



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ: ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ**

**ΤΜΗΜΑ : ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ:**

**«ΔΕΙΦΟΡΙΚΟΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ»**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**ΔΕΙΦΟΡΙΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ  
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ 30<sup>ου</sup> ΚΑΙ 145<sup>ου</sup> ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ**

Όνοματεπώνυμο:

**ΚΑΚΛΑΜΑΝΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ**

ΑΜ: **ssd19007**

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:

**Δρ. ΣΙΝΟΥ ΜΑΡΙΑ**

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2022



UNIVERSITY OF WEST ATTICA  
SCHOOL OF APPLIED ARTS AND CULTURE  
INTERIOR ARCHITECTURE DEPARTMENT  
INTERIOR ARCHITECTURE: SUSTAINABLE AND SOCIAL DESIGN

Diploma Thesis

**SUSTAINABLE RENOVATION OF SCHOOL BUILDINGS  
THE CASE OF 30<sup>th</sup> AND 145<sup>th</sup> KINDERGARTEN OF ATHENS**

Student name and surname:

**KAKLAMANOY CHRYSOULA**

Registration Number: **ssd19007**

Supervisor name and surname:

**Dr. SINOUE MARIA**

Athens, September 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ: ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ  
ΤΜΗΜΑ : ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ:  
«ΑΕΙΦΟΡΙΚΟΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ»

**ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ  
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ 30<sup>ου</sup> ΚΑΙ 145<sup>ου</sup> ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ**

**Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή**

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΜΑΡΙΑ ΣΙΝΟΥ	ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
2	ΕΛΕΝΗ ΤΑΤΛΑ	ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
3	ΜΑΡΙΑ ΜΟΙΡΑ	ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένη

**Κακλαμάνου Χρυσούλα του Εμμανουήλ** με αριθμό μητρώου ssd19007 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Αειφορικός και Κοινωνικός Σχεδιασμός» του Τμήματος Εσωτερικής Αρχιτεκτονικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα



Κακλαμάνου Χρυσούλα

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια έρευνα σχετικά με τις σύγχρονες στρατηγικές αιφορικής αναβάθμισης των υφιστάμενων σχολικών κτιρίων. Η κατανάλωση ενέργειας είναι πολύ υψηλή και οφείλεται σε μεγάλο ποσοστό στον κτιριακό τομέα. Το 58% από τα σχολικά κτίρια στην Ελλάδα είναι κατασκευασμένα πριν το 1980, με βάση τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ το 2011. Όπως είναι κατανοητό η αναβάθμιση τους, η μείωση κατανάλωσης ενέργειας της λειτουργίας τους και η βελτίωση της διαβίωσης των μαθητών της χώρας είναι επιτακτική ανάγκη.

Στην παρούσα εργασία αρχικά προσεγγίζονται οι βασικές έννοιες όπως, η αιφορία, του αιφόρο σχολείο, της αιφορίας σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια, της πράσινης οικονομίας, του τριγώνου της βιωσιμότητας.

Στη συνέχεια αναλύονται οι στόχοι, τα κριτήρια, τα οφέλη και οι ορθές στρατηγικές αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων της Μεσογείου, όπως προκύπτουν από την αναλυτική έκθεση ZEMedS 2014 και τις στρατηγικές Παθητικών σχολικών κτιρίων. Ερευνώνται και αναλύονται τα εργαλεία αξιολόγησης απόδοσης κτιρίων, LEED, HQE, BREAM.

Στο τελευταίο μέρος, πραγματοποιείται μελέτη περίπτωσης του 30<sup>ου</sup> και 145<sup>ου</sup> Νηπιαγωγείου του Δήμου Αθηναίων, που περιλαμβάνει επί τόπου αυτοψία, αποτύπωση και φωτογραφική αποτύπωση, περιγραφή υφιστάμενης κατάστασης κτιρίου και γεωγραφικής θέσης, παράθεση κλιματολογικών στοιχείων, μελέτη ηλιασμού, μελέτη φυσικού αερισμού, σύνταξη δισδιάστατων σχεδίων και διαμόρφωση μοντέλου BIM υφιστάμενης κατάστασης καθώς επίσης και ενεργειακή αξιολόγηση μέσω του μοντέλου BIM της υφιστάμενης κατάστασης. Στη συνέχεια παρατίθεται πρόταση αιφορικής αναβάθμισης του κτιρίου με τις στρατηγικές της έκθεσης ZEMedS, που περιλαμβάνει στρατηγικές παθητικού κτιρίου. Συντάσσονται σχέδια πρότασης, κατασκευή μοντέλου BIM της πρότασης, μελέτη φυσικού αερισμού πρότασης, μελέτη φύτευσης, έρευνα υλικών.

Τέλος πραγματοποιείται ενεργειακή αξιολόγηση του μοντέλου BIM της πρότασης αιφορικής αναβάθμισης του κτιρίου 30<sup>ου</sup> & 145<sup>ου</sup> νηπιαγωγείων Αθηνών, την οποία ακολουθούν ικανοποιητικά συμπεράσματα, από το πείραμα που πραγματοποιήθηκε.

*Λέξεις κλειδιά: Αειφορία, Αειφορική αναβάθμιση, ενεργειακή αξιολόγηση, BIM, ενεργειακή απόδοση κτιρίων.*

## **Abstract**

This work is a research on the modern sustainable upgrading strategies of the existing school buildings.

Energy consumption is very high and is due to a large percentage in the building sector. 58% of school buildings in Greece were built before 1980, based on ELSTAT data in 2011. Understandably, upgrading them, reducing the energy consumption of their operation and improving the living conditions of the country's students is imperative.

This paper, initially approach the basic concepts such as sustainability, sustainable school, sustainability in relation to energy consumption in buildings, the green economy, the triangle of sustainability.

Furthermore, the objectives, criteria, benefits, and correct strategies for upgrading Mediterranean school buildings are analyzed as reflected in the ZEMedS 2014 analytical report and the passive school building strategies. The building performance evaluation tools are being investigated and analyzed, LEED, HQE, BREAM.

In the last part, a case study of the 30th and 145th Kindergartens of the Municipality of Athens is carried out, which includes an on-site autopsy, mapping and photography, description of the existing condition of the building and geographical location, citation of climatic data, study of insolation, study of natural ventilation, drawing up of two-dimensional plans and creation of a BIM model of the existing situation as well as an energy assessment through the BIM model of the existing situation. Then a proposal for a sustainable upgrade of the building is listed with the strategies of the ZEMedS report, which includes passive building strategies. Drafting of proposal plans, construction of BIM model of the proposal, study of natural ventilation of the proposal, study of planting, research of materials.

Finally, an energy evaluation of the BIM model of the sustainable upgrade proposal of the 30th and 145th Kindergarten building in Athens is carried out, which is followed by satisfactory conclusions from the experiment carried out.

*Key words: Sustainability, Sustainable upgrade, energy evaluation, BIM, energy efficiency of buildings*

## Πρόλογος – Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, έλαβε χώρα στα πλαίσια των υποχρεώσεων μου, για το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Αρχιτεκτονική εσωτερικών χώρων: Κοινωνικός και Αειφορικός Σχεδιασμός».

Το ενδιαφέρον μου για το περιβαλλοντικό πρόβλημα και οι ευαισθησία μου σχετικά με τις συνθήκες που διαβιώνουν οι εκπαιδευόμενοι στην Ελλάδα με οδήγησαν στην επιθυμία να προσεγγίσω τα παλαιά υφιστάμενα, σε λειτουργία, σχολικά κτίρια και τις συνθήκες διαβίωσης, οι οποίες είναι δυσμενής για την εκπαιδευτική διαδικασία. Επίσης θέλησα να ερευνήσω τους τρόπους μετατροπής τους σε σύγχρονα κτίρια με χαμηλό οικολογικό αποτύπωμα, σε μια εποχή που το ενεργειακό και το περιβαλλοντικό πρόβλημα, απαιτεί άμεσες παρεμβάσεις και λύσεις.

Λόγω της αδιαμφισβήτητης αξίας του σχολείου ως κύτταρο ανάπτυξης της κοινωνίας, οφείλει ο κάθε αρμόδιος να εξασφαλίσει πρωτίστως υγιή κτίρια στους μαθητές, τα οποία θα προάγουν την εκπαιδευτική διαδικασία.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του τμήματος της Εσωτερικής Αρχιτεκτονικής, και ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κ. Μαρία Σίνου, η οποία μέσα από τα μαθήματα που μας δίδαξε, με ενέπνευσε για την παρούσα ερευνητική εργασία και με ώθησε να εμβαθύνω στην αειφορική αναβάθμιση και εξέλιξη που θα μπορούσαν να υποστούν τα παλαιά κτίρια και να αναδειχθούν σε σύγχρονα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Ευχαριστώ ιδιαίτερα το στενό συγγενικό περιβάλλον μου και τους φίλους συμφοιτητές και συνοδοιπόρους για την ηθική στήριξή τους, κατά τη διάρκεια της φοίτησης μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη .....	6
Abstract .....	7
Πρόλογος – Ευχαριστίες .....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	22
Ορισμός του προβλήματος .....	22
Ερευνητικά ερωτήματα .....	24
Οι στόχοι της έρευνας .....	24
Μεθοδολογία και ερευνητικά εργαλεία .....	24
Σκοπός της Εργασίας .....	25
Δομή της Εργασίας .....	26
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2– ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ .....	27
2.1 Αειφόρος Ανάπτυξη .....	27
2.2 Η Πράσινη οικονομία .....	28
2.3 Το Τρίγωνο της βιωσιμότητας .....	29
2.4 Περιβαλλοντική ηθική .....	29
2.4.1 Περιβαλλοντική ηθική στα σχολεία .....	30
2.4.2 Η έννοια του Αειφόρου σχολείου .....	31
2.5 Το Περιβαλλοντικό Αποτόπωμα .....	33
2.6 Η Αειφόρος Ανάπτυξη στην Ευρώπη και ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος .....	35
2.8 Άνεση και Δομική Φυσική .....	42
2.8.1 Θερμική άνεση και θερμοπροστασία .....	43
2.8.2 Άνεμος, ανεμοπροστασία και αερισμός .....	46
2.8.3 Υγρασία .....	48
2.8.4 Πως η ποιότητα του αέρα επηρεάζεται από την υποδομή και τα υλικά του κτιρίου	49



2.8.5 Οπτική άνεση και φωτισμός .....	50
2.8.6 Ακουστική άνεση και ηχοπροστασία .....	52
2.9 Βιοκλιματικός σχεδιασμός.....	53
<b>3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ .....</b>	<b>55</b>
3.1 Τα σχολικά κτίρια της Ευρώπης.....	55
3.2 Τα σχολικά κτίρια της Ελλάδας.....	57
3.2.1 Βιοκλιματικές εφαρμογές .....	60
3.2.2 Ενεργειακή απόδοση των σχολικών μονάδων.....	61
3.2.3 Οι ανέσεις στα σχολικά κτίρια της χώρας .....	63
3.2.4 Η ποιότητα του αέρα στα σχολικά κτίρια της χώρας .....	65
3.2.5 Οι απαιτούμενες συνθήκες λειτουργίας των νηπιαγωγείων με βάση την ελληνική νομοθεσία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 .....	68
3.2.5.1 Οι Θερμικές ζώνες και το ωράριο λειτουργίας .....	69
3.2.5.2 Εσωτερικές συνθήκες των χώρων .....	69
3.2.5.3 Απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων.....	69
3.2.5.4 Οι απαιτούμενες τιμές φωτισμού .....	70
3.2.5.5 Τα εσωτερικά κέρδη από χρήστες και εξοπλισμό .....	70
3.2.5.6 Προϋποθέσεις σχεδιασμού νέου κτιρίου βέλτιστης ενεργειακής απόδοσης.....	71
3.2.5.7 Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων κατά την ανακαίνιση υφιστάμενου κτιρίου.....	72
3.3 Η αλληλεπίδραση του σχολικού κτιρίου με το περιβάλλον .....	74
3.4 Εργαλεία αξιολόγησης για την απόδοση των κτιρίων.....	76
3.4.1 LEED & πιστοποίηση LEED σε σχολικά κτίρια.....	77
3.4.2 HQE.....	85
3.4.3 HQE vs LEED .....	87
3.4.4 BREAM.....	89

3.4.5	BREAM vs LEED .....	91
3.4.6	Συγκριτικά στοιχεία και συμπεράσματα σχετικά με έξι εργαλεία αξιολόγησης 92	
3.5	Ορθές στρατηγικές για την κατασκευή και αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων.....	93
3.5.1	Οι στόχοι, τα κριτήρια και τα οφέλη της αειφορικής αναβάθμισης των σχολείων της Μεσογείου.....	95
3.5.2.1	Τα βήματα για την ορθή αναβάθμιση.....	98
3.5.2.2	Οι προϋποθέσεις που εξασφαλίζουν τις κατάλληλες συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος των σχολείων .....	99
3.5.2.3	Οι πρακτικές που εξασφαλίζουν τις κατάλληλες συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος των σχολείων.....	101
3.6	Στρατηγικές Παθητικών σχολικών κτιρίων.....	103
3.7	Η μείωση της ζήτησης ενέργειας στα σχολεία .....	106
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΟ 30° & 145° ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ.....		
		107
4.1	Γενικά χαρακτηριστικά κτιρίου μελέτης .....	107
4.1.1	Σύντομη ιστορική αναδρομή .....	107
4.1.2	Γεωγραφική θέση και περιβάλλον.....	110
4.1.2.1	Το κλίμα του Νομού Αττικής.....	111
4.1.2.2	Θερμοκρασία.....	112
4.1.2.3	Σχετική υγρασία .....	113
4.1.2.4	Άνεμοι .....	113
4.1.2.5	Υετός .....	114
4.1.2.6	Ηλιοφάνεια .....	114
4.1.3	Υφιστάμενη κατάσταση.....	115
4.1.3.1	Διάταξη χώρων του κτιρίου νηπιαγωγείου.....	116
4.1.3.2	Σχέδια υφιστάμενης κατάστασης .....	118

4.1.3.2 Υλικά κατασκευής.....	122
4.1.3.3 Μελέτη Ηλιασμού .....	123
4.1.3.4 Μελέτη Φυσικού αερισμού .....	126
4.1.3.5 Η/Μ συστήματα κτιρίου & φωτισμός .....	128
4.1.3.6 Φύτευση.....	128
4.1.3.7 Η ενεργειακή αξιολόγηση της Υφιστάμενης κατάστασης .....	128
4.2 Πρόταση αιφορικής αναβάθμισης.....	129
4.2.1 Μελέτη φυσικού αερισμού .....	137
4.2.2 Μελέτη φύτευσης .....	139
4.2.3 Solar tree – Ηλιακό δέντρο .....	142
4.2.4 Περιγραφή υλικών .....	144
4.3 Εφαρμογή της πρότασης αιφορικής αναβάθμισης στο μοντέλο BIM .....	150
4.3.1 Θερμικές ζώνες .....	151
4.3.2 Υλικά κελύφους που εφαρμόστηκαν για όλα σενάρια .....	152
4.3.2.1 Εξωτερικοί τοίχοι .....	152
4.3.2.2. Πλάκα δαπέδου .....	153
4.3.3.3. Πλάκα δώματος .....	153
4.4. Ενεργειακή αξιολόγηση μοντέλου BIM, σύγκριση μεταξύ τριών σεναρίων.....	154
5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	161
Αγγλική Βιβλιογραφία.....	170
Ελληνική Βιβλιογραφία .....	172
Διαδίκτυο .....	174

## **Κατάλογος Εικόνων**

Εικόνα 1: Περιβαλλοντικό αποτύπωμα σε τρεις Μεσογειακές χώρες. Πηγή: (footprintnetwork) .....	34
Εικόνα 2: Τομείς που καθορίζουν τη Βιώσιμη Ανάπτυξη στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Πηγή: (Eurostat, 2021) .....	35
Εικόνα 3: Πρόοδος δράσεων για το κλίμα στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Πηγή: (Eurostat, 2021).....	36
Εικόνα 4: Πρόοδος δράσεων για την ποιότητα της εκπαίδευσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Πηγή: (Eurostat, 2021).....	37
Εικόνα 5: Η πρόοδος της Ελλάδας, σε σχέση με τους στόχους που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Πηγή: (Eurostat, 2021).....	37
Εικόνα 6: Οι σημαντικότερες πιέσεις που ασκούνται στη φύση της Ευρώπης. Πηγή: (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, n.d.) <a href="https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2021/infographics/what-are-the-main-pressures/view">https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2021/infographics/what-are-the-main-pressures/view</a> .....	38
Εικόνα 7 : Η αλλαγή στην κατανάλωση ενέργειας των κρατών μελών της ΕΕ το 2019 σε σχέση με το 2015 και τους στόχους για το 2020. Πηγή: (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, n.d.) <a href="https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/final-energy-consumption-by-sector-12/assessment">https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/final-energy-consumption-by-sector-12/assessment</a> .....	38
Εικόνα 8 : Το οικολογικό αποτύπωμα ανά κάτοικο του πλανήτη, η βιοποικιλότητα και το έλλειμμα μεταξύ 1961 – 2016. Πηγή: (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, n.d.) <a href="https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/ecological-footprint-of-european-countries-2/assessment">https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/ecological-footprint-of-european-countries-2/assessment</a> .....	39
Εικόνα 9: Το οικολογικό αποτύπωμα της Ελλάδας ανά κάτοικο για το έτος 2017. Πηγή: (footprintnetwork) <a href="https://www.footprintcalculator.org/en/results/0/explore-data">https://www.footprintcalculator.org/en/results/0/explore-data</a> .....	40
Εικόνα 10: Οι κυριότερες επιδράσεις παραγόντων του εσωτερικού και του εξωτερικού περιβάλλοντος στο κέλυφος του κτιρίου. Πηγή: (Παπαμανώλης , 2015).....	42
Εικόνα 11: 116° Νηπιαγωγείο Π. Φαλήρου, το πρώτο βιοκλιματικό σχολείο στην Ελλάδα. Πηγή: ( <a href="https://mysalonika.gr/">https://mysalonika.gr/</a> ) .....	60
Εικόνα 12: 6° Νηπιαγωγείο Π. Φαλήρου, το πρώτο βιοκλιματικό σχολείο στην Ελλάδα. Πηγή: ( <a href="http://www.google.earth.com">www.google.earth.com</a> πρόσβαση: 04.01.2022) .....	60

Εικόνα 13: Κλιματικές ζώνες. Πηγή: (ΥΠΕΝ, 2018).....	61
Εικόνα 14 : Δυνατότητα βελτίωσης της βιωσιμότητας των σχολικών κτιρίων. Πηγή: (Dall' O, Bruni, & Panza, 2013) .....	81
Εικόνα 15: Κόστος επιμέρους εργασιών σε σχέση με το συνολικό κόστος της αναβάθμισης. Πηγή: (Dall' O, Bruni, & Panza, 2013) .....	82
Εικόνα 16: Μέση % εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας έναντι πιστοποίησης LEED. Πηγή: (Elkharery, Kianmehr, & Doczy, 2021).....	83
Εικόνα 17: Μέσο % κόστος έναντι πιστοποίησης LEED. Πηγή: (Elkharery, Kianmehr, & Doczy, 2021) .....	84
Εικόνα 18: Οι στόχοι που καθορίζουν το nZEB κτίριο. Πηγή: (ZEMedS, 2014).....	96
Εικόνα 19: Βασικά κριτήρια nZEB σχολικών κτιρίων της Μεσογείου. Πηγή (ZEMedS, 2014) .....	97
Εικόνα 20: Παραδείγματα εκτεταμένων αναβαθμίσεων κτιρίου, βήμα – βήμα Πηγή:(ZEMedS, 2014) .....	98
Εικόνα 21: Ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου. Πηγή: (ZEMedS, 2014).....	99
Εικόνα 22: Στρατηγικές παθητικής αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων. Πηγή: (ZEMedS, 2014) .....	106
Εικόνα 23:: Ο παιδικός σταθμός του Α. Τομπάζη στο Χολαργό. Πηγή : Κ.Α.Π.Ε. .	107
Εικόνα 24: Ο παιδικός σταθμός του Α. Τομπάζη στο Χολαργό. Πηγή : Κ.Α.Π.Ε. .	108
Εικόνα 25: Κολλέγιο Αθηνών Αρχιτέκτονες; Α. Τομπάζης, Perkins & Will. Πηγή : (Τζαχρήστα & Φελέκη , 2013) .....	109
Εικόνα 26: Γυμνάσιο και Λύκειο Λαγκαδά, Αρχιτέκτονες Γιαννάκης, Φατούρος. Πηγή: (Αρχιτεκτονικά Θέματα, 1968) .....	110
Εικόνα 27: Εντοπισμός του κτιρίου μελέτης. Πηγή: (Google earth Pro 10/06/2022) .....	111
Εικόνα 28: Κλιματολογικές συνθήκες ανά μετεωρολογικό σταθμό. Πηγή: ( <a href="http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city">http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city</a> , χ.χ.) .....	112
Εικόνα 29: Η θερμοκρασία στο Ν. Αττικής ανά μήνα & Εικόνα 30: Μέση μηνιαία υγρασία στην Αττική .....	113
Εικόνα 31 :Διεύθυνση και ένταση ανέμου στην Αττική ανά μήνα & Εικόνα 32: Ετήσια συχνότητα ανέμων. Πηγή: ( <a href="http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city">http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city</a> , χ.χ.) .....	113

Εικόνα 33: Υετός στην Αττική ανά μήνα & Εικόνα 34: Ομβροθερμικό διάγραμμα από το Μετεωρολογικό σταθμό Νέας Φιλαδέλφειας. Πηγή: ( <a href="http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city">http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city</a> , χ.χ.) .....	114
Εικόνα 35: Ώρες ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς. Πηγή: (Weather Online, n.d.) .....	115
Εικόνα 36: Νότια όψη του κτιρίου μελέτης περίπτωσης 30 <sup>ο</sup> & 145 <sup>ο</sup> νηπιαγωγείο Αθηνών. ....	115
Εικόνα 37: Αίθουσα διδασκαλίας 145 <sup>ο</sup> νηπιαγωγείου Αθηνών. Ημ. Λήψης 19.04.2022 .....	116
Εικόνα 38: Διαφώτιστο αίθουσας διδασκαλίας 145 <sup>ο</sup> νηπιαγωγείου Αθηνών. Ημ. Λήψης: 19.04.22 .....	116
Εικόνα 39: Αίθουσα διδασκαλίας 30 <sup>ο</sup> νηπιαγωγείου Αθηνών. Ημ. Λήψης : 19.04.22 .....	116
Εικόνα 40, Εικόνα 41, Εικόνα 42 : W.C. νηπίων. Ημ. Λήψης 19.04.22 .....	117
Εικόνα 43 & Εικόνα 44: Αίθουσα διδασκαλίας 30 <sup>ο</sup> νηπιαγωγείου Αθηνών Ημ. Λήψης 19.04.22 .....	117
Εικόνα 45 & Εικόνα 46: Αίθουσα διδασκαλίας 145 <sup>ο</sup> νηπιαγωγείου Αθηνών Ημ. Λήψης 19.04.22 .....	118
Εικόνα 47: Γραφείο νηπιαγωγών 30ου νηπιαγωγείου Αθηνών Ημ. Λήψης 19.04.22 .....	118
Εικόνα 48: Κουζίνα 30ου νηπιαγωγείου Αθηνών Ημ. Λήψης 19.04.22 .....	118
Εικόνα 49: Λεβητοστάσιο 145ου νηπιαγωγείου Αθηνών Ημ. Λήψης 19.04.22 .....	118
Εικόνα 50 & Εικόνα 51 : Στέγαση οκταγωνικών αιθουσών από οπλισμένο σκυρόδεμα και πλάκες Πηλίου, που καταλήγει σε διαφώτιστο που φωτίζει την αίθουσα διδασκαλίας. Φωτογραφία 47 αρχείο ΟΣΚ & 48 Ημ. Λήψης: 19.04.22 .....	122
Εικόνα 52 & Εικόνα 53: Υλικά κατασκευής στην Νότια και την Ανατολική Είσοδο και τον αύλειο χώρο του κτιρίου. Ημ. Λήψης 19.04.22 .....	123
Εικόνα 54: Η υφιστάμενη διαμόρφωση του αύλειου χώρου και η φύτευση. Ημ. λήψης : 19.04.22 .....	128
Εικόνα 55: Ράφια φωτισμού τοποθετημένα στα κουφώματα. Πηγή: pinterest .....	133
Εικόνα 56: Φωτορεαλιστική απεικόνιση του μοντέλου BIM. Ιδία επεξεργασία .....	137
Εικόνα 57: Ροδίτικος Φύκος. Πηγή: <a href="http://www.issaris.gr">www.issaris.gr</a> Εικόνα 58: Χαρουπιά. Πηγή: (Φυτόριο Κηπογεωργική ) .....	140

Εικόνα 59: Μανταρινιά. Πηγή: : (Φυτόριο Κηπογεωργική ).....	140
Εικόνα 60: Κουτσουπιά. Πηγή: (Φυτόριο Κηπογεωργική )	Εικόνα 61 Παυλώνια
Πηγή: (Flowerstore) .....	141
Εικόνα 62: Φωτίνια	Εικόνα 63: Αγγελική. Πηγή εικόνων:
(Φυτόριο Κηπογεωργική ) .....	141
Εικόνα 64: Γεράνια. Πηγή: (Nova green , 2020)	Εικόνα 65 : Ιβίσκος. Πηγή:
(Γεωπονικό Κέντρο Κήπου, 2022) .....	142
Εικόνα 66: Λεβάντα	Εικόνα 67: Φασκόμηλο. Πηγή: (Φυτόριο
Κηπογεωργική ) .....	142
Εικόνα 68: Solar tree του Ross Lovergrove	Εικόνα 69: Solar tree της Spotlight στο
σχολείο Sandy Grove Middle School .....	143
Εικόνα 70: Η λειτουργία του Ηλιακού Δέντρου. Πηγή: (Spivastav), (Seminars reports,	
solar tree) .....	144
Εικόνα 71 Θερμομόνωση με διογκωμένη πολυστερίνω. Πηγή: <a href="http://www.knauf.g">www.knauf.g</a> .....	144
Εικόνα 72: Πετροβάμβακας για θερμοϋδρομόνωση δώματος.	
Πηγή: <a href="http://www.knaufinsulation.gr">www.knaufinsulation.gr</a> .....	145
Εικόνα 73: Θερμομόνωση δαπέδου με πετροβάμβακα. Πηγή :	
<a href="http://www.knaufinsulation.gr">www.knaufinsulation.gr</a> .....	145
Εικόνα 74: Κουφώματα αλουμινίου κατάλληλα για παθητικά κτίρια. Πηγή:	
<a href="http://www.alumil.gr">www.alumil.gr</a> .....	146
Εικόνα 75: Αντλία θερμότητας. Πηγές: <a href="http://www.alphaclima.gr">www.alphaclima.gr</a> , <a href="http://www.new.abb.com">www.new.abb.com</a> ...	146
Εικόνα 76: Φωτοβολταϊκά πάνελ. Πηγή: <a href="http://www.ecosun.gr">www.ecosun.gr</a> .....	147
Εικόνα 77: Solar Tree. Πηγή: <a href="http://www.spotlightsolar.com">www.spotlightsolar.com</a> .....	147
Εικόνα 78: Βιοκλιματική πέργκολα. Πηγή: <a href="http://www.alumil.gr">www.alumil.gr</a> .....	148
Εικόνα 79: Ελλειπτικές περσίδες αλουμινίου κάθετης διάταξης. Πηγή:	
<a href="http://www.alumil.com">www.alumil.com</a> .....	148
Εικόνα 80: Δάπεδα ασφαλείας και εξοπλισμός παιδικής χαράς. Πηγή:	
<a href="http://www.iliachtida.com">www.iliachtida.com</a> .....	148
Εικόνα 81: Χρωματιστοί κυβόλιθοι επίστρωσης εξωτερικού χώρου. Πηγή:	
(ΤΣΙΜΕΝΤΟΤΕΧΝΙΚΗ) .....	149
Εικόνα 82: Διαχωριστικός τοίχος υψηλών προδιαγραφών. Πηγή: <a href="http://www.asset.gr">www.asset.gr</a> .....	149
Εικόνα 83: Ασφαλτικά κεραμίδια. Πηγή: <a href="http://www.metaldynamic.gr">www.metaldynamic.gr</a> .....	150
Εικόνα 84: Διαμόρφωση νέων εξωτερικών τοίχων με μόνωση, όπως εισήχθη στο	
λογισμικό. Πηγή: Ιδία επεξεργασία .....	152

Εικόνα 85: Οι ιδιότητες της νέας εξωτερικής τοιχοποιίας όπως εισήχθησαν και φαίνονται στο λογισμικό. Πηγή: Ιδία επεξεργασία .....	152
Εικόνα 86: Διαμόρφωση νέας πλάκας δώματος, από το λογισμικό. Πηγή: Ιδία επεξεργασία .....	153
Εικόνα 87: Οι ιδιότητες της πλάκας δώματος, όπως εμφανίζονται στο λογισμικό. Πηγή: Ιδία επεξεργασία.....	153
Εικόνα 88: Διαμόρφωση πλάκας δώματος όπως εισήχθη στο λογισμικό. Πηγή: Ιδία επεξεργασία .....	154
Εικόνα 89: Οι ιδιότητες της πλάκας δώματος, όπως εμφανίζονται στο λογισμικό. Πηγή: Ιδία επεξεργασία.....	154
Εικόνα 90: Αναφορά αποτελεσμάτων μοντέλου BIM στο ArchiCAD για το 1 <sup>ο</sup> Σενάριο. Ιδία επεξεργασία.....	156
Εικόνα 91: Ιδιότητες των θυρών που τοποθετήθηκαν κατά το 2 <sup>ο</sup> σενάριο, όπως εμφανίζονται στο λογισμικό. Πηγή: Ιδία επεξεργασία.....	157
Εικόνα 92: Ιδιότητες παραθύρων κατά το 2 <sup>ο</sup> σενάριο όπως εμφανίζονται στο λογισμικό. Πηγή: Ιδία επεξεργασία.....	157
Εικόνα 93: Αναφορά αποτελεσμάτων μοντέλου BIM στο ArchiCAD για το 2 <sup>ο</sup> Σενάριο. Ιδία επεξεργασία.....	158
Εικόνα 94: Αναφορά αποτελεσμάτων μοντέλου BIM στο ArchiCAD για το 3 <sup>ο</sup> Σενάριο. Ιδία επεξεργασία.....	160
Εικόνα 95: Φωτορεαλιστική απεικόνιση εισόδων Νηπιαγωγείων, όπου έχει τοποθετηθεί η βιοκλιματική πέργκολα. Πηγή: Ιδία επεξεργασία .....	167
Εικόνα 96: Φωτορεαλιστική απεικόνιση κτιρίου στα Νότια. Πηγή: Ιδία επεξεργασία. ....	167
Εικόνα 97: Φωτορεαλιστική απεικόνιση από ψηλά. Πηγή: Ιδία επεξεργασία .....	168
Εικόνα 98: Φωτορεαλιστική απεικόνιση αύλειου χώρου προς το Νότο. Πηγή: Ιδία επεξεργασία .....	168
Εικόνα 99 Φωτορεαλιστική απεικόνιση χώρου υπαίθριου μαθήματος στα Νότια, όπου έχει τοποθετηθεί μια δεύτερη βιοκλιματική πέργκολα. Πηγή: Ιδία επεξεργασία. ....	169
Εικόνα 100: Δυτικά ο αύλειος χώρος. Πηγή: Ιδία επεξεργασία.....	169



## **Κατάλογος Πινάκων**

Πίνακας 1: Θερμική άνεση. Επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες. Πηγή: (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017) .....	45
Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ειδών θερμομόνωσης. Πηγή: (Παπαμανώλης , 2015). .....	45
Πίνακας 3: Η κλίμακα Beaufort και τα φαινόμενα στην ξηρά. Πηγή: (Παπαμανώλης , 2015).....	46
Πίνακας 4: Απαιτήσεις νωπού αέρα σε εσωτερικούς χώρους για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης. Πηγή: (Τ.Ε.Ε., 2017) .....	47
Πίνακας 5: Τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας κατά τη χειμερινή και θερινή περίοδο για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Πηγή: (Τ.Ε.Ε., 2017).....	48
Πίνακας 6: Στάθμη γενικού φωτισμού κτιρίου αναφοράς, με βάση τον EN 12464-1 2011. Πηγή: (Τ.Ε.Ε., 2017) .....	52
Πίνακας 7 : Κατανάλωση ενέργειας στα σχολεία της Ευρώπης. Πηγή: (Vagi&Dimoudi, 2011) .....	56
Πίνακας 8 : Αριθμός κτιρίων ανά κατηγορία χρήσης. Πηγή: (ΕΛΣΤΑΤ, 2015).....	57
Πίνακας 9 : Αριθμός κτιρίων ανά περίοδο κατασκευής. Πηγή: (Τραϊανός, 2018) (ΕΛΣΤΑΤ, 2015) .....	58
Πίνακας 10: Αριθμός σχολικών κτιρίων με βάση το βασικό υλικό κατασκευής τους. Πηγή: (Τραϊανός, 2018) (ΕΛΣΤΑΤ, 2015) .....	58
Πίνακας 11: Κύριο υλικό επικάλυψης σχολικών κτιρίων. Πηγή: (Τραϊανός, 2018) (ΕΛΣΤΑΤ, 2015) .....	59
Πίνακας 12: Μέση κατανάλωση ανά χρήση κτιρίου και κλιματική ζώνη. Πηγή: (ΥΠΕΝ, 2018) .....	62
Πίνακας 13: Μέση κατανάλωση στα εκπαιδευτικά κτίρια ανά κλιματική ζώνη. Πηγή: Ιδία επεξεργασία (ΥΠΕΝ, 2018) .....	62
Πίνακας 14: Επιπτώσεις στην υγεία των εκπαιδευομένων εξαιτίας των Συνθηκών Εσωτερικού Περιβάλλοντος IEQ. Πηγή: (Karapetsis & Alexandri, 2016).....	64
Πίνακας 15: Παράμετροι ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος σύμφωνα με τα πρότυπα EN 15251:2007 and ISO 7730:2005.....	64
Πίνακας 16: Δεδομένα μετρήσεων της ποιότητας του αέρα σε επτά σχολεία της Αθήνας. Πηγή: (Diarouli, Chaloulakou, Mihalopoulos, & Spyrellis, 2007) .....	67
Πίνακας 17: Αποτελέσματα μετρήσεων της ποιότητας του αέρα σε επτά σχολεία της Αθήνας. Πηγή: (Diarouli, Chaloulakou, Mihalopoulos, & Spyrellis, 2007) .....	67

Πίνακας 18: οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας U, των δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση εκτεταμένης ανακαίνισης υφιστάμενου κτιρίου. Πηγή: (Τ.Ε.Ε., 2017).....	72
Αριστερά : Πίνακας 19 Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά υλικά που συναντώνται σε κτίρια, η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.ΕΝ.Α.Κ. Πηγή: (Τ.Ε.Ε., 2017) .....	73
Πάνω: Πίνακας 20 Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα οριζόντια αδιαφανή δομικά υλικά που συναντώνται σε κτίρια, η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.ΕΝ.Α.Κ. Πηγή: (Τ.Ε.Ε., 2017) .....	73
Πίνακας 21: Κλίμακα αξιολόγησης του εργαλείου αξιολόγησης LEED. Πηγή: (Gazze & Mahfoudh, 2010).....	78
Πίνακας 22: Οι εννέα βασικοί τομείς που επικεντρώνεται το εργαλείο LEED. Πηγή: (Gazze & Mahfoudh, 2010).....	79
Πίνακας 23: Το κόστος της βιωσιμότητας των 14 σχολικών κτιρίων στην Ιταλία. Πηγή: (GBCI: Green .....	81
Πίνακας 24: Τα περιβαλλοντικά ζητήματα ενδιαφέροντος (EIC) για τη φάση σχεδιασμού. Πηγή: (Sinou & Kyvelou, 2006) .....	86
Πίνακας 25: Οι δεκατέσσερις στόχοι που θέτει το εργαλείο HQE. Πηγή:(Gazze & Mahfoudh, 2010) .....	87
Πίνακας 26: HQE vs LEED στην αξιολόγηση βιωσιμότητας. Πηγή: (Gazze & Mahfoudh, 2010) .....	88
Πίνακας 27: Κατηγορίες αξιολόγησης Bream. Πηγή: (Sinou & Kyvelou, 2006).....	90
Πίνακας 28: BREAM vs LEED, σύγκριση των εργαλείων αξιολόγησης. Πηγή: (Rezaallah, Bolognesi, & Khoraskani, 2012).....	91
Πίνακας 29: Σύγκριση έξι εργαλείων αξιολόγησης. Πηγή: (Sinou & Kyvelou, 2006) .....	93
Πίνακας 30: Νομοί της Ελλάδας ανά κλιματική ζώνη. Πηγή: ( <a href="http://www.opengov.gr/minenv/?p=189">http://www.opengov.gr/minenv/?p=189</a> , χ.χ.) .....	112
Πίνακας 31: Οι στόχοι της παρούσας εργασίας και οι στρατηγικές που εφαρμόστηκαν για την επίτευξη τους. Ιδία επεξεργασία .....	165
Πίνακας 32: Οι στρατηγικές που εφαρμόστηκαν και τα κριτήρια που τίθενται με βάση το ZEMEDs. Ιδία επεξεργασία.....	166

Πίνακας 33: Ενεργειακές κατηγορίες για τα κτίρια του τριτογενούς τομέα. Πηγή :

ΥΠΕΝ 2018 ..... 165

### **Κατάλογος Διαγραμμάτων**

Διάγραμμα 1: Λειτουργικά κριτήρια κτιρίου προς αναβάθμιση. Ιδία επεξεργασία <a href="https://online.visual-paradigm.com/">https://online.visual-paradigm.com/</a> .....	74
Διάγραμμα 2: Κριτήρια της εσωτερική άνεσης του κτιρίου προς αναβάθμιση. Ιδία επεξεργασία <a href="https://online.visual-paradigm.com/">https://online.visual-paradigm.com/</a> .....	75
Διάγραμμα 3: Ενεργειακά κριτήρια του κτιρίου προς αναβάθμιση. Ιδία επεξεργασία <a href="https://online.visual-paradigm.com/">https://online.visual-paradigm.com/</a> .....	75
Διάγραμμα 4: Περιβαλλοντικά κριτήρια του κτιρίου προς αναβάθμιση. Ιδία επεξεργασία <a href="https://online.visual-paradigm.com/">https://online.visual-paradigm.com/</a> .....	76
Διάγραμμα 5: Ολοκληρωμένη ομάδα σχεδιασμού κτιρίου υψηλής ενεργειακής απόδοσης (ASHRAE, 2011).....	94

### **Κατάλογος Γραφημάτων**

Γράφημα 1: Αριθμός σχολικών κτιρίων ανά υλικό κατασκευής τους (Ιδία επεξεργασία).....	58
Γράφημα 2: Οροφές υφιστάμενων σχολικών κτιρίων (ΕΛΣΤΑΤ, 2015)(Ιδία επεξεργασία).....	59
Γράφημα 3: Μέση κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας ανά κατηγορία χρήσης (ΥΠΕΝ, Έκθεσης μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του εθνικού κτιριακού αποθέματος, 2018).....	63

### **Κατάλογος Σχεδίων**

Σχέδιο 1: Κάτοψη ισογείου – Υφιστάμενη κατάσταση. Ιδία επεξεργασία.....	119
Σχέδιο 2 : Κάτοψη δώματος – Υφιστάμενη κατάσταση. Ιδία επεξεργασία .....	119
Σχέδιο 3: Τομές A-A & BB – Υφιστάμενη κατάσταση. Ιδία Επεξεργασία .....	120
Σχέδιο 4: Όψεις – Υφιστάμενη κατάσταση. Ιδία επεξεργασία.....	120
Σχέδιο 5: Πίνακας κουφωμάτων – Υφιστάμενη κατάσταση. Ιδία επεξεργασία.....	121
Σχέδιο 6 : Κάτοψη αύλειου χώρου, καταγραφή υλικών επιστρώσεων και φύτευσης – Υφιστάμενη κατάσταση. Ιδία επεξεργασία .....	121

Σχέδιο 7 : Μελέτη Ηλιασμού για το κτίριο μελέτης περίπτωσης. Ιδία επεξεργασία .....	125
Σχέδιο 8: Ροδόγραμμα ανέμων & Άνεμοι κατά τη διάρκεια του χειμώνα στην κάτοψη, Ιδία επεξεργασία.....	126
Σχέδιο 9: Το κτίριο στην υφιστάμενη κατάσταση διαθέτει μονόπλευρο αερισμό. Τομές Α-Α, Β-Β, Γ-Γ & Δ-Δ. Ιδία επεξεργασία .....	127
Σχέδιο 10: Ροδόγραμμα ανέμων τους θερινούς μήνες & Οι άνεμοι κατά τους θερινούς μήνε. Ιδία επεξεργασία .....	127
Σχέδιο 11: Το κτίριο στην υφιστάμενη κατάσταση διαθέτει μονόπλευρο αερισμό. Τομές Α-Α, Β-Β, Γ-Γ & Δ-Δ. Ιδία επεξεργασία.....	127
Σχέδιο 12 : Κάτοψη Πρότασης. Ιδία επεξεργασία.....	136
Σχέδιο 13: Διαμόρφωση αύλειου χώρου. Ιδία επεξεργασία .....	136
Σχέδιο 14: Κάτοψη και τομές Β-Β & Γ-Γ όπου ο φυσικός αερισμός το χειμώνα, μετά τις παρεμβάσεις, είναι διαμπερής. Ιδία επεξεργασία σχεδίων.....	138
Σχέδιο 15: Κάτοψη και τομές Β-Β & Γ-Γ όπου ο φυσικός αερισμός το καλοκαίρι, μετά τις παρεμβάσεις, είναι διαμπερής. Ιδία επεξεργασία. ....	139
Σχέδιο 16: Οι τρεις θερμικές ζώνες του κτιρίου όπως ορίστηκαν στο λογισμικό. Ιδία επεξεργασία .....	151

### **Συντομογραφίες**

ΑΠΕ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΕΛΣΤΑΤ: Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΚΑΠΕ: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
ΚΕΝΑΚ: Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
ΚΣΜΚΕ: Κτίριο Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας
ΤΟΤΕΕ : Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας
ΥΠΕΝ: Υπουργείο Περιβάλλοντος κι Ενέργειας
BREAM: Building Research Establishment
HQE: Haute Qualité Environmental
IAQ: Indoor Air Quality
IEQ: Indoor Environmental Quality
LEED: Leadership in Energy and Environmental Design
NZEB: Nearly Zero Energy Buildings
PM: Particular Matter
VOC: Volatile Organic Compounds

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Ορισμός του προβλήματος

Τη σημερινή εποχή ένα από τα σημαντικότερα θέματα προς επίλυση είναι τα περιβαλλοντικά και ενεργειακά προβλήματα καθώς και η υπερθέρμανση της γης.

*«Ανάμεσα στα πιο πειστικά ζητήματα που αντιμετωπίζει ο σύγχρονος κόσμος μας είναι η βελτίωση της περιβαλλοντικής διαχείρισης και η διατήρηση των φυσικών μας πόρων. Καθώς οι πληθυσμοί μεγαλώνουν και οι πεπερασμένες πρώτες ύλες καταναλώνονται σε όλο και μεγαλύτερο βαθμό, πρέπει να βρούμε καλύτερους τρόπους για τη διαχείριση των πόρων του πλανήτη μας και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων του. Στη διαδικασία, πρέπει να αναπτύξουμε μεθόδους διδασκαλίας των μελλοντικών γενεών σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας» (ASHRAE, 2011)*

Είναι επιτακτική η ανάγκη παρεμβάσεων στην υπερβολική χρήση ενέργειας και της παραγωγής της, για την οποία σπαταλούνται φυσικοί πόροι. Η κατανάλωση ενέργειας που χρειάζεται ο πληθυσμός του πλανήτη είναι διαρκώς αυξανόμενος. Η ενέργεια παράγεται μέσω των ορυκτών καυσίμων με αποτέλεσμα να απελευθερώνονται βλαβερά για την ατμόσφαιρα αέρια, τα οποία τη μεταβάλλουν, απορροφάται η ανακλώμενη ακτινοβολία και μέρος αυτής επιστρέφει στη γη. Η υπερθέρμανση του πλανήτη προκύπτει από το παραπάνω φαινόμενο που είναι γνωστό ως «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Οι συνθήκες για όλα τα όντα της γης γίνονται, εξαιτίας του φαινομένου, δυσμενής, λόγω αυτής της κλιματικής αλλαγής.

Οι κατασκευές των κτιρίων είναι ένα μέρος του προβλήματος, μέσα από τα υλικά που έχουν κατασκευαστεί, τα απόβλητά τους, την κατανάλωση ενέργειας και τη ρύπανση της ατμόσφαιρας. (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017).

Ένα σκέλος της απάντησης στο πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης, είναι η βελτίωση του τρόπου κατασκευής των νέων κτιρίων και η αναβάθμιση των υφιστάμενων σε Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης. Είναι αναγκαίο να βρεθούν οι τρόποι ώστε τα κτίρια να εξασφαλίζουν την ενέργεια που καταναλώνουν μέσω ενός σχεδιασμού που θα εξασφαλίζει την κάλλιστη διαβίωση των χρηστών, που θα τους εξασφαλίζουν τις ανέσεις που επιβάλλονται ενώ την ίδια στιγμή θα είναι φιλικό προς το περιβάλλον, με μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, με τη μείωση αποβλήτων, την εκμετάλλευση των υδάτων, τη μείωση εκπομπής ρύπανσης.

Κατά τη Eurostat, η τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, είναι περίπου 46 εκατομμύρια TJ το 2012, στην οποία ο κτιριακός τομέας αντιπροσωπεύει περίπου το 39% της συνολικής κατανάλωσης, ενώ τα εκπαιδευτικά κτίρια αντιπροσώπευαν το 12% του συνόλου των κτιρίων. Για αυτό είναι απαραίτητη η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων σε παγκόσμιο επίπεδο. Είναι πολύ σημαντικό να βελτιωθούν όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα διαβίωσης των μαθητών στο σχολικό περιβάλλον, όπως για παράδειγμα η ποιότητα εσωτερικού αέρα. Στα σχολικά κτίρια οι μαθητές, οι οποίοι είναι σε ηλικία ανάπτυξης, περνούν πολλά χρόνια, από τη νηπιακή ηλικία μέχρι την ενηλικίωση τους, ζουν και δραστηριοποιούνται στο σχολικό περιβάλλον και είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην κακή ποιότητα περιβάλλοντος, με επιπτώσεις στην υγεία τους. Επιπλέον έχει παρατηρηθεί ότι οι μαθητές υποφέρουν από προβλήματα υγείας και απουσιάζουν συχνά από τα μαθήματα τους. Η συγκέντρωση και η επίδοση τους στη μαθησιακή διαδικασία, επηρεάζεται από τον εξαερισμό και από άλλα χαρακτηριστικά της τάξης όπως δείχνει έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε 800 αίθουσες της Δανίας. (Bernardo, Henggeler Antunes, Garpar, Dias Pereira, & Gameiro de Silva, 2016).

Ένα σχολικό κτίριο το οποίο κατασκευάζεται ή αναβαθμίζεται σε ΚΣΜΚΕ δεν πρέπει να ξεχνάει το σκοπό λειτουργίας του, που είναι πολυδιάστατος για την κοινωνία και μέσω της αειφορικής εκδοχής του, μπορεί να αποτελέσει πόλο ενημέρωσης και περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης της κοινωνίας.

*«Οι στρατηγικές για τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της ανθρώπινης δραστηριότητας στον φυσικό κόσμο ξεκινούν με την εκπαίδευση. Οι ηγέτες των σχολείων μπορούν να συμβάλουν στην επέκταση της ευαισθητοποίησης του κοινού για την αειφορία, παρέχοντας στους μαθητές θετικά παραδείγματα για τη συνύπαρξη φυσικών και δομημένων περιβαλλόντων. Τα ενεργειακά αποδοτικά σχολικά κτίρια μπορούν να χρησιμεύσουν ως μοντέλα και εργαστήρια για τη διδασκαλία αρχών διατήρησης μέσω ολοκληρωμένου προγράμματος σπουδών βάσει έργων». (ASHRAE, 2011)*

Αδιαμφισβήτητα η υγεία και η εκπαίδευση των παιδιών πρέπει να εξασφαλίζεται μέσα από υγιείς χώρους εκπαίδευσης. Ένας χώρος σχολείου φιλικού προς το περιβάλλον, βιοκλιματικού, που λειτουργεί με χαμηλά επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας, έχει χαμηλό κόστος λειτουργίας καθώς επίσης δίνει την ευκαιρία για μια

μαθησιακή διαδικασία αλληλεπίδρασης μεταξύ μαθητών και περιβάλλοντος. (ASHRAE, 2011)

### **Ερευνητικά ερωτήματα**

Τα ερευνητικά ερωτήματα που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία είναι τα εξής:

- Γιατί είναι αναγκαία η αειφορική αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων;
- Ποιοι είναι οι στόχοι τα οφέλη και οι στρατηγικές που αφορούν την βιοκλιματική αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων;
- Ποιες είναι οι βέλτιστες στρατηγικές αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων;
- Ποιες είναι οι βελτιώσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν στο Νηπιαγωγείο της μελέτης περίπτωσης και θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε πανομοιότυπα Νηπιαγωγεία στο νομό Αττικής;

### **Οι στόχοι της έρευνας**

Οι στόχοι της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των βασικών παρεμβάσεων που δύναται να εφαρμοστούν, σε υφιστάμενο σχολικό κτίριο που θα το μετατρέψουν σε ΚΣΜΚΕ, ακολουθώντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η μείωση κατανάλωσης ενέργειας, η βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος, η δημιουργία ενός υγιούς περιβάλλοντος για τους εκπαιδευόμενους μέσα από τη βελτίωση των ανέσεων, η ευαισθητοποίηση των χρηστών για τη χρήση ΑΠΕ, είναι οι στόχοι αυτής της έρευνας.

Μέσα από την μελέτη περίπτωσης και την ενεργειακή προσομοίωση, στόχος είναι να αναδειχθούν οι λύσεις των προβλημάτων του υφιστάμενου κτιρίου συμβατικής κατασκευής, με τα κλιματικά χαρακτηριστικά της Αττικής, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες στρατηγικές, με στόχο την αναβάθμιση του σε βιοκλιματικό, μέσω της χρήσης λογισμικού μοντελοποίησης BIM και την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων που προκύπτουν από αυτό το πείραμα, που δύναται στο μέλλον να χρησιμοποιηθούν για παρόμοιες περιπτώσεις αειφόρων αναβαθμίσεων.

### **Μεθοδολογία και ερευνητικά εργαλεία**

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία, είναι η αναλυτική βιβλιογραφική έρευνα και η έρευνα συλλογής επιστημονικών τεκμηρίων. Επίσης πραγματοποιήθηκε πειραματική έρευνα μελέτης περίπτωσης.

Η βιβλιογραφική έρευνα οδήγησε : α) στην ανάλυση του προβλήματος και τη διατύπωση βασικών εννοιών κατανόησης του, καθώς και παράθεση Ευρωπαϊκών εργαλείων, που αναλύουν στοιχεία σχετικά με το εύρος του περιβαλλοντικού προβλήματος στην Ευρώπη και στην Ελλάδα, β) στην καταγραφή στοιχείων των σχολικών κτιρίων της χώρας, γ) στη διατύπωση των στόχων και των στρατηγικών που μπορούν να εφαρμοστούν στα σχολικά κτίρια.

Στο στάδιο της πειραματικής έρευνας καταγράφηκε η υφιστάμενη κατάσταση και δημιουργήθηκε μοντέλο BIM υφιστάμενης κατάστασης, εξετάστηκαν οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής και στη συνέχεια διαμορφώθηκε μοντέλο BIM πρότασης, μέσα στο οποίο εφαρμόστηκε εκτεταμένη ανακαίνιση, αειφορική αναβάθμιση και οι στρατηγικές βέλτιστης ενεργειακής απόδοσης. Τέλος εξάχθηκαν χρήσιμα συμπεράσματα μέσα από την αναφορά (report) της ενεργειακής προσομοίωσης.

### **Σκοπός της Εργασίας**

Η έρευνα αυτή έχει σκοπό είναι να αναδείξει τη μεθοδολογία και τις στρατηγικές που μπορούν να ακολουθηθούν για την αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων σχετικά με την αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού προβλήματος, την μείωση κατανάλωσης ενέργειας για τη λειτουργία τους, τη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος και την ανάδειξη των στρατηγικών παθητικού κτιρίου για τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας . Επίσης αναδεικνύει τις βασικές παρεμβάσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν στα υφιστάμενα σχολικά κτίρια για να μετατραπούν σε κτίρια με περιβαλλοντικό ενδιαφέρον, που περιλαμβάνουν τις αρχές και τα μέσα που επιτυγχάνουν χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και την ίδια στιγμή αποτελούν υγιή περιβάλλοντα για τους μαθητές όπου θα προάγεται μια αποδοτικότερη μαθησιακή διαδικασία. Σκοπός επίσης είναι η λειτουργία του αναβαθμισμένου σχολικού κτιρίου, να προάγει την ευαισθητοποίηση και η ενημέρωση του συνόλου των εμπλεκόμενων της εκπαιδευτικής κοινότητας, των εκπαιδευτικών, των μαθητών, των γονιών και γενικότερα της κοινωνίας, σχετικά με το περιβαλλοντικό πρόβλημα και τους τρόπους αντιμετώπισής του.



## Δομή της Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύσσεται σε τέσσερα κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την περιγραφή της εργασίας, σχετικά με τον ορισμό του προβλήματος που διερευνάται, το σκοπό της εργασίας, τα ερευνητικά ερωτήματα που τίθενται, τη μεθοδολογία και τα ερευνητικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν.

Το δεύτερο κεφάλαιο αποτελεί μια έρευνα των βασικών εννοιών, που αφορούν το θέμα που πραγματεύεται η παρούσα εργασία, προκειμένου να πλαισιωθεί με κατανοητούς όρους. Οι έννοιες που αναλύονται είναι η αειφόρος ανάπτυξη, η περιβαλλοντική ηθική, η πράσινη οικονομία, το τρίγωνο της βιωσιμότητας, το αειφόρο σχολείο, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, η αειφόρος ανάπτυξη στην Ευρώπη, η Αειφορία στα σχολικά κτίρια κ.α.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρατίθενται στοιχεία σχετικά με την υφιστάμενη κατάσταση των σχολικών κτιρίων της Ευρώπης και της Ελλάδας. Περιγράφεται αναλυτικά η αλληλεπίδραση του σχολικού κτιρίου με το περιβάλλον και στη συνέχεια αναλύονται οι ορθές στρατηγικές αναβάθμισης, οι στόχοι, τα κριτήρια και τα οφέλη που αποκομίζονται με την αειφορική αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων με βάση τον οδηγό αναβάθμισης των σχολείων της Μεσογείου. Οι προϋποθέσεις και οι πρακτικές που εξασφαλίζουν τις κατάλληλες συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος του σχολικού κτιρίου, ερευνώνται στη συνέχεια καθώς επίσης και οι στρατηγικές παθητικών σχολικών κτιρίων. Επίσης εξετάζονται οι τρόποι μείωσης κατανάλωσης ενέργειας στα σχολεία. Τα εργαλεία αξιολόγησης για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, ως σύγχρονες μέθοδοι που διασφαλίζουν την ποιότητα των αναβαθμίσεων των κτιρίων με συγκεκριμένα κριτήρια και απαιτήσεις, περιγράφονται και συγκρίνονται στο τέλος του κεφαλαίου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση του σχολικού κτιρίου που στεγάζεται τα 30° & 145° Νηπιαγωγεία του Δήμου Αθηναίων και με αυτό τον τρόπο γίνεται εισαγωγή στη μελέτη περίπτωσης, που περιλαμβάνει την περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης και την μοντελοποίηση BIM της υφιστάμενης κατάστασης, τη μελέτη πρότασης αειφορικής αναβάθμισης και την ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου μετά τις παρεμβάσεις που προτείνονται. Χρήσιμα συμπεράσματα αντλούνται σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας και τα οφέλη που θα προκύψουν με την αναβάθμιση του υφιστάμενου κτιρίου και υλοποιώντας την πρόταση της παρούσας εργασίας στο σύνολο των πανομοιότυπων σχολικών κτιρίων, σε περιοχές με ίδιες κλιματικές συνθήκες.

## 2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2– ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

### 2.1 Αειφόρος Ανάπτυξη

Ο σύγχρονος τρόπος ζωής με κύριο χαρακτηριστικό τον υπέρογκο καταναλωτισμό, έχει σαν αποτέλεσμα την οικονομική ανάπτυξη και τη περιβαλλοντική κρίση του πλανήτη μέσω των αποβλήτων, της ρύπανσης στις πόλεις και τη διατάραξη των οικοσυστημάτων.

Η ανάπτυξη ως έννοια έχει συνδεθεί με την οικονομική ανάπτυξη, για την οποία απαιτείται μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας, γεγονός που βλάπτει τον πλανήτη.

Στην αλόγιστη κατανάλωση πόρων και υλικών αγαθών και στο δικαιότερο μοίρασμα τους για την προστασία του περιβάλλοντος, η λύση που προτείνεται είναι η «αειφόρος» ή «βιώσιμη» ανάπτυξη. (Ανδρεαδάκη, 2006).

Ο όρος της αειφόρου ανάπτυξης προσδιορίστηκε μέσα από διεθνής επιτροπές και συνέδρια, με πρώτο το Συνέδριο που έλαβε χώρα το 1972 στη Στοκχόλμη (Συνέδριο του Ανθρώπινου Περιβάλλοντος). Αργότερα η έννοια της αειφόρου ανάπτυξης συνδέθηκε με την ποιότητα διαβίωσης και το δικαίωμα πρόσβασης όλων σε τροφή, στέγαση, νερό. Ο όρος της βιώσιμης ανάπτυξης, δημοσιεύτηκε το 1980 στην Παγκόσμια Στρατηγική Διατήρησης (World Conservation Strategy WCS) από τη Διεθνή Ένωση για τη Διατήρηση των Φυσικών Πόρων (International Union for the Conservation of Natural Resources, IUCN), ως η έννοια που συνδέει τη φιλική στάση προς τη φύση με την πάταξη της πείνας, και της δυστυχίας στη γη, καθώς επίσης συνδέει τη διατήρηση του περιβάλλοντος με την ανάπτυξη. (Μουσιόπουλος, Ντζιαχρήστος, & Σλίνη, 2015)

Όπως έχει αναφέρει η Κεφαλογιάννη Ζ., «αειφόρος είναι η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος, χωρίς να μειώνει τις δυνατότητες των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες». Είναι ένας όρος που εισήχθη το 1987 από την Έκθεση Brundtland ή «Το κοινό μας μέλλον», όταν συντάχθηκε η Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη.

Η αύξηση της κατανάλωσης και η αύξηση των αναγκών λόγω της αύξησης των κατοίκων του πλανήτη και της υπερκατανάλωσης, έρχεται σε αντίθεση με τη μείωση των φυσικών πόρων του πλανήτη και είναι η έναρξη μιας συζήτησης μεταξύ φορέων,

επιστημόνων και πολιτικών για την απόδοση της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης. (Κεφαλογιάννη, 2015)

Η έννοια της αειφόρου ή βιώσιμης ανάπτυξης είναι ευρεία και συνδέεται με ποιοτική διαβίωση και επιβίωση όλων των έμβιων όντων στον πλανήτη, που επιτυγχάνεται με την προστασία του περιβάλλοντος.

Δημιουργείται η ανάγκη, η αειφόρος ανάπτυξη, να διαδοθεί μέσω της εκπαίδευσης και μέσω της ενσυναίσθησης και της ευαισθητοποίησης των κατοίκων του πλανήτη του παρόντος, για το καλό των κατοίκων του μέλλοντος. Η Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη είναι ο τρόπος που οι μαθητές θα μπου στη διαδικασία αλλαγής κρίσης, τρόπου σκέψης και κατά συνέπεια τρόπου ζωής προκειμένου οι επόμενες γενιές να βρεθούν σε ένα βιώσιμο πλανήτη. (Κεφαλογιάννη, 2015).

## **2.2 Η Πράσινη οικονομία**

Είναι ανάγκη να τεθούν στόχοι που αφορούν τη μεταστροφή προς μια «πράσινη οικονομία», μέσω της ισορροπίας των τομέων : κοινωνία – οικονομία – περιβάλλον. Η ορθή χρήση των πόρων, το υγιές περιβάλλον, η κοινωνική ευημερία και συνοχή είναι βασικές προϋποθέσεις, ώστε να οδηγηθούμε σε μια «πράσινη ανάπτυξη». Όσο τα οικοσυστήματα πιέζονται εξαιτίας της αύξησης των αναγκών σε τροφή, ένδυση, μεταφορές και καταναλωτικών αγαθών, πιέζονται και οι οικονομίες σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι περιβαλλοντικές πολιτικές που ακολουθούνται σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, οι οποίες έχουν στόχο τη βελτίωση του προβλήματος, έχουν θετικό πρόσημο. (Μουσιόπουλος, Ντζιαχρήστος, & Σλίνη, 2015).

Η μεταστροφή προς μια πράσινη οικονομία και ανάπτυξη είναι δυνατό να επιτευχθεί, όσο διευρύνεται η ενημέρωση και η κατανόηση των σχέσεων κλίματος, βιοποικιλότητας, φυσικών πόρων και τομέων κατανάλωσης πόρων. Ως εκ τούτου είναι σημαντικές οι οργανωμένες δράσεις και η συμμετοχή των πολιτών, κάτι που για να συμβεί χρειάζεται ενημέρωση, ευαισθητοποίηση, κοινωνική παιδεία και εκπαίδευση. (Μουσιόπουλος, Ντζιαχρήστος, & Σλίνη, 2015).

Η πράσινη οικονομία διαφέρει ως έννοια από την αειφόρο ανάπτυξη. Η Αειφόρος ανάπτυξη ενώ πραγματεύεται τα περιβαλλοντικά θέματα, δεν ασχολείται καθόλου με τον τομέα της οικονομίας ή το οικονομικό αντίκτυπο. Η πράσινη ανάπτυξη προάγει τις πολιτικές και τις δράσεις κατά της μόλυνσης του περιβάλλοντος, την ανακύκλωση και τη διαχείριση φυσικών πόρων. Επίσης συνδέει το υγιές φυσικό περιβάλλον με την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη και προωθεί τη

χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Έτσι η Αειφόρος ανάπτυξη συνυπάρχει με την οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική ευημερία. (Βαγγέλης & Συριόπουλος, 2021)

### **2.3 Το Τρίγωνο της βιωσιμότητας**

Με βάση τις θέσεις των περιβαλλοντολόγων η παραγωγή και η κατανάλωση αγαθών ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η μείωση κατανάλωσης παρουσιάζεται ως μια αναγκαστική λύση. Όμως αντίθετα εκφράζεται και η άποψη, ότι η οικονομική ανάπτυξη παίζει σημαντικό ρόλο για τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και η πτώση της δεν είναι επιθυμητή. (Μουσιόπουλος, Ντζιαχρήστος, & Σλίνη, 2015).

Η βιώσιμη ανάπτυξη καθορίζεται από τις παράγοντες : Οικονομία – Περιβάλλον – Κοινωνία. Και με βάση την «Πρώτη στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ)» για την βιώσιμη ανάπτυξη (Κείμενο αναθεωρημένης Ευρωπαϊκής Στρατηγικής για την Αειφόρο Ανάπτυξη, (2006), στηρίζεται σε τρεις βασικούς παράγοντες: α) την προστασία του περιβάλλοντος, β) την κοινωνική δικαιοσύνη και συνοχή και γ) την οικονομική ευημερία. Το τρίγωνο της βιωσιμότητας είναι μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση που σχετικά με την «προστασία του περιβάλλοντος», προτείνει τη μείωση της ρύπανσης και την αειφορική ματιά σε τομείς όπως η παραγωγή και κατανάλωση, που θα βοηθήσει στην αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από τις βλαβερές συνέπειες στο περιβάλλον. Η «κοινωνική δικαιοσύνη και συνοχή» προάγει μια κοινωνία δημοκρατική, δίκαιη και ασφαλής που σέβεται την ισότητα μεταξύ των φύλων και είναι ενάντια σε κάθε λογής κοινωνική διάκριση. Και η «οικονομική ευημερία» προβλέπει μια οικονομία που ανθίζει, είναι ανταγωνιστική και καινοτόμος, προάγει την ανάπτυξη της ποιότητας ζωής, την ποιοτική εργασία πλήρους ωραρίου για όλους, σε όλα τα Ευρωπαϊκά κράτη.

### **2.4 Περιβαλλοντική ηθική**

«Περιβαλλοντική ηθική» είναι ένας όρος που δημιουργήθηκε εξαιτίας της περιβαλλοντικής κρίσης του πλανήτη και μέσω αυτής γίνεται ο επαναπροσδιορισμός της σχέσης των κατοίκων του με τη φύση και τίθεται το ερώτημα αν είναι ηθική η σχέση τους με αυτή. Επίσης η περιβαλλοντική ηθική εξετάζει εκτός από τον άνθρωπο, όλα τα όντα, τη βιοποικιλότητα, το κλίμα και αναζητά απαντήσεις σε ερωτήματα που αφορούν τα όρια της εκμετάλλευσης του περιβάλλοντος από τον

άνθρωπο και ποια είναι τα κριτήρια μέσω των οποίων θα κριθεί η συμπεριφορά αυτή. (Κεφαλογιάννη, 2015)

Για τους λόγους και τη συνειδητοποίηση του προβλήματος αναφέρει χαρακτηριστικά ο Α. Γεωργόπουλος *«Η αποφυγή της συζήτησης των αξιών π.χ. της αειφορίας, της ολιγάρκειας και του σεβασμού προς την ζωή, της αρχής της προφύλαξης, δεν κάνει τίποτα άλλο από το να στηρίζει την διατήρηση των επικρατουσών αξιών, δηλαδή, του καταναλωτισμού, της εργαλειακής εκμετάλλευσης της φύσης, οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη σημερινή υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Αφού δεν μπορούμε να είμαστε ελεύθεροι αξιών, τουλάχιστον να φροντίσουμε να είμαστε δίκαιοι προς όλες τις απόψεις, να τις συζητάμε ανοιχτά και τίμια»* (Γεωργόπουλος, 2014).

Η προστασία του περιβάλλοντος είναι χρέος και ευθύνη του ανθρώπου και το να προστατεύει από κακές περιβαλλοντικές συνθήκες τις επόμενες γενιές αλλά και οι πράξεις του υπέρ της προστασίας του πλανήτη είναι και θέμα δικαιοσύνης προς τους μελλοντικούς κατοίκους του. Κατά τον Immanuel Kant, είναι θέμα ηθικής να μεριμνούμε για το καλό όλων των έμβιων όντων και την ευημερία τους, ανεξάρτητα από τη χρησιμότητα τους. (Kant, 1984)

*«Τα οικολογικά προβλήματα του πλανήτη μας υποχρεώνουν να θεμελιώσουμε αυτού του είδους τις ηθικές σχέσεις που μέχρι τώρα δεν είχαν μελετηθεί συγκροτημένα και συστηματικά: τα καθήκοντα του ανθρώπου προς τη φύση».* (Καραγεωργάκης, Λιθοξοΐδου, Αραμπατζίδου, Κουράκης, & Γεωργόπουλος)

#### **2.4.1 Περιβαλλοντική ηθική στα σχολεία**

Η μετάδοση των αξιών είναι ο κοινωνικοπολιτικός ρόλος του σχολείου. Κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας, ο δάσκαλος και τα συνειδητά ή ασυνειδήτα μηνύματα που μεταδίδει στους μαθητές με βάση τις δικές του αξίες, αλλά και τα σχολικά εγχειρίδια που αντικατοπτρίζουν τις αξίες των συγγραφέων τους, είναι οι τρόποι που μεταδίδονται αξίες στους μαθητές. Η σχολική τάξη δηλαδή το δομημένο περιβάλλον, είναι αναπόσπαστος πομπός μετάδοσης αξιών και άμεσα συνδεδεμένος με την εκπαιδευτική διαδικασία. Είναι λοιπόν σημαντική η στάση πάνω στα περιβαλλοντικά θέματα του ίδιου του διδάσκοντα, η επιλογή εκπαιδευτικού υλικού και το κατά πόσο η εκπαιδευτική διεργασία φέρνει σε άμεση επαφή τους διδασκόμενους με τη φύση μέσω επισκέψεων π.χ. στο δάσος. (Καραγεωργάκης, Λιθοξοΐδου, Αραμπατζίδου, Κουράκης, & Γεωργόπουλος).

Ένας άλλος τρόπος ευαισθητοποίησης των μαθητών, θα μπορούσε να γίνεται μέσα από την ενημέρωση είτε με ανάλογες δράσεις, φυλλάδια, κάδους ανακύκλωσης στο προαύλιο, είτε με ενημέρωση για τις εγκαταστάσεις ενός βιοκλιματικού σχολείου, αφήνοντας τες ορατές σε κάποιους χώρους που κινούνται οι μαθητές και τοποθετώντας για παράδειγμα ένα ενημερωτικό πίνακα για την εγκατάσταση ή ακόμα ενημερώνοντας τους μαθητές με ξεναγήσεις σε αυτές.

#### **2.4.2 Η έννοια του Αειφόρου σχολείου**

Αειφόρο είναι το Σχολείο που στοχεύει στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και προάγει την περιβαλλοντική ενημέρωση των εκπαιδευτών και των μαθητών. Επίσης αποτελεί μια πιο διευρυμένη εκπαίδευση η οποία επιφέρει αλλαγές στην εκπαιδευτική διαδικασία. Το Αειφόρο Σχολείο ως φορέας αξιών θα πρέπει να εισάγει ολιστικά το περιβαλλοντικό πρόβλημα και την αναζήτηση ενός αειφόρου τρόπου σκέψης και λειτουργίας που θα περνάει σε όλα τα επίπεδα: παιδαγωγικό, τεχνικό, οικονομικό, οργανωτικό. (Καλαϊτζίδης, 2013).

Με βάση την έρευνα που έχουν πραγματοποιήσει οι Henderson και Tilbury, είναι διακριτή σε διεθνές επίπεδο η «ολιστική» προσέγγιση της αειφορίας στο σχολικό περιβάλλον, που περικλείει δημοκρατικές διαδικασίες για τη λήψη αποφάσεων, τη μείωση του οικολογικού αποτυπώματος τους σχολείου, τη διαχείριση ενέργειας, νερού, απορριμμάτων και τη διάχυση της έννοιας της αειφορίας στο πρόγραμμα του σχολείου. (Ζεπάτου, Λοϊζίδου, Χαλουλάκου, & Σπυρέλλης, 2018)

Τα χαρακτηριστικά του Αειφόρου Σχολείου είναι η ηρεμία, η χαρά, η ασφάλεια, η αυτονομία. Δίνει τη δυνατότητα στο μαθητή να συμμετέχει ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία σε σύστημα μαθητοκεντρικό, σε κλίμα και μεθόδους ομαδοσυνεργατικές όπου θα αναπτύξει κριτικό πνεύμα, να έρθει σε επαφή με έννοιες όπως η ενσυναίσθηση, η συμμετοχή, τη διερεύνηση και να αναπτύξει γνώσεις και δράσεις γύρω από περιβάλλον. Επίσης ο μαθητής αναπτύσσει μια ευαισθητοποίηση, που προέρχεται από την καθημερινότητα του, σε ένα βιοκλιματικό σχολείο, με τεχνολογία και εγκαταστάσεις φιλικά προς το περιβάλλον, με οικολογική συμπεριφορά όπως π.χ. η μείωση κατανάλωσης χαρτιού. (Καμπέρης, 2020)

Αν φανταστεί κάποιος ένα σχολικό περιβάλλον που προάγει την εκπαίδευση, την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, τη χαρά για μάθηση, που υποστηρίζει τα ταλέντα και την κριτική σκέψη, που κατανοεί, επιβραβεύει και αγαπάει όλους τους

μαθητές, είναι το ουτοπικό Αειφόρο σχολείο όπως το περιγράφει ο Δ. Καλαϊτζίδης. (Καλαϊτζίδης, 2013).

Το Αειφόρο σχολείο βάζει σαν στόχο τη βελτίωση στη διαχείριση του σχολείου και τους πόρους του, δηλαδή την ενέργεια, τα απόβλητα, τον σχεδιασμό του τοπίου του και τα υλικά, τη βιοποικιλότητα. (Παυλικάκης, 2016)

Η «Ανάλυση του Κύκλου Ζωής» των υλικών είναι μια σημαντική μεθοδολογική προσέγγιση για την αειφορία, μέσω της οποίας αξιολογούνται τα οικοδομικά υλικά και οι υπηρεσίες, σχετικά με την περιβαλλοντική επίπτωση που έχει ο κύκλος ζωής τους. Έτσι για την κατασκευή ενός αειφόρου σχολείου θα πρέπει: να χρησιμοποιούνται υλικά με τις ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, επίσης υλικά ανακυκλώσιμα τα οποία μπορούν να διαχωριστούν και να μετά τον κύκλο ζωής τους και πρέπει να ελαχιστοποιηθεί η χρήση τοξικών υλικών. (Ζεπάτου, Λοϊζίδου, Χαλουλάκου, & Σπυρέλλης, 2018)

Επίσης το Αειφόρο Σχολείο επιτυγχάνει την εξοικονόμηση ενέργειας, νερού χαρτιού, προωθεί έννοιες όπως μαθητοκεντρική εκπαιδευτική διαδικασία και συνεργασία, ενημερώνει και επιμορφώνει το εκπαιδευτικό προσωπικό, χρησιμοποιεί τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον, εκπαιδεύει και δραστηριοποιεί τους σημερινούς μαθητές και αυριανούς πολίτες, προς μια αειφόρο συμπεριφορά και τρόπο ζωής. (Καλαϊτζίδης, 2013).

Σε έρευνα που διεξήχθη το χρονικό διάστημα 03/2006 έως 06/2007 από τους Ζεπάτου, Λοϊζίδου, Χαλουλάκου και Σπυρέλλη, σε 170 σχολεία της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στην Ελλάδα, συμμετείχαν 2236 άτομα, μαθητές, εκπαιδευτικοί, διευθυντές και γονείς, αναζητήθηκαν, μέσω ερωτηματολογίου, οι στάσεις και οι απόψεις για την αειφόρο κατασκευή, την επιλογή των φιλικών προς το περιβάλλον υλικών και την υγεία του ανθρώπου. Σε ερώτηση που τέθηκε σχετικά με το βαθμό γνώσης των εννοιών «προϊόντα φιλικά προς το περιβάλλον», «οικολογική δόμηση» και «αειφόρο κατασκευή», τα 2/3 των ερωτηθέντων απάντησαν «μέτρια καλά» ή «πολύ καλά». Στην ερώτηση που αφορούσε το βαθμό της σημασίας της επιλογής υλικών φιλικών προς το περιβάλλον, το 60% απάντησε «πάρα πολύ σημαντική». Κάτω του 60% απάντησε «πολύ σημασία» στην ερώτηση σχετικά με την σημασία της επιλογής υλικών που είναι φιλικά προς το περιβάλλον, με τους ενήλικες κυρίως να έχουν απαντήσει «πολύ σημαντική». Το 97% των ερωτηθέντων πιστεύει ότι πρέπει να θεσπιστούν ειδικότερα κριτήρια για την επιλογή υλικών φιλικών προς στο περιβάλλον και υγιεινά για τον άνθρωπο. Το 96% πιστεύει ότι πρέπει η σχολική

κοινότητα να συμμετέχει στο σχεδιασμό «οικολογικών» λύσεων για το σχολικό περιβάλλον. Ιεραρχήθηκαν οι απαντήσεις των ερωτηθέντων σχετικά με την κατασκευή και λειτουργία ενός σχολείου φιλικού προς το περιβάλλον και υγιεινό για τον άνθρωπο, με πρώτη σημασία να δίνεται στην ανθρώπινη υγεία, δεύτερη στο περιβάλλον και τρίτη στο κόστος. Σε ποσοστό 57% οι συμμετέχοντες στην έρευνα, θεωρούν ότι το αειφόρο σχολείο μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο μάθησης με αξιοποίηση όλων των χώρων τους για εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση των μαθητών σχετικά με τα φιλικά προς το περιβάλλον υλικά και τη χρήση τους και το 30% απάντησε «Πιθανώς». Οι μαθητές θέλουν να ενημερώνονται και να συμμετέχουν σε μια εκπαιδευτική διαδικασία ευαισθητοποίησης για το περιβάλλον. Η σχολική κοινότητα που συμμετείχε στην έρευνα, εκδηλώνει ενδιαφέρον συμμετοχής σε καινοτόμες δράσεις που αφορούν την αειφορία κι αυτό μπορεί να αποτελέσει έναυσμα σχεδιασμού τέτοιου είδους εκπαιδευτικών δράσεων και το σχολείο να αποτελέσει την υποδομή όπου η σχολική κοινότητα βιώνει την αειφορία. (Ζεπάτου, Λοϊζίδου, Χαλουλάκου, & Σπυρέλλης, 2018)

## **2.5 Το Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα**

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα είναι ένας δείκτης που αποδίδει την όχληση του ανθρώπου προς το φυσικό του περιβάλλον και τα οικοσυστήματα. Δείχνει την κατανάλωση φυσικών πόρων και δημιουργίας ρύπανσης και συγκρίνει την ζήτηση με τη δυνατότητα αναγέννησης των οικοσυστημάτων της Γης.

Αποδίδει την παραγωγή θαλάσσιων και χερσαίων πόρων που καταναλώνει ο πληθυσμός και συγχρόνως δείχνει τη δυνατότητα απορρόφησης των αποβλήτων του.

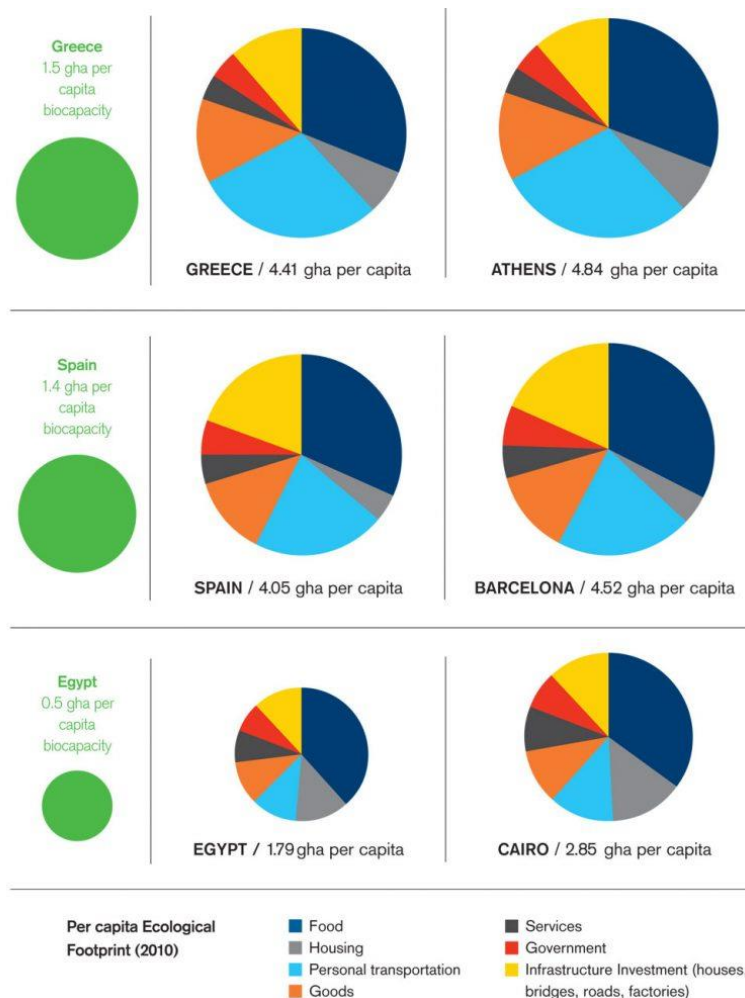
Το 2013 το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της ανθρωπότητας ήταν 1,5 γαίες (Global Hectares) δηλ. αυτός ο δείκτης δείχνει ότι χρειαζόταν 1,5 Γη, για να καλύψει τις ανάγκες του πληθυσμού /ανά κάτοικο.

Ψάχνοντας τα στοιχεία οικολογικού αποτυπώματος, μπορούμε να διαπιστώσουμε: το οικολογικό αποτύπωμα της Ελλάδας είναι 4,41 gha κατά κεφαλήν και στην Αθήνα που είναι η πρωτεύουσα, 4,84 gha κατά κεφαλήν, όταν η βιοποικιλότητα είναι 1,5 gha ανά κάτοικο. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της Ισπανίας είναι 4,05 gha κατά κεφαλήν και στη Βαρκελώνη 4,52 gha κατά κεφαλήν, με βιοποικιλότητα 1,4 gha, ενώ στην Αίγυπτο το οικολογικό αποτύπωμα ανά κάτοικο είναι 1,79 gha και στο Κάιρο 2,85 gha, με βιοποικιλότητα 0,5 gha ανά κάτοικο.



Αυτό που παρατηρούμε για την Ελλάδα στην Εικόνα 1, είναι ότι τα ποσοστά που αφορούν τις υποδομές και τις κατοικίες, αποτελούν περίπου το 25% του δείκτη.

Τα δημόσια κτίρια καταλαμβάνουν ένα μεγάλο ποσοστό του συνόλου των κτιρίων κατοικιών, δημόσιων κτιρίων και μεταξύ αυτών τα σχολικά κτίρια. Στην Ελλάδα διατίθενται 15.000 σχολικά κτίρια, τα οποία εξυπηρετούν την εκπαιδευτική διαδικασία σε όλες τις βαθμίδες (Παταργιάς & Μπενετάτου, "Βιοκλιματικές εφαρμογές και Καινοτόμες Δράσεις για την προστασία του Περιβάλλοντος. Τα σύγχρονα ελληνικά βιοκλιματικά σχολεία", 2011). Είναι σημαντικό για το περιβάλλον να αναβαθμιστούν, όπως και ο νόμος ορίζει, σε ΚΣΜΚΕ και αυτές οι δράσεις και τα έργα θα συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση του περιβαλλοντικής κρίσης, διότι θα μειωθεί σε ένα μεγάλο βαθμό το οικολογικό αποτύπωμα της χώρας.



Εικόνα 1: Περιβαλλοντικό αποτύπωμα σε τρεις Μεσογειακές χώρες.  
Πηγή: (footprintnetwork)

## 2.6 Η Αειφόρος Ανάπτυξη στην Ευρώπη και ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος

Η έκθεση της Eurostat «Sustainable Development in the European Union» για το 2021, είναι διαφωτιστική για τη βιώσιμη ανάπτυξη στο σύνολο των κρατών – μελών της. Αναλύονται δεδομένα για την Ευρωπαϊκή Ένωση, σχετικά τους τομείς που καθορίζουν την Αειφόρο Ανάπτυξη δηλαδή τη φτώχεια, την πείνα, την καλή υγεία και το βιοτικό επίπεδο, την ποιότητα της εκπαίδευσης, την ισότητα των φύλων, καθαρό νερό και αποχέτευση, ενέργεια, συνθήκες εργασίας και οικονομική ανάπτυξη, βιομηχανία, καινοτομία και υποδομές, μειωμένες ανισότητες, βιώσιμες πόλεις και κοινότητες, υπεύθυνη κατανάλωση και παραγωγή, δράση για το κλίμα, ζωή στη θάλασσα, ζωή στη στεριά, ειρήνη και δικαιοσύνη και συνεργασία για τους στόχους. (Eurostat, 2021)



Εικόνα 2: Τομείς που καθορίζουν τη Βιώσιμη Ανάπτυξη στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Πηγή: (Eurostat, 2021)

Ανατρέχοντας στον κάθε τομέα χωριστά ο εκάστοτε ενδιαφερόμενος, μπορεί να δει τα πιο πρόσφατα στατιστικά στοιχεία και την πρόοδο του. Για παράδειγμα στην Εικόνα 3, που αφορά τις δράσεις για το κλίμα, αναφέρονται τα αποτελέσματα της στατιστικής μελέτης με βέλη που αντιπροσωπεύουν την πρόοδο σε σχέση με τους στόχους που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση.

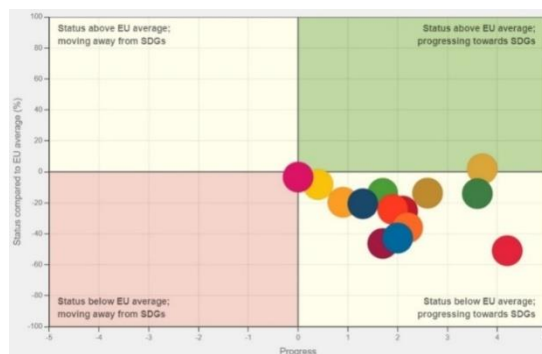




Εικόνα 4: Πρόοδος δράσεων για την ποιότητα της εκπαίδευσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Πηγή: (Eurostat, 2021)

Είναι θετικό το γεγονός ότι στην πρώιμη εκπαίδευση σημειώνεται σημαντική αύξηση συμμετοχής, που προφανώς ακολουθεί τη σχετική νομοθεσία του εκάστοτε κράτους – μέλους, όπως επίσης υπάρχει πρόοδος στον στόχο που αφορά τη πρώιμη έξοδο από την εκπαίδευση και την συμμετοχή στην Τριτοβάθμια εκπαίδευση, ενώ ανεπαρκείς είναι η πρόοδος στη μελέτη μαθηματικών και επιστημών. Μακριά από του στόχους είναι η συμμετοχή των ενηλίκων στην εκπαίδευση και μέτρια η πρόοδος των ενηλίκων στις ψηφιακές δεξιότητες.

Η Ελλάδα ως κράτος – μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης συμμετέχει στην έρευνα και διαπιστώνεται από την Εικόνα 5, ότι σε όλους τους τομείς που εξετάζονται, είναι κάτω από τα όρια που έχουν τεθεί, αλλά σημειώνει πρόοδο.



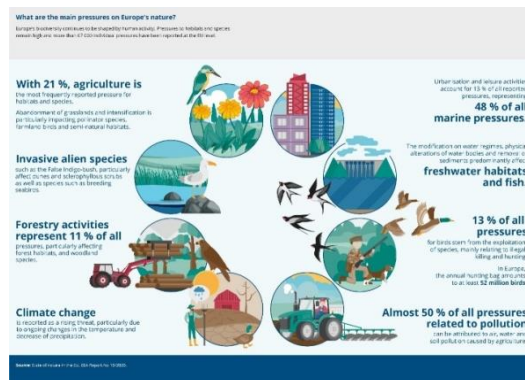
Εικόνα 5: Η πρόοδος της Ελλάδας, σε σχέση με τους στόχους που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Πηγή: (Eurostat, 2021)

Στην ηλεκτρονική σελίδα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (European Environment Agency - EEA) παρατηρείται, ότι η ενημέρωση είναι διαρκής

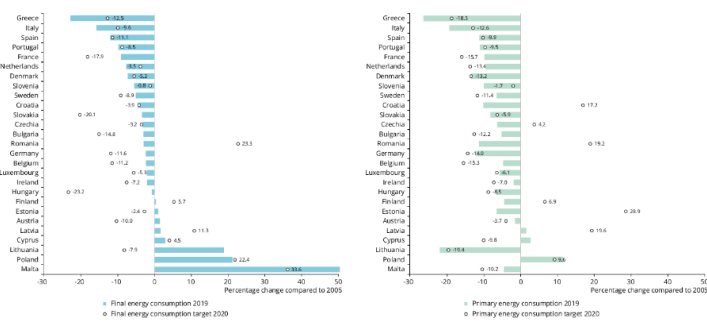
και ο καθένας πολίτης ανά τον κόσμο, μπορεί να έχει πρόσβαση σε πληθώρα επίσημων πληροφοριών με συγκεκριμένα στοιχεία, εμπλουτισμένα με εικόνες και γραφήματα. Στα πλαίσια της ευαισθητοποίησης και της ενσυναίσθησης είναι σημαντικός ο ρόλος του διαδικτύου.

Η έμφαση που δίνεται στις μελέτες, στην παρακολούθηση των στοιχείων και η διαρκής νομοθέτηση για τα περιβαλλοντικά θέματα είναι κατατοπιστικά ώστε να αναζητούνται οι λόγοι της βελτίωσης ή της μη βελτίωσης για το κάθε θέμα και μέσω της έρευνας ελπίζουμε ότι θα παίρνονται τα ανάλογα μέτρα.

Αντιμετωπίζονται δυσκολίες στην προσπάθεια μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Οι στόχοι και η πρόοδος των χωρών διαφέρουν, επιτεύχθηκαν οι στόχοι σε τελική κατανάλωση ενέργειας – FEC έως το 2019 ΚΑΙ από τα 14 κράτη μέλη, με την Ελλάδα και τη Ρουμανία να τους πετυχαίνουν με διαφορά. Και για την πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας – PEC επιτεύχθηκαν οι στόχοι. (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, χ.χ.).



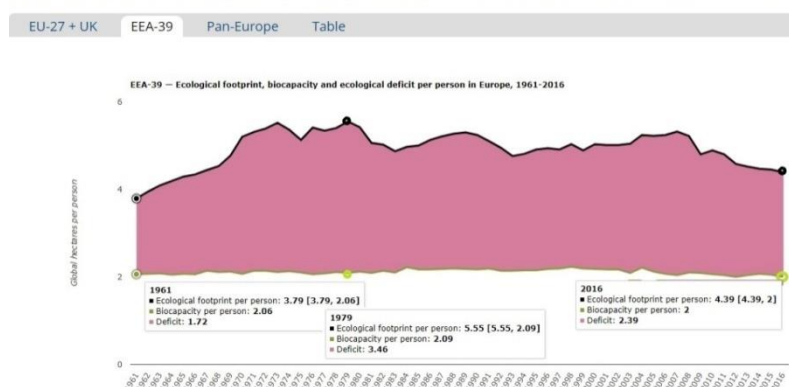
3333Εικόνα 6: Οι σημαντικότερες πιέσεις που ασκούνται στη φύση της Ευρώπης. Πηγή: (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, n.d.)<https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2021/infographics/what-are-the-main-pressures/view>



Εικόνα 7 : Η αλλαγή στην κατανάλωση ενέργειας των κρατών μελών της ΕΕ το 2019 σε σχέση με το 2015 και τους στόχους για το 2020. Πηγή: (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, n.d.)<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/final-energy-consumption-by-sector-12/assessment>

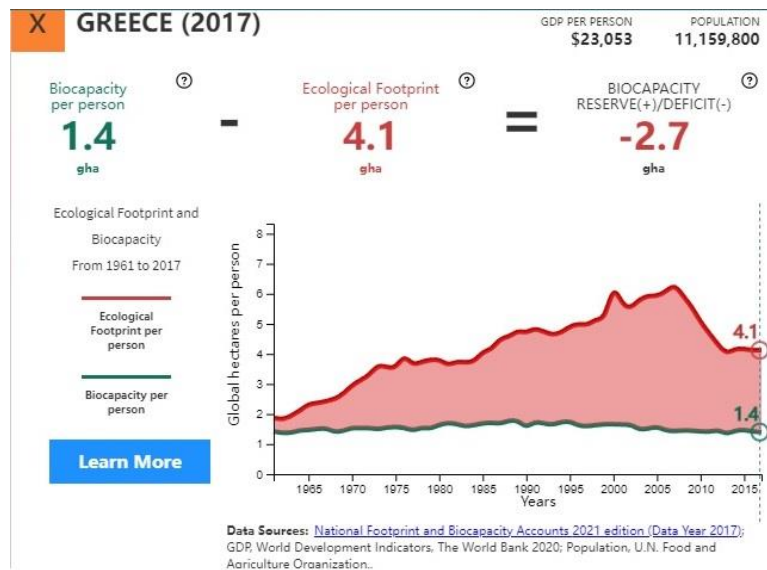
Το οικολογικό αποτύπωμα που αντλούμε από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος από το 1961 έως το 2016 είναι κατατοπιστικό για την εξέλιξη της καμπύλης του ατομικού οικολογικού αποτυπώματος με την καμπύλη της βιοποικιλότητας παρατηρούμε ενδεικτικά το 1961 το οικολογικό αποτύπωμα μαύρη γραμμή) ανά κάτοικο ήταν 3,79gha όταν η βιοποικιλότητα (πράσινη γραμμή) ήταν 2,06gha και το έλλειμμα (ροζ) είναι 1,72gha. Το 1979 το περιβαλλοντικό αποτύπωμα ανά πολίτη είναι 5,55gha, η βιοποικιλότητα 2,09gha και το έλλειμμα 3,46gha. Το 2016 το οικολογικό αποτύπωμα είναι 4,39gha, η βιοποικιλότητα 2,00gha και το έλλειμμα 2,39gha.

Fig. 1: Ecological footprint, biocapacity and ecological deficit per person in Europe, 1961-2016



Εικόνα 8 : Το οικολογικό αποτύπωμα ανά κάτοικο του πλανήτη, η βιοποικιλότητα και το έλλειμμα μεταξύ 1961 – 2016. Πηγή: (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, n.d.)<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/ecological-footprint-of-european-countries-2/assessment>

Αντίστοιχα τα στοιχεία για την Ελλάδα από το 1965 έως 2017 μια μεγάλη αύξηση ελλείμματος παρατηρείται προοδευτικά μέχρι το 2007 που αρχίζει να βελτιώνεται και η τιμή οικολογικού αποτυπώματος ανά άτομο είναι 4,1gha με βιοποικιλότητα στο 1,4gha. Αυτό με απλά λόγια σημαίνει ότι θα έπρεπε να έχουμε 4,1 πλανήτες για να ανταπεξέλθουν στο σύνολο των αναγκών των κατοίκων. Επειδή το έλλειμμα παραμένει υψηλό, στο 2,7gha θα πρέπει να καταβληθεί μεγάλη προσπάθεια ώστε να μειωθεί. Γι' αυτό είναι υψίστης σημασίας όλες οι βελτιώσεις που μπορούμε να κάνουμε, οι δράσεις σε όλα τα επίπεδα και οι αναβαθμίσεις των υφιστάμενων κτιρίων που πραγματεύεται η παρούσα εργασία.



Εικόνα 9: Το οικολογικό αποτύπωμα της Ελλάδας ανά κάτοικο για το έτος 2017.  
 Πηγή: (footprintnetwork)<https://www.footprintcalculator.org/en/results/0/explore-data>

## 2.7 Αειφορία και κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια

Σκόπιμο κρίνεται να ερευνήσουμε την κατανάλωση της ενέργειας στα κτίρια. Τα στοιχεία δείχνουν ότι ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το 40% κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα, για την κάλυψη θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού και χρήσης ηλεκτρικών συσκευών. Το 70% της κατανάλωσης, αφορά τη θέρμανση και το 18% για το φωτισμό, το δροσισμό και τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών.

Οι κατοικίες, που χρησιμοποιούν κεντρικό σύστημα θέρμανσης με πετρέλαιο είναι το 35% του συνόλου των κατοικιών. Το 64% του συνόλου των κατοικιών είναι αυτόνομα θερμαινόμενες με καυσόξυλα το 18%, με ηλεκτρισμό το 12% & και με πετρέλαιο το 25%. (Μουσιόπουλος, Ντζιαχρήστος, & Σλίνη, 2015).

Τα επαγγελματικά κτίρια, εκτός από την ανάγκη για τις ανέσεις των χρηστών τους, πρέπει να καλύπτουν και τις ανάγκες λειτουργίας των εγκαταστάσεων, που εξασφαλίζει την ορθή λειτουργία του, όπως συστήματα ανίχνευσης πυρκαγιάς, ανελκυστήρες, μηχανήματα κι εγκαταστάσεις, με βασικό μέσο την ηλεκτρική ενέργεια και τα υγρά καύσιμα ή υγραέριο ή φυσικό αέριο, άρα είναι φανερό λόγω των υψηλών απαιτήσεων ορθής λειτουργίας, το πόσο επιβαρύνουν το περιβάλλον, ρυπαίνοντας τον αέρα και το νερό. (Παπαμανώλης, 2015).

Τα σχολικά κτίρια, αποτελούν ένα μεγάλο μέρος των δημόσιων κτιρίων. Σε τέσσερις χώρες της Μεσογείου (Ιταλία, Ελλάδα, Γαλλία, Ισπανία) υπάρχουν 87.000 σχολικά κτίρια. Οι ενεργειακές απαιτήσεις των σχολικών κτιρίων είναι συγκεκριμένες

και οι απαιτήσεις άνεσης είναι υψηλές και πρωταρχικής σημασίας, γιατί απευθύνεται σε ένα μεγάλο κομμάτι της κοινωνίας. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα υπάρχουν 15.446 σχολεία με το 4.500 είναι άνω των 40 ετών κατασκευής.

Στην Ευρώπη για τον κτιριακό τομέα καταναλώνεται το 39% του συνόλου της κατανάλωσης. Κι ενώ χτίζονται συνεχώς νέα κτίρια, τα παλαιά δεν αναβαθμίζονται, με αποτέλεσμα η κατανάλωση διαρκώς να αυξάνεται. (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017).

Καθώς η κατανάλωση πρέπει να μειώνεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση δεν ήταν εύκολο να επιτευχθούν οι στόχοι για την ενεργειακή απόδοση το 2020, όταν το 2019 η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μειωνόταν για δεύτερη χρονιά. Ακόμα κι η μικρή μείωση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους τελικούς χρήστες, δεν είναι αρκετή γιατί από την άλλη μεριά, οι ανάγκες διαρκώς αυξάνονται. (Περιβάλλοντος, 2021)

Προκειμένου να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα, σχετικά με παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, παρατηρούνται τα στοιχεία της Eurostat του Ιουλίου και Αυγούστου 2021 και παρουσιάζουμε την επισκόπηση του αντίστοιχου άρθρου το οποίο αναφέρει χαρακτηριστικά ότι, για το 2019, καταγράφηκε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα 934 TWh στον κλάδο της βιομηχανίας, 729 TWh στον τομέα των υπηρεσιών, 706 TWh στον τομέα των κατοικιών και 59 TWh στον τομέα των μεταφορών. (Eurostat, 2021).

«Το 2019 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνέβαλαν περισσότερο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ξεπερνώντας το φυσικό αέριο και τα βιομηχανικά αέρια, τα στερεά ορυκτά καύσιμα (άνθρακας) και την πυρηνική ενέργεια. Από το 2000, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας υπερδιπλασιάστηκε (από 436 σε 1005 TWh). Παρατηρείται αύξηση κατά 16% στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές» (Eurostat, 2021).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές είναι η μόνη που σημειώνει αύξηση τα τελευταία δεκατρία χρόνια.

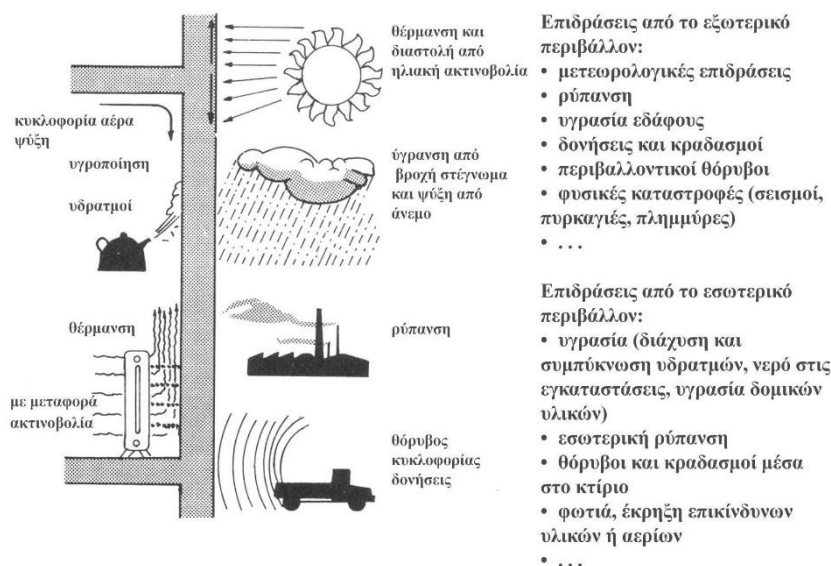


## 2.8 Άνεση και Δομική Φυσική

Η μελέτη των συνθηκών του εσωτερικού περιβάλλοντος, ως αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων με το εξωτερικό περιβάλλον είναι το αντικείμενο της Δομικής Φυσικής. (Παπαμανώλης, 2015)

Μελετά τις συνθήκες και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου, καθώς επίσης και τη δημιουργία των απαραίτητων ικανοποιητικών συνθηκών. Η σχεδίαση και η κατασκευή παίζει σημαντικό ρόλο και εστιάζει στο κέλυφος του κτιρίου και στα στοιχεία που φέρνουν σε επαφή το εξωτερικό περιβάλλον με το εσωτερικό.

Τα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του εσωτερικού χώρου είναι η α) άνεση και β) η υγιεινή. α) Οι ανέσεις εξασφαλίζουν τη σωματική και ψυχική μας υγεία και είναι συνδεδεμένες με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του εσωτερικού χώρου, όπως θερμοκρασία, ήχοι, χρώματα, μυρωδιές, φωτισμός, θέα κ.α. Γι αυτό κατηγοριοποιούνται σε οπτική, θερμική, ακουστική, οσφρητική. Ενώ β) η υγιεινή σχετίζεται με τις βλαβερές ουσίες που δύναται να βλάψουν την ανθρώπινη υγεία στο εσωτερικό του κτιρίου όπως ρύποι, χημικές ουσίες, υγρασία, κακός φωτισμός, θόρυβος κ.α. (Παπαμανώλης, 2015)



Εικόνα 10: Οι κυριότερες επιδράσεις παραγόντων του εσωτερικού και του εξωτερικού περιβάλλοντος στο κέλυφος του κτιρίου. Πηγή: (Παπαμανώλης, 2015)

Η άνεση είναι ο όρος ενός ευχάριστου συναισθήματος που εξασφαλίζει την ασφαλή διαβίωση σε ένα εσωτερικό χώρο. Αυτό σημαίνει ότι προϋποθέτει την εξάλειψη των αρνητικών ερεθισμάτων που δέχεται ο ανθρώπινος οργανισμός, που

όμως δεν είναι αντικειμενικά γιατί εξαρτάται κι από την ψυχολογική κατάσταση που βρίσκεται ο δέκτης. Η άνεση είναι μια υποκειμενική κατάσταση που εξαρτάται από τη θερμοκρασία, τα ρεύματα του αέρα, την υγρασία, την ποιότητα του αέρα, το θόρυβο. Επίσης εξαρτάται από τον ανθρώπινο παράγοντα όπως η ιδιοσυγκρασία του, η δραστηριότητα, η ψυχολογική κατάσταση και η υγεία του. (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017). Το εσωτερικό του κτιρίου πρέπει να είναι προσαρμοσμένο στις ανάγκες των χρηστών, με τέτοιο τρόπο ώστε να καταναλώνεται όσο το δυνατό λιγότερη ενέργεια από συμβατικές πηγές.

### **2.8.1 Θερμική άνεση και θερμοπροστασία**

Η θερμική άνεση, απασχολεί τον άνθρωπο από τα αρχαία χρόνια κι εξασφαλίζεται ελέγχοντας τις εναλλαγές θερμοκρασίας του εσωτερικού περιβάλλοντος σε σχέση με τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις καταγράφονται για την εξασφάλιση της θερμικής άνεσης, η φυσιολογική, η θέρμο - φυσιολογική και το ενεργειακό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος. *«α) Με βάση τη φυσιολογική, άνεση είναι η κατάσταση που ο εγκέφαλος εκδηλώνει ικανοποίηση σε σχέση με το θερμικό περιβάλλον. β) Η θέρμο - φυσιολογική βασίζεται στην ενεργοποίηση των θερμικών αισθητήρων στο δέρμα και τον υποθάλαμο και ορίζεται ως ο ελάχιστος ρυθμός νευρικών σημάτων από αυτούς και γ) με βάση το ενεργειακό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος, επιτυγχάνεται όταν η θερμότητα που ρέει από και προς το ανθρώπινο σώμα είναι ισοσταθμισμένη, ενώ η θερμοκρασία του δέρματος και ο ρυθμός εφίδρωσης κυμαίνονται μέσα σε μια κλίμακα άνεσης που εξαρτάται από τον μεταβολισμό».* (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017)

Η θερμική άνεση εξαρτάται κι από άλλους παράγοντες που σχετίζονται με τις κλιματολογικές συνθήκες (υγρασία, υετός, άνεμος, θερμοκρασία, ηλιοφάνεια) τα χαρακτηριστικά του κτιρίου (διάταξη κάτοψης, ανοίγματα, θέση και υψόμετρο, προσανατολισμός, θερμομόνωση κελύφους) και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες (ρύπανση αέρα, ηχορύπανση) ως παράγοντες που θα περιορίσουν τον αερισμό του εσωτερικού χώρου. (Παπαμανώλης, 2015).

Επίσης σημαντικό ρόλο παίζουν οι βιολογικοί παράγοντες όπως, το φύλο των χρηστών, η ηλικία, το βάρος, τα φυλετικά χαρακτηριστικά, η θερμοκρασία του δέρματος, ο ρυθμός εφίδρωσης και οι προσωπικοί παράγοντες όπως η

δραστηριότητα, η ένδυση και οι συνήθειες των χρηστών. (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017).

Με βάση την Τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, η παράμετροι και οι συνθήκες από τις οποίες επηρεάζεται η θερμική άνεση σε εσωτερικό χώρο, είναι α) η θερμοκρασία του αέρα, β) η μέση θερμοκρασία των γύρω επιφανειών, γ) η σχετική υγρασία του αέρα, δ) η ένδυση των χρηστών, ε) η δραστηριότητα των χρηστών, στ) η ταχύτητα των εσωτερικών ρευμάτων αέρα. Αναφέρεται δε χαρακτηριστικά, ότι εφόσον καθορίζονται από τον κανονισμό και μπορούν να προβλεφθούν οι παράγοντες δραστηριότητα και ένδυση εφόσον πρόκειται για κτίριο συγκεκριμένης χρήσης, καθώς επίσης και η θερμοκρασία που καθορίζεται σε συγκεκριμένα απαιτούμενα όρια από Η/Μ, οι παράγοντες που πρέπει να εξεταστούν πιο συγκεκριμένα είναι ο αέρας και η σχετική υγρασία.

Ο αερισμός και η μετάδοση θερμότητας από έξω προς τα μέσα είναι οι παράγοντες που πρέπει να ελεγχθούν, άρα το κέλυφος του κτιρίου και τα ανοίγματα μέσω του οποίων γίνεται αυτή η ανταλλαγή. Το ενεργειακό ισοζύγιο επηρεάζεται καθοριστικά από τις απώλειες του κτιρίου. Με τις θερμικές κάμερες μπορούμε να παρατηρήσουμε και να καταγράψουμε τις απώλειες του κτιρίου μέσω του κελύφους και μέσω των ανοιγμάτων. (Παπαμανώλης, 2015).

Με βάση τα παραπάνω έχουν καθοριστεί οι εσωτερικές συνθήκες που εξασφαλίζουν τη θερμική άνεση, ανάλογα τη χρήση του κτιρίου και του χώρου στον Πίνακα 1.

Η θερμομόνωση εμποδίζει τις απώλειες που αφορούν το κέλυφος του κτιρίου και μια σημαντική παρέμβαση που πρέπει να κάνουμε, όταν πραγματοποιούμε ενεργειακή αναβάθμιση σε κάποιο παλιό κτίριο ή να την προβλέψουμε όταν κατασκευάζουμε ένα νέο σύγχρονο κτίριο.

Ένας τρόπος θερμομόνωσης είναι η τοποθέτηση θερμομονωτικού υλικού στην εξωτερική πλευρά του κελύφους. Επίσης μπορεί να τοποθετηθεί θερμομονωτικό υλικό στην εσωτερική πλευρά του κελύφους και στον πυρήνα του. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  των θερμομονωτικών υλικών είναι χαμηλός, άρα έχουν υψηλή θερμική ικανότητα (υαλοβάμβακας, ορυκτοβάμβακας, πολυστερίνη κ.α.). Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν θερμομονωτικά κουφώματα και θερμομονωτικά τούβλα προκειμένου να επιτευχθεί περιορισμός των θερμικών απωλειών. Αναλυτικά ο μελετητής πληροφορείται για τους συντελεστές θερμοπερατότητας κουφωμάτων, δομικών στοιχείων, κλιματικών ζών από την

Τεχνική Οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε εφαρμογής παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες			
	Χειμώνας	Καλοκαίρι	
Είδος χώρου	Θερμοκρασία C'	Θερμοκρασία C'	Σχετική υγρασία
<b>ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ</b>			
Υπνοδωμάτιο, καθιστικό, κουζίνα	20	26	55-60
Λουτρό	22		
Προθάλαμοι, διάδρομοι	15	28	
<b>ΣΧΟΛΕΙΑ</b>			
Αίθουσα διδασκαλίας	18	25-26	50
Γραφείο, βιβλιοθήκη	20	25-26	45-50
Λουτρά, αποδυτήρια	22		
Ίατρείο	24		
<b>ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ</b>			
Δωμάτιο	20	26	55-50
Λουτρό	22		
<b>ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ</b>			
Θάλαμος ασθενών	22	26	55-60
Λουτρά	22		
Χειρουργεία	20-35	ειδικός κλιματισμός	
Αίθουσες δημερεύσεως, διάδρομοι	18		

Πίνακας 1: Θερμική άνεση. Επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες. Πηγή: (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017)

<b>Εξωτερική</b>	<p><b>Πλεονεκτήματα:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• προστασία δομικών στοιχείων (Φ.Ο., πλήρωσης, εγκαταστάσεις),</li> <li>• αξιοποίηση θερμοχωρητικότητας του κελύφους,</li> <li>• ευκολότερη τοποθέτηση, επισκευή,</li> <li>• αποφυγή θερμογεφυρών,</li> <li>• καλύτερη υγραπροστασία.</li> </ul> <p><b>Μειονεκτήματα:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• υψηλό κόστος προστασίας από περιβαλλοντικές επιδράσεις (ηλιακή ακτινοβολία, μεταβολές θερμοκρασίας, βροχή, άνεμος, ρύπανση κτλ.),</li> <li>• απώλειες λόγω θερμοχωρητικότητας του κελύφους.</li> </ul>
<b>Εσωτερική</b>	<p><b>Πλεονεκτήματα:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ευκολότερη τοποθέτηση, επισκευή,</li> <li>• απλούστερα θερμομονωτικά υλικά,</li> <li>• περιορισμός απωλειών λόγω θερμοχωρητικότητας του κελύφους.</li> </ul> <p><b>Μειονεκτήματα:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• περισσότερες θερμογέφυρες,</li> <li>• μη αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας του κελύφους,</li> <li>• μάλλον αρνητική επίδραση στην υγραπροστασία.</li> </ul>
<b>Στον πυρήνα</b>	<p>Συνδυάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τεχνικών της εσωτερικής και εξωτερικής θερμομόνωσης, και επιπλέον:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• προσφέρει αυξημένη προστασία στα θερμομονωτικά υλικά,</li> <li>• δεν εφαρμόζεται σε όλα τα δομικά στοιχεία (π.χ. Φ.Ο.),</li> <li>• έχει αυξημένη δυσκολία και κόστος αρχικής τοποθέτησης,</li> <li>• έχει μεγάλη δυσκολία επισκευής, αντικατάστασης.</li> </ul>
<b>Με χρήση υλικών αυξημένης θερμομονωτικής ικανότητας</b>	<p>Συνδυάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τεχνικών της εσωτερικής και εξωτερικής θερμομόνωσης, και επιπλέον:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• έχει υψηλό κόστος όσον αφορά τα θερμομονωτικά υλικά,</li> <li>• δεν εφαρμόζεται σε όλα τα δομικά στοιχεία (π.χ. Φ.Ο.).</li> </ul>

Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ειδών θερμομόνωσης. Πηγή: (Παπαμανώλης, 2015).

## 2.8.2 Άνεμος, ανεμοπροστασία και αερισμός

Η ένταση, η κατεύθυνση του ανέμου ποικίλει και σχετίζεται με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής. Η ταχύτητα του ανέμου μετριέται σε Beaufort και στον Πίνακα 3 διακρίνονται οι επιπτώσεις του ανέμου στην ξηρά.

Όπως παρατηρείται από τα στοιχεία του Πίνακα 3, όσο τα Beaufort αυξάνονται, δημιουργούνται οικοδομικές ζημιές μικρότερες ή μεγαλύτερες. Είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη οι δυνατοί άνεμοι και να προβλέπονται τρόποι προστασίας των κτιρίων, από αυτούς, είτε για την αποφυγή ζημιών είτε για λόγους ασφαλείας σε κτίρια που ο άνεμος θα επηρέαζε την ομαλή λειτουργία του όπως π.χ. σε κάποιο αεροδρόμιο.

Βαθμός	Φαινόμενα στην ξηρά
0	Ο καπνός ανεβαίνει κατακόρυφα.
1	Η διεύθυνση του ανέμου φαίνεται από τη φορά του καπνού. Κοινός ανεμοδείκτης παραμένει ακίνητος
2	Ο άνεμος είναι αισθητός στο πρόσωπο. Κινούνται τα φύλλα των δέντρων. Κοινός ανεμοδείκτης αρχίζει να κινείται
3	Σείονται τα φύλλα των δέντρων. Κυματίζουν οι σημαίες
4	Σείονται τα μικρά κλαδιά των δέντρων. Σηκώνονται σκόνη και μικρά σκουπίδια από το έδαφος.
5	Σείονται τα μικρά δεντρίλια. Στις λίμνες σχηματίζονται κυματίδια με κορυφές.
6	Σείονται τα μεγάλα κλαδιά των δέντρων. Σφουρίζουν τα τηλεγραφικά σύρματα. Οι ομπρέλες χρησιμοποιούνται με δυσκολία.
7	Σείονται ολόκληρα δέντρα. Το βάδισμα αντίθετα στον άνεμο γίνεται δύσκολο.
8	Σπάζουν κλαδιά δέντρων. Το βάδισμα είναι δύσκολο.
9	Ελαφρές ζημιές στις οικοδομές. Ξεκολλούν κεραμίδια.
10	Ξεριζώνονται δέντρα. Σημαντικές ζημιές σε κτίρια - καταστροφή στέγης.
11	Μεγάλης κλίμακας ζημιές στα κτίρια.
12	Ανατρέπονται οχήματα. Ζημιές πολύ μεγάλης κλίμακας.

Πίνακας 3: Η κλίμακα Beaufort και τα φαινόμενα στην ξηρά. Πηγή: (Παπαμανώλης, 2015)

Για αυτό το σκοπό χρησιμοποιούνται α) ανεμοφράκτες, β) ενισχύσεις στα οικοδομικά στοιχεία του κτιρίου. α) Οι ανεμοφράκτες πρέπει να είναι εναρμονισμένοι με το περιβάλλον, ενώ μπορούν να είναι διάτρητοι και αεροπερατοί σε ποσοστό 30 - 50% της επιφάνειάς του, ώστε να αποφεύγεται το φαινόμενο του στροβιλισμού. Μπορεί να δημιουργηθεί ανεμοφράκτης με τη μορφή αυτοτελούς στοιχείου ή να αποτελεί προέκταση κάποιου δομικού στοιχείου του κτιρίου. β) Επίσης ενισχύονται όλα τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους, εκείνα που θα κινδύνευαν να

αποσπαστούν από τους δυνατούς ανέμους όπως: κεραμίδια, καμινάδες, διακοσμητικά στοιχεία όψεων. (Παπαμανώλης, 2015)

Ωστόσο ο αερισμός είναι ένα σημαντικός παράγοντας άνεσης σε όλα τα κτίρια, κατοικίες, επαγγελματικούς χώρους, κτίρια εκπαίδευσης κλπ. ο οποίος συνδέεται με την θερμική άνεση και παίζει σοβαρό ρόλο στην υγεία, στην παραγωγικότητα των χρηστών και το αίσθημα άνεσης τους στο χώρο. (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017). Ο κακός αερισμός των κτιρίων συνδέεται με προβλήματα υγείας που παρουσιάζονται στους χρήστες, παγκοσμίως και είναι i) το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου (Sick Building Syndrome), κατά το οποίο οι χρήστες παρουσιάζουν συμπτώματα, τα οποία εξαφανίζονται όταν απομακρύνονται από αυτό και ii) ασθένειες που σχετίζονται με το κτίριο (Building Related Illnesses), κατά τις οποίες οι χρήστες παρουσιάζουν συμπτώματα, τα οποία δεν εξαφανίζονται όταν απομακρύνονται από αυτό. (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017)

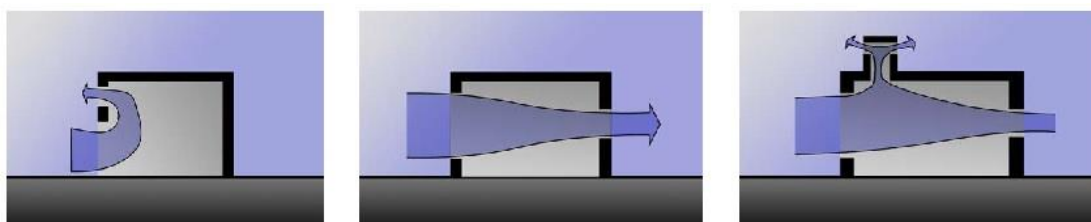
Ο αερισμός διακρίνεται σε α) φυσικό αερισμό, β) μηχανικό αερισμό και γ) μεικτό αερισμό. (Παπαμανώλης, 2015)

Η Τεχνική Οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, καθοδηγεί τους μελετητές με Πίνακες για τις απαιτήσεις νωπού αέρα σε κυβικά μέτρα – ανά ώρα – ανά άτομο m, και σε κυβικά μέτρα – ανά ώρα – ανά τετραγωνικό μέτρο του χώρου και σε σχέση με τη χρήση των κτιρίων ή των θερμικών ζωνών. Στον Πίνακα 4 παρατίθεται τμήμα του Πίνακα της Τεχνικής Οδηγίας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Άτομα / 100m <sup>2</sup> επιφ. δαπέδου	Νωπός αέρας (m <sup>3</sup> /h/άτομο)	Νωπός αέρας (m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> )
Μονοκατοικία, πολυκατοικία	5	15	0,75
Νηπιαγωγείο/ Πρωτοβάθμια/ Τριτοβάθμια	50	22	11
Φροντιστήριο, ωδείο	55	22	12,1
Λουτρό κοινόχρηστο	–	–	6
Γραφείο	10	30	3
Βιβλιοθήκη	22	30	6,6
Χώρος εκθέσεων & μουσείων	50	20	10

Πίνακας 4: Απαιτήσεις νωπού αέρα σε εσωτερικούς χώρους για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης. Πηγή: (Τ.Ε.Ε., 2017)

Ο μελετητής πρέπει να προβλέπει και να υπολογίζει τον φυσικό αερισμό του κτιρίου, είτε μελετά ένα νέο κτίριο είτε πραγματοποιεί ενεργειακή αναβάθμιση σε κάποιο παλαιότερο, ώστε να μπορεί να διαχειριστεί και επωφεληθεί από τα πλεονεκτήματα που προσφέρει. Συνοπτικά παρατίθενται τα είδη του φυσικού αερισμού: α) διαμπερής μεταξύ ανοιγμάτων, β) Μονόπλευρος γ) Κατακόρυφος (πύργος αερισμού, ηλιακή καμινάδα) (Αξαρλή)βλ. Σχήμα 1.



Σχήμα 1: Μονόπλευρος, Διαμπερής και Κατακόρυφος αερισμός. Πηγή: (Αξαρλή)

Η διάταξη του εσωτερικού χώρου, η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων, η κατεύθυνση των ανέμων, ο προσανατολισμός του κτιρίου, είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν το φυσικό αερισμό του κτιρίου. Όταν οι άνεμοι είναι δυνατοί μπορούν να προβλεφθούν φυσικά ή τεχνητά εμπόδια εκτροπής τους.

### 2.8.3 Υγρασία

Η υγρασία είναι ένας ακόμα παράγοντας, που πρέπει να διαχειριστούμε, προκειμένου οι συνθήκες του εσωτερικού χώρου να είναι ικανοποιητικές. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται κλιματιστικά μηχανήματα ή όπως αναφέρεται στην Τεχνική Οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 εκτός από τα τοπικά και ημικεντρικά συστήματα κλιματισμού (αντλίες θερμότητας άμεσης εξάτμισης, διαιρούμενου ή ενιαίου τύπου, τοπικές και ημικεντρικές). Επίσης η Τεχνική Οδηγία δίνει τιμές υπολογισμού της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και ενδεικτικά παρατίθεται ένα μέρος του πίνακα αυτού στον Πίνακα 5. (Τ.Ε.Ε., 2017).

Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμοκρασία °C		Σχετική υγρασία %	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή Περίοδος	Χειμερινή περίοδος	Θερινή Περίοδος
Μονοκατοικία, πολυκατοικία	20	26	40	45
Νηπιαγωγείο/ Προσχολείο/ Τριτοβάθμια	20	26	35	45
Φροντιστήριο, ωδείο	20	26	35	45
Λουτρό κοινόχρηστο	22	26	40	50
Γραφείο	20	26	35	45
Βιβλιοθήκη	20	26	35	50
Χώρος εκθέσεων & μουσείων	20	23	35	50

Πίνακας 5: Τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας κατά τη χειμερινή και θερινή περίοδο για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Πηγή: (Τ.Ε.Ε., 2017)

#### **2.8.4 Πως η ποιότητα του αέρα επηρεάζεται από την υποδομή και τα υλικά του κτιρίου**

Η ανάγκη του ανθρώπου να προστατευθεί από τις εξωτερικές συνθήκες, τον έχουν οδηγήσει να δημιουργεί εσωτερικούς χώρους, οι οποίοι στεγάζουν τις δραστηριότητες του, κρατώντας τον μακριά από τις χαμηλές θερμοκρασίες, τη βροχή τους ανέμους, την υγρασία. Παρόλα αυτά πολλές φορές οι υποδομές που κατασκευάζονται δεν ανταποκρίνονται στις ανάγκες για άνεση και εκθέτουν τους χρήστες σε ρύπους, με αποτέλεσμα όχι μόνο να μη βελτιώνεται η ποιότητα ζωής τους, αλλά να κρύβει και σοβαρούς κινδύνους για την υγεία τους. (Godish, 2001)

Σε σχέση με τις ουσίες που εκπέμπονται λόγω της φύσης των δραστηριοτήτων και ανάλογα τη χρήση του κτιρίου, η έκθεση σε βλαβερές για τον ανθρώπινο οργανισμό ουσίες διαφέρουν. Για παράδειγμα ένα κτίριο βιομηχανίας λόγω της δραστηριότητας του, διαφέρει σε ουσίες που εκθέτει το χρήστη σε σχέση με ένα σχολικό κτίριο, όπου λαμβάνουν χώρα εκπαιδευτικές δραστηριότητες, όπως μελέτη, χειροτεχνία, αθλήματα κ.α.

Βασικό παράγοντα και κριτήριο σχετικά με την εκπομπή ρύπων και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα του κτιρίου, είναι η ποιότητα των υλικών της, η ποιότητα κατασκευής δηλαδή, η σωστή εφαρμογή τους και ο ρυθμός συντήρησης της εκάστοτε υποδομής. Σε κτίριο το οποίο διαθέτει υπόγειους χώρους, πρέπει να εφαρμοστεί σωστά η μόνωση και η αποστράγγιση, ώστε να αποφευχθούν τα προβλήματα εισχώρησης της υγρασίας και αποφυγή μούχλας. Τα κτίρια με στέγη, η μεταφορά των υδάτων πρέπει να γίνεται χωρίς διαρροή, σε διαφορετική περίπτωση η υγρασία θα εισχωρήσει στην κατασκευή και δημιουργηθεί μούχλα. Επίσης τα υλικά πρέπει να είναι ανθεκτικά και η κατασκευή να παρέχει σωστό αερισμό μεταξύ ξυλείας και οροφής, ώστε να εξασφαλιστεί η αποφυγή μούχλας και η δομική αντοχή της στέγης. (Godish, 2001)

Το κέλυφος κτιρίου από τούβλα είναι απαραίτητο να κατασκευαστεί με ορθό τρόπο και να αποφευχθούν οι ρωγμές και οι οπές στην εφαρμογή του κονιάματος, προκειμένου να κρατηθεί μακριά η υγρασία. Σε διαφορετική περίπτωση η μούχλα θα διαβρώσει την κατασκευή και θα σημειωθούν οι ανάλογες επιπτώσεις στην υγεία των χρηστών. (Godish, 2001)



Η χρήση γυψοσανίδων για τη δημιουργία διαχωριστικών τοίχων ή ψευδοροφών, ήταν ευρεία κατά το παρελθόν, αλλά και σήμερα. Παλαιότερα χρησιμοποιούταν η γυψοσανίδα με τελείωμα εφαρμογή χρώματος που περιείχε λατέξ, το οποίο είναι υλικό που εκπέμπει πτητικές οργανικές ενώσεις VOC και ημι-πτητικές ενώσεις SVOC. Αυτές οι χημικές ουσίες που βρίσκονται και σε πολλά άλλα υλικά, αποτελούν πηγή οσμής και συνδέονται με ποικίλα προβλήματα υγείας. Επιπλέον στις ενώσεις των πάνελ γυψοσανίδας, χρησιμοποιούνταν υλικά που περιείχαν αμιάντο. Ενώ τα βερνίκια χρωματισμών επικάλυψης των επιφανειών των κτιρίων μέχρι το 1978, περιείχαν μόλυβδο. (Godish, 2001)

Τις τελευταίες δεκαετίες τα έπιπλα από μασίφ ξύλο έχουν αντικατασταθεί από οικονομικά πρεσσαριστά προϊόντα ξυλείας που κατασκευάζονται με ουρία – φορμαλδεΰδη, η οποία είναι κόλλα της κατηγορίας των συνθετικών ρητινών. Έχει χαμηλό κόστος και προσφέρει μηχανική αντοχή, αλλά προκαλεί προβλήματα υγείας με τα πιο απλά να είναι οι αλλεργίες. Τα πάνελ με την ένδειξη E1 και E0 είναι ασφαλέστερα και προτείνονται διότι περιέχουν χαμηλή ή μηδενική ποσότητα φορμαλδεΰδης.

Η συντήρηση των σχολικών κτιρίων εξαρτάται οικονομικά από τους φορείς που ανήκουν. Είναι σημαντική η ορθή και τακτική συντήρηση των εγκαταστάσεων των σχολικών κτιρίων για ποικίλους λόγους, με τον πιο σημαντικό να είναι οι χρήστες του και η εκπαιδευτική διαδικασία και η σημασία της για την ελληνική κοινωνία. Τα παλιά κτίρια που έχουν κατασκευαστεί εδώ και δεκαετίες είναι δεδομένο ότι πάσχουν από εισβολή υγρασίας και μούχλα, παλιά υλικά που περιέχουν χημικές ουσίες, υδραυλικά που χρήζουν αντικατάστασης κ.ο.κ. πηγές βλαβερές για την υγεία των παιδιών. Οι δραστηριότητες που πραγματοποιούνται είναι η μελέτη, η άθληση, εργαστήρια Η/Υ, χώρος φαγητού, χώροι εκδηλώσεων. Είναι απαραίτητο να συντηρούνται όλες οι επιφάνειες του κτιρίου, τα δάπεδα, οι τοίχοι, τα δώματα, τα έπιπλα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ένα υγιές περιβάλλον για τους εκπαιδευόμενους. (Godish, 2001)

### **2.8.5 Οπτική άνεση και φωτισμός**

Η οπτική άνεση αφορά την αίσθηση που έχει ο χρήστης μέσα στον εσωτερικό χώρο σχετικά με τα οπτικά ερεθίσματα που δέχεται και τις συνθήκες πρόσληψής

τους. Ο φυσικός φωτισμός παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση συνθηκών οπτικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο. (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017)

Ο τεχνητός φωτισμός δίνει τη δυνατότητα των κατάλληλων ποσοτικών και ποιοτικών επιλογών, ανάλογα το χώρο και τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε αυτόν και να καθίσταται εφικτή η οπτική άνεση. Απαιτείται όμως υψηλή κατανάλωση ενέργειας από μη ανανεώσιμες πηγές. (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017).

Ο φυσικός φωτισμός είναι ένας κρίσιμος παράγοντας ποιότητας του εσωτερικού χώρου και η οπτική επαφή των χρηστών του κτιρίου προς τον εξωτερικό χώρο και το περιβάλλον επηρεάζουν την ψυχολογία τους. Όταν υπάρχει οπτική επαφή προς τα έξω πόσο δε μάλλον όταν το περιβάλλον ευχάριστο, επηρεάζεται θετικά η ψυχολογία και η υγεία. (Παπαμανώλης, 2015)

Τα ποσοτικά χαρακτηριστικά του φωτισμού είναι: το επίπεδο του φωτισμού (lx), η οπτική ένταση, η θάμβωση. Το επίπεδο του φωτισμού πρέπει να είναι ανάλογο με την εργασία που εκτελείται. Η οπτική ένταση εξαρτάται από τη λαμπρότητα των διαφορετικών αντικειμένων που βρίσκονται στην περιφερειακή όραση. Είναι επιθυμητό να επιλεγθούν τα υλικά επικάλυψης των επιφανειών του εσωτερικού χώρου (δάπεδο, οροφή, τοίχοι) με βάση τα όρια του δείκτη ανακλαστικότητας τους, τα οποία είναι: για τις οροφές 0.60-0.85, για το δάπεδο 0.15-0.30, για τους τοίχους που βρίσκονται κοντά σε παράθυρο 0.70-0.70 και για τους υπόλοιπους 0.40-0.50. Η θάμβωση προσδίδει μια αίσθηση ενόχλησης που προέρχεται από φυσική ή τεχνητή πηγή ή και από υψηλά επίπεδα ανακλαστικότητας επιφανειών και κατά την οποία δεν διακρίνονται οι λεπτομέρειες των αντικειμένων. (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017) Στον Πίνακα 6 καταγράφονται οι απαιτούμενες τιμές για συγκεκριμένες περιπτώσεις κτιρίων που αφορούν την παρούσα εργασία, όπως αυτές καταγράφονται στην Τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Σχετικά με την εισροή του φυσικού φωτισμού στον εσωτερικό χώρο των κτιρίων, ο μελετητής δύναται να χρησιμοποιήσει τα στοιχεία και εργαλεία εκείνα που θα εξασφαλίσουν στο μέγιστο βαθμό τα πλεονεκτήματα που δίνονται από αυτή, όπως η οπτική άνεση, η εξοικονόμηση ενέργειας, ο αερισμός. Γι αυτό το σκοπό πρέπει να προβλέπονται υαλοπίνακες, αίθρια, φωταγωγοί, ανοίγματα οροφής και τεχνολογικά πιο σύγχρονες μέθοδοι όπως φωτοσωλήνες, ράφια φωτισμού, συστήματα με κάτοπτρα, αδειδωτικά συστήματα οροφής. (Παπαμανώλης, 2015)

Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού lx	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης m	Δείκτης θάμβωσης UGR	Ομοιομορφία φωτισμού Uo min/ μέση τιμή
Μονοκατοικία, πολυκατοικία	200	0,8	–	–
Νηπιαγωγείο/ Πρωτοβάθμια/ Δευτοβάθμια	300	0,8	19	0,6
Τριτοβάθμια/ αίθουσα διδασκαλίας	500	0,8	19	0,6
Φροντιστήριο, ωδείο	500	0,8	19	0,6
Λουτρό κοινόχρηστο	200	0,8	25	0,4
Γραφείο	500	0,8	19	0,6
Βιβλιοθήκη	500	0,8	19	0,6
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	300	0,8	19	0,6
Διάδρομοι, κοινοχρηστοί βοηθητικοί χώροι	100	0	28	0,4
Χώρος εκθέσεων & μουσείων	200	0,8	22	0,4

Πίνακας 6: Στάθμη γενικού φωτισμού κτιρίου αναφοράς, με βάση τον EN 12464-1 2011. Πηγή: (Τ.Ε.Ε., 2017)

### 2.8.6 Ακουστική άνεση και ηχοπροστασία

Η ακουστική άνεση είναι οι συνθήκες που εξασφαλίζουν στους χρήστες του κτιρίου να διαβιώνουν και να δραστηριοποιούνται σε αυτό χωρίς την όχληση από εξωγενείς θορύβους. Γι' αυτό το σκοπό στα κτίρια πρέπει να προβλέπεται ηχοπροστασία και ηχομόνωση. (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017)

Ο εκάστοτε ήχος μπορεί να είναι ευχάριστος, δυσάρεστος ή αδιάφορος. Ο θόρυβος είναι ένας ήχος ανεπιθύμητος ο οποίος μπορεί να βλάψει την ψυχική και τη σωματική υγεία και αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα υποβάθμισης της ποιότητας ζωής. Η ακουστική άνεση απαιτεί προστασία από α) αερόφερτο θόρυβο από γειτονικούς χώρους, β) από κτυπογενή θόρυβο σε γειτονικούς χώρους, γ) από αερόφερτο εξωτερικό θόρυβο και δ) αερόφερτο θόρυβο που παράγεται από εγκαταστάσεις του κτιρίου. (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017)

Στα κτίρια ο μελετητής εφαρμόζει ηχομόνωση κατ' επιλογή χρήσης του χώρου, αλλά μπορεί ακόμα και να προβλέψει τη διαμόρφωση της κάτοψης ανάλογα τη χρήση του κτιρίου μιας μεσοτοιχίας. Για παράδειγμα εκεί που στο γειτονικό κτίριο παράγεται θόρυβος, να μην τοποθετηθεί δίπλα ένα υπνοδωμάτιο.

Η αρχιτεκτονική ακουστική στα κτίρια πολιτιστικού ενδιαφέροντος και εστίασης αφορά την κάλυψη ήχων σε θέατρα και αίθουσες εκδηλώσεων και επιτυγχάνει την μεταφορά από το εσωτερικό σε γειτονικά κτίρια και την βελτίωση της ακουστικής. (Παπαμανώλης, 2015)

Ο μελετητής οφείλει να χρησιμοποιήσει όλες τις στρατηγικές και τα εργαλεία, με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει στο χρήστη το καλύτερο αποτέλεσμα ηχομόνωσης και ακουστικής, ώστε να εξασφαλιστούν οι καλύτερες συνθήκες ακουστικής άνεσης και διαβίωσης.

## **2.9 Βιοκλιματικός σχεδιασμός**

Η έννοια του «βιοκλιματικού σχεδιασμού» ή «ενεργειακού σχεδιασμού» είναι η νέα άποψη αρχιτεκτονικού σχεδιασμού των κτιρίων με ευαισθησία προς το περιβάλλον και συγχρόνως ο δομημένος χώρος παρέχει τις απαραίτητες ανέσεις στο χρήστη. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στοχεύει στην προσαρμογή των κτιρίων στο φυσικό περιβάλλον και το τοπικό κλίμα.

*«Ως βιοκλιματικό σχεδιασμό ορίζουμε τη νοητική σύλληψη, που έχει σαν στόχο την αξιοποίηση των φυσικών νόμων προς όφελος της ανθρώπινης κοινωνίας, περιορίζοντας τις θερμικές απώλειες του κτιρίου και μεγιστοποιώντας τα ηλιακά κέρδη, ενώ τη θερινή περίοδο επιδιώκουμε τον φυσικό δροσισμό με την ελαχιστοποίηση των θερμικών κερδών και την αποφόρτιση του μέσω του αερισμού».* (Παταργιάς & Μπενετάτου, "Βιοκλιματικές εφαρμογές και Καινοτόμες Δράσεις για την προστασία του Περιβάλλοντος. Τα σύγχρονα ελληνικά βιοκλιματικά σχολεία", 2011).

Η πρόκληση του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι να δημιουργούνται συνθήκες άνεσης για τους χρήστες του κτιρίου, με τη χαμηλότερη σπατάλη ενέργειας και μέσω των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας να αντικαθιστάται η κατανάλωση μη συμβατικών πηγών ενέργειας. (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017)

Σχεδιάζοντας βιοκλιματικά, λαμβάνουμε υπόψη τον προσανατολισμό του οικοπέδου και του μελλοντικού ή υφιστάμενου κτιρίου. Εκτός από τα νέα κτίρια που μελετώνται, τις αρχές και τις στρατηγικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού τις εφαρμόζουμε και σε υφιστάμενα κτίρια, με σκοπό την αναβάθμισή τους σε Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης. Αυτό σημαίνει ότι και στην περίπτωση αναβάθμισης κτιρίου, ακολουθείται ίδια λογική και στρατηγικές και αξιοποιούμε στο μέγιστο βαθμό την ηλικιακή ακτινοβολία και τα κλιματικά χαρακτηριστικά της τοποθεσίας που βρίσκεται το οικόπεδο και τον προσανατολισμό, που σε συνδυασμό με τη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και άλλων στρατηγικών όπως διαχείριση υδάτων, μόνωση, φύτευση, σκίαση, χρήση των κατάλληλων υλικών, φτάνουμε να μιλάμε για κτίρια φιλικά προς το περιβάλλον, που μέσω του σχεδιασμού

τους επιτυγχάνεται να έχουν το χειμώνα στις ελάχιστες θερμικές απώλειες, επιτρέποντας τον αερισμό των χώρων και εκμεταλλευόμενος την ηλιακή ακτινοβολία, μειώνει την σπατάλη φυσικών πόρων με σκοπό τη θέρμανση του κτιρίου και τη ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού όταν δηλαδή οι θερμοκρασίες είναι υψηλές, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση την αύξηση της θερμοκρασίας στον εσωτερικό χώρο και τον μέγιστο νυχτερινό φυσικό δροσισμό.

(Απταλίδου, 2018).

Με την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού επιτυγχάνονται κάποιοι πολύ σημαντικοί στόχοι που καθιστά τα κτίρια και τις πόλεις μας βιώσιμες.

- Η παύση σπατάλης ορυκτών καυσίμων, μέσω της χρήσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- Ο περιορισμός ρύπανσης της ατμόσφαιρας άρα και η προστασία του περιβάλλοντος,
- Η υγιείς διαβίωση των χρηστών στα κτίρια γιατί ο βιοκλιματικός σχεδιασμός προβλέπει τη διασφάλιση των ανέσεων: θερμική, οπτική ακουστική, οσφρητική.
- Η εξοικονόμηση χρήματος με τη χρήση ηλιακής ενέργειας, της τάξεως του 50%. (Απταλίδου, 2018)

## **2.10 Κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας**

Τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (ΚΣΜΚ ή NZEB) είναι αυτά, που ο τρόπος κατασκευής τους στοχεύει «στην μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση παθητικών και ενεργητικών συστημάτων και διατάξεων με στόχο αφενός την ελαχιστοποίησης ανάγκης σε ενέργεια, αφετέρου τη μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση των πηγών ενέργεια που ανέξοδα μας προσφέρει η φύση (ήλιος, άνεμος κλπ.) ώστε όχι μόνο να παράγουν την ενέργεια που χρειάζονται αλλά ακόμη να μπορούν να παράγουν και πλεόνασμα ενέργειας για διάθεση στο κεντρικό ενεργειακό δίκτυο, με το οποίο οικονομικό όφελος». (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017).

Τα κτίρια πρέπει να εξασφαλίζουν τις απαραίτητες ανέσεις στους χρήστες και να είναι φιλικά προς το περιβάλλον μέσω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, της μείωσης της ρύπανσης, της μείωσης αποβλήτων. Η χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, εξυπηρετούν στην αποφυγής συμβατικών μέσων θέρμανσης – ψύξης και

στην παραγωγή ενέργειας σε συνδυασμό την εκμετάλλευση του κλίματος και την επιλογή του κατάλληλου κελύφους, μπορούν να επιτευχθεί ο στόχος κατασκευής κτιρίων φιλικών προς το περιβάλλον.

Το Κτίριο Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας είναι εξαιρετικής σημασίας και ο βασικός στόχος προς την αειφόρο ή βιώσιμη ανάπτυξη. (Κοσμόπουλος & Περιβολάρης, 2017).

*«Ο προσδιορισμός της έννοιας του κτιρίου με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας (ΚΣΜΚΕ), ουσιαστικά οδηγεί στο συμπέρασμα ότι για τον επιτυχή σχεδιασμό τους πρέπει πρώτα να εφαρμοσθούν όλα τα εφικτά σχεδιαστικά και κατασκευαστικά μέτρα που θα μειώσουν τη ζήτηση ενέργειας».* (Απταλίδου, 2018).

Επίσης με βάση την Εργαλειοθήκη ZEMedS *«Ένα σχολείο σχεδόν μηδενικής ενέργειας έχει οριστεί ως εκείνο στο οποίο το ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι μηδέν για: θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό, φωτισμό και ζεστό νερό»* (ZEMedS, 2014).

*«Η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου καθορίζεται με βάση την υπολογιζόμενη ή πραγματική ετήσια ενέργεια που καταναλώνεται προκειμένου να καλύψει τις διαφορετικές ανάγκες που σχετίζονται με την τυπική χρήση του και αντικατοπτρίζει τις ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης και την ψυκτική ενέργεια ανάγκες (ενέργεια που απαιτείται για την αποφυγή υπερθέρμανσης) για τη διατήρηση των προβλεπόμενων θερμοκρασιακών συνθηκών του κτιρίου και των αναγκών ζεστού νερού οικιακής χρήσης».* (Γαϊτάνη, 2014)

### **3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ**

#### **3.1 Τα σχολικά κτίρια της Ευρώπης**

Καθότι ο πληθυσμός των μαθητών στην Ευρώπη το 2012 άγγιζε τα 100 εκατομμύρια και η στέγασή τους απαιτεί τα ανάλογα σε αριθμό κτίρια, γι' αυτό τα σχολικά κτίρια είναι πολύ σημαντικά για την κοινωνία. Τα παλαιά εκπαιδευτικά κτίρια έχουν παλαιές εγκαταστάσεις, καταναλώνουν υψηλά επίπεδα ενέργειας κι έχουν θέματα με την ποιότητα του εσωτερικού χώρου και την θερμική άνεση. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Ολλανδία, έδειξε ότι η ποιότητα αέρα του εσωτερικού χώρου IAQ (Indoor Air Quality) των σχολείων ήταν χαμηλή κι ότι έχρηζε βελτίωσης.

Πρόκληση αποτελεί το δίλημμα μεταξύ βελτίωσης της ποιότητας αέρα και των επιπέδων ενεργειακής κατανάλωσης. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι λύσεις που προτείνει το παθητικό σπίτι (Passive House) όπως αναπτύχθηκε στη Γερμανία και τη Σουηδία, θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και στα σχολικά κτίρια, διότι με αυτό τον τρόπο η εξοικονόμηση της ενέργειας δύναται να φτάνει το 80%. Η σχεδιαστική φιλοσοφία του παθητικού σπιτιού, έχει εφαρμοστεί στην Αυστρία, στην Ελβετία, στη Γερμανία, στο Λουξεμβούργο και Βέλγιο. (Zeiler & Boxem, 2012).

Τα σχολικά κτίρια στις χώρες της Μεσογείου: Ιταλία, Ισπανία, Ελλάδα και Γαλλία απαριθμούνταν στις 87.000 το 2014 με βάση τον οδηγό ZEMedS, που περιγράφει εκτενώς, την αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων. (ZEMedS, 2014)

Εντωμεταξύ στην Ευρώπη ο κτιριακός τομέας καταναλώνει το 39% της συνολικής κατανάλωσης και το 12% από αυτό είναι για τα σχολικά κτίρια. (Bernardo, Henggeler Antunes, Garpar, Dias Pereira, & Gameiro de Silva, 2016)

Σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των σχολικών κτιρίων στην Ευρώπη, στον Πίνακα 7 παρατηρείται ότι στην Ιρλανδία η μέση κατανάλωση ενέργειας είναι 96kWh/m<sup>2</sup>/έτος, ενώ όπως θα δούμε παρακάτω, στην κλιματική Ζώνη Α στην Ελλάδα, που η θερμοκρασία είναι υψηλότερη σε σχέση με την Ιρλανδία, η μέση κατανάλωση ενέργειας είναι υψηλότερη.

Member States of the European Union	Heating energy (kWh/m <sup>2</sup> /year)	Electrical energy (kWh/m <sup>2</sup> /year)	Mean annual (kWh/m <sup>2</sup> /year)
England (Mean value)	137-189	20-27	
Secondary school (Gateshead)	177		
Denmark (Skive)			
Primary school	170-175		
Sweden (Karlskrona)			
Secondary school	210		
Portugal (Ageda/Crato)			
Secondary school	64 /67		
Ireland [8]			96
Italy [9]			110
Slovenia [10]			192

Πίνακας 7 : Κατανάλωση ενέργειας στα σχολεία της Ευρώπης. Πηγή: (Vagi&Dimoudi, 2011)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω της ενεργειακής πολιτικής που ασκεί, παροτρύνει τα κράτη-μέλη να πραγματοποιήσουν ανακαινίσεις – αναβαθμίσεις στα σχολικά κτίρια και να τα μετατρέψουν σε κτίρια μηδενικής κατανάλωσης, με τη χρήση ΑΠΕ.

### 3.2 Τα σχολικά κτίρια της Ελλάδας

Ο πρόσφατος νόμος του 2019 σχετικά με τη δημιουργία Κτιρίων Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας αναφέρει τα εξής:

«Σύμφωνα με το άρθρο 9 του ν.4122/2013, από 1.1.2021, όλα τα νέα κτίρια πρέπει να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (ΚΣΜΚΕ), ενώ για τα νέα κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, η υποχρέωση αυτή τίθεται σε ισχύ από 1.1.2019. Για τον καθορισμό των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και την περιγραφή των πολιτικών και δράσεων που πρέπει να υιοθετηθούν προκειμένου να αυξηθεί ο αριθμός των ΚΣΜΚΕ. (Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΕΠΕΑ/85251/242/27.11.2018 - ΦΕΚ Β' 5447)»

Με βάση τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ του 2011 καταγράφηκαν 19.474 σχολικά κτίρια από το σύνολο των 3.775.848 κτιρίων της Ελλάδας. Διαπιστώνουμε ότι τα σχολικά καταλαμβάνουν μόλις το 0.52% του συνόλου των κτιρίων. (ΕΛΣΤΑΤ, 2015), (Τραϊανός, 2018)

<b>Κτίρια (αποκλειστικής χρήσης) - Απογραφή Κτιρίων 2011</b>	
<b>Χρήση κτιρίων</b>	<b>Αριθμός κτιρίων</b>
Κατοικία	2.990.324
Εκκλησία - Μοναστήρι	47.872
Ξενοδοχείο	34.736
Εργοστάσιο - Εργαστήριο	30.731
<b>Σχολικό κτίριο</b>	<b>19.474</b>
Κατάστημα - Γραφείο	153.510
Σταθμός αυτοκινήτων (πάρκινγκ)	16.952
Νοσοκομείο, κλινική κλπ.	1.749
Άλλη χρήση	480.500
<b>Σύνολο Χώρας</b>	<b>3.775.848</b>

Πίνακας 8 : Αριθμός κτιρίων ανά κατηγορία χρήσης. Πηγή: (ΕΛΣΤΑΤ, 2015)

Σχετικά με τις χρονολογίες κατασκευής των υφιστάμενων σχολείων, όπως παρατηρούμε στον Πίνακα 9, από τα 19.474 τα 6.296 έχουν κατασκευαστεί πριν το 1960, τα 4.924 έχουν κατασκευαστεί την περίοδο 1960-1980 και τα 8.115 έχουν κατασκευαστεί την χρονική περίοδο 1980-2011 και 139 ήταν υπό κατασκευή το 2011, που πραγματοποιήθηκε η στατιστική έρευνα της ΕΛΣΤΑΤ.



Σχολικά κτίρια (αποκλειστικής χρήσης) - Απογραφή Κτιρίων 2011	
Περίοδος κατασκευής	Αριθμός κτιρίων
πριν το 1960	6.296
1960-1980	4.924
1980-2011	8.115
<b>Σύνολο Χώρας</b>	<b>19.335</b>

Πίνακας 9 : Αριθμός κτιρίων ανά περίοδο κατασκευής. Πηγή: (Τραϊανός, 2018) (ΕΛΣΤΑΤ, 2015)

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η έκθεση της ΕΛΣΤΑΤ όσον αφορά την απογραφή των σχολικών κτιρίων, που σχετίζεται με τα βασικά υλικά κατασκευής τους και καταγράφεται στον Πίνακα 10 και στο Γράφημα 1. Παρατηρείται ότι το 58,76% αυτών κατασκευάστηκαν από μπετόν, το 24,65 % κατασκευάστηκε από πέτρα, το 11,52% κατασκευάστηκε από τούβλα ή τσιμεντόλιθους, το 1,76% κατασκευάστηκε με βασικό υλικό το μέταλλο και το 0.32% με βασικό υλικό το ξύλο.

Σχολικά κτίρια (αποκλειστικής χρήσης) - Απογραφή Κτιρίων 2011	
Βασικό υλικό κατασκευής	Αριθμός κτιρίων
Μπετόν	11.443
Μέταλλο	343
Ξύλο	63
Τούβλα - Τσιμεντόλιθοι	2.245
Πέτρα	4.799
Άλλο υλικό	581
<b>Σύνολο Χώρας</b>	<b>19.474</b>

Πίνακας 10: Αριθμός σχολικών κτιρίων με βάση το βασικό υλικό κατασκευής τους. Πηγή: (Τραϊανός, 2018) (ΕΛΣΤΑΤ, 2015)



Γράφημα 1: Αριθμός σχολικών κτιρίων ανά υλικό κατασκευής τους. Πηγή: (Ιδία επεξεργασία)

Ολοκληρώνοντας την κατάταξη των σχολικών μονάδων ανά κατηγορία υλικού, στον Πίνακα 11 και στο Γράφημα 2, παρατηρείται ότι σχετικά με την οροφή των κτιρίων όπως καταγράφηκε από την εν λόγω έρευνα της ΕΛΣΤΑΤ, για την απογραφή

των κτιρίων του 2011, το 32,50% επικαλύπτεται από ταράτσα, ενώ το 67,50% επικαλύπτεται από κεκλιμένη στέγη. Από το 67,50% που επικαλύπτεται από κεκλιμένη στέγη, το 63% έχει κύριο υλικό τα κεραμίδια, το 3,75% φύλλα επικάλυψης και το 2,09% κάποιο άλλο υλικό.

Πριν από δύο χρόνια από την 18.06.2019 έως την 16.09.2020 εκδόθηκαν στη σειρά έξι Υπουργικές Αποφάσεις για 73 σχολικές μονάδες ανά την Ελλάδα, για τις οποίες πραγματοποιήθηκε διαγωνισμός κατασκευής προκατασκευασμένων αιθουσών, στους αύλειους χώρους των υφιστάμενων σχολικών κτιρίων, για την κάλυψη των αναγκών που προέκυψαν από τον νόμο, που κατέστησε υποχρεωτική την προσχολική αγωγή και την αύξηση του πληθυσμού των παιδιών προσχολικής ηλικίας

<b>Σχολικά κτίρια (αποκλειστικής χρήσης) - Απογραφή Κτιρίων 2011</b>	
<b>Είδος οροφής και κύριο υλικό επικάλυψης της κεκλιμένης στέγης</b>	<b>Αριθμός κτιρίων</b>
<b>1. Ταράτσα</b>	<b>6.328</b>
<b>2. Κεκλιμένη στέγη</b>	<b>13.146</b>
Με κεραμίδια	12.003
Με φύλλα επικάλυψης	735
Με άλλο υλικό	408
<b>Σύνολο Χώρας</b>	<b>19.474</b>

Πίνακας 11: Κύριο υλικό επικάλυψης σχολικών κτιρίων. Πηγή: (Τραϊανός, 2018) (ΕΛΣΤΑΤ, 2015)



Γράφημα 2: Οροφές υφιστάμενων σχολικών κτιρίων (ΕΛΣΤΑΤ, 2015) Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Εφόσον η απογραφή των κτιρίων της ΕΛΣΤΑΤ έλαβε χώρα το 2011, υπάρχουν στοιχεία των τελευταίων ετών που δεν έχουν καταγραφεί, καθώς είναι κατανοητό ότι εκτός από το συγκεκριμένο παράδειγμα, είναι πιθανό να έχουν πραγματοποιηθεί κι

άλλες τροποποιήσεις σε σχολικά κτίρια, κατόπιν αποφάσεων των δήμων, όπου ανήκει η διαχείριση τους.

### 3.2.1 Βιοκλιματικές εφαρμογές

Ενώ η έννοια του βιοκλιματισμού δεν ήταν γνωστή ακόμα από το 1930 σημειώνονται κάποιες πρώτες εφαρμογές, όπως ο προσανατολισμός του κτιρίου.

Αργότερα 1960-1970 ο ΟΣΚ πρόσθεσε κι άλλα βιοκλιματικά κριτήρια κατά το σχεδιασμό των σχολικών κτιρίων όπως ο φωτισμός και ο αερισμός. Το 1982 συντάσσονται οι πρώτες οδηγίες σχετικά με τον κτιριολογικό σχεδιασμό των σχολικών κτιρίων και περιλαμβάνουν τον προσανατολισμό του κτιρίου, τον αερισμό, το φωτισμό, τη σκίαση των παραθύρων και τη φύτευση ως μέσο προστασίας από τον ήλιο και τον άνεμο.



Εικόνα 11: 116<sup>ο</sup> Νηπιαγωγείο Π. Φαλήρου, το πρώτο βιοκλιματικό σχολείο στην Ελλάδα. Πηγή: (<https://mysalonika.gr/>)

Το πρώτο σχολείο που κατασκευάζεται στην Ελλάδα με αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού, πραγματοποιείται το 2004-2005 κι είναι ένα νηπιαγωγείο στο Π. Φάλιρο που εφαρμόστηκαν καινοτόμες δράσεις όπως, ο προσανατολισμός, ο σχεδιασμός εσωτερικών χώρων με στόχο την αξιοποίηση του προσανατολισμού, ο σχεδιασμός του κελύφους για μείωση θερμικών απωλειών, η σκίαση ανοιγμάτων, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, η αξιοποίηση του φυσικού αερισμού και του φωτισμού, το φυτεμένο δώμα και η δημιουργία θερμοκηπίου στη Νοτιοδυτική όψη του κτιρίου.

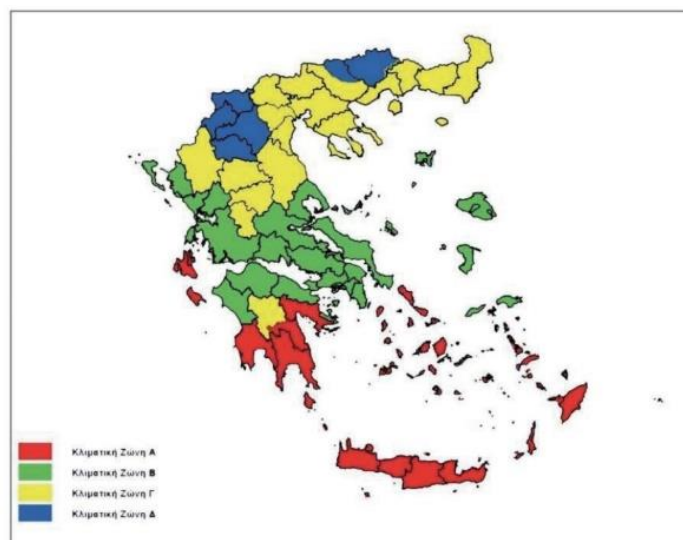


Εικόνα 12: 6<sup>ο</sup> Νηπιαγωγείο Π. Φαλήρου, το πρώτο βιοκλιματικό σχολείο στην Ελλάδα. Πηγή: ([www.google.earth.com](http://www.google.earth.com) πρόσβαση: 04.01.2022)

Επίσης προβλέφθηκε περιμετρική φύτευση, η οποία μειώνει βελτιώνει την οσφρητική ακουστική, οπτική και θερμική άνεση. (Παταργιάς & Μπενεάτου, 2011)

### 3.2.2 Ενεργειακή απόδοση των σχολικών μονάδων

Προκειμένου να ερευνηθεί η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων της Ελλάδας, προέχει να αναφερθεί η σημασία των Κλιματικών ζωνών της χώρας όπως αναφέρονται στον ΚΕΝΑΚ. Οι Κλιματικές ζώνες είναι τέσσερις Α, Β, Γ, Δ, με την Α να είναι η θερμότερη και τη Δ να είναι ψυχρότερη. Ο χάρτης της Ελλάδας έχει χωριστεί σε αυτές τις τέσσερις ζώνες όπως φαίνεται στην Εικόνα 13,



Εικόνα 13: Κλιματικές ζώνες. Πηγή: (ΥΠΕΝ, 2018)

Από την «Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος» εξετάζεται η μέση κατανάλωση ανά χρήση κτιρίου και κλιματική ζώνη και στην παρούσα εργασία ξεχωρίζουμε τα στοιχεία που αφορούν τα σχολικά κτίρια ανά κλιματική ζώνη στους Πίνακες 12 & 13 και στο Γράφημα 3.

Στον Πίνακα 12 παρατηρείται η μέση κατανάλωση ανά χρήση κτιρίου και ανά κλιματική ζώνη (ΥΠΕΝ, Έκθεσης μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του εθνικού κτιριακού αποθέματος, 2018) και συμπερασματικά αναφέρεται στην Έκθεση του Υπουργείου Περιβάλλοντος κι Ενέργειας ότι «αν τα κτίρια που αναφέρονται ήταν κατασκευασμένα με προδιαγραφές ΚΕΝΑΚ, θα προέκυπτε ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας 61% για τα κτίρια κατοικιών και 41% για τα κτίρια τριτογενούς».

Συγκεκριμένα στον Πίνακα 13 παρατηρείται η μέση κατανάλωση των εκπαιδευτικών κτιρίων ανά κλιματική ζώνη και το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας τους, αν ήταν κατασκευασμένα με βάση την Οδηγία ΚΕΝΑΚ. Στην κλιματική ζώνη Α θα είχαμε 65% ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας, στην Β θα είχαμε 63% ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας, στην κλιματική ζώνη Γ θα είχαμε 56% εξοικονόμηση ενέργειας ανά έτος και στη Δ θα είχαμε 49% ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας, αν αυτές οι εκπαιδευτικές μονάδες ήταν κατασκευασμένες με βάση τον ΚΕΝΑΚ.

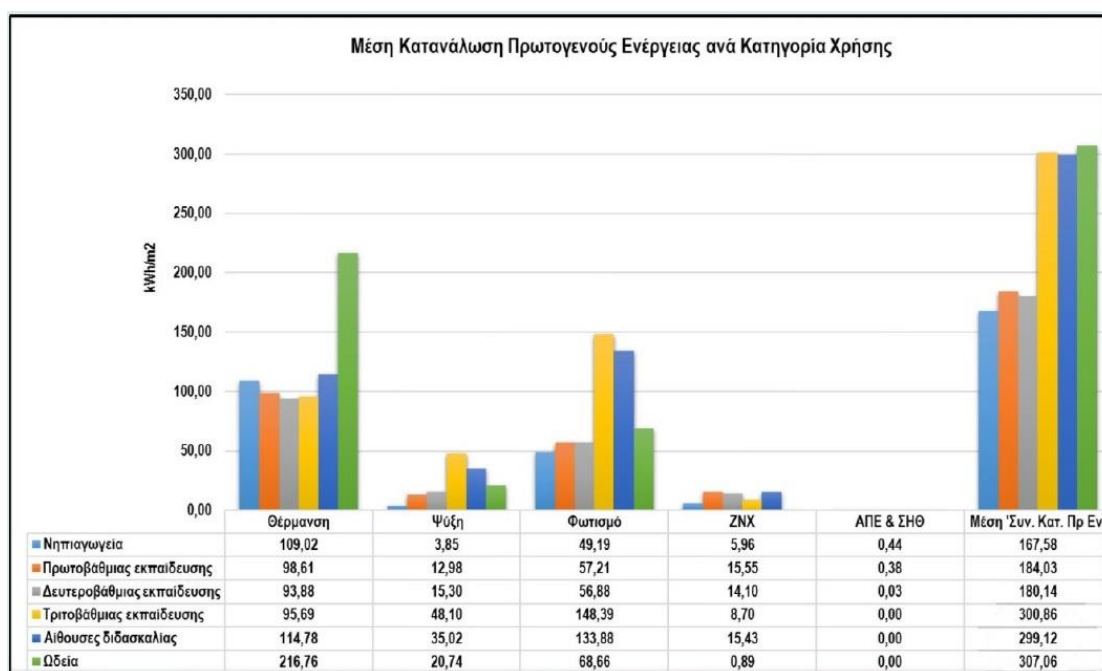
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m <sup>2</sup> )	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (GWh)	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΤΑ ΚΕΝΑΚ (kWh/m <sup>2</sup> )	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΤΑ ΚΕΝΑΚ (GWh)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (%)
Α	Εμπορίου	269993,143	433,08	1156,20	243,19	649,24	43,85
	Υγείας και Πρόνοιας	392399,0534	410,75	161,15	274,71	107,78	33,12
	Προσωπικής Διευκόλυνσης	2170314,035	440,13	1043,25	256,23	607,34	41,78
	Εκπαίδευσης	368403,238	167,41	61,67	109,23	40,24	34,75
	Συνάθροισης Κοινού	743573,0246	729,37	542,34	454,16	337,70	37,73
	Συμφωνιστού	3005,03	640,56	1,92	369,88	1,11	42,26
	Γραφεία	563206,302	353,51	199,10	207,33	116,77	41,35
	Μονοκατοικία	3911994,649	254,05	993,82	95,33	372,94	62,47
Πολυκατοικία	7765713,226	191,63	1488,14	87,97	683,13	54,10	
Β	Εμπορίου	9906441,659	451,86	4476,32	256,41	2540,14	43,25
	Υγείας και Πρόνοιας	991942,214	441,31	437,76	288,00	285,68	34,74
	Προσωπικής Διευκόλυνσης	1404196,855	510,14	716,34	288,01	404,42	43,54
	Εκπαίδευσης	1520058,749	190,46	289,51	121,18	184,21	36,37
	Συνάθροισης Κοινού	2335469,799	760,92	1777,12	469,72	1097,02	38,27
	Συμφωνιστού	110608,35	675,86	74,76	433,00	47,89	35,93
	Γραφεία	7138260,822	353,45	2523,00	218,92	1562,72	38,06
	Μονοκατοικία	7914336,098	332,92	2634,87	113,12	895,25	66,02
Πολυκατοικία	39305720,98	222,16	8732,24	95,50	3753,66	57,01	
Γ	Εμπορίου	5021449,769	459,11	2305,38	250,62	1258,49	45,41
	Υγείας και Πρόνοιας	961530,1345	441,45	424,47	285,08	274,12	35,42
	Προσωπικής Διευκόλυνσης	1100617,708	442,57	487,10	268,37	296,37	39,36
	Εκπαίδευσης	877471,398	223,63	196,23	125,34	109,98	43,95
	Συνάθροισης Κοινού	1276550,596	780,69	996,59	455,88	581,95	41,61
	Συμφωνιστού	35482,53	528,31	18,75	418,02	14,83	20,88
	Γραφεία	1618577,923	354,08	579,58	217,20	351,56	39,34
	Μονοκατοικία	5237154,188	444,80	2329,49	146,40	766,74	67,09
Πολυκατοικία	18864187,55	285,75	5390,37	129,24	2438,01	54,77	
Δ	Εμπορίου	437519,7525	493,15	215,76	249,77	109,28	49,35
	Υγείας και Πρόνοιας	78938,814	420,92	33,23	286,05	22,58	32,04
	Προσωπικής Διευκόλυνσης	49328,13	752,37	37,11	366,63	18,09	51,27
	Εκπαίδευσης	84370,74	243,65	20,56	119,90	10,12	50,79
	Συνάθροισης Κοινού	144077,595	822,84	118,55	474,51	66,37	42,33
	Συμφωνιστού	926,4	1.586,60	1,47	493,70	0,46	68,88
	Γραφεία	114632,108	375,33	43,02	208,94	23,95	44,33
	Μονοκατοικία	876510,3971	496,77	435,42	156,52	137,19	68,49
Πολυκατοικία	1873273,308	514,10	588,40	133,43	249,95	57,52	

Πίνακας 12: Μέση κατανάλωση ανά χρήση κτιρίου και κλιματική ζώνη. Πηγή: (ΥΠΕΝ, 2018)

ΜΕΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΝΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
ΖΩΝΕΣ	ΕΜΒΑΔΟΝ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m <sup>2</sup> )	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΤΑ ΚΕΝΑΚ (kWh/m <sup>2</sup> )
A	368403,238	167,41	109,23
B	1520058,749	190,46	121,18
Γ	877471,398	223,63	125,34
Δ	84370,74	243,65	119,9

Πίνακας 13: Μέση κατανάλωση στα εκπαιδευτικά κτίρια ανά κλιματική ζώνη. Πηγή: Ίδια επεξεργασία (ΥΠΕΝ, 2018)

Επίσης ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα στοιχεία που δίνονται στο Γράφημα 3 όπου απεικονίζεται η κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση, στις διαφορετικές εκπαιδευτικές βαθμίδες και παρατηρείται η αύξηση της μέσης ενεργειακής κατανάλωσης, όσο αυξάνεται η ηλικία και η εκπαιδευτική βαθμίδα, γιατί προφανώς αλλάζουν οι ανάγκες σε εξοπλισμό και διευρύνεται η χρονική διάρκεια των μαθημάτων που λαμβάνουν χώρα. Παρόλα αυτά διακρίνονται δύο υποκατηγορίες, τα Νηπιαγωγεία, η Πρωτοβάθμια και η Δευτεροβάθμια συγκλίνουν σε κατανάλωση και η Τριτοβάθμια, τα Ωδεία και οι Αίθουσες διδασκαλίας, αποτελούν μια κατηγορία που έχουν παρόμοια μέση κατανάλωση.



Γράφημα 3: Μέση κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας ανά κατηγορία χρήσης. Πηγή: (ΥΠΕΝ, 2018)

Είναι απαραίτητο για όλους τους λόγους που έχουν προαναφερθεί να βελτιωθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία στα σχολικά κτίρια, έτσι ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, γιατί πλέον υπάρχουν έρευνες, εμπειρία, νομοθετικό πλαίσιο, κονδύλια κι όλες οι πληροφορίες και οι τρόποι εφαρμογής της μέχρι τώρα τεχνογνωσίας.

### 3.2.3 Οι ανέσεις στα σχολικά κτίρια της χώρας

Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του σχολείου επηρεάζει την εκπαιδευτική διαδικασία. Αυτό σημαίνει ότι ένα κακής ποιότητας περιβάλλον θα έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη συγκέντρωσης και την κακή απόδοση κατά τη μαθησιακή διαδικασία. Επηρεάζει επίσης και την υγεία των μαθητών, δηλ. το

ακατάλληλο περιβάλλον είναι πιθανό να δημιουργήσει αλλεργίες, άσθμα, προβλήματα όρασης. (Karapetsis & Alexandri, 2016)

Thermal Comfort	Visual Comfort	Acoustic Comfort	Indoor Air Quality
Attention distraction	Eye irritation	Reduction in concentration	Lack of concentration
Lack of concentration	Neck and shoulder problems	Temporary hearing loss	Dizziness
Reduction of manual dexterity	Fatigue	Acoustic trauma	Nausea
Reduction of performance	Headache	Effects on speech intelligibility	Headache
Dizziness	Seasonal Affective Disorder (SAD)	Poor performance	Fatigue
Fatigue			Asthma
Headache			Irritation
			Lung diseases
			Cardiovascular diseases
			Lung cancer
			Suffocation

Πίνακας 14: Επιπτώσεις στην υγεία των εκπαιδευομένων εξαιτίας των Συνθηκών Εσωτερικού Περιβάλλοντος IEQ. Πηγή: (Karapetsis & Alexandri, 2016)

Όπως παρατηρείται στον Πίνακα 14, οι επιπτώσεις στην υγεία των μαθητών και στην απόδοσή τους, είναι πολλές και επώδυνες.

«Έρευνα δείχνει ότι η ποιότητα του φυσικού περιβάλλοντος επηρεάζει την απόδοση των μαθητών. Ένα περιβάλλον που περιλαμβάνει κατάλληλο φωτισμό, ήχο, θερμοκρασία, υγρασία, καθαριότητα, χρώμα και ποιότητα αέρα μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να μάθουν καλύτερα. Σε πολλές περιπτώσεις, η βελτίωση αυτών των χαρακτηριστικών μπορεί επίσης να μειώσει τη χρήση ενέργειας». (ASHRAE, 2011)

Σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα ASHRAE 55-2010, EN 15251: 2007, ISO 7730: 2005 οι παράμετροι ποιότητας που παίζουν ρόλο στην ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος, συνδέονται με την θερμική, την οπτική, την ακουστική άνεση καθώς και με την ποιότητα του εσωτερικού αέρα του κτιρίου IAQ και δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 15.

Thermal Comfort	Visual Comfort	Acoustic Comfort	Indoor Air Quality
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Air temperature</li> <li>• Mean Radiant Temperature</li> <li>• Relative Humidity</li> <li>• Air Velocity</li> <li>• Metabolic Rate</li> <li>• Clothing</li> <li>• Local Thermal Discomfort</li> <li>• Predicted Mean Vote (PMV)</li> <li>• Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Light Intensity</li> <li>• Glare Index</li> <li>• Color Rendering Index</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sound Intensity</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilation Rate</li> <li>• Carbon Dioxide concentration levels</li> <li>• (Harmful) Pollutants concentration levels</li> </ul>

Πίνακας 15: Παράμετροι ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος σύμφωνα με τα πρότυπα EN 15251:2007 and ISO 7730:2005

Επίσης περιγράφονται συγκεκριμένα κριτήρια που αξιολογούν την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος και είναι : ο υπολογισμός της ενέργειας για τα νέα κτίρια, η προσομοίωση με λογισμικά για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος και την ενεργειακή απόδοση σε νέα και υπάρχοντα κτίρια, οι μακροχρόνιες μετρήσεις των παραμέτρων ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος σε υπάρχοντα κτίρια και η γνώμη των χρηστών που πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη. (Karapetsis & Alexandri, 2016)

Κατά τη διάρκεια της μελέτης που πραγματοποιήθηκε και παρουσιάστηκε στο 5<sup>ο</sup> Διεθνές Συνέδριο «Ενεργειακά Κτίρια 2016», αφορά τρία σχολικά κτίρια του Δήμου Φιλοθέης – Ψυχικού, έλαβαν χώρα μετρήσεις που αφορούν τη θερμική άνεση και την οπτική άνεση στις σχολικές αίθουσες και απαντήθηκαν ερωτηματολόγια από τους μαθητές. Κατέληξε στα εξής συμπεράσματα: τα ερωτηματολόγια που απαντήθηκαν συγχέουν τα συμπεράσματα καθότι οι μαθητές υπερεκτιμούν τις συνθήκες και δηλώνουν ικανοποιημένοι όταν οι μετρήσεις δείχνουν ότι οι συνθήκες δεν είναι ικανοποιητικές. Οι μετρήσεις των παραγόντων ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος πρέπει να πραγματοποιούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να ελέγχονται και να διατηρούνται στα επιθυμητά επίπεδα και να αντιμετωπίζονται τα προβλήματα που προκύπτουν. Η διερεύνηση των προαναφερθέντων παραγόντων είναι διεπιστημονική και συνδέεται με επιστήμες όπως η μηχανική, η βιολογία και η ιατρική και οι αναδύομενοι παράγοντες και οι απειλές που αλλάζουν (ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, χημικές ουσίες) καθιστούν το πρόβλημα πολύπλοκο και επιβάλλει διαρκή μελέτη. (Karapetsis & Alexandri, 2016)

### **3.2.4 Η ποιότητα του αέρα στα σχολικά κτίρια της χώρας**

Η αναφορά στην αειφορική αναβάθμιση, είναι απόλυτα συνδεδεμένη με τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης για τους εκπαιδευόμενους και εκπαιδευτικούς κι όσους εμπλέκονται στην παιδαγωγική διαδικασία. Λόγω του ευαίσθητου της ηλικίας τους το βλέμμα και το ενδιαφέρον στρέφεται στα παιδιά, καθώς είναι πολύ πιο εύαλωτα στις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των εσωτερικών χώρων, αν σκεφτούμε ότι τα βρέφη εισπνέουν διπλάσιο αέρα αναλογικά με το βάρος τους σε σχέση με έναν ενήλικα, γεγονός που σχετίζεται με το υψηλότερο μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας σε σχέση με το σωματικό τους βάρος. (Dorizas, Assimakopoulos, Helmis, &



Santamouris, 2015). Άρα τα παιδιά και τα βρέφη εκτίθενται πολύ περισσότερο στις τοξικές ουσίες του αέρα.

Επίσης η απόδοση τους και η ανταπόκριση τους στη νέα γνώση, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες και τις ανέσεις που προσφέρει το εκπαιδευτικό περιβάλλον και το κτίριο εκπαίδευσης. Η χαμηλή ροή αέρα στις σχολικές αίθουσες, επηρεάζει αρνητικά τη μνήμη και τη συγκέντρωση των εκπαιδευομένων, που σε συνδυασμό με τις μεγάλες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία μειώνουν μέχρι 30% την απόδοση τους. Επίσης είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι έχει αποδειχθεί πως το υγιές σχολικό περιβάλλον με τον κατάλληλο αερισμό μειώνουν τα συμπτώματα άσθματος. (Barbosa, de Freitas, & Almeida, 2020)

Για να είναι κατανοητές οι πληροφορίες, που παίρνουμε από τις επιστημονικές έρευνες, αξίζει να σημειωθούν οι έννοιες των σωματιδίων.

«Τα αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter, PM) είναι μικρού μεγέθους στερεά ή υγρά αιωρήματα που βρίσκονται διασκορπισμένα στην ατμόσφαιρα . Είναι ένας πολύπλοκος ρύπος με μεγάλη ποικιλία σε σχήμα, μέγεθος και σύσταση που έχει αρνητική επίδραση τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία. Τα αερολύματα με μικρή διάμετρο (PM<sub>2.5</sub> για διάμετρο μικρότερη από 2.5μm) αλλά και με πολύ μικρή διάμετρο ( PM<sub>1</sub> για διάμετρο μικρότερη από 1 μm) θεωρούνται ως τα πλέον επικίνδυνα για τον άνθρωπο λόγω της βαθύτερης διείσδυσης και εναπόθεσης στο ανθρώπινο σώμα.»

Επίσης χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι «Τα αιωρούμενα σωματίδια διεισδύουν βαθιά στους πνεύμονες και εισέρχονται στην κυκλοφορία του αίματος προκαλώντας καρδιαγγειακά, εγκεφαλοαγγειακά και αναπνευστικά νοσήματα. Με βάση τη νομοθεσία η μέση τιμή PM<sub>10</sub> δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 50 μgm-3 περισσότερες από 35 φορές το έτος και η μέση ετήσια τιμή PM<sub>2.5</sub> δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 25 μgm-3». (Δ.Θέρμης, 2021)

Σχετικά με την ποιότητα του αέρα σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους σε επτά σχολεία της περιοχής της Αθήνας, πραγματοποιήθηκε έρευνα τα έτη 2003 και 2004. Μετά από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε επιλεγμένους εσωτερικούς χώρους, όπως ένα γραφείο καθηγητών, βιβλιοθήκη, αίθουσα υπολογιστών και στον εξωτερικό χώρο της αυλής σε ύψος 0,80μ. λήψεις δειγμάτων έγιναν δύο χειμερινές περιόδους 2003-2004.

**Table 2** Details on measurement program

Site	Number of sampling days	Indoor microenvironment	Monitored pollutants		Measurement
			Indoors	Outdoors	Period
RU	5	Classroom	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , UFPs	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	Dec. 2003–Jan. 2004
HI	5	Gymnasium	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , UFPs	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	Feb. 2004
RE	5	Library and Office	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , UFPs	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	Feb. 2004
UR	5	PC Lab	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , UFPs	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	Nov.–Dec. 2003
MO	2	Classroom	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , UFPs	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , UFPs	Jan.–Feb. 2004
HP	2	Classroom	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , UFPs	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , UFPs	Feb. 2004
HA	2	Classroom	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , UFPs	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , UFPs	Jan. 2004

Πίνακας 16: Δεδομένα μετρήσεων της ποιότητας του αέρα σε επτά σχολεία της Αθήνας. Πηγή: (Diarouli, Chaloulakou, Mihalopoulos, & Spyrellis, 2007)

**Table 3** Indoor and outdoor concentration levels of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (μg/m<sup>3</sup>)

	Indoors	Outdoors
PM <sub>10</sub> SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	5.2±1.4	6.7±2.6
PM <sub>2.5</sub> SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	4.8±1.7	5.7±2.7
PM <sub>10</sub> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.3±1.8	3.8±2.2
PM <sub>2.5</sub> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.6±1.7	2.0±1.8

Πίνακας 17: Αποτελέσματα μετρήσεων της ποιότητας του αέρα σε επτά σχολεία της Αθήνας. Πηγή: (Diarouli, Chaloulakou, Mihalopoulos, & Spyrellis, 2007)

Επιστρέφοντας στα αποτελέσματα της έρευνας που διεξήχθη στα επτά σχολεία της χώρας το 2003-2004, αναφέρεται ότι τα επίπεδα συγκέντρωσης σε εσωτερικούς χώρους, διέφεραν ανάλογα τις δραστηριότητες που πραγματοποιούνται αλλά και τις εξωτερικές συγκεντρώσεις σωματιδίων. Για παράδειγμα σε μια αίθουσα βιβλιοθήκης με μοκέτα και υψηλό αριθμό ατόμων, παρατηρήθηκε συγκέντρωση εξαιρετικά λεπτών σωματιδίων. Οι υψηλότερες τιμές PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub> σημειώθηκαν στο γυμνάσιο με υψηλή δραστηριότητα στον εσωτερικό χώρο, στο χώρο καπνίσματος, ενώ σαν γενικό συμπέρασμα η έρευνα αναφέρει ότι τα επίπεδα σωματιδίων στους εσωτερικούς και τους εξωτερικούς χώρους των σχολείων είναι πολύ υψηλά και πρέπει να ενεργοποιήσει την αρχή δημόσιας υγείας. (Diarouli, Chaloulakou, Mihalopoulos, & Spyrellis, 2007).

Από μια ακόμα έρευνα που ασχολήθηκε με την ποιότητα του αέρα στον εσωτερικό χώρο εννέα σχολείων της Αττικής και δημοσιεύτηκε το 2013, παρατηρούνται πολύ χρήσιμα συμπεράσματα. Όσον αφορά τα δεδομένα της έρευνας,

πραγματοποιήθηκε σε εννιά σχολεία με φυσικό αερισμό και ως είχε στόχους, α) τη ροή αέρα σε αίθουσες φυσικού αερισμού σε Μεσογειακό κλίμα, β) να μετρήσει την συγκέντρωση ρύπων στις αίθουσες διδασκαλίας, γ) να ερευνησει την επιρροή του εξωτερικού αέρα στην συγκέντρωση ρύπων στο εσωτερικό και δ) να προσδιορίσει τον βαθμό επιρροής στη συγκέντρωση ρύπων στον εσωτερικό χώρο που ασκείται από τον πληθυσμό των μαθητών, το ρυθμό ροής του αέρα και τη χρήση πίνακα κιμωλίας ή πίνακα μαρκαδόρων. (Dorizas, Assimakopoulos, Helmis, & Santamouris, 2015)

Διαπιστώθηκε ότι οι συγκεντρώσεις PM σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις ξεπέρασε το όριο κατά 4 φορές περισσότερο από το όριο και ήταν υψηλότερες τις περιόδους που το σχολείο ήταν εν λειτουργία, που σημαίνει ότι η παρουσία μαθητών αυξάνει τις τιμές αυτές. Οι ρυθμοί αερισμού, καθώς επίσης και η παρουσία των μαθητών επηρέασαν σημαντικά τη συγκέντρωση CO<sub>2</sub>. Η χρήση πίνακα κιμωλίας, διαπιστώθηκε ότι επιβαρύνει την ατμόσφαιρα του εσωτερικού χώρου με υψηλότερη συγκέντρωση PM. Τέλος λόγω της συγκέντρωσης PM στο εσωτερικό ή έρευνα δεν έδειξε σημαντική επιρροή του εξωτερικού αέρα στον εσωτερικό. (Dorizas, Assimakopoulos, Helmis, & Santamouris, 2015).

Είναι κρίσιμος παράγοντας ο φυσικός αερισμός στις αίθουσες διδασκαλίας των σχολείων στην Ελλάδα, καθώς ο μοναδικός χρόνος για να πραγματοποιηθεί ροή αέρα, είναι κατά τη διάρκεια των ολιγόλεπτων διαλλειμάτων που ανοίγονται τα παράθυρα, τα οποία ποικίλουν σε μέγεθος, θέση και πλήθος ανά αίθουσα. Ειδικότερα στο δημοτικό σχολείο, η αναλογία των ωρών απασχόλησης με τα ολιγόλεπτα διαλλείματα, είναι παράγοντας που συμβάλλει στην αύξηση του CO<sub>2</sub> και ξεπερνά κατά πολύ τα επιτρεπόμενα όρια στο τέλος της ημέρας, ακόμα και στις περιπτώσεις που υπάρχει διαμπερής αερισμός. (Theodosiou & Ordoumpozanis, 2008)

### **3.2.5 Οι απαιτούμενες συνθήκες λειτουργίας των νηπιαγωγείων με βάση την ελληνική νομοθεσία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017**

Η νομοθεσία προσδιορίζει τους παράγοντες σχετικά με τις ιδανικές συνθήκες για τη λειτουργία των κτιρίων. Οι παράγοντες αυτοί είναι η χρήση του κτιρίου, οι ημέρες και το ωράριο λειτουργίας του, η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου και η σχετική υγρασία, ο απαιτούμενος νωπός αέρας, η στάθμη φωτισμού και άλλες τιμές που τον προσδιορίζουν, τα εσωτερικά κέρδη από τους χρήστες κι από τον εξοπλισμό. Επιπλέον καθορίζονται οι προδιαγραφές του κτιριακού κελύφους δηλαδή των

δομικών στοιχείων και τα χαρακτηριστικά των κουφωμάτων του κτιρίου. Επίσης σημαντικά στοιχεία και πίνακες που θα ληφθούν σοβαρά υπόψη, οι τιμές θερμοπερατότητας υλικών και κουφωμάτων για τα παλαιά κτίρια, όπως είναι το κτίριο περίπτωσης μελέτης που πραγματεύεται η παρούσα εργασία. Είναι στοιχεία που θα συμπεριληφθούν στο μοντέλο BIM της υφιστάμενης κατάστασης. (Τ.Ε.Ε., 2017)

### **3.2.5.1 Οι Θερμικές ζώνες και το ωράριο λειτουργίας**

Με βάση τον κανονισμό Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, το κτίριο χωρίζεται σε θερμικές ζώνες ανάλογα τη χρήση και τις εγκαταστάσεις διότι οι χρήσεις δύναται να διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό και να απαιτούνται διαφορετικές συνθήκες, θερμοκρασία, υγρασία, παροχή νωπού αέρα κλπ.

Στην περίπτωση κτιρίου που λειτουργεί ως νηπιαγωγείο οι μήνες λειτουργίας είναι από Σεπτέμβριο έως Μάιο, για πέντε ημέρες της εβδομάδας, από Δευτέρα έως Παρασκευή και για οκτώ ώρες ανά ημέρα. Οι θερμικές ζώνες του νηπιαγωγείου, θεωρείται ότι λειτουργούν όλες την ίδια περίοδο και ωράριο. (Τ.Ε.Ε., 2017)

### **3.2.5.2 Εσωτερικές συνθήκες των χώρων**

Ως εσωτερικές συνθήκες προσδιορίζονται με βάση τον κανονισμό, η θερμοκρασία, που είναι ο βασικότερος παράγοντας που θα εξασφαλίσει τη θερμική άνεση του χώρου και το ποσοστό υγρασίας. Η θερμοκρασία προσδιορίζεται για τη χειμερινή περίοδο στους 20° C και τη θερινή περίοδο στους 26° C. Η σχετική υγρασία, με βάση τον κανονισμό με βάση την οποία υπολογίζεται η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, πρέπει να είναι 35% κατά τη χειμερινή περίοδο και 45% κατά τη θερινή περίοδο. (Τ.Ε.Ε., 2017)

### **3.2.5.3 Απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων**

Η εναλλαγή του αέρα του εσωτερικού με νωπό αέρα από τον εξωτερικό χώρο, προσδιορίζονται από τον κανονισμό Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Η χρήση του κτιρίου, ο πληθυσμός και το μέγεθος του χώρου καθορίζουν τις τιμές που πρέπει οι μελετητές να λάβουν υπόψη κατά την κατασκευή ή ανακαίνιση κτιρίου.

Για το κτίριο νηπιαγωγείου πρέπει, με βάση τον κανονισμό, να υπολογίζονται 50 άτομα/ 100m<sup>2</sup> . Ο απαιτούμενος νωπός αέρας είναι 22m<sup>3</sup> /h/ άτομο και ο

απαιτούμενος νωπός αέρας με βάση τα τετραγωνικά πρέπει να είναι  $11\text{m}^3 / \text{h} / \text{m}^2$ . (Τ.Ε.Ε., 2017)

#### **3.2.5.4 Οι απαιτούμενες τιμές φωτισμού**

Οι τιμές του φωτισμού, είναι άμεσα συνδεδεμένες με την οπτική άνεση και την ευχάριστη διαβίωση των χρηστών, γι' αυτό και ο κανονισμός προβλέπει τα επίπεδα και την ποιότητα του φωτισμού για την κάθε κτίριο.

Έτσι για το κτίριο νηπιαγωγείου απαιτούνται : μέση ελάχιστη στάθμη φωτισμού 300lx, σε επίπεδο αναφοράς μέτρησης 0,80m, με μέγιστο δείκτη θάμβωσης UGR=19 και ελάχιστη τιμή ομοιομορφίας φωτισμού  $U_0 = 0,60$ . (Τ.Ε.Ε., 2017)

#### **3.2.5.5 Τα εσωτερικά κέρδη από χρήστες και εξοπλισμό**

Η παραγόμενη θερμότητα στον εσωτερικό χώρο των κτηρίων είναι ένας παράγοντας που πρέπει να συνυπολογίζεται με τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης κατά την αναβάθμιση των κτιρίων, στα πλαίσια της προσπάθειας εξοικονόμησης ενέργειας. Τα εν λόγω εσωτερικά κέρδη υπολογίζονται από τρεις κατηγορίες, τον ηλεκτροφωτισμό, τη θερμότητα που παράγεται από τους χρήστες η οποία σχετίζεται με τις δραστηριότητες που πραγματοποιούνται στο χώρο και τον εξοπλισμό.

Ανάλογα τη χρήση του κτιρίου και τις δραστηριότητες των χρηστών, ο κανονισμός Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. προβλέπει μέσες τιμές θερμικής ισχύος ανά άτομο σε  $\text{W}/\text{άτομο}$ . Επίσης δίνονται τιμές θερμικής ισχύος ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας σε  $\text{W}/\text{m}^2$  και ο μέσος συντελεστής παρουσίας, ως ποσοστό χρόνου παρουσίας των χρηστών στο χώρο.

Για το κτίριο νηπιαγωγείου δίνεται θερμική ισχύς  $80\text{W}/\text{άτομο}$ , θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας  $40\text{W}/\text{m}^2$  και μέσος συντελεστής παρουσίας 0,16.

Τα εσωτερικά κέρδη από συσκευές ηλεκτρικές και μη και οι τιμές που δίνονται για τα νηπιαγωγεία από τον ΕΛΟΤ EN ISO 13790 2009 είναι : ισχύς εξοπλισμού  $9\text{W}/\text{m}^2$  , μέσος συντελεστής ετεροχρονισμού 0,15, ετεροχρονισμένη ισχύς εξοπλισμού  $0,75\text{W}/\text{m}^2$  και μέσος συντελεστής λειτουργίας 0,16. (Τ.Ε.Ε., 2017)

### 3.2.5.6 Προϋποθέσεις σχεδιασμού νέου κτιρίου βέλτιστης ενεργειακής απόδοσης

Στα πλαίσια των υποχρεώσεων των μελετητών για την κατασκευή νέων κτιρίων με βέλτιστη ενεργειακή απόδοση κατά τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. (Άρθρο 8) αναφέρονται ακριβώς, οι παρακάτω παράμετροι, που πρέπει υποχρεωτικά να λαμβάνονται υπόψη.

- *Κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμός του κτηρίου για τη μέγιστη αξιοποίηση των τοπικών κλιματικών συνθηκών (κλιματικών δεδομένων, προσανατολισμού, ηλιασμού).*

- *Διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου για τη βελτίωση του μικροκλίματος.*

- *Κατάλληλος σχεδιασμός και χωροθέτηση των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό ανάλογα με τις απαιτήσεις ηλιασμού, φυσικού φωτισμού και αερισμού.*

- *Χωροθέτηση των λειτουργιών ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις άνεσης (θερμικές, φυσικού αερισμού και φωτισμού).*

- *Ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός εκ των παθητικών ηλιακών συστημάτων (Π.Η.Σ.), όπως άμεσου ηλιακού κέρδους (νότιων ανοιγμάτων), τοίχου μάζας, τοίχου Trombe, ηλιακού χώρου (θερμοκηπίου) κ.ά.*

- *Ηλιοπροστασία του κτηρίου.*

- *Ένταξη τεχνικών φυσικού αερισμού.*

- *Εξασφάλιση οπτικής άνεσης μέσω τεχνικών και συστημάτων φυσικού φωτισμού.*

- *Εκτός από τις ελάχιστες απαιτήσεις σχεδιασμού θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:*

- *η χρήση του κτηρίου: κατοικία, γραφείο, εμπορικό κατάστημα κ.ά.,*

- *το προφίλ λειτουργίας: ωράριο, χρήστες, εσωτερικές συνθήκες κ.ά.,*

- *η διαμόρφωση των εσωτερικών χώρων (θερμικών ζωνών) του κτηρίου που έχουν διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας και εσωτερικά φορτία,*

- *η θερμική θωράκιση του κτηριακού κελύφους, με μόνωση δομικών στοιχείων και επιλογή κατάλληλων διαφανών στοιχείων (παραθύρων, γυάλινων προσόψεων κ.ά.),*

- *η δυνατότητα εφαρμογής τεχνολογιών παθητικών συστημάτων δροσισμού,*

- η δυνατότητα εφαρμογής φυσικού σκιασμού του κτηρίου μέσω δένδροφύτευσης

### 3.2.5.7 Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων κατά την ανακαίνιση υφιστάμενου κτιρίου

Κατά την περίπτωση μελέτης της παρούσας εργασίας πραγματοποιείται εκτεταμένη ανακαίνιση σε μοντέλο BIM, υφιστάμενου κτιρίου νηπιαγωγείου. Είναι σκόπιμο να αναφερθούν οι τιμές θερμοπερατότητας των υλικών, που απαιτούνται κατά την ανακαίνιση υφιστάμενου κτιρίου.

Στον Πίνακα 18 παρουσιάζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας U, των δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση εκτεταμένης ανακαίνισης υφιστάμενου κτιρίου. (Τ.Ε.Ε., 2017)

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

Πίνακας 18: οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας U, των δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση εκτεταμένης ανακαίνισης υφιστάμενου κτιρίου. Πηγή: (Τ.Ε.Ε., 2017)

Στον παρακάτω Πίνακα 19, παρουσιάζονται οι τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτίρια, των οποίων η οικοδομικά άδεια εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.ΕΝ.Α.Κ. και στον Πίνακα 20 οι αντίστοιχες τιμές για τα οριζόντια αδιαφανή υλικά. Αντίστοιχοι πίνακες με συντελεστές θερμοπερατότητας δίνονται και για τα διαφανή δομικά στοιχεία του κελύφους του κτιρίου που ανακαινίζεται ριζικά με χρήση ρολών ή χωρίς χρήση ρολών, που σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητο να

συμβουλευεται ο μελετητής. Στην παρούσα εργασία έχουν ληφθεί υπόψη όλα τα δεδομένα και έχουν εισαχθεί στο λογισμικό ArchiCAD, όπου πραγματοποιήθηκε η ενεργειακή αξιολόγηση του κτιρίου μελέτης περίπτωσης.

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαννόμενο χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαννόμενο χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
<b>Κατακόρυφα δομικά στοιχεία</b>						
<b>Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm)</b>						
Ανεπίχριστο από μία ή δύο όψεις.	3,65	2,75	4,30	1,00	0,90	1,05
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,40	2,60	–	1,00	0,90	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,45	2,00	2,90	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,90	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,50	2,05	4,00	1,00	0,90	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,05	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
<b>Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρος)</b>						
<b>Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστη από μία ή δύο όψεις.	2,30	1,90	2,55	0,85	0,80	0,90
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	2,20	1,85	–	0,85	0,80	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	1,90	1,60	2,05	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,10	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	2,25	1,85	2,45	0,85	0,80	0,85
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,55	1,35	1,65	0,70	0,70	0,75
<b>Δρομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστη από μία ή δύο όψεις.	3,25	2,50	3,75	0,95	0,90	1,00
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	3,05	2,40	–	0,95	0,85	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,50	2,00	2,75	0,85	0,80	0,90
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,80	2,25	3,20	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	3,10	2,40	3,55	0,95	0,85	1,00
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,90	1,65	2,05	0,80	0,75	0,85
<b>Αργολιθοδομή</b>						
Ανεπίχριστη από μία ή δύο όψεις.	4,25	3,10	5,00	1,05	0,95	1,10
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	3,85	2,85	–	1,00	0,95	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,85	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	4,10	3,00	4,95	1,00	0,95	1,05
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,30	1,95	2,60	0,85	0,80	0,90

Οριζόντια δομικά στοιχεία	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαννόμενο χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαννόμενο χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
<b>Επιστρώσεις (με ή χωρίς ψευδοροφή)</b>						
Συμβατικού τύπου δώμα.	3,05	–	–	0,95	–	–
Αντεστραμμένου τύπου δώμα.	–	–	–	0,95	–	–
Αερίζομενο δώμα.	–	3,70	–	1,00	–	–
Φυτεμένο δώμα.	1,20	–	–	0,70	–	–
Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη.	3,70	–	–	1,00	–	–
Οροφή κάτω από μη θερμαννόμενο χώρο.	–	2,90	–	–	0,90	–
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος.	4,70	–	–	1,05	–	–
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης ξύλινης στέγης.	4,25	–	–	1,00	–	–
<b>Δάπεδα με επικάλυψη παντός τύπου (ξύλο, μάρμαρο, πλακάκι, μωσαϊκό κ.τ.λ.)</b>						
Επάνω από ανοικτό υπόστρωμα χώρο (πυλωτή).	2,75	–	–	0,90	–	–
Επί εδάφους.	–	–	3,10	–	–	0,95
Επάνω από μη θερμαννόμενο χώρο.	–	2,00	–	–	0,80	–

Αριστερά : Πίνακας 19 Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά υλικά που συναντώνται σε κτίρια, η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. Πηγή: (Τ.Ε.Ε., 2017)

Πάνω: Πίνακας 20 Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα οριζόντια αδιαφανή δομικά υλικά που συναντώνται σε κτίρια, η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. Πηγή: (Τ.Ε.Ε., 2017)



### 3.3 Η αλληλεπίδραση του σχολικού κτιρίου με το περιβάλλον

Προκειμένου να ερευνηθεί αναλυτικά η αναβάθμιση του κτιρίου εκπαίδευσης, είναι απαραίτητο να αναζητηθούν οι αλληλεπιδράσεις του με το περιβάλλον και να τεθούν τα κριτήρια που το καθιστούν βιώσιμο. Οι κατηγορίες κριτηρίων είναι Α) τα λειτουργικά κριτήρια, Β) τα κριτήρια εσωτερικής άνεσης, Γ) τα ενεργειακά κριτήρια και Δ) τα περιβαλλοντικά κριτήρια.

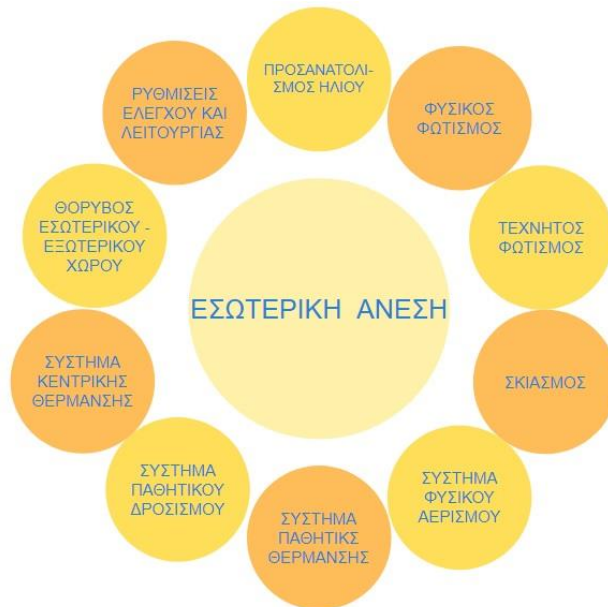
Α) Τα λειτουργικά κριτήρια του κτιρίου, δηλαδή αυτά που καθορίζουν τη λειτουργία του, απεικονίζονται στο Διαγράμμα 1 και είναι η δέσμευση της κοινότητας για το σχεδιασμό του έργου, τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του, οι διδακτικές διαδικασίες που ακολουθούνται, οι ψυχολογικές συνθήκες, η ασφάλεια και η προσαρμοστικότητα, οι λειτουργικές συνθήκες, η προσβασιμότητα, η ασφάλεια, η προστασία του περιβάλλοντος και η περιβαλλοντική εκπαίδευση. (Frاندολoso & Florensa, 2004)



Διάγραμμα 1: Λειτουργικά κριτήρια κτιρίου προς αναβάθμιση. Πηγή: Ιδία επεξεργασία <https://online.visual-paradigm.com/>

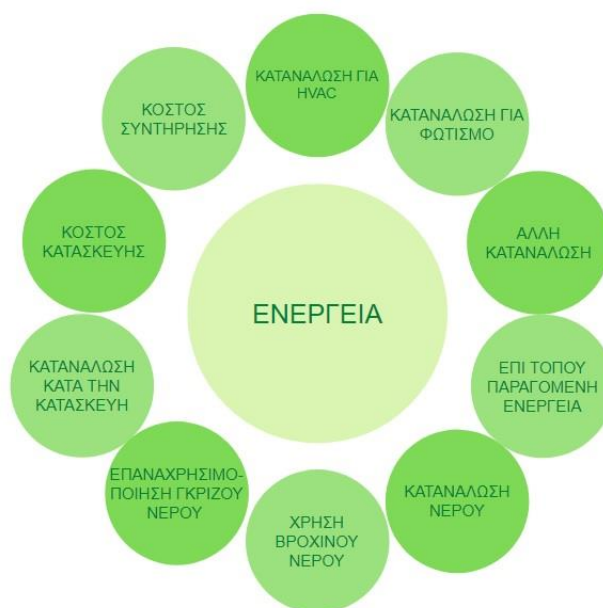
Β) Τα κριτήρια εσωτερικής άνεσης αναλυτικά περιλαμβάνουν τον προσανατολισμό του ηλίου και το φυσικό φωτισμό που εισχωρεί στο κτίριο, τον τεχνητό φωτισμό, τη σκίαση των ανοιγμάτων, τον φυσικό αερισμό, τα συστήματα της παθητικής θέρμανσης και δροσισμού, το σύστημα της κεντρικής θέρμανσης, τα επίπεδα θορύβου του εσωτερικού χώρου και ο θόρυβος του εξωτερικού

περιβάλλοντος που εισχωρεί στο κτίριο, ο έλεγχος και η λειτουργία των συστημάτων, τα οποία απεικονίζονται στο Διάγραμμα 2. (Frandoleso & Florensa, 2004)



Διάγραμμα 2: Κριτήρια της εσωτερική άνεσης του κτιρίου προς αναβάθμιση. Πηγή: Ιδία επεξεργασία <https://online.visual-paradigm.com/>

Γ) Τα ενεργειακά κριτήρια του κτιρίου προς αναβάθμισης, όπως καταγράφονται και στο Διάγραμμα 3 είναι, η κατανάλωση ενέργειας που προκύπτει από τη λειτουργία των συστημάτων κλιματισμού, η κατανάλωση για φωτισμό, η διαχείριση του νερού, το κόστος κατασκευής και συντήρησης του κτιρίου. (Frandoleso & Florensa, 2004)



Διάγραμμα 3: Ενεργειακά κριτήρια του κτιρίου προς αναβάθμιση. Πηγή: Ιδία επεξεργασία <https://online.visual-paradigm.com/>

Δ) Τα περιβαλλοντικά κριτήρια, αναφέρονται αναλυτικά στο Διάγραμμα 4 και σε αυτά περιλαμβάνονται τα υλικά κατασκευής και η Ανάλυση Κύκλου Ζωής, οι ΑΠΕ, η διαχείριση των λυμάτων, η ανακύκλωση, οι μικροκλιματικές αλλαγές και η διαπερατότητα του εδάφους, οι μεταφορά των μελών της κοινότητας από και προς το σχολείο. (Frاندoloso & Florensa, 2004)



Διάγραμμα 4: Περιβαλλοντικά κριτήρια του κτιρίου προς αναβάθμιση. Πηγή: Ιδία επεξεργασία <https://online.visual-paradigm.com/>

### 3.4 Εργαλεία αξιολόγησης για την απόδοση των κτιρίων

Η ενεργειακή απόδοση των υφιστάμενων σχολικών κτιρίων, αποτελεί μέρος της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα τελευταία χρόνια, διότι τα νέα κτίρια κατασκευάζονται με υψηλά πρότυπα βιωσιμότητας.

*«Οι μέθοδοι περιβαλλοντικής εκτίμησης κτιρίων έχουν αναδειχθεί ως νόμιμο μέσο για την αξιολόγηση της απόδοσης των κτιρίων σε ένα ευρύτερο φάσμα περιβαλλοντικών παραμέτρων. Η αύξηση στην ανάπτυξη και εφαρμογή τέτοιων μεθόδων έχει παράσχει σημαντική θεωρητική και πρακτική εμπειρία σχετικά με την πιθανή συμβολή τους στην προώθηση πράσινων και περιβαλλοντικά υπεύθυνων πρακτικών δόμησης. Το καθένα έχει διαφορετικά δυνατά και αδύνατα σημεία, με διαφορετικές φιλοσοφίες και επιχειρηματικές στρατηγικές.»* (Rezaallah, Bolognesi, & Khoraskani, 2012)

Τα εργαλεία αξιολόγησης που είναι σε διεθνή επίπεδο γνωστά, αποτελούν πιστοποιήσεις, οι οποίες θέτουν στόχους και βαθμολογούν την αναβάθμιση όταν αυτοί οι στόχοι πληρούνται.

### **3.4.1 LEED & πιστοποίηση LEED σε σχολικά κτίρια**

Το LEED είναι ένα σύστημα αξιολόγησης που δημιουργήθηκε από το U.S. Green Building Council και «*με βάση το ISO 15392 η βιωσιμότητα στα σχολικά κτίρια έχει τρεις πτυχές αλληλένδετες και αλληλοεξαρτώμενες : την περιβαλλοντική, την οικονομική και την κοινωνική πτυχή. Για να αξιολογηθεί η βιωσιμότητα των κτιρίων έχουν προταθεί πρωτόκολλα πιστοποίησης. Ένα από αυτά είναι το Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*». (Dall' O, Bruni, & Panza, 2013)

Αυτά τα πρωτόκολλα δεν εξετάζουν μόνο την κατανάλωση των φυσικών πόρων, αλλά και την υγεία και την άνεση των χρηστών, τη χρήση αειφορικών υλικών και με από την ίδια η δομή αντλούνται στρατηγικές βιωσιμότητας. Το πρόγραμμα LEED ανάλογα τον τύπο κτιρίου που αξιολογεί εφαρμόζει τα εξής δέκα συστήματα αξιολόγησης : LEED – NC (νέες κατασκευές και μεγάλες ανακαινίσεις), LEED – EB: O&M (υφιστάμενα κτίρια, λειτουργία – συντήρηση), LEED CI (εμπορικούς εσωτερικούς χώρους), LEED CS (κέλυφος και πυρήνας), LEED H (κατοικίες), LEED ND (ανάπτυξη γειτονιάς), LEED Volume Certification (πιστοποίηση όγκου), LEED Retail (νέες κατασκευές και εσωτερικός χώρος λιανικού εμπορίου), LEED Health care (ιατρικών εγκαταστάσεων). Για τις χώρες που έχουν υιοθετήσει το συγκεκριμένο εργαλείο αξιολόγησης και είναι προσαρμοσμένο στις ιδιαίτερες συνθήκες που τις χαρακτηρίζουν έχουν δημιουργηθεί για παράδειγμα τα εξής: LEED India, LEED Italy, LEED Canada. (Rezaallah, Bolognesi, & Khoraskani, 2012)

«*Η πιστοποίηση LEED του 2009 ταξινομεί τα κτίρια σύμφωνα με την ακόλουθη κλίμακα αξιολόγησης: Base: 40–49 βαθμοί. Silver: 50–59 πόντοι; Gold: 60–79 βαθμοί. και Platinum: 80 και άνω. Το LEED είναι το πιο δημοφιλές πρωτόκολλο στον κόσμο και ένα από τα πιο αξιόπιστα εργαλεία αξιολόγησης, ευρέως εφαρμοσμένο. Τα συστήματα αξιολόγησης υιοθετούν μια ολιστική αξιολόγηση του συνολικού αντίκτυπου της δόμησης στο περιβάλλον. Το σύστημα αξιολόγησης είναι οργανωμένο σε πέντε περιβαλλοντικές κατηγορίες: Αειφόρος Τοποθεσία (SS), Διαχείριση Υδάτων (WE), ΕΑ, Υλικά και Πόροι (MR) και IEQ*». (Dall' O, Bruni, & Panza, 2013)



Πίνακας 21: Κλίμακα αξιολόγησης του εργαλείου αξιολόγησης LEED. Πηγή: (Gazze & Mahfoudh, 2010)

«Η μέθοδος LEED περιλαμβάνει πολλά μέρη στη διαδικασία αξιολόγησης και πιστοποίησης. Ο πάροχος LEED for homes είναι ένας οργανισμός που απασχολεί αξιολογητές που παρέχουν την επαλήθευση των μέτρων εγκατάστασης καθώς και τον έλεγχο απόδοσης των κατοικιών. Οι επαγγελματίες του LEED είναι κυρίως σύμβουλοι που συνδέονται με κατασκευαστές. Τέλος, η σχολή LEED παρέχει υπηρεσίες κατάρτισης και ανάπτυξης προγραμμάτων. Η διαδικασία επαλήθευσης αποτελείται από τέσσερις φάσεις, δηλαδή επιθεώρηση, δοκιμή απόδοσης, αξιολόγηση και πιστοποίηση. Σε όλες τις φάσεις η συμμετοχή του παρόχου είναι υποχρεωτική» (Sinou & Kyvelou, 2006)

Η μέθοδος LEED δίνει τη δυνατότητα διαχωρισμού της πιστοποίησης σε δύο φάσεις, τη μελέτη και την κατασκευή και ο στόχος είναι να εξασφαλιστούν ελάχιστες απαιτήσεις, δηλαδή η βαθμολογία του έργου να είναι τουλάχιστον 40 βαθμοί.

«Το εργαλείο αξιολόγησης LEED προωθεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση της βιωσιμότητας, αναγνωρίζοντας τις επιδόσεις σε εννέα βασικούς τομείς της ανθρώπινης και περιβαλλοντικής υγείας : Βιώσιμη ανάπτυξη, εξοικονόμηση νερού, ενεργειακή απόδοση, επιλογή υλικών, ποιότητα περιβάλλοντος εσωτερικού χώρου, τοποθεσίες και συνδέσεις, ευαισθητοποίηση και εκπαίδευση, καινοτομία στο Σχεδιασμό/Λειτουργίες, περιφερειακή προτεραιότητα». Πίνακας 22 (Gazze & Mahfoudh, 2010)

Credit category	Logotype	Credit category	Logotype
Sustainable Sites		Locations & Linkages	
Water Efficiency		Awareness & Education	
Energy & Atmosphere		Innovation in Design/Operations	
Materials & Resources		Regional Priority	
Indoor Environmental Quality			

Πίνακας 22: Οι εννέα βασικοί τομείς που επικεντρώνεται το εργαλείο LEED. Πηγή: (Gazze & Mahfoudh, 2010)

Πραγματοποιήθηκε μια μελέτη σκοπιμότητας, σε δεκατέσσερα σχολεία της Βόρειας Ιταλίας, για την περιβαλλοντική βελτίωση τους, που στοχεύει στην διασφάλιση των απαιτήσεων για την πιστοποίηση Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). (Dall' O, Bruni, & Panza, 2013)

Ένα ακόμα ερώτημα που στόχευε να απαντηθεί μέσα από αυτή την έρευνα είναι, «στον τομέα της ανακαίνισης δημόσιων κτιρίων οι στρατηγικές πρέπει να περιοριστούν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ή να στοχεύουν στη βελτίωση της βιωσιμότητας»; Γιατί μιλώντας για αναβάθμιση –ανακαίνιση κτιρίων ο πρώτος στόχος που τίθεται είναι η ενεργειακή κατανάλωση. Από τη συγκεκριμένη έρευνα προκύπτει ότι ο στόχος που πρέπει να μπαίνει είναι η βελτίωση της σχέσης του σχολικού κτιρίου με το περιβάλλον.

Πως διεξήχθη η έρευνα. Αρχικά συλλέγονται καταγράφονται τα δεδομένα απόδοσης των κτιρίων και αξιολογούνται οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις ώστε στη συνέχεια να αξιολογηθούν τα μέτρα της μετασκευής του κτιρίου. Καθορίζονται οι μετατροπές που είναι απαραίτητο να γίνουν με στόχο τις ελάχιστες απαιτήσεις με βάση το LEED, ώστε το αποτέλεσμα που θα ληφθεί να είναι η μέγιστη ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Οι επεμβάσεις αυτές, όπως αναφέρονται στην εν λόγω επιστημονική έρευνα, περιλαμβάνουν :

- «1. Αντικατάσταση του λέβητα με αντλία θερμότητας εδάφους
2. Εγκατάσταση τοπικών συστημάτων ελέγχου ( δηλ. θερμοστατικές βαλβίδες)

3. Θερμομόνωση τοίχου με χρήση τεχνολογίας *External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS)* πάχους απαραίτητου για την επίτευξη  $U=0,28$

4. Μόνωση ταράτσας με πάχος που απαιτείται να φτάσει στην τιμή  $U=0,15$

5. Αντικατάσταση όλων των κουφωμάτων με κουφώματα υψηλής απόδοσης (με τριπλά τζάμια, χαμηλής εκπομπής ρύπων) με τιμή  $U=1,1$

6. Εγκατάσταση συστημάτων μηχανικοί αερισμού με σύστημα ανάκτησης θερμότητας με απόδοση ανάκτησης 70%

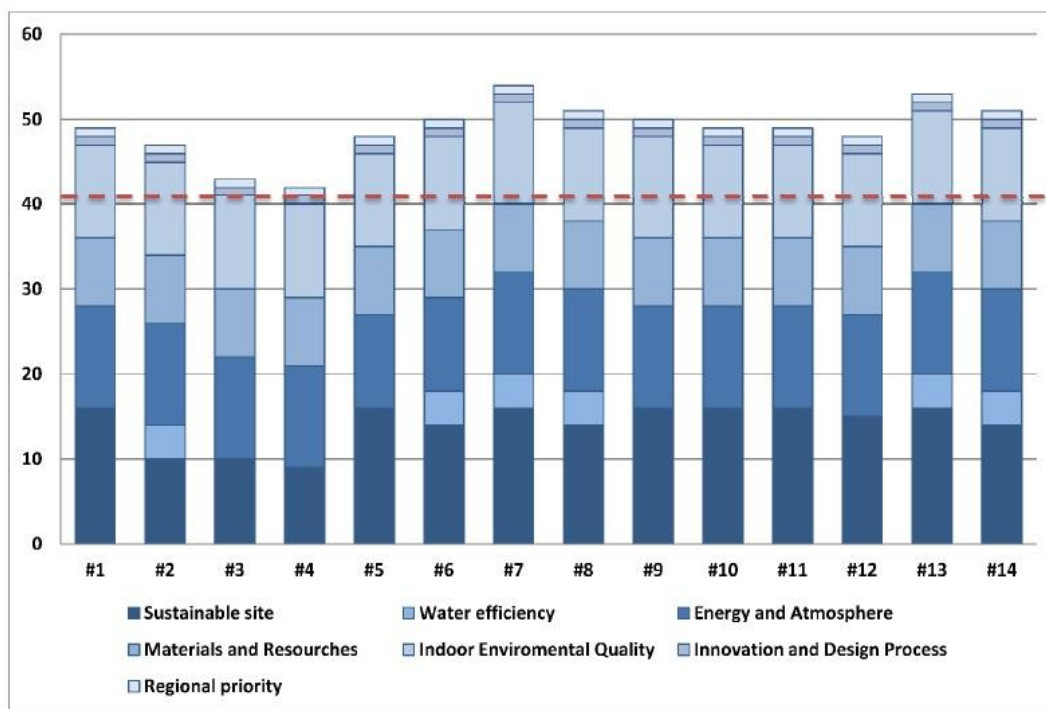
7. Εγκατάσταση πολυκρυσταλλικού φωτοβολταϊκού συστήματος (PV)» (Dall' O, Bruni, & Panza, 2013)

Τα συστήματα εξαερισμού προβλέπεται να έχουν απόδοση στις τιμές που καθορίζει η νομοθεσία για υγιές σχολικό περιβάλλον και τα φωτοβολταϊκά που τοποθετούνται πρέπει να έχουν σωστή θέση και προσανατολισμό, για τη μέγιστη απόδοση τους και να παράγουν για την ενέργεια που απαιτείται σε σχέση με τις λειτουργικές απαιτήσεις του κτιρίου.

Στη συνέχεια συντάσσονται συγκριτικά στοιχεία απαιτούμενης πρωτογενούς ενέργειας και ποσοστό εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας και αναφέρεται χαρακτηριστικά «Σκοπός του προαπαιτούμενου είναι να επαληθευτεί ότι το επίπεδο των απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για κτίρια και εγκαταστάσεις είναι υψηλότερο από αυτό που ορίζεται από τους κανονισμούς, προκειμένου να μειωθούν οι οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με την υπερβολική χρήση ενέργειας». (Dall' O, Bruni, & Panza, 2013)

Επίσης ερευνάται η ποιότητα του αέρα στον εσωτερικό χώρο των σχολείων (IEQ) με τη μέθοδο του ερωτηματολογίου προς εκπαιδευόμενους και εκπαιδευτικούς.

Προκειμένου να πιστοποιηθεί το εκάστοτε σχολικό κτίριο από τα 14 που εξετάζονται στην εν λόγω επιστημονική έρευνα, πρέπει να ικανοποιεί τις προϋποθέσεις LEED ώστε να αξιολογηθεί με ελάχιστη βαθμολογία 40, που στην Εικόνα 20 απεικονίζεται με κόκκινη γραμμή. Εικόνα 14.



Εικόνα 14 : Δυνατότητα βελτίωσης της βιωσιμότητας των σχολικών κτιρίων. Πηγή: (Dall' O, Bruni, & Panza, 2013)

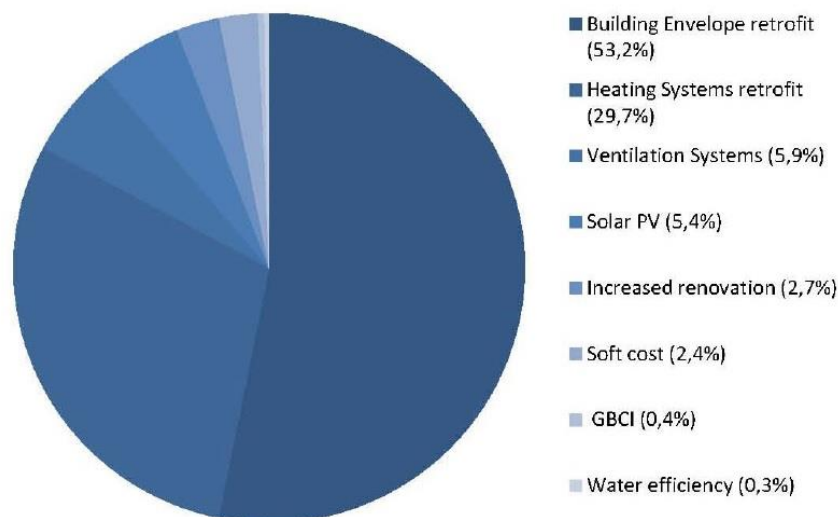
Τα οικονομικά στοιχεία της αναβάθμισης, εξετάζονται αναλυτικά, ώστε να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα. Λόγω αναβάθμισης με προϋποθέσεις αξιολόγησης LEED, υπολογίζεται ότι το κόστος επιβαρύνθηκε κατά 3%. Στον παρακάτω Πίνακα 23, παρουσιάζεται το οικονομικό κόστος της αναβάθμισης του καθενός από τα 14 σχολικά κτίρια σε €/m<sup>2</sup>. (Dall' O, Bruni, & Panza, 2013)

Building	Net surface (m <sup>2</sup> )	GBCI cost (€/m <sup>2</sup> )	Building envelope retrofit cost (€/m <sup>2</sup> )	Heating systems retrofit cost (€/m <sup>2</sup> )	Ventilation systems cost (€/m <sup>2</sup> )	Solar PV cost (€/m <sup>2</sup> )	Soft cost (€/m <sup>2</sup> )	Increased renovation cost (€/m <sup>2</sup> )	Water efficiency cost (€/m <sup>2</sup> )	Total cost (€/m <sup>2</sup> )
#1	2345	1	194	123	30	18	9	11	1	387
#2	5190	1	195	130	30	25	8	11	1	401
#3	3300	1	179	146	30	30	9	12	1	408
#4	2805	1	264	129	30	0	10	13	1	448
#5	1144	2	311	152	30	17	13	14	2	541
#6	6019	1	224	142	43	21	9	14	1	455
#7	688	4	369	234	43	21	16	14	2	703
#8	1124	2	162	133	30	27	11	11	2	378
#9	714	4	427	158	30	52	20	20	2	713
#10	1144	2	266	162	30	41	14	15	2	532
#11	1833	1	315	168	21	33	13	16	2	569
#12	876	3	316	168	21	33	16	16	2	575
#13	773	3	344	155	30	35	17	17	2	603
#14	2882	1	359	188	38	45	14	19	1	665

Πίνακας 23: Το κόστος της βιωσιμότητας των 14 σχολικών κτιρίων στην Ιταλία. Πηγή: (GBCI: Green Building Council Italy (Dall' O, Bruni, & Panza, 2013)

Το συνολικό κόστος της αναβάθμισης, όπως παρατηρείται στην Εικόνα 15, χωρίζεται σε ποσοστά κόστους των επιμέρους παρεμβάσεων.





Εικόνα 15: Κόστος επιμέρους εργασιών σε σχέση με το συνολικό κόστος της αναβάθμισης. Πηγή: (Dall' O, Bruni, & Panza, 2013)

«Οι τεχνικές και οικονομικές αξιολογήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα 14 σχολεία έδειξαν ότι το υψηλότερο κόστος λόγω της βελτίωσης της βιωσιμότητας αντιπροσωπεύει ένα μικρό μέρος του συνολικού κόστους της μετασκευής». Διατυπώνεται ακριβώς, ότι οι στρατηγικές πρέπει να στραφούν προς τους στόχους βιωσιμότητας κι αυτό είναι πολύ σημαντικό για τα σχολικά κτίρια, καθότι οι ανέσεις και η υψηλή ποιότητα αέρα είναι ιδιαίτερα σημαντικές προϋποθέσεις για τα περιβάλλοντα μάθησης.

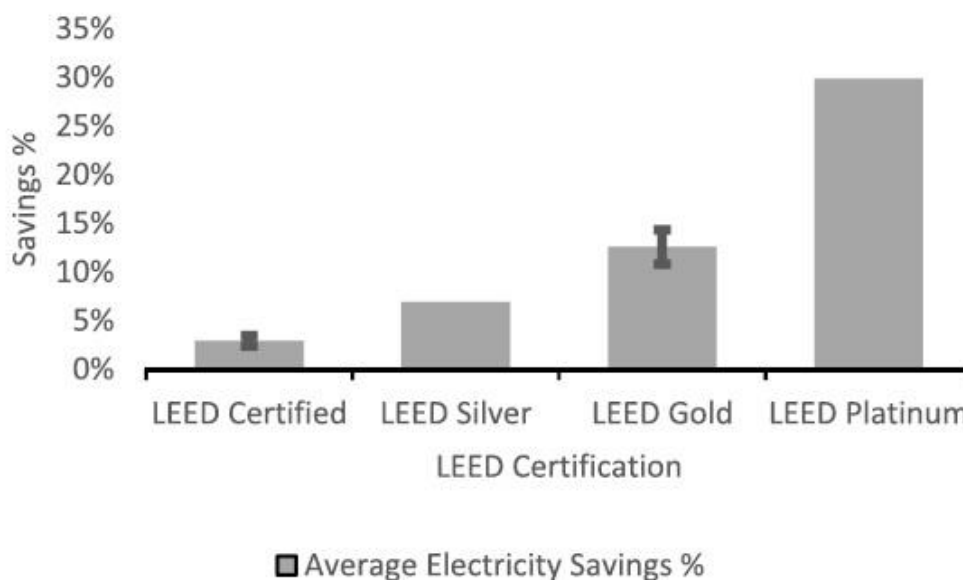
«Σε όλες τις περιπτώσεις, η διαθεσιμότητα ενός προτύπου όπως το LEED, το οποίο έχει διεθνή μήτρα, είναι θετικό όταν εξετάζεται το σύνθετο ζήτημα της βιωσιμότητας των κτιρίων με ένα ευρύτερο όραμα». (Dall' O, Bruni, & Panza, 2013)

Στην επιστημονική έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2021 από τους σχετικά με την μετατροπή δείγματος σχολικών κτιρίων στο Ντουμπάι, σε πράσινα βιώσιμα κτίρια με σκοπό την πιστοποίηση LEED, μεταξύ άλλων δίνεται πίνακας μέσης ποσοστιαίας εξοικονόμησης ενέργειας των βαθμίδων πιστοποίησης LEED. (Elkhapery, Kianmehr, & Doczy, 2021) Εικόνα 16.

Επίσης αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα προσδοκούν να υλοποιήσουν ένα όραμα δημιουργίας άριστου εκπαιδευτικού συστήματος που προβλέπει «βιώσιμο περιβάλλον με λιγότερα απόβλητα, διαχείριση υδάτων και εξοικονόμηση ενέργειας, μέσω του πρασίνου στα σχολεία, τη χρήση βιώσιμων δομικών υλικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας» (Elkhapery, Kianmehr, & Doczy, 2021). Επίσης τονίζονται τα οφέλη της μετασκευής των σχολικών κτιρίων σε πράσινα, όπως η μείωση της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας, που θα μειώσει

τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον δίνεται έμφαση στα βασικά οφέλη της αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων, με στόχο την πιστοποίηση LEED, στους :

- Η δημιουργία υγιούς περιβάλλοντος
- Οι μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις

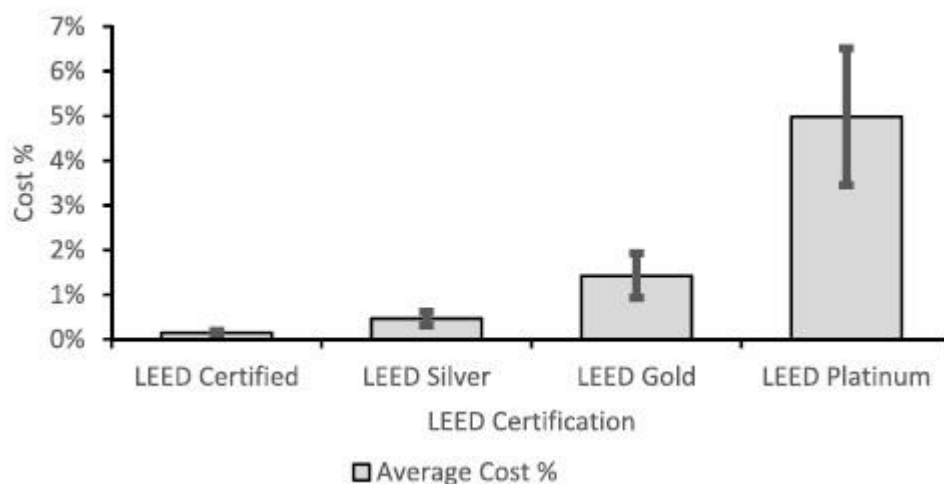


- Η ανάπτυξη γνώσεων περί αειφορίας στους εκπαιδευόμενους

*Εικόνα 16: Μέση % εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας έναντι πιστοποίησης LEED. Πηγή: (Elkharery, Kianmehr, & Doczy, 2021)*

Η συγκεκριμένη έρευνα περιλαμβάνει ερωτηματολόγιο αλλά και αναζήτηση απαντήσεων σε πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τα υλικά και τους πόρους, όπως: αν υπάρχει σύμβαση του σχολείου με εταιρείας απορριμμάτων, ποιος είναι αριθμός απλών φωτιστικών και φωτιστικών Led, αν υπάρχει πρόβλεψη αλλαγής επίπλων του σχολείου, αν υπάρχει πρόβλεψη ανακαίνισης για το σχολείο, αν υπάρχει κάδος κομποστοποίησης και αεριζόμενος χώρος για την τοποθέτηση του. (Elkharery, Kianmehr, & Doczy, 2021). «Οι απαντήσεις σε αυτές τις ερωτήσεις χρησιμοποιούνται για να καθοριστεί ποιες πιστώσεις επιτυγχάνονται αρχικά από το αξιολογούμενο έργο. Αυτές οι πιστώσεις δεν θα απαιτούν μετασκευές (ή πρόσθετο κόστος) και θα υπολογίζονται στις συνολικές πιστώσεις LEED του έργου που αποκτήθηκαν». (Elkharery, Kianmehr, & Doczy, 2021).

Επίσης ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα κόστη που απαιτούνται για τις διαβαθμίσεις πιστοποίησης LEED, που παρατίθενται στην Εικόνα 17, όπως δίδεται στην εν λόγω επιστημονική έρευνα.



Εικόνα 17: Μέσο % κόστος έναντι πιστοποίησης LEED. Πηγή: (Elkharery, Kianmehr, & Doczy, 2021)

«Το ποσοστό κόστους αναβάθμισης για κάθε σχολικό έργο σε κάθε βαθμίδα LEED έχει υπολογιστεί σε σχέση με το αρχικό κόστος κατασκευής.. Δεδομένου ότι κάθε έργο είναι μοναδικό και έχει τα δικά του χαρακτηριστικά, ο τύπος των πιστώσεων LEED που επιχειρείται και το σχετικό κόστος ποικίλλει πολύ. Το εκτιμώμενο ποσοστό κόστους που απαιτείται για τη μετασκευή έργων σχολικών κτιρίων σε όλες τις βαθμίδες LEED (Certified through Gold) παρατίθεται αντίστοιχα [0,03%–0,42%], [0,03%–1,25%], [0,07%– 4,31%] και [0,71% –13,19%]. Όπως απεικονίζεται, η προσέγγιση γενικού κόστους της αναβάθμισης αυξάνεται όταν επιδιώκονται υψηλότερα επίπεδα LEED. Αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς οι υψηλότερες βαθμίδες απαιτούν περισσότερες τροποποιήσεις και πόντους για την ικανοποίηση αυτών των κριτηρίων. Ορισμένα σχολεία στη μελέτη είχαν πολύ χαμηλό ποσοστό επιβατών σε σχέση με το μέγεθός τους. Ως εκ τούτου, ορισμένες πιστωτικές αναβαθμίσεις επιτυγχάνονται με μέτρα χαμηλού κόστους». (Elkharery, Kianmehr, & Doczy, 2021)

Στη συγκεκριμένη μελέτη συντάχθηκαν ανάλογοι πίνακες για τη διαχείριση νερού και αντιπαρατέθηκαν οι ηλικίες του δείγματος των σχολείων, αυτών που είχαν κατασκευαστεί πριν το 2014 με αυτά που είχαν κατασκευαστεί μετά το 2014, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με το κόστος μετασκευής. Επίσης τα κτίρια συγκρίθηκαν, ως προς την εκάστοτε τοποθεσία του Δήμου που βρίσκονταν,

πυκνοκατοικημένες ή αραιοκατοικημένες περιοχές. Συμπερασματικά αναφέρεται, ότι η ηλικία του κτιρίου δεν επηρεάζει το κόστος αναβάθμισης, στο σύνολο των βαθμίδων της πιστοποίησης LEED. Σε αντίθεση με τη διαχείριση λειτουργίας του κτιρίου που παίζει σημαντικό ρόλο στο κόστος. Για την πιστοποίηση LEED GOLD και LEED PLATINUM, στα σχολεία που χτίστηκαν πριν το 2014, απαιτούνται εκσυγχρονισμένα ενεργειακά συστήματα, ενώ με ανάλογες εγκαταστάσεις τα νεότερα σχολεία που χτίστηκαν μετά το 2014, παίρνουν πιστοποίηση LEED PLATINUM. (Elkharery, Kianmehr, & Doczy, 2021)

Ως γενικό συμπέρασμα για τις απαιτήσεις κόστους αναβάθμισης υφιστάμενων σχολικών κτιρίων διατυπώνονται τα εξής : *«Η λεπτομερής αξιολόγηση των χρηματοοικονομικών επενδύσεων που απαιτούνται για τις πράσινες υφιστάμενες σχολικές εγκαταστάσεις, αποδεικνύει ότι η διατήρηση των υδάτινων πόρων και οι επενδύσεις σε εγκαταστάσεις ηλιακής ενέργειας μπορούν ανακτηθούν εντός επτά ετών».* (Elkharery, Kianmehr, & Doczy, 2021).

Στοχεύοντας σε πιστοποίηση LEED, είναι τόσο μεγάλο το όφελος που προκύπτει από την ανακαίνιση του κτιρίου, που γίνεται απόσβεση εξόδων στο σύντομο χρονικό διάστημα των επτά ετών με πολύπλευρο και πολυσήμαντο όφελος για τους χρήστες, το περιβάλλον και την κοινωνία.

### 3.4.2 HQE

Το HQE (Haute Qualité Environnemental) είναι ένα ακόμα εργαλείο αξιολόγησης για τα πράσινα κτίρια, το οποίο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς είναι πολύ διαδεδομένο λόγω της αξιοπιστίας του.

*«Το HQE ξεκίνησε το 1996. Το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα στους προγραμματιστές και τους ιδιοκτήτες έργων να υιοθετήσουν κατασκευαστικές επιλογές κατάλληλες για τη βιώσιμη ανάπτυξη, σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός κτιρίου (κατασκευή, κατασκευή, χρήση, συντήρηση, μετατροπή και τέλος ζωής). Η Ένωση HQE όρισε 14 στόχους που καθορίζουν τις ιδιαίτερες περιβαλλοντικές απαιτήσεις που πρέπει να πληροί ένα κτίριο, είτε είναι νέο είτε ανακαινισμένο».* (Sinou & Kyvelou, 2006)

Με βάση την έρευνα των Gazzeh & Mahfoynhdh, το εργαλείο αξιολόγησης HQE, στοχεύει *«στο να προωθήσει μια παγκόσμια προσέγγιση που διασφαλίζει καλύτερο έλεγχο του κύκλου ζωής και ο στόχος αυτός θα επιτευχθεί, κυρίως, με την παρακολούθηση των επιπτώσεων στο εξωτερικό περιβάλλον (Οικοκατασκευή,*

Οικολογική διαχείριση) και τη δημιουργία ενός υγιούς και άνετου εσωτερικού περιβάλλοντος (Υγρομετρική, Ακουστική και Οπτική άνεση καθώς και περιοχών, ποιότητας αέρα και νερού)». (Gazze & Mahfoudh, 2010)

«Τα κύρια πλεονεκτήματα της πρωτοβουλίας συνίστανται σε μια ρεαλιστική, λειτουργική και σφαιρική προσέγγιση των διακυβεύσεων (δεν περιορίζεται σε διαδικασίες ή προϊόντα), όπου το σύστημα διαχείρισης των πράξεων και οι απαιτήσεις που πρέπει να επιτευχθούν είναι ταυτόχρονα. Η ιδέα είναι να οριστεί μια κοινή και γλώσσα, ώστε να μπορεί να καθοριστούν οι στόχοι περιβαλλοντικής απόδοσης και να δημιουργηθεί μια μέθοδος διαχείρισης για όλους τους χρήστες. Αυτοί οι δύο πυλώνες απεικονίζονται σε δύο έγγραφα αναφοράς (που συντάχθηκαν το 2001 από την «HQE Association») μέσω των λεπτομερειών του συστήματος πιστοποίησης NF HQE®» (Gazze & Mahfoudh, 2010)

«Απαιτείται σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης (EMS) για την εφαρμογή του HQE μέθοδος. Στην πραγματικότητα, οι περισσότεροι κατασκευαστές στη Γαλλία αναφέρονται σε μια γενική δήλωση χωρίς λειτουργικό EMS».

Για την εξασφάλιση της πιστοποίησης HQE, τίθενται οι στόχοι που απεικονίζονται στον Πίνακα 24, οι οποίοι δημιουργούν ένα περιβαλλοντικό προφίλ για το κτίριο και αυτοί αναφέρονται στο εξωτερικό και στο εσωτερικό περιβάλλον.

<i>Eco – construction</i>	
EIC 1: relation of building with environment	1. Accessibility 2. Covering views and neighbourhoods 3. objectives of the city and local authorities taking account
EIC 2: products and facilities systems	1. Life duration 2. Accessibility for maintenance 3. Contrsbution of products to environmental impacts 4. Choice of products with the lowest environmental impacts 5. Comfort and health impacts of the products
EIC 3: build with environment	1. Quantification of waste 2. Characterisation of waste 3. None conformity waste sorting 4. Local environmental impacts (noise, dusts) 5. Energy and facilities saving during construction
<i>Eco – Management</i>	
EIC 4: energy management	1. Global level of energy consumption demand for heating, cooling, hot water and electricity used 2. GWPCO2/m2/year emissions for the building Radioactive waste products 3. Retaining products and binding agents contains hazardous substances 4. Insulating products contains hazardous substances
EIC 5: water management	1. Water reduction demand 2. Drinking water reduction demand Characterisation of activities waste Maintenance of heating, cooling and water system
EIC 6: activities waste	
EIC 7: maintenance	
EIC 8: hydrothermal comfort	1. Winter and summer hydrothermal comfort 2. Indoor temperature instruction 3. Air ventilation speed 4. Solar
EIC 9: acoustic comfort	1. Noise from others rooms and equipments 2. Large volume 3. Daylight factor 4. Sun dazzle effect 5. Light quality level
EIC 10: visual comfort	1. Access to day light (direct or indirect) 2. Views to outside 3. Daylight factor 4. Sun dazzle effect 5. Light quality level
EIC 11: olfactory comfort	1. Ventilation to extract polluted air 2. Identification of odours sources
Health	
EIC 12: health conservation of Building	Electromagnetic effect
EIC 13: air quality – cleanliness of internal environment	1. Ventilation to extract polluted air 2. Identification of odours sources
EIC 14: air quality	Materials choice for dealing water based on health considerations

Πίνακας 24: Τα περιβαλλοντικά ζητήματα ενδιαφέροντος (EIC) για τη φάση σχεδιασμού. Πηγή: (Simou & Kyvelou, 2006)

### 3.4.3 HQE vs LEED

Ερευνητική μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2010 (Gazze & Mahfoudh, 2010) παρουσιάζει το HQE και το συγκρίνει με το LEED, καθώς καταλήγει σε ιδιαίτερα ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

«Εντός των διεθνών πλαισίων, εργαλείων αξιολόγησης και προτύπων για πράσινα κτίρια ή ενεργειακή απόδοση για κτίρια, αυτή η εργασία στοχεύει να σκιαγραφήσει την κορυφαία γαλλική εμπειρία για τα αειφόρα κτίρια, «Haute Qualité Environnementale» (HQE®), σε μια προοπτική σύγκρισης με την αμερικανική «Leadership Energy Environment Design» (LEED®)» (Gazze & Mahfoudh, 2010)

<b>Domain D1:</b> <i>Controlling the impacts on the outer environment</i>	<b>Domain D2:</b> <i>Create a satisfactory internal environment</i>
<b>Group G1: ECO-CONSTRUCTION</b>	<b>Group G3: COMFORT</b>
<b>Target 1:</b> Harmonious relationship of the building with its direct environment <b>Target 2:</b> Integrated choice of products and construction materials <b>Target 3:</b> Low site nuisance/pollution	<b>Target 8:</b> Hygrometric comfort <b>Target 9:</b> Acoustic comfort <b>Target 10:</b> Visual comfort <b>Target 11:</b> Olfactive comfort (No unpleasant smells)
<b>Group G2: ECO-MANAGEMENT</b>	<b>Group G4: HEALTH</b>
<b>Target 4:</b> Energy management <b>Target 5:</b> Water management <b>Target 6:</b> Process waste management <b>Target 7:</b> Servicing and Maintenance management	<b>Target 12:</b> Sanitary quality of areas (Cleanliness of the internal environment) <b>Target 13:</b> Sanitary air quality <b>Target 14:</b> Sanitary water quality

Πίνακας 25: Οι δεκατέσσερις στόχοι που θέτει το εργαλείο HQE. Πηγή:(Gazze & Mahfoudh, 2010)

Ο Πίνακας 26 απεικονίζει τη σύγκριση που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της μελέτης και για αυτό το σκοπό επιλέχθηκε ένα από τα διασημότερα εργαλεία «LEnSE : Methodology Development towards a Label for Environmental, Social and Economic Buildings», το οποίο καθορίζει κάποια βασικά ζητήματα κατά την αξιολόγηση βιωσιμότητας των κτιρίων και επιλέχθηκαν ένα σύνολο θεμάτων σχετικά με τις Περιβαλλοντικές, Κοινωνικές και Οικονομικές πτυχές βιωσιμότητας, ώστε να συγκριθούν τα δύο εργαλεία αξιολόγησης HQE – LEED. Το πράσινο σύμβολο στον πίνακα, δείχνει ότι το συγκεκριμένο ζήτημα δίπλα στο οποίο απεικονίζεται, αξιολογείται από το εργαλείο αξιολόγησης και το κόκκινο σήμα δείχνει ότι δεν αξιολογείται.

Συμπερασματικά αναφέρεται ότι από την ανάλυση, η βαθμολογία είναι υπέρ του HQE (83%) έναντι του LEED (42%). «Τα κοινά πράσινα σύμβολα θα πρέπει να οδηγούν σε μια κοινή μέθοδο αξιολόγησης και σύστημα αξιολόγησης, ενώ τα κοινά κόκκινα πρέπει να ενθαρρύνουν και τα δύο μέρη να βρουν τον πιο κατάλληλο τρόπο ενσωμάτωσης των ζητημάτων που λείπουν». (Gazze & Mahfoudh, 2010).

«Στο πλαίσιο της παγκόσμιας οικονομίας, καθώς τα παγκόσμια διακυβεύματα απευθύνονται σε παγκόσμιες λύσεις, οι αρχές και τα εργαλεία και των δύο προσεγγίσεων είναι σίγουρα χρήσιμα για προσαρμογή, σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη για την ανάπτυξη μιας διεθνούς ενοποιημένης μεθόδου για την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής ποιότητας των κτιρίων που οδηγεί σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα πιστοποίησης». (Gazze & Mahfoudh, 2010)

	Category	Issue	Sub-issue	HQE	LEED
ENVIRONMENT SUSTAINABILITY	Resources and waste Management	Waste prevention	Non hazardous waste disposal	●	●
			Hazardous waste to disposal	●	●
		Water consumption	Use of freshwater resources	●	●
			Monitoring of water use	●	●
		Land Consumption	Re-use of previously developed sites	●	●
			Development footprint	●	●
	Environmental management and geophysical risk	Environmental management	Contaminated land, bioremediation and soil reuse	●	●
			Environmental policies /certified Environmental Management System	●	●
		Climatological and geological risk	Minimizing regional specific climatological risk e.g. flooding	●	●
			Minimizing regional specific geophysical risk e.g. seismic	●	●
SOCIAL SUSTAINABILITY	Occupant well-being	Building user comfort	Lighting & visual comfort	●	●
			Thermal comfort	●	●
			Ventilation conditions	●	●
			Acoustic comfort	●	●
			Occupant satisfaction	●	●
		Spatial access	Private space	●	●
			Outdoor space	●	●
		Health & Safety	Indoor air quality	●	●
			Quality of drinking water	●	●
			Building safety	●	●
	Public transport		Public transport -frequency and proximity	●	●
	Accessibility		Pedestrian networks	Provision of safe and adequate pedestrian route ways	●
		Bicycling network	Provision of safe and adequate cycle lanes and cyclist facilities	●	●
			Community impact consultation	●	●
	Social & cultural value	Social & ethical responsibility	Social cost benefit analysis	●	●
			Socially responsible and ethical procurement of goods/services	●	●
		Sensitivity to the local community	Considerate Constructors	●	●
			External 'neighborhood' impacts	●	●
	Building aesthetics and context	Design quality	●	●	
		ECONOMIC SUSTAINABILITY	Whole life value	Asset Value	●
	Added value			●	●
	Externalities		Maintenance	Building adaptability	●
Design for maintainable buildings / Ease of maintenance		●		●	
Local and regional impacts		Local employment opportunities/use of local services	●	●	
		Specification/use of locally produced materials	●	●	
Image value	Branding and external expression	●	●		
<b>SCORE</b>				30	15
				06	21
<b>Total issues</b>				36	36
<b>COMMON BASE</b>				15	6
				58.3 %	

Πίνακας 26: HQE vs LEED στην αξιολόγηση βιωσιμότητας. Πηγή: (Gazze & Mahfoudh, 2010)

### 3.4.4 BREAM

«Το πρώτο σύστημα πιστοποίησης για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας των κτιρίων ήταν το BREEAM, το οποίο δημοσιεύτηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο. Το σύστημα διαχειρίστηκε και αναπτύχθηκε από την BRE (Building Research Establishment) στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και εισήχθη στην αγορά το 1990. Αρχικά σχεδιάστηκε ως εθνικό σύστημα για κτίρια γραφείων και κατοικιών. Το σύστημα πιστοποίησης χρησιμοποιείται πλέον παγκοσμίως για μια σειρά διαφορετικών τύπων κτιρίων. Σύμφωνα με το BRE, οποιοδήποτε κτίριο σε όλο τον κόσμο μπορεί να αξιολογηθεί με το BREEAM» (Rezaallah, Bolognesi, & Khoraskani, 2012)

Το BREAM, για το Ηνωμένο Βασίλειο, ανάλογα τον τύπο του κτιρίου που αξιολογεί, διαθέτει διαφορετικό σύστημα αξιολόγησης.

Για τα μη οικιστικά κτίρια : BREAM γραφείων, BREAM λιανεμπορίου, BREAM εργοστασίου, BREAM εκπαίδευσης, BREAM ιατρικών εγκαταστάσεων, BREAM δικαστηρίων, BREAM σωφρονιστικών ιδρυμάτων, BREAM άλλων κτιρίων.

Για τα οικιστικά κτίρια: BREAM Eco Homes (ανακαινίσεις), BREAM Eco Homes XB, BREAM, The code of Sustainable Home (νέα διαμερίσματα), BREAM πολυκατοικίες (π.χ. φοιτητικές εστίες), BREAM οικιστικής ανακαίνισης. (Rezaallah, Bolognesi, & Khoraskani, 2012)

Επίσης το πρόγραμμα BREAM International, για κτίρια εκτός Ηνωμένου Βασιλείου περιλαμβάνει τις ακόλουθες εκδόσεις: BREAM Gulf (για κτίρια του Περσικού κόλπου, BREAM Europe (για Ευρωπαϊκά κτίρια γραφείων και λιανικής), BREAM Communities (αστικός σχεδιασμός), BREAM International Bespoke (οποιοδήποτε τύπο κτιρίου) και BREAM In-Use (διάφορα υφιστάμενα κτίρια).

Οι δέκα κύριες κατηγορίες που λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση των πιστώσεων στο σύστημα αξιολόγησης βιωσιμότητας BREEAM 2011 είναι : Ενέργεια (Ene), Υλικά (Mat), Καινοτομία (Inn), Απόβλητα (Wst), Ρύπανση (Pol), Υγεία και ευεξία (Hea), Νερό (Wat), Μεταφορές (Tra), Διοίκηση (Ανθρωπος), Χρήση γης και Οικολογία (LE). (Rezaallah, Bolognesi, & Khoraskani, 2012)

«Οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε κάθε τεύχος ανάλογα με την απόδοσή τους και αθροίζονται για να δημιουργήσουν μια ενιαία συνολική βαθμολογία. Το κτίριο βαθμολογείται σε μια κλίμακα επιτυχίας, καλό, πολύ καλό ή εξαιρετικό. Η μέθοδος δεν είναι διαθέσιμη στο κοινό και περιλαμβάνει τη συμμετοχή της εταιρείας και των αδειοδοτημένων αξιολογητών. Ως εκ τούτου, το καθιστά λιγότερο φιλικό προς τον



χρήστη, καθώς η τροποποίηση μιας μεταβλητής από τον σχεδιαστή και η άμεση προεπισκόπηση του αποτελέσματος είναι αδύνατη. Οι παράμετροι που εμπλέκονται σε αυτή τη μέθοδο είναι πολύ πιο περιορισμένες από ορισμένες από τις άλλες που περιγράφονται και επίσης έχει εθνικό εύρος, καθώς αναφέρεται μόνο σε κτίρια του Ηνωμένου Βασιλείου και έχει παραμέτρους που δεν θα ληφθούν υπόψη σε άλλες χώρες». (Sinou & Kyvelou, 2006)

Όταν δεν πληρείται κάποια προϋπόθεση η βαθμολογία είναι μηδενική ενώ η διαβάθμιση για αυτές που πληρούνται είναι η ακόλουθη : 1) μη χαρακτηρισμένο < 30%, 2) περνάει  $\geq 30\%$  3) Καλά  $\geq 45\%$ , 4) Πολύ καλά  $\geq 55\%$ , 5) Έξοχα  $\geq 70\%$ , 6) Εξαιρετικά  $\geq 85\%$ .

«Το εργαλείο έχει σχεδιαστεί ως ένα γενικό πλαίσιο και απαιτεί προσαρμογές από τον χρήστη, ο οποίος αναμένεται να εισάγει τιμές βαρών, δείκτες αναφοράς και τιμές εκπομπών. Το σύστημα φέρει ένα ευρύ φάσμα θεμάτων που σχετίζονται με τον αειφόρο σχεδιασμό». (Sinou & Kyvelou, 2006)

---

Energy	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CO<sub>2</sub> emission</li> <li>2. Building envelope performance</li> <li>3. Drying space</li> <li>4. Eco labeled white goods</li> <li>5. External lighting</li> </ol>
Transport	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Public transport</li> <li>2. Cycle storage</li> <li>3. Local amenities</li> <li>4. Home office</li> </ol>
Pollution	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Insulation ODP and GWP</li> <li>2. NO<sub>x</sub> emissions</li> <li>3. Reduction of surface runoff</li> <li>4. Zero emission energy source</li> </ol>
Materials	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Timber: basic building elements</li> <li>2. Timber: finishing elements</li> <li>3. Recyclable materials</li> <li>4. Environmental impact of materials</li> </ol>
Water	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Internal water use</li> <li>2. External water use</li> </ol>
Land use and ecology	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ecological value of site</li> <li>2. Ecological enhancement</li> <li>3. Protection of ecological features</li> <li>4. Change of ecological value on site</li> <li>5. Building footprint</li> </ol>
Health and well being	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Daylighting</li> <li>2. Sound insulation</li> <li>3. Private space</li> </ol>

---

Πίνακας 27: Κατηγορίες αξιολόγησης Bream. Πηγή: (Sinou & Kyvelou, 2006)

### 3.4.5 BREAM vs LEED

Από μελέτη που διεξήχθη (Rezaallah, Bolognesi, & Khoraskani, 2012), η οποία σύγκρινε τα πρότυπα αξιολόγησης βιωσιμότητας των κτιρίων LEED και BREAM, εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τα κύρια χαρακτηριστικά και τις προϋποθέσεις που θέτουν. Ο Πίνακας 28 παρουσιάζει τη σύγκριση μεταξύ των δύο εργαλείων αξιολόγησης BREEM γραφείων και LEED – NC νέων κατασκευών και εκτεταμένων ανακαινίσεων. (Rezaallah, Bolognesi, & Khoraskani, 2012)

	BREEM	LEED
Assessment Method	BRE Environmental Method	Leadership in Energy And Environmental Design
Certification Body	BRE	USGBC
Launch	1990	1998
Number of categories	10	6
Main categories	Energy Materials Innovation Waste Pollution Health & well-being Water Transport Land Use and Ecology Management	Energy and Atmosphere Water Efficiency Sustainable Sites Materials and Resources Indoor Environment Quality Innovation & Design
Number of Criteria	76	43
Number of Mandatory Criteria	27	28
Weightings	For each individual category	No Weightings
Calculation style	In %	With Points
Result	Unclassified Pass Good Very good Excellent Outstanding	Certified Silver Gold Platinum

Πίνακας 28: BREAM vs LEED, σύγκριση των εργαλείων αξιολόγησης. Πηγή: (Rezaallah, Bolognesi, & Khoraskani, 2012)

Με βάση τα συμπεράσματα της μελέτης, το εργαλείο LEED παρουσιάζει μια απλότητα, ενώ το BREAM είναι πιο περίπλοκο και πιο ακριβές. Και τα δύο συστήματα αξιολόγησης βελτιώνονται και προσαρμόζουν τα κριτήρια τους ακολουθώντας τη νομοθεσία και τις βέλτιστες πρακτικές. Ο βασικός στόχος και των δύο προγραμμάτων είναι να προάγουν την περιβαλλοντική απόδοση των κτιρίων και το κυριότερο συμπέρασμα που εξάγεται από τη συγκεκριμένη έρευνα είναι, ότι «η πιστοποίηση πρέπει να γίνεται από το ειδικό πρόγραμμα πιστοποίησης της χώρας και

να είναι προσαρμοσμένο στις πολιτικές, νομοθετικές, κοινωνικές και κλιματικές συνθήκες κάθε χώρας». (Rezaallah, Bolognesi, & Khoraskani, 2012)

### **3.4.6 Συγκριτικά στοιχεία και συμπεράσματα σχετικά με έξι εργαλεία αξιολόγησης**

Μια μελέτη ανασκόπησης σχετικά με τα διαθέσιμα εργαλεία αξιολόγησης απόδοσης του κτιρίου (Sinou & Kyvelou, 2006), πραγματοποιήθηκε και παρουσιάστηκε, προκειμένου να ερευνηθούν τα γενικά χαρακτηριστικά τους. *«Οι μέθοδοι διερευνώνται ως προς τις γενικές παραμέτρους όπως η δυνατότητα εφαρμογής τους και επίσης ως προς τα κύρια περιβαλλοντικά ζητήματα που απασχολούν».* (Sinou & Kyvelou, 2006) Τα εργαλεία αξιολόγησης κτιρίου που συγκρίθηκαν είναι: HQE, VERDE, BREEAM, GBTool, LEED, GASBEE.

Σαν συμπέρασμα, αναφέρεται ότι, *«Η έρευνα έδειξε ότι καμία από τις μεθόδους δεν φαίνεται να ενσωματώνει όλες τις εμπλεκόμενες παραμέτρους. Ειδικά, οι οικονομικοί και κοινωνικοί παράγοντες καθώς και η άνεση, που είναι όλες σημαντικές παράμετροι που εμπλέκονται άμεσα στη βιωσιμότητα, αξιολογούνται μόνο από τα μισά από τα εργαλεία που παρουσιάζονται. Η εστίαση των μεθόδων φαίνεται να είναι σε ζητήματα που αφορούν την ενέργεια, το τοπίο, τους πόρους και την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος».* (Sinou & Kyvelou, 2006)

Γι αυτό προτείνεται, από τη συγκεκριμένη μελέτη, η δημιουργία ενός νέου εργαλείου, το οποίο θα είναι πληρέστερο σε παραμέτρους και θα αξιολογεί το κτίριο ως προς *«μια πιο συγκεκριμένη αρχιτεκτονική αξιολόγηση που θα ενημερωνόταν από την πολεοδομική μορφή, τη γεωμετρία του κτιρίου και άλλα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά»* (Sinou & Kyvelou, 2006), σε αντίθεση με τα προαναφερόμενα εργαλεία, τα οποία καθοδηγούν ως προς τη φάση του σχεδιασμού και γενικότερα τη βιωσιμότητα του κτιρίου. Για παράδειγμα αναφέρεται ότι, αν το HQE εμπλουτιζόταν με *«μεταφορικούς, κοινωνικούς και οικονομικούς παράγοντες, καθώς και θέματα υπηρεσιών, σχεδιασμού και λειτουργικότητας»*, θα μπορούσε να θεωρηθεί ένα πλήρες εργαλείο αξιολόγησης. (Sinou & Kyvelou, 2006). Παρατίθεται ο Πίνακας 29 με τα συγκριτικά στοιχεία που αντλούνται από την ερευνητική ανασκόπηση. (Sinou & Kyvelou, 2006)

	<i>Site</i>	<i>Indoor environment</i>	<i>Energy</i>
HQE	X	X	X
VERDE	X	X	X
BREEAM	X		X
GBTool	X	X	X
LEED	X	X	X
CASBEE	X	X	X
	<i>Materials resources</i>	<i>Water</i>	<i>Transport</i>
HQE	X	X	
VERDE	X	X	X
BREEAM	X	X	X
GBTool	X	X	
LEED	X	X	
CASBEE	X	X	
	<i>Health</i>	<i>Social</i>	<i>Economic</i>
HQE	X		
VERDE	X	X	X
BREEAM	X		
GBTool		X	X
LEED			
CASBEE			
	<i>Comfort</i>	<i>Management</i>	<i>Services</i>
HQE	X	X	
VERDE			X
BREEAM			
GBTool			
LEED			
CASBEE	X		X
	<i>Long term performance</i>	<i>Design aesthetics</i>	<i>Functionality</i>
HQE	X		
VERDE			
BREEAM			
GBTool	X		X
LEED		X	
CASBEE			

Πίνακας 29: Σύγκριση έξι εργαλείων αξιολόγησης. Πηγή: (Sinou & Kyvelou, 2006)

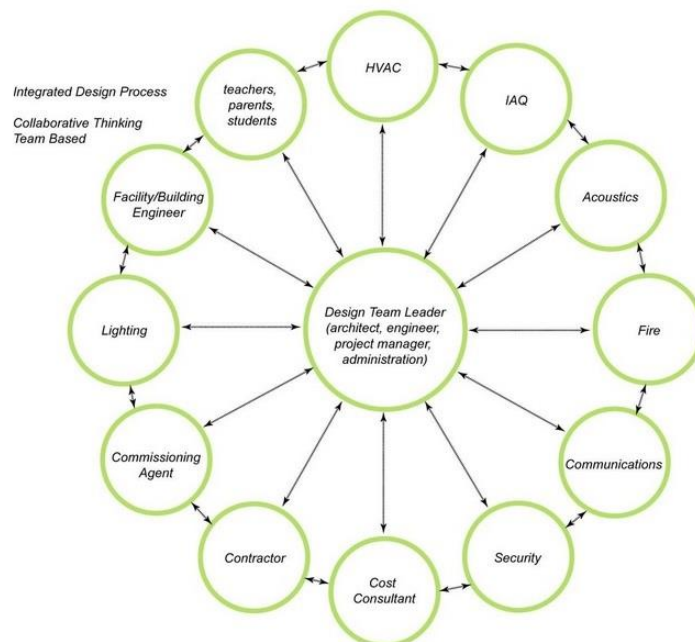
### 3.5 Ορθές στρατηγικές για την κατασκευή και αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων

Καθώς η διαχείριση πόρων μειώνονται σε συνάρτηση με την αύξηση του πληθυσμού της γης, είναι απαραίτητο να εξασφαλίσουμε την διατήρηση των οικοσυστημάτων του πλανήτη. Το σχολικό περιβάλλον δύναται να λειτουργήσει ως κέντρο ευαισθητοποίησης και ενημέρωσης της κοινωνίας και των μαθητών, προσφέροντας παραδείγματα σύνδεσης του φυσικού και του δομημένου περιβάλλοντος.

Τα σχολεία υψηλής ενεργειακής απόδοσης προσφέρουν στους μαθητές ένα υγιέστερο περιβάλλον, βελτιώνοντας την εκπαιδευτική διαδικασία και τη μάθηση. Επίσης βελτιώνουν την κατανάλωση ενέργειας, το κόστος λειτουργίας και του κύκλου ζωής. Αυτό θα είχε σαν αποτέλεσμα τη διοχέτευση οικονομικών πόρων, που θα ξοδεύονταν για την ενέργεια, στη συντήρηση των εγκαταστάσεων ενός υγιούς και φιλικού προς το περιβάλλον κτίριο. Υπάρχει η λανθασμένη εντύπωση ότι τα ενεργειακά κτίρια κοστίζουν περισσότερο σε σχέση με τις συμβατές κατασκευές. Αυτό όμως δεν ισχύει, αν αναλογιστεί κανείς ότι ο σχεδιασμός ενός κτιρίου που

λαμβάνει υπόψη το κλίμα και τον προσανατολισμό εξοικονομεί πολύ περισσότερα χρήματα, καθώς η ορθή χρήση του φυσικού φωτισμού μέσω της ορθής σχεδίασης ανοιγμάτων, θα μειώσει την κατανάλωση από φωτιστικά σώματα και η κατάλληλη μόνωση ανάλογα την τοποθεσία και το κλίμα, θα εξοικονομήσει χρήματα από την ψύξη και τη θέρμανση. Το ίδιο ισχύει και για άλλες στρατηγικές όπως η διαχείριση υδάτων. (ASHRAE, 2011)

Η επιλογή της ομάδας των μηχανικών που μελετούν την κατασκευή νέων κτιρίων ή την αναβάθμιση παλιών και τη μετατροπή τους σε κτίρια υψηλής ενεργειακής απόδοσης είναι ένας σημαντικός παράγοντας και η ομάδα πρέπει να εργάζεται με τον συγκεκριμένο στόχο, εκμεταλλευόμενοι όλα τα μέσα, τις στρατηγικές και την τεχνολογία που τους προσφέρεται που διαρκώς εξελίσσεται. Συγχρόνως με την επιλογή εγκαταστάσεων και στρατηγικών πρέπει να ελέγχει τις ανάσεις των χρηστών δηλ. ότι ικανοποιούνται επαρκώς οι ανάγκες τους κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα στο σχολικό περιβάλλον. Επίσης το προσωπικό της σχολικής εγκατάστασης πρέπει να είναι εκπαιδευμένο, ώστε να μπορεί να χειριστεί και να χρησιμοποιήσει τις εγκαταστάσεις του κτιρίου με το βέλτιστο και αποδοτικότερο τρόπο.



Διάγραμμα 5: Ολοκληρωμένη ομάδα σχεδιασμού κτιρίου υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Πηγή: (ASHRAE, 2011)

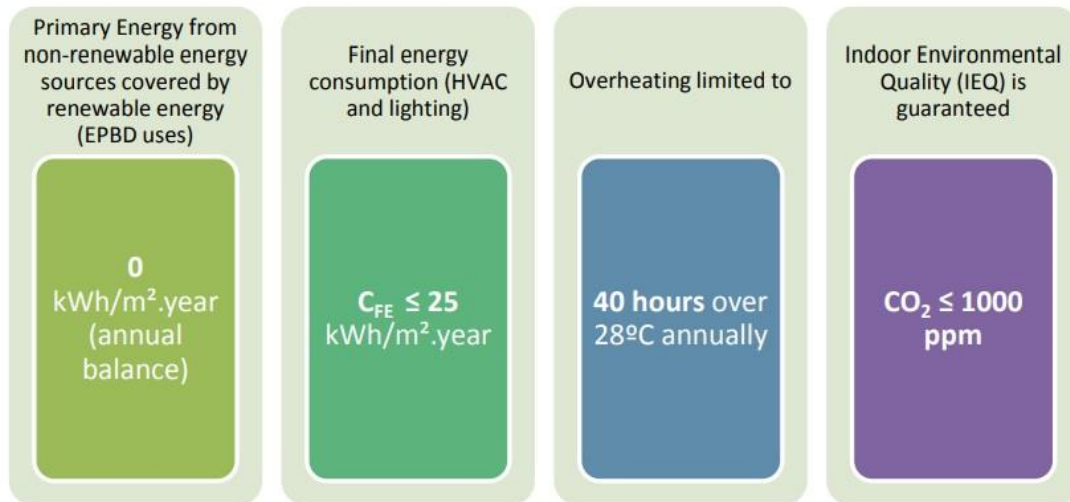
### 3.5.1 Οι στόχοι, τα κριτήρια και τα οφέλη της αειφορικής αναβάθμισης των σχολείων της Μεσογείου

Σχετικά με τους στόχους και τα οφέλη της αειφορικής αναβάθμισης, έχει συνταχθεί μια αναλυτική έκθεση – εργαλειοθήκη για τα σχολεία Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης της Μεσογείου. (ZEMedS, 2014), απ' όπου μπορούν οι σχεδιαστές ανακαινίσεων και αειφορικής αναβάθμισης σχολείων να βοηθηθούν αντλώντας στρατηγικές και να πάρουν αποφάσεις για όλα τα στάδια για το σκοπό αυτό.

**A) Οι στόχοι** της αειφορικής αναβάθμισης στα σχολικά κτίρια της Μεσογείου είναι οι εξής:

- Ένα σχολείο μηδενικής κατανάλωσης ή σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης είναι αυτό που το ενεργειακό του ισοζύγιο, είναι μηδέν για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό, αερισμό.
- Ένα σχολείο σχεδόν μηδενικής ενέργειας έχει μέγιστη τελική κατανάλωση ενέργειας έως 25 kWh/ m<sup>2</sup>/έτος. Η κατανάλωση για ψύξη, θέρμανση και εξαερισμό υπολογίζεται έως 20kWh/m<sup>2</sup>/έτος και για φωτισμό έως 5kWh/m<sup>2</sup>/έτος.
- Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος (IEQ) στα σχολικά κτίρια, πρέπει να είναι αναπόσπαστος στόχος απαραίτητα εξασφαλισμένος. Οι ειδικοί καλούνται να θέσουν τις προϋποθέσεις για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα σχετικά με τις βλαβερές ουσίες που ενδεχομένως να υφίστανται (φορμαλδεΐδη, σωματίδια PM) και για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος όπως θόρυβος, φωτισμός κλπ.
- Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα (IAQ) είναι ένας ακόμα σημαντικός στόχος και η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα στα σχολεία πρέπει να είναι χαμηλότερο από 1000ppm. CO<sub>2</sub> ≤ 1000ppm. Η επιτρεπόμενη συγκέντρωση πτητικών οργανικών ουσιών (VOCs) είναι VOCs < 5ppm και βλαβερών σωματιδίων PM<sub>10</sub> < 50μg/m<sup>3</sup> κατά μέσο όρο σε διάρκεια 24 ωρών.
- Στόχος της θερμοκρασίας λειτουργίας κατά την χειμερινή περίοδο τίθεται το όριο 19 – 21° C ενώ το μέγιστο όριο θερμοκρασίας είναι 25 – 27° C κατά την

καλοκαιρινή περίοδο και μόνο σε περίπτωση ανεπάρκειας των συστημάτων ψύξης. Τα όρια υπερθέρμανσης του κτιρίου στους 28° C είναι επιτρεπόμενα μόνο για 40 ημέρες συνολικά το χρόνο.  $T_{\text{air above } 28^{\circ}\text{C}} \leq 40 \text{ hours/year}$ . (ZEMedS, 2014).



Εικόνα 18: Οι στόχοι που καθορίζουν το nZEB κτίριο. Πηγή: (ZEMedS, 2014)

Στην Εικόνα 18 διακρίνονται συνοπτικά οι στόχοι που θέτει η έκθεση ZEMedS για την αναβάθμιση των σχολείων της Μεσογείου σε κτίρια μηδενικής κατανάλωσης.

**B) Τα βασικά κριτήρια** που καθορίζουν ένα σχολικό κτίριο μηδενικής κατανάλωσης είναι :

- Η χαμηλή απαίτηση κατανάλωσης που αφορά την θέρμανση του κτιρίου
- Η αποφυγή υπερθέρμανσης κατά τη θερινή περίοδο
- Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ)
- Η εξασφάλιση ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος (IEQ)
- Η ευαισθητοποίηση σχετικά με την διαχείριση των πόρων
- Η εκπαίδευση των χρηστών για τα οφέλη της αναβάθμισης
- Η αρχιτεκτονική της πόλης που βρίσκεται το σχολικό κτίριο

Στην Εικόνα 19 απεικονίζονται τα κριτήρια των σχολικών κτιρίων nZEB.



Εικόνα 19: Βασικά κριτήρια nZEB σχολικών κτιρίων της Μεσογείου. Πηγή (ZEMedS, 2014)

### Γ) Τα οφέλη της αειφορικής αναβάθμισης είναι

- Η εξοικονόμηση ενέργειας
- Η βελτίωση των συνθηκών περιβάλλοντος των εσωτερικών χώρων
- Η αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργεί η υπερθέρμανση
- Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής
- Η προσαρμογή στις κλιματικές συνθήκες
- Η συμμετοχή των εκπαιδευομένων σε δράσεις
- Η συμμετοχή των μελλοντικών γενεών
- Και η επίτευξη όλων των παραπάνω με το ελάχιστο κόστος.

Για παράδειγμα αναφέρεται ότι το 1€ επένδυσης στην αναβάθμιση κτιρίου σε ΚΣΜΚΕ αποδίδει οικονομικό όφελος 5€ κατά την λειτουργία του (ZEMedS, 2014)



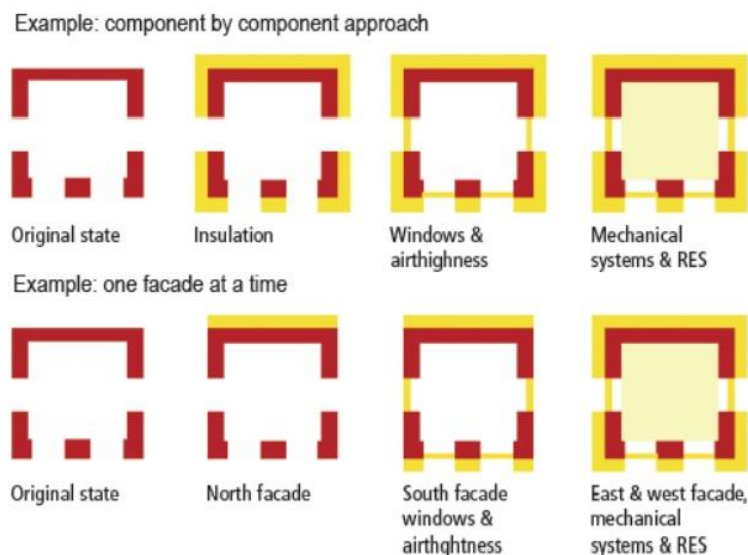
### 3.5.2.1 Τα βήματα για την ορθή αναβάθμιση

Τα πρώτα βήματα και οι στρατηγικές που αφορούν την ορθή ανακαίνιση του σχολικού κτιρίου και την αναβάθμιση του σε κτίριο μηδενικής κατανάλωσης και υγιές περιβάλλον για τους μαθητές, με βάση τον οδηγό αναβάθμισης των σχολείων της Μεσογείου είναι τα παρακάτω.

1) Πρώτο βήμα είναι ο προγραμματισμός του έργου, κατά τον οποίο συντάσσεται διεπιστημονική ομάδα συνεργασίας που θα θέσει στόχους και θα ελέγχει την πορεία τους. Επίσης επιλέγεται το κτίριο το οποίο θα αναβαθμιστεί.

2) Δεύτερο βήμα αποτελεί η μοντελοποίηση του κτιρίου, ώστε να πραγματοποιηθεί προσομοίωση της ενεργειακής του απόδοσης με λογισμικά που ηλεκτρονικής μοντελοποίησης πληροφοριών BIM, όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση απαιτεί μέσα από την οδηγία που έχει εκδώσει για τις δημόσιες συμβάσεις και ήδη ακολουθείται από πολλά κράτη-μέλη. (ZEMedS, 2014).

3) Είναι σημαντικό να αποφασιστεί αν η αναβάθμιση θα είναι «απλή» ή «εκτεταμένη». Μια απλή και μικρής έκτασης αναβάθμιση κτιρίου θα εξασφαλίσει 20% - 30% οικονομία στην ενεργειακή κατανάλωση. Ενώ μια πλήρης ή εκτεταμένη αναβάθμιση δύναται να εξασφαλίσει ακόμα και πάνω από 75% μειωμένη ενεργειακή κατανάλωση.



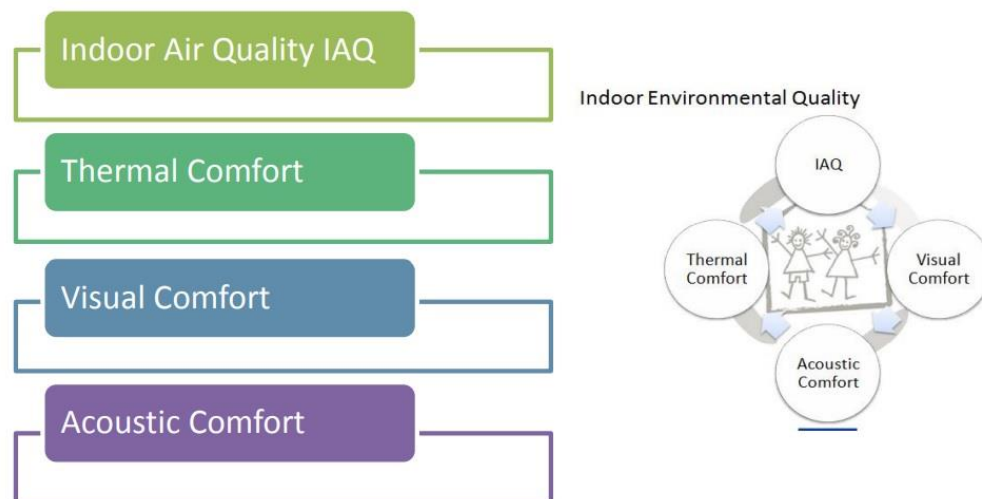
Εικόνα 20: Παραδείγματα εκτεταμένων αναβαθμίσεων κτιρίου, βήμα – βήμα Πηγή:(ZEMedS, 2014)

### 3.5.2.2 Οι προϋποθέσεις που εξασφαλίζουν τις κατάλληλες συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος των σχολείων

Ορίζονται συγκεκριμένες προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται μετά την αναβάθμιση του σχολικού κτιρίου και που από αυτές εξαρτάται αν η αναβάθμιση είναι επιτυχής. Επιπλέον προκειμένου να επιτευχθούν οι προϋποθέσεις και να θεωρηθεί επιτυχής η αειφορική αναβάθμιση του σχολικού κτιρίου ακολουθούνται στρατηγικές βελτίωσης που αναφέρονται στην εργαλειοθήκη αναβάθμισης για τα σχολικά κτίρια της Μεσογείου.

Η αναβάθμιση ενός σχολικού κτιρίου προϋποθέτει:

Την ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος (IEQ), η οποία περιγράφει τις συνθήκες του εσωτερικού χώρου και περιλαμβάνει α) την ποιότητα του αέρα του εσωτερικού χώρου, β) τη θερμική άνεση των χρηστών, γ) την οπτική άνεση και δ) την ακουστική άνεση των χρηστών. (ZEMedS, 2014) Εικόνα 21.



Εικόνα 21: Ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου. Πηγή: (ZEMedS, 2014)

α) Οι μαθητές περνούν το 12% του χρόνου τους στο σχολικό περιβάλλον, την ίδια στιγμή αναπνέουν πολύ περισσότερο αέρα, αναλογικά με το βάρος τους, σε σχέση με τους ενήλικες και είναι πιο ευάλωτοι στους ρύπους, είναι σε φάση ανάπτυξης, δραστηριοποιούνται έντονα και η μαθησιακή τους απόδοση εξαρτάται κατά πολύ από τις συνθήκες του εσωτερικού χώρου. Η ποιότητα του αέρα του εσωτερικού χώρου (IAQ) πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμού αναβάθμισης του σχολικού κτιρίου, καθώς ο εσωτερικός αέρας είναι πέντε φορές πιο μολυσμένος από τον αέρα της υπαίθρου, λόγω: της χρήσης χημικών ουσιών, της ανάπτυξης υγρασίας, της περιεκτικότητας του αέρα σε βλαβερές ουσίες και της έλλειψης επαρκούς εξαερισμού. (ZEMedS, 2014).

β) Ένα υγιές περιβάλλον που ο χρήστης δεν νιώθει ότι κρυώνει, ούτε νιώθει πως ζεσταίνεται, είναι ένα περιβάλλον που προσφέρει θερμική άνεση. Η θερμοκρασία, η κυκλοφορία του αέρα, η δραστηριότητα, ο ρουχισμός και η υγρασία στο χώρο, καθορίζουν τη θερμική άνεση που πρέπει να παρέχεται στους μαθητές. Η θερμοκρασία του χώρου προκύπτει από τη θερμοκρασία του αέρα και από τη θερμοκρασία των εξωτερικών τοίχων. Οι ψυχροί τοίχοι που δεν έχουν μονωθεί επαρκώς, προσδίδουν χαμηλή θερμοκρασία στο χώρο και δυσφορία τους μαθητές. Η ικανοποιητική θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα ορίζεται από 20°C και πάνω και η σχετική υγρασία 30% - 40%. Αν η σχετική υγρασία είναι χαμηλότερη από το όριο αυτό, στεγνώνει την αναπνευστική οδό κι αν είναι υψηλότερη του 80% προάγει την ανάπτυξη μικροοργανισμών. (ZEMedS, 2014)

γ) Η οπτική άνεση εξασφαλίζεται από το φυσικό φωτισμό και από τα πρόσθετα φωτιστικά σώματα. Ο ανεπαρκής φωτισμός απαιτεί υπερπροσπάθεια των ματιών των μαθητών με αποτέλεσμα να προκαλούνται πονοκέφαλοι ή προβλήματα όρασης. Ανάλογα δυσάρεστα αποτελέσματα δημιουργεί ο υπερβολικός φωτισμός. Τα παιδιά που είναι σε ηλικία ανάπτυξης είναι ευάλωτα στον ακατάλληλο φωτισμό με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα υγείας. Μέσα από μελέτες αντλούνται πληροφορίες σχετικά με την αποδοτικότητα των μαθητών και την ποιότητα των επίπεδων φωτισμού, που συμπεραίνουν ότι σε περιβάλλον με βελτιωμένο φωτισμό αυξάνεται η συγκέντρωση, η κριτική σκέψη και η μνήμη τους.

δ) Η ακουστική άνεση πρέπει να εξασφαλίζεται, χωρίς να δεσμεύεται από το κόστος κατασκευής ή το κόστος κατανάλωσης ενέργειας. Επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες για αυτό και το άνοιγμα παραθύρων για εξαερισμό της τάξης είναι πιθανό να δημιουργήσει δυσφορία στους μαθητές και εμπόδια στη διεξαγωγή της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Έχει αποδειχθεί ότι η ακοή και η παρακολούθηση είναι αλληλένδετες έννοιες κατά τη διάρκειά της μαθησιακής διαδικασίας για τους μαθητές. Επιπλέον η ακουστική άνεση εξασφαλίζει μαθησιακή ικανότητα σε μαθητές με αναπηρίες και με γλωσσικές δυσκολίες.

Τα ορθά όρια και οι δείκτες που εξασφαλίζουν τις προαναφερθείσες ανέσεις καθορίζονται από νομοθετικό πλαίσιο και τη σχετική Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 και σχετικά με τον φωτισμό καθορίζονται από την οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021.

### 3.5.2.3. Οι πρακτικές που εξασφαλίζουν τις κατάλληλες συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος των σχολείων

α) Για την εξασφάλιση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα (IAQ) μπορούν χρησιμοποιηθούν υλικά που δεν εκπέμπουν ρύπους, τοξικές οσμές και πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) ως υποχρέωση για την προμήθειά τους. Ο φυσικός αερισμός δύναται να εξασφαλίσει καλή ποιότητα αέρα, όταν το εξωτερικό περιβάλλον δεν είναι θορυβώδες ή μολυσμένο και δεν «απειλεί» την θερμική άνεση. Ο μηχανικός αερισμός μπορεί να συνδυαστεί με την παροχή θερμού αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον. Η χρήση αυτοματοποιημένων ελεγχόμενων παραθύρων αποτελούν μια εφικτή λύση για τα σχολεία της Μεσογείου. (ZEMedS, 2014)

α.1) Στις ιδιαίτερες συνθήκες εξάπλωσης κάποιου ιού σε μορφή πανδημίας, όπως η εξάπλωση του COVID – 19, πραγματοποιούνται μελέτες διαχείρισης στο σχολικό περιβάλλον και διοργανώνονται εκστρατείες ενημέρωσης για τους σχολικούς φορείς, τους μαθητές και τους γονείς. Ο συγχρωτισμός στους εσωτερικούς χώρους των αιθουσών με την μη ορθή εφαρμογή μάσκας, η μη τήρηση αποστάσεων και τα μαθήματα που περιέχουν δραστηριότητες που αυξάνουν την εκπομπή σταγονιδίων (όπως τραγούδι & φωνές), δυσχεραίνουν τη διαχείριση της εξάπλωσης του ιού. Για την ορθή διαχείριση η United States – Environmental Protection Agency (EPA) συνιστά *«την αύξηση του αερισμού με εξωτερικό αέρα και φιλτράρισμα αέρα ως σημαντικά στοιχεία μιας ευρύτερης στρατηγικής που μπορεί να περιλαμβάνει τη φυσική απόσταση, τη χρήση υφασμάτινα καλύμματα προσώπου ή μάσκες, καθαρισμός επιφανειών, πλύσιμο χεριών και άλλες προφυλάξεις»*. (EPA, 2021)

β) Η θερμική άνεση επιτυγχάνεται μέσω της μόνωσης της εξωτερικής τοιχοποιίας και του εξαερισμού. Καθώς κατά την κατασκευή νέων κτιρίων χρησιμοποιούνται μονώσεις με υψηλές προδιαγραφές, ένα θέμα που πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι η υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου στα σχολεία της Μεσογείου, πρόβλημα που μπορεί να λυθεί ελέγχοντας την θερμική άνεση κατά τη λειτουργία του κτιρίου και το νυχτερινό δροσισμό κατά τους θερινούς μήνες. (ZEMedS, 2014)

Μελέτη περίπτωσης που πραγματοποιήθηκε σε σχολείο της Νότιας Ιταλίας, κατασκευασμένο μεταξύ 1920-1930, κατά την οποία ερευνήθηκε η θερμική άνεση, με χρήση σύγχρονων οργάνων μέτρησης της υφιστάμενης κατάστασης κατέληξε σε χρήσιμα συμπεράσματα για τη στρατηγική βελτίωσης της θερμικής άνεσης. Η αντικατάσταση των συστημάτων θέρμανσης, η αντικατάσταση των παραθύρων με

ενεργειακά και η τοποθέτηση μηχανοκίνητου συστήματος σκίασης σε συνδυασμό με τοποθέτηση κουρτινών και σκίαση με δέντρα ανάλογα τον προσανατολισμό, καθώς επίσης η τοποθέτηση ανακλαστικών πάνελ πίσω από τα καλοριφέρ, αποτελούν σημαντικές βελτιώσεις σχετικά με τη θερμική άνεση του κτιρίου. (Lassandro, Cosola, & Tundo, 2015)

γ) Προκειμένου να εξασφαλιστεί η οπτική άνεση των μαθητών θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο φυσικός φωτισμός και η εισχώρηση του στις αίθουσες. Αναλόγως πρέπει να συνδυαστεί με τον φυσικό φωτισμό και η χρήση τεχνητού φωτισμού. Έτσι προτείνεται οι θέσεις των μαθητών να είναι παράλληλες με το φυσικό φωτισμό, οι οθόνες των υπολογιστών να είναι παράλληλες με τα παράθυρα, δηλαδή οι μαθητές να μην έχουν την πλάτη τους στα παράθυρα. Πρέπει να μειωθεί η ανακλαστικότητα από υλικά και επιφάνειες όπως επίσης και το τρεμπαιγμα των λαμπτήρων φθορισμού. (ZEMedS, 2014) Έχουν διεξαχθεί μελέτες περίπτωσης που συνδυάζουν το φυσικό φωτισμό με τον τεχνητό φωτισμό με στόχο την οπτική άνεση των μαθητών, την ορθή χρήση του φυσικού φωτισμού και του τεχνητού φωτισμού προκειμένου εκτός από την άνεση να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας για τεχνητό φωτισμό, που υπολογίζεται στο 20% της συνολικής κατανάλωσης. Εξάχθηκαν σχετικά συμπεράσματα που αναφέρουν ότι η συντήρηση του εσωτερικού και των συστημάτων φωτισμού όπως ο καθαρισμός των παραθύρων, η σωστή λειτουργία των συστημάτων σκίασης και η χρήση βαφών με χρώματα υψηλής αντανάκλασης, επιτρέπουν τη διάχυση του φωτός. (Pellegrino, Cammarano, & Savio, 2015)

Παρατηρείται ότι στις σχολικές αίθουσες της Ελλάδας καταναλώνεται σχεδόν 50% της συνολικής ενέργειας λειτουργίας ολόκληρου του σχολείου, σε σχέση με τις υπόλοιπες αίθουσες, γραφεία εργαστήρια κλπ. Επιστημονική έρευνα μέσω μελέτης περίπτωσης σε αίθουσες ελληνικών σχολείων, που πραγματοποιήθηκε με στόχο την μείωση κατανάλωσης ενέργειας με τη χρήση φωτοαισθητήρων (δύο περιπτώσεων κεντρικού και πολλαπλών αισθητήρων), σε τυπική σχολική αίθουσα ελληνικού σχολείου, με έμφαση στην παροχή συνεχούς ρεύματος (DC) φωτιστικών LED έδειξε ότι : η επάρκεια φωτισμού είναι πιο ικανοποιητική με τους πολλαπλούς αισθητήρες φωτισμού και σε συνδυασμό με ένα φωτιστικό DC, έχει ως αποτέλεσμα την κατανάλωση να φτάνει σε τιμές LENI 0,55 – 0,66 kWh<sub>e</sub> /m<sup>2</sup> με μέγιστη κατανάλωση ενέργειας 34,2kWh<sub>e</sub> /m<sup>2</sup>. Άρα η σπατάλη στα ελληνικά σχολεία φτάνει το 98,25 % και το οικονομικό όφελος μπορεί να είναι έως και 36.154.367€. Θα πρέπει να μελετηθεί η ανάπτυξη δικτύου χαμηλής τάσης, με τα φωτιστικά να συνδέονται με

χρήση ΑΠΕ – φωτοβολταϊκών και σε συνδυασμό με τα συστήματα σκίασης, θα υπάρχουν ικανοποιητικά επίπεδα κατανάλωσης. (Doulos, Kontadakis, Madias, Sinou, & Tsangrassoulis, 2019)

Η μελέτη φωτισμού και η εφαρμογή της, θα παρέχει το επιθυμητό και ορθό αποτέλεσμα, για την αίθουσα διδασκαλίας και για τους υπόλοιπους χώρους του σχολείου. Ζητούμενα είναι : η ομοιομορφία του φωτισμού, η κατάλληλη φωτεινότητα, ο ορθός δείκτης λαμπρότητας, κατάλληλες συνθήκες αντιθέσεων και το σωστό χρώμα φωτισμού. Ανάλογα τη χρήση του χώρου και τη δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα, οι απαιτήσεις και οι δείκτες αλλάζουν, για παράδειγμα σε μια αίθουσα μελέτης οι απαιτήσεις αλλάζουν, σε σχέση με μια αίθουσα υπολογιστών ή χειροτεχνίας. (ZEMedS, 2014)

δ) Για την επίτευξη της ακουστικής άνεσης, κατά τη διάρκεια μιας εκτεταμένης ανακαίνισης του σχολικού κτιρίου είναι πιθανό να χρειαστεί νέα εσωτερική διαρρύθμιση και διάταξη των αιθουσών στην κάτοψη. Δύναται να τοποθετηθούν ηχοαπορροφητικά και μονωτικά υλικά, προκειμένου να επιτευχθεί ακουστική άνεση στις σχολικές αίθουσες.

Έρευνα μελέτης περίπτωσης που έλαβε χώρα σε υφιστάμενα σχολεία της Ιταλίας, στο πλαίσιο της ανάπτυξης μεθόδων και εργαλείων για την εύκολη μετατροπή των υφιστάμενων σχολείων σε «πράσινα σχολεία», εξέτασε την υπάρχουσα ακουστική άνεση και την βελτίωση της. Χρησιμοποιήθηκαν σύγχρονα εργαλεία μέτρησης και συντάχθηκαν συμπεράσματα που μπορούν να φανούν χρήσιμα σχετικά με την ακουστική άνεση μαθητών και δασκάλων στη σχολική αίθουσα. Το καλό ακουστικό περιβάλλον επιτυγχάνεται όταν μειώνεται ο θόρυβος από εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες, ενώ εξασφαλίζεται επίσης βελτιώνοντας την ακουστική και του χώρου με στόχο την κατανόηση της επικοινωνίας. Εξετάστηκε η ηχομόνωση, η ακουστική της ομιλίας και ο θόρυβος. (Puglisi, και συν., 2015)

### **3.6 Στρατηγικές Παθητικών σχολικών κτιρίων**

Στην περίπτωση των σχολικών κτιρίων, οι δημόσιες δαπάνες για την κατανάλωση ενέργειας και την συντήρηση των συστημάτων τους καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους, θα μπορούσαν να ελαχιστοποιηθούν, αναβαθμίζοντας τα, αξιοποιώντας τις παθητικές στρατηγικές που μειώνουν τη ζήτηση κατανάλωσης ενέργειας και τη

χρήση μηχανολογικών εγκαταστάσεων, με προσιτό κόστος. Επιπλέον το οικονομικό όφελος που προκύπτει από τη μείωση δαπανών, μπορεί να διατεθεί με διαφορετικό τρόπο στη σχολική κοινότητα με άμεσο εκπαιδευτικό αντίκτυπο.

Η ανακαίνιση με στρατηγικές παθητικού σχεδιασμού αναλύονται σε μελέτη για τα σχολικά κτίρια της Νότιας Ισπανίας, στα πλαίσια ενός περιφερειακού προγράμματος για την ανακαίνιση και τον εκσυγχρονισμό τους με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης, με τις πρακτικές παθητικής ανακαίνισης για τη βελτίωση του κελύφους (μόνωση, σκίαση και υαλοπίνακες). (Gil - Baez, Barrios Badura, & Molina Huelva, 2017)

*«Τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια μπορούν να ταξινομηθούν σε παθητικά μέτρα ή ενεργητικά μέτρα. Μελετήθηκαν τόσο μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας (ECM) όσο και παθητικά μέτρα που επικεντρώθηκαν στο κέλυφος του κτιρίου. Τα ECM περιλαμβάνουν ενέργειες, όπως ηλεκτρικό φωτισμό, εξοπλισμό, θέρμανση, εξαερισμό και κλιματισμό (HVAC), ζεστό νερό υγιεινής κ.λπ., προσανατολισμένες στη χρήση σύγχρονων εγκαταστάσεων και εξοπλισμού με υψηλότερη απόδοση και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, ενώ οι παθητικές ενέργειες είναι προσανατολισμένες προς την ενίσχυση της βιωσιμότητας μέσω της μείωσης της ενεργειακής ζήτησης καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του κτιρίου».* (Gil - Baez, Barrios Badura, & Molina Huelva, 2017)

Μελέτη που πραγματοποιήθηκε για σχολικό κτίριο της Βόρειας Ιταλίας, κατασκευασμένο την δεκαετία του εξήντα, που επικεντρώθηκε στη μείωση κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, με την εφαρμογή παθητικών στρατηγικών, όπως η τοποθέτηση νέων κουφωμάτων, η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων και η ενίσχυση της μόνωσης του κελύφους, είχε ως αποτέλεσμα της μείωση κατανάλωσης ενέργειας κατά 81%. Επίσης η σκίαση όπως έχει αποδειχθεί από μελέτες δύναται να μειώσει τις ανάγκες ψύξης έως και 40%. Σε θερμότερες χώρες όπως η Αίγυπτος αποδείχθηκε ότι, ενώ τα μηχανικά μέσα ψύξης κατανάλωναν ηλεκτρική ενέργεια, η ενίσχυση της μόνωσης του περιβλήματος του κτιρίου, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης κατά 15%. (Gil - Baez, Barrios Badura, & Molina Huelva, 2017).

Είναι απόλυτα αποδεκτό και τονίζεται στο σύνολο των μελετών που ερευνήθηκαν, ότι οι βασικοί παράγοντες που σχετίζονται με την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου και που είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη είναι, η τοποθεσία, τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής, ο προσανατολισμός του κτιρίου, οι μήνες και οι ώρες χρήσης του κτιρίου.

Τα παθητικά μέσα που χρησιμοποιήθηκαν και αναφέρονται στη μελέτη των Baez, Badura & Hueva είναι η ηλιακή προστασία παραθύρων, ο εξωτερικός θόλος, η φύτευση, η εξωτερική θερμομόνωση, οι υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low-e υαλοπίνακες), η εξωτερική μόνωση οροφής, η εσωτερική μόνωση οροφής, η εξωτερική αεριζόμενη πρόσοψη, η εξωτερική προκατασκευασμένη μη αεριζόμενη πρόσοψη, ο αφαιρούμενος υφασμάτινος θόλος (RTC). Στο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε εισήχθησαν, η κλιματική ζώνη του κτιρίου, η χρήση και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των υλικών και ο συντελεστής U ( $W / m^2K$ ). (Gil - Baez, Barrios Badura, & Molina Huelva, 2017)

Τα συμπεράσματα που αντλούνται από τη συγκεκριμένη έρευνα είναι πολύ σημαντικά για την εφαρμογή στα σχολικά κτίρια, που βρίσκονται σε χώρες με ήπιο μεσογειακό κλίμα, με επεμβάσεις κυρίως στο κέλυφος και «*περιέχει ένα σύνολο σχετικά εύχρηστων μέτρων ανακαίνισης καθώς και τον εκτιμώμενο αντίκτυπό τους στη μείωση της ζήτησης ενέργειας σε περιφερειακό πρόγραμμα ανακαίνισης υφιστάμενων σχολικών κτιρίων*». (Gil - Baez, Barrios Badura, & Molina Huelva, 2017) Η ζήτηση ενέργειας για θέρμανση είναι υψηλότερη από τη ζήτηση για ψύξη, λόγω της χρονικής περιόδου λειτουργίας του σχολείου, αλλά και λόγω του ωραρίου λειτουργίας του. Οι εφαρμογές των μέσων που επιλέχθηκε, είχε σημαντική εξοικονόμηση της σπατάλης ενέργειας και της εκπομπής CO<sub>2</sub>. Η εξοικονόμηση ενέργειας στη θέρμανση είναι 14,4% και στην ψύξη 15,9% και είναι πολύ σημαντική, αν οι ίδιες εφαρμογές εφαρμοστούν στο σύνολο των σχολικών κτιρίων της Ανδαλουσίας και κατ' επέκταση στις υπόλοιπες Μεσογειακές χώρες. Η μείωση εκπομπής CO<sub>2</sub> υπολογίζεται σε 9,2 τόνους ανά έτος και είναι κατανοητό ότι στα υπολογιζόμενα 30 χρόνια λειτουργίας ενός κτιρίου το όφελος είναι 275 τόνοι CO<sub>2</sub>. Συνεπώς το όφελος για το περιβάλλον από το σύνολο των σχολικών κτιρίων είναι πολύ σημαντικό και σε περίπτωση ανακαίνισης των 4050 σχολικών κτιρίων της Ανδαλουσίας που χτίστηκαν πριν το 2000, το όφελος εκπομπών CO<sub>2</sub> υπολογίζονται σε 36.950 τόνους. Ως εκ τούτου η μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> μετά από ανάλογη ανακαίνιση του συνόλου των σχολικών κτιρίων της Μεσογείου εκτιμάται στους 23,8 εκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub> κατά τη διάρκεια λειτουργίας των κτιρίων για τριάντα χρόνια. (Gil - Baez, Barrios Badura, & Molina Huelva, 2017)

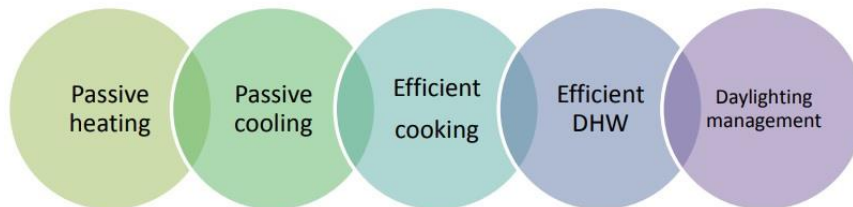
Στο κτίριο αναφοράς της μελέτης περίπτωσης της παρούσας εργασίας, θα εκτιμηθεί η αναγκαιότητα χρήσης των μηχανολογικών συστημάτων ψύξης και θέρμανσης, θα γίνει προσπάθεια χρήσης της μέχρι τώρα γνώσης γύρω από τις



στρατηγικές παθητικού κτιρίου στο μέγιστο βαθμό, ώστε να μειωθεί η σπατάλη ενέργειας.

### 3.7 Η μείωση της ζήτησης ενέργειας στα σχολεία

Η ολιστική αναβάθμιση του σχολικού κτιρίου που περιλαμβάνει τη βελτίωση του κελύφους, της στέγης, του υπογείου των θερμικών γεφυρών και των ανοιγμάτων, προβλέπει και την αντικατάσταση των υφιστάμενων ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, όπως ο λέβητας προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας. Είναι σημαντικό η αναβάθμιση του σχολικού κτιρίου να διέπεται από στρατηγικές παθητικής θέρμανσης και ψύξης, μείωσης της κατανάλωσης από το μαγείρεμα γευμάτων και της ορθής διαχείρισης του φυσικού φωτισμού.



Εικόνα 22: Στρατηγικές παθητικής αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων. Πηγή: (ZEMedS, 2014)

Στη συνέχεια μπορούν να ενσωματωθούν ενεργειακά αποδοτικά συστήματα, που τροφοδοτούνται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ειδικά στις Μεσογειακές χώρες, που η ηλιακή ενέργεια έχει υψηλό δυναμικό και για αυτό το λόγο ενδείκνυνται τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Είναι απαραίτητο να μελετηθούν η οροφή, η σκίαση των ανοιγμάτων, η σκίαση στον αύλειο χώρο, προκειμένου να αξιοποιηθούν σε όλα τα πλεονεκτήματα της προϋπάρχουσας γνώσης, τα νέα εξελιγμένα υλικά που ωφελούν για το σκοπό που μελετάμε και οι νέες τεχνολογίες. Όπως για παράδειγμα, τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (BMS) που ελέγχει τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτιρίου, μέσω υπολογιστή όπως θέρμανση, ψύξη, αερισμός, φωτισμός.

Με βάση τα κριτήρια, που έχουν προαναφερθεί, πρέπει να εφαρμοστούν οι κατάλληλες στρατηγικές ώστε να εξασφαλιστεί η επιτυχής ενεργειακή αναβάθμιση ενός σχολικού κτιρίου της Μεσογείου, που θα έχουν ως αποτέλεσμα: τη μείωση κατανάλωση ενέργεια που αφορά τη θέρμανση του κτιρίου, την αποφυγή υπερθέρμανσης κατά τη θερινή περίοδο με την εφαρμογή παθητικών στρατηγικών ψύξης (σκίαση, δροσερή οροφή, νυχτερινός δροσισμός), τη βελτίωση του φυσικού αερισμού, τη χρήση φωτιστικών χαμηλής κατανάλωσης και ηλεκτρικών συσκευών

και εξοπλισμού χαμηλής κατανάλωσης A++, τη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την κάλυψη της κατανάλωσης ενέργειας που απαιτούνται για τις λειτουργικές ανάγκες, την ευαισθητοποίηση σχετικά με την διαχείριση των πόρων, την εκπαίδευση των χρηστών για τα οφέλη της αναβάθμισης και να ληφθεί υπόψη η αρχιτεκτονική της πόλης που βρίσκεται το σχολικό κτίριο. (ZEMedS, 2014). Αυτά είναι τα κριτήρια που θέτουμε για την αειφορική αναβάθμιση της μελέτης περίπτωσης του 30<sup>ου</sup> & 145<sup>ου</sup> Νηπιαγωγείου Αθηνών, προκειμένου να αναβαθμίσουμε το συγκεκριμένο κτίριο στο μέγιστο.

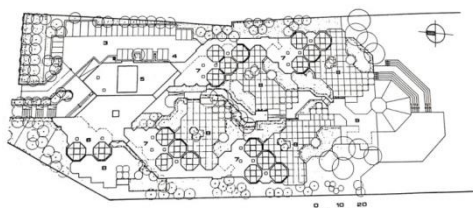
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΟ 30° & 145° ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

### 4.1 Γενικά χαρακτηριστικά κτιρίου μελέτης

#### 4.1.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή

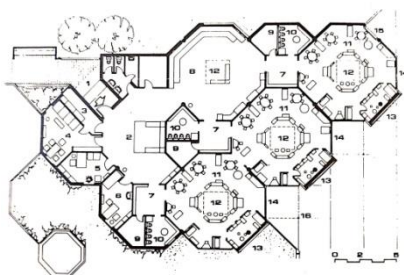
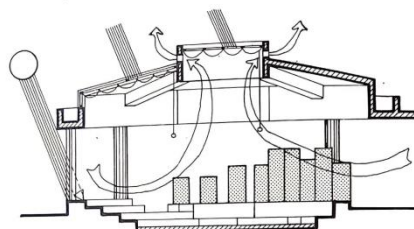
Το κτίριο της μελέτης περίπτωσης που πραγματεύεται η παρούσα εργασία, έχει ως βασικό χαρακτηριστικό του την κάτοψη οκτάγωνο.

Α. Το 1981-1982 μελετήθηκε και 1983-1984 κατασκευάστηκε ο παιδικός σταθμός του Α. Τομπάζη στο Χολαργό, δυναμικότητας 300 νηπίων και 40 βρεφών. Σε οικόπεδο 22.000m<sup>2</sup> έχουν δημιουργηθεί έξι ανεξάρτητες μονάδες, γύρω από μία κεντρική αυλή στα νότια και επικοινωνούν με ένα κεντρικό διάδρομο. Η συνολική επιφάνεια των κλειστών χώρων καταλαμβάνουν 3.000 m<sup>2</sup>. Η κάθε μονάδα περιλαμβάνει τρεις οκταγωνικές τάξεις των 24 παιδιών, ένα χώρο ομαδικών παιχνιδιών, χώρο υποδοχής και χώρους προσωπικού και δική της αυλή για παιχνίδια αναρρίχησης, άμμο και νερό, υπόστεγη γωνιά και πράσινος χώρος. Καθότι ο παιδικός σταθμός σχεδιάστηκε με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, χρησιμοποιήθηκαν παθητικά συστήματα και στρατηγικές.

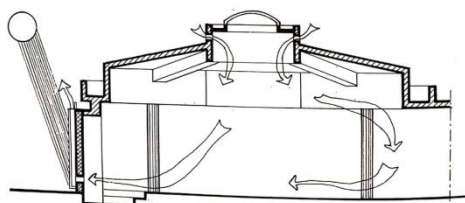


Εικόνα 23.: Ο παιδικός σταθμός του Α. Τομπάζη στο Χολαργό. Πηγή : Κ.Α.Π.Ε.

Οι εξωτερικοί τοίχοι, η στέγη και τα δάπεδα έχουν μονωθεί με βάση τον κανονισμό. Τα κουφώματα είναι μεταλλικά με διπλά τζάμια, με κουρτίνες στους φεγγίτες και στους φεγγίτες οροφής έχουν τοποθετηθεί ανακλαστές και το καλοκαίρι τα ανοίγματα στο νότο προστατεύονται από οριζόντιες τέντες. Στις τάξεις έχουν τοποθετηθεί τοίχοι Trombe Νοτιοανατολικά και Νοτιοδυτικά, οι οποίοι το καλοκαίρι προστατεύονται με κατακόρυφες τέντες. Έχουν τοποθετηθεί θερμοσιφωνικά πάνελα προς τα Ν.Α. και Ν.Δ. Έχει προβλεφθεί φυσική ψύξη με διαμερή αερισμό και ανεμιστήρες οροφής και θέρμανση με λέβητα πετρελαίου με ενδοδαπέδιο σύστημα ζεστού νερού. Στη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου συνυπολογίστηκε η συνεισφορά θερμότητας από τη δραστηριότητα των παιδιών.



Β.

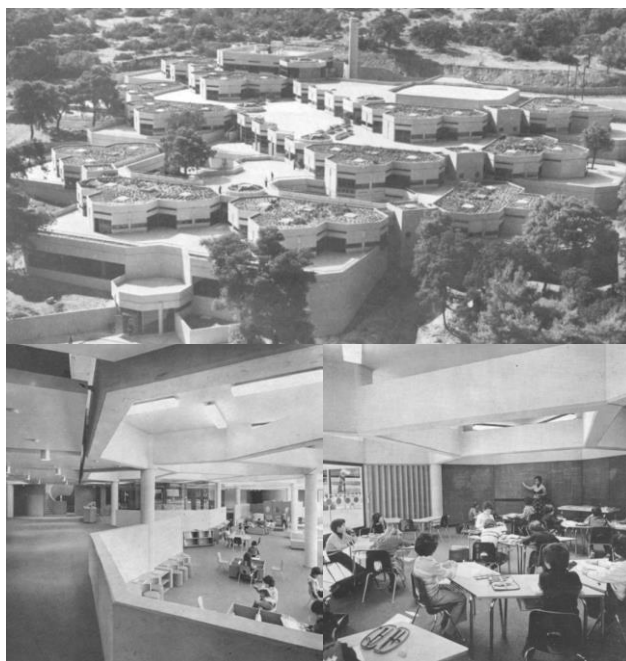


Εικόνα 24: Ο παιδικός σταθμός του Α. Τομπάζη στο Χολαργό. Πηγή : Κ.Α.Π.Ε.

С. Με μια ακόμα ματιά στο παρελθόν βρίσκουμε ένα σημαντικό έργο που μελετήθηκε από τους Perkins & Will Architects σε συνεργασία με τον Αλ. Τομπάζη την περίοδο 1972-1974, για το Κολλέγιο Αθηνών. Το σύνολο των κτιρίων οκταγωνικών κατόψεων, προοριζόταν για 1000 μαθητές και βρίσκεται στην Κάντζα Αττικής.

«Τόσο το εμπλουτισμένο κτιριολογικό πρόγραμμα<sup>125</sup> όσο και οι βασικές αρχές του σχεδιασμού, καθορίζονται σε στενή συνεργασία με εκπαιδευτικούς του Κολλεγίου και συζητούνται με ομάδες μαθητών. Η μελέτη αφορά στη δημιουργία ενός χώρου ρευστού και ευέλικτου, όπου οι διάφοροι επιμέρους χώροι αποκτούν χωρική ισοτιμία και οπτική επικοινωνία, με στόχο την κατάργηση των διαχωριστικών πετασμάτων και

τη μελλοντική ενοποίησή τους ανάλογα με τις εκάστοτε εκπαιδευτικές ανάγκες». (Τζαχρήστα & Φελέκη , 2013) Η συγκεκριμένη πρωτοποριακή μελέτη, προτείνει την ενοποίηση των αιθουσών, που αυτή η ενοποίηση θα εξυπηρετούσε σε μελλοντικές εκπαιδευτικές μεθόδους. Δημιουργήθηκαν οκταγωνικές κατόψεις ομαδοποιημένες ανά τρεις, με δυνατότητα επέκτασης στις τρεις πλευρές.



Εικόνα 25: Κολλέγιο Αθηνών Αρχιτέκτονες; Α. Τομπάζης, Perkins & Will. Πηγή : (Τζαχρήστα & Φελέκη , 2013)

Γ. Το συγκεκριμένο σχήμα κάτοψης σε κτίριο εκπαίδευσης, το συναντάμε στο Γυμνάσιο & Λύκειο Λαγκαδά κι μελετηθεί 1966 -1967, έτος αποπεράτωσης 1970, από τους αρχιτέκτονες Βασίλη Γιαννάκη και Δημήτρη Φατούρο. « Η πεδιάδα και η λίμνη Λαγκαδά διαμορφώνουν ένα οριζόντιο τοπίο. Η σχέση τοπίου και έργου που προτείνει η μελέτη είναι η οριζόντια επανάληψη». (Αρχιτεκτονικά Θέματα, 1968). Το μέγεθος του κτιρίου μπορεί να δεχθεί μεταβολές, να μεγαλώσει, μοιάζοντας με ατελείωτο. Η διαμόρφωση δημιουργεί δύο υποσύνολα γυμνασίου και λυκείου σαν μία γειτονιά και ενώ αρχικά προβλεπόταν να εξυπηρετήσει 480 άτομα, κατέληξε να εξυπηρετεί 720 άτομα. «Τη μονάδα αποτελεί η τάξη και διπλασιαζόμενη ή τριπλασιαζόμενη παράγει ειδικές τάξεις τα εργαστήρια. Με την επιλογή του οκτάπλευρου υπάρχουν οι χρήσιμες ιδιότητες του τετραγώνου και του κύκλου καθώς έχει συγκεντρωτική τάση, σαφήνεια και ένταση». (Χάικου , 2017) Εικόνα 24. Το οκτάπλευρο, έχει μέγεθος πλευράς 3,70 κι έχει επιφάνεια 60m<sup>2</sup>.

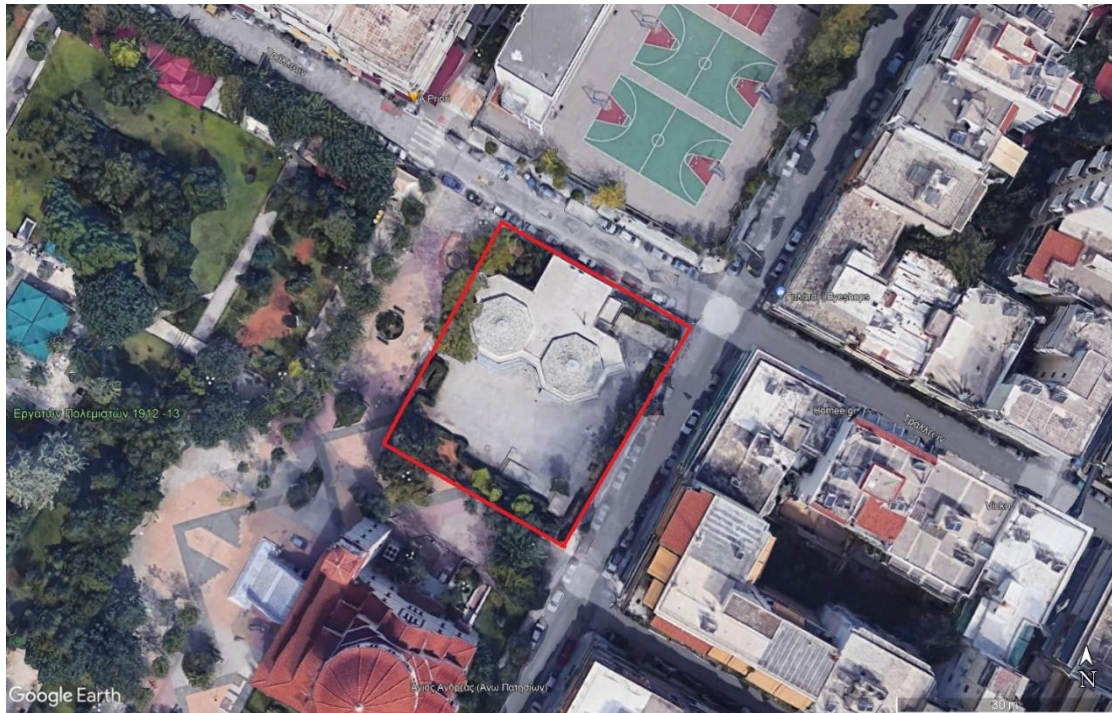
Το κτίριο της μελέτης περίπτωσης που στεγάζονται τα 30<sup>ο</sup> και 145<sup>ο</sup> Νηπιαγωγείο Αθηνών, έχει τα εξής κοινά χαρακτηριστικά με το προαναφερόμενο κτίριο των Γιαννάκη, Φατούρο : Τα δύο οκτάγωνα είναι δύο αίθουσες νηπιαγωγείου, οι πλευρές των οποίων έχουν μήκος 3,80m και έχει ημερομηνία οικοδομικής άδειας 1976.



Εικόνα 26: Γυμνάσιο και Λύκειο Λαγκαδά, Αρχιτέκτονες Γιαννάκης, Φατούρος. Πηγή: (Αρχιτεκτονικά Θέματα, 1968)

#### 4.1.2 Γεωγραφική θέση και περιβάλλον

Το σχολικό κτίριο που στεγάζονται το 30<sup>ο</sup> και το 145<sup>ο</sup> Νηπιαγωγείο του Δήμου Αθηναίων, βρίσκεται στην οδό Ωρωπού & Τράλλεων στην περιοχή Άνω Πατησίων του Δήμου Αθηναίων Αττικής. Βορειοανατολικά του οικοπέδου βρίσκεται η οδός Τράλλεων, ανατολικά περνάει εκατέρωθεν η οδός Ωρωπού, νοτιοδυτικά γειτονεύει σε απόσταση 35m με το Ιερό Ναό, από κτίριο σε κτίριο, ενώ το οικόπεδο του κτιρίου μελέτης έχει απόσταση 18m από τον Ιερό Ναό του Αγίου Ανδρέα. Και τέλος η είσοδος του κτιρίου εντοπίζεται επί της πλατείας του Αγίου Ανδρέα Πατησίων. Εικόνα 27. Το οικόπεδο είναι μεγέθους 1.371,00 m<sup>2</sup>, ενώ το κτίριο είναι 374,00m<sup>2</sup> και υπολείπονται 997,00m<sup>2</sup>, που αποτελούν τον αύλειο χώρο του Νηπιαγωγείου.



Εικόνα 27: Εντοπισμός του καριού μελέτης. Πηγή: (Google earth Pro 10/06/2022)

Όπως παρατηρείται η νοτιοδυτική και η δυτική πλευρά του οικοπέδου βρίσκεται στην πλατεία του Αγίου Ανδρέα. Η οδός Τράλλεων έχει πλάτος 9m, σε απόσταση 24m, βρίσκεται η μικρή πλευρά σχολικού κτιρίου, ύψους 10m και σε απόσταση 57m βρίσκεται η μεγάλη πλευρά του. Η οδός Ωρωπού έχει πλάτος 6,50m και τα κτίρια πολυκατοικιών που βρίσκονται στα ανατολικά στις θέσεις Τράλλεων & Ωρωπού και Ωρωπού & Λαμπρινής έχουν ύψος 12,70m και 20,30m αντίστοιχα. Το υψόμετρο του οικοπέδου, είναι στα 128m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Στη νοτιοανατολική πλευρά του οικοπέδου παρατηρούνται ψηλά κτίρια, στη νοτιοδυτική και δυτική πλευρά, το οικόπεδο σκιάζεται από τα υφιστάμενα δέντρα, στοιχεία τα οποία λαμβάνονται υπόψη για τον ηλιασμό και τον αερισμό. Είναι ένα κτίριο το οποίο έχει αρκετό ηλιασμό και αερισμό στις περισσότερες πλευρές του. Βασική προϋπόθεση για να κατανοήσουμε την υφιστάμενη κατάσταση, είναι να εξετάσουμε τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής.

#### 4.1.2.1 Το κλίμα του Νομού Αττικής

Η Αττική ανήκει στην Κλιματική Ζώνη Β της Ελλάδας, με βάση τον ΚΕΝΑΚ και όπως έχει προαναφερθεί, Α ζώνη είναι η θερμότερη και η Δ είναι η ψυχρότερη.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Λασιθί, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Σάμος, Μεσσηνία, Λακωνία, Αργολίδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη
ΖΩΝΗ Β	Κορινθία, Ηλεία, Αχαΐα, Αιτωλοακαρνανία, Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Αττική, Εύβοια, Μαγνησία, Σποράδες, Λέσβος, Χίος, Κέρκυρα, Λευκάδα, Θεσπρωτία, Πρέβεζα, Άρτα
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδία, Ευρυτανία, Ιωάννινα, Λάρισα, Καρδίτσα, Τρίκαλα, Περία, Ημαθία, Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Κιλίκις, Χαλκιδική, Σέρρες, Καβάλα, Δράμα, Θάσος, Σαμοθράκη, Ξάνθη, Ροδόπη, Έβρος
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα

Πίνακας 30: Νομοί της Ελλάδας ανά κλιματική ζώνη. Πηγή: (<http://www.opengov.gr/minenv/?p=189>, χ.χ.)

Μεταξύ των τεσσάρων μετεωρολογικών σταθμών, του Νομού Αττικής παρατηρούνται μικρές διαφορές στις τιμές της θερμοκρασίας, της υγρασίας, του ανέμου και του υετού, όπως διακρίνεται στην Εικόνα 28.

Αττική	Μέση Θερμοκρασία °C			Υγρασία (%)	Άνεμος		Υετός	
	Μηνιαία	Μέγιστη	Ελάχιστη		Δνση	Ένταση (Kt)	Ύψος (mm)	Ημέρες
Ελευσίνα	9.2	13.1	5.6	71.2	B	6.3	48.4	11.6
Ελληνικό	10.3	13.6	7.0	69.3	B	7.0	47.7	12.9
Νέα Φιλαδέλφεια	8.8	12.6	5.4	74.4	BA	4.9	53.9	12.0
Τατόι	7.4	11.7	3.4	77.3	B	6.4	67.5	12.3

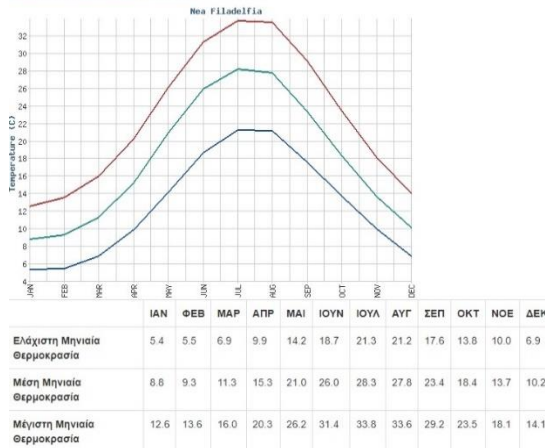
Εικόνα 28: Κλιματολογικές συνθήκες ανά μετεωρολογικό σταθμό. Πηγή: ([http://www.emy.gr/emyl/climatology/climatology\\_city](http://www.emy.gr/emyl/climatology/climatology_city), χ.χ.)

Τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής, συλλέχθηκαν από τον Μετεωρολογικό σταθμό Νέας Φιλαδέλφειας, καθότι είναι ο κοντινότερος στο Δήμο Αθηναίων, όπου βρίσκεται το Νηπιαγωγείο, που μελετά η παρούσα εργασία.

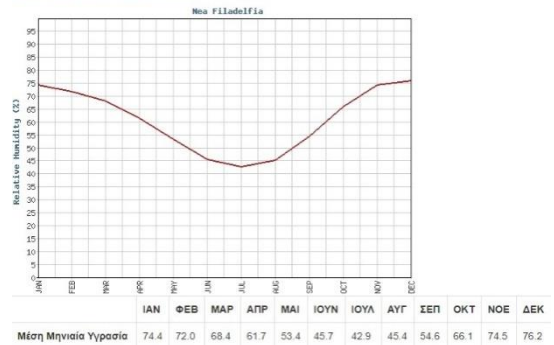
#### 4.1.2.2 Θερμοκρασία

Αναλυτικά από το σταθμό Νέας Φιλαδέλφειας, που είναι ο κοντινότερος στην περιοχή Άνω Πατησίων Λαμπρινής, όπου εδρεύουν το 30<sup>ο</sup> & 145<sup>ο</sup> Νηπιαγωγεία Αθηνών, μέση θερμοκρασία στο Νομό Αττικής, κατά τους χειμερινούς μήνες Δεκέμβριο έως Φεβρουάριο, κυμαίνεται μεταξύ 8.8 – 10.2 °C, από τον Μάρτιο έως τον Μάιο παρατηρείται άνοδος και καταγράφονται 11.3 - 21.0 °C, από τον Ιούνιο έως τον Αύγουστο 26.0 – 27.8 °C και Σεπτέμβριο με Νοέμβριο 23.4 – 13.7 °C. Εικόνα 29.

Νέα Φιλαδέλφεια (Nea Filadelfia) Γ. Μήκος (Lon): 23.4 Γ.Πλάτος (Lat): 38.03 Ύψος (Alt): 136m, Περιφέρεια:Αττική  
 Περίοδος Κλιματικών Δεδομένων: 1955-2010



Νέα Φιλαδέλφεια (Nea Filadelfia) Γ. Μήκος (Lon): 23.4 Γ.Πλάτος (Lat): 38.03 Ύψος (Alt): 136m, Περιφέρεια:Αττική  
 Περίοδος Κλιματικών Δεδομένων: 1955-2010



Εικόνα 29: Η θερμοκρασία στο Ν. Αττικής ανά μήνα & Εικόνα 30: Μέση μηνιαία υγρασία στην Αττική

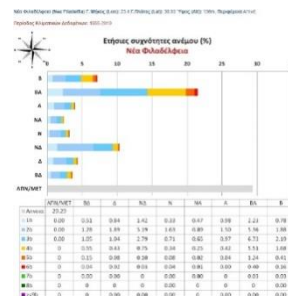
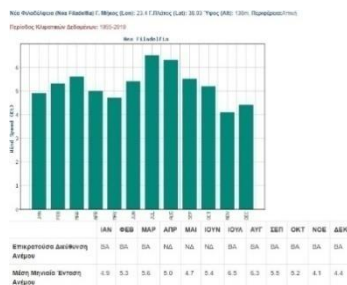
Πηγή: ([http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology\\_city](http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city), χ.χ.)

#### 4.1.2.3 Σχετική υγρασία

Τα στοιχεία που λαμβάνουμε από τον μετεωρολογικό σταθμό Νέας Φιλαδέλφειας για τη σχετική υγρασία, όπως απεικονίζονται στην Εικόνα 30, ανά μήνα, τους χειμερινούς μήνες η υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 72.0 – 76.2 %, Μάρτιο έως Μάιο 68.4 – 53.4 %, Ιούνιο με Αύγουστο 42.9 – 45.7 % και Σεπτέμβριο με Νοέμβριο 54.6 – 74.5 % . Όπως είναι αναμενόμενο για την Αττική, η υγρασία ως φαινόμενο αυξάνεται κατά πολύ τους φθινοπωρινούς και τους χειμερινούς μήνες.

#### 4.1.2.4 Άνεμοι

Στις ετήσιες συχνότητες των ανέμων, σε ποσοστιαίες τιμές (%) όπως έχουν καταγραφεί, σημειώνεται ότι οι Βορειοανατολικοί άνεμοι είναι οι επικρατέστεροι στην Αττική σε συχνότητα και ισχύ. Αναλυτικότερα οι Βορειοανατολικοί άνεμοι επικρατούν κατά 21-22% έναντι των υπολοίπων με ισχύ 2-4 % κατά κύριο λόγο. Ακολουθούν σε συχνότητα οι Νοτιοδυτικοί άνεμοι με 11% περίπου στα 2-3b. Εικ. 31.

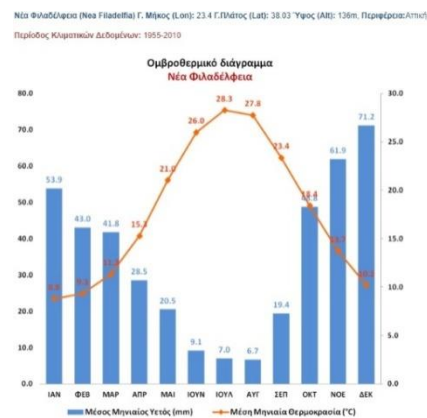
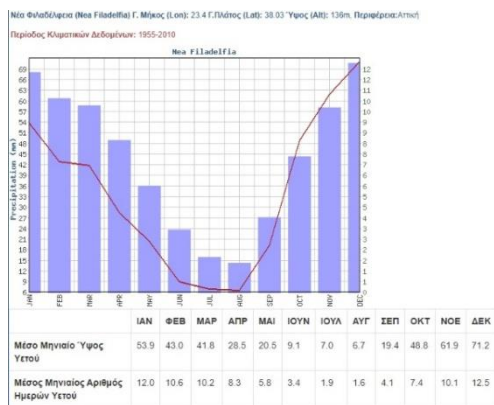


Εικόνα 31 :Διεύθυνση και ένταση ανέμου στην Αττική ανά μήνα & Εικόνα 32: Ετήσια συχνότητα ανέμων.  
 Πηγή: ([http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology\\_city](http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city), χ.χ.)



#### 4.1.2.5 Υετός

Ο υετός που παρουσιάζεται στα κλιματολογικά δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό Νέας Φιλαδέλφειας, όπως παρατίθεται στην Εικόνα 30, το Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο επικρατούν οι υψηλότερες τιμές υετού 71.2 και 53.9 αντίστοιχα. Από τον Φεβρουάριο μέχρι το Μάιο οι τιμές υετού κυμαίνονται μεταξύ 43.0 και 20.5, ενώ εξαιρετική πτώση παρουσιάζει κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, δηλαδή Ιούνιο με Σεπτέμβρη με τιμές 9.1 έως 19.4, όπου αρχίζει πάλι να έχει ανοδική πορεία από Οκτώβριο μέχρι Δεκέμβριο με διακύμανση στις τιμές 8.8 έως 71.2 Εικόνα 33.



Εικόνα 33: Υετός στην Αττική ανά μήνα & Εικόνα 34: Ομβροθερμικό διάγραμμα από το Μετεωρολογικό σταθμό Νέας Φιλαδέλφειας. Πηγή: ([http://www.emy.gr/emyl/climatology/climatology\\_city,χ.χ](http://www.emy.gr/emyl/climatology/climatology_city,χ.χ))

Στο Ομβροθερμικό διάγραμμα της Εικόνας 34, διακρίνεται η αντιστρόφως ανάλογη σχέση του υετού με τις θερμοκρασίες που σημειώνονται στην Αττική. Όταν ανεβαίνει ο υετός, η θερμοκρασία είναι στις χαμηλότερες τιμές κατά τη διάρκεια το έτους. Κι όταν ο υετός σημειώνει πτώση κατά τους θερινούς μήνες, η θερμοκρασία ανεβαίνει.

#### 4.1.2.6 Ηλιοφάνεια

Ως κλιματολογικό στοιχείο, ερευνήθηκε η ηλιοφάνεια στην Αττική, κατά την περίοδο λειτουργίας των σχολείων για τη σχολική χρονιά 2021 -2022, δηλαδή από τον Σεπτέμβριο 2021 έως τον Ιούνιο 2022. Στην Εικόνα 35, φαίνεται ότι οι ώρες ηλιοφάνειας στο σύνολο των μηνών που οι μαθητές πηγαίνουν στο σχολείο με βάση την ελληνική νομοθεσία, το σύνολο των ωρών ηλιοφάνειας ανέρχεται στις 1994,6 ώρες. Αν ληφθούν υπόψη και οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται, κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς, το ποσοστό ηλιοφάνειας είναι ένας σοβαρός παράγοντας που

πρέπει να ληφθεί υπόψη ως προς τις συνθήκες διαβίωσης, τη σκίαση και το δροσισμό αλλά και ως προς την μέγιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.

Αρχή		τέλος				
Σεπτέμβριος	2021	Ιούνιος	2022			
Accumulated Sunshine Hours (Σεπτέμβριος 2021 - Ιούνιος 2022)						
Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	
167.8	172.4	196.6	285.2	279.9	237.6	[Ωρες]
93	96	100	100	87	73	Διαθεσιμότητα Δεδομένων [%]
Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	
****	****	256.1	187.5	97.6	113.9	[Ωρες]
0	0	93	90	73	80	Διαθεσιμότητα Δεδομένων [%]
Κατά μέσο όρο Τιμή (Σεπτέμβριος 2021 - Ιούνιος 2022) : 1994.6 Ωρες						

Εικόνα 35: Ωρες ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς. Πηγή: (Weather Online, n.d.)

#### 4.1.3 Υφιστάμενη κατάσταση

Πραγματοποιήθηκε επί τόπου αυτοψία του κτιρίου μελέτης περίπτωσης, τον Απρίλιο 2022, προκειμένου να διαπιστωθεί η υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Επίσης χαρακτηρίζεται από την οικοδομική άδεια του, που διατέθηκε από το αρχείο της εταιρείας Κτιριακές Υποδομές Α.Ε, η οποία έχει εκδοθεί το 1976 και περιλαμβάνει Τοπογραφικό Διάγραμμα, Στατική μελέτη, Αρχιτεκτονική μελέτη. Λόγω παλαιότητας, στη μελέτη του κτιρίου δεν έχει τοποθετηθεί μόνωση γιατί είναι προγενέστερη του Προεδρικού Διατάγματος 1979 : «Περί εγκρίσεως κανονισμού για τη θερμομόνωση των κτιρίων (ΦΕΚ 362/Δ/1979)» και η στατική μελέτη του είναι προγενέστερη του αντισεισμικού νόμου (Ε.Α.Κ. 2000 – Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός).



Εικόνα 36: Νότια όψη του κτιρίου μελέτης περίπτωσης 30<sup>ο</sup> & 145<sup>ο</sup> νηπιαγωγείο Αθηνών. Ημ. Λήψης 19.04.2022

#### 4.1.3.1 Διάταξη χώρων του κτιρίου νηπιαγωγείου

Τα νηπιαγωγεία 30<sup>ο</sup> & 145<sup>ο</sup> που στεγάζονται στο κτίριο της οδού Ωρωπού & Τράλλεων στα Άνω Πατήσια, έχουν είσοδο από την πλατεία του Αγίου Ανδρέα Πατησίων. Το οικόπεδο είναι επιφάνειας 1.371,00m<sup>2</sup>, το κτίριο καλύπτει τα 328,00 m<sup>2</sup> και υπολείπονται 1043,00m<sup>2</sup> άυλιου χώρου. Η κάτοψη του κτιρίου αναπτύσσεται σε δύο οκτάγωνα, που αποτελούν τις δύο από τις τέσσερις αίθουσες διδασκαλίας επιφάνειας 70,00m<sup>2</sup> έκαστη. Εικόνες 37, 38, 39.



Εικόνα 37: Αίθουσα διδασκαλίας 145<sup>ου</sup> νηπιαγωγείου Αθηνών. Ημ. Λήψης 19.04.2022

Στην επιφάνεια στέγασής τους, παρατηρείται οπή διαπερατή του φωτός, επιφάνειας 1.00m<sup>2</sup> περίπου. Εικόνα 38. Οι δύο οκταγωνικές αίθουσες διδασκαλίας, συνδέονται με κοινόχρηστους χώρους υγιεινής τετραγωνικής κάτοψης, επιφάνειας 14,00m<sup>2</sup> για το σύνολο των παιδιών και των δύο νηπιαγωγείων. Εικόνες 40, 41, 42. Οι οκταγωνικές αίθουσες συνδέονται με τους χώρους υγιεινής μέσω των χώρων καθιστικού – ντουλαπιών επιφάνειας 9,50m<sup>2</sup> και 10,00m<sup>2</sup>. Επίσης στη βόρεια πλευρά βρίσκονται ακόμα δύο αίθουσες διδασκαλίας 45,00m<sup>2</sup> και 49,00m<sup>2</sup>, που κατ' επιλογή συνδέονται μεταξύ τους, με μια δίφυλλη ξύλινη θύρα. Εικόνες 43 & 44.

Εικόνα 38



Εικόνα 39



Εικόνα 38: Διαφώτιστο αίθουσας διδασκαλίας 145<sup>ου</sup> νηπιαγωγείου Αθηνών. Ημ. Λήψης: 19.04.22

Εικόνα 39: Αίθουσα διδασκαλίας 30<sup>ου</sup> νηπιαγωγείου Αθηνών. Ημ. Λήψης : 19.04.22

Βορειοδυτικά και βορειοανατολικά αντίστοιχα, παρατηρούνται οι χώροι γραφείων των νηπιαγωγών  $12,50\text{m}^2$  και  $9,00\text{m}^2$ . Εικόνα 47. Καθώς επίσης και οι χώροι υγιεινής των νηπιαγωγών και οι αποθήκες, επιφάνειας  $1.50\text{m}^2 - 2.00\text{m}^2$  εκάστου χώρου. Το  $30^{\circ}$  νηπιαγωγείο διαθέτει στα βόρεια κουζίνα ετοιμασίας γευμάτων επιφάνειας  $9.00\text{m}^2$  Εικόνα 48, ενώ στο  $145^{\circ}$  νηπιαγωγείο, ο αντίστοιχος χώρος έχει διατεθεί για λεβητοστάσιο και έχει επιφάνεια  $12.00\text{m}^2$ . Εικόνα 49.



Εικόνα 40, Εικόνα 41, Εικόνα 42 : W.C. νηπίων. Ημ. Λήψης 19.04.22

Έχει συνταχθεί πίνακας κουφωμάτων υφιστάμενης κατάστασης, ο οποίος είναι χρήσιμος για την εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης και για την πρόταση ανακαίνισης που ακολουθεί. Σχετικά με τα εξωτερικά ανοίγματα, μια γενική παρατήρηση τοποθέτησης τους είναι, ότι στα βόρεια έχουν τοποθετηθεί ελάχιστα ανοίγματα – φεγγίτες, οι είσοδοι και μεγαλύτερες επιφάνειες ανοιγμάτων είναι τοποθετημένα στο Νότο, ενώ Δυτικά κι Ανατολικά παρατηρούνται ανοίγματα



Εικόνα 43 & Εικόνα 44: Αίθουσα διδασκαλίας  $30^{\text{ου}}$  νηπιαγωγείου Αθηνών Ημ. Λήψης 19.04.22



Εικόνα 45 & Εικόνα 46: Αίθουσα διδασκαλίας 145<sup>ο</sup> νηπιαγωγείου Αθηνών Ημ. Λήψης 19.04.22



Εικόνα 47: Γραφείο νηπιαγωγών 30ου νηπιαγωγείου Αθηνών Ημ. Λήψης 19.04.22



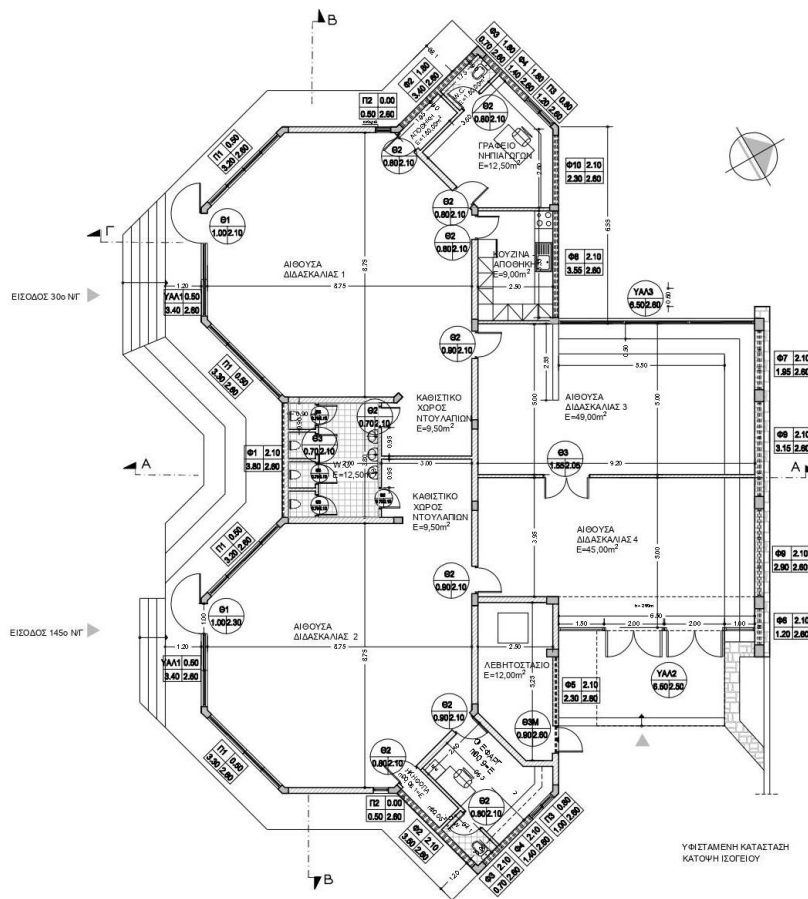
Εικόνα 48: Κουζίνα 30ου νηπιαγωγείου Αθηνών Ημ. Λήψης 19.04.22



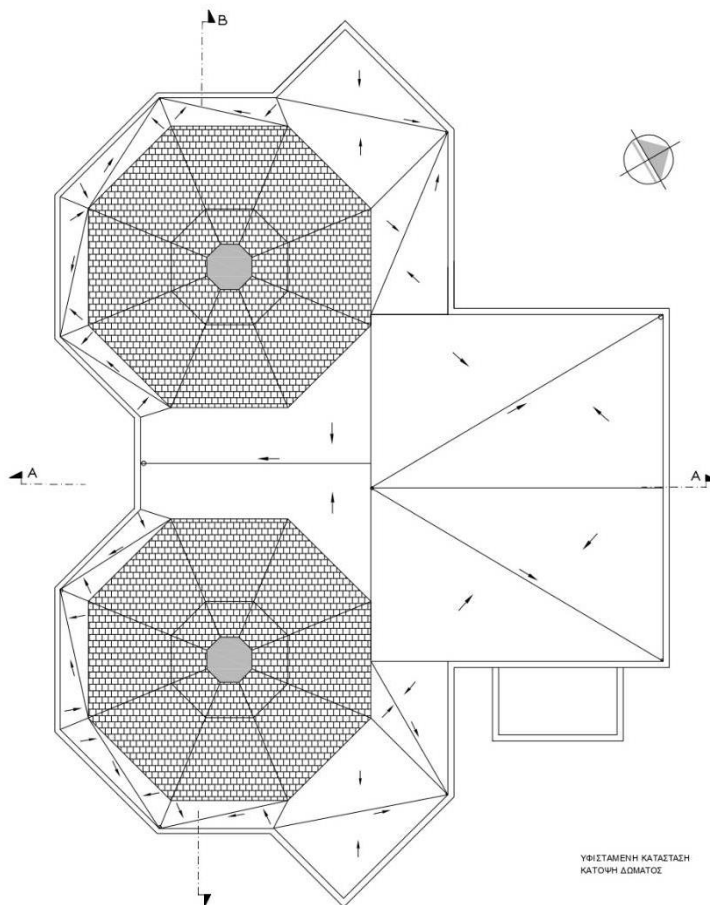
Εικόνα 49: Λεβητοστάσιο 145ου νηπιαγωγείου Αθηνών Ημ. Λήψης 19.04.22

#### 4.1.3.2 Σχέδια υφιστάμενης κατάστασης

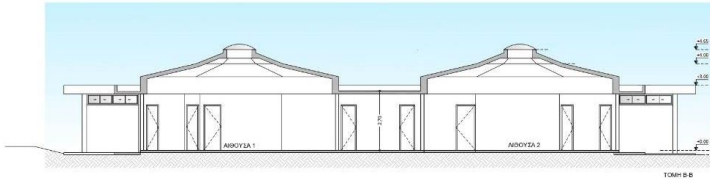
Συντάχθηκε σειρά σχεδίων υφιστάμενης κατάστασης όπως, κάτοψη ισογείου Σχέδιο 1, κάτοψη δώματος Σχέδιο 2, τομές Α-Α & Β-Β Σχέδιο 3 και όψεις Σχέδιο 4 πίνακας κουφωμάτων Σχέδιο 5 και Κάτοψη αυλείου χώρου Σχέδιο 6, όπου καταγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση, υλικά κλπ.



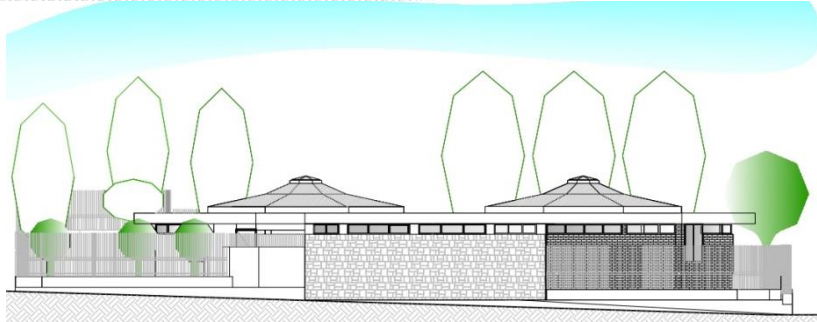
Σχέδιο 1:Κάτοψη ισόγειου – Υφιστάμενη κατάσταση. Ιδία επεξεργασία



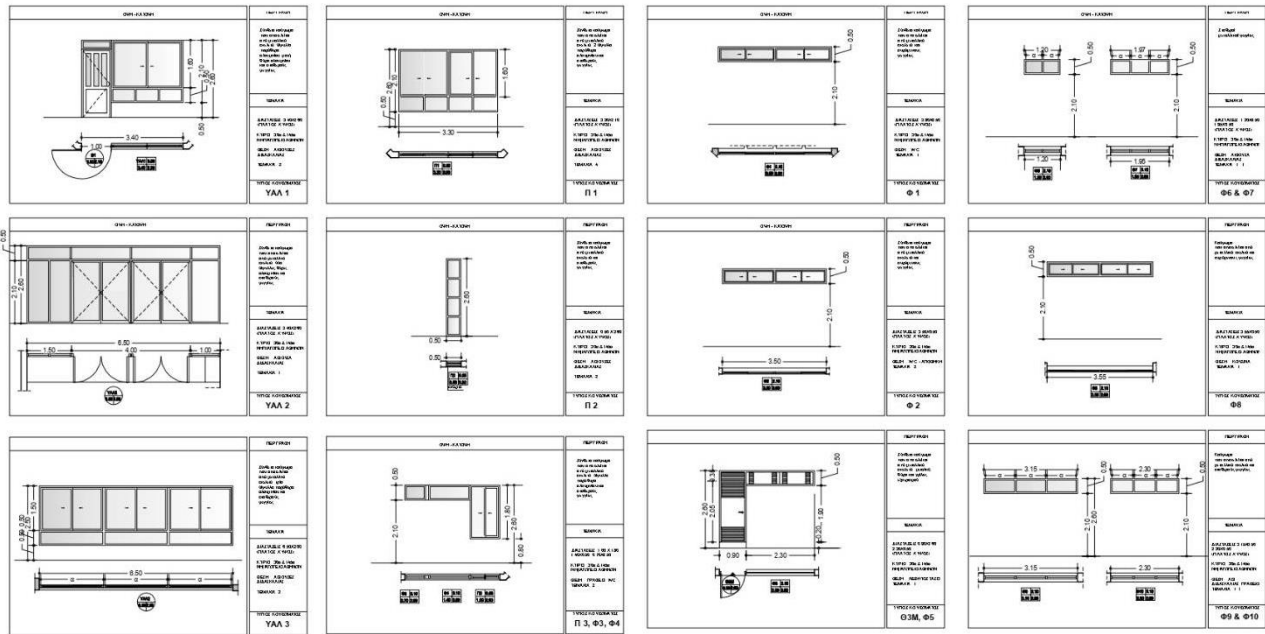
Σχέδιο 2 : Κάτοψη δώματος Υφιστάμενη κατάσταση. Ιδία επεξεργασία



Σχέδιο 3: Τομές Α-Α & ΒΒ  
 – Υφιστάμενη κατάσταση.  
 Ιδία Επεξεργασία



Σχέδιο 4: Όψεις Υφιστάμενη κατάσταση. Ιδία επεξεργασία.



Σχέδιο 5: Πίνακας κουφωμάτων – Υφιστάμενη κατάσταση. Ιδία επεξεργασία.



Σχέδιο 6 : Κάτοχη αύλειου χώρου, καταγραφή υλικών επιστρώσεων και φύτευσης – Υφιστάμενη κατάσταση. Ιδία επεξεργασία



#### 4.1.3.2 Υλικά κατασκευής

Με βάση την τεχνική περιγραφή και την αυτοψία που πραγματοποιήθηκε, το κτίριο μελέτης περίπτωσης έχει τα εξής χαρακτηριστικά. Οι κολώνες και τα θεμέλια είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα, οι εξωτερικοί τοίχοι από οπτοπλινθοδομή πάχους 0.20m. Όλες οι επιφάνειες του κτιρίου, εκτός από τις οροφές, τις κολώνες και τα δοκάρια συγκεκριμένων χώρων, που έχει προβλεφθεί εμφανές μπετόν (αίθουσες διδασκαλίας, χώρους υγιεινής), καλύπτεται από μαρμαροκονίαμα. Μέρος των όψεων είναι επενδυμένο με διακοσμητικά τούβλα. Οι εσωτερικοί τοίχοι είναι κατασκευασμένοι από οπτοπλινθοδομή πάχους 0.10m. Το μέρος του δώματος που καλύπτει τις οκταγωνικές αίθουσες είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα και εξωτερικά έχει επενδυθεί με πλάκες Πηλίου. Επίσης στο ανώτερο σημείο έχει δημιουργηθεί μια οπή, ως διαφώτιστο της αίθουσας, το οποίο καλύπτεται με γυάλινη κατασκευή, επιτρέποντας στο φως να εισέλθει στην αίθουσα διδασκαλίας. Εικόνες 50 & 51.



*Εικόνα 50 & Εικόνα 51 : Στέγηση οκταγωνικών αιθουσών από οπλισμένο σκυρόδεμα και πλάκες Πηλίου, που καταλήγει σε διαφώτιστο που φωτίζει την αίθουσα διδασκαλίας. Φωτογραφία 47 αρχείο ΟΣΚ & 48 Ημ. Λήψης: 19.04.22*

Τα εξωτερικά κουφώματα είναι αλουμινίου με μονούς υαλοπίνακες και οι δύο θύρες εισόδου των αιθουσών διδασκαλίας είναι μεταλλικές με μονούς υαλοπίνακες. Στα δάπεδα των αιθουσών παρατηρούνται πλαστικά πλακίδια 30X30cm. Στους χώρους υγιεινής έχουν τοποθετηθεί κεραμικά πλακίδια στα δάπεδα και στους τοίχους. Εικόνα 39. Τα σκαλιά εισόδου στη νότια πλευρά και οι κερκίδες είναι επενδυμένα με πλάκες Πηλίου και τα σκαλιά και το πλατύσκαλο εισόδου στην ανατολική πλευρά, είναι επενδυμένα με μάρμαρο Διονύσου. Οι ποδιές των παραθύρων και τα κατώφλια είναι επίσης από μάρμαρο. Εικόνες 52 & 53.

Ο αύλειος χώρος, περιμετρικά του κτιρίου είναι στρωμένος με πλάκες Πηλίου όπως προαναφέρθηκε. Περιμετρικά του οικοπέδου έχουν διαμορφωθεί παρτέρια με χώμα και δέντρα και το μεγαλύτερο μέρος του είναι καλυμμένο με σκυρόδεμα. Εικόνες 52 & 53. Όλα τα παραπάνω στοιχεία τεκμηριώνονται από το φωτογραφικό υλικό της αυτοψίας και τις φωτογραφίες αρχείου.



*Εικόνα 52 & Εικόνα 53: Υλικά κατασκευής στην Νότια και την Ανατολική Είσοδο και τον αύλειο χώρο του κτιρίου. Ημ. Λήψης 19.04.22*

#### **4.1.3.3 Μελέτη Ηλιασμού**

Για τη μελέτη ηλιασμού χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArchiCAD, με το οποίο έγινε προσέγγιση σχετικά με την κίνηση του ήλιου στην περιοχή του κτιρίου μελέτης, προκειμένου να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα.

Οι μήνες λειτουργίας των Νηπιαγωγείων είναι από το Σεπτέμβριο έως τον Ιούλιο και οι ώρες λειτουργίας τους είναι από τις 8:00π.μ. έως τις 16:00μμ. Για να εξεταστεί η θέση του ήλιου επιλέχθηκαν οι ημερομηνίες 21 Μαρτίου (Εαρινή Ισημερία), 21 Ιουνίου (Θερινό ηλιοστάσιο), 21 Σεπτεμβρίου (Φθινοπωρινή Ισημερία) και 21 Δεκεμβρίου (Χειμερινό Ηλιοστάσιο). Οι ώρες που επιλέχθηκαν για τη διεξαγωγή της έρευνας είναι 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 και 17:00. Σχέδιο 7.

Παρατηρείται ότι :

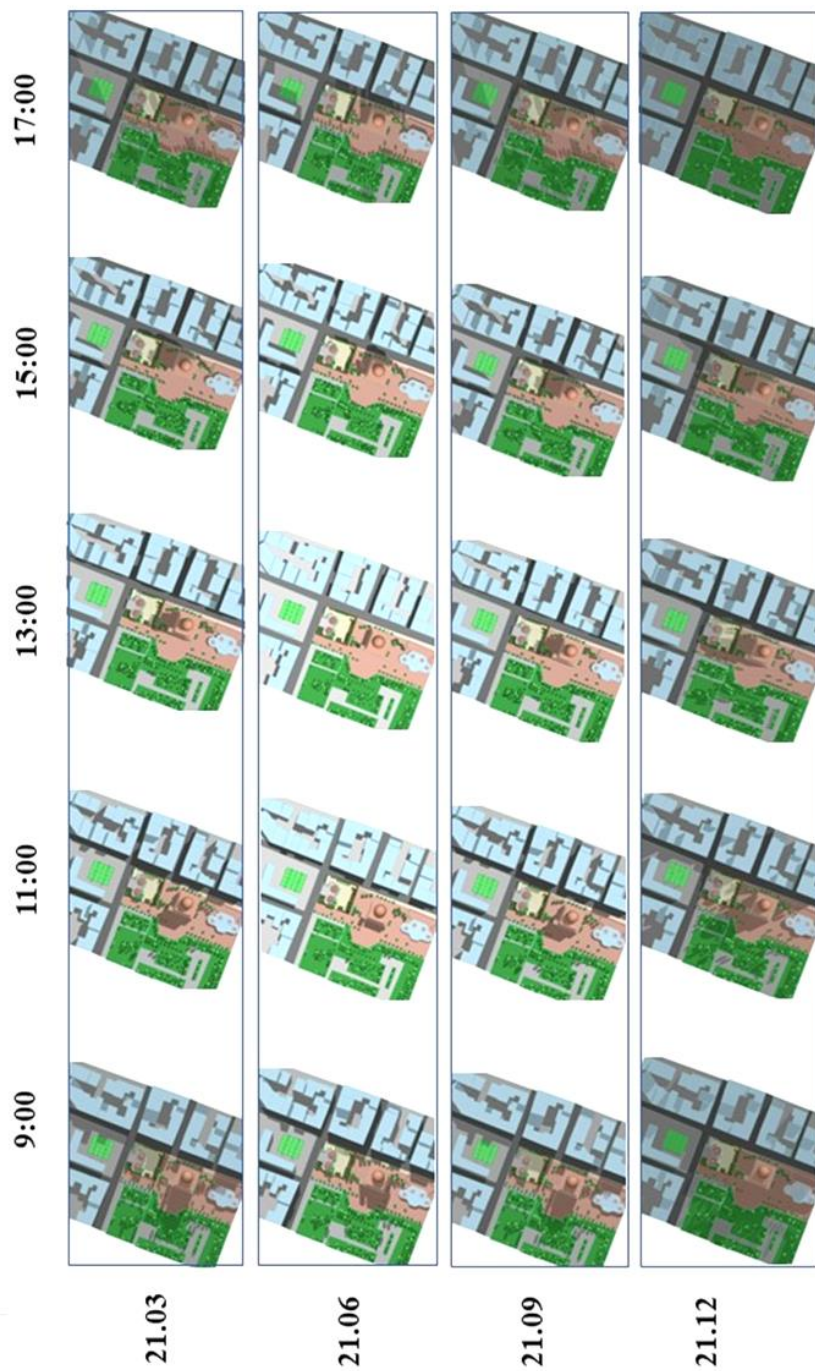
- Την 21 Μαρτίου, στις 9:00π.μ. το κτίριο σκιάζεται από τα γειτονικά του ψηλά κτίρια στα ανατολικά επί της οδού Ωρωπού. Τις υπόλοιπες ώρες 11:00π.μ. , 13:00, 15:00 και 17:00, το κτίριο και ο αύλειος χώρος δεν σκιάζονται και δέχονται αρκετή ηλιακή ακτινοβολία, γεγονός θετικό για τους χειμερινούς μήνες.
- Την 21 Ιουνίου το κτίριο που εξετάζει η παρούσα εργασία, δέχεται όλες τις ώρες ηλιακή ακτινοβολία, καθώς επίσης το ίδιο συμβαίνει και στον αύλειο χώρο. Αυτό είναι αρνητικό για τις θερμοκρασίες που

αναπτύσσονται στο εσωτερικό του κτιρίου, που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την αναβάθμιση του.

- Την 21 Σεπτεμβρίου, που οι θερμοκρασία στην Αττική παραμένει υψηλή με μέση θερμοκρασία 20<sup>o</sup> C, παρατηρείται ότι όλες τις ώρες που διεξάγεται το πείραμα, επικρατεί ηλιοφάνεια με αποτέλεσμα το κτίριο να είναι εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία. Στις 9:00 π.μ. τα ψηλά κτίρια στα ανατολικά επί της οδού Ωρωπού, δίνουν σκιά στον αύλειο χώρο. Ο αύλειος χώρος τις υπόλοιπες ώρες, σκιάζεται σε ένα μικρό ποσοστό από τα υφιστάμενα δέντρα.
- Την 21 Δεκεμβρίου, στις 9:00π.μ. ο ήλιος είναι αρκετά χαμηλά και το κτίριο σκιάζεται ολόκληρο. Στις 11:00π.μ. και στις 13:00 προσδίδεται στο κτίριο αρκετή ηλιακή ακτινοβολία, ενώ τις υπόλοιπες ώρες 15:00 και 17:00 σκιάζεται από τα γειτονικά κτίρια.

Γενικά παρατηρείται ότι το κτίριο περίπτωσης μελέτης είναι κατά κύριο λόγο εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία, εκτός από τον Δεκέμβριο που μόνο μεταξύ 13:00 – 15:00 έχει ήλιο. Αφενός αυτό είναι ένα πλεονέκτημα, που ευνοεί τη χρήση ΑΠΕ και την εκμετάλλευση των ηλιακών κερδών προς όφελος της εσωτερικής θερμικής άνεσης, αφετέρου είναι απαραίτητη η σκίαση των ανοιγμάτων και του αύλειου χώρου, κατά την θερινή περίοδο, γιατί αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες, που είναι πιθανό να παρεμποδίζουν τη διεξαγωγή της εκπαιδευτικής διαδικασίας ή να προάγουν την υπερβολική κατανάλωση ενέργειας για ψύξη. Τα ανωτέρω στοιχεία θα συνεκτιμηθούν με τις επιφάνειες των ανοιγμάτων.

ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΙΑΣΜΟΥ 30° & 145° ΝΗΣΙΑΓΩΓΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



Σχέδιο 7 : Μελέτη Ηλιασμού για το κτίριο μελέτης περίπτωσης. Ιδία επεξεργασία

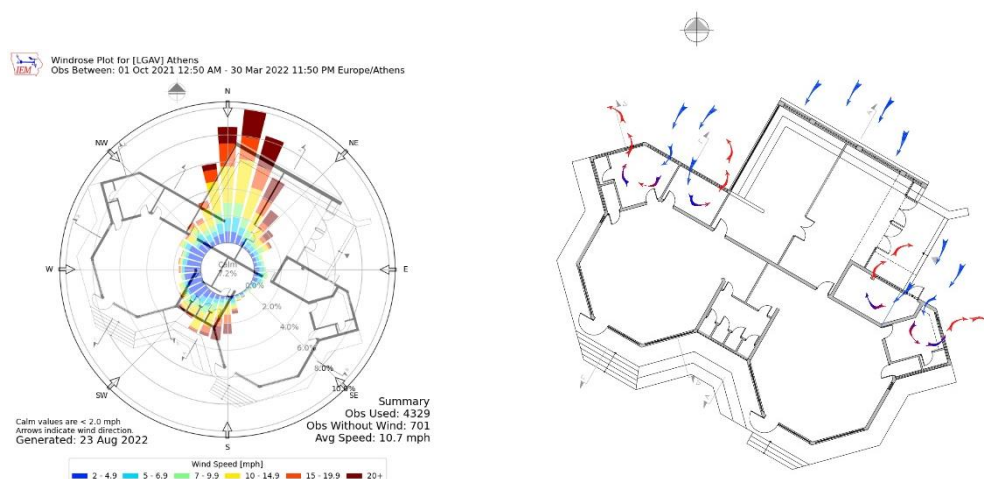
#### 4.1.3.4 Μελέτη Φυσικού αερισμού

Έχοντας υπόψη τα κλιματικά δεδομένα της Αττικής και χρησιμοποιώντας μετεωρολογικά δεδομένα και εργαλεία στο διαδίκτυο, ελέγχουμε τους ανέμους σε σχέση με τη θέση και τον προσανατολισμό του κτιρίου, για δύο περιόδους του χρόνου, το χειμώνα δηλαδή από 1 Οκτωβρίου έως 30 Μαρτίου και το καλοκαίρι από 1 Απριλίου έως 30 Σεπτεμβρίου.

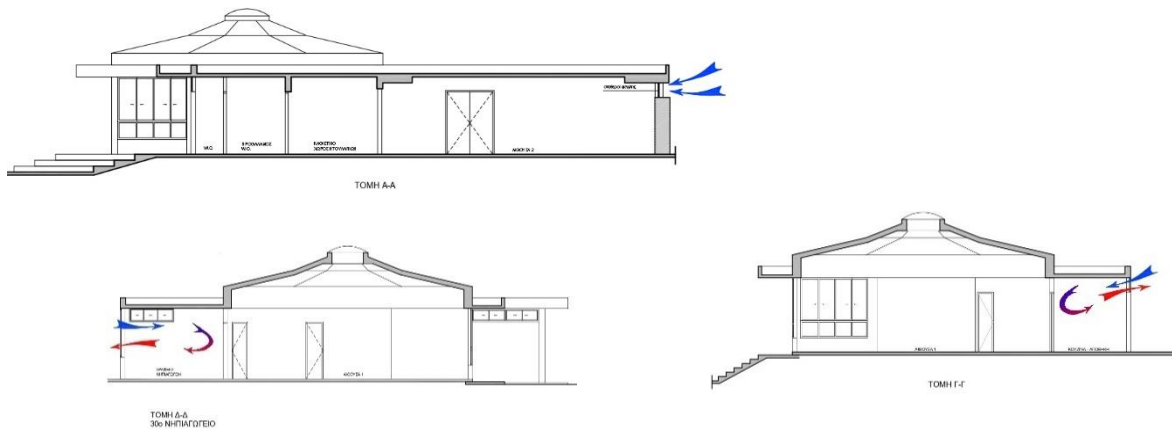
Χειμώνας : Στο Σχέδιο 8 παρατηρούμε τα ροδογράμματα για τους χειμερινούς μήνες και την κάτοψη του κτιρίου με τους ανέμους όπως εισέρχονται από τα ανοίγματα. Ο Βορειοανατολικός άνεμος επικρατεί και είναι εκτεθειμένες οι δύο αίθουσες διδασκαλίας, αλλά ο αέρας δεν εισέρχεται άμεσα γιατί τα ανοίγματα των αιθουσών στα Βορειοανατολικά είναι σταθεροί φεγγίτες με μονά υαλοστάσια, προς την οδό Τράλλεων.

Ο αέρας εισχωρεί στο κτίριο μόνο στους χώρους γραφείων νηπιαγωγών, κουζίνα και λεβητοστάσιο, θερμαίνεται και εξέρχεται ο ζεστός αέρας. Σχέδιο 8 και στις τομές στο Σχέδιο 9.

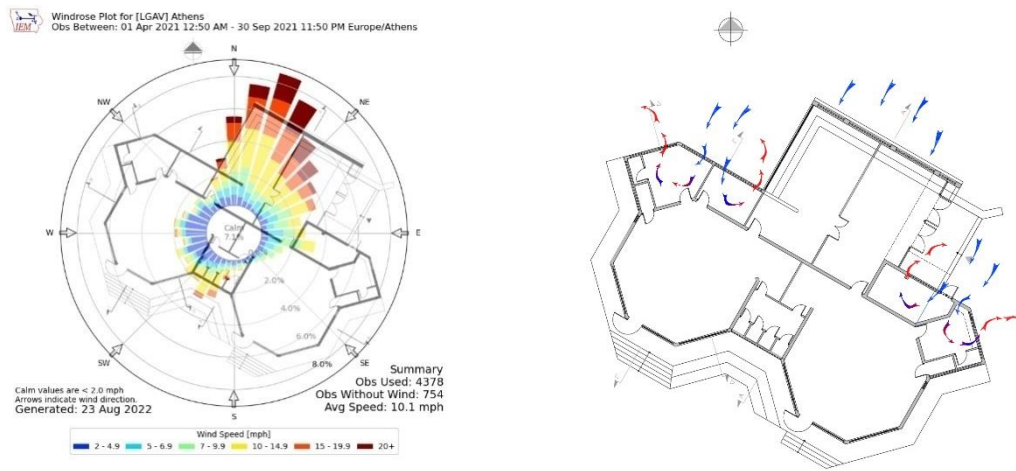
Καλοκαίρι: Τους θερινούς μήνες είναι κυρίως Βορειοανατολικοί. Σχέδια 10 & 11. Οι δύο οκταγωνικές αίθουσες δεν έχουν αερισμό, ενώ οι άνεμοι δεν εισχωρούν ούτε στις Βόρειες αίθουσες λόγω των σταθερών φεγγιτών. Στους υπόλοιπους χώρους ο αερισμός είναι μονόπλευρος.



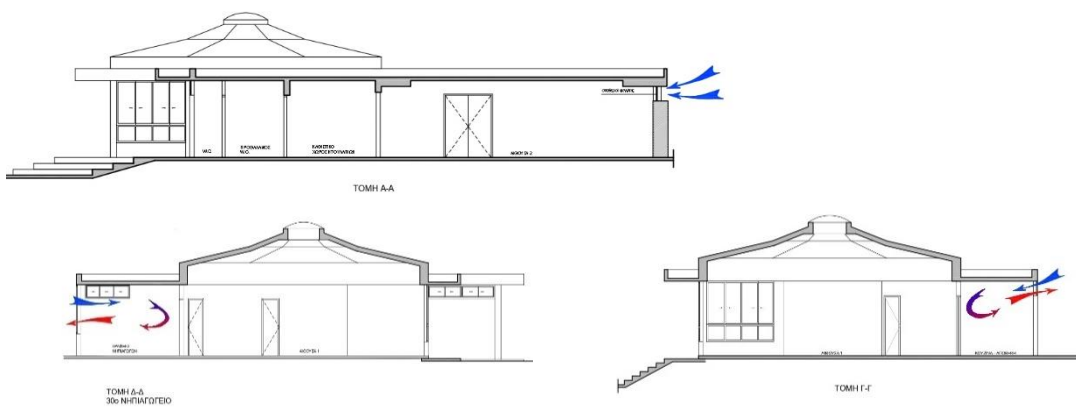
Σχέδιο 8: Ροδογράμματα ανέμων & Άνεμοι κατά τη διάρκεια του χειμώνα στην κάτοψη, Ιδία επεξεργασία



Σχέδιο 9: Το κτίριο στην υφιστάμενη κατάσταση διαθέτει μονόπλευρο αερισμό. Τομές A-A, B-B, Γ-Γ & Δ-Δ. Ιδία επεξεργασία



Σχέδιο 10: Ροδόγραμμα ανέμων τους θερινούς μήνες & Οι άνεμοι κατά τους θερινούς μήνη. Ιδία επεξεργασία



Σχέδιο 11: Το κτίριο στην υφιστάμενη κατάσταση διαθέτει μονόπλευρο αερισμό. Τομές A-A, B-B, Γ-Γ & Δ-Δ. Ιδία επεξεργασία

#### 4.1.3.5 Η/Μ συστήματα κτιρίου & φωτισμός

Το καλοκαίρι χρησιμοποιείται μηχανική ψύξη του κτιρίου Νηπιαγωγείων με κλιματιστικά μηχανήματα, ένα σε κάθε αίθουσα. Το χειμώνα οι χώροι θερμαίνονται με καλοριφέρ που συνδέονται με λέβητα πετρελαίου.

Για τον τεχνητό φωτισμό των χώρων χρησιμοποιούνται λαμπτήρες πυρακτώσεως και φθορίου. Συνολικά χρησιμοποιούνται 84 λαμπτήρες φθορίου και 15 λαμπτήρες πυρακτώσεως.

#### 4.1.3.6 Φύτευση

Περιμετρικά έχουν διαμορφωθεί παρτέρια, όπου έχουν φυτευτεί φράκτες και χαμηλοί θάμνοι. Καταγράφηκαν τα δέντρα περιμετρικά του κτιρίου, στη βορειοανατολική είσοδο τρία εσπεριδοειδή, στην ανατολική πέντε πεύκα, στα νότια μια ελιά και νοτιοδυτικά τέσσερα κυπαρίσσια, ενώ στα βορειοδυτικά πολύ κοντά στο κτίριο παρατηρούνται έξι φυλλοβόλα δέντρα. Επίσης στα βόρεια υπάρχει ένα αειθαλές δέντρο. Εικόνα 54.



Εικόνα 54: Η υφιστάμενη διαμόρφωση του αύλειου χώρου και η φύτευση. Ημ. λήψης : 19.04.22

#### 4.1.3.7 Η ενεργειακή αξιολόγηση της Υφιστάμενης κατάστασης

Όλα τα χαρακτηριστικά του κτιρίου που προαναφέρθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία μοντέλου BIM με όλα τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής καθώς ορίστηκαν οι συντεταγμένες του κτιρίου. Τα χαρακτηριστικά του κτιρίου που λήφθηκαν υπόψη είναι :

- Δομικά υλικά κατασκευής
- Υλικά κουφωμάτων και υαλοπινάκων
- Ύπαρξη σκίασης ή μη από τη φύτευση
- Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις δηλαδή ισχύς του λέβητα πετρελαίου, αριθμός κλιματιστικών και η ισχύς τους και αριθμός λαμπτήρων και είδος λαμπτήρων.

Τα αποτελέσματα της ενεργειακής αξιολόγησης της υφιστάμενης κατάστασης έδειξαν ότι η συνολική κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου είναι 212,31 kWh/m<sup>2</sup>/a και εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα προς το περιβάλλον CO<sub>2</sub> = 63,24kg/m<sup>2</sup>a.

## Energy Performance Evaluation

[Project Number] [Project Name]

### Key Values

General Project Data			Heat Transfer Coefficients		U value	[W/m <sup>2</sup> K]
Project Name:	30 + 145 NHP_YFISTAM...		Building Shell Average:	4,89		
City Location:			Floors:	5,23 - 11,51		
Latitude:	38,02° N		External:	2,17 - 5,50		
Longitude:	23,75° E		Underground:	--		
Altitude:	129,00 m		Openings:	3,82 - 7,32		
Climate Data Source:	GRC_Athen...0_IWEC.epw		<b>Specific Annual Values</b>			
Evaluation Date:	11/9/2022 9:14:56 πμ		Net Heating Energy:	9,55	kWh/m <sup>2</sup> a	
<b>Building Geometry Data</b>			Net Cooling Energy:	25,15	kWh/m <sup>2</sup> a	
Gross Floor Area:	327,65	m <sup>2</sup>	Total Net Energy:	34,70	kWh/m <sup>2</sup> a	
Treated Floor Area:	303,16	m <sup>2</sup>	Energy Consumption:	212,31	kWh/m <sup>2</sup> a	
External Envelope Area:	530,61	m <sup>2</sup>	Fuel Consumption:	192,49	kWh/m <sup>2</sup> a	
Ventilated Volume:	787,83	m <sup>3</sup>	Primary Energy:	589,83	kWh/m <sup>2</sup> a	
Glazing Ratio:	12	%	Fuel Cost:	--	GBP/m <sup>2</sup> a	
<b>Building Shell Performance Data</b>			CO <sub>2</sub> Emission:	63,24	kg/m <sup>2</sup> a	
Infiltration at 50Pa:	4,32	ACH	<b>Degree Days</b>			
			Heating (HDD):	1798,78		
			Cooling (CDD):	2339,82		

### 4.2 Πρόταση αειφορικής αναβάθμισης

Η πρόταση της αειφορικής αναβάθμισης του 30<sup>o</sup> & 145<sup>o</sup> Νηπιαγωγείο Αθηνών, πραγματοποιείται με βάση τις στρατηγικές που προτείνονται στην αναλυτική έκθεση – εργαλειοθήκη για τα σχολεία Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης της Μεσογείου όπου η συζήτηση στοχεύει στην ανάδειξη των σχολικών κτιρίων σε nZEB σχολεία και τίθενται συγκεκριμένα κριτήρια, προϋποθέσεις και στόχοι. (ZEMedS, 2014)

Ένα σχολείο σχεδόν μηδενικής ενέργειας έχει μέγιστη τελική κατανάλωση ενέργειας έως 25 kWh/ m<sup>2</sup>/έτος. Η κατανάλωση για ψύξη, θέρμανση και εξαερισμό υπολογίζεται έως 20kWh/m<sup>2</sup>/έτος και για φωτισμό έως 5kWh/m<sup>2</sup>/έτος.



Σχετικά με την ποιότητα εσωτερικού αέρα η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα στα σχολεία πρέπει να είναι χαμηλότερο από 1000ppm.  $CO_2 \leq 1000ppm$ .

Επίσης όπως προαναφέρθηκε, στόχος της θερμοκρασίας λειτουργίας κατά την χειμερινή περίοδο τίθεται το όριο 19 – 21° C ενώ το μέγιστο όριο θερμοκρασίας είναι 25 – 27° C κατά την καλοκαιρινή περίοδο και μόνο σε περίπτωση ανεπάρκειας των συστημάτων ψύξης. . (ZEMedS, 2014)

Συνοπτικά και όπως έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3.4, η αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων σε nZEB σχολικά κτίρια με βάση την εργαλειοθήκη ZEMedS επιτυγχάνεται : εξοικονόμηση ενέργειας, βελτίωση των συνθηκών περιβάλλοντος των εσωτερικών χώρων, η αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργεί η υπερθέρμανση, η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, η προσαρμογή στις κλιματικές συνθήκες, η συμμετοχή των εκπαιδευομένων σε δράσεις, η συμμετοχή των μελλοντικών γενεών και η επίτευξη όλων των παραπάνω με το ελάχιστο κόστος. Για παράδειγμα αναφέρεται ότι το 1€ επένδυσης στην αναβάθμιση κτιρίου σε ΚΣΜΚΕ αποδίδει οικονομικό όφελος 5€ κατά την λειτουργία του (ZEMedS, 2014).

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν είναι ο προγραμματισμός του έργου από διεπιστημονική ομάδα συνεργασίας, η μοντελοποίηση του κτιρίου σε λογισμικό ηλεκτρονικής μοντελοποίησης πληροφοριών BIM (Building Information Modeling) Και να αποφασιστεί η έκταση της αναβάθμισης.

Σχετικά με τα παραπάνω βήματα, στην παρούσα εργασία έγιναν οι εξής ενέργειες:

- ✓ το κτίριο μελέτης περίπτωσης σχεδιάστηκε ως μοντέλο BIM στο λογισμικό ArchiCAD, ως υφιστάμενη κατάσταση με πληροφορίες ενσωματωμένες σχετικά με τα υλικά κελύφους, κουφώματα, υλικά αύλειου χώρου, προσανατολισμός, υφιστάμενη φύτευση κλπ. όπως δίνονται από την τεχνική περιγραφή της οικοδομικής άδειας και όπως διαπιστώθηκαν στην επί τόπου αυτοψία.

Στη συνέχεια σχεδιάστηκε ως BIM μοντέλο στο ArchiCAD με τα χαρακτηριστικά της ανακαίνισης που προτείνεται μέσα από την παρούσα εργασία, με τα υλικά κελύφους, κουφώματα, υλικά αύλειου χώρου, φύτευση, προσανατολισμό του κτιρίου, καιρικές συνθήκες, μελέτη ηλιασμού και μελέτη

αερισμού κι όλα τα χαρακτηριστικά που μπορούν να εισαχθούν στο μοντέλο BIM.

- ✓ Συγχρόνως, ακολουθώντας τα βήματα του ZEMedS, αποφασίστηκε ότι το κτίριο θα υποστεί μια «εκτεταμένη ανακαίνιση» προκειμένου να έχουμε τα καλύτερα αποτελέσματα σε μείωση κατανάλωσης και βελτίωση διαβίωσης σε αυτό.

Με βάση τον οδηγό αναβάθμισης σχολικών κτιρίων της Μεσογείου ZEMedS 2014, βασική προϋπόθεση της αναβάθμισης του σχολικού κτιρίου είναι η βελτίωση του εσωτερικού περιβάλλοντος (IEQ) και τα κριτήρια για να εξασφαλιστεί η επιτυχής ενεργειακή αναβάθμιση

1. Προϋπόθεση : η ποιότητα του αέρα του εσωτερικού χώρου, η θερμική άνεση, η οπτική άνεση και η ακουστική άνεση των χρηστών  
Επίσης τα κριτήρια είναι :
2. Η κατάλληλη σκίαση
3. Η επαρκής θερμομόνωση
4. Η βελτίωση του φυσικού αερισμού
5. Η εφαρμογή παθητικών στρατηγικών ψύξης (σκίαση, δροσερή οροφή, νυχτερινός δροσισμός)
6. Η χρήση φωτιστικών χαμηλής κατανάλωσης και ηλεκτρικών συσκευών και εξοπλισμού χαμηλής κατανάλωσης A++
7. Η χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την κάλυψη της κατανάλωσης ενέργειας που απαιτούνται για τις λειτουργικές ανάγκες, ειδικά στις Μεσογειακές χώρες, που η ηλιακή ενέργεια έχει υψηλό δυναμικό και για αυτό το λόγο ενδείκνυνται τα φωτοβολταϊκά συστήματα.
8. Η σκίαση στον αύλειο χώρο
9. Η χρήση νέων εξελιγμένων υλικών που ωφελούν για το σκοπό που μελετάμε και οι νέες τεχνολογίες. Όπως για παράδειγμα, τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (BMS) που ελέγχει τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτιρίου, μέσω υπολογιστή όπως θέρμανση, ψύξη, αερισμός, φωτισμός.

Με βάση όλα τα παραπάνω, οι ενέργειες που πραγματοποιήθηκαν στο μοντέλο του κτιρίου μελέτης περίπτωσης είναι οι εξής:

- ✓ Αντικατάσταση του συνόλου κουφωμάτων και φεγγιτών με ενεργειακά κουφώματα χαμηλού συντελεστή θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K). Οι παλαιοί

σταθεροί φεγγίτες αντικαταστάθηκαν με νέους ανακλινόμενους ώστε να ευνοηθεί ο διαμπερής αερισμός προς βελτίωση της ποιότητας αέρα.

- ✓ Προσθήκη φεγγιτών στους εσωτερικούς τοίχους που είναι εφικτό, οι οποίοι θα ανοίγουν κατά τη διάρκεια του διαλλείματος, μετά το πέρας λειτουργίας του νηπιαγωγείου και κατά τη διάρκεια της νύχτας τους θερινούς μήνες, προς βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα μέσω του διαμπερή αερισμού και νυχτερινού δροσισμού τους θερινούς μήνες. Οι εσωτερικοί φεγγίτες παραμένουν κλειστοί κατά τη διάρκεια του μαθήματος προκειμένου να αποφευχθεί η μεταφορά θορύβου, διασφαλίζοντας την ακουστική άνεση. Περισσότερα στοιχεία και μελέτη αερισμού πρότασης ακολουθεί σε επόμενο υποκεφάλαιο.
  
- ✓ Αποξήλωση υφιστάμενου τοίχου μεταξύ των δύο αιθουσών που αποτελείται το κάθε νηπιαγωγείο. Τοποθέτηση γυάλινων συρόμενων διαχωριστικών τοίχων, υψηλών προδιαγραφών, με ανοιγόμενη μονή θύρα, μεταξύ των αιθουσών 1 & 3 και 2 & 4, προς όφελος του φυσικού αερισμού των αιθουσών. Επίσης ο διαχωρισμός των αιθουσών του κάθε νηπιαγωγείου, με αυτό τον τρόπο, προάγει τη διάχυση του φυσικού φωτισμού, την οπτική άνεση των παιδιών την συνεργασία και την κοινωνικότητα, όταν ανοίγει για λόγους κοινών δραστηριοτήτων και εκδηλώσεων.
  
- ✓ Προσθήκη ραφιών φωτισμού στα παράθυρα προκειμένου να πετύχουμε ανάκλαση φωτός στην αίθουσα, οπτική άνεση στα απομακρυσμένα σημεία των αιθουσών, μείωση κατανάλωσης ενέργειας αποφεύγοντας τη χρήση τεχνητού φωτισμού.

*«Τα ράφια φωτισμού είναι σταθερά στοιχεία, τα οποία τοποθετούνται στα πλαίσια των ανοιγμάτων, είναι επίπεδα ή καμπύλα και κατασκευάζονται από ανακλαστικά υλικά. Κατευθύνουν την ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του κτιρίου με στόχο να αυξήσουν την ακτινοβολία στις απομακρυσμένες από τα ανοίγματα περιοχές. Είναι απαραίτητο οι οροφές του κτιρίου να έχουν υψηλή ανακλαστικότητα. Εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη διάχυση του ήλιου με ανάλογα*

αποτελέσματα που αφορούν τη θερμική άνεση» (Δελή & Κακλαμάνου, 2020 - 2021) Εικόνα 55.



Εικόνα 55: Ράφια φωτισμού τοποθετημένα στα κουφώματα. Πηγή: pinterest

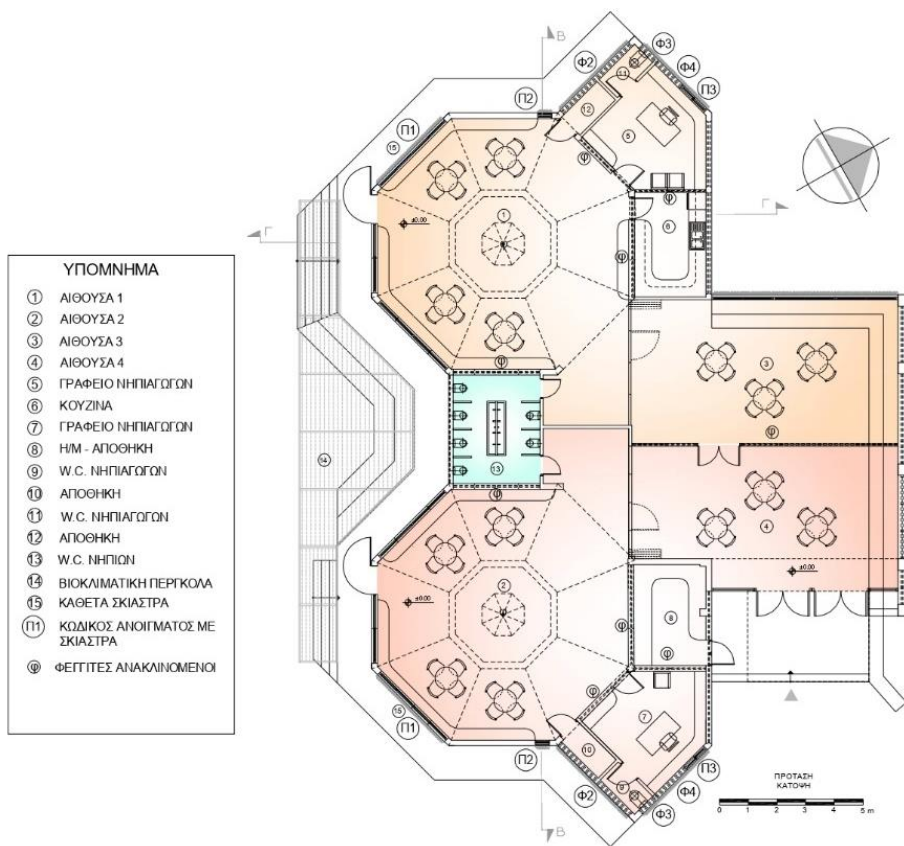
- ✓ Προσθήκη βιοκλιματικής πέργκολας στη νότια είσοδο του κτιρίου, η οποία θα βελτιώσει τις συνθήκες σχετικά με την οπτική και θερμική άνεση. Επίσης με τη σκίαση των υφιστάμενων κερκίδων θα επιτρέψει τη χρήση τους από τους μαθητές κάτω απ' όλες τις καιρικές συνθήκες.
- ✓ Οπτική άνεση και θερμική άνεση επίσης εξασφαλίστηκε, με την τοποθέτηση κάθετων κινητών σκιάστρων στα ανοίγματα που βρίσκονται στα δυτικά και ανατολικά και επίσης τοποθετείται βιοκλιματική πέργκολα ως επέκταση του υφιστάμενου προβόλου στα νότια, η οποία σκιάζει τις θύρες εισόδου των αιθουσών και τα παράθυρα στο νότο. Με βάση την οδηγία του Κ.Α.Π.Ε. τα ενδεικνυόμενα σκίαστρα για τη δύση και την ανατολή είναι τα εξωτερικά κάθετα κινητά σκίαστρα και για το νότο τα οριζόντια σταθερά.
- ✓ Τοποθετήθηκε θερμομόνωση διογκωμένης πολυστερίνης στους εξωτερικούς τοίχους, πάχους 8cm, διότι με βάση τις οδηγίες του Κ.Α.Π.Ε. στα σχολικά κτίρια που έχουν κατασκευαστεί πριν το 1980, προτείνεται θερμομόνωση με υλικά μη υδρόφιλα, που περιβάλλουν όλα τα δομικά στοιχεία. Στην πλάκα δώματος και στην πλάκα δαπέδου τοποθετήθηκε μόνωση που με βάση το Κ.Α.Π.Ε. θα εντείνει το αίσθημα της θερμικής άνεσης τους χειμερινούς και τους θερινούς μήνες. Συγκεκριμένα τοποθετήθηκε θερμοοῦγρομόνωση δώματος με πλάκες

πετροβάμβακα και θερμομόνωση δαπέδου, από συμπαγής πλάκες πετροβάμβακα.

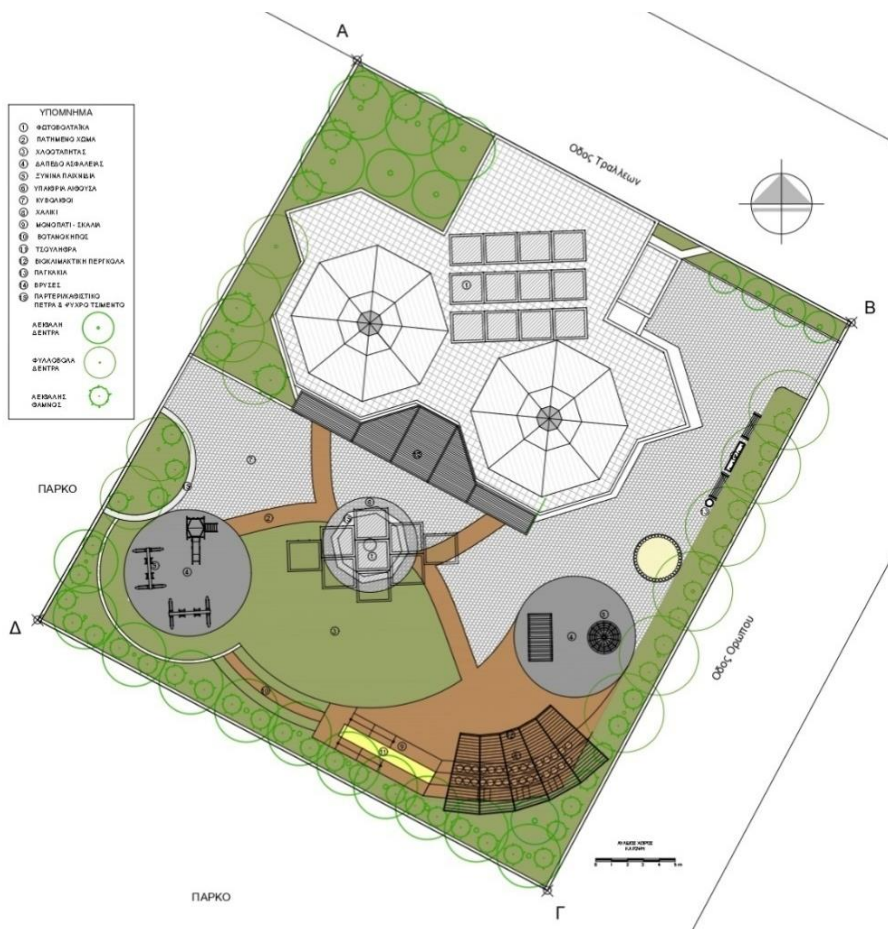
- ✓ Προσθήκη δέντρων, θάμνων, βοτάνων και καλλωπιστικών φυτών που ανθοφορούν, για θερμική, οπτική και οσφρητική άνεση με βάση τον προσανατολισμό, η μελέτη φύτευσης αναλύεται παρακάτω.
- ✓ Προσθήκη φωτοβολταϊκών πάνελ στο δώμα του κτιρίου, με νότιο προσανατολισμό, τα οποία θα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για τις ανάγκες λειτουργίας του κτιρίου.
- ✓ Προσθήκη εγκατάστασης ηλιακού δέντρου, το οποίο συλλέγει από τα φωτοβολταϊκά πάνελ ηλιακή ενέργεια μέσω της οποίας λειτουργούν οι εγκαταστάσεις του κτιρίου.
- ✓ Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης πετρελαίου, δηλαδή του λέβητα πετρελαίου, με αντλία θερμότητας που λειτουργεί με την ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά.
- ✓ Αποξήλωση των κλιματιστικών τοίχου και αντικατάσταση τους, με φυσική ψύξη που δημιουργείται από ανεμιστήρες οροφής, οι οποίοι λειτουργούν με την ενέργεια που παράγουν τα φωτοβολταϊκά πάνελ, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του νηπιαγωγείου για το χρονικό διάστημα 01 Σεπτεμβρίου – 15 Οκτωβρίου και 01 Μαΐου -30 Ιουνίου .
- ✓ Αντικατάσταση του συνόλου των φωτιστικών και των λαμπτήρων με φωτιστικά LED, κατάλληλου επιπέδου φωτισμού, χρωματικής απόδοσης συντελεστή θάμβωσης, που πληρούν όλες τις προϋποθέσεις που θέτει η ελληνική νομοθεσία για την εξασφάλιση οπτικής άνεσης των μαθητών. Τα φωτιστικά των γραφείων, αποθηκών, WC, κουζίνας ελέγχονται από αισθητήρες κίνησης, προκειμένου να ανάβουν όποτε υπάρχει ανάγκη και να μειωθεί η κατανάλωση

- ✓ Επανασχεδιασμός του αύλειου χώρου, που προϋποθέτει αποξήλωση της τσιμεντόστρωσης που δυσχεραίνει τις συνθήκες διαβίωσης των μαθητών, ο οποίος περιλαμβάνει δημιουργία χώρου υπαίθριου μαθήματος που σκιάζεται από βιοκλιματική πέργκολα, βοτανόκηπο όπου οι μικροί μαθητές θα φυτεύουν και θα καλλιεργούν, χώρους παιχνιδιών, καθιστικά και υλικά υδατοπερατά όπως κυβόλιθοι, πατημένο χώμα, χλοοτάπητα, κηπόχωμα που βελτιώνουν τις συνθήκες διαβίωσης, προάγουν την οπτική, τη θερμική και την ακουστική άνεση, ενώ με τη φύτευση βοτάνων και αρωματικών φυτών βελτιώνεται και η οσφρητική άνεση.
- ✓ Χρήση ενεργειακών υλικών όπως, ενεργειακά χρώματα υψηλής ανακλαστικότητας για τους εσωτερικούς χώρους των αιθουσών με ματ υφή (Κ.Α.Π.Ε.), όπως και για το δώμα του κτιρίου. Ψυχρά υλικά όπως κυβόλιθοι επίστρωσης στον αύλειο χώρο, υλικά όπως ο φυσικός χλοοτάπητας, το ξύλο, το χώμα που εξασφαλίζουν θερμική άνεση.
- ✓ Χρήση υλικών που επιλέγονται με κριτήριο τη μείωση συγκεντρώσεων χημικών ρύπων, που είναι βλαβερά για την ανθρώπινη υγεία, επιλέχθηκαν υλικά με χαμηλή εκπομπή πτητικών οργανικών ουσιών (VOC), για επικαλύψεις, χρωματισμούς, επιχρίσματα, στεγάνωση.
- ✓ Αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών με νέες συσκευές χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.

Παρακάτω τα Σχέδια 12 και 13 παρατηρούμε τις επεμβάσεις στην κάτοψη και τον αύλειο χώρο. Η κάτοψη σχετικά με λειτουργικό διάγραμμα δεν υπέστη μεγάλες αλλαγές, διότι όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, στο κτίριο στεγάζονται δύο νηπιαγωγεία και το μέγεθός τους σε τετραγωνικά και η απαίτηση χώρων, όπως οι δύο αίθουσες διδασκαλίας έκαστο, δεν επιτρέπουν την αλλαγή διαμόρφωσης. Η Εικόνα 56 αποτελεί φωτορεαλιστική απεικόνιση της πρότασης, όπου διακρίνονται τα φωτοβολταϊκά, το ηλιακό δέντρο, τα αειθαλή (ανοιχτό πράσινο) και τα φυλλοβόλα δέντρα (σκούρο πράσινο), η βιοκλιματική πέργκολα στο νότο, οι επιστρώσεις δαπέδων αύλειου (χρωματιστοί κυβόλιθοι, φυσικός χλοοτάπητας, πατημένο χώμα).



Σχέδιο 12 :  
Κάτοψη  
Πρότασης. Ίδια  
επεξεργασία



Σχέδιο 13:  
Διαμόρφωση  
αύλειου χώρου. Ίδια  
επεξεργασία



Εικόνα 56: Φωτορεαλιστική απεικόνιση του μοντέλου BIM. Ιδία επεξεργασία

#### 4.2.1 Μελέτη φυσικού αερισμού

Στη μελέτη αερισμού της υφιστάμενης κατάστασης, παρατηρήθηκε ότι ο αερισμός των χώρων του κτιρίου είναι μονόπλευρος, εκτός από τις οκταγωνικές αίθουσες, στις οποίες υπάρχει διαμπερής αλλά περιορισμένος, για αυτό στην πρόταση έχουν ληφθεί υπόψη οι αδυναμίες του φυσικού αερισμού και θα βελτιωθεί με τις εξής παρεμβάσεις :

- ✓ Προτείνονται νέα κουφώματα με σύστημα φυσικού αερισμού σε όλους τους χώρους του κτιρίου

Στις αίθουσες διδασκαλίας 3 & 4

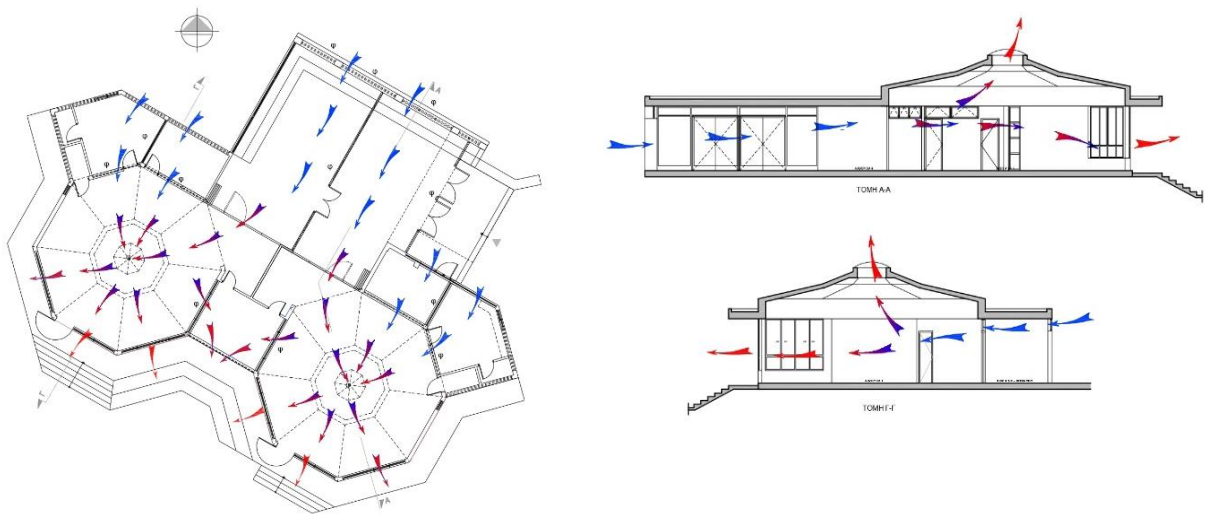
- ✓ Αντικατάσταση των σταθερών φεγγιτών στο Βορρά, με νέους ανακλινόμενους φεγγίτες
- ✓ Τοποθέτηση νέων φεγγιτών στον ενδιάμεσο τοίχο που συνδέει τις δύο αίθουσες 3 & 4
- ✓ Αντικατάσταση των σταθερών φεγγιτών που καλύπτουν τις οπές της οροφής, με νέους ανοιγόμενους φεγγίτες, στις αίθουσες 1 & 2
- ✓ Αντικατάσταση των σταθερών φεγγιτών που βρίσκονται μεταξύ αίθουσας 1 – WC – αίθουσας 2



- ✓ Σύνδεση των αιθουσών 1-3 & 2-4 , με συρόμενο διαχωριστικό από γυαλί , υψηλών προδιαγραφών, πυροπροστασίας και προστασίας από το θόρυβο.

Χειμώνας : Ο Βορειοανατολικός άνεμος επικρατεί κατά κύριο λόγο τους χειμερινούς μήνες. Ο αέρας εισχωρεί στο κτίριο, θερμαίνεται και εξέρχεται ο ζεστός αέρας. Ο φυσικός αερισμός του κτιρίου είναι πλέον διαμπερής όπως φαίνεται και στην κάτοψη στις τομές στην Σχέδιο 14. Ο αέρας στο Βορρά εισέρχεται άμεσα γιατί τα ανοίγματα των αιθουσών 3 & 4, στα Βορειοανατολικά είναι πλέον ανακλινόμενοι φεγγίτες προς την οδό Τράλλεων και είναι διαμπερής μέσω του νέου συρόμενου διαχωριστικού και εξέρχεται θερμός προς το Νότο από τις αίθουσες 1 & 2. Στην αίθουσα 3 που τα ανοίγματα στα Βόρεια είναι μεγαλύτερα, ως τρόπος εμπόδισης των ισχυρών ανέμων προτείνονται ψηλά αιθαλή δέντρα.

Καλοκαίρι: Τους θερινούς μήνες οι άνεμοι είναι Βορειοανατολικοί. Σχέδιο 15. Οι δύο οκταγωνικές αίθουσες έχουν πλέον ικανοποιητικό διαμπερή αερισμό, εισέρχεται άνεμος από τις Βόρειες αίθουσες και διότι πλέον οι ανοιγόμενοι φεγγίτες στην οροφή επιτρέπουν τη διέλευση του αέρα .

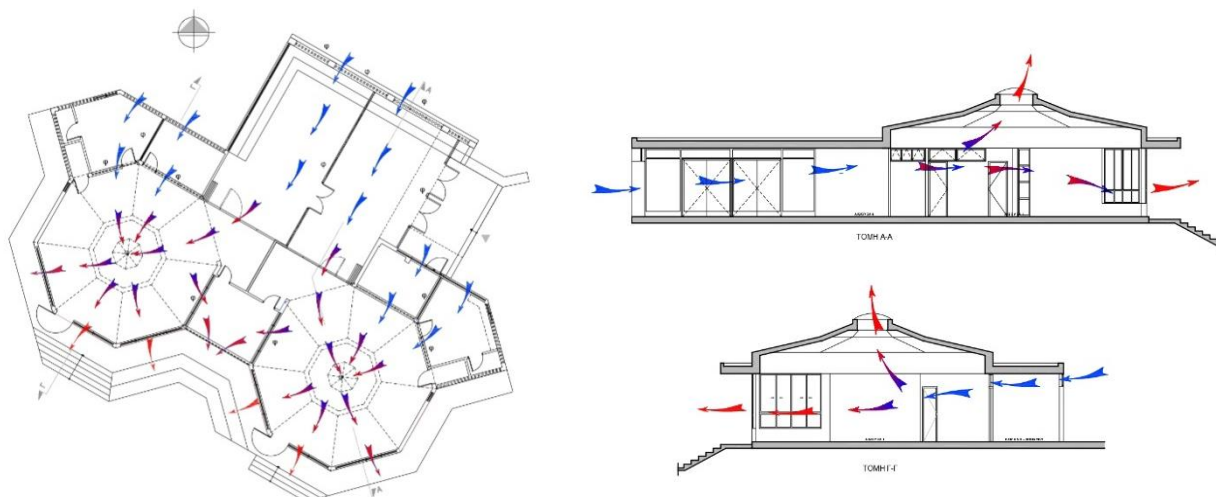


Σχέδιο 14: Κάτοψη και τομές Β-Β & Γ-Γ όπου ο φυσικός αερισμός το χειμώνα, μετά τις παρεμβάσεις, είναι διαμπερής. Ιδία επεξεργασία σχεδίων.

Στους υπόλοιπους χώρους ο αερισμός είναι πλέον διαμπερής μετά την τοποθέτηση ανακλινόμενων φεγγιτών μεταξύ κουζίνας γραφείου και λεβητοστασίου – γραφείου και γραφείων νηπιαγωγών, κουζίνας και λεβητοστασίου προς τις αίθουσες 1 & 2 στο Νότο. Επιπλέον στο διαμπερή αερισμό συνεισφέρουν οι νέοι ανακλινόμενοι φεγγίτες μεταξύ αίθουσας 1 – WC – αίθουσας 2.

Όλοι εσωτερικοί φεγγίτες ανοίγουν στα διαλείμματα και τις ώρες που δεν λειτουργεί το σχολείο και την νύχτα κατά τους θερινούς μήνες, για αποφυγή θορύβου και μη διακύβευση της ακουστικής άνεσης.

Με τις παραπάνω παρεμβάσεις θα επιτευχθεί η βελτίωση του φυσικού αερισμού, που έχουμε προαναφέρει τα οφέλη σχετικά με την ανανέωση του και την αποφυγή προβλημάτων υγείας, επίσης θα επιτευχθεί και ο νυχτερινός δροσισμός του κτιρίου, τους θερινούς μήνες.



Σχέδιο 15: Κάτοψη και τομές Β-Β & Γ-Γ όπου ο φυσικός αερισμός το καλοκαίρι, μετά τις παρεμβάσεις, είναι διαμπερής. Ιδία επεξεργασία.

#### 4.2.2 Μελέτη φύτευσης

Η μελέτη φύτευσης είναι πολύ σημαντική για την επιτυχή αειφορική αναβάθμιση, διότι καταρχήν, τα δέντρα που θα επιλεγούν θα παίξουν ρόλο στο μικροκλίμα του νηπιαγωγείου καθώς επιλέγονται με βάση τις αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Επίσης η φύτευση προάγει τις ανέσεις των μικρών μαθητών, όπως την οπτική, την οσφρητική, την ακουστική άνεση και η πλούσια φύτευση προσφέρει οξυγόνο στο περιβάλλον του νηπιαγωγείου.

Προσθήκη δέντρων και φύτευσης για θερμική, οπτική και οσφρητική άνεση με βάση τον προσανατολισμό :

Βόρεια και Νότια Φυτεύουμε Ροδίτικους φύκους, αιθαλή δέντρα που φτάνουν ύψος 4,00 m, καρποφορούν το καλοκαίρι και δεν έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις σε έδαφος. Επίσης φυτεύουμε Χαρουπιές που είναι ψηλά δέντρα και

φτάνουν τα 15m. Αντέχει τους δριμείς χειμώνες με ελάχιστες θερμοκρασίες -20 °C και τα θερμά καλοκαίρια με μέγιστες θερμοκρασίες τους 40 °C. (Φυτόριο Κηπογεωργική ). Στο Νότο προσθέτουμε μανταρινιές και πορτοκαλιές που είναι αειθαλή μικρά δέντρα, δεν αγαπούν τους δυνατούς ανέμους, καρποφορούν το χειμώνα και οι καρποί τους μπορούν καταναλωθούν από τους μαθητές.



Εικόνα 57: Ροδίτικος Φύκος. Πηγή: [www.issaris.gr](http://www.issaris.gr) Εικόνα 58: Χαρουπιά. Πηγή: (Φυτόριο Κηπογεωργική)

Εικόνα 59: Μανταρινιά. Πηγή: : (Φυτόριο Κηπογεωργική )

Δυτικά και Ανατολικά προσθέτουμε κουτσουπιές οι οποίες είναι φυλλοβόλα δέντρα για ήλιο το χειμώνα και δροσιά το καλοκαίρι. Η κουτσουπιά φτάνει τα 10μ ύψος και ενδείκνυται για πάρκα, πεζοδρόμια γιατί το καλοκαίρι δε χρειάζεται πολύ νερό κι όταν ανθοφορεί Μάιο – Απρίλιο έχει χαρακτηριστικά λουλούδια ροζ – μωβ. (Γεωπονικό πάρκο, 2022)

Επίσης φυτεύουμε Παυλώνιες που έχουν πυκνή σκιά για προστασία από τους ανέμους το χειμώνα, ανθεκτικά στους ρύπους, με άνθη μωβ – ροζ με πολύ ωραίο άρωμα που μοιάζει με της λεβάντας. (Δελή & Κακλαμάνου , 2020) δεσμεύει σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα ενώ και η ικανότητά

της να “καθαρίζει” το έδαφος από τα βαρέα μέταλλα. Αντέχει τους δριμείς χειμώνες με ελάχιστες θερμοκρασίες  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  και τα θερμά καλοκαίρια με μέγιστες θερμοκρασίες τους  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (Φυτόριο Κηπογεωργική , 2018)



Εικόνα 60: Κουτσουπιά. Πηγή: (Φυτόριο Κηπογεωργική ) Εικόνα 61 Παυλώνια Πηγή: (Flowerstore)

Περιμετρικά στον αύλειο, τοποθετούμε φωτίνια, αειθαλή θάμνο για περίφραξη που έχει χρωματιστά κόκκινα φύλλα, μικρά ανθάκια την άνοιξη ύψους μέχρι και 3 - 4 μ. Προτιμά κυρίως ηλιόλουστες περιοχές. (Δελή & Κακλαμάνου , 2020)  
Επίσης προσθέτουμε αγγελικές, που προσαρμόζονται σε κάθε περιβάλλον, αειθαλής θάμνος με λευκο – κίτρινα λουλούδια με έντονο άρωμα.



Εικόνα 62: Φωτίνια

Εικόνα 63: Αγγελική. Πηγή εικόνων: (Φυτόριο Κηπογεωργική )

Προσθέτουμε καλλωπιστικά γεράνια τα οποία είναι πολύ ανθεκτικά στην ξηρασία, ανθοφορούν άνοιξη, καλοκαίρι και φθινόπωρο κι έχουν χαμηλές απαιτήσεις σε νερό. Επίσης προσθέτουμε Ιβίσκους που είναι αειθαλής θάμνοι καλλωπιστικοί που αγαπούν τον ήλιο. Επίσης προσθέτουμε βότανα αρωματικά για οσφρητική και οπτική άνεση, όπως λεβάντα, φασκόμηλο και δεντρολίβανο και αρμπαρόριζα.



Εικόνα 64: Γεράνια. Πηγή: (Nova green , 2020)



Εικόνα 65 : Ιβίσκος. Πηγή: (Γεωπονικό Κέντρο Κήπου, 2022)



Εικόνα 66: Λεβάντα



Εικόνα 67: Φασκόμηλο. Πηγή: (Φυτόριο Κηπογεωργική )

#### 4.2.3 Solar tree – Ηλιακό δέντρο

Το ηλιακό δέντρο είναι γλυπτική δημιουργία που εμφανίστηκε το 1998 στην Αυστρία, που συνδυάζει την παραγωγή ενέργειας με τη γλυπτική διάθεση του αντικειμένου.

Ο όρος Solar Tree περιγράφει μια ποικιλία κατασκευών που «ενσωματώνουν την τεχνολογία της ηλιακής ενέργειας σε ένα μόνο πυλώνα – τον κορμό του, και είναι εντέλει ένας γενικός όρος που αφορά μια κατηγορία ηλιακών έργων τέχνης». (Seminars reports, solar tree)

Η εγκατάσταση ηλιακών δέντρων στοχεύουν να προάγουν την ευαισθητοποίηση και η κατανόηση της σημασίας των ΑΠΕ. Χρησιμοποιούνται συμπληρωματικά με τα φωτοβολταϊκά ταράτσας και άλλες στρατηγικές μείωσης σπατάλης ενέργειας.



Εικόνα 68: Solar tree του Ross Lovegrove Εικόνα 69: Solar tree της Spotlight στο σχολείο Sandy Grove Middle School

Σήμερα συναντώνται σε δημόσιους χώρους, πλατείες, σχολεία, πανεπιστήμια, κτίρια γραφείων κ.α. Δημιουργούν σκιά οπότε ο Ross Lovegrove ενσωμάτωσε στο ηλιακό δέντρο καθίσματα, φωτισμό, φορτιστές.

Ο Ross Lovegrove, γνωστός σχεδιαστής αντικειμένων εμπνεύστηκε ένα ηλιακό δέντρο με πολλές καμπύλες ως κλαδιά και κυκλικά φωτοβολταϊκά, το οποίο κατασκεύασε η εταιρεία Artemide. Εικόνα 69 (Seminars reports, solar tree).

Τα πλεονεκτήματα της εγκατάστασης ενός Solar Tree είναι :

- ✓ Ευαισθητοποίηση σε σχέση με την ηλιακή ενέργεια και τις ΑΠΕ
- ✓ Δημιουργία σκιάς
- ✓ Φιλικό προς το περιβάλλον, δεν μολύνει τον αέρα
- ✓ Δυνατότητα εγκατάστασης σε λίγα τετραγωνικά μέτρα.

Ως μειονεκτήματα σημειώνονται :

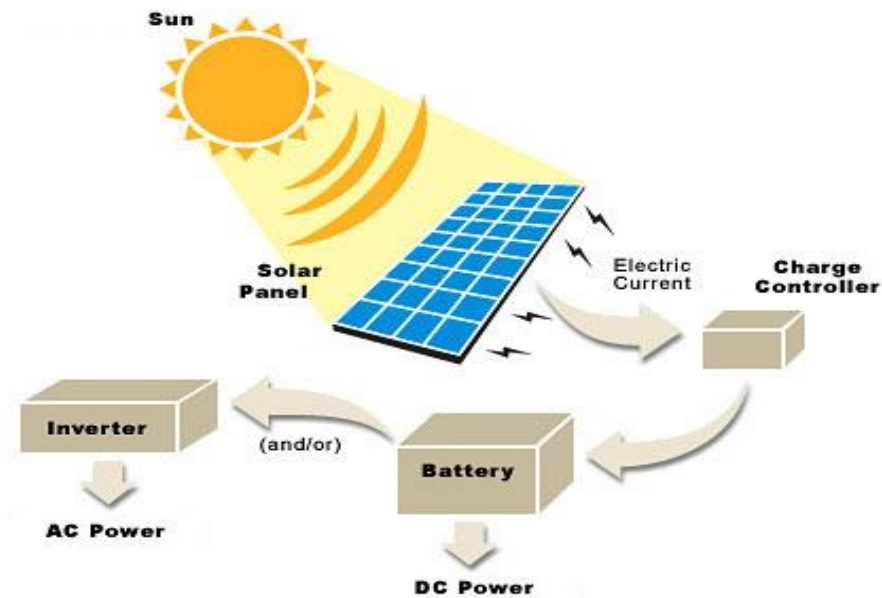
- ✓ Υψηλό κόστος
- ✓ Η παρουσία του μπορεί να αποτελεί κίνδυνο για τα πουλιά

T = TREE GENERATING

R = RENEWABLE

E = ENERGY and

E = ELECTRICITY



Εικόνα 70: Η λειτουργία του Ηλιακού Δέντρου. Πηγή: (Spivastav), (Seminars reports, solar tree)

#### 4.2.4 Περιγραφή υλικών

Η έρευνα αγοράς για τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια «εκτεταμένη» ανακαίνιση όπως αυτή που εξετάζει η παρούσα εργασία, δείχνει ότι υπάρχουν πολλές επιλογές και οι εταιρείες που μπορούν να εξυπηρετήσουν. Αυτό που κυρίως ενδιαφέρει είναι η προσέγγιση των ιδιοτήτων των υλικών, τα οποία συναντάει κανείς σε πολλές εταιρείες.

A. Η μόνωση του κτιρίου γίνεται περιμετρικά σε όλα τα δομικά στοιχεία με διογκωμένη πολυστερίνη, το πάχος της μόνωσης φτάνει τα 10cm.



Εικόνα 71 Θερμομόνωση με διογκωμένη πολυστερίνη. Πηγή: [www.knauf.g](http://www.knauf.g)

Β. Θερμοϋγρομόνωση δώματος με πλάκες πετροβάμβακα, υλικό άκαυστο, ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες, υδρόφοβο, ανθεκτικό στη γήρανση και χημικά αδρανές.



ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ				
ΑΠΟΔΟΣΗ				
	Norm	Symbol	Unit	Value
Θερμική αγωγιμότητα	EN 13162	λ	W/mK	0.036
Τάση συμπίεσης	EN 826	CS(10)	kPa	≥ 50
Αντίδραση στη φωτιά	EN 13501-1			A1
Αντοχή σε εφελκυσμό κάθετα στην επιφάνεια	EN 1607	TR	kPa	≥10

Εικόνα 72: Πετροβάμβακας για θερμοϋγρομόνωση δώματος. Πηγή: [www.knaufinsulation.gr](http://www.knaufinsulation.gr)

Γ. Θερμομόνωση δαπέδου. Προτείνεται συμπαγής πλάκα πετροβάμβακα με σταθερή πυκνότητα, άκαυστο υλικό ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες.



ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ				
ΑΠΟΔΟΣΗ				
	Norm	Symbol	Unit	Value
Θερμική αγωγιμότητα	EN 13162	λ	W/mK	0,039
Αντίδραση στη φωτιά	EN 13501-1			A1

Εικόνα 73: Θερμομόνωση δαπέδου με πετροβάμβακα. Πηγή : [www.knaufinsulation.gr](http://www.knaufinsulation.gr)

Δ. Προτείνονται κουφώματα αλουμινίου, ειδικά σχεδιασμένα για υψηλές απαιτήσεις παθητικών κτιρίων με υψηλή απόδοση θερμομόνωσης, υδατοστεγάνωση, ηχομείωση και ασφάλεια.





**Επιδόσεις**

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ U<sub>f</sub>  
από 0,67 έως 1,1 W/m<sup>2</sup>K

ΥΔΑΤΟΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑ  
CLASS E 1650

ΑΕΡΟΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ  
CLASS 4

ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΑΝΕΜΟΠΙΕΣΗ  
C5/B5

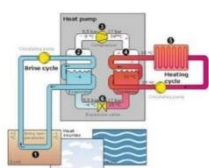
ΗΧΟΜΕΙΩΣΗ  
41 dB

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ  
RC2/RC3

Εικόνα 74: Κουφώματα αλουμινίου κατάλληλα για παθητικά κτίρια. Πηγή: [www.alumil.gr](http://www.alumil.gr)

Ε. Η/Μ εγκαταστάσεις. Προκειμένου να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση προτείνεται η αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου, με αντλία θερμότητας αέρα/νερού με παροχή ζεστού νερού. Η αντλία θερμότητας αέρα/νερού, αξιοποιεί τον αέρα του περιβάλλοντος και με τη βοήθεια ενός συμπιεστή που καταναλώνει ενέργεια, ζεσταίνει το νερό στα σώματα φέρνοντας ιδανικές συνθήκες στον εσωτερικό χώρο. Η ανάγκες της σε ηλεκτρική ενέργεια είναι χαμηλή και στην περίπτωση που εξετάζουμε παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Είναι αθόρυβη και δημιουργεί ιδανικές συνθήκες με σταθερή θερμοκρασία 20-21°C.

Αντλίες θερμότητας αέρος/νερού με δοχείο ζεστού νερού χρήσης



- COP 5,02: Ένας από τους υψηλότερους βαθμούς απόδοσης στην αγορά. Η αγορά μιας οικονομικής και αποδοτικής λύσης.
- Το μεγαλύτερο εύρος ισχύος στην αγορά.
- Συμβαγείς διαστάσεις για απλή και εύκολη εγκατάσταση και συντήρηση ακόμα και σε περιορισμένους χώρους.



Πλήρης έλεγχος των αντλιών θερμότητας μέσω συστήματος κεντρικού αυτοματισμού KNX.



- Ιδανική λύση για ψύξη, θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης.
- Διατίθενται σε ισχύ έως 18 kW με πολύ συμπαγείς διαστάσεις και ενσωματωμένο δοχείο ΖΝΧ.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε νέες εγκαταστάσεις ή ανακαινίσεις (αντικατάσταση λέβητα πετρελαίου).

Εικόνα 75: Αντλία θερμότητας. Πηγές: [www.alphaclima.gr](http://www.alphaclima.gr), [www.new.abb.com](http://www.new.abb.com)

Ζ. Φωτοβολταϊκά πάνελ. Η χρήση τους επιτυγχάνει αυτονομία ηλεκτροδότησης, σεβασμό στο περιβάλλον, χαμηλό κόστος επένδυσης, σημαντική μείωση κατανάλωσης ενέργειας. Η εγκατάσταση τους γίνεται με βάση την οδηγία του Κ.Α.Π.Ε. 2009



Εικόνα 76: Φωτοβολταϊκά πάνελ. Πηγή: [www.ecosun.gr](http://www.ecosun.gr)

Η. Ηλιακό δέντρο – Solar Tree. Λόγω των περιορισμένων τετραγωνικών του δώματος, προτείνεται η εγκατάσταση ηλιακού δέντρου (solar tree) στο προαύλιο του νηπιαγωγείου, προκειμένου να αυξηθεί ο αριθμός των φωτοβολταϊκών στο κτίριο.



Εικόνα 77: Solar Tree. Πηγή: [www.spotlightsolar.com](http://www.spotlightsolar.com)

Θ. Για τις δύο βιοκλιματικές πέργκολες, μία για την είσοδο στο νότο και μία για την υπαίθρια αίθουσα μαθήματος, προτείνεται προϊόν υψηλής στιβαρότητας που επιτρέπει την αυτοστηριζόμενη τυπολογία που με έξι κολώνες στηρίζει σκίαση  $100\text{m}^2$ .

Διαθέτει περιστρεφόμενες περσίδες που εξασφαλίζουν άνετη διαβίωση όλο το έτος και αισθητήρες καιρού.



Εικόνα 78: Βιοκλιματική πέργκολα. Πηγή: [www.alumil.gr](http://www.alumil.gr).

Ι. Προτείνονται κάθετες περσίδες αλουμινίου στα δυτικά και ανατολικά ανοίγματα.



Εικόνα 79: Ελλειπτικές περσίδες αλουμινίου κάθετης διάταξης. Πηγή: [www.alumil.com](http://www.alumil.com)

Κ. Προβλέπονται πιστοποιημένα δάπεδα ασφαλείας, κατάλληλα για παιδικές χαρές και εξοπλισμός παιδικής χαράς για τον αύλειο χώρο.



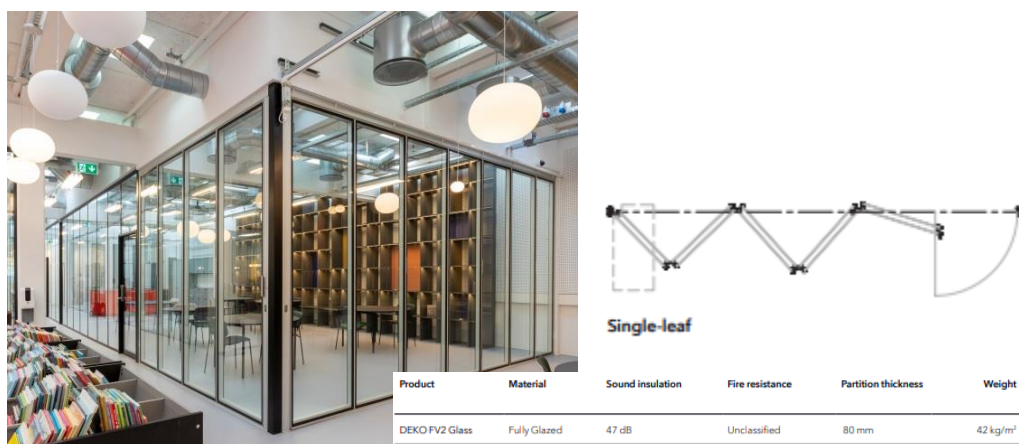
Εικόνα 80: Δάπεδα ασφαλείας και εξοπλισμός παιδικής χαράς. Πηγή: [www.iliachtida.com](http://www.iliachtida.com)

Λ. Κυβόλιθοι για την επίστρωση του αύλειου στην ποσότητα και διάταξη που επιδεικνύει το σχέδιο πρότασης του αύλειου χώρου και «το νερό της βροχής διαπερνά στο έδαφος εμπλουτίζεται ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας αναπνέουν οι ρίζες των δέντρων και μειώνουν τα ποσοστά εμφάνισης θερμικών νησίδων» (Δελή & Κακλαμάνου , 2020)



Εικόνα 81: Χρωματιστοί κυβόλιθοι επίστρωσης εξωτερικού χώρου. Πηγή: (ΤΣΙΜΕΝΤΟΤΕΧΝΙΚΗ)

Μ. Συρόμενος διαχωριστικός τοίχος με υψηλές προδιαγραφές σχετικά με την ηχοπροστασία και την πυροπροστασία. Με αυτό το διαχωριστικό, οι δύο αίθουσες των νηπιαγωγείων συνδέονται οπτικά, βελτιώνεται ο αερισμός στο κτίριο και μπορούν να ανοίξουν για να συμμετέχουν όλα τα παιδιά μαζί σε κάποιο μάθημα, εκδήλωση, δραστηριότητα.



Εικόνα 82: Διαχωριστικός τοίχος υψηλών προδιαγραφών. Πηγή: [www.asset.gr](http://www.asset.gr)

Ν. Μετά την μόνωση της στέγης από μπετόν και την αποξήλωση των πλακών Πηλίου, προτείνεται να τοποθετηθούν ασφαλτικά κεραμίδια μεζ χρώματος, τα οποία έχουν αντοχή σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες, τοποθετούνται και επισκευάζονται με ευκολία.



Εικόνα 83: Ασφαλτικά κεραμίδια. Πηγή: [www.metaldynamic.gr](http://www.metaldynamic.gr)

#### **4.3 Εφαρμογή της πρότασης αιεφορικής αναβάθμισης στο μοντέλο BIM**

Το κτίριο σχεδιάζεται σε ένα μοντέλο BIM, το οποίο περιέχει όλες τις σχεδιαστικές και κατασκευαστικές πληροφορίες, καθώς επίσης και όλα τα στοιχεία της ανακαίνισης που εισάγονται με όλες τις ιδιότητες υλικών και πάσης φύσεως χαρακτηριστικών που απαιτούνται ώστε το μοντέλο αυτό να εξυπηρετήσει στη διεξαγωγή της ενεργειακής αξιολόγησης, με βάση τις στρατηγικές που προτείνει η έκθεση ZEMedS 2014.

Προηγείται η σχεδίαση και η εισαγωγή όλων των παραπάνω πληροφοριών της υφιστάμενης κατάστασης, όπως προκύπτει από τα στοιχεία που παραχωρήθηκαν από το αρχείο της εταιρείας Κτιριακές Υποδομές Α.Ε. (οικοδομική άδεια, τεχνική περιγραφή) και από την επί τόπου αυτοψία του κτιρίου.

Το μοντέλο της υφιστάμενης κατάστασης προσδίδει αποτελέσματα ενεργειακής αξιολόγησης και στη συνέχεια διαμορφώνεται το μοντέλο BIM της πρότασης με βελτιώσεις εξ' ολοκλήρου του κτιρίου – μοντέλου.

#### 4.3.1 Θερμικές ζώνες

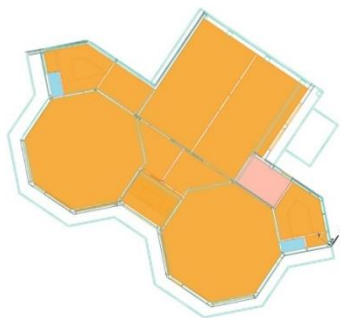
Το μοντέλο BIM χωρίζεται σε θερμικές ζώνες που περιλαμβάνουν τους χώρους, ανάλογα τη χρήση, τις ώρες λειτουργίας και τις εγκαταστάσεις που τις θερμαίνουν ή τις ψύχουν.

Ως χρήση ορίστηκε η «αίθουσα διδασκαλίας» διότι όλοι οι χώροι λειτουργούν ταυτόχρονα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας των νηπιαγωγείων. Σε αυτό το πεδίο ορίστηκε και η χρήση φωτισμού με λαμπτήρες Led, σε αντίθεση με την υφιστάμενη κατάσταση που διαθέτει λαμπτήρες φθορισμού.

Σχετικά με τους μήνες και τις ώρες χρήσης στο κτίριο μελέτης, ορίστηκαν οι μήνες και οι ώρες λειτουργίας που λειτουργούν τα σχολεία, δηλαδή μήνες λειτουργίας ορίστηκαν από το 1 Σεπτεμβρίου έως 23 Δεκεμβρίου και από 2 Ιανουαρίου έως 15 Ιουνίου κι επίσης ορίστηκαν οκτώ οι ώρες λειτουργίας από Δευτέρα έως Παρασκευή.

Το νηπιαγωγείο χωρίστηκε σε δύο θερμικές ζώνες. Η πρώτη ζώνη περιλαμβάνει τους εξής χώρους : τις τέσσερις αίθουσες διδασκαλίας, γραφείο 1, γραφείο 2, κουζίνα, τα W.C 1 & και τα W.C. νηπίων. Η δεύτερη θερμική ζώνη περιλαμβάνει το λεβητοστάσιο και η Τρίτη θερμική ζώνη περιλαμβάνει την αποθήκη 1, την αποθήκη 2. Αυτό έγινε γιατί ενώ η χρήση επιλέχθηκε να είναι ίδια, δηλαδή «σχολική αίθουσα», λόγω μηνών και ωραρίου λειτουργίας, οι τρεις θερμικές ζώνες διαφέρουν στις εγκαταστάσεις τους. Για παράδειγμα το λεβητοστάσιο δεν θα θερμαίνεται ούτε θα ψύχεται, λόγω χρήσης Η/Μ εγκατάστασης. Οι αποθήκες δεν προβλέπεται να ψύχονται, αλλά θα θερμαίνονται, λόγω περιορισμένης χρήσης κατά τη διάρκεια λειτουργίας.

Οι δύο αίθουσες 1 & 2, ως παραδοχή έχουν ίδιο ύψος πλάκας με τους υπόλοιπους χώρους, καθώς η ιδιαιτερότητα της μορφής της στέγης μπετόν, δεν αναγνωρίζεται από το λογισμικό. Στα τρία σενάρια που παρουσιάζονται προτείνονται τα ίδια υλικά κατασκευής και τα δομικά στοιχεία παραμένουν ίδια.



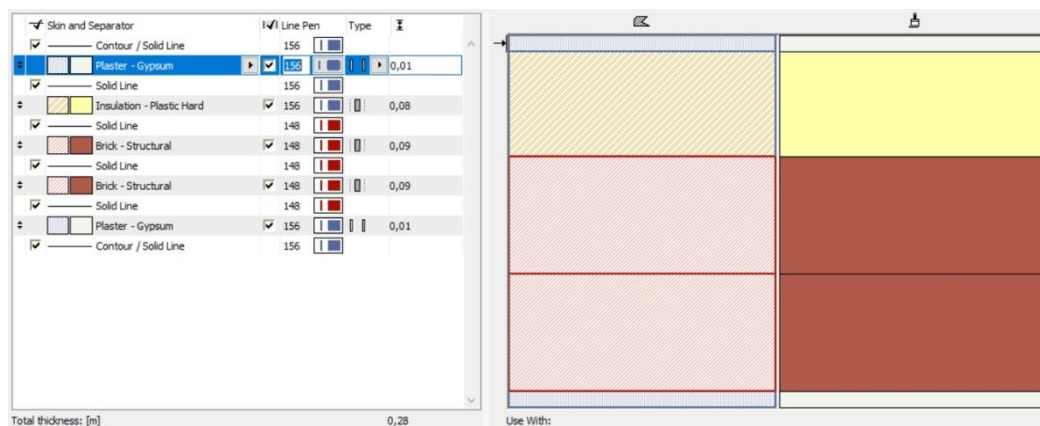
Σχέδιο 16: Οι τρεις θερμικές ζώνες του κτιρίου όπως ορίστηκαν στο λογισμικό. Ιδία επεξεργασία

### 4.3.2 Υλικά κελύφους που εφαρμόστηκαν για όλα σενάρια

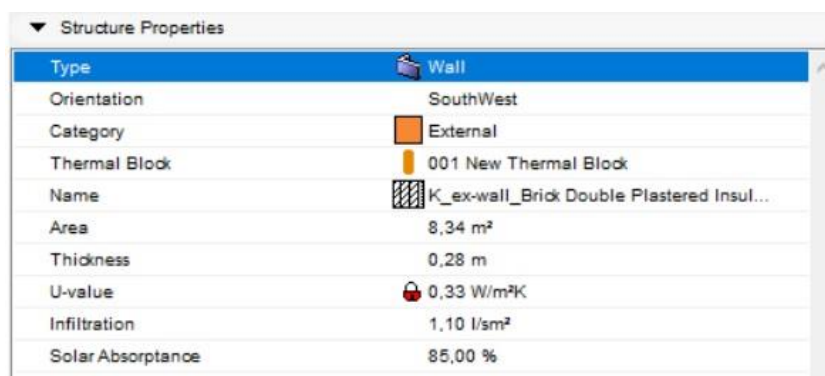
Όπως προαναφέρθηκε στο κτίριο μελέτης περίπτωσης δεν έχει τοποθετηθεί μόνωση γιατί είναι προγενέστερη του Προεδρικού Διατάγματος 1979 : «Περί εγκρίσεως κανονισμού για τη θερμομόνωση των κτιρίων (ΦΕΚ 362/Δ/1979)» και η στατική μελέτη του είναι προγενέστερη του αντισεισμικού νόμου (Ε.Α.Κ. 2000 – Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός). Ο στατικός φορέας θα πρέπει να επανεξεταστεί και να ενισχυθεί, ώστε το κτίριο να είναι ασφαλέστερο για τα παιδιά και ειδικά μετά την ανακαίνιση του που θα προστεθούν φορτία λόγω της μόνωσης του δώματος. Κάνοντας αυτή την παραδοχή τα δομικά στοιχεία του κελύφους θα είναι μονωμένα και θα αποκτήσουν τις απαιτούμενες τιμές θερμοπερατότητας.

#### 4.3.2.1 Εξωτερικοί τοίχοι

Οι νέοι εξωτερικοί τοίχοι έχουν πάχος 0,28 και περιλαμβάνουν τα εξής υλικά από μέσα προς τα έξω : σοβά 0,01m , διπλό τούβλο 0,18m , μόνωση 0,08m και επίχρισμα σοβά πάχους 0,01m. Εικόνα 84. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του συγκεκριμένου τοίχου είναι  $0,33\text{W/m}^2\text{K}$ . Εικόνα 85.



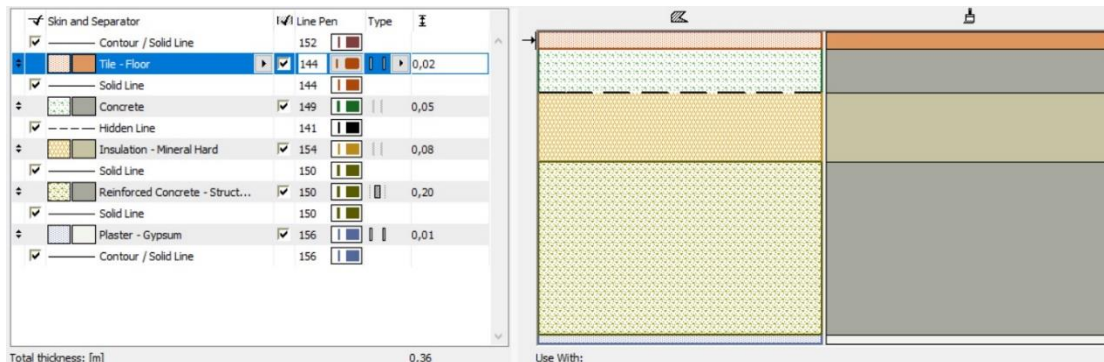
Εικόνα 84: Διαμόρφωση νέων εξωτερικών τοίχων με μόνωση, όπως εισήχθη στο λογισμικό. Πηγή: Ίδια επεξεργασία



Εικόνα 85: Οι ιδιότητες της νέας εξωτερικής τοιχοποιίας όπως εισήχθησαν και φαίνονται στο λογισμικό. Πηγή: Ίδια επεξεργασία

#### 4.3.2.2. Πλάκα δαπέδου

Η πλάκα του δαπέδου της πρότασης ανακαίνισης περιλαμβάνει τα εξής υλικά, από κάτω προς τα πάνω : ενισχυμένο μπετόν πάχους 0,20m, θερμομόνωση πάχους 0,08m, μπετόν πάχους 0,05m και πλακάκι δαπέδου πάχους 0,02m. Το συνολικό πάχος δαπέδου ανέρχεται στα 0,36m Εικόνα 86, με συντελεστή θερμοπερατότητας  $U= 0,42$   $W/m^2 K$ , Εικόνα 87.



Εικόνα 86: Διαμόρφωση νέας πλάκας δώματος, από το λογισμικό. Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Type	Slab
Orientation	Slab on grade
Category	Floor (at or above grade)
Thermal Block	001 New Thermal Block
Name	K-FI tiles_Concrete Floor Insulated with 10m...
Area	280,68 m <sup>2</sup>
Thickness	0,36 m
U-value	0,42 W/m <sup>2</sup> K

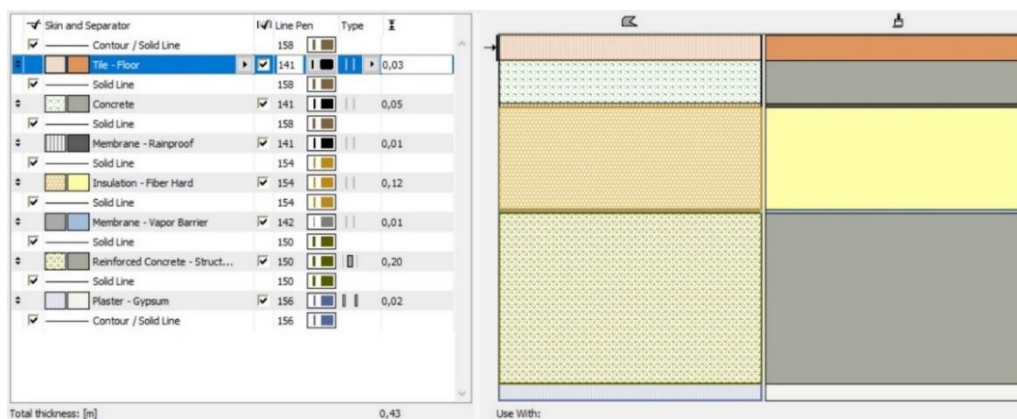
Εικόνα 87: Οι ιδιότητες της πλάκας δώματος, όπως εμφανίζονται στο λογισμικό. Πηγή: Ιδία επεξεργασία

#### 4.3.3.3. Πλάκα δώματος

Η πλάκα του δώματος και η θερμοοϋγραμονώση του διαμορφώθηκε με τα εξής υλικά περιγραφόμενα από κάτω προς τα πάνω: επίχρισμα 0,02m, οπλισμένο σκυρόδεμα 0,20m, μεμβράνη πάχους 0,01m, θερμομόνωση πάχους 0,08m, μεμβράνη 0,01m, μπετόν πάχους 0,05m και πλάκες δαπέδου πάχους 0,03m. Συνολικό πάχος πλάκας, 0,43m Εικόνα 88.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας της πλάκας δώματος είναι  $0,51$   $W/m^2 K$ . Εικόνα 89.





Εικόνα 88: Διαμόρφωση πλάκας δώματος όπως εισήχθη στο λογισμικό. Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Structure Properties	
Type	Slab
Orientation	Upward
Category	External
Thermal Block	001 New Thermal Block
Name	K-doma_Flat Roof
Area	283,13 m <sup>2</sup>
Thickness	0,43 m
U-value	0,51 W/m <sup>2</sup> K
Infiltration	1,10 l/sm <sup>2</sup>
Solar Absorptance	85,00 %

Εικόνα 89: Οι ιδιότητες της πλάκας δώματος, όπως εμφανίζονται στο λογισμικό. Πηγή: Ιδία επεξεργασία

#### 4.4. Ενεργειακή αξιολόγηση μοντέλου BIM, σύγκριση μεταξύ τριών σεναρίων

Οι αλλαγές που έγιναν αφορούν τα υλικά του κελύφους, τα κουφώματα και τα πρόσθετα σκίαστρα.

Στη 2η πρόταση και στην 3η πρόταση βελτιώνονται τα κουφώματα σε σχέση με την 1η πρόταση, όπως περιγράφονται παρακάτω, τοποθετούνται δηλαδή κουφώματα με τριπλούς υαλοπίνακες και αλουμίνιο χαμηλότερου δείκτη θερμοπερατότητας U, σε σχέση με την πρώτη πρόταση. Επίσης ακολούθησαν ανά πρόταση αλλαγές στις εγκαταστάσεις.

Επιπλέον τοποθετήθηκαν κατακόρυφα σκίαστρα στα δυτικά και στα ανατολικά ανοίγματα (ΥΑΛ.3, Π1, Π2, Π3, Φ3-4, Φ2) καθώς επίσης και στα ανατολικά ανοίγματα (Π1, Π2, Π3, Φ3-4, Φ2).

Στα νότια ανοίγματα ορίστηκε ο υφιστάμενος πρόβολος πλάτους 1,20m και υπολογίστηκε σαν «μεγάλος πρόβολος», διότι στην πρόταση τοποθετείται

βιοκλιματική πέργκολα που επεκτείνει τη σκίαση στη νότια είσοδο, που βάλλεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους από υψηλή ηλιακή ακτινοβολία. Στην υφιστάμενη κατάσταση η συνολική κατανάλωση ήταν  $\underline{212,31 \text{ kWh/m}^2/\text{a}}$  και η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα προς το περιβάλλον  $\underline{\text{CO}_2 = 63,24\text{kg/m}^2\text{a}}$ .

#### 1ο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης μοντέλου

Τοποθετήθηκαν εξωτερικές θύρες αλουμινίου με δείκτη θερμοπερατότητας  $U=1,86\text{W/m}^2\text{K}$  με διπλούς υαλοπίνακες με  $U = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Επίσης τοποθετήθηκαν παράθυρα αλουμινίου με δείκτη θερμοπερατότητας  $U=1,86 \text{ W/m}^2\text{K}$  με διπλούς υαλοπίνακες με  $U = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

- Στην πρώτη θερμική ζώνη (αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία, κουζίνα και W.C.) ορίστηκε για θέρμανση η χρήση λέβητα πετρελαίου, για ψύξη κλιματιστικά τοίχου και φυσικός αερισμός, καθώς τα νέα κουφώματα που έχουν τοποθετηθεί στο μοντέλο διαθέτουν διέλευση φυσικού αερισμού.
- Στη δεύτερη θερμική ζώνη (λεβητοστάσιο) επιλέχθηκε φυσικός αερισμός και ψύξη – θέρμανση όπως προαναφέρθηκε δεν χρησιμοποιούνται.
- Στην τρίτη θερμική ζώνη (αποθήκες) ορίστηκε θέρμανση με λέβητα πετρελαίου και φυσικός αερισμός.

Μετά τις παραπάνω παρεμβάσεις, η ενεργειακή αξιολόγηση του κτιρίου, έβγαλε ως αποτέλεσμα,  $\underline{30,88\text{kWh/m}^2 \text{ a}}$  και επίσης η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα μειώθηκε θεαματικά και είναι  $\underline{\text{CO}_2 = 5,33\text{kg/m}^2\text{a}}$ . Οι αλλαγές που έγιναν αφορούν τα υλικά του κελύφους, τα κουφώματα και τα πρόσθετα σκίαστρα.

## Energy Performance Evaluation

[Project Number] [Project Name]

### Key Values

<b>General Project Data</b>			<b>Heat Transfer Coefficients</b>		U value	[W/m <sup>2</sup> K]
Project Name:	30 + 145 NHP_PROTAS...		Building Shell Average:	<b>0,96</b>		
City Location:			Floors:	<b>0,42 - 0,42</b>		
Latitude:	38,02° N		External:	<b>0,33 - 3,48</b>		
Longitude:	23,75° E		Underground:	--		
Altitude:	129,00 m		Openings:	<b>1,77 - 3,50</b>		
Climate Data Source:	GRC_Athen...0_IWEC.epw					
Evaluation Date:	28/8/2022 4:37:35 μμ		<b>Specific Annual Values</b>			
<b>Building Geometry Data</b>			Net Heating Energy:	<b>3,25</b>	kWh/m <sup>2</sup> a	
Gross Floor Area:	<b>317,66</b>	m <sup>2</sup>	Net Cooling Energy:	<b>10,01</b>	kWh/m <sup>2</sup> a	
Treated Floor Area:	<b>296,60</b>	m <sup>2</sup>	Total Net Energy:	<b>13,26</b>	kWh/m <sup>2</sup> a	
External Envelope Area:	<b>476,22</b>	m <sup>2</sup>	Energy Consumption:	<b>30,88</b>	kWh/m <sup>2</sup> a	
Ventilated Volume:	<b>768,22</b>	m <sup>3</sup>	Fuel Consumption:	<b>23,40</b>	kWh/m <sup>2</sup> a	
Glazing Ratio:	<b>9</b>	%	Primary Energy:	<b>76,57</b>	kWh/m <sup>2</sup> a	
<b>Building Shell Performance Data</b>			Fuel Cost:	--	GBP/m <sup>2</sup> a	
Infiltration at 50Pa:	<b>2,53</b>	ACH	CO <sub>2</sub> Emission:	<b>5,33</b>	kg/m <sup>2</sup> a	
			<b>Degree Days</b>			
			Heating (HDD):	<b>1798,78</b>		
			Cooling (CDD):	<b>2339,82</b>		

### Thermal Blocks

Thermal Block	Zones Assigned	Operation Profile	Gross Floor Area m <sup>2</sup>	Volume m <sup>3</sup>
001 New Thermal Block	10	Classroom	303,54	736,15
002 New Thermal Block	1	Classroom	9,94	23,67
003 New Thermal Block	2	Classroom	4,18	8,39
<b>Total:</b>	<b>13</b>		<b>317,66</b>	<b>768,22</b>

### 001 New Thermal Block - Key Values

<b>Geometry Data</b>			<b>Heat Transfer Coefficients</b>		U value	[W/m <sup>2</sup> K]
Gross Floor Area:	<b>303,54</b>	m <sup>2</sup>	Floors:	<b>0,42 - 0,42</b>		
Treated Floor Area:	<b>284,10</b>	m <sup>2</sup>	External:	<b>0,33 - 2,65</b>		
Building Shell Area:	<b>445,50</b>	m <sup>2</sup>	Underground:	-		
Ventilated Volume:	<b>736,15</b>	m <sup>3</sup>	Openings:	<b>1,77 - 3,50</b>		
Glazing Ratio:	<b>9</b>	%	<b>Annual Supplies</b>			
<b>Internal Temperature</b>			Heating:	<b>829,28</b>	kWh	
Min. (09:00 Jan. 01):	<b>9,51</b>	°C	Cooling:	<b>2970,16</b>	kWh	
Annual Mean:	<b>24,41</b>	°C	<b>Peak Loads</b>			
Max. (18:00 Aug. 06):	<b>39,25</b>	°C	Heating (09:00 Jan. 02):	<b>12,63</b>	kW	
<b>Unmet Load Hours</b>			Cooling (14:00 Apr. 26):	<b>5,00</b>	kW	
Heating:	<b>71</b>	hrs/a				
Cooling:	<b>432</b>	hrs/a				

Εικόνα 90: Αναφορά αποτελεσμάτων μοντέλου BIM στο ArchiCAD για το 1<sup>ο</sup> Σενάριο. Ιδία επεξεργασία

2<sup>ο</sup> σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης μοντέλου – αλλαγές στα κουφώματα χαμηλότερο και στις εγκαταστάσεις

Τοποθετήθηκαν εξωτερικές θύρες αλουμινίου με δείκτη θερμοπερατότητας  $U = 0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$  με τριπλούς υαλοπίνακες με  $U = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Εικόνα 91.

Επίσης τοποθετήθηκαν παράθυρα αλουμινίου με δείκτη θερμοπερατότητας  $U = 0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$  με τριπλούς υαλοπίνακες με  $U = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Εικόνα 92.

Type	Door
Orientation	SouthWest
Thermal Block	001 New Thermal Block
Opaque Area	2,05 m <sup>2</sup>
Glazed Area	0,78 m <sup>2</sup>
Total Area	2,83 m <sup>2</sup>
Opening Catalog...	
Total Solar Transmittance	50,00 %
Direct Solar Transmittance	39,00 %
Solar Analysis	Open Analysis...
Perimeter	9,53 m
Opaque U-value	0,78 W/m <sup>2</sup> K
Glazing U-value	0,50 W/m <sup>2</sup> K
Overall U-value	1,04 W/m <sup>2</sup> K
Perimeter Psi-value	0,10 W/mK
Infiltration	0,08 l/sm
Shading Device	Large Overhang

Εικόνα 91: Ιδιότητες των θυρών που τοποθετήθηκαν κατά το 2<sup>ο</sup> σενάριο, όπως εμφανίζονται στο λογισμικό. Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Type	Window
Orientation	NorthEast
Thermal Block	001 New Thermal Block
Opaque Area	0,97 m <sup>2</sup>
Glazed Area	2,87 m <sup>2</sup>
Total Area	3,84 m <sup>2</sup>
Opening Catalog...	
Total Solar Transmittance	50,00 %
Direct Solar Transmittance	39,00 %
Solar Analysis	Open Analysis...
Perimeter	9,64 m
Opaque U-value	0,78 W/m <sup>2</sup> K
Glazing U-value	0,50 W/m <sup>2</sup> K
Overall U-value	0,82 W/m <sup>2</sup> K
Perimeter Psi-value	0,10 W/mK
Infiltration	0,08 l/sm
Shading Device	Large Overhang

Εικόνα 92: Ιδιότητες παραθύρων κατά το 2<sup>ο</sup> σενάριο όπως εμφανίζονται στο λογισμικό. Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

- Στην πρώτη θερμική ζώνη (αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία, κουζίνα και W.C.) ορίστηκε για θέρμανση η γεωθερμία, με παροχή ζεστού νερού. Για ψύξη κλιματιστικά και φυσικός αερισμός, καθώς τα νέα κουφώματα που έχουν τοποθετηθεί στο μοντέλο διαθέτουν διέλευση φυσικού αερισμού.

- Στη δεύτερη θερμική ζώνη (λεβητοστάσιο) επιλέχθηκε φυσικός αερισμός και ψύξη – θέρμανση όπως προαναφέρθηκε δεν χρησιμοποιούνται.
- Στην τρίτη θερμική ζώνη (αποθήκες) ορίστηκε θέρμανση η γεωθερμία με παροχή ζεστού νερού και διαθέτει φυσικό αερισμό.

Οι παραπάνω παρεμβάσεις είχαν σαν αποτέλεσμα στην ενεργειακή αξιολόγηση του μοντέλου, την μείωση κατανάλωση ενέργειας η οποία είναι 26,56kWh/m<sup>2</sup>/a και τη μείωση εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub> = 4,51kg/m<sup>2</sup>a.

## Energy Performance Evaluation

[Project Number] [Project Name]

### Key Values

<b>General Project Data</b>			<b>Heat Transfer Coefficients</b>		U value	[W/m <sup>2</sup> K]
Project Name:	30 + 145 NHP_SENARIO...		Building Shell Average:	0,80		
City Location:			Floors:	0,42 - 0,42		
Latitude:	38,02° N		External:	0,33 - 3,48		
Longitude:	23,75° E		Underground:	--		
Altitude:	129,00	m	Openings:	0,78 - 3,36		
Climate Data Source:	GRC_Athen...0_IWEC.epw		<b>Specific Annual Values</b>			
Evaluation Date:	29/8/2022 6:13:43 μμ		Net Heating Energy:	0,00	kWh/m <sup>2</sup> a	
<b>Building Geometry Data</b>			Net Cooling Energy:	4,70	kWh/m <sup>2</sup> a	
Gross Floor Area:	317,66	m <sup>2</sup>	Total Net Energy:	4,71	kWh/m <sup>2</sup> a	
Treated Floor Area:	296,60	m <sup>2</sup>	Energy Consumption:	26,56	kWh/m <sup>2</sup> a	
External Envelope Area:	476,22	m <sup>2</sup>	Fuel Consumption:	18,99	kWh/m <sup>2</sup> a	
Ventilated Volume:	768,22	m <sup>3</sup>	Primary Energy:	67,27	kWh/m <sup>2</sup> a	
Glazing Ratio:	9	%	Fuel Cost:	--	GBP/m <sup>2</sup> a	
<b>Building Shell Performance Data</b>			CO <sub>2</sub> Emission:	4,51	kg/m <sup>2</sup> a	
Infiltration at 50Pa:	2,33	ACH	<b>Degree Days</b>			
			Heating (HDD):	1798,78		
			Cooling (CDD):	2339,82		

### Thermal Blocks

Thermal Block	Zones Assigned	Operation Profile	Gross Floor Area m <sup>2</sup>	Volume m <sup>3</sup>
001 New Thermal Block	10	Classroom	303,54	736,15
002 New Thermal Block	1	Classroom	9,94	23,67
003 New Thermal Block	2	Classroom	4,18	8,39
<b>Total:</b>	<b>13</b>		<b>317,66</b>	<b>768,22</b>

### 001 New Thermal Block - Key Values

<b>Geometry Data</b>			<b>Heat Transfer Coefficients</b>		U value	[W/m <sup>2</sup> K]
Gross Floor Area:	303,54	m <sup>2</sup>	Floors:	0,42 - 0,42		
Treated Floor Area:	284,10	m <sup>2</sup>	External:	0,33 - 2,65		
Building Shell Area:	445,50	m <sup>2</sup>	Underground:	-		
Ventilated Volume:	736,15	m <sup>3</sup>	Openings:	0,78 - 3,36		
Glazing Ratio:	9	%	<b>Annual Supplies</b>			
<b>Internal Temperature</b>			Heating:	0,00	kWh	
Min. (08:00 Jan. 02):	10,03	°C	Cooling:	1395,51	kWh	
Annual Mean:	28,68	°C	<b>Peak Loads</b>			
Max. (15:00 Jun. 15):	44,90	°C	Heating (01:00 Jan. 01):	0,00	kW	
<b>Unmet Load Hours</b>			Cooling (10:00 Apr. 30):	1,50	kW	
Heating:	41	hrs/a				
Cooling:	778	hrs/a				

Εικόνα 93: Αναφορά αποτελεσμάτων μοντέλου BIM στο ArchiCAD για το 2<sup>ο</sup> Σενάριο. Ιδία επεξεργασία

3<sup>ο</sup> σενάριο αναβάθμισης μοντέλου – αλλαγές στις εγκαταστάσεις σε σχέση με το 2<sup>ο</sup> σενάριο

Σε αυτό το σενάριο τα κουφώματα παραμένουν ως προτάθηκαν στο 2<sup>ο</sup> σενάριο και οι αλλαγές που έγιναν αφορούν αποκλειστικά τις εγκαταστάσεις του κτιρίου.

- Στην πρώτη θερμική ζώνη (αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία, κουζίνα και W.C.) ορίστηκε αντλία θερμότητας αέρα/νερού για θέρμανση, ψύξη και παροχή ζεστού νερού. Για φυσική ψύξη τοποθετήθηκαν ανεμιστήρες οροφής και φυσικός αερισμός από τα νέα κουφώματα που έχουν τοποθετηθεί στο μοντέλο διαθέτουν διέλευση φυσικού αερισμού.
- Στη δεύτερη θερμική ζώνη (λεβητοστάσιο) επιλέχθηκε φυσικός αερισμός και ψύξη – θέρμανση όπως προαναφέρθηκε δεν χρησιμοποιούνται.
- Στην τρίτη θερμική ζώνη (αποθήκες) αντλία θερμότητας αέρα/νερού για ψύξη, θέρμανση και παροχή ζεστού νερού, που συνδέεται με νέα σώματα καλοριφέρ και διαθέτει φυσικό αερισμό.

Το αποτέλεσμα της ενεργειακής αξιολόγησης για αυτό το μοντέλο είναι 23,36 kWh/m<sup>2</sup>/a και εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα προς το περιβάλλον CO<sub>2</sub> = 0,00kg/m<sup>2</sup>/a.

Με βάση την έκθεση ZEMedS που αφορά την αναβάθμιση – ανακαίνιση των σχολείων της Μεσογείου, ένα σχολείο σχεδόν μηδενικής ενέργειας έχει μέγιστη τελική κατανάλωση ενέργειας έως 25 kWh/ m<sup>2</sup>/έτος. Η κατανάλωση για ψύξη, θέρμανση και εξαερισμό υπολογίζεται έως 20kWh/m<sup>2</sup>/έτος και για φωτισμό έως 5kWh/m<sup>2</sup>/έτος.

Επίσης «Σύμφωνα με την παρ. 2 του άρθρου 2 της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ, και αντιστοίχως με την παρ. 5 του άρθρου 2 του ν.4122/2013, ως «κτίριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας» νοείται κτίριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση, προσδιοριζόμενη σύμφωνα με τη μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων του Παραρτήματος I της Οδηγίας και αντιστοίχως του άρθρου 3 του Νόμου, ως σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή

ποσότητα ενέργειας που απαιτείται πρέπει να καλύπτεται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές περιλαμβανομένης της ενέργειας που παράγεται επιτόπου ή πλησίον του κτιρίου» (ΥΠΕΝ, 2018)

Η χρήση κουφωμάτων με χαμηλότερο δείκτη θερμοπερατότητας U, καθώς επίσης και η κατανάλωση 100% από ηλιακούς συλλέκτες δηλαδή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, είναι καθοριστικοί παράγοντες για τη μείωση ενεργειακής κατανάλωσης, την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα και για να προσεγγίσουμε σε οφέλη τα ΚΣΜΚΕ, πραγματοποιώντας μια εκτεταμένη ανακαίνιση παλαιού κτιρίου. Επίσης όλες οι υπόλοιπες βελτιώσεις στο μοντέλο, που έχουν λάβει χώρα, όπως τα κάθετα σκίαστρα στα ανατολικά και δυτικά, η προσθήκη της βιοκλιματικής πέργκολας στο νότο, ως πρόβολος, η περικοπή ανέμων στο βορρά με τη φύτευση όπως έχει αναλυθεί, ακόμα και η βελτίωση του αύλειου χώρου ως προς την νέα του διαμόρφωση και τα υλικά, είναι παράμετροι που έχουν συμπεριληφθεί στο λογισμικό και έχουν προσμετρηθεί για αυτό το αποτέλεσμα.

## Energy Performance Evaluation

[Project Number] [Project Name]

Key Values				
<b>General Project Data</b>				
Project Name:	PROTASH 3_test 16.09.22		<b>Heat Transfer Coefficients</b>	U value [W/m <sup>2</sup> K]
City Location:			Building Shell Average:	0,80
Latitude:	38,02° N		Floors:	0,42 - 0,42
Longitude:	23,75° E		External:	0,33 - 3,48
Altitude:	129,00	m	Underground:	--
Climate Data Source:	GRC_Athen...0_IWEC.epw		Openings:	0,78 - 3,36
Evaluation Date:	16/9/2022 7:38:58 μμ		<b>Specific Annual Values</b>	
<b>Building Geometry Data</b>			Net Heating Energy:	0,20 kWh/m <sup>2</sup> a
Gross Floor Area:	317,66	m <sup>2</sup>	Net Cooling Energy:	0,00 kWh/m <sup>2</sup> a
Treated Floor Area:	296,60	m <sup>2</sup>	Total Net Energy:	0,20 kWh/m <sup>2</sup> a
External Envelope Area:	476,22	m <sup>2</sup>	Energy Consumption:	23,36 kWh/m <sup>2</sup> a
Ventilated Volume:	768,22	m <sup>3</sup>	Fuel Consumption:	23,16 kWh/m <sup>2</sup> a
Glazing Ratio:	9	%	Primary Energy:	69,69 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Building Shell Performance Data</b>			Fuel Cost:	-- GBP/m <sup>2</sup> a
Infiltration at 50Pa:	2,33	ACH	CO <sub>2</sub> Emission:	0,00 kg/m <sup>2</sup> a
			<b>Degree Days</b>	
			Heating (HDD):	1798,78
			Cooling (CDD):	2339,82

Thermal Blocks				
Thermal Block	Zones Assigned	Operation Profile	Gross Floor Area m <sup>2</sup>	Volume m <sup>3</sup>
001 New Thermal Block	10	Classroom	303,54	736,15
002 New Thermal Block	1	Classroom	9,94	23,67
003 New Thermal Block	2	Classroom	4,18	8,39
<b>Total:</b>	<b>13</b>		<b>317,66</b>	<b>768,22</b>

001 New Thermal Block - Key Values				
<b>Geometry Data</b>				
Gross Floor Area:	303,54	m <sup>2</sup>	<b>Heat Transfer Coefficients</b>	U value [W/m <sup>2</sup> K]
Treated Floor Area:	284,10	m <sup>2</sup>	Floors:	0,42 - 0,42
Building Shell Area:	445,50	m <sup>2</sup>	External:	0,33 - 2,65
Ventilated Volume:	736,15	m <sup>3</sup>	Underground:	-
Glazing Ratio:	9	%	Openings:	0,78 - 3,36
<b>Internal Temperature</b>			<b>Annual Supplies</b>	
Min. (09:00 Jan. 01):	10,14	°C	Heating:	0,34 kWh
Annual Mean:	31,05	°C	Cooling:	0,00 kWh
Max. (15:00 Apr. 27):	44,00	°C	<b>Peak Loads</b>	
<b>Unmet Load Hours</b>			Heating (01:00 Dec. 25):	0,27 kW
Heating:	14	hrs/a	Cooling (01:00 Jan. 01):	0,00 kW
Cooling:	2462	hrs/a		

Εικόνα 94: Αναφορά αποτελεσμάτων μοντέλου BIM στο ArchiCAD για το 3<sup>ο</sup> Σενάριο. Ιδία επεξεργασία

Άρα συμπεραίνουμε ότι όλες οι παραπάνω στρατηγικές που χρησιμοποιήθηκαν είναι ορθές εφόσον το κτίριο 30<sup>ο</sup> & 145<sup>ο</sup> Νηπιαγωγείων μετά την ανακαίνιση και αναβάθμισή του, όπως έδειξε η ενεργειακή αξιολόγηση του μοντέλου BIM, θα σημείωνε συνολική ετήσια κατανάλωση 23,36 kWh/m<sup>2</sup>/a. Επίσης θεωρούμε ότι όλες οι παραπάνω στρατηγικές, θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε πανομοιότυπα σχολικά κτίρια, σε περιοχές με ίδια κλιματολογικά χαρακτηριστικά.

## 5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ζούμε σε μια εποχή, που το ενεργειακό πρόβλημα απασχολεί καθημερινά την επικαιρότητα κι ενώ οι πόροι μειώνονται οι ανάγκες για ενέργεια, διαρκώς αυξάνονται. Οι συνθήκες ζωής στον πλανήτη για όλα τα όντα είναι δυσμενής λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Η κατανάλωση ενέργειας για τον κτιριακό τομέα, στην Ελλάδα, ανέρχεται στο 40%, για ψύξη, θέρμανση, φωτισμό και λειτουργία εξοπλισμού.

Στις Μεσογειακές χώρες (Ιταλία, Ελλάδα, Ισπανία, Γαλλία) λειτουργούν 87.000 σχολικά κτίρια και συγκεκριμένα στην Ελλάδα 15.446, εκ των οποίων το 29% είναι άνω των 40 ετών κατασκευής, αυτό σημαίνει ότι η λειτουργία τους είναι επιβαρυντική για το περιβάλλον, λόγω υψηλής κατανάλωσης ενέργειας, λόγω εκπομπής ρύπων και λόγω αυξημένων αποβλήτων. Είναι επίσης δυσμενής και αντιπαιδαγωγικές οι συνθήκες διαβίωσης των μαθητών στα συγκεκριμένα κτίρια, τα οποία δεν εξασφαλίζουν τα κατάλληλα επίπεδα ανέσεων, με έμμεσες επιπτώσεις για την κοινωνία.

Η αναγκαιότητα της ανακαίνισης των παλαιών σχολικών κτιρίων μέσω ενός σχεδιασμού, τα οποία είναι φιλικά προς το περιβάλλον, που εξασφαλίζει την κάλλιστη διαβίωση των εκπαιδευομένων μας απασχόλησε στη συγκεκριμένη έρευνα, πως δηλαδή ένα σχολείο εκτός από χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, που είναι βασική αναγκαιότητα της εποχής μας, θα είναι αειφόρο και θα μεταφέρει στη σχολική κοινότητα, την ευαισθητοποίηση για το περιβάλλον.

Το κτίριο των 30<sup>ο</sup> & 145<sup>ο</sup> νηπιαγωγείων Αθηνών, αποτελεί το κτίριο μελέτης περίπτωσης, στο οποίο πραγματοποιήθηκε η ανακαίνιση και αναβάθμιση του σε ΚΣΜΚΕ, με όλες τις προϋποθέσεις και τα κριτήρια που θέτει η έκθεση ZEMedS 2014 για τα σχολεία της Μεσογείου, τα οποία περικλείουν και στρατηγικές παθητικών κτιρίων, όπως η χαμηλή απαίτηση κατανάλωσης που αφορά την θέρμανση του



κτιρίου, η αποφυγή υπερθέρμανσης κατά τη θερινή περίοδο, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), η εξασφάλιση ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος (IEQ), η ευαισθητοποίηση σχετικά με την διαχείριση των πόρων, η εκπαίδευση των χρηστών για τα οφέλη της αναβάθμισης, η αρχιτεκτονική της πόλης που βρίσκεται το σχολικό κτίριο.

Το κτίριο νηπιαγωγείων όπου στεγάζονται τα 30<sup>ο</sup> & 145<sup>ο</sup> Νηπιαγωγείο Αθηνών έχει κατασκευαστεί με βάση την οικοδομική άδειά του, το 1976 και αυτό έχει την εξής σημασία. Την συγκεκριμένη εποχή, δεν ήταν σε ισχύ ο νόμος «Περί εγκρίσεως κανονισμού για τη θερμομόνωση των κτιρίων» (ΦΕΚ 362/Δ/1979). Το γεγονός ότι το κτίριο δεν διαθέτει θερμομόνωση και γενικά όλα τα χαρακτηριστικά του που προαναφέρθηκαν στο Κεφ.4, καθώς και το σύνολο των κτιρίων της χώρας που έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά και παλαιότητα και δεν είναι σχεδιασμένα με βάση τις κλιματικές συνθήκες της εκάστοτε γεωγραφικής θέσης, θεωρείται η λειτουργία τους επιβαρυντική για το περιβάλλον, ακατάλληλα για τους χρήστες, και παράλληλα δεν εξυπηρετούν επαρκώς το σκοπό λειτουργίας τους. Οι στόχοι της παρούσας εργασίας επιτεύχθηκαν ακολουθώντας στις στρατηγικές για τα σχολεία ΣΜΚΕ και καταγράφονται στον Πίνακα 31.

Καθότι η ανακαίνιση και αναβάθμιση του κτιρίου, εξαρτάται από τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής που εδρεύει, οι στρατηγικές που εφαρμόστηκαν, δύναται να χρησιμοποιηθούν σε πανομοιότυπα κτίρια. Σε κοντινή απόσταση από το νηπιαγωγείο μελέτης περίπτωσης βρίσκεται πανομοιότυπο κτίριο μεγαλύτερης επιφάνειας. Οι μελέτες των σχολικών κτιρίων στο παρελθόν, βασίζονταν σε τυπολογίες κι εκτός από το γειτονικό πανομοιότυπο κτίριο είναι πιθανό να υπάρχουν κι άλλα στο νομό Αττικής. Άρα οι παραπάνω στρατηγικές μπορούν να εφαρμοστούν στα πανομοιότυπα κτίρια του νομού Αττικής με προσαρμογή της μελέτης στις κλιματολογικές διαφορές και τον προσανατολισμό του εκάστοτε πανομοιότυπου κτιρίου. Στον Πίνακα 31 αντιπαρατίθενται οι στόχοι της ερευνητικής εργασίας με τις στρατηγικές που εφαρμόστηκαν και στον Πίνακα 32 τα επτά κριτήρια που καθορίζουν τα Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης σχολικά κτίρια με τις στρατηγικές που εφαρμόστηκαν.

	ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΠΟΥ ΚΑΘΙΣΤΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΕΠΙΤΥΧΗ
<b>ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ (ΙΕQ) ΚΑΙ ΝΑ ΠΡΟΑΧΘΟΥΝ ΟΙ ΑΝΕΣΕΙΣ</b>	<p><u>ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΑΝΑΚΛΙΝΟΜΕΝΩΝ ΦΕΓΓΙΤΩΝ – ΔΙΑΜΠΕΡΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ</li> <li>• ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΦΕΓΓΙΤΩΝ ΜΕ ΑΝΑΚΛΙΝΟΜΕΝΟΥΣ – ΔΙΑΜΠΕΡΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ</li> <li>• ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ ΟΡΟΦΗΣ ΓΙΑ ΦΥΣΙΚΗ ΨΥΞΗ</li> <li>• ΧΡΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΚΠΕΜΠΟΥΝ ΡΥΠΟΥΣ , ΤΟΞΙΚΕΣ ΟΣΜΕΣ ΚΑΙ ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΟΡΓΑΝΩΣΕΙΣ (VOC), ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ, ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΥΣ, ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.</li> <li>• ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ ΟΡΟΦΗΣ</li> <li>• ΑΠΟΞΗΛΩΣΗ ΔΡΟΜΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΣΥΡΟΜΕΝΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΔΙΟΧΩΡΩΝ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ – ΔΙΑΜΠΕΡΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ – ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ</li> </ul> <p><u>ΑΝΕΣΕΙΣ :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ΘΕΡΜΙΚΗ</b> – ΣΚΙΑΣΗ ΣΤΟ ΝΟΤΟ ΜΕ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΓΚΟΛΑ, ΑΝΑΤΟΛΗ ΚΑΙ ΔΥΣΗ ΜΕ ΚΑΘΕΤΑ ΣΚΙΑΣΤΡΑ, ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΠΡΟΣΟΨΗΣ ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΧΑΜΗΛΟ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ U, ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΝΕΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΦΙΛΙΚΗ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ ΟΡΟΦΗΣ. ΕΠΙΣΗΣ, ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΜΕ ΑΕΙΘΑΛΗ ΔΕΝΤΡΑ ΣΤΟ ΒΟΡΡΑ ΚΑΙ ΝΟΤΟ ΓΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΑΝΕΜΟΥΣ ΚΑΙ ΦΥΛΛΟΒΟΛΛΑ ΣΤΗΝ ΑΝΑΤΟΛΗ ΚΑΙ ΤΗ ΔΥΣΗ ΓΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΨΗΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ ΚΑΙ ΦΩΣ ΤΟ ΧΕΙΜΩΝΑ, ΠΟΥ ΕΞΥΠΗΡΕΤΕΙ ΤΟΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΥΛΕΙΟ ΧΩΡΟ</li> <li>• <b>ΟΠΤΙΚΗ</b> – ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΡΑΦΙΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΓΙΑ ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ, ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED, ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΥΛΕΙΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΤΕΥΣΗΣ, ΤΑ ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ</li> <li>• <b>ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ</b> – ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΡΙΠΛΟΥΣ ΥΑΛΟΠΝΑΚΕΣ, ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΠΟΥ ΜΕΙΩΝΕΙ ΤΟΝ ΘΟΡΥΒΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ.</li> <li>• <b>ΟΣΦΡΗΤΙΚΗ</b> – ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΠΟΥ ΔΕΝ ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ ΤΟΞΙΚΕΣ ΟΣΜΕΣ, ΡΥΠΟΥΣ ΚΑΙ ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΟΡΓΑΝΩΣΕΙΣ, ΜΕ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΤΕΥΣΗΣ, ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΒΟΤΑΝΑ, ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΟΤΑΝΟΚΗΠΟΥ ΟΠΟΥ ΦΥΤΕΥΟΥΝ ΤΑ ΠΑΙΔΙΑ</li> </ul>

<p><b>ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ - ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΠΑΛΑΙΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΕ ΚΣΜΚΕ ΜΕΣΩ ΜΟΝΤΕΛΟΥ BIM</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ BIM ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΟΛΑ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</li> <li>2. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΟΠΟΥ ΑΛΛΑΖΟΥΝ ΤΑ ΠΑΡΑΚΑΤΩ: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ΧΡΗΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΤΟΙΧΩΝ, ΔΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΔΑΠΕΔΟΥ</li> <li>• ΧΡΗΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΧΑΜΗΛΟ U</li> <li>• ΧΡΗΣΗ ΑΕΙΦΟΡΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ: ΕΠΙΣΤΡΩΣΗΣ ΑΥΛΕΙΟΥ, ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΕΡΝΙΚΙΑ</li> <li>• ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΚΙΑΣΗΣ ΜΕ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΠΕΡΓΚΟΛΕΣ ΣΤΟ ΝΟΤΟ</li> <li>• ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΚΙΑΣΗΣ ΣΤΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΑ ΜΕ ΚΑΘΕΤΑ ΣΚΙΑΣΤΡΑ</li> <li>• ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΜΕ ΑΕΙΘΑΛΗ ΔΕΝΤΡΑ ΣΤΟ ΒΟΡΡΑ ΚΑΙ ΝΟΤΟ ΓΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΑΝΕΜΟΥΣ ΚΑΙ ΦΥΛΛΟΒΟΛΛΑ ΣΤΗΝ ΑΝΑΤΟΛΗ ΚΑΙ ΤΗ ΔΥΣΗ ΓΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΨΗΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ ΚΑΙ ΦΩΣ ΤΟ ΧΕΙΜΩΝΑ.</li> <li>• ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΤΑΙΚΩΝ ΓΙΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</li> <li>• ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΔΕΝΤΡΟΥ</li> <li>• ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΜΕ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ</li> <li>• ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ ΟΡΟΦΗΣ ΓΙΑ ΦΥΣΙΚΗ ΨΥΞΗ</li> <li>• ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΑ, ΛΑΜΠΗΤΡΩΝ LED</li> </ul> </li> <li>3. ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΡΙΑ ΣΕΝΑΡΙΑ</li> <li>4. ΕΞΑΓΩΓΗ ΧΡΗΣΙΜΩΝ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ</li> </ol>
<p><b>ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΧΡΗΣΤΩΝ</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΩΡΟΥ ΥΠΑΙΘΡΙΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΝΟΤΟ &amp; ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΠΕΡΓΚΟΛΑΣ ΠΟΥ ΠΡΟΣΑΡΜΟΖΕΤΑΙ ΣΤΙΣ ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ. ΤΑ ΠΑΙΔΙΑ ΕΡΧΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΤΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ, ΤΗ ΦΥΤΕΥΣΗ, ΤΑ ΒΟΤΑΝΑ, ΤΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΦΥΤΑ.</li> <li>• ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΩΡΟΥ ΒΟΤΑΝΟΚΗΠΟΥ, ΟΠΟΥ ΟΙ ΜΙΚΡΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ ΦΥΤΕΥΟΥΝ ΚΙ ΕΡΧΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΤΗ ΦΥΣΗ ΜΕ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΟ ΤΡΟΠΟ</li> <li>• ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΔΕΝΤΡΟΥ ΠΟΥ ΕΠΙΤΥΓΧΑΝΕΤΑΙ Ο ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛ, ΣΚΙΑΣΗ ΣΕ ΧΩΡΟ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ – ΚΑΘΙΣΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΙΝΑΙ ΟΡΑΤΟ ΑΠΟ ΠΑΙΔΙΑ, ΓΟΝΕΙΣ,</li> </ul>

ΝΗΠΙΑΓΩΓΟΥΣ ΠΡΟΣ ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ

Πίνακας 31: Οι στόχοι της παρούσας εργασίας και οι στρατηγικές που εφαρμόστηκαν για την επίτευξη τους. Ιδία επεξεργασία

Ερευνώντας την έκθεση του Υπουργείου Περιβάλλοντος κι Ενέργειας, του «Εθνικού σχεδίου αύξησης των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας», παρατίθεται ο πίνακας που αφορά την ενεργειακή κατηγοριοποίηση των κτιρίων με βάση την κατανάλωση τους και την κλιματική ζώνη που υφίστανται. Το κτίριο της μελέτης περίπτωσης βρίσκεται στην Αττική δηλαδή στην κλιματική ζώνη Β και όπως προαναφέρθηκε το μοντέλο BIM υφιστάμενης και την έκθεση ενεργειακής αξιολόγησης, δείχνουν ότι καταναλώνει 212,31 kWh/m<sup>2</sup> a, άρα ανήκει στην ενεργειακή κατηγορία Β, για την οποία καθορίζονται όρια κατανάλωσης 167 – 221.

Μετά την αναβάθμιση του, όπως παρατηρήσαμε από την ενεργειακή αξιολόγηση του μοντέλου BIM στο τρίτο σενάριο, η κατανάλωση του κτιρίου, αν εφαρμόζονταν οι στρατηγικές που προτείνει η παρούσα εργασία, θα ήταν 23,36 kWh/m<sup>2</sup> a. Αυτό σημαίνει ότι θα κατατασσόταν στην ενεργειακή κατηγορία Α+, εφόσον πραγματοποιούνταν οι στρατηγικές που προτείνει η παρούσα εργασία.

Ενεργειακή κατηγορία	Ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίων τριτογενούς τομέα ανά Κλιματική Ζώνη			
	Α	Β	Γ	Δ
A+	53 – 70	31 – 71	50 – 55	30
A	48 - 96	65 – 93	75 – 107	67-82
B+	105 - 161	98 - 153	113– 143	105 – 156
B	149 - 216	167 - 221	161 - 209	149 – 211

Πίνακας 32: Ενεργειακές κατηγορίες για τα κτίρια του τριτογενούς τομέα. Πηγή : ΥΠΕΝ 2018

		ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΜΚΕ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΡΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ZEMEdS						
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΣΤΗΚΑΝ		ΧΑΜΗΛΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΑΠΟΦΥΓΗ ΥΠΕΡΘΕΡΜΙΑΣ ΤΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ	ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΟΡΩΝ	ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΟΛΗΣ
	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ		*		*			
	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΝΕΣΕΩΝ		*		*			
	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ		*		*			
	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΒΗΤΑ ΜΕ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	*						
	ΦΕΓΓΙΤΕΣ ΣΤΟΥΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΤΟΙΧΟΥΣ		*		*			
	ΣΥΡΟΜΕΝΟ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΟ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΔΙΘΟΥΣΕΣ		*		*			
	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ	*		*			*	
	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΔΕΝΤΡΟΥ	*		*		*	*	
	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΥΛΕΙΟΥ ΧΩΡΟΥ		*		*	*	*	*
	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΩΡΟΥ ΥΠΑΙΘΡΙΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ						*	*
	ΧΡΗΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ ΧΑΜΗΛΟΥ U	*			*			
	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ ΟΡΟΦΗΣ		*		*			
	ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΚΠΕΜΠΟΥΝ ΡΥΠΟΥΣ, ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ VOC				*			
	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ ΔΥΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ		*		*			
	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΠΕΡΓΚΟΛΑΣ ΣΤΟ ΝΟΤΟ		*		*			
ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΤΕΥΣΗΣ	*	*		*	*			
ΧΡΗΣΗ ΛΕΙΦΟΡΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗΣ ΑΥΛΕΙΟΥ		*		*			*	
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΟΤΑΝΟΚΗΠΙΟΥ ΓΙΑ ΜΑΘΗΜΑ					*	*		
ΧΡΗΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ							*	

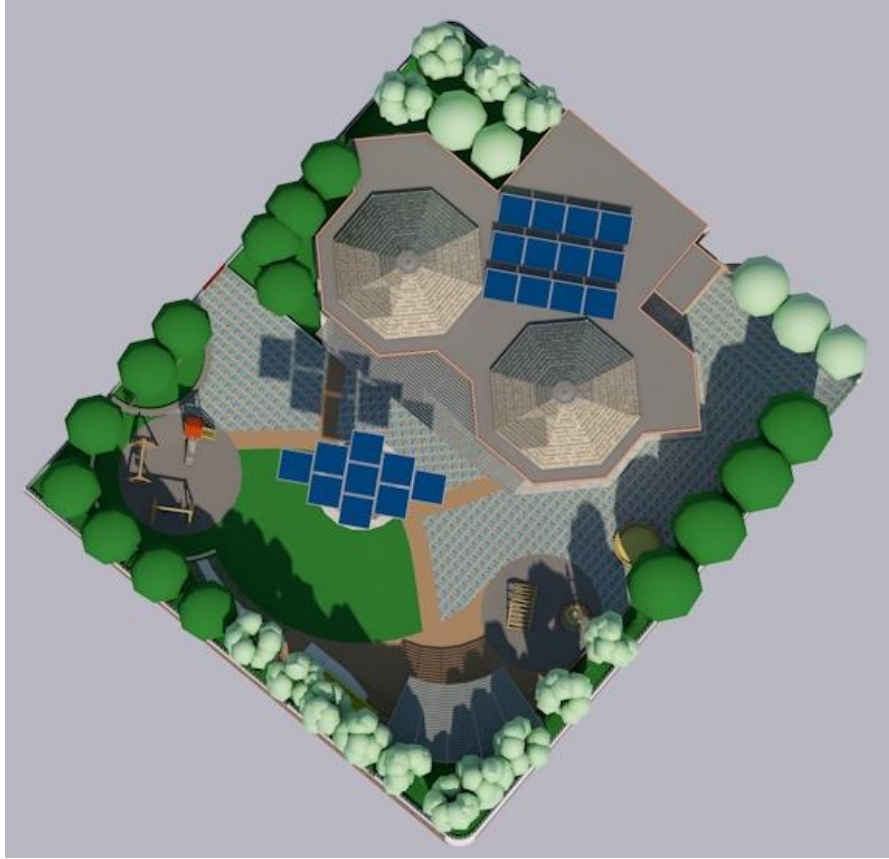
Πίνακας 33: Οι στρατηγικές που εφαρμόστηκαν και τα κριτήρια που τίθενται με βάση το ZEMEdS. Ιδία επεξεργασία



*Εικόνα 95: Φωτορεαλιστική απεικόνιση εισόδων Νηπιαγωγείων, όπου έχει τοποθετηθεί η βιοκλιματική πέργκολα.  
Πηγή: Ιδία επεξεργασία*



*Εικόνα 96: Φωτορεαλιστική απεικόνιση κτιρίου στα Νότια. Πηγή: Ιδία επεξεργασία.*



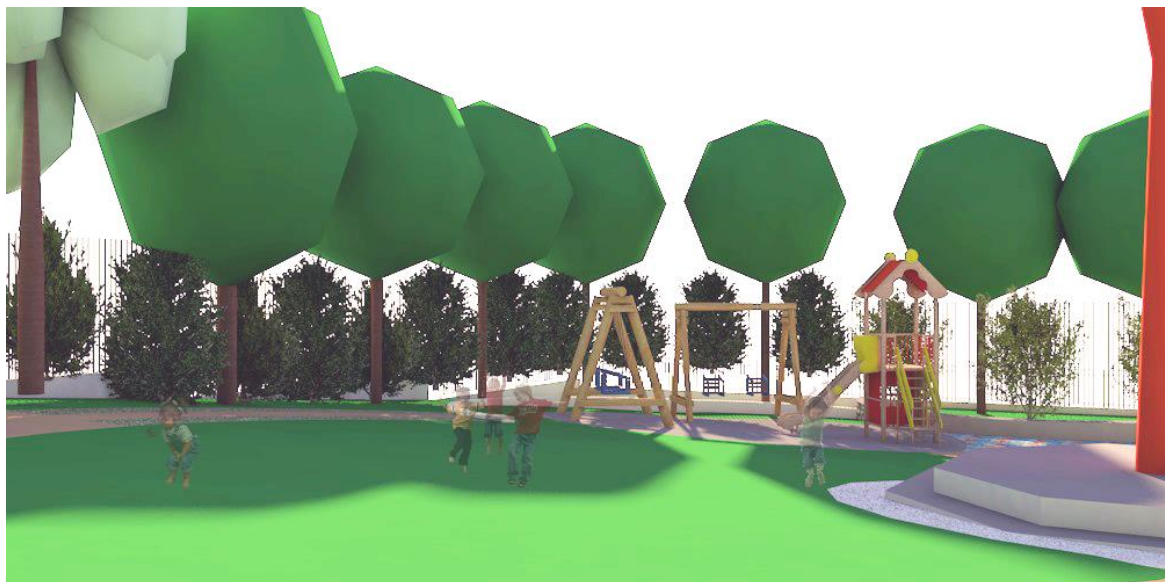
*Εικόνα 97: Φωτορεαλιστική απεικόνιση από ψηλά. Πηγή: Ιδία επεξεργασία*



*Εικόνα 98: Φωτορεαλιστική απεικόνιση αύλειου χώρου προς το Νότο. Πηγή: Ιδία επεξεργασία*



*Εικόνα 99 Φωτορεαλιστική απεικόνιση χώρου υπαίθριου μαθήματος στα Νότια, όπου έχει τοποθετηθεί μια δεύτερη βιοκλιματική πέργκολα. Πηγή: Ιδία επεξεργασία.*



*Εικόνα 100: Δυτικά ο αέλιος χώρος. Πηγή: Ιδία επεξεργασία*



### Αγγλική Βιβλιογραφία

- ASHRAE. (2011). *Advanced Energy Design Guide for K-12 School Buildings*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Barbosa, F., de Freitas, V., & Almeida, M. (2020, Ιανουάριος 11). *Sciencedirect*. Ανάκτηση 2020, από Sciencedirect.com: [www.elsevier.com/locate/enbuild](http://www.elsevier.com/locate/enbuild)
- Bernardo, H., Henggeler Antunes, C., Garpar, A., Dias Pereira, L., & Gameiro de Silva, M. (2016, Δεκέμβριος 30). An approach for energy performance and indoor climate assessment in a Portugese school building. *Elsevier - Sustainable cities and Society*, σσ. 1-11. Ανάκτηση Ιούνιος 11, 2021, από [www.elsevier.com/locate/scs](http://www.elsevier.com/locate/scs)
- Dall' O, G., Bruni, E., & Panza, A. (2013, Οκτώβριος 15). *MDPI*. Ανάκτηση Ιανουάριος 25, 2022, από [mdpi.com](http://mdpi.com): <https://www.mdpi.com/1996-1073/6/12/6487>
- Diapouli, E., Chaloulakou, A., Mihalopoulos, N., & Spyrellis, N. (2007, Απρίλιος 26). *National Library of Medicine*. Ανάκτηση Νοέμβριος 11, 2021, από <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-007-9724-0>
- Dorizas, P., Assimakopoulos, M., Helmis, C., & Santamouris, M. (2015, Ιανουάριος 01). *sciencedirect*. Ανάκτηση από [sciencedirect.com](http://sciencedirect.com): journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)
- Doulos, Kontadakis, Madias, Sinou, & Tsangrassoulis. (2019, Ιουλίου 1). *Elsevier*. Ανάκτηση Νοέμβριος 25, 2021, από [elsevier.com](http://elsevier.com): <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778819305687>
- Elkhapsy, B., Kianmehr, P., & Doczy, R. (2021). *Elsevier*. Ανάκτηση Ιούνιος 21, 2022, από Sience Direct: <http://www.elsevier.com/locate/job>
- EPA, U. S. (2021). *EPA*. Ανάκτηση Ιανουάριος 18, 2022, από <https://www.epa.gov>: <https://www.epa.gov/coronavirus/indoor-air-and-coronavirus-covid-19>
- Eurostat. (2021, Μάϊος). *Eurostat - Your key to European statistics*. Ανάκτηση Ιανουάριος 12, 2022, από [ec.europa.eu/eurostat/](http://ec.europa.eu/eurostat/): <https://ec.europa.eu/eurostat/>
- Frاندoloso, M., & Florensa, R. (2004). *Good practices in sustainable construction*. . 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture.
- Gazze, K., & Mahfoudh, H. (2010, Οκτώβριος). *OAKTrust*. Ανάκτηση Ιανουάριος 25, 2022, από Texas A&M University Libraries: <https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/94372>

- Gil - Baez, M., Barrios Badura, A., & Molina Huelva, M. (2017, Δεκεμβρίου 31). *Elsevier*. Ανάκτηση Ιανουάριος 31, 2022, από [elsevier.com: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054421832084X](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054421832084X)
- Godish, T. (2001). *Indoor Environmental Quality*. Crc Press.
- Kant, I. (1984). "Τα θεμέλια της ηθικής των ηθών". Δωδώνη.
- Karapetsis, A., & Alexandri, E. (2016). *Research Gate*. Ανάκτηση Ιανουάριος 9, 2022, από [https://www.researchgate.net/publication/317888474\\_Indoor\\_Environmental\\_Quality\\_and\\_its\\_Impacts\\_on\\_Health\\_-\\_Case\\_Study\\_School\\_Buildings](https://www.researchgate.net/publication/317888474_Indoor_Environmental_Quality_and_its_Impacts_on_Health_-_Case_Study_School_Buildings)
- Lassandro, P., Cosola, T., & Tundo, A. (2015, Νοέμβριος). *Science Direct*. Ανάκτηση Οκτώβριος 20, 2021, από [Science direct.com: https://www.researchgate.net/publication/290344137\\_School\\_Building\\_Heritage\\_Energy\\_Efficiency\\_Thermal\\_and\\_Lighting\\_Comfort\\_Evaluation\\_Via\\_Virtual\\_Tour](https://www.researchgate.net/publication/290344137_School_Building_Heritage_Energy_Efficiency_Thermal_and_Lighting_Comfort_Evaluation_Via_Virtual_Tour)
- Pellegrino, A., Cammarano, S., & Savio, V. (2015, Νοέμβριος). *Science Direct*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 15, 2021, από [Science Direct: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215025060](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215025060)
- Puglisi, Cutiva, C., Pavese, Castelanna, Bona, Fasolis, . . . Astolfi. (2015, Νοέμβριος). *Science Direct*. Ανάκτηση Ιανουάριος 22, 2022, από [Sciende direct.com: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215024959](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215024959)
- Rezaallah, A., Bolognesi, C., & Khoraskani, R. (2012). *Research Gate*. Ανάκτηση Ιανουάριος 26, 2022, από [https://www.researchgate.net/profile/Roham-Afghani-Khoraskani/publication/261079555\\_LEED\\_and\\_BREEAM\\_Comparison\\_between\\_policies\\_assessment\\_criteria\\_and\\_calculation\\_methods/links/00b4953393f052c381000000/LEED-and-BREEAM-Comparison-between-policies-assessme](https://www.researchgate.net/profile/Roham-Afghani-Khoraskani/publication/261079555_LEED_and_BREEAM_Comparison_between_policies_assessment_criteria_and_calculation_methods/links/00b4953393f052c381000000/LEED-and-BREEAM-Comparison-between-policies-assessme)
- Roaf, S., Fuentes, M., & Thomas, S. (2007). *Ecoδομείν*. (Γ. Χαραλαμπόπουλος, Επιμ., & Ε. Ψύχαλου, Μεταφρ.) Εκδόσεις Ψύχαλου.
- Sinou, M., & Kyvelou, S. (2006, Σεπτέμβριος). *Emeraldinsight*. Ανάκτηση Νοέμβριος 26, 2021, από [emeraldinsight.com: https://www.researchgate.net/publication/235292411\\_Present\\_and\\_future\\_of\\_building\\_performance\\_assessment\\_tools](https://www.researchgate.net/publication/235292411_Present_and_future_of_building_performance_assessment_tools)

- Spivastav, A. (χ.χ.). *Seminars report, solar tree*. Ανάκτηση Αύγουστος 30, 2022, από <http://www.123seminarsonly.com/>
- Theodosiou , T., & Ordoumpozanis, K. (2008, Ιούνιος 18). *sciencedirect*. Ανάκτηση από Science Direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778808001461>
- Weather Online*. (χ.χ.). Ανάκτηση Ιούνιος 24, 2022, από [Weatheronline.gr](http://www.weatheronline.gr): <https://www.weatheronline.gr/weather/maps/city>
- Zeiler, W., & Boxem, G. (2012, February 23). Net-zero energy building schools. *Elsevier*, σσ. 282-286. Ανάκτηση από [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com)
- ZEMedS. (2014). *ZEMedS School Technical & Financial Toolkit nZEB renovation for Mediterranean schools*. Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union.

### **Ελληνική Βιβλιογραφία**

- Ανδρεαδάκη, Ε. (2006). *"Βιοκλιματικός σχεδιασμός. Περιβάλλον και Βιωσιμότητα"*. University Studio Press A.E.
- Αξαρή, Κ. (χ.χ.). Φυσικός αερισμός. Ανάκτηση Νοέμβριος 22, 2021, από <https://docplayer.gr/7221084-Fysikos-aerismos-kleio-axarli.html>
- Απαλίδου, Φ. (2018). *Η νέα πρόκληση "Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης ενέργειας" Διπλωματική Εργασία ΑΠΘ, Διατμηματικό ΠΜΣ Δίκαιο και Μηχανικής της ενέργειας*. Θεσσαλονίκη.
- Αρχιτεκτονικά Θέματα. (1968). *DOMA*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 05, 2022, από [www.doma.archi](http://www.doma.archi): <https://www.doma.archi/>
- Βαγγέλης , Α., & Συριόπουλος, Ι. (2021, 10 12). *Πράσινη Οικονομία και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*. Ανάκτηση 11 18, 2021, από Ιδρυματικό ΑΠοθετήριο πρώης ΤΕΙ Ηπείρου: <https://apothetirio.lib.uoi.gr/xmlui/handle/123456789/13079>
- Γαϊτάνη, Ν. (2014, Μάϊος). *Nearly Zero Energy Buildings Status Report in Mediterranean Countries*.
- Γεωργόπουλος, Α. (2014). "Περιβαλλοντική Εκπαίδευση: Ζητήματα ταυτότητας". Gutenberg.
- Δ.Θέρμης. (2021). *ThermiAir*. Ανάκτηση Ιανουάριος 04, 2022, από [thermiair.gr](http://www.thermiair.gr/): <http://www.thermiair.gr/>
- Δελή , Β., & Κακλαμάνου , Χ. (2020). *Αειφορικός Σχεδιασμός, Ανάπλαση της περιοχής Φωκίωνος Νέγρη*.

- Δελή , Β., & Κακλαμάνου, Χ. (2020 - 2021). *ΠΑΔΑ, ΜΠΣ, Εργασία*. Αθήνα.
- ΕΛΣΤΑΤ. (2015, Μάϊος 18). *ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΩΝ 2011*. (Κ. Κούτρος, Επιμ.)  
 Ανάκτηση NOEMBΡΙΟΣ 23, 2021, από [www.statistics.gr](http://www.statistics.gr):  
[https://www.statistics.gr/documents/20181/1204362/A1601\\_SKT01\\_TB\\_DC\\_00\\_2011\\_13A\\_F\\_GR.xls/b7fe31d8-e24d-4a5c-a3e5-bc075098c39e?t=1445584822262](https://www.statistics.gr/documents/20181/1204362/A1601_SKT01_TB_DC_00_2011_13A_F_GR.xls/b7fe31d8-e24d-4a5c-a3e5-bc075098c39e?t=1445584822262)
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος*. (χ.χ.). Ανάκτηση Οκτώβριος 19, 2021
- Ζεπάτου, Β., Λοϊζίδου, Μ., Χαλουλάκου, Α., & Σπυρέλλης, Ν. (2018, Φεβρουάριος 2). *DSpace Ntua*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 29, 2021, από <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/handle/123456789/46390>
- Κ.Α.Π.Ε., Κ. Α. (χ.χ.).
- Καλαϊτζίδης, Δ. (2013). *Το Αειφόρο σχολείο, δείκτες αειφόρου σχολείου και μεθοδολογία οργάνωσης*. Ανάκτηση από <https://www.openbook.gr/to-aeiforo-scholeio/>
- Καμπέρης, Γ. (2020, Ιούλιος). *ΕΑΠ\_apothesis*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 21, 2021, από <https://apothesis.eap.gr/handle/repo/46355>
- Καραγεωργάκης, Σ., Λιθοξοΐδου, Λ., Αραμπατζίδου, Φ., Κουράκης, Κ., & Γεωργόπουλος, Α. (χ.χ.). "Περιβαλλοντική Ηθική και στο Σχολείο: Η εκπαίδευση Αξιών ανοίγει Νέα Μονοπάτια".
- Κεφαλογιάννη, Ζ. (2015). "Η ανάγκη σύνδεσης της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (Εκπαίδευση κι Αειφορία) μ ετην Περιβαλλοντική Ηθική και την Εκπαίδευση Αξιών". *7ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΠΕΕΚΠΕ*. Βόλος.
- Κοσμόπουλος, Π., & Περιβολάρης, Α. (2017). *"Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός. Κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Εφαρμογή στη Βόρεια Ελλάδα"*. Θεσσαλονίκη: Univrersity Studio Press.
- Μουσιόπουλος, Ν., Ντζιαχρήστος, Λ., & Σλίνη, Θ. (2015). *"Τεχνικές Προστασίας Περιβάλλοντος - Αρχές Αειφορίας"*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών - Κάλλιπος.
- Παπαμανώλης , Ν. (2015). *"Δομική Φυσική και Αρχές Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού Κτιρίων"*. Αθήνα : Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα - Kallipos.gr. Ανάκτηση Οκτώβριος 2021, από [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr)
- Παταργιάς , Π., & Μπενετάτου, Β. (2011). *Βιοκλιματικές Εφαρμογές και Καινοτόμες Δράσεις για την Προστασία του Περιβάλλοντος, τα σύγχρονα ελληνικά βιοκλιματικά σχολεία*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε.

- Παταργιάς, Π., & Μπενετάτου, Β. (2011). *"Βιοκλιματικές εφαρμογές και Καινοτόμες Δράσεις για την προστασία του Περιβάλλοντος. Τα σύγχρονα ελληνικά βιοκλιματικά σχολεία"*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλης Α.Ε. .
- Παυλικάκης, Γ. (2016, Φεβρουάριος 29). Αειφόρο Σχολείο - Agenta 21 στα σχολεία. ένα παράδειγμα εφαρμογής σε Γαλλικό σχολείο. σσ. 1-31.
- Περιβάλλοντος, Ε. Ο. (2021, Σεπτέμβριος 9). Ανάκτηση από Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος: <https://www.eea.europa.eu/>
- Τ.Ε.Ε. (2017, Σεπτέμβριος). Τεχνική Οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1-/2017, Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων. Αθήνα. Ανάκτηση από [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak/files/TOTEE\\_20701-1\\_2017\\_TEE\\_1st\\_Edition.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/files/TOTEE_20701-1_2017_TEE_1st_Edition.pdf)
- Τραϊανός, Ι. (2018, Σεπτέμβριος). Ανάκτηση Οκτώβριος 16, 2021
- ΤΣΙΜΕΝΤΟΤΕΧΝΙΚΗ. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.tsimentotechniki.com/>
- ΥΠΕΝ. (2018). Ανάκτηση Σεπτέμβριος 2, 2022, από [http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/2018/09/ethniko\\_sxedio\\_KSMKE.pdf](http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/2018/09/ethniko_sxedio_KSMKE.pdf)
- ΥΠΕΝ. (2018). *Έκθεσης μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του εθνικού κτιριακού αποθέματος*. Αθήνα: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως. Ανάκτηση Ιανουάριος 3, 2022, από [https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/12/%CE%94%CE%95%CE%A0%CE%95%CE%91%CE%93%CE%BF%CE%B9%CE%BA.175603\\_04.06.2018-%CE%A6%CE%95%CE%9A-%CE%92-2258.pdf](https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/12/%CE%94%CE%95%CE%A0%CE%95%CE%91%CE%93%CE%BF%CE%B9%CE%BA.175603_04.06.2018-%CE%A6%CE%95%CE%9A-%CE%92-2258.pdf)
- Χάικου , Α. (2017). *issu*. Ανάκτηση Αύγουστος 20, 2022, από <https://issuu.com/athinachaikou/docs/>  
\_/1

### **Διαδίκτυο**

- [http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology\\_city](http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city). (χ.χ.). Ανάκτηση Ιούνιος 24, 2022, από <http://www.emy.gr>
- <http://www.opengov.gr/minenv/?p=189>. (χ.χ.). Ανάκτηση Ιούνιος 24, 2022, από <http://www.opengov.gr>

Φυτόριο Κηπογεωργική. (2018, Ιανουάριος 22). Ανάκτηση από <https://www.kirogeorgiki.gr/>

Eurostat. (2021, Νοέμβριος 12). Ανάκτηση από <https://ec.europa.eu/eurostat/>

Flowerstore. (χ.χ.). Ανάκτηση Αύγουστος 29, 2022, από <https://flowerstore.gr/>

Nova green . (2020, Ιούλιος 17). Ανάκτηση από <https://www.novagreen.gr/>

Γεωπονικό Κέντρο Κήπου. (2022). Ανάκτηση Αύγουστος 22, 2022, από <https://www.georoniko-kentro.gr/>

Γεωπονικό πάρκο. (2022, Σεπτέμβριος 06). Ανάκτηση από <https://www.georoniko-parko.gr/>

Seminars reports, solar tree. (χ.χ.). Ανάκτηση Αύγουστος 30, 2022, από <http://www.123seminarsonly.com/Seminar-Reports/2017-03/300279453-Solar-Tree.pdf>

ASSET, Ανάκτηση Σεπτέμβριος 13, 2022, από <https://www.asset.gr/proionta/kinhtoi-hxomonotikoi-toixoi/ptyssomena-xorismata/fv2-glass>

Metaldynamic, Ανάκτηση Σεπτέμβριος 13, 2022 από <https://metaldynamic.gr/asfaltika-keramidia/>

Alphaclima, Ανάκτηση Σεπτέμβριος 13, 2022 από [www.alphaclima.gr](http://www.alphaclima.gr)

ABB, Ανάκτηση Σεπτέμβριος 13, 2022 από [www.new.abb.com](http://www.new.abb.com)