

# Βέλτιστος Σχεδιασμός των Ενεργειακών Εξοπλισμών του Βιοκλιματικού Σχολείου Κοζάνης

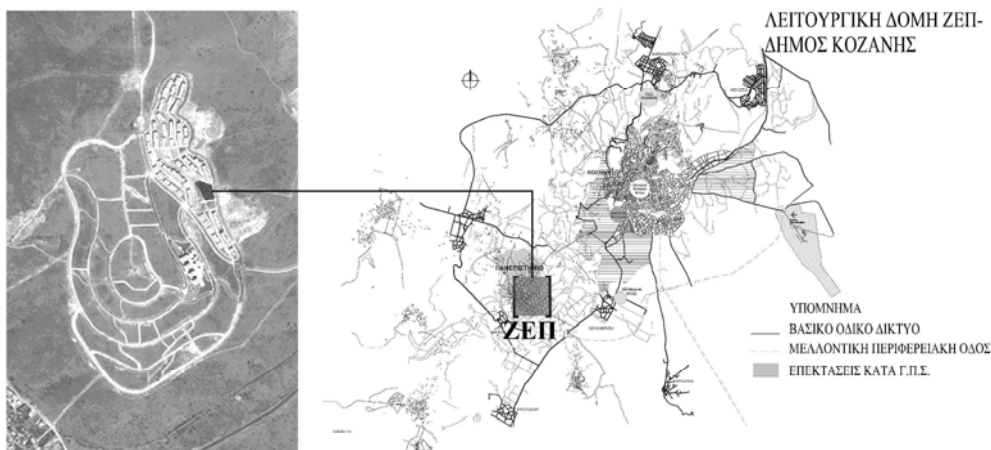
Μ. Καράγιωργας Δρ. Ενεργειακός Μηχανολόγος  
Bonair

Δ. Διαμαντόπουλος Αρχιτέκτων-Πολεοδόμος  
Πλειάς Ε.Π.Ε Δ. Διαμαντόπουλος, Ο. Βιγγόπουλος, Κ. Γκιουλέκα  
Φορέας Έργου: Δήμος Κοζάνης/Δ.ΕΠ.Ε.ΠΟ.Κ

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη αφορά στην ανέγερση νέου συγκροτήματος 12θέσιου Δημοτικού Σχολείου (300 μαθητών) και νηπιαγωγείου (50 νηπίων) στη ΖΕΠ (Ζώνη Ενεργού Πολεοδομίας) Κοζάνης. Οι αρμόδιοι για το έργο φορείς στοχεύουν στην υλοποίηση ενός πρότυπου σχολικού συγκροτήματος, όσον αφορά κυρίως το βιοκλιματικό σχεδιασμό, την ένταξη στο περιβάλλον και την ικανοποίηση των σύγχρονων λειτουργικών αναγκών.

Ολόκληρο το Ο.Τ. (Οικοδομικό Τετράγωνο), αποτελεί, βάσει της εγκεκριμένης Πολεοδομικής Μελέτης, γήπεδο του σχολικού συγκροτήματος. Είναι επικλινές προς την Ανατολή, με σημαντική υψομετρική διαφορά μεταξύ του ανατολικού και του δυτικού μετώπου, έχει σχήμα σχεδόν τραπέζιο και συνολικό εμβαδόν 4.199,70 μ<sup>2</sup>.



Σχήμα 1. Το Σχολείο στη ΖΕΠ Κοζάνης (αεροφωτογραφία και χάρτης Κοζάνης)

Το έργο εντάσσεται στο αντικείμενο της ΔΕΠΕΠΟΚ Α. Ε. και μελετάται από την ΔΕΜΚΟ Α. Ε. βάσει προγραμματικής σύμβασης από 26/2/2009 μεταξύ των: Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Κοζάνης, Δήμος Κοζάνης, Δημοτική Επιχείρηση Ενεργού Πολεοδομίας Κοζάνης (ΔΕΠΕΠΟΚ), Δημοτική Επιχείρηση Μελετών Κοζάνης (ΔΕΜΚΟ), Πανεπιστήμιο Δυτικής τονική μελέτη συντάχθηκε από

την ΠΛΕΙΑΣ ΕΠΕ, Δημήτρης Διαμαντόπουλος και συνεργάτες μελετητές (pleias.com.gr), βάσει σχετικής σύμβασης με τη ΔΕΜΚΟ Α.Ε.

## 2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΛΟΙΠΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

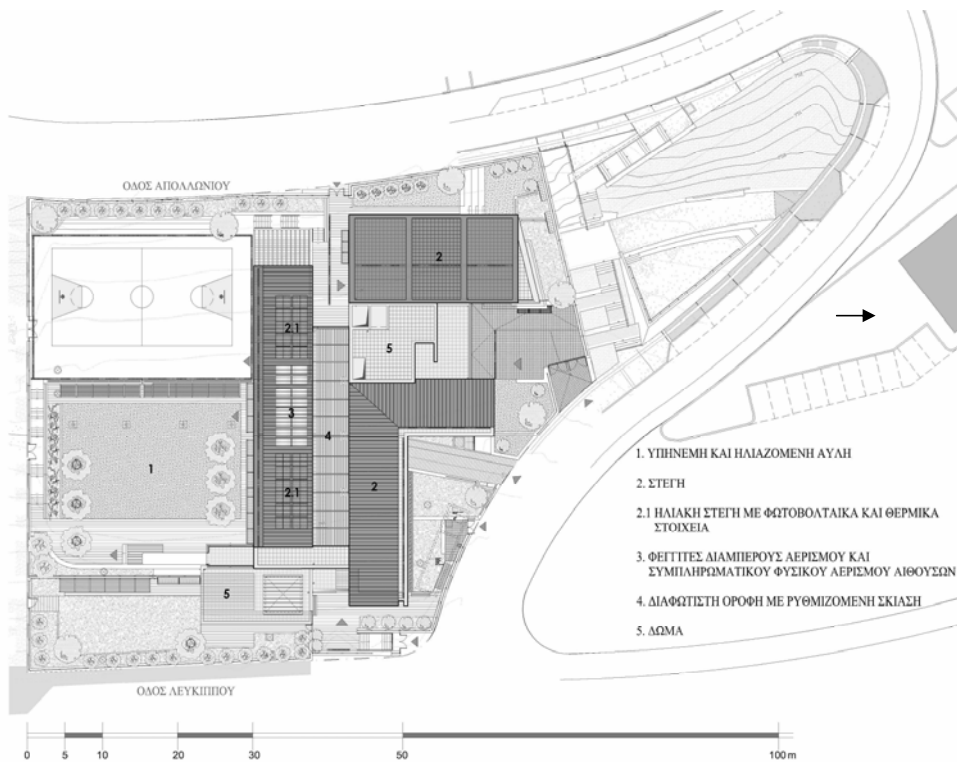
Το κτιριολογικό πρόγραμμα και οι προδιαγραφές αποτελούν εξέλιξη των αντίστοιχων του Ο.Σ.Κ. (Οργανισμού Σχολικών Κτιρίων) και διαμορφώνουν στο σύνολό τους, μαζί με τους όρους δόμησης, το πλαίσιο απαιτήσεων, που καθόρισαν τον σχεδιασμό: ανεξαρτησία βαθμίδων, βιοκλιματικός σχεδιασμός, πρότυπος χαρακτήρας (από εκπαιδευτική και κτιριολογική άποψη), προσανατολισμοί χώρων διδασκαλίας ιεραρχικά : Ν/ Β/ Α/ Δ, βέλτιστη αξιοποίηση φυσικού φωτισμού, κατάλληλα υλικά και είδη κατασκευών, αξιοποίηση ΑΠΕ (Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) και πρόβλεψη των σχετικών εγκαταστάσεων από τα πρώτα βήματα του σχεδιασμού, εξοικονόμηση ενέργειας, επίτευξη άριστου περιβάλλοντος εντός των αιθουσών διδασκαλίας – ανανέωση αέρα σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα, φιλικότητα ΑΜΕΑ – προσβάσεις, εξάντληση της δόμησης (Όρος Σύμβασης), πρόβλεψη στεγών (περιοχή με χιονοπτώσεις/ ένταξη στο περιβάλλον) και διάταξη φωτοβολταϊκών σ' αυτές.

Comment [A1]:

## 3. ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ

Το συγκρότημα διατάσσεται κατά μήκος του άξονα Ανατολής – Δύσης, προκειμένου να προσανατολισθούν οι περισσότεροι χώροι διδασκαλίας προς Νότο και Βορρά, τους καταλληλότερους για εκπαιδευτικό κτήριο προσανατολισμούς. Η χωροθέτηση στο οικόπεδο γίνεται κατά τρόπον, ώστε να αφήνονται οι ακάλυπτες επιφάνειες στο Νότο και οι σχολικές αυλές να είναι υπήνεμες και να έχουν τον βέλτιστο ηλιασμό.

Για την αντιμετώπιση της μεγάλης κλίσης και την αξιοποίηση επίπεδων επιφανειών για τα προαύλια διαμορφώνονται στο Ο. Τ. τέσσερα κλιμακωτά – πλατώματα και επιτυγχάνεται η ισόγεια σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο όλων των βασικών λειτουργικών ενοτήτων.



Σχήμα 2. Τοπογραφικό Σχέδιο



Σχήμα 3. Νότια Όψη Σχολείου-Προσαρμογή στο Έδαφος

Κύριος στόχος της αρχιτεκτονικής μελέτης υπήρξε η αναίρεση του ξεπερασμένου με σημερινά εκπαιδευτικά κριτήρια μοντέλου *Διάδρομος – Αίθουσες Διδασκαλίας*. Επομένως, προέκυψαν οι επιμέρους σχεδιαστικοί στόχοι:

-Οι αποκαλούμενοι *χώροι κυκλοφορίας* να μπορούν να επιδέχονται και ποικίλες άλλες χρήσεις και να έχουν την δυνατότητα ενοποίησης με τους αμιγείς χώρους διδασκαλίας.

-Η κάθε αίθουσα διδασκαλίας να επιδέχεται την πλουραλιστική χωρική οργάνωση και τεχνολογία, που απαιτείται από τις σύγχρονες μεθόδους διδασκαλίας, που έχουν σε μεγάλο βαθμό υποκαταστήσει την από καθ' έδρας διδασκαλία, μπροστά στον στατικό πίνακα.

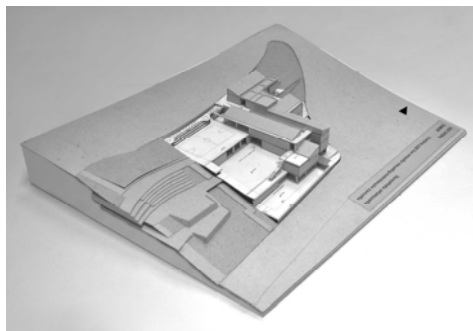
-Κατά το σχεδιασμό στοχεύθηκε η επίτευξη σύνδεσης επιμέρους μονάδων μεταξύ τους, ώστε να διευκολύνεται μεταξύ άλλων και η παρακολούθηση των μαθητών (από τους διδάσκοντες) στην νέου τύπου χωρική οργάνωση υποομάδων (π.χ. «μαθητών δύο ταχυτήτων») και μαθητών που εργάζονται σε υποομάδες.

#### 4. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

##### 4.1 Ο Προσανατολισμός

Το σχολείο, σε διάταξη κατά μήκος του άξονα Ανατολής – Δύσης, είναι κυρίως στραμμένο προς τα νότια προαύλια του. Η τοποθέτηση αυτή του κτιριακού όγκου προστατεύει τις σχολικές αυλές από τους βόρειους ανέμους και επιτρέπει τον καλύτερο εφελκυσμό του εσωτερικού αέρα, που εκτονώνεται από τις καμινάδες φυσικού αερισμού του διώροφου εσωτερικού κοινόχρηστου χώρου του σχολείου.

Το εξωτερικό κέλυφος διαφοροποιείται αναλόγως του προσανατολισμού, έχοντας σχετικά λιγότερα και μικρότερα σε ύψος ανοίγματα προς Βορρά. Ο συνολικός σχεδιασμός βελτιστοποιεί τον χειμερινό ηλιασμό. (βλ. Σχ.6)



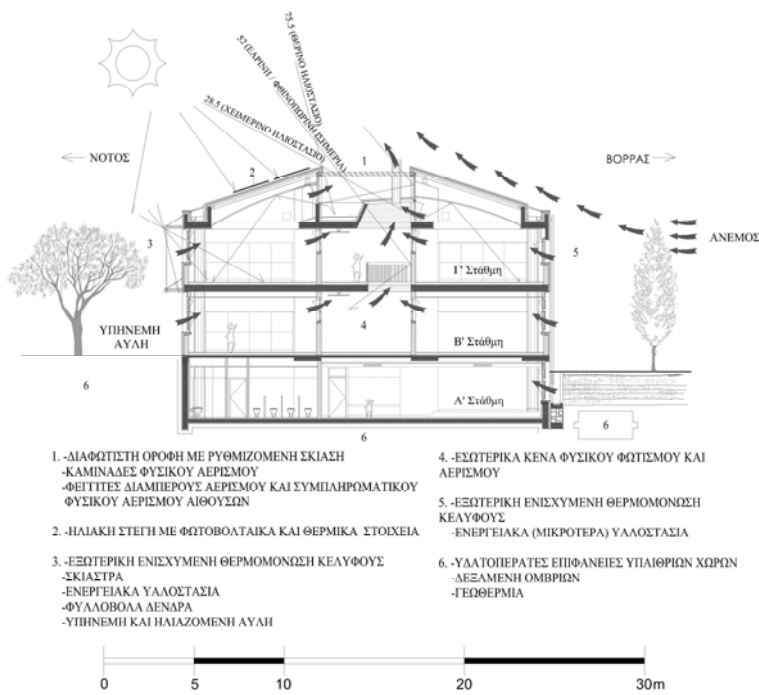
Σχήμα 4. Νοτιανατολική Άποψη (Πρόπλασμα Εργασίας) που Απεικονίζει την Προσαρμογή του Κτιρίου στο Έδαφος

##### 4.2 Η Εσωτερική Δομή του Σχολικού Συγκροτήματος

Οι σχολικές τάξεις – αίθουσες διδασκαλίας τοποθετήθηκαν εκατέρωθεν ενός εσωτερικού χώρου κυκλοφορίας και πολλαπλών χρήσεων, πλάτους 5μ. Το πλάτος αυτό επιτρέπει τόσο την λειτουργική αξιοποίηση του διαδρόμου για άλλες ομαδικές δραστηριότητες, εκτός της κυκλοφορίας (χειμερινό διάλειμμα, εκθεσιακή λειτουργία, εκπαιδευτικές δραστηριότητες μικρών υποομάδων κλπ), όσο και την βιοκλιματική αξιοποίηση της τομής του σχολείου. Αυτό επιτυγχάνεται με την ένταξη σ' αυτόν τον πλατύ διάδρομο ευρύχωρων κενών δαπέδου, που τον μετατρέπουν από επιμήκη εσωτερικό χώρο κυκλοφορίας σε διώροφο εσωτερικό πολυλειτουργικό χώρο, σε επαφή με το περιβάλλον μέσω των απολήξεών του προς τους υπαίθριους χώρους και κυρίως μέσω της οροφής του. Εκεί μεγάλη, επιμήκης, υαλωτή, διαφώτιστη ζώνη κατεβάζει το φυσικό φως στη καρδιά του σχολείου. Η εσωτερική δομή γύρω από αυτόν τον διώροφο διαφώτιστο εσωτερικό χώρο μεταμορφώνει το σχολείο ως προς τις δυνατότητες ηλιασμού και φυσικού αερισμού του, όπως αναπτύσσεται αμέσως πιο κάτω στις σχετικές παραγράφους. (βλ. Σχ.5 και 6)



Σχήμα 5. Κάτοψη Σχολείου- Β' Στάθμη



Σχήμα 6. Τομή στην Πτέρυγα των Αιθουσών με Βασικές Τεχνικές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

- |   |   |
|---|---|
| <p>1. -ΔΙΑΦΩΤΙΣΤΗ ΟΡΟΦΗ ΜΕ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΗ ΣΚΙΑΣΗ<br/>-ΚΑΜΙΝΑΔΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ<br/>-ΦΕΓΓΙΤΕΣ ΔΙΑΜΠΕΡΟΥΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΑΙΘΟΥΣΩΝ</p> <p>2. -ΗΛΙΑΚΗ ΣΤΕΓΗ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</p> <p>3. -ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ<br/>-ΣΚΙΑΣΤΡΑ<br/>-ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΑ<br/>-ΦΥΛΛΟΒΟΛΑ ΔΕΝΔΡΑ<br/>-ΥΠΗΝΕΜΗ ΚΑΙ ΗΛΙΑΖΟΜΕΝΗ ΑΥΛΗ</p> | <p>4. -ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΕΝΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΥ</p> <p>5. -ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ<br/>-ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ (ΜΙΚΡΟΤΕΡΑ) ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΑ</p> <p>6. -ΥΛΑΤΟΠΕΡΑΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΥΠΙΛΘΗΡΩΝ ΧΩΡΩΝ<br/>-ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΟΜΒΡΙΩΝ<br/>-ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ</p> |
|---|---|

#### 4.3 Ο Ηλιασμός και η Ηλιοπροστασία

Με δεδομένη την πρωινή λειτουργία του σχολικού συγκροτήματος αξιοποιείται στο έπακρο ο μεσημβρινός προσανατολισμός. Από τις 14 σχολικές τάξεις και των δύο βαθμίδων ( 12 δημοτικού+2 νηπιαγωγείου), οι 10 έχουν άμεσα ηλιακά κέρδη από το Νότο, (άλλες από νότια προσανατολισμένη ζώνη υαλοστασίων και άλλες από νότια προσανατολισμένη ζώνη φεγγιτών), 3 από την Ανατολή και μόνον μία, η κεντρική ισόγεια αίθουσα προς Βορρά, δεν απολαμβάνει (μέσω των μεγάλων φεγγιτών της προς τον διάδρομο) παρά μόνο την αντανάκλαση του έμμεσου θερμού ηλιακού φωτός, όπως αυτό κατεβαίνει στο διώροφο εσωτερικό χώρο, που προαναφέρθηκε.

Στην ηλιοπροστασία συμμετέχουν αφ' ενός οι κατάλληλα ανά όψη επιλεγμένοι υαλοπίνακες και αφ' ετέρου κατασκευές εξωτερικής ηλιοπροστασίας, ως εξής:

-Προς νότο διώροφο και κατά περίπτωση μονώροφο σκίαστρο πλάτους 1,0μ μπροστά από την όψη, το οποίο επιτρέπει τον χειμερινό ηλιασμό και προστατεύει από τον θερινό ήλιο.

-Προς Ανατολή και Δύση σύστημα ηλεκτροκίνητων ανασυρόμενων σε αμφίπλευρο οδηγό, περιστρεφόμενων περσίδων ηλιοπροστασίας.

-Τη διαφώτιστη υαλωτή οροφή προστατεύουν από τον ήλιο εξωτερικές οριζόντιες περιστρεφόμενες περσίδες στο επίπεδο της απόληξης των στεγών, στηριζόμενες σε εγκάρσιες δοκούς, οι οποίες γεφυρώνουν τον υπαίθριο χώρο του δώματος μεταξύ των στεγών.

#### 4.4 Ο Φυσικός Φωτισμός Εσωτερικών Περιοχών της Κάτοψης

Στον τρόπο αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού για τον διώροφο, κεντρικό, εσωτερικό χώρο διαλείμματος έγινε ήδη αναφορά.

Οι πλευρές των αιθουσών διδασκαλίας και των εργαστηρίων προς τον εσωτερικό διάδρομο, φέρουν ζώνη μεγάλων υαλοστασίων η οποία εξασφαλίζει επιπλέον φυσικό φως για τον εσωτερικό διάδρομο.

#### 4.5 Ο Διαμερής Φυσικός Αερισμός

Η προαναφερθείσα εσωτερική δομή του σχολείου, αναπτυγμένη γύρω από τον εσωτερικό, διώροφο χώρο κυκλοφορίας και πολλαπλών χρήσεων, τα κενά δαπέδου στην οροφή του ισόγειου διαδρόμου, η ανακλινόμενη λειτουργία εξωτερικών υαλοστασίων και εσωτερικών φεγγιτών προς τον διάδρομο και τέλος οι κατάλληλα τοποθετημένες περσίδες εισαγωγής ναπού αέρα στο κέλυφος των κοινοχρήστων χώρων εξασφαλίζουν τον διαμερή αερισμό προς τις καμινάδες φυσικού αερισμού, που βρίσκονται στην οροφή της κεντρικής ζώνης του σχολείου.

#### 4.6 Οι Μονώσεις του Κελύφους με Υπερδιαστασιολόγηση

Το κέλυφος θερμομονώνεται εξωτερικά. Η εξωτερική θερμομόνωση καλύπτει όλες ανεξαιρέτως τις επιφάνειες κελύφους και υπερδιαστασιολογείται. Κατά τη μελέτη δόθηκε έμφαση στην αποφυγή θερμογεφυρών.

#### 4.7 Ο Τύπος Εξωτερικών Υαλοστασίων και Υαλοπινάκων

Τα εξωτερικά υαλοστάσια είναι υπεύθυνα για μεγάλο μέρος των απωλειών ή της εισβολής θερμότητας μέσω του κελύφους στα κτίρια.

Κατά τη μελέτη εκτιμήθηκε η ανάγκη αναβάθμισης ανά διαφορετικό προσανατολισμό των υαλοπινάκων από απλούς θερμομονωτικούς σε ειδικούς θερμομονωτικούς

Τα υαλοστάσια οροφής έχουν επιπλέον ενσωματωμένη αντίσταση για την αποφυγή δημιουργίας πάγου ή συσσώρευσης χιονιού.

Τα εξωτερικά υαλοστάσια είναι όλα θερμοδιακοπτόμενα για την αποφυγή υγροποιήσεων και την επίτευξη ανάλογου συντελεστή θερμοπερατότητας με τους ενεργειακούς υαλοπίνακες με γόμωση αργκόν. Έτσι, ο διπλός υαλοπίνακας έχει συντελεστή θερμικής διαπερατότητας  $1,3\text{W/m}^2\cdot\text{K}$  ενώ ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας πλαισίου (ποσοστό πλαισίου ως προς το άνοιγμα:20%)  $3,0\text{W/m}^2\cdot\text{K}$  και το αποτέλεσμα είναι ο συνολικός συντελεστής θερμικής διαπερατότητας να έρθει στην τιμή  $1,8\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ .

#### 4.8 Το Μικροκλίμα των Προαλίων

Η εξασφάλιση της νότιας χωροθέτησης των προαλίων επιτρέπει, όπως προαναφέρθηκε τόσο τον άπλετο νότιο ηλιασμό τους όσο και την προστασία τους από τους βόρειους ανέμους.

Οι αυλές και οι υπαίθριοι χώροι (εκτός από αυτήν στην οποία βρίσκεται το γήπεδο) έχουν εκτεταμένη επιφάνεια επιστρωμένη με διαβαθμισμένο έδαφος με λεπτόκκοκα αδρανή και φυτά, που τις καθιστούν απορροφητικές για τα όμβρια. Οι επιφάνειες αυτές, έχουν μειωμένη θερμοχωρητικότητα και αντανακλαστικότητα θερμότητας σε σύγκριση με τις σκληρές επιφάνειες. Μεγάλα φυλλοβόλα δέντρα στο νότιο όριο του χώρου σκιάζουν μέρος της αυλής το καλοκαίρι.

Η χωροθέτηση του πρασίνου και κυρίως των φυλλοβόλων δένδρων γίνεται με βιοκλιματικά κριτήρια.

### 5. Ο ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

#### 5.1 Κατευθυντήριοι Αξόνες Ενεργειακού Σχεδιασμού (Α)

Ο ενεργειακός σχεδιασμός έγινε προς την κατεύθυνση τριών αξόνων (Α):

A1. Της επίτευξης ενεργειακών στόχων, δηλαδή χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης (ηλεκτρικής και θερμοψυκτικής ενέργειας),

A3. Της επιλογής τεχνικών λύσεων με αποδεκτή οικονομικότητα, σχετικά με το σκοπό αυτό,

A3. Της προώθησης στην τοπική κοινωνία των ΑΠΕ σαν μέσο της προστασίας του περιβάλλοντος, σε μια περιβαλλοντικά επιβαρημένη περιοχή, καθώς επίσης και της επίδειξης των εν λόγω τεχνολογιών ως εκπαιδευτικό εργαλείο στους μαθητές.

Οι τρεις στόχοι των παραπάνω αξόνων προσεγγίζονται με ισάριθμα κριτήρια (Κ) που αναλύονται στα επόμενα, κατ'αντιστοιχία:

Κριτήριο  $K_1$  Την ενεργειακή κλάση του κτηρίου, που θα επιθυμούσαμε να είναι Α (με παράμετρο το λόγο  $T$  της ανοιγμένης κατανάλωσης ως προς το κτήριο αναφοράς, κατά το νόμο 3661/2008)

Κριτήριο  $K_2$  Την οικονομικότητα (με παράμετρο το χρόνο αποπληρωμής PBP σε σχέση με ένα κτήριο σχεδιασμένο κατά ΚΕΝΑΚ)

Κριτήριο  $K_3$  Την επιλογή προς επίδειξη πολλαπλών λύσεων ΑΠΕ δεχόμενοι για το κόπο αυτό κάποια πολυπλοκότητα στο σύστημα

Το σχολείο θα μελετηθεί να είναι βιοκλιματικό με στόχο την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας. Για τους παραπάνω σκοπούς θα εγκατασταθούν περίπου 20 τεχνικές ΑΠΕ και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕ).

### 5.2 Μεθοδολογία

Τα κριτήρια ( $K_1, K_2, K_3$ ) αξιολόγησης της προσέγγισης των στόχων των τριών αξόνων (Α) είναι συνάρτηση πολλαπλών παραμέτρων, με κυριότερες:

- την ύπαρξη ή όχι κλιματισμού σε τμήματα του κτηρίου
- τα ωράρια θέρμανσης και ψύξης του κτηρίου
- το μέγεθος του φωτοβολταϊκού συστήματος
- το μέγεθος του θερμικού ηλιακού συστήματος
- το μέγεθος της ανάκτησης στο μηχανικό αερισμό
- το βαθμό μόνωσης  $M$  του κτηρίου
- το μέγεθος  $G$  και το πλήθος των γεωτρήσεων γεωθερμίας
- το μέγεθος  $\Theta$  της τηλεθέρμανσης
- την ενεργειακή απόδοση της γεωθερμίας, ως μέσου θέρμανσης χώρων
- την ενεργειακή απόδοση της γεωθερμίας, ως μέσου ψύξης χώρων
- την ενεργειακή απόδοση του συμβατικού κλιματισμού χώρων
- την ενεργειακή απόδοση της τηλεθέρμανσης ως μέσου θέρμανσης χώρων
- το μοναδιαίο κόστος του έργου  $p_M$  (€/m<sup>2</sup>) της μόνωσης του κτηρίου
- το μοναδιαίο κόστος του έργου  $p_G$  (€/kW) της γεωθερμίας
- το μοναδιαίο κόστος του έργου  $p_\Theta$  (€/kW) της τηλεθέρμανσης
- το μοναδιαίο κόστος του έργου  $p_{κλιμα}$  (€/kW) ενός συμβατικού κλιματισμού
- το μοναδιαίο λειτουργικό κόστος  $e_G$  (€/kWh) της γεωθερμίας
- το μοναδιαίο λειτουργικό κόστος  $e_\Theta$  (€/kWh) της τηλεθέρμανσης
- το μοναδιαίο λειτουργικό κόστος  $e_{κλιμα}$  (€/kWh) ενός συμβατικού κλιματισμού

Προκύπτουν έτσι οι παρακάτω συσχετίσεις:

Κριτήριο  $K_1$ : ενεργειακή απόδοση του κτηρίου

$$T = f(M, G, \Theta)$$

Κριτήριο  $K_2$ : οικονομικότητα του κτηρίου

$$PBP = f(M, G, \Theta, p_i, e_j)$$

Κριτήριο  $K_3$ : επίδειξιμότητα του κτηρίου

$$= 5 \text{ [ενεργειακές μονώσεις } MG, \Theta, \text{ φωτοβολταϊκό, θερμικό ηλιακό]}$$

Εφόσον οι μεταβλητές κόστους έργων  $p_i$  και λειτουργικού κόστους  $e_j$  είναι σταθερές, τα κριτήρια  $K_1, K_2, K_3$  είναι τελικά συσχετίσεις των  $M, G, \Theta$ :

Κριτήριο  $K_1$ : ενεργειακή απόδοση του κτηρίου

$$T = f(M, G, \Theta) \dots \dots \dots (1)$$

Κριτήριο  $K_2$ : οικονομικότητα του κτηρίου

$$PBP = f(M, G, \Theta) \dots \dots \dots (2)$$

Κριτήριο  $K_3$ : επίδειξιμότητα του κτηρίου

$$= 5 \dots \dots \dots (3)$$

Έτσι, είναι αναγκαίος ο προσδιορισμός ενός βέλτιστου μείγματος  $M, G$  και  $\Theta$  που θα:

1. ελαχιστοποιεί την ανοιγμένη κατανάλωση ως προς το κτήριο αναφοράς  $T$  (με σκοπό την ένταξη σε υψηλή κατηγορία ενεργειακής κλάσης κτηρίου). Για παράδειγμα μια αύξηση του  $G$  θα οδηγήσει σε μείωση του  $T$ .



2. ελαχιστοποιεί το χρόνο αποπληρωμής PBP (με σκοπό την οικονομικότητα του έργου). Για παράδειγμα μια αύξηση του G θα οδηγεί σε αύξηση του PBP.  
Αναμένεται έτσι μια βελτιστοποιημένη τιμή του μεγέθους G που μεγιστοποιεί τα κριτήρια  $K_1 = T$  και  $K_2 = PBP$ .
3. μεγιστοποιεί σε ένα αποδεκτό βαθμό το  $K_3$ , χωρίς να επισύρει πολυπλοκότητα στα συστήματα Η/Μ του κτηρίου. Για παράδειγμα τοποθετώντας περισσότερα είδη ΑΠΕ οδηγούμεθα σε μια αύξηση του  $K_3$ .  
Αντικείμενο του άρθρου αποτελεί ο προσδιορισμός του βέλτιστου μείγματος του M, G και Θ και αυτός θα εκπονηθεί ακολουθώντας τα δύο παρακάτω βήματα:

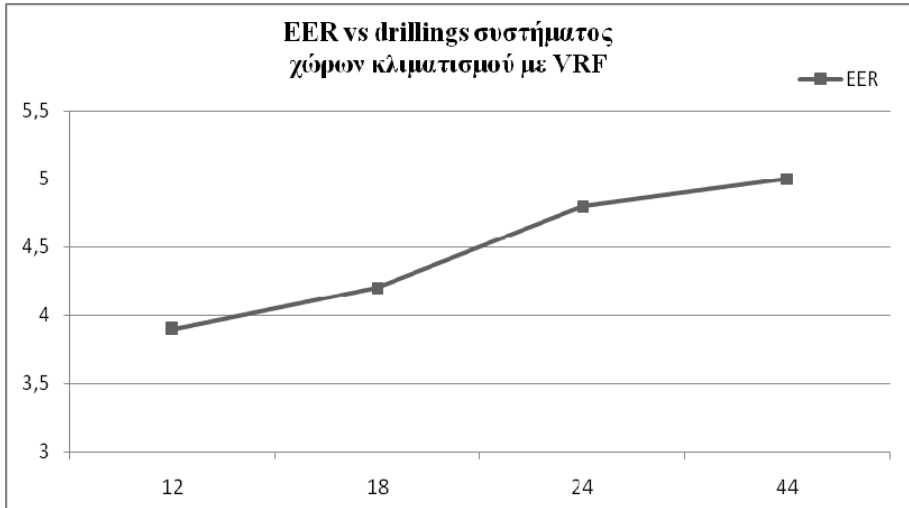
### 5.3 Στοιχεία από τη μελέτη εφαρμογής του ενεργειακού σχεδιασμού του σχολείου

Ενδεικτικά, και με σκοπό την ανάδειξη του ενεργειακού σχεδιασμού του βιοκλιματικού σχολείου στην Κοζάνη, αναφέρονται δέκα στοιχεία από το σχεδιασμό αυτό, και αναλύονται επιγραμματικά τα τρία πρώτα

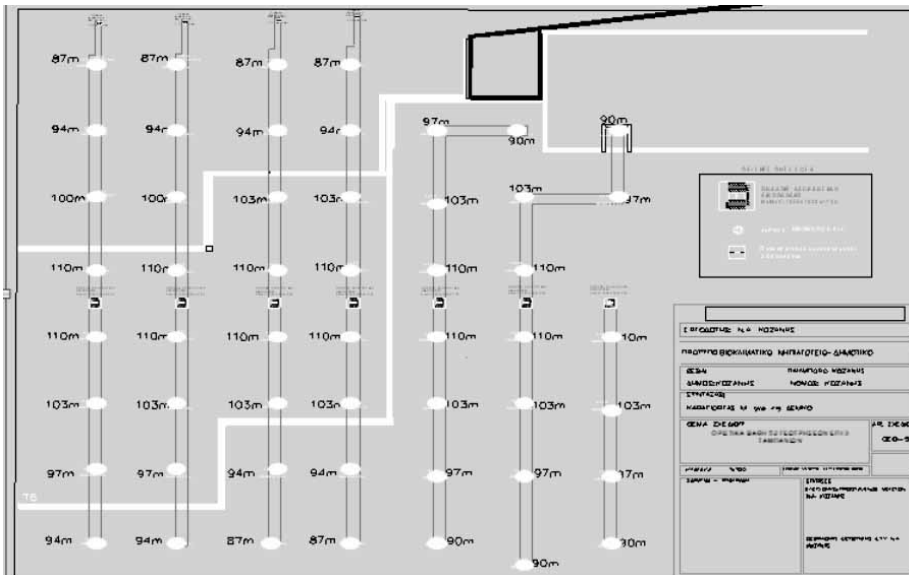
1. Βελτιστοποίηση σχεδιασμού γεωθερμίας: *EER γεωθερμίας* με το πλήθος των γεωτρήσεων
2. Εφαρμογή κάναβου 52 γεωτρήσεων γεωθερμίας στη θεμελίωση
3. Εφαρμογή ηλιακής θέρμανσης χώρων
4. Αποκλεισμός ενδοδαπέδιας θέρμανσης στη Ζώνη 1 αφού εξωθεί τα ηλιακά κέρδη
5. Έλεγχος χαμηλού επιπέδου CO<sub>2</sub> στις αίθουσες διδασκαλίας με τη χρήση μονάδων αερισμού τύπου VAM
6. Εφαρμογή διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 10 kWp
7. Εφαρμογή θερμικού ηλιακού συστήματος μεγέθους 40m<sup>2</sup> για ΘΧ και ΖΝΧ
8. Ευρεία χρήση τεχνικών free cooling και MMV (*Mixed Mode Ventilation*)
9. Χρήση τεχνικής DV (*Dual level Ventilation*) για τη μείωση των φορτίων αερισμού
10. Έξυπνος κλιματισμός (προπορεία αιολικών καμινάδων και ανεμιστήρων οροφής έναντι των μονάδων VRF)

### 5.4 Βελτιστοποίηση Σχεδιασμού Γεωθερμίας: *EER Γεωθερμίας με το Πλήθος των Γεωτρήσεων*

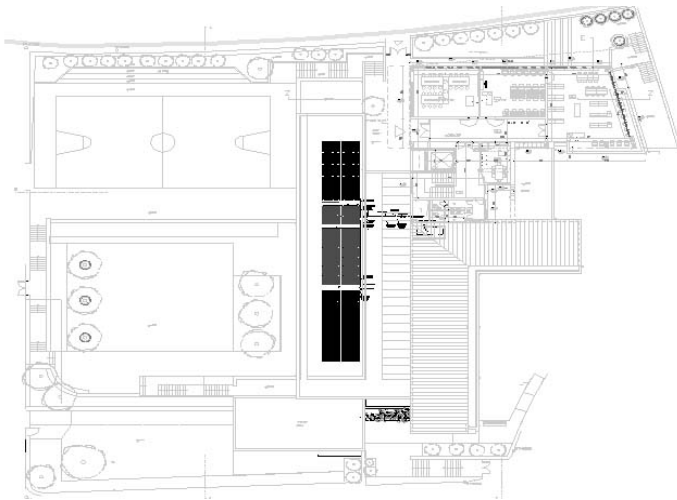
Για το σκοπό αυτό εφαρμόζεται στο κύκλωμα νερού θέρμανσης κοινό κολλεκτέρ προσαγωγής των 12 γεωτρήσεων της Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας ΖΩΝΗΣ 2 (Θ) με τις 20 Γεωτρήσεις της Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας ΖΩΝΗΣ 3 (Ψ/Θ) και με τις 12 Γεωτρήσεις της Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας ΖΩΝΗΣ 4 (Ψ/Θ)



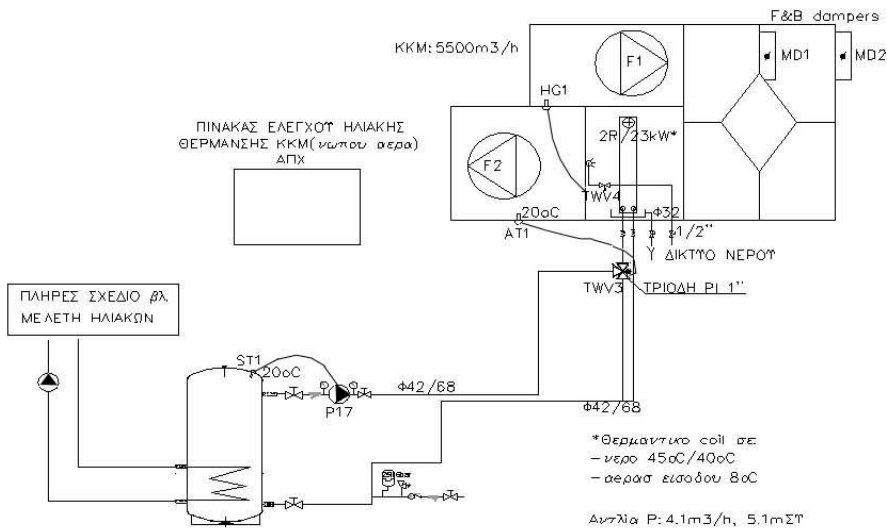
Σχήμα 7. Βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας με το πλήθος των γεωτρήσεων γεωθερμίας  
 Η ενεργειακή αποδοτικότητα (EER) αυξάνει δραστικά με τη χρήση του κοινού κολλεκτέρ (σχήμα 1). Εντοπίζεται μια αύξηση από 3,9 (στις 12 γεωτρήσεις) σε 5 (στις 44 γεωτρήσεις) δηλ. κατά 22%.



Σχήμα 8. Εφαρμογή κάναβου 52 γεωτρήσεων γεωθερμίας στη θεμελίωση



Σχήμα 9. Εφαρμογή διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 10 kWp και θερμικού ηλιακού συστήματος μεγέθους 40m<sup>2</sup> για ΘΧ και ΖΝΧ στη στέγη.



Σχήμα 10. Εφαρμογή ηλιακής θέρμανσης χώρων της ΑΠΧ (Αίθουσας Πολλαπλών Χρήσεων) του βιοκλιματικού σχολείου Κοζάνης

Η εφαρμογή της ηλιακής θέρμανσης χώρων της ΑΠΧ γίνεται μέσω της ΚΚΜ-NA (Κεντρικής Κλιματιστικής Μονάδας Νωπού Αέρα), όπου απαντώνται τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Ισχύς ηλιακής θέρμανσης των χώρων: 28kW
- Παροχή ΚΚΜ-NA: 5.500 m<sup>3</sup>/h
- Με ανάκτηση θερμότητας 75%
- Με δυνατότητα free cooling (με BB dampers)
- Όγκος δοχείων ΖΝΧ 1100 lit
- Εφαρμόζεται επίσης σχεδιασμός ελάχιστης εντροπίας

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Building Bulletin 101: Ventilation in School Buildings, BS 2006, ISBN 011-2711642.  
IEA Annex 35 HybVent: Hybrid Ventilation and control strategies in the Annex 35:case studies, IEA2002.  
Report 30: A Performance Specification for the Energy efficient Office of the Future, BRESCU 2006.  
Close loop /ground source Heat Pump Systems. Installation Guide: National Rural Electric Cooperative Association,  
Oklahoma State University, International Ground Sourced Heat Pump Association, 2002  
Mixed mode cooling systems, PASSIVENT-MITSUBISHI ELECTRIC 2008

## ΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Μελετητές: Δ.Ε.Μ.Κ.Ο

Αρχιτεκτονική και Βιοκλιματική Μελέτη: «ΠΛΕΙΑΣ ΕΠΕ»  
Δημήτρης Διαμαντόπουλος, Ορέστης Βιγγόπουλος, Κατερίνα Γκιουλέκα  
Συνεργάτες: Βάνια Παπαδάκου, Φαίη Μίχου

Ενεργειακές Μελέτες και Α.Π.Ε: «BONAIR»  
Μιχάλης Καράγιωργας, Δημήτρης Γαλανός, Δημήτρης Ζαχαρίας

Στατική Μελέτη:  
Χρήστος Μεταξάς

Η/Μ Μελέτες:  
Μιχάλης Καράγιωργας, Ηλίας Μανιάτης