

Κατασκευή πρότυπης, χωρικής μονάδας, για τη σύνθεση κτιρίων πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, με εφαρμογή αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού στις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας.

Μαρία Κωστούλα

Αρχιτέκτονας Μηχανικός και Μεταπτ. Φοιτήτρια
ΠΣΠ/ΣΘΕΤ, ΕΑΠ

kostoula.m@gmail.com, std075808@ac.eap.gr

Κλειώ Αξαρλή

Καθηγήτρια τμ. Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΑΠΘ και
Διευθύντρια Μεταπτυχιακού Προγράμματος
ΠΣΠ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

axarli@arch.auth.gr

Περίληψη – Το σχολικό κτίριο έχει σημαντική επίδραση και εξέχοντα ρόλο στη διαμόρφωση του εκπαιδευτικού προγράμματος. Υπάρχει μια ισχυρή σύνδεση ανάμεσα στις συνθήκες του εσωτερικού σχολικού περιβάλλοντος και την καλή υγεία και ακαδημαϊκή απόδοση των μαθητών. Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την εξασφάλιση συνθηκών άνεσης στο σχολικό περιβάλλον, μέσω της διαμόρφωσης ενός προτύπου για την επιλογή των βέλτιστων περιβαλλοντικών στρατηγικών, σε συνάρτηση με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες κάθε τόπου και της δημιουργίας πρότυπης χωρικής μονάδας, για τον περιβαλλοντικά αποδοτικό σχεδιασμό σχολικών κτιρίων πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας.

Λέξεις-Κλειδιά: σχολείο, κλιματικές ζώνες, πρότυπο, φυσικό φως, αερισμός

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σχεδιασμός του σχολικού περιβάλλοντος δεν είναι μια τυπική διαδικασία, καθώς το σχολικό κτίριο αποτελεί σημείο αναφοράς της κοινότητας στην οποία πρόκειται να ενταχθεί, ενώ καλείται να υποστηρίξει και να ενισχύσει την εκπαιδευτική διαδικασία. Οι τάσεις στην εκπαίδευση είναι απόρροια κοινωνικών, πολιτισμικών και πολιτικών παραμέτρων και επηρεάζουν το σχεδιασμό του κτιρίου.

Παράλληλα, το κέλυφος, που θα φιλοξενήσει τους μαθητές για ένα μεγάλο διάστημα της ζωής τους, οφείλει να είναι φιλικό, ασφαλές, να εξασφαλίζει συνθήκες οπτικής, θερμικής και ακουστικής άνεσης, άριστη ποιότητα αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων, να υποστηρίζει και να ενισχύει την αγάπη για μάθηση και δημιουργικότητα και να διέπεται από τις αρχές της αειφορίας και της προστασίας του περιβάλλοντος.

Τα χαρακτηριστικά του κλίματος μιας περιοχής, καθορίζουν την αποτελεσματικότητα του περιβαλλοντικού σχεδιασμού, με την αξιοποίηση των θετικών κλιματικών συνθηκών, την αντιμετώπιση των δυσμενών και τη μείωση της εξάρτησης από συμβατικές πηγές ενέργειας.

Σκοπός της εργασίας είναι η ενσωμάτωση περιβαλλοντικών παραμέτρων στο σχεδιασμό των σχολικών κτιρίων, μέσω της προτυποποίησης της διαδικασίας επιλογής των απαιτούμενων στρατηγικών, για την βέλτιστη αξιοποίηση των περιβαλλοντικών συνθηκών. Βασίστηκε στη διερεύνηση της περιβαλλοντικής διάστασης της σχολικής αρχιτεκτονικής, στο πλαίσιο της εφαρμογής προτύπων στο σχεδιασμό, από τις αρχές του 20^{ου} αι. έως σήμερα, στην εκτίμηση της περιβαλλοντικής απόκρισης των σύγχρονων κατασκευαστικών πρακτικών υφιστάμενων βιοκλιματικών σχολικών κτιρίων, και την ανάλυση των κλιματικών συνθηκών κάθε τόπου, ως προς την επίδρασή τους στην εξασφάλιση συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό σχολικό περιβάλλον.

II. ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ

Τα στάδια που ακολουθήθηκαν για τον προσδιορισμό των κατευθυντήριων αρχών του περιβαλλοντικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, είναι τα παρακάτω:

A. Αναδρομή στην εξέλιξη της σχολικής βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

Η εξέταση των συνθηκών, που διαμόρφωσαν τους διάφορους τύπους σχολικών κτιρίων, κατά τη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα, δίνει χρήσιμα συμπεράσματα για την σταδιακή ενσωμάτωση των περιβαλλοντικών κριτηρίων στο σχεδιασμό των υποδομών εκπαίδευσης.

B. Διερεύνηση των απαιτούμενων προδιαγραφών του βιοκλιματικού σχολείου

Εξετάζονται πρότυπα και κανονισμοί που ισχύουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση και τις ΗΠΑ, με στόχο την εξασφάλιση συνθηκών άνεσης, υγιεινής και ασφάλειας στο σχολικό κτίριο.

C. Διερεύνηση της σημασίας του κλίματος στο σχεδιασμό σχολικών κτιρίων

Υπό το πρίσμα των ιδιαιτεροτήτων και αναγκών που διαμορφώνει το σχολικό πρόγραμμα, εξετάζεται η επίδραση των παραμέτρων, που διαμορφώνουν τις συνθήκες διαφορετικών κλιματικών ζωνών, σύμφωνα με το διαχωρισμό κατά Köppen – Geiger, στην επιλογή κατάλληλων περιβαλλοντικών στρατηγικών σχεδιασμού

D. Ταξινόμηση στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού σε σχολικά κτίρια, ανά κλιματική ζώνη.

Η συγκριτική ανάλυση σχολικών κτιρίων, σε παγκόσμιο επίπεδο, αξιολογεί την εφαρμογή, στην πράξη, συγκεκριμένων περιβαλλοντικών στρατηγικών, προσδιορίζοντας, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους ως προς τις παρακάτω παραμέτρους:

- Φωτισμό,
- Αερισμό, Δροσισμό,
- Θέρμανση,
- Χαρακτηριστικά κελύφους,
- Διαχείριση νερού,
- Φυτεύσεις,
- Ενεργητικά συστήματα,
- Ποιότητα αέρα,

σε συνάρτηση με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες των περιοχών, όπου εντάσσονται, σύμφωνα με τον κλιματικό διαχωρισμό κατά Köppen – Geiger.

Δίνεται έμφαση στην ανάλυση περιοχών οι οποίες εμφανίζουν κοινά χαρακτηριστικά με τις Ελληνικές κλιματικές ζώνες.

E. Διαμόρφωση στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού στις 4 κλιματικές ζώνες της Ελλάδας

Οι 4 Ελληνικές, κλιματικές ζώνες συσχετίζονται με διεθνείς κλιματικές κατηγοριοποιήσεις, μέσω της ανάλυσης των μετεωρολογικών δεδομένων επιλεγμένων αντιπροσωπευτικών πόλεων, προκειμένου να διαμορφωθεί πρότυπο απαιτούμενων προδιαγραφών για τον Ελληνικό χώρο καθώς και πρότυπης χωρικής μονάδας, για το σχεδιασμό ενεργειακά αποδοτικών σχολικών κτιρίων πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Οι στρατηγικές περιβαλλοντικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων προκύπτουν βάσει:

- της ανάλυσης ψυχομετρικών διαγραμμάτων αντιπροσωπευτικών, Ελληνικών πόλεων,
- της αξιολόγησης των περιβαλλοντικών στρατηγικών, που έχουν εφαρμοστεί σε σχολικά κτίρια στο διεθνή χώρο, σε συνάρτηση με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες και
- των διεθνών προτύπων και σχετικών οδηγιών, που διέπουν τον περιβαλλοντικό σχεδιασμό, σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες.

Ο στόχος του σχεδιασμού της πρότυπης χωρικής μονάδας είναι:

- η κάλυψη των λειτουργικών αναγκών, του κτιριολογικού προγράμματος σχολείου πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης
- η ευελιξία ως προς την οργάνωση των χώρων και
- η δυνατότητα ενσωμάτωσης περιβαλλοντικά, αποδοτικών συστημάτων.

F. Περιβαλλοντική αξιολόγηση της εφαρμογής της πρότυπης χωρικής μονάδας

Αξιολογείται η εφαρμογή συγκεκριμένων στρατηγικών στο σχεδιασμό σχολικού κτιρίου στην περιοχή της Θεσσαλονίκης ως προς την επάρκεια των συνθηκών αερισμού και φωτισμού για συγκεκριμένες εναλλακτικές.

III. ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η κλιματική κατηγοριοποίηση κατά Köppen – Geiger βασίζεται στις ετήσιες εποχιακές μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας και τα εποχιακά επίπεδα βροχόπτωσης.

Σύμφωνα με τον διεθνή κώδικα για την εξοικονόμηση ενέργειας (International Energy

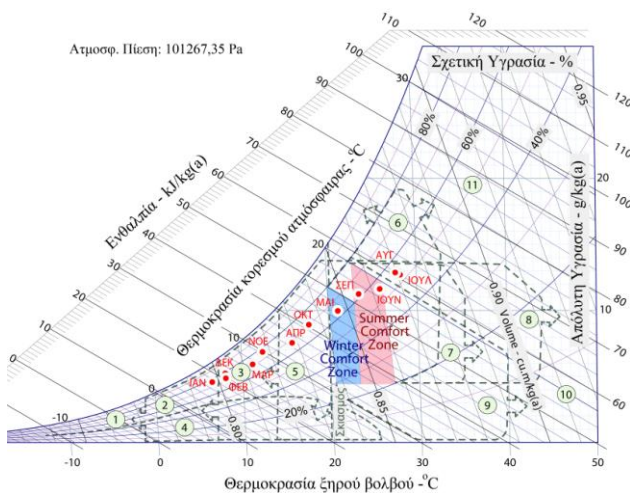
Conservation Code 2012 IECC), που αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Ενέργειας (DOE) των ΗΠΑ, ορίζονται 8 διεθνείς κλιματικές ζώνες, βάσει των βαθμομερών ψύξης και θέρμανσης, καθώς και κριτηρίων σχετικών με τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα και το ύψος της ετήσιας βροχόπτωσης, που καθορίζουν παράλληλα τον διαχωρισμό σε ξηρό (B), υγρό (A) ή ωκεάνιο (C) τύπο κλίματος.

Με βάση τα παραπάνω προέκυψε η αντιστοίχιση των Ελληνικών κλιματικών ζωνών με τις διεθνείς (ΠΙΝ. 1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1
Αντιστοίχιση των 4 Ελληνικών κλιματικών ζωνών με διεθνείς.

Κλιματική ζώνη κατά Κ.Εν.Α.Κ. / Πόλη	Διεθνής κλιματική ζώνη (IECC 2012)	Κατηγορία κλίματος κατά Köppen - Geiger
Α Καλαμάτα Ηράκλειο Ρέθυμνο Χανιά	3A	Csa (Ηπιο κλίμα θερμό, με ξηρά και ζεστά καλοκαίρια)
	3B	
	3A	
	3A	
Β Αθήνα Αγχίαλος Βόλος Άρτα Πάτρα	3B	Csa (Ηπιο κλίμα θερμό, με ξηρά και ζεστά καλοκαίρια)
	3A	
	3A	
	3A	
Γ Έδεσσα Θεσσαλονίκη Ιωάννινα Τρίκαλα Καρδίτσα	4A	Cfa (Ηπιο κλίμα θερμό, βροχοπτώσεις όλο το χρόνο και ζεστά καλοκαίρια)
	4B	
	4A	
	4A	
Δ Δράμα Καστοριά Φλώρινα	4A	Cfb (Ηπιο κλίμα θερμό, βροχοπτώσεις όλο το χρόνο και θερμά καλοκαίρια)
	4A	

Στα ψυχομετρικά διαγράμματα των αντιπροσωπευτικών, Ελληνικών πόλεων, των 4 κλιματικών ζωνών, αποτυπώνονται οι μέσες, ετήσιες συνθήκες θερμοκρασίας αέρα και υγρασίας (ενδεικτικά για την πόλη της Θεσσαλονίκης στο σχ. 1).



Σχήμα 1. Ψυχομετρικό διάγραμμα Θεσσαλονίκης

Με βάση το ψυχομετρικό διάγραμμα των Givoni και Milne, προσδιορίζονται οι κατάλληλες επιλογές στρατηγικών σχεδιασμού για τη διατήρηση της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό περιβάλλον των σχολικών κτιρίων, σε κάθε κλιματική ζώνη, τόσο για την ψυχρή όσο και τη θερμή περίοδο λειτουργίας (ΠΙΝ. 2).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Στρατηγικές για τη διατήρηση της θερμικής άνεσης στις 4 Ελληνικές κλιματικές ζώνες σύμφωνα με τα ψυχομετρικά διαγράμματα κατά Givoni και Milne.

Στρατηγικές για τη διατήρηση της Θερμικής Άνεσης	Ελληνικές Κλιματικές Ζώνες			
	A	B	Γ	Δ
	Π.Ε.	Π.Ε.	Π.Ε.	Π.Ε.
1 Συμβατική Θέρμανση				
2 Ενεργητικά Ηλιακά Συστήμ.			Ιαν.	Δεκ, Ιαν, Φεβ.
3 Παθητικά Ηλιακά Συστήμ.	Ιαν, Φεβ.	Δεκ, Ιαν, Φεβ, Μαρ.	Νοε, Δεκ, Φεβ, Μαρ.	Νοε, Μαρ, Απρ.
4 Υγρανση				
5 Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη	Νοε, Δεκ, Μαρ, Απρ.	Νοε, Απρ.	Οκτ, Απρ.	Οκτ, Μαι.
6 Αερισμός	Ιουλ, Αυγ.	Ιουν, Ιουλ, Αυγ.	Ιουλ, Αυγ.	
7 Μεγάλη Θερμική Μάζα	Ιουλ, Αυγ.	Ιουν, Ιουλ, Αυγ.	Ιουλ, Αυγ.	
8 Μεγ. Θερμ. Δροσισμός	Ιουλ, Αυγ.	Ιουν, Ιουλ, Αυγ.	Ιουλ, Αυγ.	
9 Εξατμιστικός Δροσισμός		Ιουν.		
10 Συμβατικός Κλιματισμός				
11 Συμβ. Κλιματ.& αφύγρανση				

Π.Ε. = Απαιτούμενη περίοδος εφαρμογής για την διατήρηση θερμικής άνεσης.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της έρευνας, απαιτήσεις για ενεργητικά ηλιακά συστήματα παρουσιάζονται στις κλιματικές ζώνες Γ' και Δ', για τους ψυχρότερους χειμερινούς μήνες, ενώ η συμβολή των παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, για μεγάλο διάστημα της ψυχρής περιόδου, σε όλες τις κλιματικές ζώνες. Ειδικά, τα σχολικά κτίρια, που βρίσκονται στις κλιματικές ζώνες Α' και Β' μπορούν να εξασφαλίσουν ενεργειακή αυτονομία αξιοποιώντας μόνο ηλιακά παθητικά συστήματα.

Οι θερμικές ανάγκες των σχολικών κτιρίων μπορούν να καλυφθούν, σημαντικά, από τα διαθέσιμα εσωτερικά θερμικά κέρδη (παραγωγή μεταβολικής θερμότητας των χρηστών και λειτουργία του εξοπλισμού των αιθουσών).

Οι εξαιρετικά ευνοϊκές συνθήκες, των μεταβατικών εποχών διευκολύνουν τον δροσισμό των κτιρίων. Οι ανάγκες για δροσισμό, μέσω αερισμού και αξιοποίησης της θερμικής μάζας,

ανακύπτουν κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου και ειδικότερα τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Η εξασφάλιση άριστης ποιότητας αέρα και τα αυξημένα εσωτερικά θερμικά κέρδη στο σχολικό περιβάλλον, όμως, εντείνουν τις απαιτήσεις για επαρκή φυσικό αερισμό. Ο νυχτερινός δροσισμός, είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός για τις Ελληνικές κλιματικές συνθήκες, ενώ ο εξατμιστικός δροσισμός μπορεί να βρει εφαρμογή σε περιοχές με ξηρό κλίμα.

Η ταξινόμηση και η εκτίμηση του βαθμού συμβολής των επιμέρους περιβαλλοντικών παραμέτρων, στον περιβαλλοντικά αποδοτικό σχολικό σχεδιασμό, ανάλογα με την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκονται επιλεγμένα κτίρια, από το διεθνή χώρο, συνέβαλε στη διαμόρφωση των αντίστοιχων κατάλληλων περιβαλλοντικών στρατηγικών, για το σχεδιασμό σχολικών κτιρίων στις 4 ελληνικές κλιματικές ζώνες κατά την αντιστοίχισή με τις κλιματικές ζώνες κατά Köppen – Geiger (ΠΙΝ. 3).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Εκτίμηση βαρύτητας περιβαλλοντικά αποδοτικών στρατηγικών στο σχεδιασμό σχολικών κτιρίων στις 4 Ελληνικές Κλιματικές ζώνες.

Περιβαλλοντικά Αποδοτικές Στρατηγικές		Ελληνικές Κλιματικές Ζώνες			
		A (Csa)	B (Csa)	Γ (Cfa)	Δ (Cfb)
Παθητικά συστήματα					
Αερισμός - Δροσισμός	Φυσικός Φωτισμός	4	4	4	4
	Φυσικός Αερισμός	4	4	3	2
	Νυχτερινός αερισμός	4	4	3	2
	Εξατμιστικός	2	3	2	1
	Μέσω εδάφους	3	3	3	3
	Με ακτινοβολία	3	3	2	1
Ηλιακά συστ. Θέρμανσης		2	3	3	4
Ηλιοπροστασία		4	4	4	3
Θερμομόνωση		3	3	3	4
Βαριά κατασκευή		4	4	3	4
Ελαφριά κατασκευή		2	2	3	2
Ποιότητα υλικών		4	4	4	4
Διαχείριση νερού		4	4	4	2
Φυτεμένο δάμα-Φυτεύσεις		3	3	3	3
Ενεργητικά συστήματα					
Αερισμός με ανάκτηση		2	2	2	4
Δροσισμός με μηχ. μέσα		3	3	3	2
Θέρμανση με μηχ. μέσα		2	2	3	3
Εξασφάλιση ποιότητας αέρα		4	4	4	4

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ορίζουν ένα γενικό πλαίσιο εφαρμογής περιβαλλοντικών στρατηγικών με τα εξής χαρακτηριστικά για κάθε παράμετρο:

- Φωτισμός

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και των εκτεταμένων περιόδων με αυξημένη ηλιοφάνεια στον Ελληνικό χώρο είναι αποτελεσματική σε όλες τις κλιματικές ζώνες, με προϋποθέσεις την

επαρκή ηλιοπροστασία και την ενίσχυση της εισόδου του φυσικού φωτός, για τη βελτίωση της ποιότητας του στο εσωτερικό των αιθουσών.

- Αερισμός, Δροσισμός

Οι ελληνικές κλιματικές συνθήκες (πχ τοπικοί θαλάσσιοι δροσεροί άνεμοι), ευνοούν τον φυσικό αερισμό σε όλες τις κλιματικές ζώνες, τόσο για τον δροσισμό, όσο και για την εξασφάλιση καλής ποιότητας αέρα. Ο ρυθμός εναλλαγής αέρα καθορίζεται από την θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα, απαιτώντας προσοχή τη χειμερινή περίοδο ειδικά στη ζώνη Δ', για την αποφυγή απωλειών θερμότητας.

Ο εξατμιστικός δροσισμός ενδείκνυται σε περιοχές, με χαρακτηριστικά ξηρού κλίματος, αλλά για περιορισμένες δραστηριότητες, ο δροσισμός, μέσω εδάφους, είναι αποτελεσματικός σε όλες τις κλιματικές ζώνες, ενώ η δυνατότητα δροσισμού μέσω ακτινοβολίας μειώνεται στις ψυχρότερες περιοχές, λόγω των συνήθων συνθηκών νεφοσκεπούς ουρανού.

- Θέρμανση

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα έχουν σημαντική συμβολή στη θέρμανση των κτιρίων σε όλες τις Ελληνικές κλιματικές ζώνες, λόγω της ευνοϊκής μέσης θερμοκρασίας, κατά τη χειμερινή περίοδο και της διαθεσιμότητας της ηλιακής ακτινοβολίας, ώστε το κτίριο, με τις κατάλληλες ηλιοπροστατευτικές διατάξεις, να μπορεί να επωφεληθεί, χωρίς αρνητικές επιπτώσεις στην οπτική άνεση των χρηστών στις αίθουσες.

- Χαρακτηριστικά κελύφους

Η αυξημένη θερμική αδράνεια των κτιρίων, συμβάλλει στην μείωση των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων στο εσωτερικό των χώρων, κατά τη θερινή περίοδο και την αποτελεσματική θερμική συμπεριφορά του κτιρίου κατά τη χειμερινή περίοδο, σε συνδυασμό με την επαρκή θερμομόνωση, απαραίτητη σε όλες τις κλιματικές ζώνες και ιδιαίτερα στη ζώνη Δ. Οι ελαφρές κατασκευές ενδείκνυται για δευτερεύουσες χρήσεις και την κατασκευή μεταβατικών χώρων, με πλεονεκτήματα την ηλιοπροστασία και τον επαρκή αερισμό. Οι διατάξεις ηλιοπροστασίας είναι μείζονος σημασίας τόσο για τη θερμική συμπεριφορά του κελύφους, όσο και για την βέλτιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτός.

Η ποιότητα των υλικών μπορεί να εξασφαλιστεί δεδομένης της αφθονίας αρκετών, φιλικών προς το περιβάλλον, υλικών στον Ελληνικό χώρο.

- Διαχείριση νερού

Στον Ελληνικό χώρο υπάρχουν αρκετές περιοχές, όπου οι υδατικοί πόροι χρήζουν ιδιαίτερης αντιμετώπισης, λόγω των κλιματικών συνθηκών ή της ανεξέλεγκτης χρήσης.

- Φυτεύσεις

Οι φυτεύσεις στα Ελληνικά σχολικά κτίρια θα πρέπει να σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά της πλούσιας τοπικής βιοποικιλότητας, επιλέγοντας φυτά ενδημικά και ανθεκτικά στις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε τόπου.

- Ενεργητικά συστήματα, που συμβάλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας

Συστήματα μηχανικής υποβοήθησης δύναται να αξιοποιούν φυσικούς πόρους (υδάτινες μάζες, γεωθερμία), ενώ ειδικά για τον αερισμό, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές συνθήκες ποιότητας εξωτερικού αέρα και τα ποσοστά υγρασίας, που είναι αυξημένα στις περισσότερες ελληνικές περιοχές.

Η διερεύνηση της βέλτιστης επιλογής περιβαλλοντικών στρατηγικών οδήγησε στη δημιουργία πρότυπης χωρικής μονάδας. Η μονάδα διαμορφώνεται, ώστε να μπορεί να αναπτύσσεται γραμμικά, οπότε εφόσον η διάταξη γίνεται στον άξονα Α-Δ, να επιτρέπεται ο προσανατολισμός των αιθουσών στο Νότο και το Βορρά, ενώ δύναται να δημιουργηθούν και συνεκτικότερες μορφές (περίκλειστο αίθριο) και καθ' ύψος αναπτύξεις.

Η δυνατότητα εναλλαγών κενών και πλήρων, με τη μετατροπή κλειστών χώρων σε ημιυπαίθριους ή ηλιακούς χώρους άμεσου οφέλους, εξασφαλίζουν επιπλέον ενεργειακά οφέλη και ευελιξία στην εφαρμογή του κτιριολογικού προγράμματος.

Το κέλυφος αντιμετωπίζεται ως μεταβλητό περίβλημα, σε διαρκή αλληλεπίδραση με το περιβάλλον και τις κλιματικές συνθήκες με στόχο τον έλεγχο εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας και τον επαρκή αερισμό.

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η πρότυπη χωρική μονάδα εφαρμόστηκε στον σχεδιασμό σχολικού κτιρίου πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, με επιλογή στρατηγικών και εναλλακτικών, που απορρέουν από την διερεύνηση των τοπικών κλιματικών συνθηκών.

Η αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόκρισης του σχεδιαζόμενου κτιρίου, ως προς την εξασφάλιση οπτικής άνεσης και επάρκειας

αερισμού, μέσω ειδικών λογισμικών προσομοίωσης, κατέληξε σε ευνοϊκά συμπεράσματα, για τη συμβολή της προτυποποίησης, κατά την σύνθετη διαδικασία σχεδιασμού ενός περιβαλλοντικά αποδοτικού σχολικού κτιρίου. Παράλληλα, κατέδειξε την δυναμική αλληλεπίδραση, μεταξύ των εφαρμοζόμενων πρακτικών, λόγω της πολυπλοκότητας των, ως προς την εξασφάλιση ισορροπίας μεταξύ θερμικής και οπτικής άνεσης και ειδικότερα όσον αφορά την διείσδυση του φυσικού φωτός, την ηλιοπροστασία και την ποιότητα αέρα, ώστε το θερμικό ισοζύγιο μεταξύ ηλιακών προσόδων και απωλειών θερμότητας να διατηρεί συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό περιβάλλον, αξιοποιώντας στο βέλτιστο το φυσικό φωτισμό.

Περεταίρω διερεύνηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του Ελληνικού κλίματος και των επιμέρους κλιματικών τύπων είναι αναγκαία, για την εφαρμογή, περισσότερο, εξειδικευμένων πρακτικών και προδιαγραφών στο σχεδιασμό σχολικών κτιρίων.

Η ανάπτυξη και τεκμηρίωση μιας ευέλικτης μεθοδολογίας και ενός εύχρηστου εργαλείου για την προσαρμογή του σχεδιασμού των σχολικών κτιρίων στα κλιματικά δεδομένα μιας περιοχής, μπορεί να συμβάλει στο ζωογόνο χειρισμό του ήλιου και του αέρα προκειμένου να σμιλευτούν σχολικά κτίρια γεμάτα ενέργεια και φως.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Ανδρεαδάκη, Ε. (2006). *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός: Περιβάλλον και Βιωσιμότητα*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Αξαρή, Κ. (1995). *Ο Ενεργειακός Σχεδιασμός του Κελύφους και η Αξιοποίηση του Αερισμού στα Σχολικά Κτίρια – Καθοριστικές παράμετροι για τον Ελληνικό Χώρο* (Διαδακτορική διατριβή). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Αξαρή, Κ., Γιαννάς, Σ., Ευαγγελινός, Ε., Ζαχαρόπουλος, Η., Μάρδα, Ν. (2001). *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων και Περιβαλλοντικές Χώρου* : Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Πάτρα.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Goulding, J.R., Lewis, J.O., Steemers, T.C. & Τσίγκας, Ε.Π. (1996). *Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική. Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα Παθητικά Ηλιακά Κτίρια*. Θεσσαλονίκη: Μαλλιάρης Παιδεία.
- Ζαχαριάδης, Α. Ι. (1989). *Συστηματοποίηση της Δόμησης μέσω Προτυποποίησης*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων.
- Ζήβας, Δ. Α., Καρδαμίτση-Αδάμη Μ. (1979). *Σύντομο ιστορικό των σχολικών κτιρίων στην Ελλάδα*. Αρχιτεκτονικά Θέματα σελ.174-183
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. (1996). *Οδηγίες για Θερμική – Οπική Άνεση και Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Δημόσια Σχολεία*. Αθήνα: ΚΑΠΕ. Ανακτήθηκε από <http://www.cres.gr>.
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. *Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα HVAC*. Αθήνα: ΚΑΠΕ. Ανακτήθηκε από <http://www.cres.gr>.
- Κυριάκης, Ν. & Παπαδόπουλος Α.Μ. (2008) *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στο Κτίριο*, σε Κοσμόπουλος Π.(επιμ.), *Κτίρια, Ενέργεια και Περιβάλλον*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Μαΐστρου-Κασκούρα (1979). Ε. *Προκατασκευασμένα σχολικά κτίρια* Αρχιτεκτονικά Θέματα σελ. 219-224

- Μαραγκού-Πρόκου, Σ. (1986) Εκπαιδευτική Μεταρρύθμιση και Σχολικό κτίριο. Τεχνικά Χρονικά-Α' Τομ. 6, Τευχ. 1
- Μάντζιου, Α. (επιμ.), (2009). *Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική στην Ελλάδα*. Αθήνα: Έργον IV, Εκδόσεις Αρχιτεκτονικών Βιβλίων.
- Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων Α.Ε. Γενική Δ/ση Έργων. Δ/ση μελετών συμβατικών έργων.(2008) *Οδηγίες Βιοκλιματικού Σχεδιασμού Σχολικών Κτιρίων*. Ανακτήθηκε από [http:// www.osk.gr](http://www.osk.gr).
- Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων Α.Ε. Γενική Δ/ση Έργων. Δ/ση μελετών συμβατικών έργων. (2008) *Οδηγός μελετών για διδακτήρια όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης*. Ανακτήθηκε από <http:// www.osk.gr>.
- Παπαδόπουλος Α.& Μ., Γιαμά Ε.(2008) Περιβαλλοντική αξιολόγηση κτιρίων Εφαρμογή συστημάτων αξιολόγησης. Κοσμόπουλος Π.(επιμ.), *Κτίρια, Ενέργεια και Περιβάλλον*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος. (2011). *TOTEE 20701-1/2010, Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων Για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης*. Αθήνα: ΤΕΕ
- Τσουκαλά, Κ. (2005). *Τάσεις στη Σχολική Αρχιτεκτονική. Από την παιδοκεντρική λειτουργικότητα στη μεταμοντέρνα προσέγγιση*. Θεσσαλονίκη: Παροτηρητής
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, ΥΠΕΚΑ, (2014), *Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος (άρθρο 4, Οδηγία 27/2012/ΕΕ)* Ανακτήθηκε από www.ypeka.gr
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, ΥΠΕΚΑ, Γεν. δ/ση περιβάλλοντος. *Ετήσια έκθεση ατμοσφαιρικής ρύπανσης 2012*. (Μάιος 2013), Ανακτήθηκε από www.ypeka.gr
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., The American Institute of Architects, Illuminating Engineering Society of North America, U.S. Green Building Council, U.S. Department of Energy. (2011). *Advanced Energy Design Guide for K-12 School Buildings: Achieving 50% Energy Savings toward a Net Zero Energy Building*. Atlanta: ASHRAE. Retrieved from <https://www.ashrae.org>
- ASHRAE standard 62.1-2016: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality Retrieved from <https://www.ashrae.org>
- ASHRAE standard 90.1-2013 Energy standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings Retrieved from <https://www.ashrae.org>
- Axarli, K. & Meresi A. (2008). *Objective and Subjective Criteria Regarding the Effect of Sunlight and Daylight in Classrooms*. PLEA 2008 – 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, 22th to 24th October 2008. Retrieved from www.plea-arch.org.
- Baker, L. (2012) A History of School Design and its Indoor Environmental Standards, 1900 to Today. National Institute of Building Science. Washington DC
- Boubekri M., (2008) *Daylighting, Architecture and Health: building design strategies*. London: Architectural
- Building Research Establishment. (BRE), (2014). *BREEAM international new construction technical manual*. SD5075-1.0:2013 Issue date: 09/04/2014. Retrieved from <https://www.breem.org>
- CEN European Committee for Standardization (2007) European Standard EN 13779: *Ventilation for non-residential buildings and room-conditioning systems*. Retrieved from www.cres.gr
- CEN European Committee for Standardization (2006) European Standard EN 15251: *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*. Retrieved from www.cres.gr
- CEN European Committee for Standardization (2002) European Standard EN 12464-1: *Light and Lighting – Lighting of work places – Part1: Indoor work places*. Retrieved from www.cibse.org
- Curtis, E. (2003) *School Builders*. Great Britain. John Wiley & Sons
- Dascalaki, E.G. & Sempetzoglou V. G. (2010). Energy performance and indoor environmental quality in Hellenic schools. In *Energy and Buildings*. vol.43 (2011). Pp 718-727. Retrieved from www.elsevier.com
- Dahl, T. (2010). *Climate and Architecture*. MiltonPark, Abingdon, Oxon, New York: Routledge.
- Department for Education. (July 2006). Building Bulletin 101: Ventilation of school buildings. Retrieved from www.gov.uk
- Dye, A. & McEvoy M. (2008). *Environmental Construction Handbook*. (pp. 195-227) London: Riba Publishing.
- Figueiro, M. G. & Rea M. S. (2009). *Lack of short-wavelength light during the school day delays dim light melatonin onset (DLMO) in middle school students*. *Neuroendocrinology Letters*. vol. 31 No1 (2010). Retrieved from www.lrc.rpi.edu
- Ford, A. (2007). *Designing the Sustainable School*. Victoria, Australia: Images Publishing
- Great Britain. Department for Education. Architects and Building Division. (1994). *Passive Solar Schools: a design guide*. London: HMSO
- Hanam, B. Jaugelis, A. Finch, G.(2014). *Energy Performance of Windows: Navigating North American and European Window Standards*. 14th Canadian Conference on Building Science and Technology – Toronto, Ontario 2014, Retrieved from www.obec.on.ca
- Hausladen, G., de Saldanha, M. Liedl, P. & Sager, C. (2005). *Climate Design: Solutions for Buildings that Can Do More with Less Technology*. Basel, Switzerland: Birkhauser.
- Hertzberger H. (2008). *Space and Learning*. Rotterdam: 010 Publisher.
- Heschong, L., (1999) Daylighting in schools: An investigation into the Relationship between Daylighting and Human Performance. Submitted by the Heschong Mahone Group to Pacific Gas and Electric Company on behalf of the California Board for Energy Efficiency Third Party Program. Retrieved from www.h-m-g.com
- International Energy Agency. *Annex 45 - Energy Efficient Electric Lighting for Buildings*. Retrieved June 29, 2016 from www.lightinglab.fi
- International Code Council.(2012) *International Energy Conservation Code*. Retrieved from www.law.resource.org
- Jones, D. L. (1998). *Architecture and the Environment. Bioclimatic Building Design*. London: Laurence King.
- Kramer, S. (2010). *Schools Educational Spaces*. London: Braun.
- Kwok, A.G. & Grondzik, W.T. (2007). *The Green Studio Handbook. Environmental Strategies for Schematic Design*. Oxford: Architectural Press, Elsevier.
- Lackney, J. A. (1994) *Educational Facilities: The Impact and Role of the Physical Environment of the School on the Teaching, Learning and Educational Outcomes*. Milwaukee: Center for Architecture and Urban Planning Research, University of Wisconsin-Milwaukee.
- Lechner, N. (2001). *Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architects*. John Wiley & sons.
- Meresi, A. (2016).Evaluating daylight performance of light shelves combined with blinds in south-facing classroom in Athens. In *Energy and Buildings*. Vol. 116 pp. 190-205. Retrieved from www.elsevier.com
- McGraw-Hill's Green Source series. (2008). *Emerald Architecture: case studies in green building*. New York: McGraw-Hill.
- Palmero-Marrero A. & Oliveira A., (2010) Research on heating and cooling requirements of buildings with solar louvre devices, in Santamouris, M., *Advances in Building Energy Research*. London: Earthscan
- Parpari, K. Daylight perception in Steane, M. A. & Steemers, K. (eds), (2004). *Environmental Diversity in Architecture*. (pp. 179-193) New York: Spon Press
- Perkins, B. & Bordwell, R. (2010). *Building type basics for Elementary and Secondary Schools*. Hoboken, N.J.: John Wiley & sons.
- Randall, T. (1996) *Environmental Design: An introduction for architects and engineers*. Oxford: The Alden Press
- Rensselaer Polytechnic Institute & Innovative Design for Daylight Dividends (2004). *Guide for Daylighting Schools*. Lighting Research Center. Retrieved from www.lrc.rpi.edu
- Smith, P. F. (2007). *Sustainability at the cutting edge: emerging technologies for low energy buildings*. Oxford: Architectural Press, Elsevier.
- Steiger, S., Park, S., Erhorn, H. & Boer, J. (Fraunhofer Institute for Building Physics), (2014). *Improved Indoor Environmental Quality: Retrofit guidelines towards Improved Indoor Environmental Quality: Retrofit guidelines towards zero emission schools with high performance indoor environment. EU: project School of the future*, Retrieved from www.school-of-the-future.eu
- Teenergy Schools Action Plan (2011). *High Energy Efficiency Schools in the Mediterranean Area*. Retrieved from www.teenergy.eu
- Teli, D., Jentsch, M. James, P. (2014). The role of a Buildings Thermal Properties on pupils' Thermal Comfort in Junior Schools classrooms as determined in field studies. In *Energy and Buildings*. Vol. 82 pp 640-654. Retrieved from www.elsevier.com
- Voss, K., Kuhn, T., Nitz, P., Herkel, S., Wall, M., Hellstrom, B., (2007), Solar Control in Santamouris, M., *Advances in Passive Cooling* London: Earthscan
- 7group & Reed, B. G. (2009). *The Integrative Design Guide to Green Building. Redefining the practice of sustainability*. Hoboken, N.J.: John Wiley & sons.