

*ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΜΕ  
ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ  
της ΔΕΠΕΠΟΚ ΣΤΗ ΖΕΠ ΚΟΖΑΝΗΣ*

*Αθήνα, 16-01-2012*



*Michaelis KARAGIORGAS  
PhD Energy Engineer UNIVERSITE PARIS VII*

*Μια μελετη των*

***ΠΑΜ-ΒΟΝΑΙΡ***



## **ΣΚΟΠΟΙ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ**

Ο ενεργειακός σχεδιασμός του κτηρίου εντάσσεται στην επιθυμία της ΔΕΠΕΠΟΚ να υλοποιήσει ένα πρότυπο σχολείο τόσο σε όρους εκπαιδευτικούς και παιδαγωγικούς όσο και σε όρους πολεοδομικού σχεδιασμού του κτηρίου συμπεριλαμβανομένων και των ενεργειακών καταναλώσεων του τελευταίου.

## **ΑΞΟΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

1. επίτευξη ενεργειακών στόχων, δηλαδή χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης (ηλεκτρικής και θερμοψυκτικής ενέργειας),
2. επιλογή τεχνικών λύσεων με αποδεκτή οικονομικότητα, σχετικά με το σκοπό αυτό,
3. προώθηση στην τοπική κοινωνία των ΑΠΕ σαν μέσο της προστασίας του περιβάλλοντος, σε μια περιβαλλοντικά επιβαρυνόμενη περιοχή, καθώς επίσης και την επίδειξη των εν λόγω τεχνολογιών ως εκπαιδευτικό εργαλείο στους μαθητές.

**ΚΡΙΤΗΡΙΟ Κ1:** η ενεργειακή κλάση του κτηρίου, που θα επιθυμούσαμε να είναι A ή B+ (με παράμετρο το λόγο T της ανηγμένης κατανάλωσης ως προς το κτήριο αναφοράς, κατά το νόμο)

**ΚΡΙΤΗΡΙΟ Κ2:** Η οικονομικότητα (με παράμετρο το χρόνο αποπληρωμής PBP)

**ΚΡΙΤΗΡΙΟ Κ3 :** η επιλογή προς επίδειξη πολλαπλών λύσεων ΑΠΕ δεχόμενοι για το σκοπό αυτό κάποια πολυπλοκότητα στο σύστημα

# ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

ο M: ο βαθμός θερμομόνωσης του κτηρίου (kW/K),  
το G: το μέγεθος γεωθερμίας (kW και πλήθος των γεωτρήσεων)  
το Θ: το μέγεθος της τηλεθέρμανσης (kW)

το μοναδιαίο κόστος έργου  $p_M$  (€/m<sup>2</sup>) της θερμομόνωσης του κτηρίου  
το μοναδιαίο κόστος έργου  $p_G$  (€/kW) της γεωθερμίας  
το μοναδιαίο κόστος έργου  $p_\Theta$  (€/kW) της τηλεθέρμανσης  
το μοναδιαίο κόστος έργου  $p_{\text{ΚΛΙΜ}}$  (€/kW) ενός συμβατικού κλιματισμού

το μοναδιαίο κόστος λειτουργίας  $\epsilon_G$  (€/kWh) της γεωθερμίας  
το μοναδιαίο κόστος λειτουργίας  $\epsilon_\Theta$  (€/kWh) της τηλεθέρμανσης  
το μοναδιαίο κόστος λειτουργίας  $\epsilon_{\text{ΚΛΙΜ}}$  (€/kWh) ενός συμβατικού κλιματισμού

Κριτήριο K1 (ενεργειακή κλάση):  $T = f(M, G, \Theta, p_i, \epsilon_i)$   
Κριτήριο K2 (οικονομικότητα):  $PBP = f(M, G, \Theta, p_i, \epsilon_i)$   
Κριτήριο K3 (επιδειξιμότητα): =5 [G, Θ, φωτοβολταϊκό, θερμικό ηλιακό, ενεργειακές μονώσεις

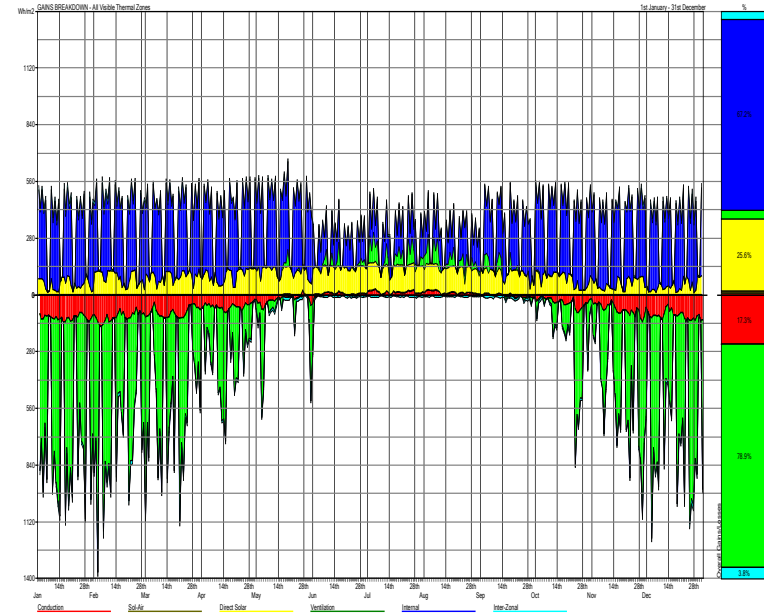
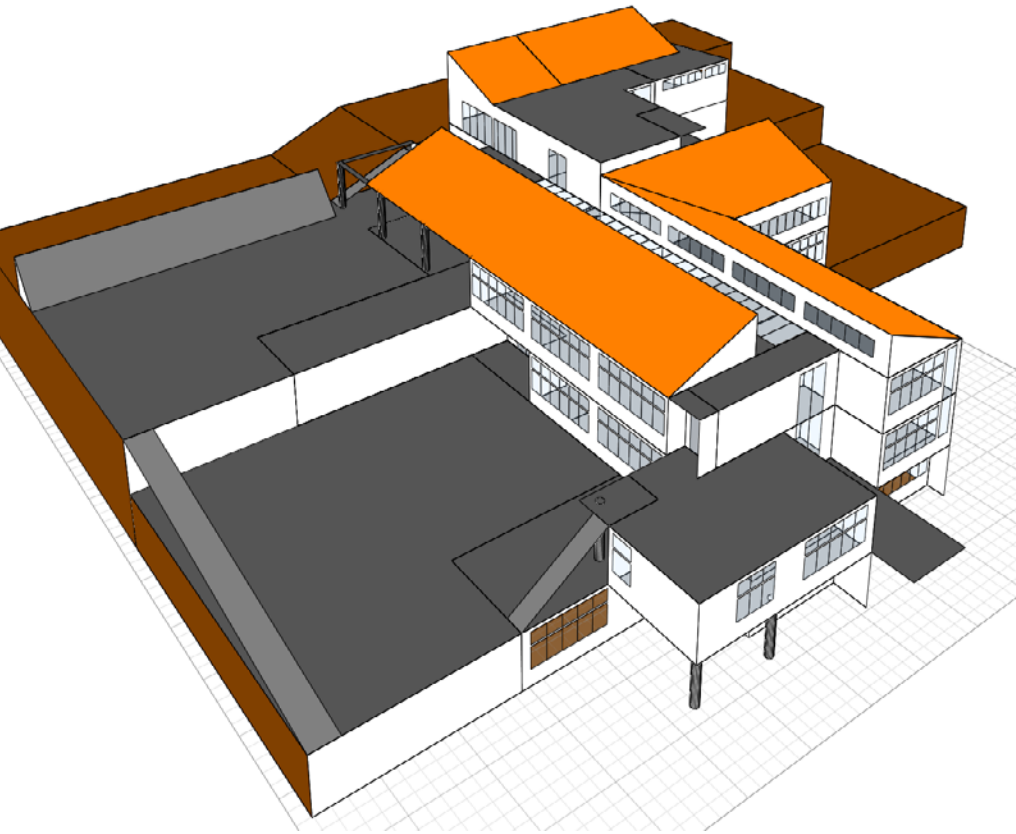
Κριτήριο K1 (ενεργειακή κλάση):  $T = f(G, M, \Theta)$   
Κριτήριο K2 (οικονομικότητα):  $PBP = f(G, M, \Theta)$   
Κριτήριο K3 (επιδειξιμότητα): =5

**ΑΝΑΖΗΤΕΙΤΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ G, M, Θ ή**

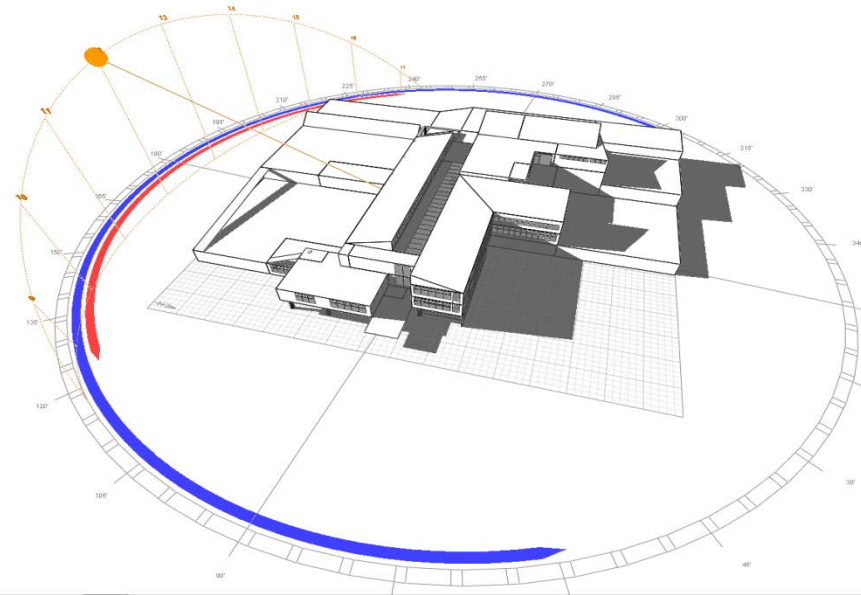
**ΑΝΑΖΗΤΕΙΤΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ ΓΕ.ΘΕ.ΤΗ.**

**Γεωθερμίας-Θερμομόνωσης-Τηλεθέρμανσης**

# ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ



Κλιματική ζώνη Δ´  
4 Ζώνες προσομοίωσης  
Ωριαία προσομοίωση  
Σταθερά και κινητά σκίαστρα  
Αερισμοί με HR, MMV και DV  
Free cooling  
Ανάκτηση βορρά-νότου



# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

<b>ΖΩΝΗ ΚΤΗΡΙΟΥ</b>	<b>ΣΥΣΤΗΜΑ HVAC</b>	<b>ΦΟΡΤΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ (kW)</b>	<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΑΙΤΗΣΗ (kWh/m<sup>2</sup>/a)</b>
ΖΩΝΗ 1 Νότιοι χώροι	Τηλεθέρμανση για θέρμανση με θερμαντικά σώματα	85 kW <sub>heat</sub> 0 kW <sub>cool</sub>	23.7
ΖΩΝΗ 2 Βορεινοί χώροι	Γεωθερμία για θέρμανση με ενδοδαπέδια	104 kW <sub>heat</sub> 0 kW <sub>cool</sub>	21.5
ΖΩΝΗ 3 Χώροι προς κλιματισμό	Γεωθερμία για θέρμανση και κλιματισμό με VRF	35 kW <sub>heat</sub> 63 kW <sub>cool</sub>	7.3 (heating) 80.2 (cooling)
ΖΩΝΗ 4 ΑΠΧ	Γεωθερμία για θέρμανση και κλιματισμό με VRF	54 kW <sub>heat</sub> 53 kW <sub>cool</sub>	59.9 (heating) 44.9 (cooling)

**ΣΧΟΛΕΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΛΑΣΗΣ B+**

Βελτιστοποίηση σχεδιασμού γεωθερμίας: EER γεωθερμίας vs drillings

καρναβος 52 γεωτρησεων γεωθερμιας

**ΖΩΝΗ 1:** οχι ενδοδαπέδια θέρμανση: εξωθεί τα ηλιακά κέρδη

ελεγχος χαμηλου επιπεδου co2 στις αιθουσες διδασκαλιας  
με τη χρηση μοναδων αερισμου τύπου VAM

διασυνδεδεμενο φωτοβολταϊκο συστημα 10 kWp

θερμικο ηλιακο συστημα 40m<sup>2</sup> για ΘΧ και ΖΝΧ

ηλιακη θερμανση χωρων

ευρεια χρηση τενικων free cooling και MMV(Mixed Mode Ventilation)

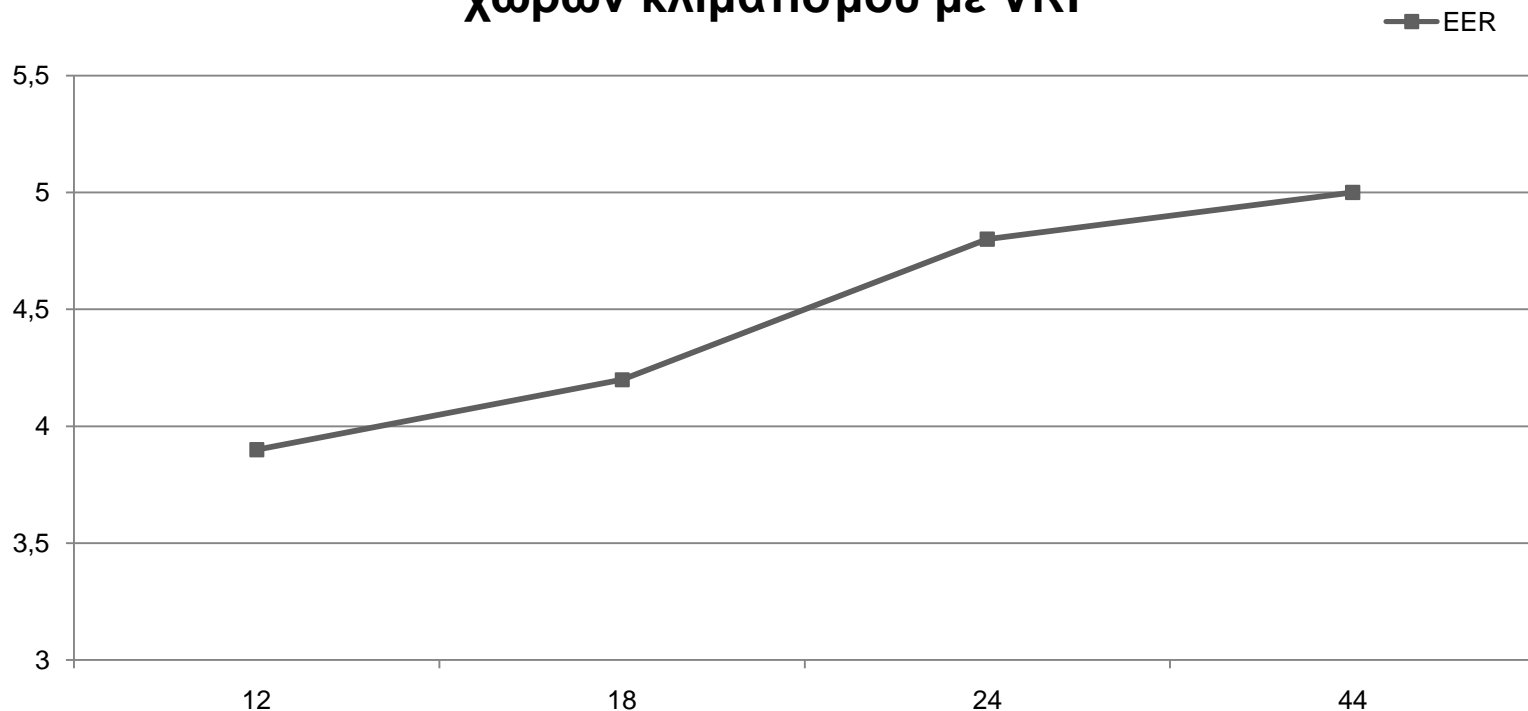
χρηση τενικης DV (Dual level Ventilation) για τη μείωση των φορτίων αερισμού

Έξυπνος κλιματισμός (προπορεία αιολικών καμινάδων και ανεμιστήρων οροφής  
έναντι των μονάδων VRF)

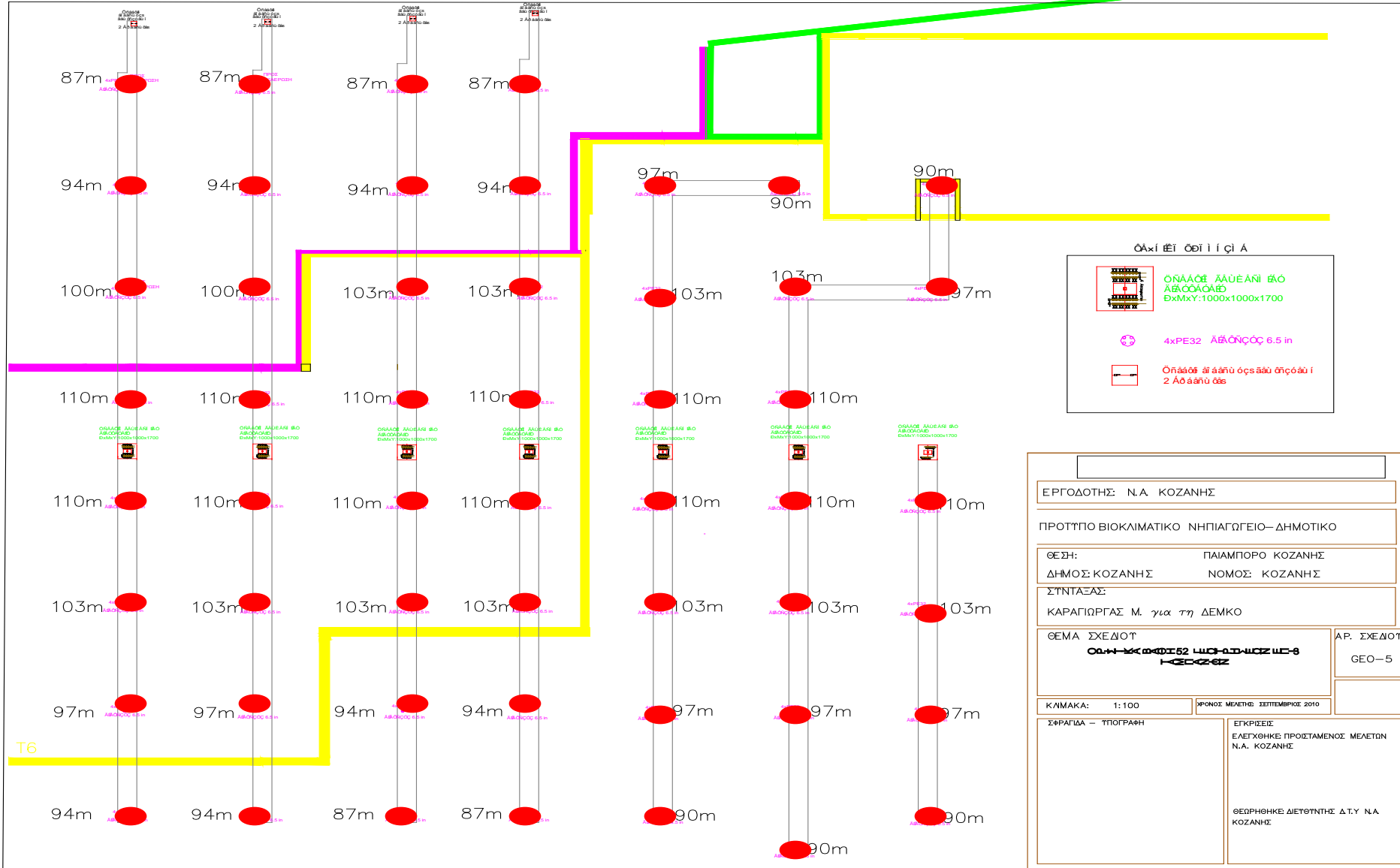
# Βελτιστοποίηση σχεδιασμού γεωθερμίας: EER γεωθερμίας vs DRILLINGS

Κοινό κολλεκτέρ προσαγωγής νερού θέρμανσης  
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)

## EER vs drillings συστήματος χώρων κλιματισμού με VRF



# ΚΑΝΑΒΟΣ 52 ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ, 7 ΑΥΛΑΚΩΣΕΩΝ, 7 ΦΡΕΑΤΙΩΝ ΣΥΛΛΟΓΗΣ, ΕΠΙ 3 ΤΑΜΠΑΝΙΩΝ ΣΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΣΤΗ ΖΕΠ ΚΟΖΑΝΗΣ

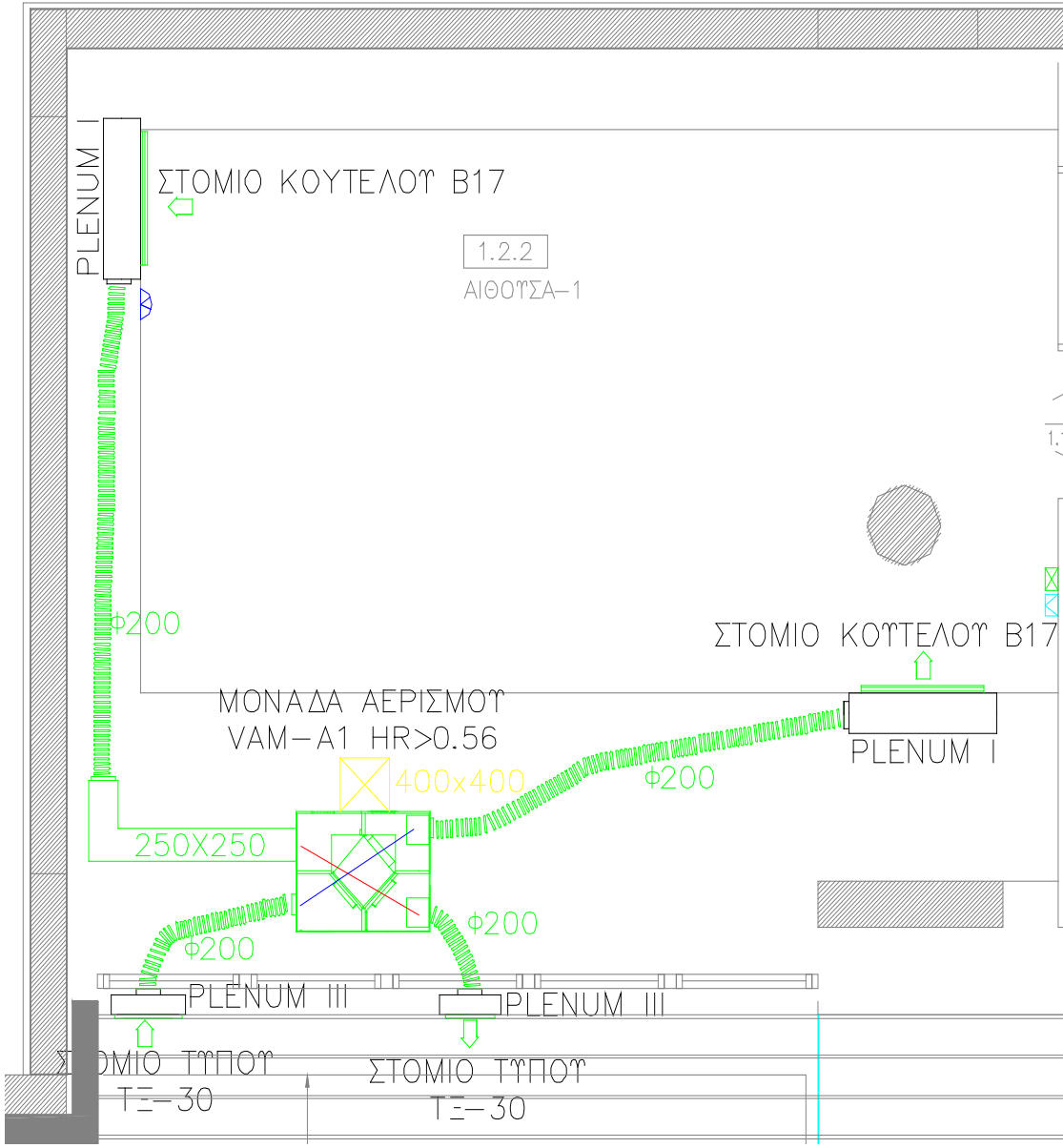




# ΕΛΕΓΧΟΣ ΧΑΜΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ CO<sub>2</sub> ΣΤΙΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΤΥΠΟΥ VAM

Τοποθεσία: Νηπιαγωγείο  
Τυπική κάτοψη Αίθουσας 1= 54 m<sup>2</sup>

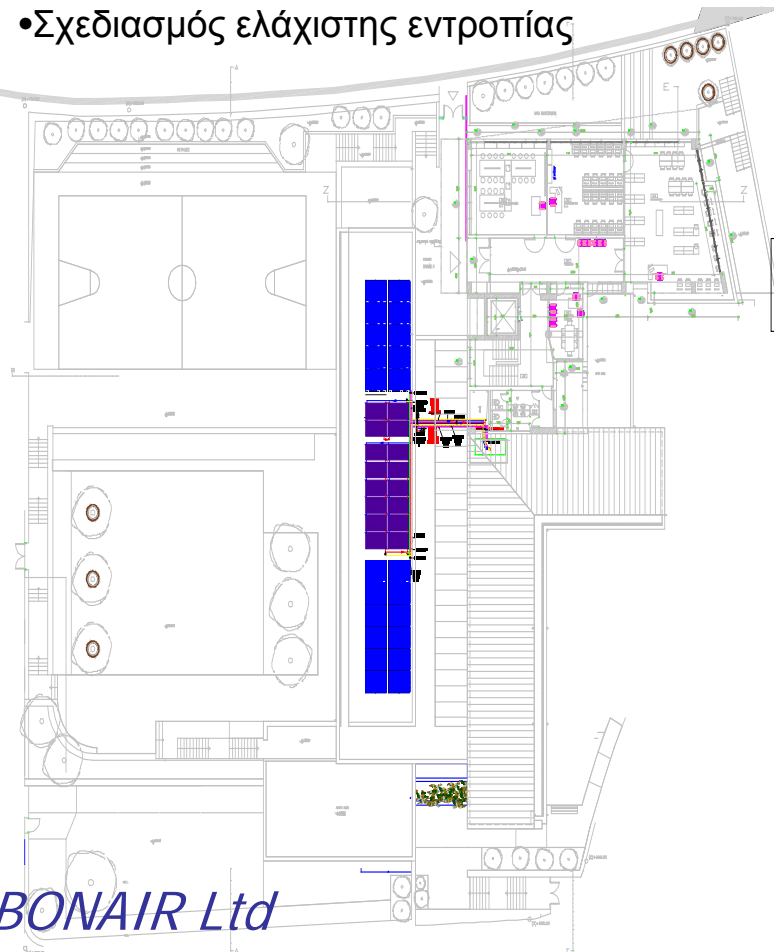
**ΜΟΝΑΔΑ VAM**  
Παροχή νωπού αέρα 500 m<sup>3</sup>/h  
Ποσοστό ανάκτησης 56%  
Δυνατότητα free cooling  
Επιθυμητό επίπεδο CO<sub>2</sub>: 300 ppm



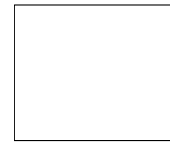
# ΗΛΙΑΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ

της ΑΠΧ (Αίθουσας Πολλαπλών Χρήσεων) ΤΟΥ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ  
ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΚΚΜ-ΝΑ (Κεντρικής Κλιματιστικής Μονάδας Νωπού Αέρα)

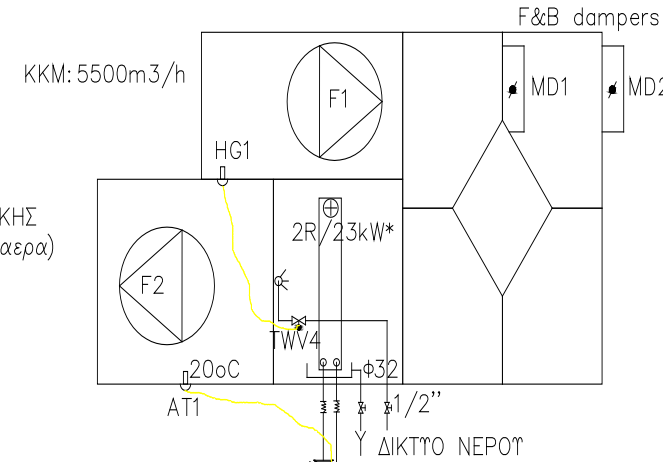
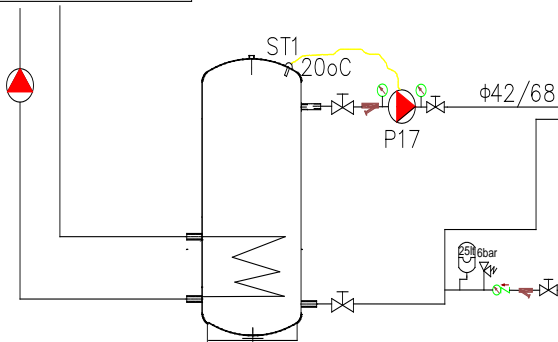
- Παροχή ΚΚΜ-ΝΑ: 5.500 m<sup>3</sup>/h
- Με ανάκτηση θερμότητας 75%
- Με δυνατότητα free cooling (με BB dampers)
- Ισχύς ηλιακής θέρμανσης των χώρων: 28kW
- Όγκος δοχείων ΖΝΧ 1100 lit
- Σχεδιασμός ελάχιστης εντροπίας



ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΗΛΙΑΚΗΣ  
ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΚΜ(νωπου αερα)  
ΑΠΧ



ΠΛΗΡΕΣ ΣΧΕΔΙΟ βλ.  
ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΙΑΚΩΝ



\*Θερμαντικό coil σε:  
- νερο 45οC/40οC  
- αερασ εισοδου 8οC

Αντλία P: 4.1m<sup>3</sup>/h, 5.1mΣΤ

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Ο ενεργειακός σχεδιασμός του κτηρίου εντάσσεται στην επιθυμία της ΔΕΠΕΠΟΚ να υλοποιήσει ένα πρότυπο σχολείο τόσο σε όρους εκπαιδευτικούς και παιδαγωγικούς όσο και σε όρους πολεοδομικού σχεδιασμού του κτηρίου συμπεριλαμβανομένων και των ενεργειακών καταναλώσεων του τελευταίου.

## ΑΞΟΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

1. επίτευξη ενεργειακών στόχων, δηλαδή χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης (ηλεκτρικής και θερμοψυκτικής ενέργειας),
2. επιλογή τεχνικών λύσεων με αποδεκτή οικονομικότητα, σχετικά με το σκοπό αυτό,
3. προώθηση στην τοπική κοινωνία των ΑΠΕ σαν μέσο της προστασίας του περιβάλλοντος, σε μια περιβαλλοντικά επιβαρυμένη περιοχή, καθώς επίσης και την επίδειξη των εν λόγω τεχνολογιών ως εκπαιδευτικό εργαλείο στους μαθητές.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ Κ1: η ενεργειακή κλάση του κτηρίου, που θα επιθυμούσαμε να είναι Α (με παράμετρο το λόγο  $T$  της ανηγμένης κατανάλωσης ως προς το κτήριο αναφοράς, κατά το νόμο)

ΚΡΙΤΗΡΙΟ Κ2: Η οικονομικότητα (με παράμετρο το χρόνο αποπληρωμής P B P)

ΚΡΙΤΗΡΙΟ Κ3 : η επιλογή προς επίδειξη πολλαπλών λύσεων ΑΠΕ δεχόμενοι για το σκοπό αυτό κάποια πολυπλοκότητα στο σύστημα

# BONAIR Ltd

[www.bonair.gr](http://www.bonair.gr)  
[mkara@bonair.gr](mailto:mkara@bonair.gr)

