύο σταθερά φύλλα</p>	
<p>Τύπος Π7 Δίφυλλο ανοιγόμενο με δύο σταθερά φύλλα</p>	
<p>Τύπος Π8 και τύπος Π9 Σταθερό κούφωμα</p>	

### 3.3.3 Συντελεστές θερμοπερατότητας

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας για τα κούφωματα, 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 κούφωματος 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 κούφωματος

$U_f$  [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 κούφωματος

$l_g$  [m] το μήκος της θερμογέφυρας

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

Με βάση τα παραπάνω οι συντελεστές θερμοπερατότητας πρέπει να είναι καετ' ελάχιστον όπως ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 3.5. Συντελεστές θερμοπερατότητας νέων κουφωμάτων		
A/A	ΤΥΠΟΣ	Uw W/m <sup>2</sup> /K
1	Π1	0,9
2	Π2	1,0
3	Π3	1,5
3.1	Π3.1	1,2
4	Π4	1,0
5	Π5	0,9
6	Π6	1,0
7	Π7	0,9
8	Π8	1,0
9	Π9	1,0

#### 4. ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ

##### 4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Το κτίριο στο σύνολό του φωτίζεται από φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες φθορισμού. Υπάρχουν εγκατεστημένα φωτιστικά σώματα με και χωρίς ανακλαστήρα, κάποια με γαλακτούχο κάλυμμα, με γραμμικούς λαμπτήρες φθορισμού T8 2x 36 W και ηλεκτρομαγνητικό ballast. Σε ελάχιστους χώρους (WC, γραφείο επιστάτη, αποθήκες, υπάρχουν εγκατεστημένα φωτιστικά με λαμπτήρες πυρακτώσεως ισχύος 60 και 100W. Στο λεβητοστάσιο υπάρχουν λαμπτήρες πυράκτωσης 100 W έκαστος.

Τα φωτιστικά όπως αποτυπώθηκαν στην επιθεώρηση περιλαμβάνονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 4.1 Υφιστάμενα φωτιστικά			
Περιγραφή Χώρου	Ισχύς φωτιστικού	Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	Συνολική Ισχύς [kW]
Ισόγειο			
Αίθουσα 004 2ου Λυκείου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 003 2ου Λυκείου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 002 2ου Λυκείου	2Χ36	9	0,648
Εργαστήριο Τεχνολογίας	2Χ36	12	0,864
Αίθουσα 005	2Χ36	3	0,216
3ο εργαστήριο Φυσικών επιστημών	2Χ36	12	0,864
2ο εργαστήριο Φυσικών επιστημών	2Χ36	12	0,864
1ο εργαστήριο Φυσικών επιστημών	2Χ36	12	0,864
Αίθουσα 001 2ου Λυκείου	2Χ36	6	0,432
Γραφείο Καθηγητών Λυκείου	2Χ36	12	0,864
Επιστάτης 1	1Χ60	1	0,060
Αρχείο	2Χ36	6	0,432
Διευθυντής 2ου Γυμνασίου	2Χ36	3	0,324
Γραφείο Καθηγητών 2ου Γυμνασίου	2Χ36	9	0,648
Γραφείο καθηγητών και Διευθυντή 5ου Γυμνασίου	2Χ36	9	0,648
Αποθήκη 1	1Χ60	1	0,060
Αίθουσα 002 2ου Γυμνασίου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 001 2ου Γυμνασίου	2Χ36	3	0,216
WC	1Χ60	1	0,060
Διάδρομος	1Χ100	6	0,600
	2Χ36	29	2,088
Επιστάτης 2	1Χ60	1	0,060
Αποθήκη 2	1Χ60	1	0,060
Νέα επέκταση	4Χ18	18	1,296
<b>Σύνολο</b>			<b>14,112</b>
<b>Έκταση (m<sup>2</sup>)</b>			<b>1.864,80</b>

**Πίνακας 4.1** Υφιστάμενα φωτιστικά

Περιγραφή Χώρου	Ισχύς φωτιστικού	Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	Συνολική Ισχύς [kW]
<b>Ανηγγμένη τιμή φωτισμού ορόφου (W/m<sup>2</sup>)</b>			<b>7,6</b>
1ος όροφος			
Αίθουσα 101 2ου Λυκείου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 102 2ου Λυκείου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 103 2ου Λυκείου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 104 2ου Λυκείου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 105 2ου Λυκείου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 106 2ου Λυκείου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 106 2ου Γυμνασίου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 105 2ου Γυμνασίου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 104 2ου Γυμνασίου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 102 2ου Γυμνασίου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 101 2ου Γυμνασίου	2Χ36	3	0,216
Αίθουσα Η/Υ 2ου Λυκείου	2Χ36	27	1,944
Αίθουσα 107 2ου Λυκείου	2Χ36	4	0,288
Άγνωστη αίθουσα 1	2Χ36	6	0,432
Άγνωστη αίθουσα 2	2Χ36	6	0,432
Άγνωστη αίθουσα 3	2Χ36	6	0,432
Άγνωστη αίθουσα 4	2Χ36	6	0,432
WC 1	100	2	0,200
WC 2	100	2	0,200
Διάδρομος	2Χ36	1	0,072
Διάδρομος	2Χ36	3	0,216
Διάδρομος	2Χ36	27	1,944
Διάδρομος	2Χ36	1	0,072
Διάδρομος	2Χ36	3	0,216
Διάδρομος	2Χ36	2	0,144
<b>Σύνολο</b>			<b>13,72</b>
<b>Έκταση (m<sup>2</sup>)</b>			<b>1864,80</b>
<b>Ανηγγμένη τιμή φωτισμού ορόφου (W/m<sup>2</sup>)</b>			<b>7,4</b>
2ος όροφος			
Αίθουσα	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 204 2ου Γυμνασίου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 204 2ου Γυμνασίου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 203 2ου Γυμνασίου	2Χ36	9	0,648

**Πίνακας 4.1** Υφιστάμενα φωτιστικά

Περιγραφή Χώρου	Ισχύς φωτιστικού	Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	Συνολική Ισχύς [kW]
Αίθουσα 202 2ου Γυμνασίου	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα 201 2ου Γυμνασίου	2Χ36	3	0,216
Αίθουσα	2Χ36	18	1,296
Αίθουσα	2Χ36	9	0,648
Αίθουσα	2Χ36	4	0,288
Άγνωστη αίθουσα 1	2Χ36	6	0,432
Άγνωστη αίθουσα 2	2Χ36	6	0,432
Άγνωστη αίθουσα 3	2Χ36	6	0,432
Άγνωστη αίθουσα 4	2Χ36	6	0,432
WC 1	100	2	0,200
WC 2	100	2	0,200
Διάδρομος	2Χ36	2	0,144
Διάδρομος	2Χ36	5	0,360
Διάδρομος	2Χ36	3	0,216
Διάδρομος	2Χ36	24	1,728
Διάδρομος	2Χ36	5	0,360
Διάδρομος	2Χ36	1	0,072
Διάδρομος	2Χ36	3	0,216
<b>Σύνολο</b>			<b>14,152</b>
<b>Έκταση (m<sup>2</sup>)</b>			<b>1.864,80</b>
<b>Ανηγμένη τιμή φωτισμού ορόφου (W/m<sup>2</sup>)</b>			<b>7,6</b>
<b>Σύνολο κτιριακού φωτισμού (kW)</b>			<b>41,984</b>
<b>Έκταση κτιρίου (m<sup>2</sup>)</b>			<b>5.594,4</b>
<b>Ανηγμένη τιμή φωτισμού (W/m<sup>2</sup>) - Κτίριο Αναφοράς =9,6 W/m<sup>2</sup></b>			<b>7,50</b>
<b>Περιοχή ΦΦ (%):</b>			<b>ΟΧΙ</b>
<b>Αυτοματισμοί Ελέγχου ΦΦ:</b>			2. Χειροκίνητος
<b>Αυτοματισμοί ανίχνευσης κίνησης:</b>		1. Χειροκίνητος διακόπτης (αφής/σβέσης)	
<b>Σύστημα απομάκρυνσης θερμότητας:</b>			<b>ΟΧΙ</b>
<b>Φωτισμός ασφαλείας:</b>			<b>ΝΑΙ</b>
<b>Σύστημα εφεδρείας:</b>			<b>ΟΧΙ</b>

## 4.2 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

Ο εσωτερικός φωτισμός που αυτή την στιγμή υλοποιείται με φωτιστικά φθορισμού θα αντικατασταθεί με φωτιστικά τύπου Led. Τα νέα φωτιστικά θα τοποθετηθούν στην θέση των παλαιών χωρίς να τροποποιηθεί η ηλεκτρική τροφοδοσία και έλεγχος.



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Τα νέα φωτιστικά ισχύος 35 W θα αντικαταστήσουν τα υπάρχοντα φωτιστικά ισχύος 2Χ36 W, ενώ στις περιπτώσεις φωτιστικών πυράκτωσης και ισχύος 2Χ18 W θα αντικατασταθούν από φωτιστικά τύπου Led ισχύος 18 W. Στον επόμενο πίνακα δίνεται η κατάσταση των νέων φωτιστικών.

Πίνακας 4.2. Νέα φωτιστικά σώματα

α/α	Περιγραφή Χώρου	Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	Led 35 W	Led 18 W	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ kW
	Ισόγειο				
1.1	Αίθουσα 004 2ου Λυκείου	9	1Χ35		0,32
1.2	Αίθουσα 003 2ου Λυκείου	9	1Χ35		0,32
1.3	Αίθουσα 002 2ου Λυκείου	9	1Χ35		0,32
1.4	Εργαστήριο Τεχνολογίας	12	1Χ35		0,42
1.5	Αίθουσα 005	3	1Χ35		0,11
1.6	3ο εργαστήριο Φυσικών επιστημών	12	1Χ35		0,42
1.7	2ο εργαστήριο Φυσικών επιστημών	12	1Χ35		0,42
1.8	1ο εργαστήριο Φυσικών επιστημών	12	1Χ35		0,42
1.9	Αίθουσα 001 2ου Λυκείου	6	1Χ35		0,21
1.10	Γραφείο Καθηγητών Λυκείου	12	1Χ35		0,42
1.11	Επιστάτης 1	1		1Χ18	0,04
1.12	Αρχείο	6	1Χ35		0,21
1.13	Διευθυντής 2ου Γυμνασίου	3	1Χ35		0,11
1.14	Γραφείο Καθηγητών 2ου Γυμνασίου	9	1Χ35		0,32
1.15	Γραφείο καθηγητών και Διευθυντή 5ου Γυμνασίου	9	1Χ35		0,32
1.16	Αποθήκη 1	1		1Χ18	0,04
1.17	Αίθουσα 002 2ου Γυμνασίου	9	1Χ35		0,32
1.18	Αίθουσα 001 2ου Γυμνασίου	3	1Χ35		0,11
1.19	WC	1	1Χ35		0,04
1.20	Διάδρομος	6	1Χ35		0,21
1.21		29	1Χ35		1,02
1.22	Επιστάτης 2	1		1Χ18	0,04
1.23	Αποθήκη 2	1		1Χ18	0,04
1.24	Νέα επέκταση	18	1Χ35		0,32
	<b>Σύνολο</b>	<b>193</b>	<b>189</b>	<b>4</b>	<b>6,45</b>
	1ος όροφος				
2.1	Αίθουσα 101 2ου Λυκείου	9	1Χ35		0,32
2.2	Αίθουσα 102 2ου Λυκείου	9	1Χ35		0,32
2.3	Αίθουσα 103 2ου Λυκείου	9	1Χ35		0,32
2.4	Αίθουσα 104 2ου Λυκείου	9	1Χ35		0,32
2.5	Αίθουσα 105 2ου Λυκείου	9	1Χ35		0,32
2.6	Αίθουσα 106 2ου Λυκείου	9	1Χ35		0,32
2.7	Αίθουσα 106 2ου Γυμνασίου	9	1Χ35		0,32
2.8	Αίθουσα 105 2ου Γυμνασίου	9	1Χ35		0,32

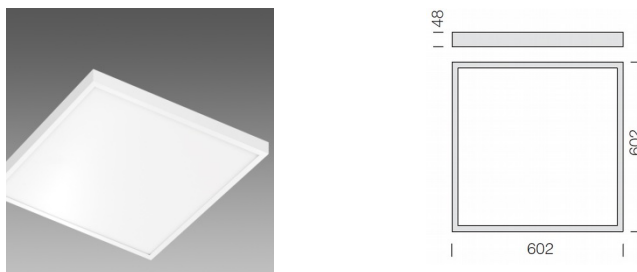
Πίνακας 4.2. Νέα φωτιστικά σώματα

α/α	Περιγραφή Χώρου	Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	Led 35 W	Led 18 W	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ kW
2.9	Αίθουσα 104 2ου Γυμνασίου	9	1X35		0,32
2.10	Αίθουσα 102 2ου Γυμνασίου	9	1X35		0,32
2.11	Αίθουσα 101 2ου Γυμνασίου	3	1X35		0,11
2.12	Αίθουσα Η/Υ 2ου Λυκείου	27	1X35		0,95
2.13	Αίθουσα 107 2ου Λυκείου	4	1X35		0,14
2.14	Άγνωστη αίθουσα 1	6	1X35		0,21
2.15	Άγνωστη αίθουσα 2	6	1X35		0,21
2.16	Άγνωστη αίθουσα 3	6	1X35		0,21
2.17	Άγνωστη αίθουσα 4	6	1X35		0,21
2.18	WC 1	2		1X18	0,07
2.19	WC 2	2		1X18	0,07
2.20	Διάδρομος	1	1X35		0,04
2.21	Διάδρομος	3	1X35		0,11
2.22	Διάδρομος	27	1X35		0,95
2.23	Διάδρομος	1	1X35		0,04
2.24	Διάδρομος	3	1X35		0,11
2.25	Διάδρομος	2	1X35		0,07
	<b>Σύνολο</b>	<b>189</b>	<b>185</b>	<b>4</b>	<b>6,62</b>
	2ος όροφος				
3.1	Αίθουσα	9	1X35		0,32
3.2	Αίθουσα	9	1X35		0,32
3.3	Αίθουσα	9	1X35		0,32
3.4	Αίθουσα	9	1X35		0,32
3.5	Αίθουσα	9	1X35		0,32
3.6	Αίθουσα	9	1X35		0,32
3.7	Αίθουσα 204 2ου Γυμνασίου	9	1X35		0,32
3.8	Αίθουσα 204 2ου Γυμνασίου	9	1X35		0,32
3.9	Αίθουσα 203 2ου Γυμνασίου	9	1X35		0,32
3.10	Αίθουσα 202 2ου Γυμνασίου	9	1X35		0,32
3.11	Αίθουσα 201 2ου Γυμνασίου	3	1X35		0,11
3.12	Αίθουσα	18	1X35		0,63
3.13	Αίθουσα	9	1X35		0,32
3.14	Αίθουσα	4	1X35		0,14
3.15	Άγνωστη αίθουσα 1	6	1X35		0,21
3.16	Άγνωστη αίθουσα 2	6	1X35		0,21
3.17	Άγνωστη αίθουσα 3	6	1X35		0,21
3.18	Άγνωστη αίθουσα 4	6	1X35		0,21
3.19	WC 1	2		1X18	0,04
3.20	WC 2	2		1X18	0,04
3.21	Διάδρομος	2	1X35		0,07

Πίνακας 4.2. Νέα φωτιστικά σώματα

α/α	Περιγραφή Χώρου	Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	Led 35 W	Led 18 W	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ kW
3.22	Διάδρομος	5	1X35		0,18
3.23	Διάδρομος	3	1X35		0,11
3.24	Διάδρομος	24	1X35		0,84
3.25	Διάδρομος	5	1X35		0,18
3.26	Διάδρομος	1	1X35		0,04
3.27	Διάδρομος	3	1X35		0,11
	<b>Σύνολο</b>	<b>195</b>	<b>191</b>	<b>4</b>	<b>6,76</b>

**Τα φωτιστικά σώματα θα είναι ορατής τοποθέτησης, διαστάσεων 600x600x50mm ±5%, κατασκευασμένα από χαλυβδόελασμα, βαμμένο με κατάλληλη βαφή και κατόπιν κατάλληλης διαδικασίας ώστε να είναι εξαιρετικής αντοχής σε διάβρωση από την UV ακτινοβολία και θα τοποθετηθούν στην θέση των υφισταμένων χωρίς αλλαγή στην ηλεκτρική τροφοδοσία. Θα έχει ορατή διαχύτη (κάλυμμα) από PMMA (polymethylmethacrylate) το οποίο είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό στο κιτρίνισμα και έχει υψηλό βαθμό διαπερατότητας. Θα φέρει LEDdriver (τροφοδοτικό), με συντελεστή ισχύος ίσο ή μεγαλύτερο από 0,95. Θα είναι δε προ-καλωδιωμένο με καλώδιο κατάλληλης διατομής με κατάλληλη μόνωση για αντοχή σε θερμοκρασία έως 90°C.**



Εικόνα 4.1. Ενδεικτική εικόνα νέων φωτιστικών

**Το κάθε φωτιστικό θα φέρει πολλαπλά LEDs, επί τυπωμένου κυκλώματος (PCB) και όχι λαμπήρες LED. Η** συνολική κατανάλωση ισχύος του φωτιστικού (LED+Driver) δεν θα υπερβαίνει τα 35W και η φωτεινή εκροή του φωτιστικού θα είναι τουλάχιστον 3450lm. Ο βαθμός απόδοσης του φωτιστικού σώματος θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι ίσος ή μεγαλύτερος από 100lm/W. Η θερμοκρασία χρώματος των LED θα είναι 4.000K ±10% και ο δείκτης CRI θα είναι ίσος ή μεγαλύτερος του 80, ενώ η διάρκεια ζωής των LED εντός του φωτιστικού θα είναι τουλάχιστον 50.000 ώρες λειτουργίας L70B50 ώστε να διασφαλίζεται ότι μετά το πέρας των πρώτων 50.000 ωρών λειτουργίας του φωτιστικού σώματος, το 50% των LEDs του φωτιστικού θα έχουν φωτεινή εκροή όχι χαμηλότερη από το 70% της ονομαστικής τους.

## 5. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

### 5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου, προβλέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού (ΦΒ) συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ονομαστικής ισχύος 9,90 kWp επί κεραμοσκεπής.

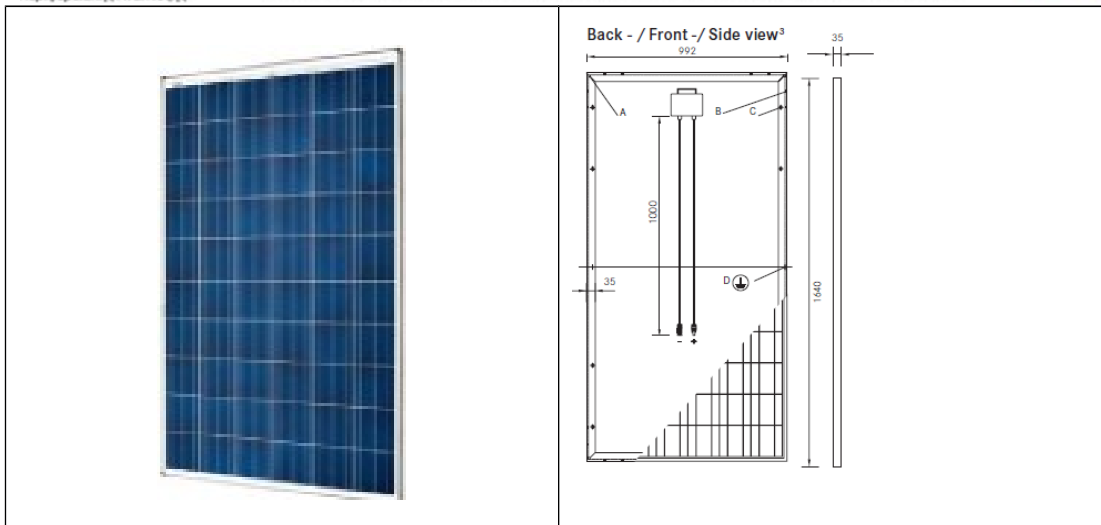
Η διασύνδεση του ΦΒ συστήματος θα γίνει στα πλαίσια της νομοθεσίας περί εγκατάστασης μονάδων ΑΠΕ από αυτοπαραγωγούς με συμψηφισμό ενέργειας (netmetering) (ΦΕΚ Β' 3583/ 31.12.2014). Στο τέλος κάθε έτους θα γίνεται συμψηφισμός μεταξύ της ενέργειας που καταναλώθηκε από το κτίριο και αυτής που παρήγαγαν τα ΦΒ πλαίσια. Η υπηρεσία θα καλείται να καταβάλει το οικονομικό αντίτιμο που προβλέπεται για την διαφορά της καταναλισκόμενης και της παραγόμενης ενέργειας..

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, μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας και ραγούλικό ελέγχου και προστασίας του εξοπλισμού.

### 5.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΪΣΙΑ

Στο ελεύθερο τμήμα της στέγης 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 mmx 992mmx 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 1.** Μορφή πολυκρυσταλλικούφωτοβολταϊκού 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  $-40^{\circ}\text{C}$  έως  $+85^{\circ}\text{C}$  και δύναται η λειτουργία συστημάτων με αναπτυσσόμενη τάση έως 1000Vdc.

Οι συντελεστές μεταβολής με τη θερμοκρασία της μέγιστης ισχύος είναι  $-0,41\% /^{\circ}\text{C}$ , του ρεύματος βραχυκύκλωσης  $+0,05\% /^{\circ}\text{C}$  και της τάσης ανοικτού κυκλώματος  $-0,30\% /^{\circ}\text{C}$ .

Τα πλαίσια θα είναι κατάλληλα για εγκατάσταση σε εξωτερικό χώρο καθότι 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 36 φωτοβολταϊκά πλαίσια όμοια με τα παραπάνω. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς θα ανέρχεται σε  $36 \times 275\text{Wp} = 9,90\text{kWp}$ .

### 5.2.1 Χωροθέτηση

Τα πλαίσια θα τοποθετηθούν σε κλίση  $26^{\circ}$  από το οριζόντιο επίπεδο ακολουθώντας την κλίση της κεραμοσκεπής ενώ ο προσανατολισμός τους θα είναι  $23^{\circ}$  ανατολικά του Νότου που αντιστοιχεί σε γωνία  $157^{\circ}$  σύμφωνα με την TOTEE 20701-1/2017.

### 5.3 Βάσεις στήριξης

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα εγκατασταθούν επάνω σε κατάλληλες μεταλλικές βάσεις. Το σύστημα στερέωσης θα αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

- Αγκύρια στερέωσης επί του ξυλότυπου της κεραμοσκεπής.
- Ράγες (Τεγίδες) αλουμινίου οριζόντιας τοποθέτησης.
- Ενδιάμεσοι συγκρατητέςφωτοβολταϊκών πλαισίων.
- Ακραίοι συγκρατητέςφωτοβολταϊκών πλαισίων.

- Κοχλίες και περικόχλια συνδέσεων.

Τα αγκύρια στερέωσης θα είναι κατασκευασμένα από εν θερμώ γαλβανισμένο χάλυβα με ελάχιστο πάχος επικάλυψης ψευδαργύρου 80μm. Η τοποθέτησή τους θα γίνει στον ξυλότυπο της κεραμοσκεπής. Το αγκύριο θα διαθέτει διπλή ρύθμιση ύψους, εύρους 25mm, μια για την εξάλειψη των ανωμαλιών κατασκευής του ξυλότυπου και μια για την ευθυγράμμιση των βάσεων αναμεταξύ τους πριν την τοποθέτηση ΦΒ πλαισίων επί αυτών. Για την τοποθέτηση των αγκυρίων θα απαιτείται η αφαίρεση ολόκληρου του κεραμιδιού και λείανση των εσωτερικών εγκολπώσεων νερού που αυτό περιέχει. Η στερέωση του αγκυρίου επί της ξύλινης τεγίδας θα πραγματοποιείται μέσω δύο (τουλάχιστον) ανοξείδωτων κοχλιών διατομής M8 και μήκους 100mm. Η τοποθέτηση των κοχλιών πρέπει πάντα να γίνεται επί ξύλινης τεγίδας ανεξαρτήτως της ύπαρξης πετσώματος ή άλλων ξύλινων και μη βοηθητικών επιφανειών.

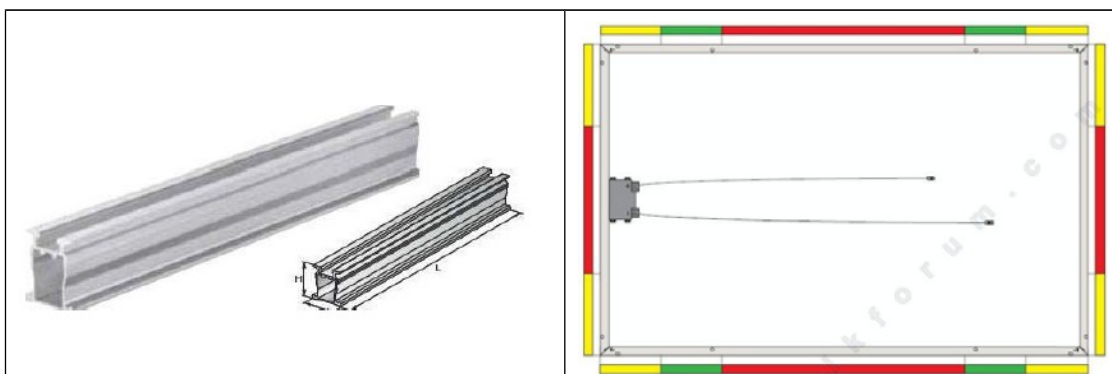
Οι ράγες λουμινίου θα είναι μεσαίου τύπου και θα διατίθενται σε τυποποιημένο μήκος 4,00m. Οι ράγες (τεγίδες) θα είναι κατασκευασμένες από αλουμίνιο, παρά το σχετικά υψηλότερο κόστος προμήθειας, για τους εξής λόγους:

- Έχουν χαμηλότερο βάρος και καταπονούν λιγότερο την οροφή του κτιρίου.
- Είναι ευκολότερες στον χειρισμό και την συναρμολόγηση κατά την εγκατάσταση του συστήματος.
- Παρουσιάζουν αυξημένη αντοχή σε βεβαρυσμένα περιβάλλοντα.

Η έδραση τους, επάνω στα αγκύρια στήριξης, θα πραγματοποιείται μέσω ειδικών ανοξείδωτων (INOX) κοχλιών και περικοχλιών. Η χρήση ανοξείδωτων κοχλιών και περικοχλιών είναι επιβεβλημένη για την αποφυγή γαλβανικών φαινομένων μεταξύ ράγας και αγκυρίου λόγω διαφορετικότητας υλικού κατασκευής.

Επάνω στις ράγες θα εδράζονται τα ΦΒ πλαίσια της εγκατάστασης. Σε κάθε περίπτωση οι ράγες αλουμινίου θα πρέπει να προεξέχουν κατά 100mm από τα άκρα του τελευταίου ΦΒ πλαισίου

εκατέρωθεν. Όταν δεν επαρκεί μια ράγα αλουμινίου 4,00m, 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 με την βοήθεια ηλεκτρικών τροχών. Κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο θα στηρίζεται επάνω σε δύο ράγες αλουμινίου στα σημεία L1/4-L1/5 και 3L1/4-3L1/5 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 2.** Ράγα αλουμινίου (αριστερά) – Περιοχή επαφής ραγών και πλαισίου (πράσινο χρώμα - δεξιά)

Οι ενδιάμεσοι κι κρίσιμοι συγκρατητές φωτοβολτικών πλαισίων θα είναι κατασκευασμένοι από αλουμίνιο και θα είναι κατάλληλοι για στήριξη φωτοβολταϊκών πλαισίων με διαστάσεις έως 40mm επάνω στις ράγες αλουμινίου. Οι συγκρατητές 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.

Όλο το σύστημα των βάσεων θα εγκατασταθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε τα πλαίσια να ακολουθούν την κλίση της κεκλιμένης στέγης και να απέχουν από αυτήν απόσταση 100-150 mm για εξασφάλιση ψύξης μέσω φυσικού αερισμού. Σε καμία περίπτωση χωροθέτησης τα ΦΒ πλαίσια ή οι βάσεις στήριξης δεν θα υπερβαίνουν τα νοητά όρια του περιγράμματος της στέγης τόσο για λόγους πολεοδομικών περιορισμών όσο και για λόγους τεχνικών περιορισμών (φορτία ανέμου και χιονιού).

#### 5.4 Αντιστροφείς ισχύος (Inverters)

Τα παραπάνω ΦΒ πλαίσια θα συνδεθούν μέσω ειδικών καλωδιώσεων συνεχούς ρεύματος (dc) με έναν τριφασικό αντιστροφέα ισχύος 10kW (ac) για τη μετατροπή της συνεχούς τάσης/ρεύματος σε εναλλασσόμενη τάση/ρεύμα. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα θα είναι μεγαλύτερος από 98,2% ενώ ο Ευρωπαϊκός Βαθμός Απόδοσης του θα είναι μεγαλύτερος ή ίσος με 98,0%.

Η έξοδος του αντιστροφέα θα είναι τριφασική, τάσης 400V και συχνότητας 50Hz. Κατά την ρύθμιση των τιμών λειτουργίας του 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  $\pm 0,5$ Hz επί της ονομαστικής. Η ολική αρμονική παραμόρφωση (THD) του ρεύματος του αντιστροφέα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 5%. Επιπρόσθετα, ο 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 αντιστροφέας θα διαθέτει βαθμό προστασίας IP 65 και θα λειτουργεί σε θερμοκρασίες μεταξύ -25°C έως +60°C. Μέσω των συγκεκριμένων προδιαγραφών θα δίνεται η δυνατότητα εγκατάστασης του τόσο σε εξωτερικό όσο και σε εσωτερικό χώρο. Ο αντιστροφέας 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 0,50m από την στάθμη του δαπέδου.



**Εικόνα 3.** Όψη αντιστροφέα ισχύος (αριστερά) – επίτοιχη τοποθέτηση (δεξιά)

Ο αντιστροφέας ισχύος 10kW(ac) θα συνδέεται ηλεκτρικά με τα τριάντα έξι (36) φωτοβολταϊκά πλαίσια ισχύος 275Wp.

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  $-10^{\circ}\text{C}$  και  $70^{\circ}\text{C}$ .

#### 5.4.1 Συσχέτιση τάσης αντιστροφέα με τάση ΦΒ πλαισίων

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση στην είσοδο του αντιστροφέα είναι 1000V. Αντίστοιχα το εύρος ανίχνευσης του σημείου μέγιστης ισχύος του αντιστροφέα κυμαίνεται μεταξύ 320/370-800Volt. Η τάση ανοιχτού κυκλώματος των ΦΒ πλαισίων στους  $-10^{\circ}\text{C}$  (δυσμενέστερη θερμοκρασιακή κατάσταση αντιστροφέα τον χειμώνα) θα είναι ίση με:

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

Η τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος (MPP) των ΦΒ πλαισίων στους  $70^{\circ}\text{C}$  θα είναι ίση με:

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

Επομένως, ο μέγιστος και ο ελάχιστος επιτρεπόμενος αριθμός ΦΒ πλαισίων συνδεδεμένων σε σειρά που επιτρέπεται να συνδεθεί στον αντιστροφέα είναι:

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

$$n_{\minseries} = \frac{V_{\max 2}}{V_{MPP(70^{\circ}C)}} = \frac{370V}{27,18V} = 13,61 = 14 \text{ ΦΒ πλαίσια}$$

#### 5.4.2 Συσχέτιση ρεύματος αντιστροφέα με ρεύμα ΦΒ πλαισίων

Ο αντιστροφέας ισχύος 10kW (ac) διαθέτει μέγιστο ρεύμα 18Α στην είσοδο Α και 10Α στην είσοδο Β. 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:

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

Επομένως, ο μέγιστος αριθμός παράλληλων στοιχειοσειρών ΦΒ πλαισίων (ανά τύπο αντιστροφέα) προκύπτει:

$$N_{MAX 10kWac-input a} = \frac{I_{MAX INVERTER INPUT A}}{I_{sc(70^{\circ}C)}} = \frac{18A}{9,48A} = 1,90 = 1 \text{ στοιχειοσειρά}$$

$$N_{MAX 10kWac-input b} = \frac{I_{MAX INVERTER INPUT B}}{I_{sc(70^{\circ}C)}} = \frac{10A}{9,48A} = 1,05 = 1 \text{ στοιχειοσειρά}$$

#### 5.4.3 Ηλεκτρική συνδεσμολογία εγκατάστασης

Σύμφωνα με την ανάλυση των παραπάνω παραγράφων θα πρέπει η ηλεκτρική σύνδεση των 36 πλαισίων να επαληθευτεί τα παραπάνω όρια επομένως η ορθή ηλεκτρική σύνδεση θα είναι:

- Τα τριάντα-εξι (36) πλαίσια σε δύο(2) στοιχειοσειρές των δεκαοκτώ(18) πλαισίων για τον αντιστροφέα των 10kW(ac).

#### 5.5 Καλωδιώσεις

Οι καλωδιώσεις της εγκατάστασης θα διαχωρίζονται σε:

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

Οι καλωδιώσεις dcθα 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 αντιστροφέα θα πραγματοποιούνται μέσω ειδικών συνδέσμων-κονεκτόρωνMC-4.

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

Οι καλωδιώσεις acθα περιλαμβάνουν το καλώδιο σύνδεσης του αντιστροφέα με τον ηλεκτρικό χαμηλής τάσης.

Τα καλώδια acθα 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 κατάVDE 0276. Κάθε καλώδιο θα περιέχει χρωματισμένους αγωγούς φάσης (Μαύρο), έναν αγωγό ουδετέρου N(Μπλε) και έναν αγωγό προστασίας PE (Κίτρινο-πράσινο).

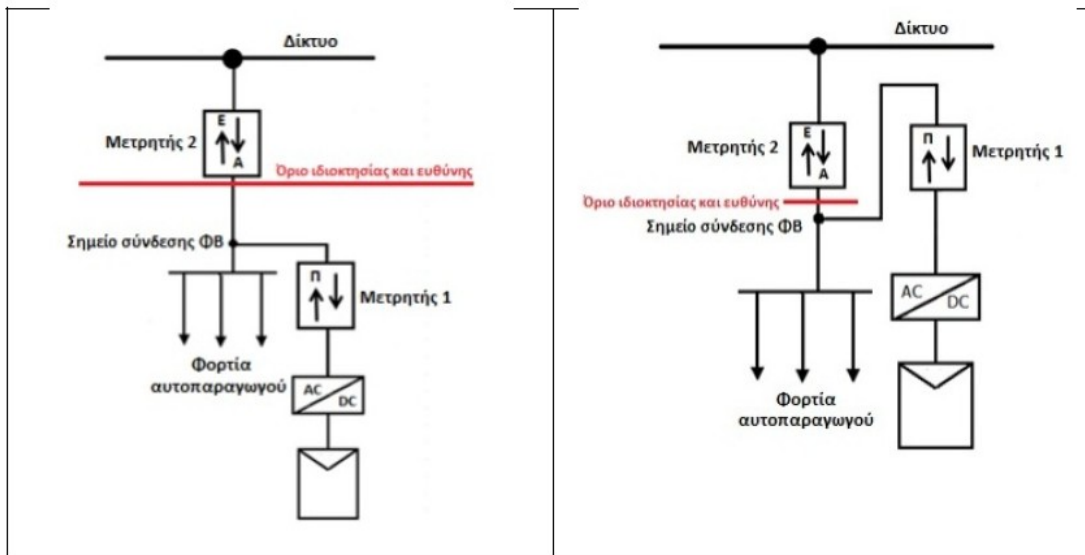
## 5.6 Μετρητής Ηλεκτρικής Ένεργειας

Το σχολείο όντας αυτοπαραγωγός, δύναται να χρησιμοποιεί την παραγόμενη στις εγκαταστάσεις του ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των ιδίων αναγκών κατανάλωσης. Ως εκ τούτου οι εγκαταστάσεις παραγωγής και κατανάλωσης του αυτοπαραγωγού οφείλουν να είναι συνδεδεμένες ηλεκτρικά και μάλιστα σε σημείο εντός της εσωτερικής ηλεκτρικής εγκατάστασης. Η παράλληλη λειτουργία των συστημάτων αυτοπαραγωγής με το δίκτυο υλοποιείται μέσω της υφιστάμενης σύνδεσης με το δίκτυο, δηλαδή μέσω της προϋπάρχουσας παροχής της εγκατάστασης κατανάλωσης.

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. Σύμφωνα με τις οδηγίες του ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ, η μεθοδολογία σύνδεσης του μετρητή παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (Μετρητής 1) παρουσιάζεται στα παρακάτω σχήματα.

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Η διαφοροποίηση της συνδεσμολογίας έγκειται στο αν η υφιστάμενη παροχή κατανάλωσης τηλεμετρείται από τον ΔΕΔΔΗΕ ή έχει προγραμματιστεί η ένταξη της στην διαδικασία τηλεμέτρησης (αριστερή συνδεσμολογία) ή αν δεν τηλεμετρείται από τον ΔΕΔΔΗΕ και δεν έχει προγραμματιστεί η ένταξη της σε διαδικασία τηλεμέτρησης (δεξιά συνδεσμολογία). Και στις δύο περιπτώσεις ο μετρητής αμφίδρομης μέτρησης είναι ο μετρητής 2, ο οποίος αντικαθιστά τον υφιστάμενο μετρητή παροχής και η εγκατάσταση του οποίου βαραινεί τον ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.



**Εικόνα 4.** Τηλεμετρούμενη παροχή καταναλωτή (αριστερά) – Μη τηλεμετρούμενη παροχή (δεξιά)

Η ευθύνη για τον μετρητή 1 βαραινεί τον αυτοπαραγωγό ο οποίος καλείται να τον προμηθευτεί, να τον διακριβώσει (πιστοποίηση ηλεκτρικής μέτρησης) και να τον εγκαταστήσει εντός της ιδιοκτησίας του. Η επιλογή του μετρητή καθώς και της μονάδας επικοινωνίας του(το εξάρτημα που αποστέλλει πληροφορίες παραγωγής ενέργειας στον ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ) πρέπει να περιέχεται στον εγκεκριμένο κατάλογο μετρητών που έχει εκδώσει ο ΔΕΔΔΗΕ και παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα.

	TMAS/T61 - BGS2	TMAS/ TMAM39	TMAS/ TMN- 51T	HEXING/ HX902	BAUSCH/ InduBox GSM IX	LANDIS& GYR/ E35C AD-CG	LANDIS&GYR/ E35C AD-CU
Holley Metering Limited DDSD 285	✓	✓	✓	✓	✓	X	X
Landis & Gyr ZCF120	X	X	X	X	X	✓	✓
SANXING ELECTRIC SX1A1-SELS-05	✓	✓	✓	✓	✓	X	X

## 5.7 Γείωση συστήματος

Όσον αφορά το σύστημα γείωσης του φωτοβολταϊκού, οι αρμόδιοι μηχανικοί του ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ θα απαιτήσουν την εγκατάσταση πασσαλογειωτών στο σημείο εγκατάστασης του μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας. Το πλήθος και η διάταξη(πχ τρίγωνο) των γειωτών σε κάθε περίπτωση θα προκύπτει από το αντίστοιχο σκαρίφημα παροχετεύσεως το οποίο προμηθεύει ο ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ στον πελάτη κατά την πληρωμή των όρων σύνδεσης στο αρμόδιο υποκατάστημα.

Συνήθης πρακτική είναι η εγκατάσταση ενός ηλεκτροδίου γείωσης κατασκευασμένο από χαλκό, μήκους 1,5m. Αν απαιτηθεί και δεύτερο ηλεκτρόδιο γείωσης τότε θα πρέπει να τοποθετηθεί σε απόσταση 5m από το πρώτο και η σύνδεση τους να υλοποιηθεί από γυμνό αγωγό χαλκού διατομής 25mm<sup>2</sup>. Το νέο τμήμα γείωσης θα συνδεθεί και με τον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης των φορτίων αλλά και με τον πίνακα του ΦΒ συστήματος. Γειωμένες θα πρέπει να είναι και οι βάσεις στήριξης του ΦΒ συστήματος. Αυτό πραγματοποιείται μέσω καλωδιώσεων τύπου NYAF διατομής 6mm<sup>2</sup> που γεφυρώνουν τις ράγες αλουμινίου αναμεταξύ τους. Από την τελευταία ράγα (που βρίσκεται πλησιέστερα στο έδαφος και τον πίνακα ΧΤ) με μονοπολικό κίτρινο-πράσινο καλώδιο ίδιου τύπου και διατομής πραγματοποιείται σύνδεση στην κλέμμα του ζυγού γείωσης του πίνακα ΧΤ.

**Συντάχθηκε**

**Ελέγχθηκε-Θεωρήθηκε**

**Λαμπρινή Παρθένη**  
**Πολιτικός Μηχανικός**

**Βάιος Ελευθερίου**  
**Αγρ. Τοπογράφος Μηχανικός**

**Χαράλαμπος Τσιλίκας**  
**Μηχανολόγος Μηχανικός**