ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ)
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

«Ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς της Λαμπριάδειου Σχολής Άνω Πεδινών και προτάσεις ενεργειακής της αναβάθμισης»

Σταυρούλα Στεργίου
Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ

Περιβάλλον Και Ανάπτυξη

<u>Τριμελής εξεταστική επιτροπή</u>
Καθηγητής κ.Δ.Καλιαμπάκος
Αναπλ..καθηγητής κ.Δ.Δαμίγος
Αναπλ..καθηγητής κ.Ι.Σαγιάς

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

«Ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς της Λαμπριάδειου Σχολής Άνω Πεδινών και προτάσεις ενεργειακής της αναβάθμισης»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Στεργίου Σταυρούλα
Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάστηκε επιτυχώς.

Η τριμελής εξεταστική επιτροπή.

……	……	……
Δημήτριος Δαμίγος	Δημήτριος Καλιαμπάκος	Ίων Σαγιάς
Ανάπλ.Καθηγητής Ε.Μ.Π	Καθηγητής Ε.Μ.Π	Ανάπλ.Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2015

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων 1
Πρόλογος 3
Περίληψη 5
Abstract 6
1. Ενεργειακό καθεστώς και προοπτικές Α.Π.Ε 7
1.1. Υφιστάμενο ενεργειακό καθεστώς στην Ευρώπη και στην Ελλάδα 7
1.2. Το καθεστώς των Α.Π.Ε στις ορεινές περιοχές 11
1.3. Νομοθετικό πλαίσιο εξοικονόμησης ενέργειας – χρήσης Α.Π.Ε 15
2. Η Γεωθερμία ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας 25
2.1. Γεωθερμία και Γεωθερμικά συστήματα 25
2.2. Η Αβαθής Γεωθερμία 28
2.3. Γεωθερμικά σύστημα αβαθούς γεωθερμίας 29
2.4. Νομοθετικό πλαίσιο για την αβαθή γεωθερμία 35
3. Αντικείμενο και Μεθοδολογία της έρευνας 37
3.1. Περιοχή Μελέτης 37
3.1.1. Τα χαρακτηριστικά των Άνω Πεδινών Ζαγορίου 37
3.1.2. Η Λαμπριάδειος Οικοκυρική Σχολής Άνω Πεδινών από το παρελθόν έως σήμερα 38
3.1.3. Το κτίριο 40
3.2. Λογισμικό του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ 44
3.2.1. Γενική περιγραφή Λογισμικού 44
3.2.2. Μεθοδολογία 49
3.2.3. Αποτελέσματα – Θερμικά Φορτία – Ενεργειακή κατανάλωση 54
4. Προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισης της Λαμπριάδειου Σχολής. 55
4.1. Διαστασιολόγηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας 55
4.2. Επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου 59
4.2.2 Θερμομονωτική κάλυψη του κελύφους 59
4.2.3. Αντικατάσταση κουφωμάτων 64
4.3. Αποτελέσματα λογισμικού ΤΕΕ – Κ.Εν.Α.Κ 65

4.4. Οικονομική αξιολόγηση επεμβάσεων 67
5. Ο νέος ρόλος της Λαμπριάδειου Σχολής και η σημασία της ενεργειακής αυτονομίας 81
5.1. «ΠΑΛΑΣΕ»: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων – Λαμπριάδειος Σταθμός Έρευνας 81
6. Σύνοψη – Συμπεράσματα 84
Βιβλιογραφία 89
Κατάλογος εικόνων 93
Κατάλογος πινάκων 95

Πρόλογος

Η διπλωματική εργασία «Ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς της Λαμπριάδειου Σχολής Άνω Πεδινών και προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισής της», πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του διεπιστημονικού μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών περιοχών».

Τα Άνω Πεδινά Ζαγορίου, ως μία ορεινή περιοχή με ιδιαίτερα κλιματικά χαρακτηριστικά, παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον ως προς την έρευνα και ερμηνεία του ενεργειακού προφίλ των κτιρίων που εδρεύουν σε αυτά. Εν προκειμένω, επιλέχθηκε ένα κτίριο υψηλής ιστορικής σημασίας, ένα κτίριο σύμβολο για τον οικισμό, μάρτυρα των εποχών και θύλακα της ιστορίας του τόπου. Ο λόγος, για τη Λαμπριάδειο Σχολή, που βρίσκεται στην είσοδο του χωριού και λειτουργούσε ως οικοτροφείο αλλά και κέντρο εκμάθησης της υφαντικής και της ταπητουργίας έως λίγα χρόνια πριν.

Σήμερα, για τη Σχολή, ξεκινά μία νέα εποχή καθώς μετατρέπεται σε έναν πρότυπο Σταθμό Έρευνας (ΠΑΛΑΣΕ), υπό την αιγίδα του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Στα πλαίσια της προσπάθειας επαναλειτουργίας και αναδιοργάνωσης των εγκαταστάσεών της, η επίλυση των ενεργειακών ζητημάτων της αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους σκοπέλους, που πρέπει να ξεπεραστούν. Ως πολιτικός μηχανικός, στην εργασία αυτή, αποτυπώνεται η προσπάθειά μου για κατανόηση και ερμηνεία της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης της Σχολής, αλλά και η διατύπωση προτάσεων για την επίλυση των ζητημάτων στα οποία υστερεί, με εκμετάλλευση των δυνατοτήτων των Α.Π.Ε, αλλά και των βασικών αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Καθώς η παρούσα εργασία, σηματοδοτεί και τη λήξη των σπουδών μου, θα ήθελα να εκφράσω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες στο εκπαιδευτικό προσωπικό του μεταπτυχιακού προγράμματος για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μετέδωσαν, αλλά και στο διοικητικό προσωπικό που στηρίζει την προσπάθεια των φοιτητών και των διδασκόντων. Ιδιαίτερα, ευχαριστώ τον κ.Καλιαμπάκο Δημήτρη, καθηγητή του Ε.Μ.Π για τη διαρκή του υποστήριξη κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς αποτελούσε και συνεχίζει να αποτελεί πηγή εργατικότητας και δημιουργικότητας, στα πλαίσια της προσπάθειας για το ζωντάνεμα των ορεινών περιοχών. Επιπλέον, ευχαριστώ πολύ τον Δρ.Νίκο Κατσουλάκο, για την καθοδήγησή του, τόσο στη

διπλωματική μου εργασία αλλά και σε όλες τις κοινές μας εργασίες κατά το εκπαιδευτικό έτος, με χρήσιμες παρεμβάσεις και εποικοδομητική εποπτεία.

Θερμές ευχαριστίες εκφράζω και προς τον κ.Βασίλη Τσόλκα, διπλ.Ηλεκτρολόγο Μηχανικό και Μηχανικό Υπολογιστών Ε.Μ.Π, για την ευγενική του συνεργασία στα πλαίσια της εργασίας και τις πολύτιμες γνώσεις του για τη γεωθερμία και τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων. Επίσης, ευχαριστώ ευγενικά τον κ. Δούβλη Γεώργιο, πρωί πρόεδρο της Λαμπριάδειου Σχολή, καθώς οι πολύτιμες αναμνήσεις του φώτισαν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το παρελθόν του ιστορικού κτιρίου. Ευχαριστώ, ακόμη, τον κ.John Halley, πρόεδρο του τμήματος Βιολογικών εφαρμογών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, εμπνευστή και καθοδηγητή στον αγώνα για την επαναλειτουργία της Σχολής.

Τέλος, ευχαριστώ τους φίλους και συμφοιτητές μου, τόσο για την αλληλεπίδραση μας κατά τη διάρκεια της παραμονής μας στο Μέτσοβο, όσο και για τον εμπλουτισμό των γνώσεών μου - λόγω του διεπιστημονικού χαρακτήρα του προγράμματος -, τη φιλία, τη συμπαράστασή τους και τις αξέχαστες στιγμές κατά τη διάρκεια των σπουδών μας. Φυσικά, δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συνεχή στήριξη της σε κάθε μου προσπάθεια.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται μία ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου της Λαμπριάδειου Σχολής Άνω Πεδινών και διατυπώνεται μία ολοκληρωμένη πρόταση επίλυσης των ενεργειακών της ζητημάτων.

Αρχικά, παρατίθεται η θεωρητική βάση της εργασίας που περιλαμβάνει το υφιστάμενο ενεργειακό καθεστώς στην Ελλάδα, την Ευρώπη αλλά και το νομοθετικό πλαίσιο που το περιορίζει. Στη συνέχεια, αναλύονται ξεχωριστά οι προοπτικές των Α.Π.Ε στον κτιριακό τομέα, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στις εφαρμογές της αβαθούς γεωθερμίας.

Σε επόμενο στάδιο, ακολουθεί πλήρης περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου, το οποίο εισάγεται στο λογισμικό του ΤΕΕ – Κ.Εν.Α.Κ. Μέσω αυτού, προσδιορίζονται οι ενεργειακές του καταναλώσεις για θέρμανση, ψύξη και ΖΝΧ, οι οποίες σχολιάζονται και αναλύονται προκειμένου να προταθούν οι κατάλληλες επεμβάσεις. Ως σενάριο επεμβάσεων διατυπώνεται η αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου με αντλία θερμότητας κατακόρυφου γεωεναλλάκτη σε συνδυασμό με επεμβάσεις στο κέλυφος της κατασκευής. Παράλληλα, παρουσιάζεται και η περίπτωση της χρήσης ηλιακών συλλεκτών για την ενίσχυση της αποδοτικότητας των επεμβάσεων. Αφού γίνει η διαστασιολόγηση των ανωτέρω προτάσεων, πραγματοποιείται οικονομοτεχνική μελέτη αυτών.

Τέλος, γίνεται αναφορά στο νέο ρόλο της Σχολής και εξάγονται τα συμπεράσματα από όλο το σώμα της εργασίας.

Abstract

This thesis studies the energy performance of the Lampriadios School, located in Ano Pedina, Greece an tries to make comprehensive suggestions in order to resolve its energy issues.

Initially, the theoretical basis is presented, including the existing situation in the energy sector (especially regarding energy and buildings) in Greece and Europe, as well as the relative legislation. Then, the prospects of RES in the building sector are analyzed, giving special emphasis on ground source heat pumps.

In the next step, after a full description of the building, its characteristics are introduced into a special software platform, which calculates the energy performance of buildings, namely TEE-KENAK. So, the energy consumption of the building for heating, cooling and hot water production is specified. The suggested change on building's HVAC system, is the replacement of the diesel oil boiler with a vertical heat exchanger and a heat pump combined with the improvement of shell construction. In addition to these, the case of using solar panels to enhance the efficiency of the heat pump is also addressed. The interventions are dimensioned and a feasibility study is conducted, too.

Finally, a reference to the new role of the Lampriadios School is made and a series of relative conclusions is extracted.

1. Ενεργειακό καθεστώς και προοπτικές Α.Π.Ε

1.1. Υφιστάμενο ενεργειακό καθεστώς στην Ευρώπη και στην Ελλάδα

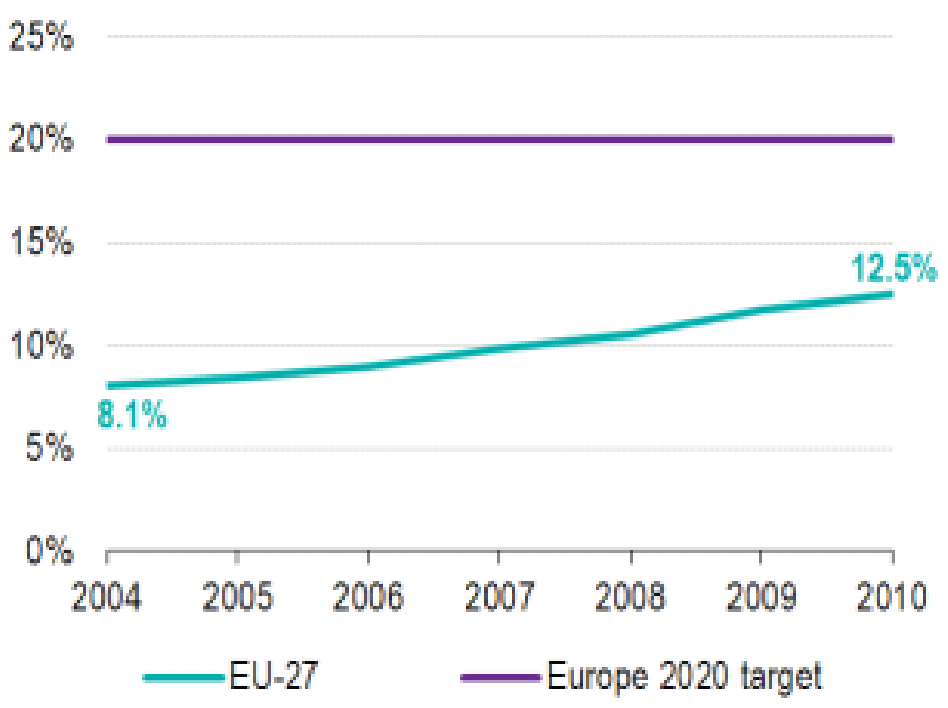
Είναι πλέον γνωστό και κοινά αποδεκτό, ότι η ορθή κατανάλωση ενέργειας είναι πρωταρχικής σημασίας. Τα αέρια του θερμοκηπίου, υπεύθυνα για τη μόλυνση και υπερθέρμανση του πλανήτη, η αλλοίωση τη σύστασης της ατμόσφαιρας και των υδάτων, η εξάντληση των φυσικών πόρων, η διατάραξη των οικοσυστημάτων και τελικά η κλιματική αλλαγή του πλανήτη είναι τα θέματα που απασχολούν το κοινωνικό σύνολο, το οποίο καλείται να τα αντιμετωπίσει προκειμένου να εξασφαλιστεί ένα βιώσιμο μέλλον για τον πλανήτη. Επιπλέον, η οικονομική ύφεση που επηρεάζει την πλειονότητα των χωρών, τα τελευταία χρόνια, ενέτεινε σε μεγάλο βαθμό την προσπάθεια ανεύρεσης εναλλακτικών λύσεων που θα οδηγούν σε εξοικονόμηση κέρδους στον τομέα της ενέργειας (Jean-Michel Mottard, Adelqui Fissore, 2006).

Στο πλαίσιο της ανάγκης για εξοικονόμηση ενέργειας εντάσσεται και ο κτιριακός τομέας. Στην Ευρώπη των 27, υπάρχουν περίπου 200.000.000 κτίρια (εκ των οποίων 4.000.000 στην Ελλάδα) τα οποία ευθύνονται για το 40% περίπου της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης και για το 1/3 περίπου των εκπεμπόμενων αερίων θερμοκηπίου, από τα οποία τα 2/3 οφείλονται σε κτίρια κατοικιών. Δεδομένου ότι το 80% των κατοίκων της Ευρώπης κατοικούν πλέον σε πόλεις, η ανάγκη για κάλυψη των απαιτήσεων σε θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης αυξάνει συνεχώς με τη θέρμανση να κατέχει τα πρωτεία στην ενεργειακή κατανάλωση καθώς απορροφάει το 72% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης, (Anne Voeltzel, Franceois Reami Carriea, Gearard Guarracino, 2000). Εκτιμάται ότι τα καύσιμα για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας για τα κτήρια ευθύνονται για το 50% περίπου των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως του CO_2.

Δυστυχώς, το ποσοστό αυτό έχει αυξητική τάση λόγω της αύξησης της χρήσης μικροσυσκευών και κλιματιστικών. Συνεπώς, η κατασκευή περιβαλλοντικά και ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων και η χρήση μεθόδων και τεχνικών για την αξιοποίηση φυσικών πηγών ενέργειας στα κτίρια, είναι επιτακτική ανάγκη, μπροστά στην περιβαλλοντική κρίση που ολοένα εντείνεται. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν

διεξαχθεί, η εφαρμογή μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια, θα επέφερε μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση κατά 50%.

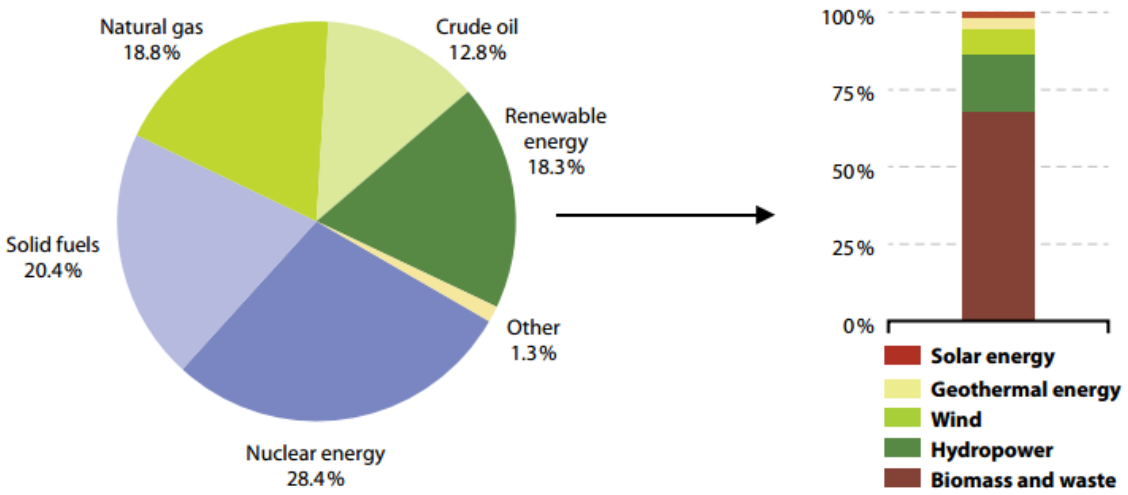
Προς την επίτευξη του στόχου αυτού, καθίσταται αναγκαίο να εγκαταλειφθούν οι αδιέξοδες πρακτικές του παρελθόντος και να δοθεί ουσιαστικό ενδιαφέρον στις νέες προοπτικές που προσφέρει η σύγχρονη τεχνογνωσία και τεχνολογία. Κινητήρια δύναμη της προσπάθειας αυτής, θα πρέπει να είναι η πολιτεία παρέχοντας ένα νομοθετικό πλαίσιο πλήρες και επικαιροποιημένο, ενισχύοντας την ελληνική αγορά με προϊόντα ελεγμένα και δοκιμασμένα, ευαισθητοποιώντας και ενημερώνοντας τους πολίτες για τα οφέλη του ενεργειακού σχεδιασμού και παρέχοντας μεγάλα επενδυτικά κεφάλαια. Παράλληλα, η ενεργειακή βιομηχανία θα μπορούσε να στρέψει το ενδιαφέρον της σε σύγχρονες καθαρές τεχνολογίες παραγωγής με βελτιωμένη περιβαλλοντικά και ενεργειακά απόδοση, όπως η αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε) (Kammen, Kapadia & Fripp, 2004).



Εικόνα 1: Ενεργειακή κατανάλωση από Α.Π.Ε σε σχέση με τη συνολική κατανάλωση ενέργειας (πηγή:eurostat)

Κάποια από τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η συνεισφορά τους στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο, η συμβολή τους στη μείωση της

εξάρτησης από συμβατικούς, μη ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους, η συμβολή τους στην άμβλυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου - καθώς συνεισφέρουν στον περιορισμό της εκπομπής έξι αερίων του θερμοκηπίου (CO_2, CH_4, N_2O, HFC_S, PFC_S, SF_6) -, η αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος εξαιτίας της γεωγραφικής τους διασποράς με αποτέλεσμα τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, τη συνεπακόλουθη ανακούφιση των συστημάτων υποδομής, τον περιορισμό των απωλειών από τη μεταφορά ενέργειας αλλά και χαμηλό ενεργειακό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα από τις τιμές των συμβατικών καυσίμων. Αντίστοιχα, στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται ο χαμηλός συντελεστής απόδοσης σε κάποιες από αυτές με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται ακόμη ως συμπληρωματικές, η εξάρτηση μερικών από αυτές (π.χ αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής) από την εποχή του έτους, το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής (Θ. Ζαχαρίας, 2004).

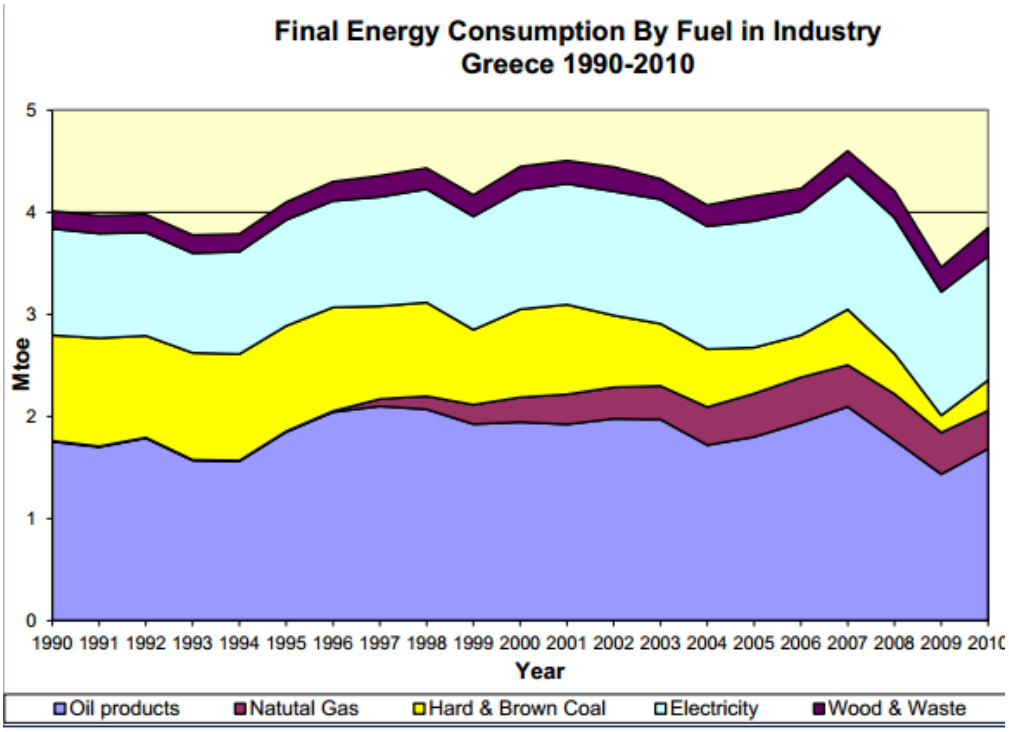


Εικόνα 2: Κατανομή παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας στην Ε.Ε. – Κατανομή Α.Π.Ε., 2009 (πηγή:eurostat)

Η Ελλάδα, ως τμήμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, παρουσιάζει αντίστοιχη πορεία ως προς τη χρήση Α.Π.Ε για την ικανοποίηση των ενεργειακών της απαιτήσεων. Το μερίδιο ενεργειακής κατανάλωσης πετρελαίου είναι υψηλό στην Ελλάδα, κυρίως λόγω της εκτεταμένης χρήσης του στον τομέα των μεταφορών, ενώ εισάγεται κυρίως από τη Μέση Ανατολή και σε μικρότερο ποσοστό από χώρες της Σοβιετικής Ένωσης, ενώ ένα ελάχιστο ποσοστό 0,6% προέρχεται από τη Βόρεια Ελλάδα. Ένα άλλο προϊόν με έντονη παρουσία στο ενεργειακό τοπίο της Ελλάδας είναι το φυσικό αέριο,

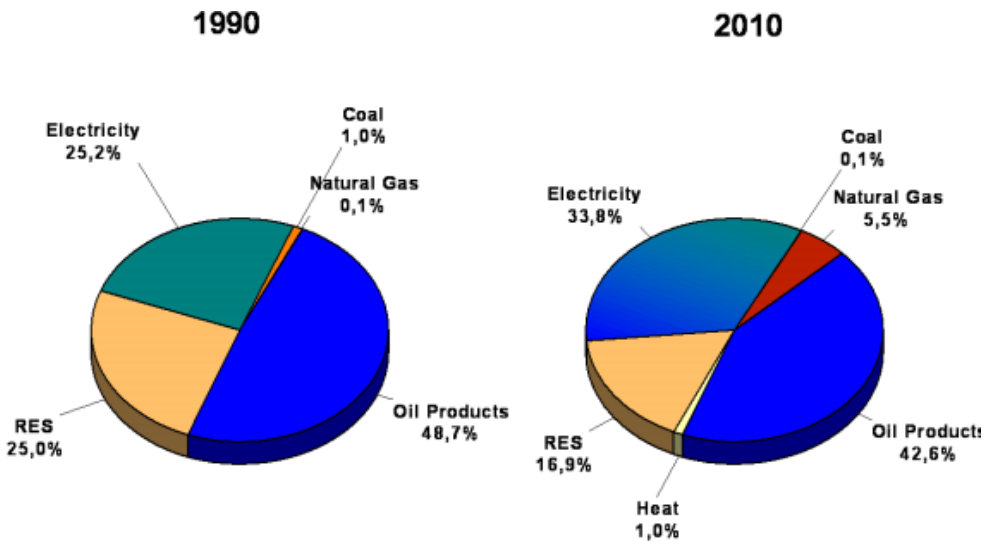
του οποίου η χρήση αυξάνεται συνεχώς. Ενδεικτικά αναφέρεται πως το ποσοστό αύξησης της χρήσης του έχει ξεπεράσει το 20% την τελευταία πενταετία (Ministry of Development, Energy Outlook of Greece, 2009).

Η συνεισφορά των Α.Π.Ε στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας άγγιζε το 5,3% το 2006 και η παραγόμενη ενέργεια ήταν 1,8 Mtoe, ποσό πολύ μικρό, αν σκεφτεί κανείς πως στις αρχές της δεκαετίας του 1990 ήταν 1,2 Mtoe, από τα οποία 52% κάλυπτε η βιομάζα, 30% τα υδροηλεκτρικά, 8,1% η αιολική ενέργεια, 6% η ηλιακή ενέργεια και το υπόλοιπο ποσοστό καλυπτόταν από τη γεωθερμική ενέργεια και το βιοαέριο. Πιο συγκεκριμένα, στον τομέα της βιομηχανίας την κυριαρχία κατέχει η αγορά πετρελαίου, η οποία είχε αυξητική πορεία έως το 2007, καθώς έκτοτε – και ως άμεσο αποτέλεσμα της οικονομικής κρίσης – παρουσιάστηκε ύφεση σε όλο το βιομηχανικό τομέα. Τα ποσοστό μείωσης της κατανάλωσης των προϊόντων πετρελαίου αγγίζει το 4% καθώς από 1,75 Mtoe το 1990 μειώθηκε στους 1,68 Mtoe, το 2010. Επιπλέον, η δυναμική είσοδος του φυσικού αερίου, από το 1998 στον τομέα αυτό έχει τριπλασιάσει το μερίδιο που καταλαμβάνει στην ενεργειακή αγορά της βιομηχανίας, ενώ το ποσοστό των Α.Π.Ε έχει αυξηθεί κατά 60%, τα τελευταία είκοσι χρόνια.



Εικόνα 3: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο στο βιομηχανικό τομέα της Ελλάδας (πηγή:ΚΑΠΕ 2012).

Στον οικιακό τομέα, η κατανάλωση ενέργειας ακολούθησε επίσης αυξητική τάση ύψους 48% μεταξύ της εικοσαετίας 1990 – 2010, με το πετρέλαιο να ακολουθεί αυτή την αυξητική πορεία σε ποσοστό 30%, και τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας να διπλασιάζεται. Τα ποσοστό αυτό θα ήταν ενδεχομένως ακόμη υψηλότερο, αν δεν αποτυπώνονταν στα ελληνικά νοικοκυριά το αντίκτυπο της οικονομικής κρίσης καθώς η χρήση παραγώγων πετρελαίου μειώθηκε μεταξύ της τριετίας 2007 – 2010 κατά 25,7%. Αντίστοιχα, όπως και στη βιομηχανία, το φυσικό αέριο αρχίζει να καταλαμβάνει σημαντικό μερίδιο της καταναλισκόμενης ενέργειας των νοικοκυριών, κάτι το οποίο αποτυπώνεται στα διαγράμματα που ακολουθούν.



Εικόνα 4: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο στον οικιακό τομέα της Ελλάδας (ΚΑΠΕ 2012).

1.2. Το καθεστώς των Α.Π.Ε στις ορεινές περιοχές

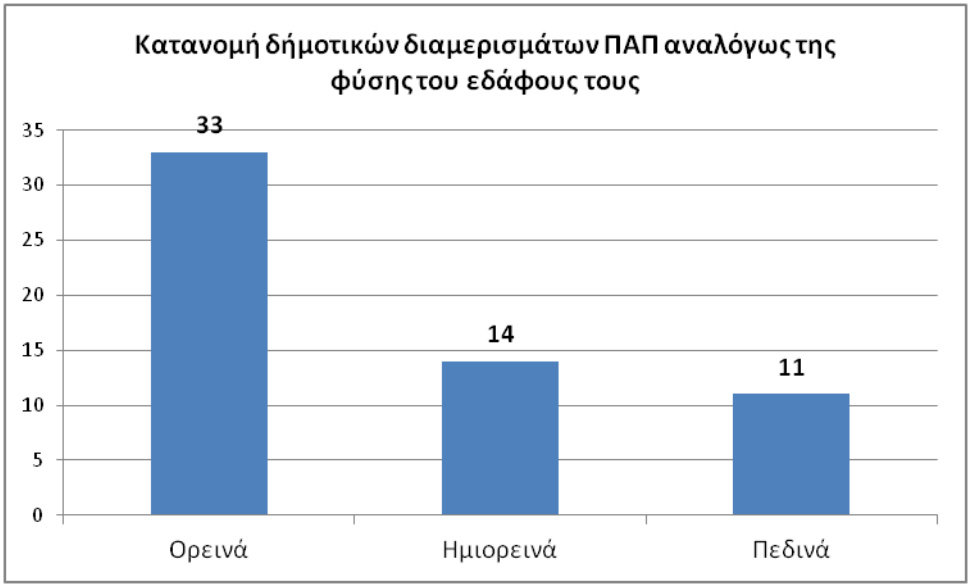
Η ενεργειακή ταυτότητα των ορεινών περιοχών είναι σαφώς διαφοροποιημένη από την αντίστοιχη των περιοχών που βρίσκονται χαμηλότερα υψομετρικά, κυρίως λόγω των διαφορετικών κλιματικών συνθηκών. Το υψόμετρο, αποτελεί το δεύτερο σε σημαντικότητα παράγοντα διαμόρφωσης του κλίματος, μετά το γεωγραφικό πλάτος. Σε γενικές γραμμές, στα ορεινά των μεσογειακών περιοχών, αυξανομένου του υψομέτρου, μειώνεται η μέση θερμοκρασία, αυξάνονται οι βροχοπτώσεις και μειώνεται η σχετική υγρασία (Parish R., 2002).

Η ενεργειακή κατανάλωση παρουσιάζεται αυξημένη κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, χωρίς όμως να οφείλεται στη χρήση συστημάτων ψύξης, αλλά στην αυξανόμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, δεδομένου πως πολλοί άνθρωποι που κατάγονται από ορεινές περιοχές αλλά ζουν στα αστικά κέντρα, επιστρέφουν σε αυτές το καλοκαίρι (Καλιαμπάκος, Δ., Γιαννακοπούλου, Στ., Κατσουλάκος, 2009). Παράλληλα, η αύξηση της τουριστικής κίνησης κατά τη χειμερινή περίοδο δημιουργεί, επίσης, αυξητική τάση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Στην πλειοψηφία τους, οι ορεινές περιοχές καλύπτουν τις θερμικές τους ανάγκες με πετρέλαιο diesel, γεγονός που συνεπάγεται αυξημένες εκπομπές ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον, η απομόνωση, που αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικά των ορεινών περιοχών, συμβάλλει ώστε να στερούνται οι τελευταίες τα οφέλη μιας ενεργειακής πηγής, π.χ δίκτυο φυσικού αερίου, με μικρότερο κόστος και λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από το πετρέλαιο (Ν.Κατσουλάκος, Μάρτιος 2013).

Ωστόσο, βάσει των κλιματικών συνθηκών, οι ορεινές περιοχές είναι προικισμένες με ένα σημαντικό ανανεώσιμο ενεργειακό δυναμικό, το οποίο θα μπορούσε να αξιοποιηθεί, αρχικά προς όφελος των κοινωνικών στρωμάτων, αλλά και προς ικανοποίηση των δεσμεύσεων στο δρόμο για το 2020, σύμφωνα με τους στόχους που έχουν τεθεί από την ευρωπαϊκή νομοθεσία και αναλύονται στην επόμενη ενότητα. Κατά συνέπεια, η αποτελεσματική διείσδυση των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές, βασισμένη στη λογική της κάλυψης των τοπικών ενεργειακών αναγκών μπορεί να αποδειχθεί σωτήρια για τις τελευταίες, υπό την προϋπόθεση πως θα προηγηθούν λεπτομερείς καταγραφές των τοπικών ενεργειακών διαθεσίμων και των ενεργειακών πόρων, έτσι ώστε να αποτελέσει μια εξαιρετικά σημαντική και ρεαλιστική αναπτυξιακή προοπτική (Ν.Κατσουλάκος, Δ.Καλιαμπάκος, Σεπτέμβριος 2010).

Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση των ταχυτήτων του ανέμου συναρτήσει του υψομέτρου και φαινόμενα, όπως οι άνεμοι των κοιλάδων, αποτελούν ευνοϊκούς παράγοντες για την ύπαρξη πλούσιου αιολικού δυναμικού στα βουνά. Εξετάζοντας την περίπτωση της Ελλάδας, είναι φανερό ότι οι περιοχές με τις μεγαλύτερες ταχύτητες αέρα είναι οι ορεινές και οι νησιωτικές. Στο Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις ΑΠΕ, ορίζονται περιοχές αιολικής προτεραιότητας (ΠΑΠ), οι οποίες συγκεντρώνουν υψηλό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό. Οι ΠΑΠ, κατά κύριο λόγο, περιλαμβάνουν ορεινούς όγκους, στις κορυφογραμμές των οποίων παρατηρούνται μεγάλες ταχύτητες ανέμου. Όπως

φαίνεται στο Διάγραμμα 1.1, από τα δημοτικά διαμερίσματα (δημοτικές ενότητες στο καθεστώς του «Καλλικράτη») που υπάγονται σε ΠΑΠ, το 80% είναι ορεινά και ημιορεινά. Ωστόσο, αν και οι ταχύτητες του αέρα είναι μεγάλες στις κορυφογραμμές, δεν μπορεί να αξιοποιηθεί το σύνολο του αιολικού δυναμικού που δημιουργείται και αυτό γιατί υπάρχει μία σειρά περιορισμών ως προς την εγκατάσταση αιολικών μονάδων.



Εικόνα 5: Αριθμός ορεινών, ημιορεινών και πεδινών δημοτικών διαμερισμάτων που υπάγονται σε ΠΑΠ

Η αύξηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας συναρτήσει του υψομέτρου, εφόσον υπάρχει κατάλληλος προσανατολισμός και οι ευνοϊκές συνθήκες ως προς τη σκίαση από ορεινούς όγκους, μπορεί να είναι, επίσης, ιδιαίτερα αποδοτική. Η αξιοποίησή της, τόσο μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων, όσο και μέσω άλλων ηλιοθερμικών συστημάτων για παραγωγή θερμότητας, μπορεί να έχει αποφασιστική σημασία για την κάλυψη, με οικονομικό τρόπο, των θερμικών φορτίων των ορεινών περιοχών.

Οι περιορισμοί στην εκμετάλλευση του πλούσιου δυναμικού ηλιακής ενέργειας των ορεινών περιοχών συνίστανται, κυρίως, στον περιορισμένο διαθέσιμο χώρο λόγω των μεγάλων κλίσεων και στην ανάγκη προστασίας της αισθητικής των ορεινών οικισμών αλλά και του ορεινού τοπίου εν γένει. Έτσι, ως γενική κατεύθυνση για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στις ορεινές περιοχές προκύπτει η χρήση μικρών,

αποκεντρωμένων ηλιακών συστημάτων στις κατοικίες είτε για παραγωγή θερμότητας είτε για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Παραδοσιακά, στα ελληνικά βουνά η υδραυλική ενέργεια αξιοποιούνταν εκτενώς σε νερόμυλους, υδροπρίονα, νεροτριβές και άλλες εφαρμογές. Πλούσια υδατορεύματα και αναβλύσεις των βουνών αποτελούσαν για τις παραδοσιακές κοινωνίες βασικό μέσο ανάπτυξης των δραστηριοτήτων τους (Γ.Οικονομίδου – Μπότσιου, 1998). Η βασική προϋπόθεση για την αξιοποίηση του νερού για όλες αυτές τις χρήσεις είναι η ύπαρξη υδατικού δυναμικού. Ο ορεινός χώρος, κατά κανόνα, είναι πλούσιος σε υδατικό δυναμικό, εξαιτίας της αύξησης των βροχοπτώσεων και χιονοπτώσεων συναρτήσει του υψομέτρου.

Στις παραδοσιακές εφαρμογές, με την παροχή δεδομένη, είναι κρίσιμος ο ρόλος του ύψους πτώσης. Στην περίπτωση της υδροηλεκτρικής παραγωγής, η ύπαρξη μεγάλου ύψους πτώσης συμβάλλει στην αύξηση της αποδοτικότητας των επενδύσεων (Παπαντώνης 2008, Τσαλέμης et al. 2012). Όμως, το μειονέκτημα της μικρής υδραυλικής πτώσης, στην περίπτωση των υδροηλεκτρικών έργων, μπορεί να ισοσκελιστεί από μεγάλες τιμές της παροχής που επιτυγχάνονται με τη δημιουργία κατάλληλων υποδομών ελέγχου της ροής του νερού, όπως τα φράγματα. Για την περίπτωση, όμως, των μικρών υδροηλεκτρικών έργων[1], τα οποία κατά κανόνα αξιοποιούν υδατορεύματα μικρών παροχών, το ζήτημα της πτώσης παραμένει ιδιαίτερα σημαντικό.

Με βάση τα ανωτέρω, ο ορεινός χώρος συγκεντρώνει τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής παραγωγής, ειδικά με τη μορφή μικρών υδροηλεκτρικών έργων, αφού το ορεινό κλίμα χαρακτηρίζεται από πλούσιες κατακρημνίσεις, που δημιουργούν πλούσιο υδατικό δυναμικό και το ορεινό ανάγλυφο δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για μεγάλα ύψη υδατόπτωσης. Αυτό επιβεβαιώνεται από τα στοιχεία, σχετικά με την υδροηλεκτρική παραγωγή στην Ελλάδα. Με βάση τα στοιχεία της Αρχής Διαχείρισης Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ), από τα περίπου 100 εν λειτουργία μικρά υδροηλεκτρικά έργα, στην Ελλάδα, τα 80 βρίσκονται σε ορεινές περιοχές. Η συντριπτική πλειοψηφία των μικρών

[1] Ως μικρά χαρακτηρίζονται, συνήθως, τα υδροηλεκτρικά έργα ισχύος έως 15MW. Αυτής της κλίμακας τα έργα συνιστούν τον κύριο όγκο της ανάπτυξης της εκμετάλλευσης της υδραυλικής ενέργειας, πλέον, στην Ελλάδα. Οι σημαντικές αλλαγές που επιφέρουν στα οικοσυστήματα και στο τοπίο τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα έχουν, γενικότερα, οδηγήσει στο να θεωρούνται τα έργα μικρής ισχύος ως η κύρια έκφραση του ανανεώσιμου τρόπου εκμετάλλευσης της υδραυλικής ενέργειας.

υδροηλεκτρικών μονάδων λειτουργεί και σχεδιάζεται να λειτουργήσει στα ορεινά. Επιπλέον, μεγάλες υδροηλεκτρικές μονάδες, κρίσιμες για τη σταθερότητα του ενεργειακού συστήματος της Ελλάδας και την αποτελεσματική κάλυψη της ζήτησης βρίσκονται σε ορεινές περιοχές, ενώ το σύνολο των μεγάλων υδροηλεκτρικών μονάδων της χώρας, ακόμη κι αν βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο, τροφοδοτείται από ποταμούς που πηγάζουν από τα βουνά.

Τέλος, η βιομάζα είναι οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Στον ελληνικό ορεινό χώρο, γενικώς, διαπιστώνεται ένα πλούσιο δυναμικό δασικής βιομάζας και χαμηλό δυναμικό αγροτικής και κτηνοτροφικής βιομάζας. Αναλυτικότερα, στην Ελλάδα περίπου η μισή έκταση των δασών της χώρας και το σύνολο, σχεδόν, των παραγωγικών δασών βρίσκεται στα βουνά. Σε αυτό συμβάλλει το ορεινό κλίμα, που ευνοεί την ανάπτυξη του δάσους, αλλά και ο περιορισμός της ανθρώπινης δραστηριότητας, λόγω της πληθυσμιακής συρρίκνωσης του ορεινού χώρου. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στον Ταΰγετο, στη ζώνη που τώρα καλύπτεται από μεγάλα δάση κωνοφόρων στην πλευρά της Λακωνίας, μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα υπήρχαν καλλιέργειες. Σε πολλούς ορεινούς Δήμους της χώρας, το ποσοστό δασοκάλυψης υπερβαίνει ακόμη και το 70%. Έτσι, η δασική παραγωγή της Ελλάδας, είναι σε μεγάλο βαθμό συγκεντρωμένη στα ορεινά δάση και αυτό συμβάλλει στην ύπαρξη πλούσιου δυναμικού βιομάζας. Η ενεργειακή αξιοποίηση της δασικής βιομάζας είναι απαραίτητο να γίνεται στη βάση οργανωμένου σχεδίου, ακολουθώντας τις διαχειριστικές μελέτες των δασικών υπηρεσιών.

Βάσει των ανωτέρω, είμαι εμφανές πως ένας ορεινός δήμος παρουσιάζει πλουσιότερο ενεργειακό δυναμικό σε σύγκριση με έναν πεδινό δήμο, αποδίδοντας στα βουνά μία ιδιαίτερη σχέση μεταξύ ορεινού χώρου και ανανεώσιμου ενεργειακού δυναμικού.

1.3. Νομοθετικό πλαίσιο εξοικονόμησης ενέργειας – χρήσης Α.Π.Ε

Έχοντας ως βάση τη Συνθήκης της Λισαβόνας το 2009, ο τομέας της ενέργειας έχει καταστεί μια περιοχή κατανεμημένης αρμοδιότητας μεταξύ των θεσμικών

οργάνων της ΕΕ και των κρατών μελών. Ενδεικτικά, το άρθρο 194 της Συνθήκης για τη λειτουργία της ΕΕ αναφέρει ότι «στο πλαίσιο της ίδρυσης και λειτουργίας της εσωτερικής αγοράς και λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη να προστατευθεί και να βελτιωθεί το περιβάλλον, η πολιτική της ΕΕ στον τομέα της ενέργειας θα πρέπει να στοχεύει σε πνεύμα αλληλεγγύης μεταξύ των κρατών μελών, ώστε να διασφαλίζεται η λειτουργία της αγοράς ενέργειας, η ασφάλεια του ενεργειακού ανεφοδιασμού στην ΕΕ, η ενεργειακή αποδοτικότητα και η ανάπτυξη νέων και ανανεώσιμων μορφών ενέργειας».

Στη συνέχεια, παραθέτονται, κατά χρονολογική σειρά, τα σημαντικότερα νομοθετήματα που σχετίζονται άμεσα με τον ενεργειακό τομέα.

<u>Π.Δ. 1.6/4.7/1979:</u> «Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων»

Ο *Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων* αποτέλεσε πρωτοποριακή κίνηση για τα δεδομένα της εποχής και συνέβαλε σημαντικά στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στα κτίρια. Ο κανονισμός αυτός αφορούσε στη θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους μέσω ελέγχων στα δομικά στοιχεία, στις κατακόρυφες επιφάνειες του ορόφου και στο συνολικό περίβλημα του κτιρίου. Ουσιαστικά μελετάται η προσθήκη μόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου με σκοπό τη μείωση των θερμικών απωλειών μέχρι επιτρεπτών ορίων που καθορίζονται από την κλιματική ζώνη που βρίσκονται.

Κατά το έτος 1998, προκειμένου η Ελλάδα να συμμορφωθεί στην οδηγία 93/76/ΕΚ «για τον περιορισμό των εκπομπών CO2 με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων», προτάθηκε ο ΚΟΧΕΕ (Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας) ο οποίος δεν εφαρμόστηκε. Τα προτεινόμενα συμφωνούσαν με την οδηγία 2002/91/ΕΚ. Ο ΚΟΧΕΕ προέβλεπε διεξαγωγή ενεργειακών επιθεωρήσεων, πιστοποίηση και ενεργειακή κατάταξη κτιρίων.

<u>Νόμος 2244/1994 :</u> «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις»

Οι βάσεις για τη διείσδυση των Α.Π.Ε. στο ελληνικό ενεργειακό χώρο τέθηκαν από τον Ν. 2244/1994 "*Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις*" (ΦΕΚ Α'168). Ορίστηκαν

σταθερές τιμές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από ΑΠΕ, για το διασυνδεδεμένο σύστημα της χώρας, σε επίπεδο ίσο με το 90% του γενικού τιμολογίου στη μέση τάση. Ειδικά για τα νησιά, αφού δεν ανήκουν στο διασυνδεδεμένο σύστημα, προτάθηκε νέο τιμολογιακό σύστημα. Σύμφωνα με αυτό, η τιμολόγηση γίνονταν στο 90% του τιμολογίου γενικής χρήσης (χαμηλή τάση) και κατά το ίδιο έτος αντιστοιχούσε σε 0,08458 Ευρώ/kWh

Νόμος 3468/2006: «Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης και λοιπές διατάξεις».

Με τις διατάξεις του παρόντος νόμου αφ' ενός μεταφέρεται στο ελληνικό δίκαιο η Οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Σεπτεμβρίου 2001 για την «προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας» (ΕΕΕΚ L 283), και αφ' ετέρου προωθείται, κατά προτεραιότητα, στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, με κανόνες και αρχές, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) και μονάδες Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.)

Νόμος 3661/2008: «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις».

Ο Νόμος 3661/2008 εναρμονίζει την ελληνική νομοθεσία με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/ΕΕ και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων». Στοχεύει δε, στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε νέα και υφιστάμενα κτίρια. Βάσει αυτού του νόμου, εγκρίνεται μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, λαμβάνοντας υπ' όψιν μια σειρά από χαρακτηριστικά όπως θέρμανση, κλιματισμός, φωτισμός, εξαερισμός, παθητικά/ενεργητικά ηλιακά συστήματα, χρήση ΑΠΕ κλπ. Τα κτίρια κατηγοριοποιούνται σε πολυκατοικίες, γραφεία, νοσοκομεία, ξενοδοχεία, κλπ και καθορίζονται αντίστοιχα οι ελάχιστες ενεργειακές προδιαγραφές τους που αναθεωρούνται κάθε πενταετία. Επιπλέον, με το νέο νόμο, καθιερώνονται, μεταξύ

άλλων, η έκδοση Πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, το οποίο είναι απαραίτητο για την ενοικίαση ή την πώληση τους, καθώς και οι Επιθεωρήσεις λεβήτων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού, από ειδικευμένους και διαπιστευμένους ενεργειακούς επιθεωρητές

<u>Νόμος 3851/2010:</u> «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής».

Στο άρθρο 1 του ν.3468/2006 (ΦΕΚ 129 Α΄) η υπάρχουσα διάταξη αριθμείται σε παρ. 1 και προστίθενται άλλοι δύο παράγραφοι, στις οποίες αναφέρεται πως η προστασία του κλίματος, μέσω της προώθησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., αποτελεί περιβαλλοντική και ενεργειακή προτεραιότητα υψίστης σημασίας για τη χώρα και πως οι εθνικοί στόχοι για τις Α.Π.Ε., με βάση την Οδηγία 2009/28/ΕΚ (ΕΕL, 140/2009), καθορίζονται μέχρι το έτος 2020 ως εξής:

- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%.
- Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής που εκδίδεται μέσα σε τρεις (3) μήνες από τη δημοσίευση του παρόντος, καθορίζεται η επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και η κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Α.Π.Ε. Η απόφαση αυτή αναθεωρείται ανά διετία ή και νωρίτερα, εάν συντρέχουν σημαντικοί λόγοι που σχετίζονται με την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%.

Επίσης, σον ίδιο Νόμο αντικαθίσταται η παρ. 1 του άρθρου 3 του ν. 3468/2006 αντικαθίσταται με την παράγραφο, σύμφωνα με την οποία η άδεια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. χορηγείται με απόφαση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) με βάση κάποια κριτήρια

<u>Απόφαση Δ6/Β/οικ.5825:</u> «Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων».

Με τη συγκεκριμένη απόφαση ορίζεται μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων για την εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων για ΘΨΚ, φωτισμό και ΖΝΧ, καθορίζονται ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση και κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων. Καθορίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων, των υπό μελέτη νέων κτιρίων καθώς και των ριζικά ανακαινιζόμενων, όπως αυτά ορίζονται στις παραγράφους 11 και 12 αντίστοιχα του άρθρου 2 του ν. 3661/2008. Ορίζεται το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Καθορίζεται η μορφή του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, καθώς και τα στοιχεία που αυτό θα περιλαμβάνει. Καθορίζεται η διαδικασία των ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτιρίων, καθώς και η διαδικασία των επιθεωρήσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού. Οι βασικές παράμετροι υπολογισμού της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας είναι η χρήση του κτιρίου, τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους, κ.α, ενώ για την εφαρμογή της παρούσας απόφασης, η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Τέλος, κάθε νέο κτίριο καθώς και κάθε υφιστάμενο κτίριο που ανακαινίζεται ριζικά, πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης της παρούσας, κατά τα οριζόμενα στα άρθρα 4 και 5 του ν. 3661/2008

Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ) που εγκρίθηκαν (οικ. 17178/2010 Απόφαση ΥΠΕΚΑ ΦΕΚ 1387/Β/2.9.2010) για την υποστήριξη της εφαρμογής του ΚΕΝΑΚ.

Πιο συγκεκριμένα, οι οδηγίες περιλαμβάνουν:

- Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010),
- Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων (ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010)
- Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών (ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010)
- Οδηγίες και Έντυπα Ενεργειακών Επιθεωρήσεων Κτιρίων, Λεβήτων & Εγκαταστάσεων Θέρμανσης και Εγκαταστάσεων Κλιματισμού (ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010).

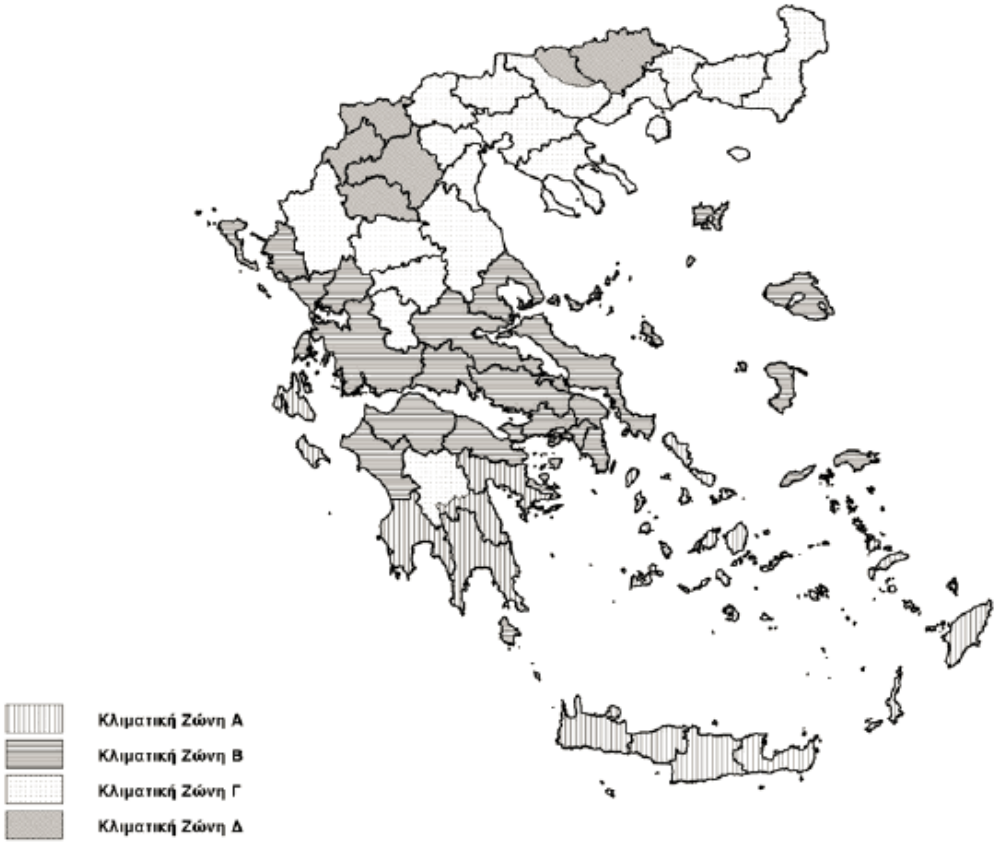
Νόμος 3855/2010: «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις».

Με τις διατάξεις του παρόντος νόμου εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2006/32/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 5ης Απριλίου 2006 «για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες και για την κατάργηση της Οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου» (ΕΕ L 114/64), που αποσκοπεί στην οικονομικά αποτελεσματική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση ενέργειας και στην ανάπτυξη αγοράς ενεργειακών υπηρεσιών. Ακόμα στοχεύει στην Εξοικονόμησης Ενέργειας (ανταγωνιστικότητα οικονομίας, ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, προστασία περιβάλλοντος), ρυθμίζει την αγορά των Επιχειρήσεων Ενεργειακών Υπηρεσιών, παρέχει πλαίσιο για εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο τομέα και συντονίζει την προώθηση των Πράσινων Δημόσιων Προμηθειών

Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων – ΚΕΝΑΚ

Ο συγκεκριμένος νόμος προσδιορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής αποδοτικότητας, προϋποθέτει τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου, αποτελεί τη νομική βάση για την διεξαγωγή της ενεργειακής επιθεώρησης, πιστοποίησης των κτιρίων και για την επιθεώρηση λεβήτων, εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού. Το ΤΕΕ ανέπτυξε ειδικό λογισμικό καταχώρησης των απαραίτητων στοιχείων για τις ενεργειακές επιθεωρήσεις και τον αντίστοιχο υπολογισμό για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων. Το λογισμικό (**ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ**)

αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας με το ΤΕΕ. Για τη μεθοδολογία των υπολογισμών λαμβάνονται υπόψη τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής (θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία, υγρασία, κ.α), καθώς η ελληνική επικράτεια χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω. Έτσι, γίνεται αντιληπτό ότι το υψόμετρο επιδρά σημαντικά στην κλιματική κατάταξη μιας περιοχής και ο ΚΕΝΑΚ λαμβάνει υπόψη τη συγκεκριμένη παράμετρο προκειμένου να αποτυπώσει την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου, σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του.



Εικόνα 6: Διαίρεση σε κλιματικές ζώνες της ελληνικής επικράτειας (πηγή: ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010)

Άλλες παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη είναι οι εσωτερικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός), η περίοδος λειτουργίας και ο αριθμός χρηστών,

τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κελύφους, τα θερμικά χαρακτηριστικά τους (θερμοπερατότητα, απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, ανακλαστικότητα, κ.α) και η ηλιοπροστασία. Επιπλέον, εισάγονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων για την περίοδο θέρμανσης και ψύξης, όπως η παραγωγή και η διανομή θερμού νερού για θέρμανση χώρων, η παραγωγή και διανομή ψυχρού μέσου) και ο μηχανικός αερισμός. Τέλος, ζητούνται να εισαχθούν τα παθητικά ηλιακά συστήματα, η ηλιοπροστασία, τα συστήματα Α.Π.Ε (φωτοβολταϊκά, ηλιακοί συλλέκτες, ηλιακή και γεωθερμική ψύξη/θέρμανση), τα συστήματα ΣΗΘ, τα συστήματα τηλεθέρμανσης και τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας (αυτοματισμοί, καταγραφικά, κ.α.).

Για την αξιολόγηση των εξαγόμενων αποτελεσμάτων που περιγράφουν την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου, πραγματοποιείται σύγκριση ανάμεσα στο υπό μελέτη κτίριο και σε ένα κτίριο αναφοράς, το οποίο έχει δημιουργηθεί από το λογισμικό βάσει των προδιαγραφών του ΚΕΝΑΚ. Συνεπώς, το υπό μελέτη κτίριο θεωρείται πως εκπροσωπεί όλες τις ελάχιστες προδιαγραφές που περιγράφει ο ΚΕΝΑΚ είτε όταν η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας είναι μικρότερη ή ίση της συνολικής του κτιρίου αναφοράς, είτε όταν εξεταζόμενο κτίριο έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς τόσο ως προς το κτιριακό κέλυφος, όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις στο σύνολό τους. Οι ελάχιστες προδιαγραφές ως προς το σχεδιασμό (κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμός του κτιρίου και των ανοιγμάτων, ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός παθητικού ηλιακού συστήματος, ηλιοπροστασία κ.α.), ως προς το κτιριακό κέλυφος (θερμικά χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων, συντελεστές θερμοπερατότητας) και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις (πάχος θερμομόνωσης δικτύου διανομής και αεραγωγού διανομής κ.τ.λ.) καθορίζονται από τις αντίστοιχες τεχνικές οδηγίες ΤΟΤΕΕ.

Η μελέτη της ενεργειακής απόδοσης πιστοποιεί πως το κτίριο ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις που αναφέρει ο παρών νόμος, αντικαθιστώντας τη μελέτη θερμομόνωσης που ίσχυε πριν τον Κ.Εν.Α.Κ. Τα εξαγόμενα αποτελέσματα αφορούν την ετήσια τελική ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m^2) τόσο συνολική, όσο και ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ΖΝΧ, φωτισμός), ανά θερμική ζώνη και ανά μορφή χρησιμοποιούμενης ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο κ.α.), τις θερμικές απώλειες κελύφους και αερισμού και τα ηλιακά και εσωτερικά κέρδη των κλιματιζόμενων χώρων, την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση

και τις αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Ένα κτίριο, λοιπόν, ανάλογα με τα ανωτέρω εξαγόμενα αποτελέσματα εντάσσεται σε μία κατηγορία ενεργειακής απόδοσης και εκδίδεται για αυτό το «πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου - Π.Ε.Α». Η κατάταξη στηρίζεται σε δύο δείκτες, τον ΕΡ και Τ, όπου ο λόγος Τ είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου (ΕΡ) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς (RR). Για να θεωρείται ενεργειακά αποδεκτό ένα κτίριο, πρέπει να βρίσκεται έως την κατηγορία Β.

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0{,}33R_R$	$T \leq 0{,}33$
A	$0{,}33R_R < EP \leq 0{,}50R_R$	$0{,}33 < T \leq 0{,}50$
B+	$0{,}50R_R < EP \leq 0{,}75R_R$	$0{,}50 < T \leq 0{,}75$
B	$0{,}75R_R < EP \leq 1{,}00R_R$	$0{,}75 < T \leq 1{,}00$
Γ	$1{,}00R_R < EP \leq 1{,}41R_R$	$1{,}00 < T \leq 1{,}41$
Δ	$1{,}41R_R < EP \leq 1{,}82R_R$	$1{,}41 < T \leq 1{,}82$
E	$1{,}82R_R < EP \leq 2{,}27R_R$	$1{,}82 < T \leq 2{,}27$
Z	$2{,}27R_R < EP \leq 2{,}73R_R$	$2{,}27 < T \leq 2{,}73$
H	$2{,}73R_R < EP$	$2{,}73 < T$

Εικόνα 7: Κατηγορίες κατάταξης των κτιρίων (πηγή:ΤΟΤΕΕ)

Το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου εκδίδεται από ενεργειακούς επιθεωρητές, κατά τα οριζόμενα στον Κανονισμό, και ισχύει, κατά ανώτατο όριο, για δέκα (10) έτη. Εάν στο κτίριο γίνει ριζική ανακαίνιση ή προσθήκη σε έκταση που επηρεάζει την ενεργειακή απόδοσή του, η ισχύς του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου λήγει κατά το χρόνο ολοκλήρωσης της ανακαίνισης ή της προσθήκης, πριν παρέλθει το διάστημα των δέκα (10) ετών. Το πιστοποιητικό περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τιμές αναφοράς, όπως ισχύουσες νομικές απαιτήσεις και κριτήρια συγκριτικής αξιολόγησης, ώστε να επιτρέπει στους καταναλωτές να συγκρίνουν και να αξιολογούν την ενεργειακή

<u>Απόφαση Δ6/7094:</u> «Πλαίσιο μεθοδολογίας μέτρησης και επαλήθευσης της εξοικονομούμενης ενέργειας για την επίτευξη του ενδεικτικού εθνικού στόχου εξοικονόμησης ενέργειας στην τελική χρήση – Κατάλογος ενδεικτικών

επιλέξιμων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης – Ενεργειακό περιεχόμενο καυσίμων για τελική χρήση».

Με την παρούσα απόφαση καθορίζονται ο τρόπος και η διαδικασία για τη μέτρηση και την επαλήθευση της εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και η περιγραφή της μεθοδολογίας μέτρησης και επαλήθευσης της εξοικονομούμενης ενέργειας, ο κατάλογος ενδεικτικών επιλέξιμων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και το ενεργειακό περιεχόμενο των καυσίμων για τελική χρήση και ο πίνακας μετατροπής τους. Για τη μέτρηση της πραγματοποιηθείσας εξοικονόμησης ενέργειας κατά τα οριζόμενα στο άρθρο 4 του ν. 3855/2010, με σκοπό να προσδιορισθεί η συνολική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και να εξακριβωθεί η αποτελεσματικότητα των επιμέρους μέτρων όπως αυτά περιγράφονται στο πρώτο Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης (ΣΔΕΑ), χρησιμοποιείται πρότυπη μεθοδολογία υπολογισμού. Για τον υπολογισμό αυτό χρησιμοποιούνται προσεγγιστικές μέθοδοι προκειμένου να μετράται η εξοικονόμηση ενέργειας από την εφαρμογή μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης σε ετήσια βάση σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παρ.1, άρθρ. 6 του ν. 3855/2010.Για την ανάπτυξη και εφαρμογή της πρότυπης μεθοδολογίας υπολογισμού χρησιμοποιούνται δεδομένα προερχόμενα από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.), την Eurostat και άλλους φορείς που διαθέτουν αξιόπιστα δεδομένα

Απόφαση. Φ.Β1/Ε2.1/244/6: «Προκήρυξη του προγράμματος "Εξοικονόμηση κατ' οίκον", που θα υλοποιηθεί στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ 2007−2013».

Με τη συγκεκριμένη απόφαση προκηρύσσεται το Πρόγραμμα με τίτλο «*Εξοικονόμηση κατ'οίκον*» με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας στον οικιακό κτιριακό τομέα, τη μείωση των εκπομπών ρύπων που συμβάλλουν στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και την επίτευξη καθαρότερου περιβάλλοντος. Το Πρόγραμμα υλοποιείται σύμφωνα με τις διαδικασίες και τους όρους που περιγράφονται στον Οδηγό Εφαρμογής και τα Παραρτήματα του. Τα εν λόγω κείμενα ενσωματώνονται στην παρούσα και αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα αυτής.

2. Η Γεωθερμία ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας

2.1. Γεωθερμία και Γεωθερμικά συστήματα

Η λέξη γεωθερμία είναι σύνθετη και ετυμολογικά προέρχεται από το ουσιαστικό «Γη» και το ρήμα «θέρω» που σημαίνει *θερμαίνω,* κάνω κάτι θερμό. Ορίζεται δε, ως το τμήμα της γήινης θερμότητας που βρίσκεται αποθηκευμένο με τη μορφή νερού, ατμού ή θερμών πετρωμάτων σε ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες (Φυτίκας Μ., Ανδρίτσος Ν., 2004). Θεωρείται ήπια, φυσική και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η οποία αξιοποιεί τις ίδιες δυνατότητες της γης και αποτελεί εγχώριο φυσικό πλούτο, στον οποίο θα μπορούσε να αποδοθεί αναπτυξιακός χαρακτήρας. Κυριότερες εκδηλώσεις γεωθερμικών φαινομένων αποτελούν οι υδροθερμικοί ή φρεατικοί κρατήρες, οι θερμές πηγές, οι θερμοπίδακες, οι ατμίδες, οι λεκάνες ιλύος και τα θερμά εδάφη.

Η παρουσία ηφαιστείων, θερμών πηγών και άλλων επιφανειακών εκδηλώσεων θερμότητας είναι αυτή που οδήγησε τους προγόνους μας στο συμπέρασμα ότι το εσωτερικό της γης είναι ζεστό. Όμως, μόνο κατά την περίοδο μεταξύ του 16^{ου} και 17^{ου} αιώνα, όταν δηλαδή κατασκευάστηκαν τα πρώτα μεταλλεία σε βάθος μερικών εκατοντάδων μέτρων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, οι άνθρωποι, με τη βοήθεια κάποιων απλών φυσικών παρατηρήσεων, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία της γης αυξάνεται με το βάθος.

Οι πρώτες μετρήσεις με θερμόμετρο έγιναν κατά πάσα πιθανότητα το 1740, σε ένα ορυχείο κοντά στο Belfort της Γαλλίας (Bullard, E.C., 1965). Ήδη από το 1870, για τη μελέτη της θερμικής κατάστασης του εσωτερικού της γης χρησιμοποιούνταν κάποιες προχωρημένες για την εποχή επιστημονικές μέθοδοι, ενώ η θερμική κατάσταση που διέπει τη γη, η θερμική ισορροπία και εξέλιξή της κατανοήθηκαν καλύτερα κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, με την ανακάλυψη του ρόλου της «ραδιενεργής θερμότητας». Πράγματι, σε όλα τα σύγχρονα πρότυπα (μοντέλα) της θερμικής κατάστασης του εσωτερικού της γης πρέπει να συμπεριλαμβάνεται η θερμότητα που συνεχώς παράγεται από τη διάσπαση των μακράς διάρκειας ζωής ραδιενεργών ισοτόπων του ουρανίου (U^{238}, U^{235}), του θορίου (Th^{232}) και του καλίου (K^{40}), τα οποία βρίσκονται στο εσωτερικό της γης (Lubimova, E.A., 1968).

Εκτός από τη ραδιενεργό θερμότητα, δρουν αθροιστικά, σε απροσδιόριστες όμως ποσότητες, και άλλες δυνητικές πηγές θερμότητας, όπως είναι η «αρχέγονη ενέργεια» από την εποχή δημιουργίας και μεγέθυνσης του πλανήτη. Μέχρι τη δεκαετία του 1980 τα μοντέλα αυτά δεν βασίζονταν σε κάποιες ρεαλιστικές θεωρίες. Τότε όμως αποδείχθηκε ότι αφενός δεν υπάρχει ισοζύγιο μεταξύ της ραδιενεργής θερμότητας που δημιουργείται στο εσωτερικό της γης και της θερμότητας που διαφεύγει από τη γη προς στο διάστημα, και αφετέρου ότι ο πλανήτης μας ψύχεται με αργό ρυθμό και στο εσωτερικό του. Ως μια γενική ιδέα της φύσης και της κλίμακας του εμπλεκόμενου φαινομένου, μπορεί να αναφερθεί η λεγόμενη «θερμική ισορροπία», δηλαδή της ισορροπίας που επικρατεί στο εσωτερικό της Γης και επιτρέπει μόνο σε ένα τμήμα της αποθηκευμένης θερμικής ενέργειας να είναι εκμεταλλεύσιμο από τον άνθρωπο (Stacey, F.D. and Loper, D.E., 1988).

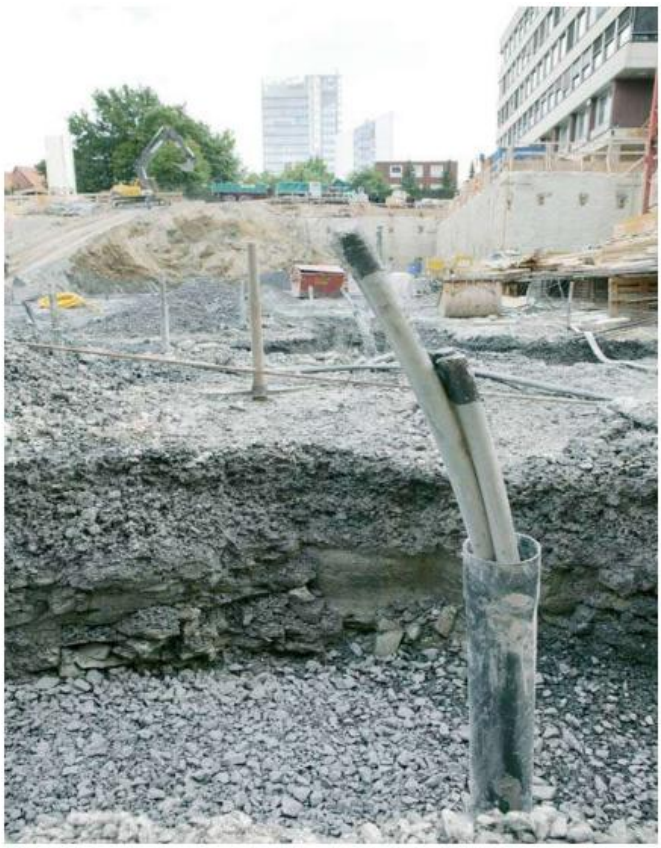
Η γεωθερμική ενέργεια ανήκει στην κατηγορία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας λόγω των χαρακτηριστικών που διαθέτει. Κάποια από αυτά είναι η διαρκής ανανέωσή της καθώς προέρχεται από το εσωτερικό της Γης και την ηλιακή ακτινοβολία που είναι πηγές θεωρητικά ανεξάντλητες, είναι διαθέσιμη καθόλη τη διάρκεια του 24ώρου, όλη τη διάρκεια του χρόνου και υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες, αξιοποιείται σε συνδυασμό με δοκιμασμένες τεχνολογίες, όπως η ενδοδαπέδια θέρμανση, δηλαδή η ίδια εγκατάσταση εξασφαλίζει θέρμανση, ψύξη και ΖΝΧ χωρίς επιπλέον εγκαταστάσεις, αποδεσμεύει το κτίριο πλήρως από το πετρέλαιο και τις κοστολογικές του μεταβολές, οι εγκαταστάσεις δεν καταλαμβάνουν επιπλέον χώρο στο οικοδόμημα, όπως π.χ μία δεξαμενή ή μία καμινάδα, συντελεί στην αισθητική αναβάθμιση των κτιρίων και έχει αθόρυβη λειτουργία. Αντίστοιχα, κάποια από τα μειονεκτήματα από τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας αποτελούν το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης και η εκμετάλλευσή της υπό κάποιους χωρικούς περιορισμούς στον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο ενός οικοδομήματος

Προκειμένου, να καταστεί εκμεταλλεύσιμη η γεωθερμική ενέργεια, ορίζεται ένα σύστημα με συγκεκριμένα και διακριτά χαρακτηριστικά εντός του οποίου είναι αποθηκευμένη, αποκαλούμενο ως γεωθερμικό σύστημα. Βρίσκεται σε περιορισμένο χώρο στον ανώτατο φλοιό της Γης και στο εσωτερικό του υπάρχει κινούμενο νερό, το οποίο μεταφέρει θερμότητα από μία πηγή σε μία δεξαμενή θερμότητας, η οποία είναι συνήθως μία ελεύθερη επιφάνεια. Τα τρία συστατικά στοιχεία ενός τέτοιου συστήματος, λοιπόν, αποτελούν η εστία θερμότητας, ο ταμιευτήρας και το

γεωθερμικό ρευστό, το οποίο λειτουργεί ως μέσο μεταφοράς της θερμότητας (Γ.Ι.Καρυδάκης, 2005).

Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν βάσει διαφόρων κριτηρίων, όπως το είδος των γεωθερμικών πόρων, ο τύπος και η θερμοκρασία των ρευστών, ο τύπος του πετρώματος που φιλοξενεί τα ρευστά, το είδος της εστίας θερμότητας και η κυκλοφορία ή μη ρευστών στον ταμιευτήρα. Βάσει του είδους των γεωθερμικών πόρων διακρίνουμε τα *υδροθερμικά συστήματα ή πόρους*, την *αβαθή γεωθερμία* (*earth energy*), τα *προχωρημένα γεωθερμικά συστήματα* (*enhanced geothermal systems*), τα *γεωπεπιεσμένα συστήματα* (*geopressured systems*) και τα *μαγματικά συστήματα* (*magma systems*). Βάσει της θερμοκρασίας του ρευστού ή του υπεδάφους τα γεωθερμικά συστήματα διακρίνονται σε *συστήματα υψηλής ενθαλπίας* (όταν η θερμοκρασία των παραγόμενων ρευστών ξεπερνά τους 150°C), *συστήματα μέσης ενθαλπίας* (θερμοκρασίες ρευστών μεταξύ 150 - 90°C), *συστήματα χαμηλής ενθαλπίας* (με θερμοκρασίες αντίστοιχες των μέσων ετήσιων του αέρα περιβάλλοντος) και *συστήματα πάρα πολύ χαμηλής ενθαλπίας* (θερμοκρασίες μικρότερες των 0 ^{o}C) (Brown, G.,1996), (Nicholson, K., 1993).

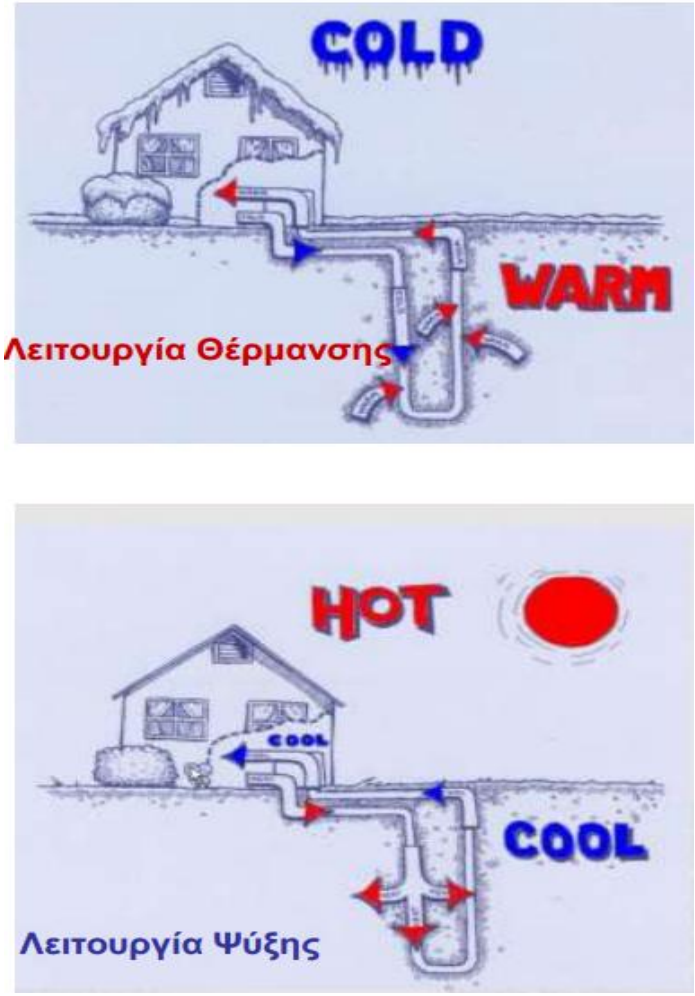
Εικόνα 8: Γεωθερμική αντλία θερμότητας με οριζόντιο γεωεναλλάκτη (πηγή:www.idropigi.gr).



Εικόνα 9: Απόληξη γεωθερμικής αντλίας θερμότητας από κατακόρυφο γεωεναλλάκτη (πηγή:www.idropigi.gr).

2.2. Η Αβαθής Γεωθερμία

Η αβαθής γεωθερμία (earth energy) αποτελεί την ταχύτερα αναπτυσσόμενη μορφή γεωθερμικής ενέργειας και είναι ουσιαστικά η αποθηκευμένη θερμότητα των υπογείων πετρωμάτων μικρού βάθους και ρευστών με θερμοκρασία μικρότερη των 25°C (Ν. Ανδρίτσος, Α. Αρβανίτης, Ν. Κολιός και Σ. Κουτσινός, 2003 **).** Η θερμοκρασία αυτή, παρά τη μικρή απόσταση από την επιφάνεια της Γης, χαρακτηρίζεται από σταθερότητα καθόλη τη διάρκεια του έτους και δεν επηρεάζεται καθόλου από θερμοκρασιακές και μετεωρολογικές μεταβολές που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια της Γης, δηλαδή τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες. Επίσης, το έδαφος αποτελεί ένα μη κορεσμένο αποδέκτη και η θερμοκρασία του, είναι αρκετά εγγύς στην επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου.



Εικόνα 10: Η λειτουργία της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας κατά τις περιόδους θέρμανσης και ψύξης (πηγή:www.buildings.gr).

Ως εκ’τούτου, η αποθηκευμένη θερμότητα στα μικρά αυτά βάθη, καθίσταται άμεσα εκμεταλλεύσιμη για τη θέρμανση ενός κτιρίου κατά τους χειμερινούς μήνες και για την ψύξη του κτιρίου το καλοκαίρι, μέσω ενός άρτια σχεδιασμένου συστήματος αντλιών θερμότητας. Συνεπώς, η Γη λειτουργεί ως μία αποθήκη θερμότητας το χειμώνα και ως ένα σύστημα ψύξης το καλοκαίρι.

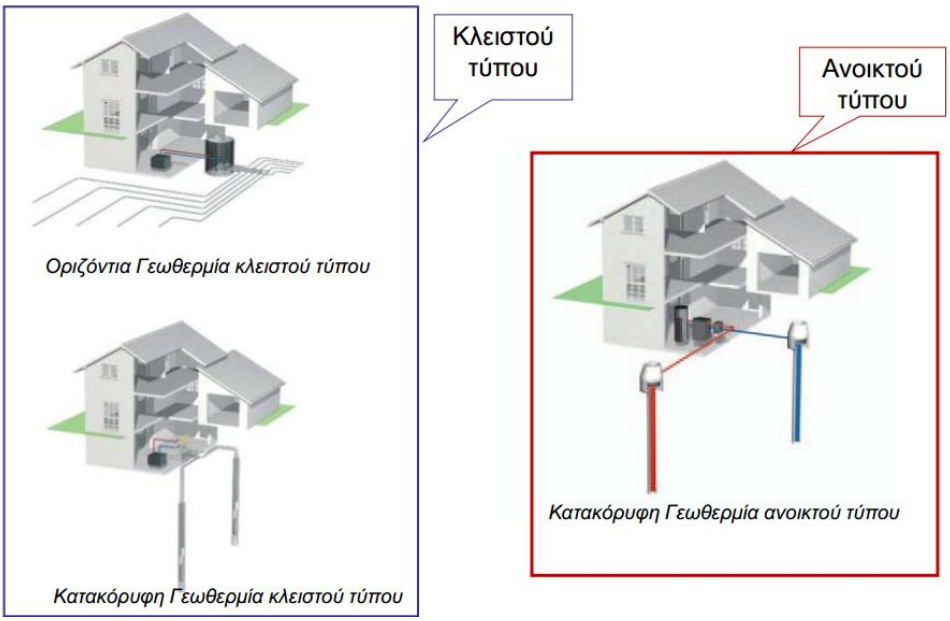
2.3. Γεωθερμικά σύστημα αβαθούς γεωθερμίας

Τα γεωθερμικά συστήματα αβαθούς γεωθερμίας διακρίνονται ανάλογα με τον τύπο του γεωεναλλάκτη σε συστήματα ανοικτού και σε συστήματα κλειστού βρόγχου. Τα συστήματα ανοικτού βρόχου χρησιμοποιούν τα υπάρχοντα υπόγεια ύδατα ως μέσο άμεσης μεταφοράς θερμότητας. Αποτελούνται από φρέατα εξαγωγής

και φρέατα επανεισαγωγής ή από επιφανειακά ύδατα. Τα ύδατα που αντλούνται από τα φρέατα εξαγωγής επιστρέφονται ξανά στη γη. Ωστόσο, πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένες ειδικές παράμετροι, όπως η ποιότητα του νερού. Στα συστήματα ανοικτού βρόχου ο ανταλλακτήρας θερμότητας μεταξύ του ψυκτικού και του υπόγειου ύδατος μπορεί να σαπίσει, να σκουριάσει ή να μπλοκάρει. Επιπλέον πρέπει να ελέγχεται η ύπαρξη επαρκούς ποσότητα νερού (συνήθως 0,03 έως 0,05 l/s/kW).

Σε ιδανικές συνθήκες, τα συστήματα ανοικτού βρόχου μπορεί να είναι ο πιο οικονομικός τύπος από τα συστήματα υπόγειας σύζευξης. Ο σχεδιασμός είναι εύκολος, το κόστος εγκατάστασης χαμηλό και τα έξοδα λειτουργίας πολύ χαμηλά, εφόσον το νερό αντλείται ήδη για άλλους λόγους όπως π.χ. για άρδευση. Ωστόσο, συνήθως δεν υπάρχει νερό σε επαρκείς ποσότητες και οι κανονισμοί για την χρήση του νερού σε πολλές περιοχές είναι περιοριστικοί (Report of the IGA to the UN Commission on Sustainable Development, 2001).

Αντίθετα, τα συστήματα κλειστού βρόγχου αποτελούνται από ένα υπόγειο δίκτυο στεγανών, πλαστικών σωλήνων μεγάλης αντοχής που λειτουργούν ως ανταλλακτήρες θερμότητας. Οι σωλήνες είναι γεμάτοι με νερό ή με ένα διάλυμα νερού και αντιψυκτικού, ενώ δεν υπάρχει καθόλου επικοινωνία με τα υπόγεια ύδατα. Από το υλικό των σωλήνων εξαρτάται η διάρκεια ζωής τους, το κόστος συντήρησης, η ισχύς της άντλησης, το κόστος κεφαλαίου και η απόδοση της αντλίας θερμότητας. Για το λόγο αυτό, το μέγεθος, η αντοχή και το υλικό των σωλήνων πρέπει να έχουν μελετηθεί ειδικά για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Η πλέον συνήθης τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι οι σωληνώσεις από πολυαιθυλένιο ή πολυβουτυλένιο υψηλής πυκνότητας και διάμετροι σωλήνων μεταξύ 20 και 40 mm. Τα υλικά αυτά είναι εύκαμπτα και οι ενώσεις των σωλήνων μπορεί να γίνουν εύκολα με θερμική σύντηξη, προκειμένου να δημιουργηθούν δίκτυα στεγανά, που είναι αξιόπιστα, δεν παρουσιάζουν διαρροές και δεν χρειάζονται συντήρηση.



Εικόνα 11: Συστήματα κλειστού και ανοικτού βρόγχου με οριζόντια και κατακόρυφη τοποθέτηση γεωεναλλάκτη (πηγή:www.energy.gov)

Τα τμήματα, από τα οποία συνίσταται μία πλήρης εγκατάσταση συστήματος αβαθούς γεωθερμίας, είναι η γεωθερμική αντλία θερμότητας (ΓΑΘ), ο γεωθερμικός εναλλάκτης (Γεωεναλλάκτης) και το σύστημα θέρμανσης – ψύξης εντός του κτιρίου (αεραγωγοί, ενδοδαπέδια – ενδοτοίχια θέρμανση, καλοριφέρ). Ωστόσο, υπάρχει και μία πληθώρα δευτερευουσών στοιχείων που συμβάλλουν στην ορθή λειτουργία του συστήματος, τα οποία στις συνήθεις εγκαταστάσεις είναι ο εξατμιστής - συμπυκνωτής, ο συμπιεστής, ο υπερθερμαντής και η βαλβίδα εκτόνωσης.

Η λειτουργία κάθε Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας (ΓΑΘ) στηρίζεται στον ψυκτικό κύκλο, σύμφωνα με τον οποίο το ψυκτικό μέσο που κυκλοφορεί στο σύστημα, ακολουθώντας μία κυκλική διεργασία ή έναν θερμοδυναμικό κύκλο, απορροφά θερμότητα όταν εξατμίζεται και αποβάλλει θερμότητα όταν συμπυκνώνεται (Φραγκογιάννης, 2011). Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η γεωθερμική αντλία θερμότητας αφαιρεί (αντλεί) θερμότητα από το έδαφος ή το νερό και τη μεταφέρει στο σύστημα θέρμανσης της γεωθερμικής εφαρμογής. Η διεργασία αυτή αντιστρέφεται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού προκειμένου να παρέχεται ψύξη. Πρακτικά, λοιπόν, οι ΓΑΘ λειτουργούν ως ψυκτικές μηχανές που μπορούν να μεταφέρουν θερμότητα από μια "ψυχρή δεξαμενή" σε μια "θερμή δεξαμενή". Η διαδικασία αυτή της μεταφοράς θερμότητας απαιτεί την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, η οποία αποτελεί το μοναδικό πάγιο λειτουργικό έξοδο μιας ΓΑΘ και

καθορίζει την ενεργειακή απόδοσή της και την οικονομικότητά της. Η απόδοση των ΓΑΘ εκφράζεται με το συντελεστή

$$COP = Coefficient\ of\ Performance = Q_c / P,$$

όπου, $\mathbf{Q_c}$ η αποδιδόμενη θερμότητα στο κτίριο και,

P η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία της αντλίας

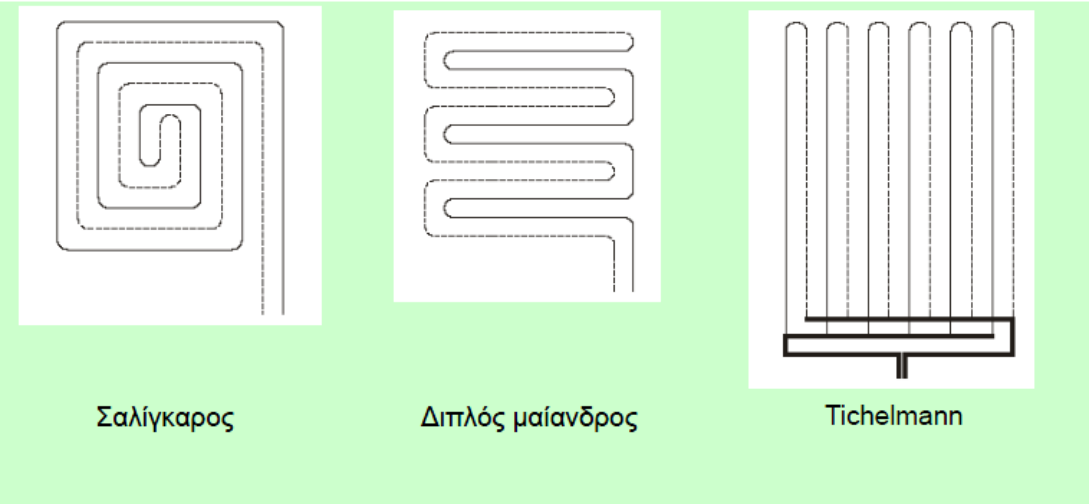
Η τεχνολογία τους βρίσκεται ακόμη υπό εξέλιξη. Οι μέσες σημερινές αποδόσεις κυμαίνονται από 350% (1:3,5) για τις ΓΑΘ κλειστών κυκλωμάτων και προσεγγίζουν το 600% (1:6,0) για τα ανοικτού τύπου κυκλώματα. Οι αποδόσεις αυτές καθιστούν τα συστήματα των ΓΑΘ ιδιαίτερα οικονομικά, με εξοικονόμηση σε σχέση με συμβατικά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο κ.ά.) που αγγίζει το 70% (Δρ. Πασχάλης Δαλαμπάκης, Ανδρέας Ηλίας, 2011). Ακολουθεί η επεξήγηση καθενός από τους όρους που απαρτίζουν ένα κλειστό κύκλωμα.

Εικόνα 12: Τμήματα μίας πλήρους εγκατάστασης συστήματος αβαθούς γεωθερμίας (πηγή:www.buildingnet.gr)

***<u>Γεωεναλλάκτης</u>*:** Ο γεωεναλλάκτης συνδέεται με την αντλία θερμότητας και αποτελείται από ένα σύστημα σωληνώσεων, εντός του οποίου κυκλοφορεί διάλυμα νερού με αντιψυκτικό υγρό, φιλικό προς το περιβάλλον. Η διάταξη των σωληνώσεων μπορεί να είναι είτε οριζόντια, είτε κατακόρυφη, ενώ υφίσταται και σύστημα υδατοσυλλέκτη.

Ο οριζόντιος γεωεναλλάκτης κατασκευάζεται σε σκάμμα ορισμένης επιφάνειας στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου σε βάθος 1,0-2,5m και με πυκνότητα σωληνώσεων 0,5-0,8m. Στο επίπεδο αυτό αναπτύσσεται το οριζόντιο σύστημα

αποτελούμενο από κυκλώματα σωλήνων δικτυωμένου πολυαιθυλενίου, υψηλής πυκνότητας, μέγιστου μήκους 100m, τα οποία μέσω των επιμέρους συλλεκτών οδηγούνται στην αντλία θερμότητας. Στο οριζόντιο κλειστό γεωθερμικό σύστημα το υπέδαφος λειτουργεί και ως εποχιακή αποθήκη θερμικής και ψυκτικής ενέργειας, γεγονός που συμβάλλει σημαντικά στην υψηλότερη απόδοση της εγκατάστασης. Επιπρόσθετα, καθορίζονται η περιοχή εγκατάστασης, η αντίσταση του εδάφους και του σωλήνα, καθώς και τα όρια μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας του διαλύματος που εισέρχεται στην αντλία θερμότητας. Η απόδοση του οριζοντίου εναλλάκτη κυμαίνεται μεταξύ 20-35W/m^2, ανάλογα με τα γεωλογικά στοιχεία του υπεδάφους. Η απόδοση του γεωεναλλάκτη αυτού κυμαίνεται μεταξύ 20-35 W/m^2 ανάλογα με την σύσταση του εδάφους εγκατάστασης. Το δίκτυο μπορεί εκτός από μονής σωλήνωσης, να είναι πολλαπλής ή σπειροειδούς σωλήνωσης (Slinky), όμως λόγω των αναδιπλώσεων, αυξάνονται οι ενεργειακές απώλειες (Ανδρίτσος, Ν., 2004).



Εικόνα 13: Τρόποι διάστρωσης οριζόντιου γεωεναλλάκτη (πηγή:ΙΓΜΕ)

Μία κατακόρυφη εγκατάσταση κλειστού βρόγχου αποτελείται από ένα ζεύγος σωληνώσεων μικρής διαμέτρου, σχήματος U, από πολυαιθυλένιο ή πολυβουτυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE), που τοποθετείται σε μια ή περισσότερες κατακόρυφες γεωτρήσεις. Το πλήθος των γεωτρήσεων είναι συνάρτηση της ισχύος της εγκατάστασης και της σύσταση του υπεδάφους. Μετά τη διάνοιξη της γεώτρησης και την τοποθέτηση των σωλήνων, ο κενός χώρος πληρείται με κατάλληλα υλικά πλήρωσης τα οποία αποτελούνται από μείγματα μπεντονίτη, άμμου και νερού, ή μείγματα τσιμέντου, άμμου και νερού σε διάφορες αναλογίες. Η ποιότητα της άμμου

(ασβεστιτική, χαλαζιακή κτλ.) και οι αναλογίες ανάμειξης καθορίζονται με στόχο την εξασφάλιση της μέγιστης θερμικής αγωγιμότητας του υλικού πλήρωσης, έτσι ώστε να βελτιστοποιείται η μετάδοση θερμότητας μεταξύ αγωγών και υπεδάφους και να επιτυγχάνεται η ελάχιστη υδραυλική αγωγιμότητα, απαραίτητη για την «υδραυλική μόνωση» του γεωεναλλάκτη (Allan, M. & Philippacopoulos, A. J., 1999). Οι κατακόρυφοι γεωεναλλάκτες εφαρμόζονται σε εγκαταστάσεις με περιορισμένο περιβάλλοντα χώρο, όπου το νερό βρίσκεται σε μεγάλο βάθος και το έδαφος προσφέρεται για γεώτρηση. Μπορούν να εγκατασταθούν σε περιοχές με πολλά κτίρια, απαιτούν λιγότερες σωληνώσεις και μικρότερη παροχή ενέργειας στην αντλία. Ακόμα, είναι πιο αποδοτικοί (40-70 W/m²) γιατί η θερμοκρασία του υπεδάφους παρουσιάζει περισσότερη σταθερότητα σε μεγαλύτερα βάθη και η λειτουργία της αντλίας θερμότητας είναι ομαλή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Το αρχικό κόστος κατασκευής είναι μεγαλύτερο σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους και η απόσβεση της εγκατάστασης είναι 6 έως 9 έτη (Ανδρίτσος, Ν., Αρβανίτης , Α., Κολιός, Ν. & Κουτσινός, Σ., 2005.).

Πριν την εκπόνηση ενός γεωθερμικού προγράμματος, απαιτείται πολύ προσεκτική και λεπτομερής αξιολόγηση όλων των παραμέτρων που το συνθέτουν. Κάθε επιμέρους στοιχείο μιας γεωθερμικής μονάδας, απαιτεί ιδιαίτερη αντιμετώπιση και κοστολόγηση, σε συνάρτηση πάντα με τις τοπικές συνθήκες, όπου θα λειτουργήσει.

Το μεγαλύτερο τμήμα της επένδυσης σε μία γεωθερμική μονάδα αποτελεί το αρχικό κόστος εγκατάστασης που περιλαμβάνει τη μονάδα παραγωγής, τη μονάδα επανεισαγωγής, το δίκτυο μεταφοράς, κ.τ.λ. Παράλληλα, στο κόστος πρέπει να συμπεριληφθεί το κόστος εγκατάστασης και των βοηθητικών μονάδων αλλά και το κόστος συντήρησης καθόλη τη διάρκεια λειτουργίας της μονάδας.

Λόγω των πολλών ανεξαρτήτων τμημάτων που συνθέτουν μία γεωθερμική μονάδα παραγωγής θερμότητας, το κόστος αρχικής επένδυσης και λειτουργίας είναι αισθητά ανώτερο από το αντίστοιχο μίας μονάδας παραγωγής ενέργειας με συμβατικά καύσιμα, κάτι το οποίο όμως, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, αντισταθμίζεται από την εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας κατά το χρόνο λειτουργίας της. Ως εκ τούτου, το συνολικό σύστημα γεωθερμικού πόρου και εγκαταστάσεων θα πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να επιδιώκεται η μέγιστη απόδοση τους (μέσω του COP) αλλά και να βρίσκεται σε λειτουργία για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, ικανό για να γίνει απόσβεση της αρχικής επένδυσης και αν είναι δυνατό, ακόμη μεγαλύτερο.

Ένα κλειστό κύκλωμα επανακυκλοφορεί συνεχώς, υπό πίεση, το διάλυμα που μεταφέρει τη θερμότητα. Για την ομαλή τροφοδοσία της αντλίας θερμότητας είναι απαραίτητος κυκλοφορητής. Το κύκλωμα της γης και του σπιτιού, είναι κλειστό, και κατά συνέπεια δεν παρουσιάζονται επικαθίσεις αλάτων, με αποτέλεσμα οι απαιτήσεις για συντήρηση του συστήματος να είναι μικρές.

Τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης εντός του κτιρίου δεν παρουσιάζουν καμία διαφορά σε σχέση με τις κοινές εγκαταστάσεις. Αντίθετα, περιλαμβάνουν τις ίδιες διατάξεις και μπορεί να είναι ενδοδαπέδια ή ενδοτοίχεια.

2.4. Νομοθετικό πλαίσιο για την αβαθή γεωθερμία

Προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι που ορίζονται και καθορίζονται από την νομοθεσία, η Γεωθερμία ως μία μορφή Α.Π.Ε μπορεί να συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό. Οι κύριες διατάξεις που ρυθμίζουν θέματα της αβαθούς γεωθερμίας σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι οι εξής:

Οδηγία 2000/60/ΕΚ: θεσπίζεται πλαίσιο κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.

Οδηγία 2006/118/ΕΚ: σχετίζεται με την προστασία των υπόγειων υδάτων από τη ρύπανση και την υποβάθμιση.

Οδηγία 2009/28/ΕΚ: σχετίζεται με την προώθηση της χρήσης ΑΠΕ.

Οδηγία 2009/125/ΕΚ: αναδιατυπώνεται το πλαίσιο για τον καθορισμό των απαιτήσεων οικολογικού σχεδιασμού για προϊόντα που συνδέονται με την ενέργεια.

Οδηγία 2010/31/ΕΚ: αναδιατυπώνεται το πλαίσιο για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα Κτιρίων.

Οδηγία 2010/30/ΕΚ: αναδιατυπώνεται το πλαίσιο που σχετίζεται με τις ενδείξεις του προϊόντος, μέσω της κατάλληλης σήμανσης και των πρότυπων πληροφοριών που αφορούν την καταναλισκόμενη ενέργεια και τους λοιπούς πόρους που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή του προϊόντος πολιτικής των υδάτων.

2.5. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των γεωθερμικών συστημάτων αβαθούς γεωθερμίας

Παρότι η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται ως «καθαρή ενέργεια», στην πραγματικότητα είναι δύσκολο να θεωρήσει κανείς πως υπάρχει τρόπος παραγωγής ενέργειας ή μετατροπής της από μία μορφή σε μία άλλη για να χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο, χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στον πίνακα που ακολουθεί, αποδίδεται η πιθανότητα εμφάνισης και η σοβαρότητα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από μία εγκατάσταση γεωθερμικού συστήματος.

Πίνακας 1. Πιθανότητα εμφάνισης και σοβαρότητα περιβαλλοντικών επιπτώσεων λόγω εγκατάστασης γεωθερμικού συστήματος (πηγή:Lunis and Breckenridge, 1991)

Επίδραση	**Πιθανότητα ύπαρξης επιπτώσεων**	**Συνέπειες**
Ρύπανση αέρα	L	M
Ρύπανση επιφάνειας νερού	M	M
Υπόγεια ρύπανση	L	M
Κατακάθιση	L	L to M
Ηχορύπανση	H	L to M
Ρύπανση από τα αέρια	L	L to M
Διάβρωση αρχαιολογικών χαρακτηριστικών	L to M	M to H
Κοινωνικοοικονομικά προβλήματα	L	L
Χημική ή θερμική ρύπανση	L	M to H
Συμπαγή απόβλητα	M	M to H

L=Χαμηλή, M=Μέτρια, H=Υψηλή

3. Αντικείμενο και Μεθοδολογία της έρευνας

3.1. Περιοχή Μελέτης

3.1.1. Τα χαρακτηριστικά των Άνω Πεδινών Ζαγορίου

Τα Άνω Πεδινά είναι μία εκ των 46 κοινοτήτων του Δήμου Ζαγορίου, ο οποίος προέκυψε από τη συνένωση των προ υπαρχόντων δήμων Ανατολικού, Κεντρικού και Δυτικού Ζαγορίου, μετά την εφαρμογή του σχεδίου Καλλικράτη (Ν.3852/2010), (Γεωτρόπιο, 2002). Ο οικισμός απέχει τριάντα πέντε χιλιόμετρα από την πόλη των Ιωαννίνων, βρίσκεται στις νοτιοδυτικές πλαγιές της Τύμφης, βόρεια του ορεινού όγκου του Μιτσικελίου, με υψόμετρο μεταξύ 900 και 1030 μέτρων. Σύμφωνα με την τελευταία απογραφή του 2011, ο μόνιμος πληθυσμός των Άνω Πεδινών είναι 144 μόνιμοι κάτοικοι εμφανιζόμενος συνεχώς μειούμενος (202 μόνιμοι κάτοικοι κατά την απογραφή του 2001). Ωστόσο, η πληθυσμιακή εικόνα της περιοχής δεν αποδίδει απολύτως την πραγματικότητα των Άνω Πεδινών, καθώς αποτελούν έναν οικισμό εποχικής κατοίκησης μέσης ή μεγάλης διάρκειας αλλά και δημοφιλή τουριστικό προορισμό με μεγαλύτερη προσέλευση κατά τη διάρκεια των εορτών και του καλοκαιριού (Μελέτη για την Αξιοβίωτη Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη των δημοτικών ενοτήτων Κεντρικού Ζαγορίου, Τύμφης και Παπίγκου, Μέτσοβο, 2013).

Τα Άνω Πεδινά είναι από τα παλαιότερα και πιο ιστορικά χωριά του Ζαγορίου, ενώ η πρώτη ονομασία του οικισμού ήταν «Άνω Σουδενά». Ως οικισμός ανέδειξε σπουδαίους πνευματικούς ανθρώπους, μικρούς και μεγάλους ευεργέτες μεταξύ των οποίων είναι ο Νεόφυτος Δούκας, ο Ιωάννης Λαμπρίδης, ο Παναγιώτης Λαζαράς και άλλοι (Γεώργιος Δούβλης, 2013). Το χωριό έχει ανακηρυχθεί παραδοσιακός οικισμός **(**ΦΕΚ Δ-594 α/13.11.1978) , ενώ εντός του εδρεύουν κτίρια που έχουν χαρακτηριστεί διατηρητέα επιβάλλοντας περιορισμούς στη δόμηση των ιδίων αλλά και του περιβάλλοντα χώρου τους. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής του οικισμού είναι οι ορθογώνιες διώροφες κατοικίες στις οποίες, στο ισόγειο βρίσκονταν οι βοηθητικοί χώροι και στον άνω όροφο τα ενδιαιτήματα, οι στέγες που κλείνουν προς τις τέσσερις πλευρές και είναι καλυμμένες με σχιστολιθικές πλάκες, οι τοίχοι κατασκευασμένοι από πέτρα,

δεμένοι με ξυλοδεσιές και οι μουσάντρες (πολυτελή ξύλινα χωρίσματα) διακοσμημένα με ξυλόγλυπτα.

Στα Άνω Πεδινά επικρατεί ο ορεινός κλιματικός τύπος που χαρακτηρίζεται από δροσερά καλοκαίρια με τοπικές βροχές ενώ οι χειμώνες είναι τραχείς με πολλές χιονοπτώσεις, παγετούς και πολλές βροχές.

3.1.2. Η Λαμπριάδειος Οικοκυρική Σχολής Άνω Πεδινών από το παρελθόν έως σήμερα

Η Λαμπριάδειος Σχολή των Άνω Πεδινών αποτελεί ένα από τα πιο ιστορικά κτίρια, τόσο της κοινότητας των Άνω Πεδινών, όσο και ολόκληρου του Δήμου Ζαγορίου. Ο Ιωάννης Λαμπριάδης, ο ιδρυτής της Σχολής πορεύτηκε σύμφωνα με την πλειοψηφία των Ζαγορισίων.

Εικόνα 14: Κεντρική είσοδος του οικοπέδου της Λαμπριάδειου Σχολής Άνω Πεδινών.

Μετανάστευσε στις χώρες της Βλαχίας, εμπορεύτηκε ξυλεία και επέστρεψε στον τόπο του, έχοντας αποκτήσει περιουσία. Στηριζόμενος στις αρχές της ευποιίας, της φιλαλληλίας και της ευεργεσίας, έδωσε σημασία κατά την επιστροφή του, στα εκπαιδευτικά ζητήματα του τόπου του πραγματοποιώντας δωρεές στο υφιστάμενο Παρθεναγωγείο των Άνω Πεδινών (Δούβλης Γ., 2013).

Εικόνα 15: Νοτιοανατολική άποψη της Λαμπριάδειου Σχολής Άνω Πεδινών.

Ωστόσο, οι κύριες ευεργεσίες του αποδόθηκαν στον τόπο μετά το θάνατό του και απέρρεαν από τη διαθήκη του, στην οποία προβλεπόταν η ίδρυση μίας Σχολής, στην οποία οι κοπέλες του χωριού θα διδάσκονταν την τέχνη της ταπητουργίας και της υφαντικής. Απότοκο αυτής της διαθήκης ήταν η ίδρυση μιας υποδειγματικής Σχολής το 1933, στεγαζόμενης στο Τζοβάνειο Παρθεναγωγείο, με εσωτερικό κανονισμό λειτουργίας σύμφωνα με τον οποίο καθορίζονται εκπαιδευτικά, οικονομικά και λειτουργικά ζητήματα.

Αν και κατά την έναρξη λειτουργίας της Σχολής δικαίωμα φοίτησης σε αυτή είχαν μόνο οι κοπέλες από τα Άνω Πεδινά, με την πάροδο του χρόνου δικαίωμα φοίτησης απέκτησαν και κοπέλες άλλων περιοχών, οι οποίες μετακόμισαν στη Σχολή, όπου έχαιραν σίτισης, ιατρικής φροντίδας και οικογενειακής θαλπωρής. Δεδομένων λοιπόν των αυξανόμενων απαιτήσεων για πιο ποιοτική διαβίωση των μαθητριών στη Σχολή, αποφασίστηκε η κατασκευή ενός νέου κτιρίου, αξιοποιώντας κοινοτικούς πόρους. Το 1978 ξεκινούν οι εργασίες κατασκευής ενός νέου κτιρίου, το ισόγειο του οποίου ολοκληρώθηκε τον επόμενο χρόνο. Ο δεύτερος όροφος στον οποίο στεγάστηκαν οι ξενώνες ολοκληρώθηκε το 1987, ενώ την ίδια χρονιά κατασκευάστηκε και η στέγη.

Εικόνα 16: Νότια όψη Λαμπριάδειου Σχολής Άνω Πεδινών, κουφώματα και πρόβολοι των δύο ορόφων με έντονη φυτοκάλυψη.

Η Σχολή λειτούργησε ως οικοτροφείο-εκπαιδευτήριο έως τα τέλη της δεκαετίας του 2000, οπότε και ελλείψει μαθητριών σταμάτησε τη λειτουργία της. Έκτοτε και έως σήμερα, η Σχολή αποτελεί ένα ανοιχτό μουσείο, ένα ιστορικό κτίριο, ενώ το Σεπτέμβρη του 2012 υπογράφηκε συμφωνητικό συνεργασίας μεταξύ του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και της Λαμπριάδειου Σχολής, με το οποίο στο κτίριο της τελευταίας μετατρέπεται σε έναν πρότυπο Σταθμό Έρευνας Πεδίου, όπου θα φιλοξενούνται φοιτητές και ερευνητές κατά τη διάρκεια εκπαιδευτικών προγραμμάτων και ερευνητικών αποστολών, τεκμηριώνοντας το λόγο ύπαρξης και δικαιώνοντας τον εμπνευστή και ιδρυτή της.

3.1.3. Το κτίριο

Το κτίριο της Λαμπριάδειου Σχολής βρίσκεται στην αρχή της κοινότητας των Άνω Πεδινών Ζαγορίου και η είσοδος σε αυτό πραγματοποιείται από την επαρχιακή οδό Ιωαννίνων - Άνω Πεδινών. Το οικόπεδο έχει φυτοκάλυψη σε όλη την έκτασή του ενώ υπάρχουν και αρκετά δένδρα στην πέτρινη περίφραξή του. Είναι προσανατολισμένο προς το νότο, έχει ορθογωνικό ανάπτυγμα με ελαφρά σπασίματα και επιμήκυνση στον άξονα Α - Δ.

Εικόνα 17: Νοτιοανατολική όψη Λαμπριάδειου Σχολής Άνω Πεδινών, όπου διακρίνεται η κεντρική είσοδος του κτιρίου και ο φροντισμένος περιβάλλοντας χώρος.

Η οικοδομή είναι διώροφη με συνολικό εμβαδό ισογείου 664,75 m^2. Ουσιαστικά η κατασκευή μπορεί να διακριθεί βάσει των υλικών κατασκευής του κελύφους σε δύο τμήματα. Τα τοιχώματα του ισογείου είναι κατασκευασμένα με πέτρα πάχους πενήντα εκατοστών, ενώ ο δεύτερος όροφος που απετέλεσε μετέπειτα προσθήκη για να καλύψει τις ανάγκες της μεταβαλλόμενης λειτουργίας του κτιρίου είναι κατασκευασμένος από φέρουσα μπατική τοιχοποιία πάχους δεκαπέντε εκατοστών. Η σκεπή της Σχολής, συνάδει κατασκευαστικά με την αρχιτεκτονική ολόκληρου του Ζαγορίου και έχει ως υλικό την γκρίζα πέτρα.

Το κτίριο, λόγω της χρήσης του χωρίζεται σε δύο ζώνες με διαφορετικές χρήσεις. Η είσοδος του κτιρίου βρίσκεται στο ισόγειο με ένα ευρύ χολ υποδοχής. Στο ισόγειο στεγάζονται η κουζίνα, το εστιατόριο, τα γραφεία των καθηγητών και οι χώροι που εξυπηρετούσαν την κύρια λειτουργία της Οικοκυρικής Σχολής. Οι τέσσερις χώροι για την πραγματοποίηση των μαθημάτων με τον απαραίτητο εξοπλισμό για κεντητική, υφαντική, ταπητουργία, ραπτική βρίσκονται στη νότια πλευρά της κατασκευής. Διακρίνεται, δηλαδή, μία διάταξη των χώρων που έχει ως γνώμονα τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, δεδομένου πως οι οικότροφοι ξόδευαν το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου τους στους νότια προσανατολισμένους χώρους, οι οποίοι και αποκομίζουν τα μεγαλύτερα θερμικά οφέλη μέσω των πολλών ανοιγμάτων κατά τη χειμερινή περίοδο. Η σκίαση των ανοιγμάτων πραγματοποιείται με ξύλινα πατζούρια, ωστόσο συνεισφέρει αρκετά και η ύπαρξη των προβόλων του πρώτου ορόφου. Στη

βορινή πλευρά της Σχολής βρίσκονται οι βοηθητικοί χώροι, δηλαδή το γραφείο διεύθυνσης και καθηγητών, τα WC, τα πλυντήρια ρούχων, η αποθήκη τροφίμων, η κουζίνα, η τραπεζαρία και ο μικρότερος χώρος του λεβητοστασίου.

Εικόνα 18: Κεντρικός διάδρομος πρώτου ορόφου στο εσωτερικό της Σχολής. Αριστερά και δεξιά, διακρίνονται οι είσοδοι των υπνοδωματίων και των WC.

Η Σχολή επικοινωνεί με τον πρώτο όροφο, μέσω ενός πλατύ κλιμακοστασίου κατασκευασμένου από μάρμαρο. Στον πρώτο όροφο, η νότια όψη περιλαμβάνει τους πέντε ευρύχωρους κοιτώνες, ενώ στη βορινή όψη υπάρχουν ο εκθεσιακός χώρος της σχολής, τα WC, οι ντουζιέρες και κάποιοι μικροί χώροι με εξοπλισμό σαλονιού. Η βορινή με τη νότια πλευρά χωρίζονται και στους δύο ορόφους από ένα μακρύ και ευρύχωρο διάδρομο. Στην περίμετρο όλου του κτιρίου υπάρχουν πρόβολοι, οι οποίοι λειτουργούν και ως σκίαστρα στα ανοίγματα του ισογείου.

Εικόνα 19: Βόρεια όψη Λαμπριάδειου Σχολής. Το πρόσθετο κτίσμα με την οπτοπλινθοδομή συνιστά το λεβητοστάσιο του κτιρίου.

Τα κουφώματα είναι ξύλινα, ανοιγόμενα με μονό υαλοπίνακα, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται αρκετά μεγάλες απώλειες εξ' αυτών. Κανένας από τους εξωτερικούς τοίχους των δύο ορόφων δεν έχει στρώση θερμομονωτικής προστασίας. Τα δάπεδα τόσο σε επαφή με το έδαφος, όσο και μεταξύ των δύο ορόφων έχουν ως τελική επίστρωση το μωσαϊκό.

Εικόνα 20: Δυτική όψη της Λαμπριάδειου Σχολής. Διακρίνονται τα ξύλινα κουφώματα του κτιρίου και η έντονη φυτοκάλυψη στον περίγυρο του κτιρίου.

Παρότι το κτίριο υπόκειται σε ετήσια συντήρηση, οι τεχνικές λύσεις του παρελθόντος, ο χρόνος και οι κλιματικές συνθήκες δεν μπορούσαν παρά να επηρεάσουν την κατασκευή. Οι θερμικές απώλειες από τον φέροντα οργανισμό του κτιρίου και τα κουφώματα επιβαρύνουν ενεργειακά την κατασκευή και δυσχεραίνουν την σωστή ενεργειακή ροή στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου.

3.2. Λογισμικό του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ

3.2.1. Γενική περιγραφή Λογισμικού

Σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, όπως καταρτίστηκε τη 16η Δεκεμβρίου 2006, τέθηκε ως υποχρεωτική για όλα τα Κράτη – Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης η ανάπτυξη κοινής μεθοδολογίας υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και των ελαχίστων προτύπων αυτών περιλαμβανομένων όλων των παραγόντων που τα καθορίζουν, και όχι μόνο την ποιότητα της μόνωσης που ίσχυε έως τότε. (1), (2). Ωστόσο, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, με ψήφισμά του το 2008, ζήτησε τροποποίηση της ανωτέρω οδηγίας, με αποτέλεσμα την αναδιατυπωμένη έκδοση αυτής, την Οδηγία 2010/31/ΕΕ.

Το πρώτο βήμα εναρμόνισης της ελληνικής νομοθεσίας με τις Ευρωπαϊκές Κοινοτικές Οδηγίες πραγματοποιήθηκε μέσω του Νόμου 3661/2008, προϋπόθεση για την εφαρμογή του οποίου υπήρξε η έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ) και το Προεδρικό Διάταγμα που θα καθόριζε τις προδιαγραφές και τις διαδικασίες εφαρμογής των Ενεργειακών Επιθεωρητών Κτιρίων. Η επαναδιατύπωση όμως της Ευρωπαϊκής Οδηγίας οδήγησε στην έκδοση ενός νέου νόμου υπ’αριθμόν 4122/2013, ο οποίος ισχύει έως και σήμερα.

Στο πλαίσιο αυτό, η Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ), σε συνεργασία με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας και σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά και εθνικά πρότυπα, τον Κανονισμό Ενεργειακής Επιθεώρησης Κτιρίων και τις σχετικές Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας

(ΤΟΤΕΕ), δημιούργησε το λογισμικό του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ. Το λογισμικό αποτελείται από πέντε ανεξάρτητα μεταξύ τους λογισμικά, τα οποία είναι δομημένα σε περιβάλλον παραθύρων με παρόμοιες μάσκες εισαγωγής δεδομένων. Τα επιμέρους λογισμικά είναι τα εξής:

- Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίου
- Ενεργειακή Μελέτη
- Ενεργειακή Επιθεώρηση Λέβητα
- Ενεργειακή Επιθεώρηση Εγκατάστασης Θέρμανσης
- Ενεργειακή Επιθεώρηση Εγκατάστασης Κλιματισμού.

Η εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό πραγματοποιείται μέσω της μάσκας για κάθε εξεταζόμενο κτίριο ή τμήμα αυτού σε τρία επίπεδα: το κτίριο, τη θερμική ζώνη και το μη θερμαινόμενο χώρο / ηλιακό χώρο. Στα γενικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη κτιρίου αποτυπώνονται στοιχεία όπως η χρήση του κτιρίου, η ταυτότητα του ιδιοκτήτη, η τοποθεσία του, καθώς και οι πηγές άντλησης όλων των απαιτούμενων δεδομένων.

Πιο συγκεκριμένα,

Κτίριο

Τα στοιχεία που ζητούνται στο επίπεδο αυτό είναι τα γενικά στοιχεία περιγραφής του κτιρίου, τα κυριότερα εκ των οποίων είναι:

- η χρήση του κτιρίου,
- η συνολική, θερμαινόμενη, ψυχόμενη επιφάνεια,
- ο συνολικός, θερμαινόμενος, ψυχόμενος όγκος,
- ο αριθμός των θερμικών ζωνών στις οποίες υποδιαιρείται,
- ο αριθμός των μη θερμαινόμενων χώρων και
- ο αριθμός ηλιακών χώρων.

Για την εκτέλεση του προγράμματος και την εξαγωγή αποτελεσμάτων υποχρεωτικά, στο επίπεδο του κτιρίου, θα πρέπει να έχει οριστεί:

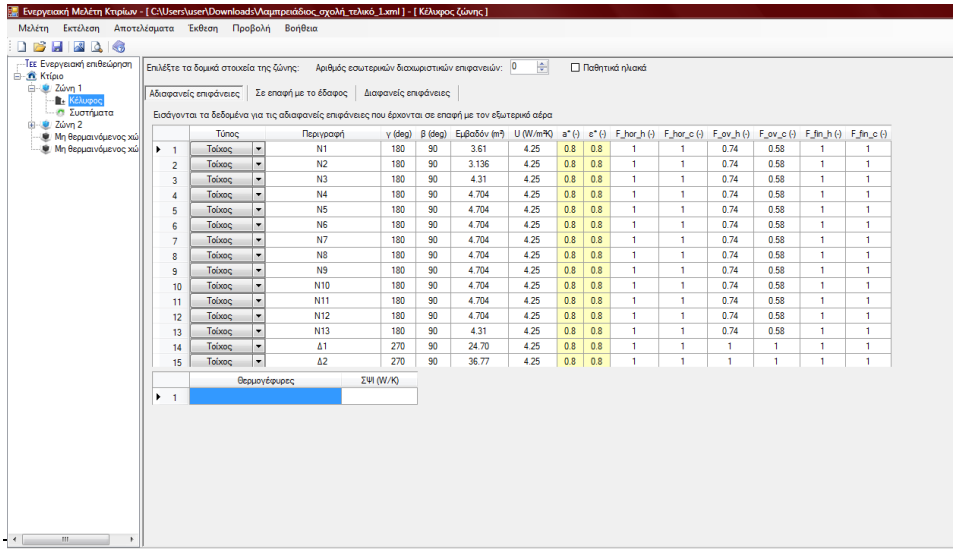
- τουλάχιστον ένας θερμαινόμενος χώρος,
- κανένας ή περισσότεροι μη θερμαινόμενοι χώροι,
- κανένας ή περισσότεροι ηλιακοί χώροι,
- κανένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά συστήματα,

- κανένα ή περισσότερα συστήματα ΣΗΘ.

Θερμική Ζώνη

Στο επίπεδο της θερμικής ζώνης - η οποία μπορεί να συμπίπτει με ολόκληρο το κτίριο, αν αυτό είναι μονοζωνικό – εισάγονται οι γενικές πληροφορίες που αφορούν σε αυτή:

- η χρήση της ζώνης,
- η συνολική επιφάνεια,
- η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα,
- τα χαρακτηριστικά του κελύφους,
- η τυχούσα ύπαρξη το πολύ ενός συστήματος ύγρανσης, μηχανικού αερισμού, ηλιακού συλλέκτη και φωτισμού,
- τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ΖΝΧ που λειτουργούν εντός της συμπεριλαμβανομένων του δικτύου διανομής, των τερματικών μονάδων και των βοηθητικών μονάδων.



Εικόνα 21: Μάσκα εισαγωγής δεδομένων λογισμικού ΤΕΕ – Κ.Εν.Α.Κ (πηγή:ΤΟΤΕΕ)

Μη θερμαινόμενος / ηλιακός χώρος

Τέλος, στο επίπεδο του μη θερμαινόμενου ή ηλιακού χώρου προσδιορίζονται:

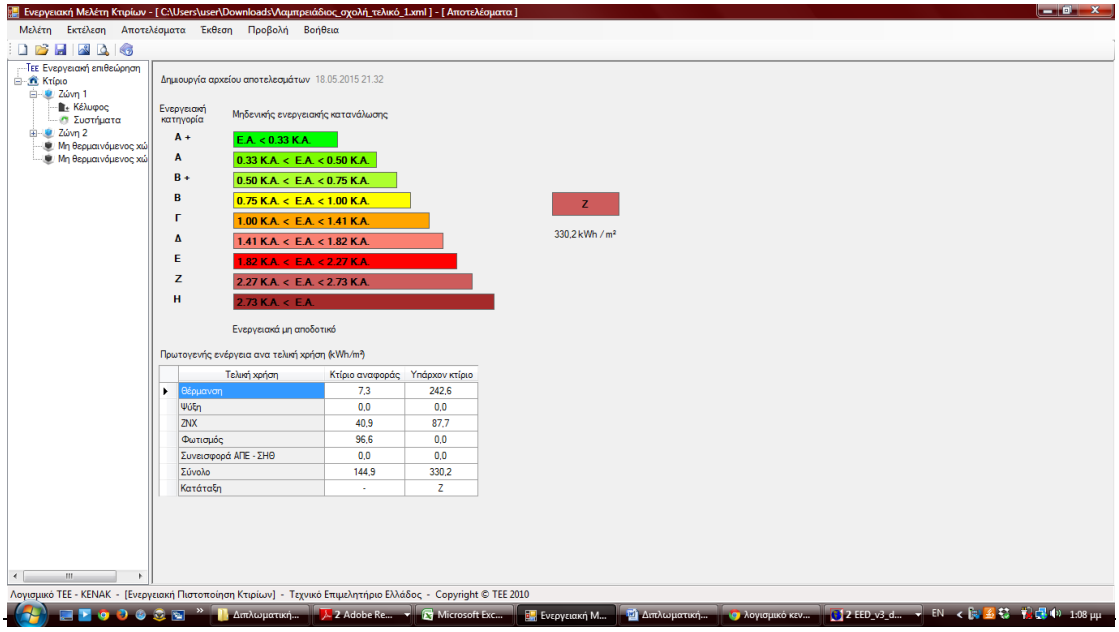
- η συνολική του επιφάνεια,
- η διείσδυση αέρα,

- τα χαρακτηριστικά των αδιαφανών και διαφανών επιφανειών και των επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν με την ολοκλήρωση της εφαρμογής παρουσιάζονται υπό μορφή πινάκων και αφορούν σε μηνιαία και ετήσια βάση:

- την ενεργειακή απαίτηση του κτιρίου σε θέρμανση, ψύξη, ΖΝΧ και ύγρανση.
- την ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση (συμπεριλαμβάνεται η κατανάλωση των βοηθητικών μονάδων καθώς επίσης και του αερισμού και της ύγρανσης για τους χειμερινούς μήνες, αν υπάρχουν), τη συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών για θέρμανση, ψύξη (συμπεριλαμβάνεται η κατανάλωση των βοηθητικών μονάδων καθώς επίσης του αερισμού και της ύγρανσης κατά τους θερινούς μήνες, αν υπάρχει), ΖΝΧ, τη συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών για ΖΝΧ, φωτισμό, συνεισφορά ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β και τη συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας.
- την κατανάλωση καυσίμων (kWh/m^2) ανάλογα με τα ποια καύσιμα έχει εισαγάγει ο χρήστης στα διάφορα συστήματα του κτιρίου
- την εκπομπή CO_2 (kg/m^2), ανάλογα με τον τύπο καυσίμων που έχουν εισαχθεί για τη λειτουργία των διαφόρων συστημάτων του κτιρίου,
- τεχνοοικονομική μελέτη προκειμένου να ενσωματωθεί και ο παράγοντας του κόστους στη μελέτη, παραθέτοντας κάποιες παραμέτρους που σχετίζονται άμεσα με την οικονομική θεώρηση της κατασκευής σε ετήσια βάση, όπως το λειτουργικό κόστος του κτιρίου, το αρχικό κόστος επένδυσης, η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (€), η ετήσια μείωση εκπομπών CO_2 (kg/m^2), η περίοδος αποπληρωμής (έτη), κ.α.

Με βάση την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση, τόσο για το κτίριο αναφοράς, όσο και για το υπάρχον κτίριο, πραγματοποιείται η κατάταξή του στην κατάλληλη ενεργειακή κατηγορία.



Εικόνα 22: Η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου και η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ως αποτελέσματα εκτέλεσης του λογισμικού ΤΕΕ – Κ.Εν.Α.Κ (πηγή: ΤΟΤΕΕ).

Επιδιώκοντας μία μικρή κριτική στο λογισμικό, η δημιουργία και διανομή ενός λογισμικού αποτελεί εξ' ορισμού μία περίπλοκη διαδικασία καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται συνεχώς, απαιτώντας τη συνεχή μεταβολή και προσαρμογή του λογισμικού στα νέα δεδομένα. Επιπλέον, η ύπαρξη ενός νομοθετικού πλαισίου, το οποίο προκειμένου να εναρμονιστεί με την ευρωπαϊκή νομοθεσία υπόκειται σε συνεχείς τροποποιήσεις, καθιστά αναγκαία την συνεχή ενημέρωση και προσαρμογή των εφαρμογών του λογισμικού σε οποιαδήποτε μεταβολή. Στο πλαίσιο αυτό, υφίστανται και βρίσκονται σε διαδικασία συνεχούς μελέτης και επίλυσης τα τεχνικά και λειτουργικά προβλήματα υλοποίησης τόσο του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ), όσο και εφαρμογής του λογισμικού του ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ. Σε μία προσπάθεια εντοπισμού των σημείων του λογισμικού που δυσχεραίνουν το έργο τόσο των ενεργειακών επιθεωρητών, όσο και των μελετητών μηχανικών, η ομάδα εργασίας του ΤΕΕ/ΤΚΜ εξέδωσε πόρισμα, στο οποίο επισημαίνονται τα σημεία αυτά.

Ως προς τη μοντελοποίηση του κτιρίου αναφοράς με το οποίο συγκρίνεται το εκάστοτε κτίριο, υπό μελέτη, δεν είναι ξεκάθαρο για τα εισαγόμενα μεγέθη, ποια εξ αυτών εισάγονται για στατιστικούς λόγους και ποια υπεισέρχονται στους υπολογισμούς για την ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου. Ως προς το μέγεθος των

κτιρίων, τα οποία μπορούν να μελετηθούν, ο περιορισμός προσθήκης έως διακόσιες επιφάνειες μπορεί να θεωρηθεί σε κάποιες περιπτώσεις ανεπαρκής, ιδιαίτερα για κτίρια του τριτογενή τομέα με πολλούς ορόφους. Προκειμένου περί αυτών, οι συντελεστές σκίασης και ο προσανατολισμός των σκιάστρων μεταβάλλονται ανά όροφο με αποτέλεσμα να απαιτούνται περισσότερες επιφάνειες προς εισαγωγή. Επιπλέον, η σκίαση, θα ήταν χρήσιμο να υπεισέρχεται ζητούμενης από το χρήστη μόνο της γωνίας σκίασης, ώστε να αποφεύγονται οι πολύπλοκοι υπολογισμοί που να οδηγήσουν ενδεχομένως σε λάθη. Τέλος, ωφέλιμο για κάθε μελετητή θα ήταν η πρόσβαση στον Αλγόριθμο του προγράμματος, όχι για την παρέμβαση σε αυτόν αλλά για τον έλεγχο, την εποπτεία και ερμηνεία των αποτελεσμάτων του λογισμικού.

3.2.2. Μεθοδολογία

Όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά και οι πληροφορίες για τη χρήση του κτιρίου αντλήθηκαν από τις εγκεκριμένες κατόψεις της πολεοδομικής άδειας και συμπληρώθηκαν από την επιτόπια αποτύπωση, έρευνα και τις συνεντεύξεις. Καθώς το κτίριο μελέτης βρίσκεται στα Άνω Πεδινά Ζαγορίου, ως πόλη από την οποία θα εισαχθούν τα κλιματικά δεδομένα λαμβάνονται τα Ιωάννινα, ενώ λαμβάνεται υπόψη πως το υψόμετρο ξεπερνά τα 500 μέτρα. Ο νομός Ιωαννίνων κατατάσσεται βάσει των βαθμοημερών θέρμανσης στην κλιματική ζώνη Γ, η οποία σε γενικές γραμμές έχει αυξημένες ανάγκες για θέρμανση και μικρότερες ανάγκες για ψύξη. Το προφίλ της σύγχρονης χρήσης του κτιρίου της Λαμπριάδειου Σχολής ανήκει στην κατηγορία των ξενώνων ετήσιας λειτουργίας επισημαίνοντας, ωστόσο, πως αποτελεί τμήμα του κτιρίου.

Ο διαχωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες πραγματοποιήθηκε βάσει της διαφοράς θερμοκρασίας που παρουσιάζουν μεταξύ τους οι διάφοροι χώροι στους οποίους υποδιαιρείται το κτίριο, η διαφορετική χρήση αυτών, η ύπαρξη περισσότερων του ενός διαφορετικών συστημάτων θέρμανση. Εν προκειμένω, η Σχολή υποδιαιρείται σε δύο συνολικά θερμικές ζώνες. Η πρώτη περιλαμβάνει τους χώρους του ισογείου, με την τραπεζαρία, την κουζίνα και τις αίθουσες με εξοπλισμό για υφαντική και ταπητουργία, οι οποίοι παραμένουν κλειστοί και δε λειτουργούν παρά σε πολύ ιδιαίτερες εκδηλώσεις και έχουν κυρίως μουσειακό χαρακτήρα. Ο πρώτος όροφος με τους κοιτώνες και τα WC, αποτελεί ολόκληρος τη δεύτερη

θερμική ζώνη. Συνεπώς, οι θερμικές ζώνες με τις αντίστοιχες θερμαινόμενες επιφάνειες είναι οι εξής:

- Χώροι ισογείου (664.75 m^2)
- Χώροι κοιτώνων-1^{ος} όροφος (642.83 m^2).

Προσαρτημένοι στο κτίριο και επηρεάζοντας την ενεργειακή συμπεριφορά του βρίσκονται δύο μη θερμαινόμενοι χώροι. Οι χώροι αυτοί, βρίσκονται στη βορινή πλευρά της κατασκευής. Ο ένας εξ αυτών χρησιμεύει για λεβητοστάσιο και ο έτερος για αποθήκη τροφίμων. Οι δύο αυτοί χώροι με τις επιφάνειες που καταλαμβάνουν είναι οι εξής:

- Λεβητοστάσιο (24.23 m^2)
- Αποθήκη (12.97 m^2).

Συνεπώς, σε επίπεδο κτιρίου το συνολικό εμβαδό της υπό μελέτης κατασκευής είναι 1344.78 m^2, εκ των οποίων τα 1307.58 m^2 είναι θερμαινόμενα. Τα χαρακτηριστικά των θερμικών ζωνών και των μη θερμαινόμενων χώρων είναι τα εξής:

- **Θερμική Ζώνη 1 (Χώροι ισογείου)**

Η συγκεκριμένη ζώνη βάσει της επιθυμητής θερμοκρασίας, του επιπέδου αερισμού, το επίπεδο φωτισμού αλλά και του ωραρίου λειτουργίας, έχει τη λειτουργία ενός συνεδριακού χώρου. Η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα ισούται με 370 kJ/m^2K, σύμφωνα με τον πίνακα 3.13 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010, καθώς πρόκειται για κατασκευή με φέρων οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από το βαρύ υλικό της πέτρας. Η ετήσια κατανάλωση ΖΝΧ (Ζεστού Νερού Χρήσης) υπολογίζεται από τον πίνακα 2.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010 για το χώρο του εστιατορίου – τραπεζαρίας και είναι 2.33 m^2, χωρίς διατάξεις αυτόματου ελέγχου ΖΝΧ, σε σχέση με την επιφάνειά του σε 853.22m^3/έτος. Κατά τον υπολογισμό αυτό, δε λήφθηκε καθόλου υπόψη η έκταση των χώρων εκθέσεων του ισογείου καθώς σε αυτούς δεν υφίστανται καθόλου ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Η συνολική διείσδυση του εξωτερικού (νωπού) αέρα από τα κουφώματα λαμβάνεται από τον πίνακα 3.26 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010, για κουφώματα ξύλινα με μονό υαλοπίνακα και ισούται με 1246.38 m^3/h.

- **Θερμική Ζώνη 2 (Χώροι κοιτώνων-1^{ος} όροφος)**

Ο πρώτος όροφος του κτιρίου, δηλαδή ολόκληρη η δεύτερη θερμική ζώνη με εμβαδό 642.83 m^2 λειτουργεί ως ξενώνας ετήσιας λειτουργίας. Το ΖΝΧ υπολογίζεται σε 2018.48 853.22 m^3/έτος και η συνολική διείσδυση αέρα είναι 554 m^3/h.

Για κάθε μία από τις ανωτέρω θερμικές ζώνες ζητούνται να εισαχθούν στο λογισμικό τα χαρακτηριστικά του κελύφους της, που συνίσταται από αδιαφανή και διαφανή στοιχεία που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα και το έδαφος. Πιο συγκεκριμένα για κάθε αδιαφανές δομικό στοιχείο ζητείται ο προσανατολισμός (˚), η κλίση του (˚), η επιφάνειά του (m^2), ο συντελεστής θερμοπερατότητάς του U (W/m^2K), η απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, η εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας και οι συντελεστές σκίασης, τόσο από τον ορίζοντα και από τους προβόλους, όσο και από πλευρικές προεξοχές. Αντίστοιχα για τα διαφανή στοιχεία, πέραν του προσανατολισμού, της κλίσης, της επιφάνειάς τους και των σκιάσεών του ζητούνται ο τύπος του ανοίγματος και η διαπερατότητά του g_w. Στους πίνακες που ακολουθούν αποτυπώνονται φαίνονται τα χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων.
Λόγω του ότι η οικοδομική άδεια της Λαμπριάδειου Σχολής εκδόθηκε προ του 1979 (1978), δηλαδή πριν την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (4 Ιουλίου 1979), οπότε και δεν υπήρχε κατά την κατασκευή του καμία απαίτηση θερμομονωτικής προστασίας. Συνεπώς, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κελύφους ολόκληρου του κτιρίου λαμβάνεται από τον πίνακα 3.4α της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010.

Η θέρμανση και των δύο ζωνών επιτυγχάνεται μέσω ενός λέβητα πετρελαίου. Οι παράγοντες που ζητούνται προς εισαγωγή από το λογισμικό είναι η ισχύς του συστήματος παραγωγής (λέβητας), του βαθμού απόδοσής του, ο τύπος και η ισχύς του δικτύου διανομής, ο τύπος των τερματικών μονάδων και η απόδοσή τους. Ο αντίστοιχος βαθμός απόδοσης προσδιορίστηκε μέσω του υπολογισμού των απωλειών του δικτύου διανομής από τον πίνακα 4.11 (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, σελ. 105) για διέλευση δικτύου σε εσωτερικούς χώρους ή/και 20% σε εξωτερικούς χώρους, για μόνωση σωλήνων ίση με του κτιρίου αναφοράς και για υψηλές θερμοκρασίες προσαγωγής θερμικού μέσου (≥60oC). Ο βαθμός απόδοσης των τερματικών μονάδων προκύπτει από τον τύπο [4.7] της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, σελ. 107, ίσος με 0.86 για τις δύο ζώνες.

Εικόνα 23: Το σημείο εκκίνησης του δικτύου διανομής, εντός του λεβητοστασίου, διατηρημένο σε άριστη κατάσταση, με θερμομόνωση.

Σχετικά με την ψύξη της κάθε ζώνης, η ισχύς του συστήματος λαμβάνεται μηδενική, καθώς δεν πραγματοποιείται λειτουργία για ψύξη, λόγω των ήπιων θερμοκρασιών της θερινής περιόδου στην περιοχή.
Η παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ) πραγματοποιείται αποκλειστικά μέσω ηλεκτρικού θερμαντήρα που δουλεύει με ηλεκτρισμό καθόλη τη διάρκεια του έτους

- **Μη θερμαινόμενος χώρος 1 = αποθήκη κουζίνας (δεν υπάρχει στα σχέδια-προστέθηκε αργότερα)**

Συνολικό εμβαδό (εξωτερικές διαστάσεις)=3,99*3,25=12,9675 m^2
Ύψος=2,7 m.

<u>Αδιαφανείς επιφάνειες:</u>

- Ανατολικός τοίχος πάχους 0.5 m (E=3,25*3,67=11,9275 m^2)
- Νότιος τοίχος πάχους 0,5 m. (E=3,99*3,67=11,9275 m^2)
- Δυτικός τοίχος πάχους 0,5 m (E=0,5*3,67=1,835 m^2)
- Βόρειος τοίχος πάχους 0,5 m (E=3,99*3,67=1,835 m^2)

Οι τιμές του συντελ. θερμοπερατότητας U (W/m^2K) από πίνακα 3.4 της ΤΟΤΕΕ 1 για κτίρια προ του 1979 χωρίς θερμομονωτική προστασία είναι για αργολιθοδομή με μία όψη ανεπίχριστη,U=3.10 W/m^2K.

Διαφανείς επιφάνειες:

- Βόρειο κούφωμα πάχους 0.5 m (E=3.49*2,7=9,423 m^2)
- Δυτικό κούφωμα πάχους 0,5 m (E=2,75*2,7=7,425 m^2)

Οι τιμές του συντελ. θερμοπερατότητας U (W/m^2K) από πίνακα 3.12 με ποσοστό πλαισίου 40% και μονό υαλοπίνακα λαμβάνονται U=6.2 και για δάπεδα σε επαφή με το έδαφος από πίνακα 3,4β, U=3,10 W/m^2K.

- **Μη θερμαινόμενος χώρος 2 = λεβητοστάσιο (δεν υπάρχει στα σχέδια-προστέθηκε αργότερα)**

Συνολικό εμβαδό (εξωτερικές διαστάσεις)=24.1947 m^2

Ύψος=3 m

Αδιαφανείς επιφάνειες:

- Ανατολικός τοίχος πάχους 0.5 m (E=3,25*3,67=11,9275 m^2)
- Νότιος τοίχος πάχους 0,5 m (E=3,99*3,67=11,9275 m^2)
- Δυτικός τοίχος πάχους_1 0,3 m. (E=0,5*3,0=1,5 m^2)
- Δυτικός τοίχος πάχους_2 0,3 m. (E=0,5*3,0=1,5 m^2)
- Βόρειος τοίχος πάχους_1 0,3 m (E=6*3-1*2,2-0,7*1=15.1 m^2)
- Βόρειος τοίχος πάχους_2 0,3 m (E=0.5*3,0=1,5 m^2)

Οι τιμές του συντελ. θερμοπερατότητας U (W/m^2K) από πίνακα 3.4 της 20701-1/2010 για κτίρια προ του 1979 χωρίς θερμομονωτική προστασία λαμβάνονται για αργολιθοδομή με μία όψη ανεπίχριστη U=3.10 W/m^2K σε επαφή με μη θερμαιν.χώρο, αργολιθοδομή με μία όψη ανεπίχριστη U=4.25 W/m^2K σε επαφή με εξωτερικό αέρα και οπτοπλινθοδομή επενδεδυμένη με αργολιθοδομή U=2.10 W/m^2K σε επαφή με εξωτερικό αέρα.

Διαφανείς επιφάνειες:

- Βόρεια πόρτα μεταλλική (E=1,00*2,20=2,20)
- Βόρειο παράθυρο με μονό υαλοπίνακα και ποσοστό πλαισίου 10% (E=1,00*0,7=0,7)

Οι τιμές του συντελ. θερμοπερατότητας U (W/m^2K) από πίνακα 3.12 με ποσοστό πλαισίου 20% και μονό υαλοπίνακα λαμβάνονται U=6.0 W/m^2K, για δάπεδα σε

επαφή με το έδαφος από πίνακα 3,4β, U=3,10 W/m^{2}K και οροφή σε επαφή με αέρα από πίνακα 3,4β, ως κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος U=4,70 W/m^{2}K και E=19.38.

3.2.3. Αποτελέσματα – Θερμικά Φορτία – Ενεργειακή κατανάλωση

Βάσει των ανωτέρω δεδομένων παρήχθησαν από το λογισμικό, μετά την εκτέλεσή του, τα αποτελέσματα που αφορούν την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της Λαμπριάδειου Σχολής σε kWh/m^2.

Πίνακας 2. Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της Λαμπριάδειου Σχολής και ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου

	Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση (kWh/m^2)	**Ενεργειακή κατανάλωση για ΖΝΧ (kWh/m^2)**	**Ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m^2)**	**Ενεργειακή Κατάταξη**
Κτίριο Λαμπριάδειου Σχολής	197.5	26.95	224.45	Γ

Θα μπορούσε κάποιος, βάσει των αποτελεσμάτων του λογισμικού και του παραπάνω πίνακα, να συμπεράνει πως καθώς το κτίριο εντάσσεται στην κατηγορία Γ, τότε πλησιάζει σε μεγάλο βαθμό τις προδιαγραφές των σύγχρονων κτιρίων, τα οποία πρέπει να ανήκουν στην κατηγορία Β. Ωστόσο, στα κτίρια του τριτογενούς τομέα, οι προδιαγραφές του κτιρίου αναφοράς του ΚΕΝΑΚ οδηγούν ώστε ακόμη και κτίρια με χαμηλές προδιαγραφές κτιριακού κελύφους, να κατατάσσονται σε σχετικά υψηλά ενεργειακές κατηγορίες, χωρίς με αυτό τον τρόπο να δίνεται η πραγματική εικόνα της ενεργειακής συμπεριφοράς τους. Βαδίζοντας, λοιπόν, κατά τη μεριά της ασφάλειας, διατυπώνεται μία σειρά προτάσεων, ώστε να επιλυθούν τα ενεργειακά ζητήματα της Σχολής.

4. Προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισης της Λαμπριάδειου Σχολής

4.1. Διαστασιολόγηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας

Η κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών αναγκών της Λαμπριάδειου Σχολής με σύστημα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας καθιστά κρίσιμη την άρτια διαστασιολόγησή τους, συμπεριλαμβανομένων όλων των επιμέρους τμημάτων που το συνιστούν. Οι πιο κρίσιμες παράμετροι είναι η ισχύς της αντλίας και το μήκος του γεωεναλλάκτη. Τα στοιχεία που απαιτούνται, ώστε να είναι πλήρως τεκμηριωμένη η επιλογή των χαρακτηριστικών καθενός εκ των ανωτέρω στοιχείων είναι η γνώση των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου, οι θερμοφυσικές ιδιότητες του υπεδάφους με ιδιαίτερη έμφαση στον προσδιορισμό της θερμικής αγωγιμότητας των υπεδαφικών σχηματισμών, η κατανομή της θερμοκρασίας στο υπέδαφος και η γνώση της θερμικής αγωγιμότητας των αγωγών και του υλικού πλήρωσης των γεωτρήσεων (Φραγκογιάννης, 2011).

Το πρώτο στάδιο, κατά το σχεδιασμό του γεωθερμικού συστήματος, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί η απόκτηση γνώσης των θερμικών ιδιοτήτων του εδάφους προκειμένου να αποφευχθεί η υπό ή υπέρ διαστασιολόγηση της εγκατάστασης. Η θερμοκρασία του υπεδάφους όπου βρίσκεται ο γεωεναλλάκτης μεταβάλλεται περιοδικά κατά την ετήσια λειτουργία του συστήματος, ανάλογα με τη θερμότητα που απορροφάται από το κτίριο ή αποδίδεται σε αυτό και η οποία καθορίζεται από τις ενεργειακές του ανάγκες και την ισχύ της Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας αλλά και από την ικανότητα τμήματος του υπεδάφους, όπου βρίσκεται ο γεωεναλλάκτης, να ανακτά θερμότητα από τον περιβάλλοντα χώρο ή να απορρίπτει θερμότητα σε αυτόν, και αυτή η ικανότητα εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του υπεδάφους και τον όγκο που καταλαμβάνουν οι γεωεναλλάκτες στο υπέδαφος (Φραγκογιάννης, 2011). Όταν η θερμική αγωγιμότητα του υπεδάφους είναι υψηλή, τότε διευκολύνεται η απορρόφηση θερμότητας από το υπέδαφος στους γεωεναλλάκτες ή η αποθήκευση θερμότητας από τους γεωεναλλάκτες προς το υπέδαφος και η αναπλήρωση ή απόρριψη αυτής της θερμότητας στον περιβάλλοντα χώρο του υπεδάφους αποθήκευσης, με αποτέλεσμα τη μικρότερη θερμοκρασιακή διαταραχή και τη

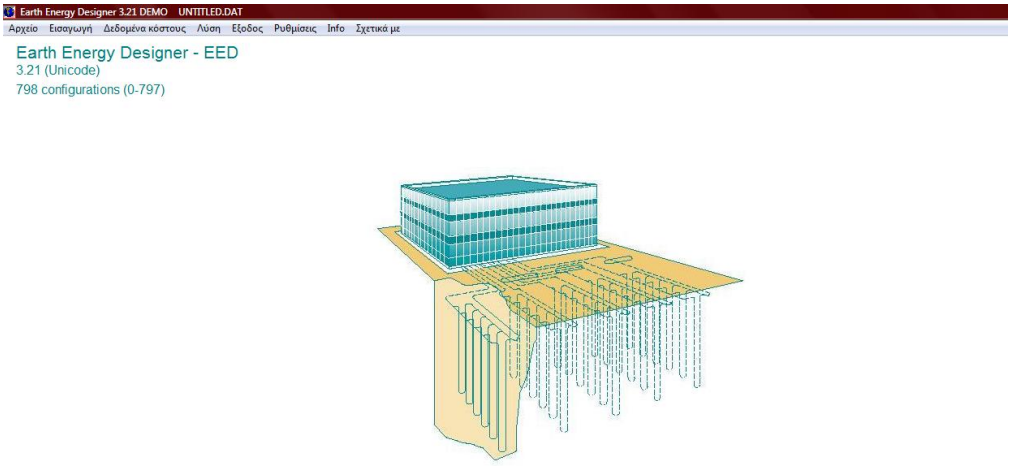
σταθερότερη λειτουργία όλου του συστήματος. Επίσης, η θερμοκρασία εξόδου του ρευστού από τους γεωεναλλάκτες είναι μεγαλύτερη κατά την περίοδο της θέρμανσης και χαμηλότερη κατά την περίοδο της ψύξης με αποτέλεσμα τη βελτίωση του συντελεστή απόδοσης της Γ.Α.Θ και τη μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση του συστήματος (Φραγκογιάννης, 2011) . Αντίθετα, όταν η θερμική αγωγιμότητα είναι χαμηλή, τότε συσσωρεύεται θερμική ενέργεια στο υπέδαφος και αυξάνεται η θερμοκρασία του υπεδάφους με αρνητικές συνέπειες κατά τη λειτουργία της ψύξης (Φραγκογιάννης, 2011).

Παρότι σε μικρές εγκαταστάσεις οι ιδιότητες αυτές μπορούν να εκτιμηθούν εμπειρικά, αυτός ο τρόπος δεν αποτελεί τον ορθότερο. Υπάρχει πληθώρα τρόπων προσδιορισμού της θερμικής αγωγιμότητας των υπεδαφικών σχηματισμών, όπως η εργαστηριακή μέτρηση δειγμάτων, η εφαρμογή θεωρητικών μοντέλων με τη χρήση μαθηματικών τύπων που συνδέουν διάφορες μετρήσιμες φυσικές υπεδαφικές παραμέτρους με τη θερμική αγωγιμότητα, όπως τα μοντέλα κατά De Vries (1963), Tarnawski et al.(2000), Johansen (1975), η εφαρμογή ημιεμπειρικών εξισώσεων μέσω άλλων παραμέτρων (π.χ. η κοκκομετρία, η υγρασία, η πυκνότητα, κ.λ.π), όπως τύποι κατά Kersten (1949), Cambell (1985), κ.α. Η ενδεικνυόμενη διαδικασία είναι η Δοκιμή Θερμικής Απόκρισης (TRT:Thermal Response Test), που είναι ευρύτατα διαδεδομένη από τα τέλη της δεκαετίας του 1990 και εφαρμόζεται σε κατακόρυφους γεωεναλλάκτες. Κατά τη δοκιμή, μία κινητή μονάδα συνδέεται με εγκατεστημένο γεωεναλλάκτη και περιλαμβάνει αντλία θερμότητας, ηλεκτρική αντίσταση, όργανα μετρήσεων και καταγραφέα δεδομένων. Ουσιαστικά, η αντίσταση εισάγεται εντός της οπής του γεωεναλλάκτη που παράγει ένα προκαθορισμένο σταθερό θερμικό φορτίο. Στην έξοδο πραγματοποιείται μέτρηση των θερμοκρασιακών αλλαγών του υγρού που ανακυκλοφορεί εντός του γεωσυλλέκτη και η πτώση της θερμοκρασίας αποδίδεται στην θερμική αγωγιμότητα του εδάφους.

Εικόνα 24: Κινητή μονάδα ελέγχου των θερμοκρασιακών αλλαγών του κυκλοφορούντος υγρού εντός του γεωεναλλάκτη κατά τη δοκιμή θερμικής απόκρισης (πηγή:www.synenergyboreholes.co.uk)

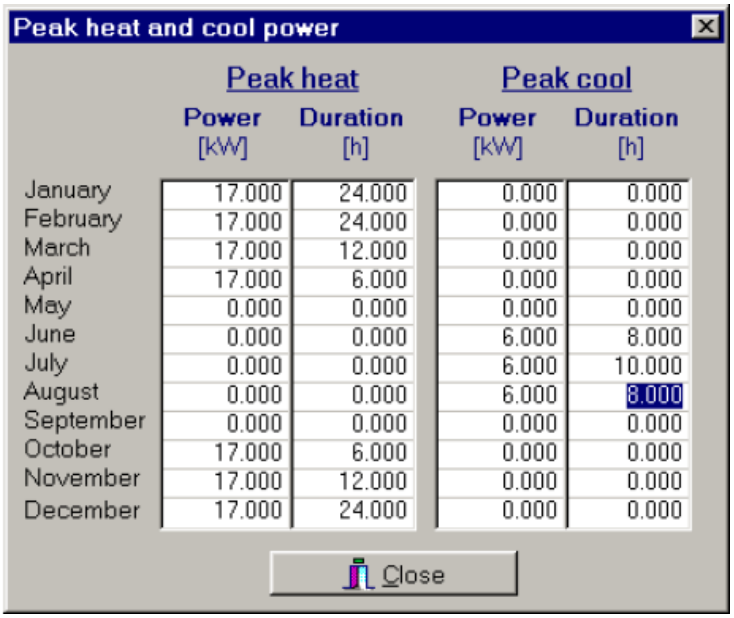
Οι θερμικές ιδιότητες του εδάφους περιγράφονται και ερμηνεύονται πλήρως από τη θερμική αγωγιμότητά του (k), δηλαδή τη συνολική μεταφορά θερμότητας στο υπέδαφος. Η διάρκεια της δοκιμής είναι ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας για τη διεξαγωγή ορθών αποτελεσμάτων, ενώ η παρουσία υδροφόρου ορίζοντα μπορεί να επηρεάσει τα εξαγόμενα αποτελέσματα καθώς λόγω συναγωγής μεταβάλλει τη θερμοκρασία εξόδου του νερού.

Κατά το δεύτερο στάδιο της διαστασιολόγησης καθορίζεται ο τύπος και το μέγεθος του γεωεναλλάκτη. Παρότι η Λαμπρειάδιος Σχολή στα Άνω Πεδινά διαθέτει εκτεταμένο εξωτερικό περίγυρο, επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί κατακόρυφος γεωεναλλάκτης κλειστού τύπου, τύπου U, καθώς η συγκεκριμένη έκταση ενδείκνυται και για άλλες χρήσεις. Το λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας είναι το Earth Energy Designer (EED), το οποίο είναι εύκολο στη χρήση, με γρήγορους χρόνους υπολογισμού και εγγενείς βάσεις δεδομένων. Στηρίζεται σε ένα αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης (SBM) (User Manual EED, Dr. Göran Hellström, Dr. Burkhard Sanner, 30 October 2000).



Εικόνα 25: Μάσκα εισαγωγής των δεδομένων του λογισμικού Earth Energy Designer (EED) (πηγή: User Manual EED)

Τα στοιχεία που ζητούνται να ενταχθούν στη μάσκα εισαγωγής του λογισμικού είναι τα θερμικά και ψυκτικά φορτία σε μηνιαία βάση (monthly base load and peak load), η επιθυμητή διάρκεια της προσομοίωσης (simulation period), η θερμική αγωγιμότητα, η ταχύτητα ροής αλλά και άλλες ιδιότητες του ρευστού εντός του γεωεναλλάκτη. Επίσης ζητούνται όλες οι παράμετροι που περιγράφουν τις ιδιότητες του εδάφους όπως η θερμική αγωγιμότητα, η θερμοπερατότητά του, κ.α (ground properties). Άλλα δεδομένα αφορούν τις οπές, όπως η θερμική αντίστασή τους (Bore hole and heat exchanger και Bore hole thermal resistance), το βάθος, η διάμετρος γεωτρήσεων και η απόσταση μεταξύ τους, ο τύπος σωλήνων, η θερμική αγωγιμότητα και αντίσταση σωλήνων και το υλικό πλήρωσης.



Peak heat and cool power

	Peak heat		Peak cool	
	Power [kW]	Duration [h]	Power [kW]	Duration [h]
January	17.000	24.000	0.000	0.000
February	17.000	24.000	0.000	0.000
March	17.000	12.000	0.000	0.000
April	17.000	6.000	0.000	0.000
May	0.000	0.000	0.000	0.000
June	0.000	0.000	6.000	8.000
July	0.000	0.000	6.000	10.000
August	0.000	0.000	6.000	8.000
September	0.000	0.000	0.000	0.000
October	17.000	6.000	0.000	0.000
November	17.000	12.000	0.000	0.000
December	17.000	24.000	0.000	0.000

Close

Εικόνα 26: Μάσκα εισαγωγής των μηνιαίων θερμικών και ψυκτικών φορτίων βάσης και φορτίων αιχμής 9 (πηγή: User Manual EED)

Οι ιδιότητες του εδάφους (ground properties) που εισάγονται είναι η θερμική αγωγιμότητα των ασβεστολιθικών πετρωμάτων που επικρατούν στην περιοχή, ίση με 2.4 W/(m*K), και η ογκομετρική θερμική ικανότητα ίση με 2.3 MJ/(m^3*K), η θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους λαμβάνεται για την περιοχή του Ζαγορίου Ιωαννίνων ίση με 12° C, ενώ η γεωθερμική τήξη ίση με 0.08 W/m^2. Τα δύο τελευταία στοιχεία ελήφθησαν από τη βιβλιοθήκη του λογισμικού. Όσον αφορά τη διαμόρφωση, επιλέγεται – όπως προαναφέρθηκε – γεωεναλλάκτης τύπου U. Βάσει των αποτελεσμάτων του λογισμικού απαιτούνται 8 γεωτρήσεις, με απόσταση μεταξύ τους 5 m, βάθος γεώτρησης 140 m, σε ορθογώνια διάταξη 4*2 καταλαμβάνοντας μία συνολική έκταση 80 m^2. Όσον αφορά το συντελεστή απόδοσης (COP), προκύπτει 3.5.

4.2. Επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου

4.2.2 Θερμομονωτική κάλυψη του κελύφους

Στις παλαιότερες εποχές, η ανάγκη της πρόβλεψης για θερμομόνωση δεν ήταν τόσο επιτακτική, δεδομένου πως τα μεγάλα πάχη των πλευρικών, πέτρινων τοίχων, τα φυσικά υλικά και τα ενστικτώδη κατασκευαστικά συστήματα που επινοούσε η διαίσθηση του δημιουργού πρωτομάστορα, εξασφάλιζαν στον εσωτερικό χώρο ενός κτιρίου τις συνθήκες εκείνες που θα έκαναν τη διαβίωση – όχι απόλυτα, αλλά σε μεγάλο βαθμό - άνετη. Επίσης, πρόβλημα ψύξης το καλοκαίρι δεν δημιουργούνταν, ενώ οι βαριές κατασκευές του περιβλήματος, η διάταξη των χώρων της κάτοψης και η σύνθεση των όγκων του κτίσματος ρύθμιζαν καθοριστικά τη ροή θερμότητας. Ωστόσο, καθώς οι κατασκευές έγινα πιο σύνθετες και ελαφριές και σε συνδυασμό με την ενεργειακή κρίση που ταλανίζει την Ευρώπη αλλά και τον κόσμο, μία καλή θερμική μόνωση, υπό συνθήκες οικονομικά προσιτές καθίσταται ζωτικής σημασίας καθώς εξασφαλίζει την υγιεινή, άνετη και ευχάριστη διαβίωση, χωρίς να διαταράσσεται το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος, την οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας, με τον περιορισμό των θερμικών απωλειών του κελύφους και την ταυτόχρονη προστασία από θορύβους (καθώς τα περισσότερα θερμομονωτικά υλικά είναι ταυτοχρόνως και ηχομονωτικά) (Φραγκουδάκης, Θεσσαλονίκη, 1985).

Εν προκειμένω, η Λαμπρειάδιος Σχολή ελλείψει θερμομόνωσης, και βάσει των αποτελεσμάτων της ενεργειακής μελέτης της με το λογισμικό του ΤΕΕ – Κε.Ν.Α.Κ, τεκμηριώνει πως η μη ύπαρξη θερμομονωτικής προστασίας, προκαλεί επιπρόσθετη ενεργειακή κατανάλωση. Στην παρούσα ενότητα, θα εξετασθεί το κατά πόσο θα μεταβληθεί η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου, μετά την κατασκευή θερμομονωτικής προστασίας. Λόγω της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής της Σχολής, οι επεμβάσεις στο κέλυφός της περιορίζονται ώστε να εμπίπτουν στην κείμενη νομοθεσία για τους παραδοσιακούς οικισμούς. Όπως έχει περιγραφεί, οι τοιχοποιίες του ισογείου έχουν κατασκευαστεί με αργολιθοδομή, ενώ ο πρώτος όροφος από μπατική τοιχοποιία. Κατά συνέπεια, η κατασκευή της θερμομονωτικής προστασίας ενδείκνυται να πραγματοποιηθεί από την εσωτερική πλευρά των εξωτερικών τοιχοποιιών. Το πάχος της θερμομόνωσης επιλέγεται, για τη Γ' Κλιματική Ζώνη, και σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010, να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κανονισμού, ικανοποιώντας το μέγιστο συντελεστή θερμοπερατότητας και παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 3. Ελάχιστο πάχος θερμομόνωσης δομικών στοιχείων στη Γ'Κλιματική Ζώνη (πηγή:ΤΟΤΕΕ)

	Πάχος θερμομόνωσης (Γ' Κλιματική Ζώνη – Ιωάννινα)
Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα	0,055
Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	0,050
Δάπεδο	0,025

Ως θερμομονωτικό υλικό επιλέγεται η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,031 W/Mk και πυκνότητας 35 kg/m^3.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου n στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_j^n \frac{d_j}{l_j} + R_\delta + R_a}$$

όπου,

U, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου [W/(m^{2}K)],

n, το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

d, το πάχος της στρώσης του δομικού στοιχείου [m],

λ, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης [W/Mk]

Rδ, η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διάκενου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος [m^{2}K/W],

Ra η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον [m^2·K/W].

Η υπολογιζόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου, αναλόγως της θέσης του στο κτίριο, θα πρέπει να προκύπτει μικρότερη ή ίση της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής, όπως αυτή ορίζεται στον πίνακα 3.3 της

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε και παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί. Εάν η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη, θα πρέπει ο έλεγχος να επαναληφθεί, αφού προηγουμένως βελτιωθούν τα θερμομονωτικά χαρακτηριστικά του δομικού στοιχείου:

- με ενδεχόμενη αύξηση του πάχους της θερμομονωτικής στρώσης,
- με αντικατάσταση του θερμομονωτικού υλικού με άλλο (ενδεχομένως και των υλικών άλλων στρώσεων) που θα έχει χαμηλότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ώστε να προκύπτει μικρότερη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας U.

Κατασκευή εξωτερικής τοιχοποιίας ισογείου σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

Πίνακας 4. Ιδιότητες δομικών υλικών εξωτερικής τοιχοποιίας ισογείου σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα – Υπολογισμός συντελεστή θερμοδιαπερατότητας

	d (m)	**λ (W/mK)**	**R=d/λ (m^2K/W)**
Ασβεστοκονίαμα	0,025	0,87	0,029
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	0,055	0,031	1,774
Αργολιθοδομή	0,50	0,45	1,111

Βάσει των ανωτέρω τιμών, προκύπτει ο συντελεστής θερμοπερατότητας των εξωτερικών τοίχων του ισογείου που είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα **U_T= 0.378 W/(m^2K).**

Κατασκευή εξωτερικής τοιχοποιίας ισογείου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο

Πίνακας 5. Ιδιότητες δομικών υλικών εξωτερικής τοιχοποιίας ισογείου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο – Υπολογισμός συντελεστή θερμοδιαπερατότητας

	d (m)	**λ (W/mK)**	**R=d/λ (m^2K/W)**
Ασβεστοκονίαμα	0,025	0,87	0,029
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	0,050	0,031	1,774
Αργολιθοδομή	0,50	0,45	1,111

Βάσει των ανωτέρω τιμών, προκύπτει ο συντελεστής θερμοπερατότητας των εξωτερικών τοίχων του ισογείου που είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα **U_{TU}= 0.354 W/(m^{2}K).**

Κατασκευή εξωτερικής τοιχοποιίας πρώτου ορόφου

Πίνακας 6. Ιδιότητες δομικών υλικών εξωτερικής τοιχοποιίας πρώτου ορόφου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο – Υπολογισμός συντελεστή θερμοδιαπερατότητας.

	d (m)	**λ (W/mK)**	**R=d/λ (m^{2}K/W)**
Ασβεστοκονίαμα	0,025	0,87	0,029
Διάτρητοι οπτόπλινθοι	0,1	0,45	0,222
Διάτρητοι οπτόπλινθοι	0,1	0,45	0,222
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	0,055	0,031	1,774
Ασβεστοκονίαμα	0,025	0,87	0,029

Βάσει των ανωτέρω τιμών, προκύπτει ο συντελεστής θερμοπερατότητας των εξωτερικών τοίχων του πρώτου ορόφου που είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα **U_T= 0.449 W/(m^{2}K).**

Κατασκευή στοιχείων από Ο/Σ (δοκός, υποστύλωμα, τοιχείο)

Πίνακας 7. Ιδιότητες δομικών υλικών στοιχείων Ο/Σ ισογείου και πρώτου ορόφου σε επαφή– Υπολογισμός συντελεστή θερμοδιαπερατότητας.

	d (m)	**λ (W/mK)**	**R=d/λ (m^{2}K/W)**
Ασβεστοκονίαμα	0,025	0,87	0,029
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.25/0.40/0.25	2,50	0,1/0,16/0,1
Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	0,055	0,031	1,774
Ασβεστοκονίαμα	0,025	0,87	0,029

Βάσει των ανωτέρω τιμών, προκύπτει ο συντελεστής θερμοπερατότητας των εξωτερικών τοίχων του πρώτου ορόφου που είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα **U_T= 0.405 W/(m^{2}K).**

4.2.3. Αντικατάσταση κουφωμάτων

Η συνεισφορά των κουφωμάτων στο ενεργειακό ισοζύγιο ενός κτιρίου είναι καθοριστικής σημασίας, συναγωνιζόμενη σε μεγάλο βαθμό, τη σημασία που έχει για μία κατασκευή και η δομή του κελύφους, αλλά και τα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Στη σύγχρονη εποχή, η άφιξη νέων αυτοματοποιημένων τεχνολογιών ακριβείας, καθώς και η αφοσίωση στην παραγωγή κουφωμάτων με δομική και αισθητική αρτιότητα, έχουν επιτρέψει την παραγωγή κουφωμάτων με υψηλότατες προδιαγραφές. Τα κουφώματα αυτά διαφοροποιούνται ριζικά από αυτά παραδοσιακής-βιοτεχνικής φύσης και έχουν επιτύχει μία σημαντική αναστροφή των ελληνικών αγοραστικών τάσεων στον κλάδο των κουφωμάτων, με πιο φιλικό περιβαλλοντικά, προσανατολισμό (Dr.Λώρενς Πεταλίδη, Σεπτέμβριος – Οκτώβριος 2006).

Η κατασκευή ξύλινων αλλά και μεταλλικών κουφωμάτων στην Ελλάδα και στο εξωτερικό έχει σαφείς τεχνικούς και τεχνολογικούς περιορισμούς με άμεσο αντίκτυπο στην κατασκευαστική ακρίβεια και λειτουργική αξιοπιστία του τελικού προϊόντος. Συνεπώς, κατά τον ενεργειακό σχεδιασμό ενός άρτια ενεργειακού κτιρίου, τα κουφώματα και οι ιδιότητές τους, πρέπει να είναι ακριβή, κατάλληλα και ορθά διαστασιολογημένα.

Τα υφιστάμενα κουφώματα της Λαμπριάδειου Σχολής είναι ξύλινα με μονό υαλοπίνακα, με μεγάλες φθορές και χωρίς να έχουν υποστεί κανενός είδος παρεμβάσεις συντήρησης καθόλη τη διάρκεια ζωής τους. Κατά συνέπεια, η αντικατάσταση τους κρίνεται υψίστης σημασίας. Τα κουφώματα με συστήματα θερμοδιακοπής συμβάλλουν στην αισθητή βελτίωση των θερμομονωτικών ιδιοτήτων του προφίλ και του κουφώματος, βοηθούν στην καλύτερη απόδοση ηχομονωτικών και μηχανικών ιδιοτήτων του προφίλ, αποτρέπουν την υγροποίηση των υδρατμών, που δημιουργεί πράσινους τοίχους ή μούχλα, μειώνεται η μεταφορά θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό και αντίστροφα και ελαττώνεται το κόστος θέρμανσης και κλιματισμού. Ο συνδυασμός θερμομονωτικού κουφώματος και ενεργειακού τζαμιού, είναι αυτός που μεγιστοποιεί την ενεργειακή απόδοση του κουφώματος, εξοικονομώντας ενέργεια και χρήματα για θέρμανση και ψύξη.

Επιλέγονται να χρησιμοποιηθούν κουφώματα με διπλούς υαλοπίνακες με διάκενο 6 mm, με θερμοδιακοπή 12 mm και ποσοστό πλαισίου 30%, ενώ η υφή και η αισθητική τους θα πρέπει να συμβαδίζει και να συμπληρώνει αρμονικά την ιδιαίτερη

αρχιτεκτονική και αισθητική της Σχολής. Βάσεις των παραπάνω χαρακτηριστικών, υπολογίζονται τα μεγέθη που πρέπει να εισαχθούν στο λογισμικό της ενεργειακής μελέτης.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας Uw καθενός από τα παραπάνω ανοίγματα υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f U_f + A_g U_g + I_g \Psi_g}{A_w}$$

όπου,

A_f η επιφάνεια του πλαισίου (m^2),

U_f ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου κουφώματος (W/m^2K),

A_g η επιφάνεια του υαλοπίνακα (m^2),

U_g ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα (W/m^2K),

I_g το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (περίμετρος κουφώματος) (m),

Ψ_g ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (W/mK),

A_w το εμβαδό επιφάνειας του κουφώματος (m^2)

4.3. Αποτελέσματα λογισμικού ΤΕΕ – Κ.Εν.Α.Κ

Όπως αναφέρθηκε κατά την περιγραφή του, το λογισμικό του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ προσδιορίζει την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ενός υπό μελέτη κτιρίου, τις επιμέρους καταναλώσεις ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση, ψύξη και ΖΝΧ αλλά και το κατατάσσει ενεργειακά, σύμφωνα με τα δεδομένα εισαγωγής και βάσει των κλιματικών δεδομένων της πόλης των Ιωαννίνων σε μία περιοχή άνω των 500 m υψόμετρο.

Η υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου, προ κάθε είδους επεμβάσεων, υποδηλώνει ένα κτίριο που ανήκει στην ενεργειακή κατηγορία Γ και έχει ζήτηση για κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ύψους 197,5 kWh/m^2, ενώ για το κτίριο αναφοράς η αντίστοιχη ζήτηση είναι 164,1 kWh/m^2. Η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου πραγματοποιείται βάσει του λόγου της ενεργειακής κατανάλωσης, ανηγμένης σε πρωτογενή ενέργεια, προς την αντίστοιχη ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου

αναφοράς. Εν προκειμένω, ο λόγος αυτός κυμαίνεται για την κατηγορία Γ μεταξύ των τιμών 1.00 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.41. Κ.Α. Το μεγαλύτερα ποσοστά της καταναλισκόμενης ενέργειας καταλαμβάνουν οι ανάγκες για την ικανοποίηση των θερμικών και ψυκτικών αναγκών, ενώ μικρότερο ποσοστό καταναλώνεται για την εξασφάλιση ΖΝΧ (Ζεστού Νερού Χρήσης).

Η Λαμπρειάδιος Σχολή είναι ένα κτίριο, το οποίο «πάσχει» στο κέλυφος του. Ελλείψει θερμομόνωσης αλλά και κουφωμάτων, τα οποία δεν πληρούν τις απαραίτητες προδιαγραφές για την προστασία του κτιρίου, το κτίριο είναι εκτεθειμένο στις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, καθιστώντας τις επεμβάσεις άκρως απαραίτητες στην πορεία για την ενεργειακή του αναβάθμιση.

Ως πρώτη και σημαντικότερη προτεινόμενη επέμβαση, είναι η εισαγωγή της αντλίας θερμότητας, σύμφωνα με τη διαστασιολόγηση που προηγήθηκε, αντί του συμβατικού λέβητα πετρελαίου. Στη συνέχεια, τοποθετώντας εσωτερικά το ελάχιστο πάχος θερμομονωτικής προστασίας, ήτοι 5mm αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης, όπως προβλέπεται για την κλιματική ζώνη Γ, και αντικαθιστώντας τα διαπερατά, μη αποδοτικά κουφώματα με ενεργειακά μεταλλικά κουφώματα διπλού υαλοπίνακα με διάκενο 6 mm και θερμοδιακοπή, αλλάζει σε μεγάλο βαθμό το ενεργειακό καθεστώς. Πραγματοποιώντας τις δύο αυτές επεμβάσεις, η πρωτογενής ενέργεια μειώνεται στα 126,8 kWh/m^2, γεγονός που αναβαθμίζει το κτίριο, κατόπιν των επεμβάσεων, στην Β' ενεργειακή κατηγορία (0.75 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.00. Κ.Α) μειώνοντας σημαντικά την καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση. Το αποτέλεσμα αυτό, φανερώνει τη σημαντικότητα της ορθής διάταξης των υλικών του κελύφους. Θεωρείται αυτονόητο πως όλες οι επεμβάσεις (κουφώματα, θερμομόνωση, επισκευή τυχουσών ρηγματώσεων) θα πρέπει να συνάδουν αισθητικά με το υφιστάμενο αρχιτεκτονικό ύφος της Σχολής. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, πως το ενδεχόμενο να χρησιμοποιηθεί αντλία θερμότητας, χωρίς καμία μεταβολή στα δομικά στοιχεία του κελύφους δεν εξετάζεται ξεχωριστά, καθώς δεν είναι ορθολογικό να επενδύει κανείς σε προηγμένα ενεργειακά συστήματα, χωρίς να έχει εξασφαλίσει την αποφυγή των διαρροών θερμότητας από το κτίριο. Συγκεντρωτικά, τα εξαγόμενα αποτελέσματα εμφανίζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 8. Ετήσιες απαιτήσεις πρωτογενούς ενέργειας της Λαμπριάδειου Σχολής και ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου βάσει των επεμβάσεων.

	Υφιστάμενη κατάσταση	**Επεμβάσεις κελύφους**	**Επεμβάσεις κελύφους + εγκατάσταση αντλίας θερμότητας**
Απαιτήσεις πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης (kWh/m^2*year)	197,5	143,2	137,2
Ενεργειακή κατάταξη	Γ	Β	Β

Κατά συνέπεια, είναι εμφανές πως ετήσια η Σχολή παρουσιάζει 27,6% εξοικονόμηση στην κατανάλωση της πρωτογενούς ενέργειας, κατά την κάλυψη των αναγκών της μετά τις επεμβάσεις στο κέλυφος και 30.5% κατόπιν των επεμβάσεων στο κέλυφος και της εγκατάστασης της αντλίας θερμότητας.

4.4. Οικονομική αξιολόγηση επεμβάσεων

Κάθε πραγματοποιηθείσα επέμβαση επί μίας κατασκευής πρέπει να μεταφράζεται σε οικονομικούς όρους, ώστε να τοποθετείται στη σύγχρονη πραγματικότητα. Επιπλέον, με τον όρο απόσβεση νοείται η μείωση της αξίας ενός παγίου, εν προκειμένω των επεμβάσεων στο κέλυφος και της αντλίας θερμότητας, είτε λόγω φυσικής φθοράς, είτε λόγω τεχνολογικής απαξίωσης, και ο χρόνος απόσβεσης επιχειρείται να προσδιοριστεί.

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων μέσω του λογισμικού ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, εφαρμόζεται η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790, και των υπολοίπων σχετικών προτύπων (ΤΕΕ, 2014). Τα μοντέλα ενεργειακής ανάλυσης κτιρίων που χρησιμοποιούν τη μέθοδο ημι-σταθερής κατάστασης, συνυπολογίζουν εν μέρει μεταβατικά φαινόμενα (επιπτώσεις διακοπτόμενης

λειτουργίας συστημάτων θέρμανσης, λειτουργία κτιριακού κελύφους ως αποθήκη θερμότητας) στη βάση απλοποιητικών παραδοχών.

Οικονομική αξιολόγηση επεμβάσεων κελύφους

Η τοποθέτηση της εσωτερικής θερμομόνωσης στις εξωτερικές τοιχοποιίες της Σχολή, πάχους 0,55 mm (ελάχιστο πάχος θερμομόνωσης για την Γ' Κλιματική Ζώνη, κατά την ΤΟΤΕΕ),θα πραγματοποιηθεί σε μία επιφάνεια της τάξεως των 712,63 m^2. Η σειρά των εργασιών περιλαμβάνει τον καθαρισμό των επιφανειών, την τοποθέτηση του μεταλλικού οδηγού και την τοποθέτηση των πλακών κατά οριζόντια διάταξη. Λαμβάνοντας ως μέση τιμή από τρεις ενεργές βιομηχανίες παραγωγής θερμομονωτικών υλικών, συμπεριλαμβανομένων των εργασιών, ως κόστος ,θερμομονωτικής προστασίας λαμβάνεται 6,36 €/m^2. Κατά συνέπεια, το συνολικό κόστος θερμομονωτικής προστασίας είναι 4.532,33 €.

Οι υπόλοιπες εργασίες συνίστανται στην αγορά των υλικών του ασβεστοκονιάματος – πέραν του θερμομονωτικού υλικού, που υπολογίστηκε ανωτέρω -, στη μεταφορά και στις εργασίες τοποθέτησής τους. Λαμβάνοντας υπόψη τις τρέχουσες τιμές αγοράς, υπολογίζεται το συνολικό κόστος των εργατικών και εργασιών τοποθέτησης ως 5.5 €/m^2. Κατά συνέπεια, το συνολικό κόστος των υλικών πλήρωσης και τελικής κατασκευής των εξωτερικών τοιχοποιιών και των στοιχείων σκυροδέματος ανέρχεται σε 3919.46 €.

Όσον αφορά, τα ενεργειακά κουφώματα των χαρακτηριστικών που περιγράφηκαν παραπάνω, η συνολική επιφάνεια κάλυψης των διαφανών στοιχείων είναι της τάξεως των 58.105 m^2, καθώς πρόκειται για εφτά μπαλκονόπορτες διαστάσεων 2.2x1.175 m^2, οχτώ παράθυρα διαστάσεων 1.5x1.4 m^2, έξι παράθυρα διαστάσεων 0.6x1.1 m^2, 10 παράθυρα στο ισόγειο διαστάσεων 1.85x0.7 m^2 και εφτά παράθυρα διαστάσεων 1.5x0,6 m^2. Επιλέγοντας τα κουφώματα απομίμησης ξύλου και το κόστος των ημερομισθίων του εργατικού δυναμικού, το κόστος ανέρχεται σε 33.135 €. Άρα, το σύνολο των εξωτερικών επεμβάσεων φθάνει τις **41.586 €**.

Οικονομικά στοιχεία κατανάλωσης με χρήση ΓΑΘ

Βάσει της οικονομοτεχνικής μελέτης που διεξάγεται από το λογισμικό, προκύπτει πως για την υφιστάμενη κατάσταση της Σχολής η τελική ενεργειακή κατανάλωση

είναι 58 kWh/m^2 στο σύνολο του κτιρίου για θέρμανση και 35,6 kWh/m^2 μόνο για τη θερμική ζώνη των ξενώνων για το ΖΝΧ που εξασφαλίζεται εξ'ολοκλήρου μέσω ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Με συντελεστές απόδοσης του λέβητα 0.915, συντελεστή απόδοσης του δικτύου διανομής 0.955, συντελεστή απόδοσης ηλεκτρικών θερμαντήρων 1, οι τελικές καταναλώσεις ανάγονται σε 75.838,48 kWh και 45.549,14 kWh αντίστοιχα. Λαμβάνοντας τη θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου 10.06 kWh/λίτρο, παρούσα τιμή ανά λίτρο πετρελαίου ίση με 0.9 € και κόστος ηλεκτρικού ρεύματος 0,16 €/kWh, το συνολικό κόστος για θέρμανση και ΖΝΧ είναι αθροιστικά 14.072,46 €.

Η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την ορθή και αποδοτική λειτουργία της αντλίας θερμότητας οφείλει να καλύπτει τη ζήτηση των 75.838,46 kWh για θέρμανση αλλά και τη ζήτηση των 45.549,46 kWh για ΖΝΧ, δηλαδή 121.387,6 kWh. Έχοντας συντελεστή απόδοσης COP της αντλίας θερμότητας ίσο με 3.5, και λαμβάνοντας το επίπεδο του κόστους του ηλεκτρικού ρεύματος 0,16 €/kWh, η κατανάλωση της αντλίας προκύπτει 34.682,17 kWh, με συνολικό κόστος 5.549,15 €. Συνεπώς η εγκατάσταση μιας αντλίας θερμότητας αποφέρει εξοικονόμηση ύψους 8.523,31 € στο ετήσιο κόστος θέρμανσης του κτιρίου, που αντιστοιχεί σε ποσοστό 60,5%. Παράλληλα, με την αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου με αντλία θερμότητας εμφανίζεται μεταβολή στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Οι εκπομπές μέσω συστήματος λέβητα πετρελαίου είναι 55,5 kg/m^2 , ενώ με την αντλία θερμότητας η ποσότητα μειώνεται σε 47,9 kg/m^2, δηλαδή κατά ένα ποσοστό 13,6%, τεκμηριώνοντας κατά αυτό τον τρόπο τον περιβαλλοντικά φιλικό χαρακτήρα της γεωθερμίας.

Οικονομική εκτίμηση γεωθερμικής εγκατάστασης

Κατά την εγκατάσταση μίας Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας απαιτείται να πραγματοποιηθεί ένα σύνολο εργασιών, οι οποίες πραγματοποιούνται στο πλαίσιο ενός ορθού σχεδιασμού. Η σειρά των εργασιών περιλαμβάνει τις χωματουργικές εργασίες, την τοποθέτησή του γεωεναλλάκτη μέσω του γεωτρητικού συγκροτήματος, την εγκατάσταση του κυκλοφορητή, των διατάξεων ασφαλείας, αυτοματισμού και ελέγχου, την τροφοδοσία με δίκτυο ρεύματος, τις τοποθετήσεις συγκολλητικού και μονωτικού υλικού, τις δοκιμές, τις μετρήσεις και τις διαδικαστικές ενέργειες, όπως η

σύνταξη τευχών δημοπρασίας, η μελέτη και τον προσδιορισμό του ακριβούς μεγέθους της αντλίας, κ.α.

Κατά το πρώτο στάδιο των εργασιών, τιμολογούνται οι γεωτρήσεις κατά 39,9 €/m, με συνολικό μήκος 1.120 m (8*140), όπως υπολογίσθηκαν κατά τη διαστασιολόγηση. Επιπρόσθετα, τιμολογείται η τοποθέτηση των σωλήνων και η πλήρωση με θερμοαγώγιμο υλικό, η οποία κοστίζει 16€/m. Το δίκτυο που συνδέει τις γεωτρήσεις με το μηχανοστάσιο περιλαμβάνει τις σωληνώσεις, τη συνδεσμολογία τύπου «reverse-return», την όδευση προς την αντλία θερμότητας και τις υδραυλικές εργασίες.

Ο συλλέκτης που επιλέγεται να τοποθετηθεί είναι τύπου PP-R, πολυπροπυλενίου και στο κόστος αυτού συμπεριλαμβάνονται τα υλικά (βάνες, βαλβίδες) και η ανθρώπινη εργασία. Το κόστος μηχανοστασίου περιλαμβάνει το κόστος των 3 κυκλοφορητών (εδάφους, αντλίας - δοχείου αδρανείας και συστήματος διανομής), τα κόστη των δοχείων αδρανείας και διαστολής, τα κόστη ηλεκτρικού πίνακα, βανών και μονώσεων και τέλος τη μηχανική μονάδα αντλίας θερμότητας, με δύο συμπιεστές. Απαραίτητες χωματουργικές εργασίες είναι οι εκσκαφές και οι διαμορφώσεις πριν και μετά την εγκατάσταση, για την κατάλληλη διαμόρφωση του εδαφικού χώρου. Τέλος, ένα σημαντικό κόστος συνιστά η μεταφορά του γεωτρύπανου με το σύνολο του γεωτρητικού εξοπλισμού από την αποθήκη του αναδόχου της εκτέλεσης του έργου μέχρι το εργοτάξιο καθώς και την αντίστροφη κίνηση για την αποκόμιση μετά το τέλος της εργασίας.

Πίνακας 10. Συνολικό εκτιμώμενο κόστος εγκατάστασης Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας

Εργασία	**Κόστος (€)**
Επιτόπια αποτύπωση - Ενεργειακή επιθεώρηση	4.000
Μελέτη εγκατάστασης και λειτουργίας Γ.Α.Θ	2.500
Διαδικασία δημοπράτησης	500
Σύνταξη φακέλου ΕΣΠΑ	2.000
Λειτουργικά έξοδα (μετακινήσεις, κ.α.)	4.000
Γεωτρήσεις	44.688
Τοποθέτηση σωλήνων και πλήρωση με θερμοαγώγιμο υλικό	17.920
Εγκατάσταση δικτύου και συνδεσμολογίας	8.000
Τοποθέτηση συλλέκτη	3.000

Λειτουργία μηχανοστασίου	48.000
Χωματουργικές εργασίες	5.000
Μεταφορά και απομάκρυνση γεωτρητικού συστήματος	1.800
Συνολικό Κόστος	**141.408**

Ως συνολικό κόστος του έργου λαμβάνεται το άθροισμα του κόστους των επεμβάσεων στο κέλυφος και του κόστους της γεωθερμικής εγκατάστασης, ήτοι **182.994 €.**

Πίνακας 11. Συνολικό κόστος προτεινόμενων επεμβάσεων

	Κόστος (€)
Επεμβάσεις στο κέλυφος	41.586
Γεωθερμική εγκατάσταση	141.408

Οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης

Η χρηματοοικονομική ανάλυση στοχεύει στην αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων και στον υπολογισμό των ταμειακών ροών που θα προκύψουν από την υλοποίηση αυτών, ώστε να δοθεί μία περιγραφή των αναμενόμενων αποτελεσμάτων (εσόδων και εξόδων) της επένδυσης. Η ταμειακή ροή αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο λειτουργίας, συνήθως ετήσια, και ορίζεται από τη διαφορά της ταμειακής εισροής και της ταμειακής εκροής. Ωστόσο, καθώς οι ταμειακές ροές δεν πραγματοποιούνται κατά την ίδια χρονική στιγμή αλλά σε διαφορετικές, απαιτείται η αναγωγή όλων των ταμειακών ροών στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή με σκοπό να υπολογιστεί η παρούσα αξία τους (Καλιαμπάκος Δ. – Δαμίγος Δ., 2008).

Βασικά κριτήρια αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό είναι:

- το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value – NPV)
- το κριτήριο της Εσωτερικής Απόδοσης επί του Κεφαλαίου (Internal Rate of Return –IRR)

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) ορίζεται ως η διαφορά της παρούσας αξίας των ετήσιων εισοδημάτων μείον την παρούσα αξία των ετήσιων εξόδων,

συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων. Στην πράξη κι εφόσον έχει καταστρωθεί ο πίνακας των ταμειακών ροών, η ΚΠΑ υπολογίζεται ως η διαφορά των χρηματικών εισροών (καθαρών ταμειακών ροών μετά φόρων) μείον το κόστος των επενδύσεων, όπως, δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$KΠA = \sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{KTP}{(1+\varepsilon)^{\tau}} - E_o$$

,όπου:

- ΚΠΑ = η Καθαρά Παρούσα Αξία του σχεδίου
- ΚΤΡ = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τ
- Ε0= η αρχική επένδυση το χρόνο τ=0
- ν = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου
- ε = το επιτόκιο προεξόφλησης

Όταν το επιτόκιο προεξόφλησης για μια συγκεκριμένη χρηματοροή αυξάνει, η ΚΠΑ αξία της χρηματοροής μειώνεται. Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (ΕΒΑ) του κεφαλαίου μπορεί να οριστεί ως το επιτόκιο προεξόφλησης που μηδενίζει τη χρηματοροή, δηλ. εκείνο το επιτόκιο που εξισώνει την αρχική επένδυση με την αξία όλων των μελλοντικών ταμιακών ροών. Η διαφορά μεταξύ του επιτοκίου που δίνεται από τον ΕΒΑ και του επιτοκίου της προεξόφλησης έγκειται στο γεγονός ότι το πρώτο προσδιορίζεται από τα χαρακτηριστικά του πίνακα των ταμειακών ροών (για το λόγο αυτό καλείται και εσωτερική απόδοση) ενώ το επιτόκιο προεξόφλησης καθορίζεται εξωγενώς από τον επενδυτικό φορέα. (Καλιαμπάκος & Δαμίγος, 2008)

Ο τύπος που δίνει τον ΕΒΑ είναι ο ακόλουθος:

$$KΠA = 0 = \sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{KTP}{(1+EBA)^{\tau}} - E_o$$

όπου:

- ΚΤΡ = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τ
- Ε0 = η αρχική επένδυση το χρόνο τ=0
- ν = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου
- ΕΒΑ = το επιτόκιο προεξόφλησης που καθιστά την ΚΠΑ = 0

Όταν εξετάζεται ένα εναλλακτικό σχέδιο ανεξάρτητα από εναλλακτικές επιλογές, τότε οι όροι αποδοχής ή απόρριψής του σε σχέση με τα δύο αυτά κριτήρια διαμορφώνονται ως εξής:

1. Για την Καθαρά Παρούσα Αξία
    - ΚΠΑ > 0, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
    - ΚΠΑ = 0, το οικονομικό αποτέλεσμα της επένδυσης είναι οριακό
    - ΚΠΑ < 0, η επένδυση απορρίπτεται
2. Για τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης του κεφαλαίου:
    - ΕΒΑ > από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
    - ΕΒΑ = με το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση θεωρείται οριακή, εφαρμόζεται όταν δεν υπάρχει καλύτερη εναλλακτική λύση
    - ΕΒΑ < από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης, η επένδυση απορρίπτεται.

Εν προκειμένω, στην παρούσα εργασία, η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) και ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (ΕΒΑ) παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί. Στον πίνακα αυτό, γίνεται η παραδοχή πως το αρχικό κεφάλαιο εγκατάστασης της αντλίας θερμότητας, αλλά και των επεμβάσεων του κελύφους εξασφαλίζεται μέσω επιδότησης καθώς είναι αρκετά υψηλό, που η επένδυση θα καταστεί μη βιώσιμη εξ' αρχής. Αντίθετα, ως κόστος προετοιμασίας έργου λαμβάνεται το κόστος προετοιμασίας του φακέλου (από τον πίνακα 10), το οποίο ανέρχεται σε 13.000 €. Σε αντίθετη περίπτωση, θα ελεγχθεί το ποσοστό του αρχικού κεφαλαίου που θα έπρεπε να επιδοτηθεί. Το ύψος της επιδότησης προσδιορίζεται στη συνέχεια, μέσω της ανάλυσης «νεκρού σημείο» του κεφαλαίου.

Πίνακας 12. Πίνακας ταμειακών ροών επένδυσης επεμβάσεων στο κέλυφος

Πίνακας Ταμειακών Ροών	
Διάστημα Σχεδιασμού έργου	20 έτη
Κόστος προετοιμασίας έργου	41.586 €
Επιτόκιο προεξόφλησης	6%
Ετήσιο όφελος	1.594,42 €
Ετήσιο Κόστος	0 €
Ετήσια ταμειακή ροή	1.594,42 €
ΚΠΑ	4.990,32 €
ΕΒΑ	91%

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας ως προς την απόδοση της επένδυσης είναι το «νεκρό σημείο» (break-even point) της μεταβλητής του «κεφαλαίου», δηλαδή το ποσό που μπορεί να επενδυθεί ώστε να έχουμε οριακή βιωσιμότητα της επένδυσης και για το οποίο η Καθαρή Παρούσα αξία μηδενίζεται. Το ποσό που μπορεί να επενδυθεί ως αρχικό κεφάλαιο, δηλαδή το κεφάλαιο που μηδενίζει την παρούσα αξία, για την υλοποίηση του έργου είναι 4.990,32 €, το οποίο σημαίνει πως απαιτείται επιδότηση ύψους 12,4% για να καταστεί βιώσιμη η επένδυση.

Πίνακας 13. Πίνακας ταμειακών ροών επένδυσης εγκατάστασης ΓΑΘ

Πίνακας Ταμειακών Ροών	
Διάστημα Σχεδιασμού έργου	20 έτη
Κόστος προετοιμασίας έργου	13.000 €
Επιτόκιο προεξόφλησης	6%
Ετήσιο όφελος	8.523,31 €
Ετήσιο Κόστος	400 €
Ετήσια ταμειακή ροή	8.123,31 €
ΚΠΑ	93.000 €
ΕΒΑ	53%

Το ποσό που μπορεί να επενδυθεί ως αρχικό κεφάλαιο, δηλαδή το κεφάλαιο που μηδενίζει την παρούσα αξία, για την υλοποίηση του έργου είναι 93.000 €. Το

τελευταίο μεταφράζεται ως το ότι απαιτείται επιδότηση 50.8% του συνολικού κόστους του έργου προκειμένου η επένδυση να είναι οριακά βιώσιμη.

Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει η επιρροή της παρουσίας ψυκτικών φορτίων, παράλληλα με τις ανάγκες για θέρμανση και ΖΝΧ, τόσο στην απόδοση του συστήματος της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, όσο και στο λειτουργικό κόστος του συστήματος. Η παρουσία ψυκτικών φορτίων λειτουργεί ελαφρυντικά ως προς τη μείωση της θερμοκρασίας του εδάφους κατά τον κύκλο θέρμανσης, καθώς μέσω της λειτουργίας του γεωεναλλάκτη για ψύξη, το έδαφος λειτουργεί σαν αποδέκτης θερμότητας και έτσι «φορτίζεται θερμικά» προκειμένου να ακολουθήσει περίοδος θέρμανσης με υψηλότερη αρχική θερμοκρασία εδάφους και μεγαλύτερη απόδοση του συστήματος.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου για ψύξη, με βάση το λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ.

Πίνακας 14. Πίνακας ενεργειακής κατανάλωσης για ψύξη

	Ενέργεια (kWh/m^2)	**Εμβαδό (m^2)**	**Ενεργειακή κατανάλωση (kWh)**
Κτίριο Λαμπριάδειου Σχολής	26.8	1307,58	35.042,61

Η τυπική τιμή της απόδοσης (EER) του υπάρχον συστήματος για ψύξη (Φαν κόιλς) είναι 2,5. Συνεπώς απαιτείται κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 14.017,04 kWh , δηλαδή (λαμβάνοντας, όπως προηγουμένως, 0,16 €/kWh) κόστος 2.242,73 € ετησίως για την κάλυψη των ψυκτικών αναγκών του συγκροτήματος. Η συνολική δαπάνη για τη λειτουργία του υπάρχοντος συστήματος ως έχει, συμπεριλαμβανομένων και των ψυκτικών αναγκών του κτιρίου, ανέρχεται σε 16.315,19 €.

Στην περίπτωση της χρήσης γεωθερμικής αντλίας θερμότητας για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση, ψύξη και ΖΝΧ, ο συντελεστής απόδοσης του συστήματος είναι COP=4, για τους λόγους που προαναφέρθηκαν. Κατά συνέπεια, αθροιστικά για θέρμανση, ΖΝΧ και ψύξη με χρήση ΓΑΘ καταναλώνονται 33.851,17 kWh, με κόστος 5.416,19 €, οδηγώντας σε ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας ίσο με 66.8%. Κατά

αντιστοιχία του προηγούμενου ελέγχου βιωσιμότητας της επένδυσης της εγκατάστασης, καταρτίζεται ο πίνακας των ταμειακών ροών.

Πίνακας 15. Πίνακας ταμειακών ροών επένδυσης συμπεριλαμβανομένων των ψυκτικών φορτίων

Πίνακας Ταμειακών Ροών	
Κόστος λειτουργίας	5.416,19 €
Εξοικονόμηση	66.8%
Ετήσιο όφελος	10.899 €
Ετήσιο Κόστος	400 €
Ετήσια ταμειακή ροή	10.499 €
ΚΠΑ	120.000 €
ΕΒΑ	71%

Η παρουσία ψυκτικών φορτίων δρα σημαντικά στην ενεργειακή εξοικονόμηση με χρήση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, καθώς εξασφαλίζει το συντελεστή απόδοσης του συστήματος λόγω της «θερμικής επαναφόρτισης» του εδάφους που επιτυγχάνεται κατά τη λειτουργία ψύξης των χώρων. Η ενεργειακή εξοικονόμηση σε αυτή την περίπτωση υπολογίζεται μεγαλύτερη (66.5%) από τις περιπτώσεις λειτουργίας για κάλυψη μόνο θερμικών φορτίων και ΖΝΧ των τριών σεναρίων που αναφέρθηκαν παραπάνω, ομοίως και η Καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης και ο Εσωτερικός βαθμός απόδοσης, με αποτέλεσμα αυτό να καθιστά την επένδυση πιο συμφέρουσα. Ωστόσο, στην περίπτωση αυτή, η επιδότηση οφείλει να καλύπτει το 65.5% της αρχικής επένδυσης.

Η πραγματικότητα, ωστόσο, είναι πως οι ανάγκες για ψύξη του κτιρίου είναι ελάχιστες έως μηδενικές. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να αναζητηθεί ένας άλλος τρόπος «θερμικής φόρτισης» του εδάφους, ο οποίος πέραν αυτού του επικουρικού του ρόλου, θα συνεισφέρει και στην ανακούφιση της κατασκευής, έστω σε μικρό βαθμό από την εξάρτηση από την κύρια πηγή ενέργειας. Η προτεινόμενη λύση είναι η τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών, οι οποίοι θα συνδέονται απευθείας με τους γεωεναλλάκτες, για την θέρμανση του εδάφους. Ο τρόπος λειτουργίας τους και η διαστασιολόγησή τους θα αναλυθούν στην επόμενη παράγραφο.

Το γεγονός ότι τα μέγιστα ψυκτικά φορτία το καλοκαίρι συμπίπτουν με την υψηλή διαθεσιμότητα ηλιακής ενέργειας προσφέρει μια πολύ καλή ευκαιρία για τη χρήση

των ηλιακών θερμικών συστημάτων, σε συνδυασμό με θερμικούς ψύκτες. Κατά την ηλιακή θέρμανση, η υπεδαφική αποθήκη θερμότητας που έχει συλλεχθεί μέσω των ηλιακών συλλεκτών μεταφέρει στο εσωτερικό του κτηρίου, μέσω της αντλίας θερμότητας, την ενέργεια που έχει αποθηκεύσει το καλοκαίρι. Η αντλία, συνεπώς, τροφοδοτείται με ενέργεια από την υπεδαφική αποθήκη θερμότητας. Κατά την ηλιακή ψύξη, η απορριπτόμενη θερμότητα από την λειτουργία του ψύκτη απορρόφησης τροφοδοτείται μερικώς στους γεωθερμικούς εναλλάκτες θερμότητας που περιβάλλουν την υπεδαφική αποθήκη θερμότητας. Αυτή η διαδικασία συντελεί στην αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους κοντά στην υπεδαφική αποθήκη θερμότητας, αυξάνοντας έτσι την απόδοση της αντλίας θερμότητας, αποτυπώνοντάς τη στον συντελεστή απόδοσης.

Το σύστημα αποτελείται από τους θερμικούς ηλιακούς συλλέκτες, την υπεδαφική αποθήκη θερμότητας (ΥΑΘ) και τους γεωθερμικούς εναλλάκτες θερμότητας. Η ΥΑΘ αποθηκεύει την πλεονάζουσα θερμότητα από τους ηλιακούς συλλέκτες κατά τις περιόδους υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας και χαμηλών ενεργειακών απαιτήσεων, ώστε αυτή να αξιοποιείται όταν χρειάζεται. Μεγάλα ποσά ενέργειας αποθηκεύονται έτσι κατά το φθινόπωρο και την άνοιξη και χρησιμοποιούνται κατά την επόμενη ενεργοβόρο περίοδο, δηλαδή το χειμώνα και το καλοκαίρι, δίνοντας το άμεσο πλεονέκτημα στην αντλία θερμότητας να λειτουργεί με υψηλότερη θερμοκρασία προσαγωγής. Οι ΓΕΘ είναι θερμικά συζευγμένοι με την ΥΑΘ και μειώνουν τις θερμικές απώλειες της ΥΑΘ αυξάνοντας την θερμοκρασία του περιβάλλοντος εδάφους.

Κατά τη διαστασιολόγηση των ηλιακών συλλεκτών, στην παρούσα εργασία, πέρα από τον επικουρικό ρόλο στη βελτίωση της λειτουργίας της αντλίας θερμότητας, λαμβάνεται υπόψη και η ικανοποίηση των αναγκών για ΖΝΧ, οι οποίες αγγίζουν τις 16.826 kWh. Ως μέθοδος διαστασιολόγησης, επιλέγεται η μέθοδος καμπυλών f και S, όπως προτείνει η ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 Παρ.5.3.1. Η μέθοδος αυτή, δίνει περίπου τα ίδια αποτελέσματα για την κάλυψη του φορτίου ζεστού νερού χρήσης, με την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού όπως δίνεται από το ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 12976.2:2006. Οι βασικές παράμετροι θέσης εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών είναι ο προσανατολισμός τους ως προς το νότο, η κλίση της επιφάνειάς τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο και ο συντελεστής σκίασης. Η βέλτιστη γωνία κλίσης ηλιακών συλλεκτών, εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής και τον προσανατολισμό τοποθέτησης τους. Σύμφωνα με τον εμπειρικό κανόνα, για τις

ελληνικές περιοχές, η βέλτιστη κλίση ενός ηλιακού συλλέκτη για ετήσια χρήση είναι περίπου ίση με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Συνεπώς για την πόλη των Ιωαννίνων, είναι 39.40˚. Το ποσοστό αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας, ορίζεται ως το ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο συλλέκτη που μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια και αξιοποιείται για την παραγωγή του ΖΝΧ και για την αύξηση της θερμοκρασίας του υπεδάφους. Δεδομένου πως στην παρούσα εργασία, μελετάται η περίπτωση ενός υφιστάμενου κτιρίου και όχι μίας νέας κατασκευής, από τον πίνακα 5.8 της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010, για κτίρια του τριτογενή τομέα, με πόλη μελέτης την Καστοριά (ως η πόλη με τα πλησιέστερα κλιματικά χαρακτηριστικά νε τα Ιωάννινα), επιλεκτικό ηλιακό συλλέκτη με νότιο προσανατολισμό και συντελεστή σκίασης 1 (πλήρης απουσία σκίασης) προκύπτει μέσος ετήσιος συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για ΖΝΧ F_{sc}=0,309.

Για τη διαστασιολόγηση των ηλιακών συλλεκτών, χρησιμοποιείται το λογισμικό EpaCAD 11.17, το οποίο είναι ένα λογισμικό της Ti Soft, βασισμένη στη μέθοδο των καμπυλών f. Τα δεδομένα που απαιτούνται προς εισαγωγή στο λογισμικό είναι η θερμαινόμενη επιφάνεια του κτιρίου, δηλ.1306,57 m^2 και το ημερήσιο φορτίο κατανάλωσης ΖΝΧ (όπως έχει υπολογιστεί μέσω του ΤΕΕ – Κ.Εν.Α.Κ), το οποίο λαμβάνεται V_d=16.826 kWh/έτος =1.672,56 λίτρα/έτος=4.58 λίτρα/ημέρα. Επιπλέον, λαμβάνεται για τους συλλέκτες νότιος προσανατολισμός και κλίση συλλεκτών ίση με 39,4˚, συντελεστής σκίασης=1 και προσανατολισμός=180˚.Τέλος, λαμβάνεται ως ετήσιος συντελεστής κάλυψης ΖΝΧ από ηλιακά F=0.6. Ο τύπος των ηλιακών συλλεκτών λαμβάνεται ως ο επιλεκτικός (User's manual TiSoft, 2014).

Βάσει του λογισμικού EpaCAD 11.17, το ηλιακό πεδίο θα αποτελείται από 8 επίπεδους συλλέκτες με επιλεκτική επιφάνεια, στοιχιζόμενοι σε δύο παράλληλες σειρές, καλύπτοντας συνολική επιφάνεια 32 m^2 (καθώς η επιφάνεια καθενός είναι Acol= 12 m^2) στον προαύλιο χώρο της Σχολής, και σε απόσταση 15m από το κτίριο, ώστε να διασφαλισθεί η αισθητική ακεραιότητα του χώρου. Η υπεδαφική αποθήκη θερμότητας έχει κυλινδρικό σχήμα, με 2 m διάμετρο και 1.6 m ύψος. Ο όγκος της είναι 5.02 m^3. Το πάνω μέρος της βρίσκεται ένα μέτρο κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Οι διαστάσεις της δεξαμενής προέκυψαν έπειτα από σχεδιαστικούς και φυσικούς περιορισμούς, καθώς το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα υπολογίστηκε στα 8 m. Το κέλυφος της δεξαμενής αποτελείται από ατσάλι με αντιδιαβρωτικές στρώσεις και θερμομόνωση εξηλασμένης πολυστερίνης στην άνω και κάτω βάση και πετροβάμβακα περιμετρικά. Εσωτερικά της δεξαμενής υπάρχουν 2 πλακοειδείς

διαστρωματωτές, οι οποίοι μειώνουν την ταχύτητα εισόδου των ρευμάτων επιστροφής και επιτυγχάνουν είσοδο του νερού στο πλησιέστερο θερμοκρασιακό επίπεδο με φυσικό τρόπο. Οι ΓΕΘ αποτελούνται από 5αμόνωτους σωλήνες που σχηματίζουν οριζόντια σπιράλ γύρω από την ΥΑΘ. Οι σωλήνες έχουν συνολικό μήκος 252 m. Καλύπτουν πλήρως την δεξαμενή καθ'ύψος, με το πρώτο οριζόντιο σπιράλ να βρίσκεται κοντά στο ύψος του πάνω μέρους της δεξαμενής και το δέκατο σπιράλ να βρίσκεται κοντά στο ύψος του πυθμένα της. Ο σωλήνας του κάθε σπιράλ διαγράφει τρεις κύκλους και η επιστροφή του νερού πραγματοποιείται στην εξωτερική περιφέρεια του σπιράλ μακριά από την δεξαμενή. Η ροή του νερού έχει σχεδιαστεί ώστε να επιτυγχάνεται βέλτιστη θερμοκρασιακή διαστρωμάτωση του εδάφους. Δεδομένης της αργιλικής σύνθεσης του εδάφους, ο βαθμός απόρριψης εκτιμάται σε 12 W/m. Η κατανάλωση δε, ενέργειας για τη λειτουργία των ηλιακών συλλεκτών είναι 0.014 €/ kWh (Χριστοδουλάκη Ρόζα, 2008), δηλαδή το συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας των ηλιακών συλλεκτών είναι 235,5 €.

Το συνολικό κόστος της τεχνικής πρότασης που παρουσιάστηκε μέσω της χρήσης των ηλιακών συλλεκτών παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 16: Συνολικό εκτιμώμενο κόστος εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών

Εργασία	**Κόστος (€)**
Επιλεκτικοί ηλιακοί συλλέκτες 2,5 m^2 /συλλέκτης	2.198,7
Υπεδαφική αδεξαμενή αποθήκευσης	2.190
Τοποθέτηση σωλήνων και πλήρωση με θερμοαγώγιμο υλικό	3.500
Εγκατάσταση δικτύου και συνδεσμολογίας	2.000
Χωματουργικές εργασίες	3.000
Συνολικό Κόστος	**12.888,7**

Το συγκεκριμένο σενάριο θα πρέπει να υποβληθεί επίσης, κατά τον ίδιο τρόπο με τα άλλα σενάρια σε έλεγχο βιωσιμότητας, έτσι ώστε να ελεγχθεί αν συμφέρει οικονομικά η χρήση των ηλιακών συλλεκτών.

Πίνακας 17. Πίνακας ταμειακών ροών επένδυσης συμπεριλαμβανομένων των ηλιακών συλλεκτών

Πίνακας Ταμειακών Ροών	
Κόστος λειτουργίας	4.104,59 €
Εξοικονόμηση	70.8%
Ετήσιο όφελος	9.968,07 €
Ετήσιο Κόστος	235,5 €
Ετήσια ταμειακή ροή	9.732,57 €
ΚΠΑ	54.799,02 €
ΕΒΑ	65%

Όπως και στην περίπτωση της κάλυψης των ψυκτικών φορτίων από την αντλία θερμότητας, έτσι και στην περίπτωση της εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών, το ποσό της επιδότησης οφείλει να είναι (μέσω της μεθόδου του «νεκρού σημείου») τουλάχιστον 112.000€, ήτοι αντιστοιχεί σε ποσοστό 57.1%.

Συνοπτικά, τα ετήσια κόστη λειτουργίας και εγκατάστασης παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 18: Συγκριτικός πίνακας κόστους εγκατάστασης και ετήσιου κόστους λειτουργίας κάθε συστήματος

Τύπος συστήματος		**Κόστος εγκατάστασης (€)**	**Ετήσιο Κόστος λειτουργίας (€)**	**Απαιτούμενο ποσοστό επιδότησης (%)**
Λέβητας πετρελαίου		-	14.072,46	-
Επεμβάσεις στο κέλυφος		41.586	0	12,4
Αντλία Θερμότητας και επεμβάσεις στο κέλυφος	Χωρίς ψυκτικά φορτία	182.994	5.549,15	50.8
	Συμπεριλαμβανομένων ψυκτικών φορτίων	182.994	5.416,19	65.5
	Σε συνδυασμό με ηλιακούς συλλέκτες	195.882,7	4.104,61	57.1

5. Ο νέος ρόλος της Λαμπριάδειου Σχολής και η σημασία της ενεργειακής αυτονομίας

5.1. «ΠΑΛΑΣΕ»: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων – Λαμπρειάδιος Σταθμός Έρευνας

Το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων (Π.Ι) ίδρυσε το Σεπτέμβριο του 2012 το Σταθμό Έρευνας Πεδίου ΠΑΛΑΣΕ. Ο ΠΑΛΑΣΕ αποτελεί τον πρώτο Σταθμό – μέλος του Οργανισμού Βιολογικών Σταθμών Πεδίου της περιοχής της Μεσογείου. Εποπτεύεται από το τμήμα Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών και διοικείται από ΔΣ του οποίου τα μέλη προέρχονται από διάφορα τμήματα του Π.Ι, αλλά και του Δήμου Ζαγορίου, της τοπικής κοινότητας των Άνω Πεδινών, του Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου και του Αρχαιολογικού Ινστιτούτου Ηπειρωτικών Σπουδών. Ως το πλέον κατάλληλο κτίριο, πρόσφορο για τη στέγαση ενός τόσο ενεργού Οργανισμού επιλέχθηκε η Λαμπρειάδιος Σχολή των Άνω Πεδινών, αποδίδοντας, με τον τρόπο αυτό, συνέχεια στον πρωτύτερο εκπαιδευτικό της χαρακτήρα.

Κάθε Σταθμός Πεδίου εντάσσεται στον ευρύτερο Οργανισμό Βιολογικών Σταθμών Πεδίου (OBFS), ο οποίος έχει επίσημη υπόσταση και έχει ως στόχο να συμβάλλει ώστε κάθε ερευνητικός σταθμός που δρα παγκοσμίως να αυξήσει την αποτελεσματικότητα της έρευνάς του, χαίροντας μία μόνιμη και οργανωμένη υποστήριξη σε προγράμματα έρευνας, εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης επί περιβαλλοντικών και, όχι μόνο, ζητημάτων (Fieldism, Jack P. Hailman, 1973). Όλοι οι σταθμοί βασιζόμενοι στην πεποίθηση πως «ο καλύτερος τρόπος να κατανοήσεις τη φύση είναι να τη βιώσεις», παρέχουν ανεκτίμητες υπηρεσίες στην τοπική κοινωνία, την τροφοδοτούν με αμερόληπτες επιστημονικές πληροφορίες, συντελούν στην αντιμετώπιση κρίσιμων περιβαλλοντικών ζητημάτων και συμβάλλουν στην λήψη ορθών αποφάσεων σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, επί θεμάτων σχεδιασμού και ανάπτυξης (Edward O. Wilson, 1982).

Η Λαμπριάδειος Σχολή στα Άνω Πεδινά, επιλέχθηκε μεταξύ άλλων υποψηφίων σταθμών καθώς συγκεντρώνει ένα σύνολο χαρακτηριστικών που ταυτίζονται σε μεγάλο βαθμό με εκείνα που ένας σταθμός πεδίου οφείλει να συγκεντρώνει διεθνώς και συνδέεται με τις εγγενείς ιδιαιτερότητες της περιοχής και του κτιρίου. Το Ζαγόρι

αποτελεί έναν τόπο μοναδικού φυσικού και πολιτισμικού πλούτου με υψηλή γεωλογική, οικολογική και πολιτισμική αξία, βρίσκεται εντός των ορίων του Εθνικού Πάρκου της Βόρειας Πίνδου και πλησίον περιοχών που ανήκουν στο δίκτυο NATURA 2000. Τα ενδιαιτήματα υποστηρίζουν μία εκπληκτική ποικιλότητα σε θηλαστικά, πουλιά, ερπετά, αμφίβια και ασπόνδυλα και πολλά είδη ενδημικών φυτών. Οι κτιριακές εγκαταστάσεις της Λαμπριάδειου Σχολής, σε πολύ κοντινή απόσταση από το αστικό κέντρο των Ιωαννίνων, με συνολική έκταση 1600 τ.μ. έχουν την κατάλληλη υποδομή να υποστηρίξουν και να στεγάσουν το νέο ρόλο της Σχολής στην νέα εποχή που εισέρχεται. Η ύπαρξη χώρων εστίασης, πέντε συνολικά κοιτώνων (40 κλινών), πέντε δίκλινων δωματίων αλλά και άνετων χώρων υγιεινής θεωρούνται κατάλληλοι να καλύψουν όλες τις ανάγκες των ερευνητών για ασφαλή και άνετη διαμονή. Επιπλέον, οι δύο μεγάλες αίθουσες του ισογείου που παλαιότερα αποτελούσαν την αίθουσα διδασκαλίας υφαντικής και ταπητουργίας, συνεχίζουν να εξυπηρετούν τη μάθηση ως χώροι διδασκαλίας, αξιολόγησης και ερμηνείας των αποτελεσμάτων από τα πειράματα που διεξάγονται εκτός κτιρίου αλλά και ως εργαστήρια.

Οι κτιριακές εγκαταστάσεις της Σχολής, συνεπώς, πληρούν όλα τα κριτήρια, ώστε να αποτελέσουν έναν τόπο φιλοξενίας και μάθησης φοιτητών και ερευνητών, οι οποίοι συμμετέχουν σε εκπαιδευτικά και διεπιστημονικά ερευνητικά προγράμματα. Ενδεικτικές κινήσεις που έχουν ήδη λάβει χώρα και έχουν κηρύξει την έναρξη στοχευμένων δράσεων είναι το δεύτερο φθινοπωρινό διεθνές σχολείο Άνω Πεδινών με αντικείμενο την ιστορία, την κοινωνία και τον πολιτισμό της εργασίας που συνδιοργανώνεται από το Εργαστήριο Λαογραφίας του Τμήματος Ιστορίας-Αρχαιολογίας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σε συνεργασία με το Κέντρο Κοινωνικής Μορφολογίας και Κοινωνικής Πολιτικής (ΚΕ.Κ.ΜΟ.ΚΟΠ.) του Τμήματος Κοινωνικής Πολιτικής του Πάντειου Πανεπιστήμιου και τη συμμετοχή και άλλων Πανεπιστημίων και Ερευνητικών Φορέων αλλά και το θερινό σχολείο της Βιολογίας με αντικείμενο «Βιοποικιλότητα: θεωρία και πρακτική», (22 Ιουνίου έως 4 Ιουλίου 2014). Έκτοτε, καταβάλλεται καθημερινή και συντονισμένη προσπάθεια να αποτελέσει η ΠΑΛΑΣΕ μία υποδομή βάσης για τις υπαίθριες δραστηριότητες των ερευνητών, τόπο θεματικών συναντήσεων αλλά και ένα όμορφο χώρο στέγασης που θα ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις των προδιαγραφών άνετης διαμονής.

Στα πλαίσια της προσπάθειας αυτής οργανώθηκε και συντονίζεται αρμονικά μία ομάδα ανθρώπων από διαφορετικούς τομείς. Αξιοποιώντας τη γνώση των

αυτοχθόνων κατοίκων της κοινωνίας των Άνω Πεδινών, ένα σύνολο εμπνευσμένων ανθρώπων δραστηριοποιείται καθημερινά με μοναδικό προσανατολισμό την επαναλειτουργία της Λαμπριάδειου Σχολής στη νέα της, πλέον, εποχή. Όραμα της ομάδας είναι η δημιουργία ενός πρότυπου σταθμού διεπιστημονικής έρευνας πεδίου σε παγκόσμιο επίπεδο, αυτόνομου ενεργειακά, με υψηλής ποιότητας εγκαταστάσεις και τελευταίας τεχνολογίας εξοπλισμό, που θα έχει δυναμική παρουσία στην περιοχή της Μεσογείου. Παράλληλα, η προσέλευση επιστημόνων αλλά και ανθρώπων που εκδηλώνουν ενδιαφέρον για μάθηση και επαφή με τη φύση, που θέλουν να την κατανοήσουν «εκ των έσω», μπορεί να συμβάλει στην άνθηση ενός τουριστικού ρεύματος στο Ζαγόρι «..με ευαισθησίες και ποιότητα..», (Jhon Halley, 2015).

Σε γενικότερο πλαίσιο, η κατασκευή ενός ενεργητικού παρόντος δεν θα είναι επιτεύξιμη αν δε βασιστεί στο υψηλό πολιτισμικό παρελθόν της Σχολής, *«..χωρίς να την αντιμετωπίζει ως ένα ακόμη μουσείο..»,* (John Halley, 2015), αλλά αξιοποιώντας πλήρως τη γνώση του παρελθόντος της και αποτελώντας άξιο συνεχιστή του οράματος του πρώτου εμπνευστή της.

6. Σύνοψη – Συμπεράσματα

Σε μία εποχή, που η ενεργειακή κρίση πλήττει τον κόσμο των κατασκευών, εντείνεται η διεθνής προσπάθεια από την επιστημονική και πολιτική κοινότητα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την εφαρμογή καινοτόμων ενεργειακών πολιτικών, εντός των ορίων που θέτει η έννοια της «βιώσιμης ανάπτυξης». Εγκαταλείποντας τις αδιέξοδες πρακτικές του παρελθόντος, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε) καταλαμβάνουν συνεχώς μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς, λόγω του αειφόρου χαρακτήρα τους και του μικρού τους περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Με την παρούσα διπλωματική εργασία, μέσω της μελέτης της Λαμπριάδειου Σχολής Άνω Πεδινών, προσεγγίζεται το θέμα της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στις ορεινές περιοχές, οι οποίες λόγω των ιδιαίτερων κλιματικών και γεωλογικών συνθηκών παρουσιάζουν υψηλό ενεργειακό δυναμικό. Η Λαμπριάδιεος Σχολή, ως ένα κληροδότημα υψηλής αρχιτεκτονικής, ιστορικής και συναισθηματικής αξίας εισέρχεται σε μία νέα εποχή χρήσης, καθώς από οικοτροφείο και κέντρο εκμάθησης υφαντικής και ταπητουργικής τέχνης μεταμορφώνεται σε πρότυπο σταθμό έρευνας (ΠΑΛΑΣΕ), υπό την αιγίδα του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Η νέα σελίδα που ανοίγει η Σχολή, όπως διατυπώθηκε από τους οραματιστές της, οφείλει να συνοδεύεται από αντίστοιχες καινοτόμες επεμβάσεις στα λειτουργικά χαρακτηριστικά της, με στόχο οι τελευταίες να συμβάλλουν στη βελτίωση των συνθηκών διαμονής των χρηστών του κτιρίου. Προς επίτευξη του στόχου αυτού, αρχικά καταγράφηκε και ερμηνεύθηκε το ενεργειακό καθεστώς του κτιρίου, στη συνέχεια διατυπώθηκαν προτάσεις βελτίωσής του, οι οποίες αποδόθηκαν με περιβαλλοντικούς και οικονομικούς όρους.

Κατά το πρώτο στάδιο τίθεται η θεωρητική βάση της έρευνας, η οποία περιλαμβάνει την καταγραφή της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης στην Ελλάδα και την Ευρώπη, το νομοθετικό πλαίσιο από το οποίο αυτές ορίζονται και περιορίζονται, η έννοια της αβαθούς γεωθερμίας, οι μέθοδοι διάκρισής της, οι εφαρμογές της και οι δυνατότητες αξιοποίησης της για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων. Στο δεύτερο στάδιο, αφού περιγραφεί το κτίριο που μελετάται εισάγεται στο λογισμικό προσομοίωσης και εξάγονται αποτελέσματα για τις ενεργειακές απαιτήσεις του βάσει της υφιστάμενης δομής και λειτουργίας του. Η

αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, ακολουθείται από τη διατύπωση σεναρίων βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς του μέσω επεμβάσεων, τόσο στο κέλυφός του, όσο και στο σύστημα θέρμανσης – ψύξης, με την αντικατάσταση του συμβατικού λέβητα πετρελαίου με μία αντλία θερμότητας και κατακόρυφο γεωεναλλάκτη και μεθοδευμένες επεμβάσεις στο κέλυφος της κατασκευής. Το μέγεθος και η διάταξη του γεωεναλλάκτη εκτιμάται μέσω συγκεκριμένου λογισμικού, ενώ το πάχος θερμομόνωσης και το είδος των νέων κουφωμάτων, βάσει των ΤΟΤΕΕ. Το κόστος επένδυσης εκτιμάται μέσω οικονομοτεχνικής μελέτης, έτσι ώστε οι επεμβάσεις να αποδοθούν με οικονομικούς όρους και να εκτιμηθεί η συνολική τους αξία.

Η διατύπωση σωστών επεμβάσεων προϋποθέτει την πλήρη γνώση και εμπέδωση της υφιστάμενης κατάστασης της Σχολής, βάσει της οποίας το κτίριο κατατάσσεται ενεργειακά, αποδίδοντας ένα συγκεκριμένο ποσό πρωτογενούς ενέργειας. Προς επίτευξη του παραπάνω στόχου, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό του ΤΕΕ – Κ.Εν.Α.Κ, λαμβάνοντας ως δεδομένα εισόδου τα χαρακτηριστικά του κελύφους, το σύστημα θέρμανσης – ψύξης, τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής των Άνω Πεδινών και το προφίλ λειτουργίας του κτιρίου. Βάσει των αποτελεσμάτων, το κτίριο κατατάσσεται ενεργειακά στην κατηγορία «Γ». Η «ευνοϊκή» τοποθέτηση της Σχολής στην ενεργειακή κλίμακα οφείλεται στο υψηλής θερμοχωρητικότητας υλικό της πέτρας, από το οποίο είναι κατασκευασμένα τα τοιχώματα του ισογείου, αντισταθμίζοντας, κατά μεγάλο βαθμό την έλλειψη θερμομόνωσης προστασίας και στους δύο ορόφους.

Το πρώτο και βασικότερο βήμα ενίσχυσης του ενεργειακού χαρακτήρα της Σχολής, αποτελεί η «θωράκιση» του κελύφους της με θερμομονωτική προστασία αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης ελάχιστου πάχους, όπως αυτό προβλέπεται από την ΤΟΤΕΕ, ώστε να σταματήσουν οι θερμικές απώλειες, δεδομένου πως όποιο προηγμένο σύστημα θέρμανσης – ψύξης και να χρησιμοποιηθεί, δε θα αποδώσει τα αναμενόμενα εφόσον υπάρχει συνεχής θερμική ροή προς το εξωτερικό. Ταυτόχρονα, με την θερμομονωτική στρώση πραγματοποιείται αντικατάσταση των φθαρμένων ξύλινων κουφωμάτων με κουφώματα αλουμινίου, διπλού υαλοπίνακα και θερμοδιακοπή, τα οποία όμως συνάδουν αρχιτεκτονικά με τη φυσιογνωμία του κτιρίου.

Σε δεύτερο επίπεδο παρεμβάσεων περιλαμβάνεται η εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση συστήματος αβαθούς γεωθερμίας. Στο λογισμικό Earth Energy Designer,

εισήχθησαν τα χαρακτηριστικά του εδάφους του Ζαγορίου και πραγματοποιήθηκαν διαδοχικές δοκιμές διάταξης των γεωτρήσεων προκειμένου να επιτευχθεί ο επιθυμητός συντελεστής απόδοσης. Συνεπώς, για την κατοχύρωση ενός συντελεστή απόδοσης ύψους 3,5, επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί κατακόρυφος γεωεναλλάκτης, 8 γεωτρήσεων που θα απέχουν μεταξύ τους και θα έχουν βάθος. Ως η σημαντικότερη παράμετρος καθορισμού του συστήματος αποτελεί η ελάχιστη θερμοκρασία εξόδου του νερού που πρέπει να είναι μεγαλύτερη των -4˚C, ώστε να είναι αποδοτικό και λειτουργικό το σύστημα της αβαθούς γεωθερμίας. Η αντικατάσταση του συμβατικού λέβητα πετρελαίου με την αντλία θερμότητας, ως συνδυασμός επένδυσης με τις επεμβάσεις του κελύφους, παρότι μειώνει σε μεγάλο βαθμό την ενεργειακή κατανάλωση, δε θα απέδιδε τα ίδια θετικά αποτελέσματα αν αποτελούσε τη μοναδική επέμβαση. Κατόπιν, των επεμβάσεων το κτίριο αναβαθμίζεται στην ενεργειακή κατάταξη ανεβαίνοντας στην κατηγορία «Β» και μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό την κατανάλωση της πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και ΖΝΧ. Με στόχο τη βέλτιστη απόδοσης της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, ελέγχθηκε, κατά πόσο η κάλυψη των ψυκτικών φορτίων της Σχολής θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μέσω της ΓΑΘ. Παρότι, το ενδεχόμενο αυτό συνεισφέρει θετικά στη λειτουργία του συστήματος και οδηγεί σε μεγαλύτερη ακόμη οικονομία, η ανάγκη για ψύξη σε μία ορεινή περιοχή, όπως τα Άνω Πεδινά δεν αποτελεί μέρος της πραγματικής κατάστασης. Κατά συνέπεια, αναζητήθηκε ένας εναλλακτικός τρόπος ενίσχυσης του έργου της αντλίας, μέσω των ηλιακών συλλεκτών. Η σωστή διαστασιολόγησή τους, και η τοποθέτησή τους σε μία έκταση 32 m^2 στο προαύλιο της Σχολής αποδίδει ακόμη ευνοϊκότερα αποτελέσματα στην προσπάθεια για την ενεργειακή βέλτιστοποίηση.

Προκειμένου να προταθεί η λύση που θα συνδυάζει, τόσο την «ιδανική» ενεργειακή συμπεριφορά, όσο και το ελάχιστο δυνατό κόστος, δεδομένων των περιορισμένων οικονομικών πόρων όλων των φορέων υλοποίησης, πραγματοποιήθηκε οικονομοτεχνική μελέτη όλων των προτεινόμενων δράσεων. Βάσει των τρεχουσών τιμών αγοράς το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας μιας ΓΑΘ ανέρχεται σε 141.408 €, ενώ το κόστος των επεμβάσεων του κελύφους (θερμομονωτικής προστασίας και αντικατάστασης κουφωμάτων) αγγίζει τα 41.586 €. Παρότι, μόνο με τις επεμβάσεις στο κέλυφος η εξοικονόμηση ενέργειας δεν είναι μεγάλη (21,8%), το αρχικό κόστος είναι μικρότερο από αυτό των υπολοίπων επεμβάσεων. Όσον αφορά την αντλία θερμότητας, παρά το υψηλό αρχικό κόστος,

ετησίως το οικονομικό όφελος αγγίζει το 58%. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της Καθαρής Παρούσας Αξίας και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης, ουσιαστικά πραγματοποιείται αναγωγή όλων των ταμειακών ροών, κατά τη διάρκεια ζωής του έτους, στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή με σκοπό να υπολογιστεί η παρούσα αξία τους. Σε κάθε περίπτωση, και για όλα τα σενάρια που εξετάσθηκαν, η επένδυση θεωρείται βιώσιμη, παρουσιάζοντας, ωστόσο, αποκλίσεις και καθιστώντας ως πιο «δημοφιλή» προς εφαρμογή, εκείνα που προβλέπουν τόσο κάλυψη των ψυκτικών φορτίων από την ΓΑΘ, όσο και εκείνο που συνδυάζει τη ΓΑΘ με τους ηλιακούς συλλέκτες για την κάλυψη του ΖΝΧ, αλλά και για την αύξηση της θερμοκρασίας του υπεδάφους, που θα οδηγήσει σε μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης της αντλίας. Η βιωσιμότητα, αυτή προϋποθέτει κάλυψη του αρχικού κόστους εγκατάστασης όλων των συστημάτων μέσω επιδότησης κατά ποσοστό, τουλάχιστον, 57.1%.

Παρά το ψυχρό κλίμα που επικρατεί στο Ζαγόρι, η Σχολή παρουσιάζει μία «αξιοπρεπή» ενεργειακή συμπεριφορά, λόγω της κατασκευής της. Ο βιοκλιματικός της σχεδιασμός, με τα μεγάλα ανοίγματα στο νότο και ο όγκος των πέτρινων τοιχωμάτων του ισογείου σε συνδυασμό με την πολύ καλή κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο υφιστάμενος λέβητας πετρελαίου, παρά τις μεγάλες απώλειες λόγω της έλλειψης θερμομόνωσης και των μονών υαλοπινάκων, διατηρούν της Σχολή σε καλή ενεργειακή κλάση. Επιπλέον, η διακοπτόμενη λειτουργία της Σχολής, καθώς λειτουργεί κυρίως κατά τους θερινούς μήνες, θα μπορούσε να αποτελέσει σημείο προς προβληματισμό, σχετικά με το αν μία σύγχρονη τεχνολογική λύση, όπως η αντλίες θερμότητας αποτελούν τη βέλτιστη λύση των ενεργειακών προβλημάτων της Σχολής. Αντίθετα, η εφαρμογή επεμβάσεων στο κέλυφος σε κτίρια με το προφίλ λειτουργίας που περιγράφηκε στην παρούσα εργασία, παρότι οδηγεί σε μικρότερη εξοικονόμηση ενέργειας, σε βάθος χρόνου, είναι η πιο ενδεδειγμένη λύση. Επιπλέον, στα πλεονεκτήματα είναι και η μικρή απαιτούμενη επιδότηση, σε περίπτωση που δεν υπάρχουν ίδια κεφάλαια για την υλοποίησή των επενδύσεων.

Εν κατακλείδει, είναι εμφανές, πως ένα ακριβό σύστημα εξοικονόμησης ενέργειας όπως είναι η γεωθερμία, παρότι αποτελεί μία καινοτομία, σε μία περιοχή που δεν είναι εξοικειωμένη σε αυτές, είναι πιο συμβατό με κτίρια που πλήττονται από μεγαλύτερα ενεργειακά προβλήματα και κυρίως, έχουν διαφορετικό προφίλ λειτουργίας, σε σχέση με τη μελετούμενη Σχολή. Επιπλέον, σε περιπτώσεις κτιρίων σε τόσο ορεινές περιοχές συνίσταται η πλήρης και ορθή προστασία από θερμικές διαρροές, μέσω θερμομονωτικής προστασίας και ενεργειακών κουφωμάτων.

Ασφαλίζοντας τις απώλειες και αξιοποιώντας με φρονιμότητα ένα πολύ καλά συντηρημένο σύστημα θέρμανσης με πετρέλαιο, διασφαλίζεται η ενεργειακή άνεση των χρηστών, ενισχύοντας το νέο ρόλο της Λαμπριάδειου Σχολής, εισάγοντάς την με το βέλτιστο τρόπο στη νέα εποχή που εισέρχεται.

Βιβλιογραφία

Allan, M. & Philippacopoulos, A. J., 1999. *Properties and performance of cement based grouts for geothermal heat pump applications,* Washington: Office of geothermal technologies U.S Department of Energy.

Brown G.,1996.*Geothermal Energy in Renewable energy: Power for a Sustainable Future*, edited by G.Boyle, 89-136, Oxford University Press.

Bullard, E.C., 1965. *Historical introduction to terrestrial heat flow*. In : Lee,W.H.K., ed. Terrestrial Heat Flow, Amer. Geophys. Un., Geophys. Mon. Ser., 8,pp.1-6.

Fieldism, Jack P. Hailman, (Mar., 1973), *BioScience*, Vol. 23, No. 3 p. 149, University of California Press on behalf of the American Institute of Biological Sciences.

Edward O. Wilson, (May, 1982), *The Importance of Biological Field Stations*, BioScience, Vol. 32, No. 5, p. 320, American Institute of Biological Sciences.

Euromontana, 2010. *Energy in Mountain Areas. Strategy Proposal. Position Paper of Euromontana.* s.l.:s.n.

Kammen, Kapadia & Fripp, April 13, 2004. *How many jobs can the clean Energy Industry generate?, Rael Report,* Univercity of California, Berkeley.

Kavanaugh , S. & Rafferty, K., 1997. Design of Geothermal Systems for Commercial and Institutional Buildings. Στο: *Ground-Source Heat Pumps.* Atlanta: ASHRAE, p. Chap. 3.

Lubimova, E.A., 1968. *Thermal history of the Earth. In: The Earth's Crust and Upper Mantle*, Amer. Geophys. Un., Geophys. Mon. Ser., 13, pp.63-77.

Ministry of Development, *Energy Outlook of Greece*, February 2009.

Mottard J.M, Fissore A, 2006. *Thermal simulation of an attached sunspace and its experimental validation,* Available from : 5 September 2006.

Nicholson, K., 1993. *Geothermal Fluids.* Springer Verlag, *Berlin,* Τόμος XVIII, p. 264.

Parish, R.,2002. *Mountain Environments*. Essex: Pearson Education Limited, p.348.

Report of the IGA to the UN Commission on Sustainable Development, April 2001. International Geothermal Association, Session 9 (CSD-9), New York.

Sanner, B., 2001. *Shallow geothermal energy.* GHC Bulletin, 19-25: s.n.

Stacey, F.D. and Loper, D.E., 1988. *Thermal history of the Earth: a corollaryconcerning non-linear mantle rheology*. Phys. Earth. Planet. Inter. 53, 167 – 174.

User Manual EED, Dr. Göran Hellström, Dr. Burkhard Sanner, 30 October 2000.

User Manual EpaCAD 11.17, Ti Soft Systems and Software, 2014

Voeltzel A., Reami F., Carriea, G., Guarracino G, 2000. *Thermal and ventilation modeling of a large highly-glazed spaces*, Available from: 7 July 2000.

Α. Αηδόνης, Δ. Χασάπης, Π. Τσεκούρας, Χ. Χατζηλάου, Ρ. Χριστοδουλάκη, Κ. Καρύτσας, Ε.Γ. Δασκαλάκη, Κ.Α. Μπαλαράς, Κ. Αντωνόπουλος, Χ. Τζιβανίδης, *Καινοτόμο σύστημα υψηλής ηλιακής κάλυψης για θέρμανση και ψύξη στην Αθήνα,* 4° Εθνικό Συνέδριο «Η εφαρμογή των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ‘ Προς ένα φιλόδοξο και αξιόπιστο εθνικό πρόγραμμα δράσης’», Αθήνα 2010.

Ανδρίτσος Ν, 2004. *Μύθοι και πραγματικότητα για τη γεωθερμία*, ΙΓΜΕ, Διεύθυνση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων, Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα.

Αθανασόπουλος, Κ., 2009. *Προσομείωση Λειτουργίας Γεωθερμικών Εναλλακτών και Θερμαντλιών με Ανάπτυξη Αντίστοιχου Λογισμικού,* Ε.Μ.Π., Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα.

Ανδρίτσος, Ν., 2004. *Γεωθερμική Ενέργεια και Εφαρμογές.* Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας: Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας.

Ανδρίτσος, Ν., Αρβανίτης Α., Κολιός, Ν. & Κουτσινός, Σ., 2003. n.d. *Εφαρμογή γεωθερμικών αντλιών θερμότητας σε σύστημα μιας γεώτρησης και η συμβολή τους στην εξοικονόμηση ενέργειας,* Θεσσαλονίκη.

Αξαρλή Κ., Παπαδόπουλος Μ, 1995, *Ενεργειακός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα κτιρίων*, Θεσσαλονίκη, Αδερφών Κυριακίδη, Α’ Έκδοση.

Γνωμοδότηση της Ευρωπαϊκής Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής, 08/09/2005. *Η χρήση της γεωθερμίας,* Επίσημη Εφημερίδα, αριθ. C 221, σ. 0022 – 0027.

Δαλαμπάκης Π., *Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας – Εφαρμογές στον αγροτικό τομέα: Μία οικονομική και περιβαλλοντικά φιλική ενεργειακή λύση*, ΕΘΙΑΓΕ, τχ.42, 2010, σελ.9-13.

Δούβλης Γ., Άνω Πεδινά , 2013, *Λαμπριάδειος Οικοκυρική Σχολή Άνω Πεδινών, Ένα αρχείο – Μία ιστορία.*

Εφημερίς της Κυβέρνησης, Δ-594 α/13.11.1978.

Εφημερίς της Κυβέρνησης, Τεύχος Πρώτο, Αρ.Φύλλου 168, 1994.

Εφημερίς της Κυβέρνησης, Τεύχος Πρώτο, Αρ.Φύλλου 29, 2006.

Εφημερίς της Κυβέρνησης, Τεύχος Πρώτο, Αρ.Φύλλου 89, 2008.

Εφημερίς της Κυβέρνησης, Τεύχος Πρώτο, Αρ.Φύλλου 95, 2010.

Εφημερίς της Κυβέρνησης, Τεύχος Πρώτο, Αρ.Φύλλου 85, 2010.

Εφημερίς της Κυβέρνησης, Τεύχος Δεύτερο, Αρ.Φύλλου 4074, 2010.

Ζαχαρίας Θ, 2004. *Ήπιες Μορφές Ενέργειας ΙΙ*, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών.

Κανελοπούλου Γ., Λεονταρίτης Α., Παναγιωτόπουλος Γ., Στεργίου Σ., Συγκούνας Σ., *Μελέτη για την Αξιοβίωτη Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη των δημοτικών ενοτήτων Κεντρικού Ζαγορίου, Τύμφης και Παπίγκου,* Φεβρουάριος 2013, *Μελέτη για την Αξιοβίωτη Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη των δημοτικών ενοτήτων Κεντρικού Ζαγορίου, Τύμφης και Παπίγκου,* Φεβρουάριος 2013, Μέτσοβο, μεταπτυχιακή εργασία για το διεπιστημονικό – διατμηματικό δίπλωμα ειδίκευσης του Δ.Π.Μ.Σ του Ε.Μ.Π *«Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»*.

Καρυδάκης Γ.Ι., Αθήνα 2005, *Γεωθερμική Ενέργεια*, Εκδόσεις Αθλότυπο.

Καλιαμπάκος, Δ., Γιαννακοπούλου Στ., Κατσουλάκος Ν., 2009, *Περιβάλλον και Κοινωνία των Ορεινών Περιοχών*. Εισαγωγή, Σημειώσεις μαθήματος, ΔΠΜΣ «*Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών*».

Καλιαμπάκος Δ., Κατσουλάκος Ν., Μέτσοβο, 16-19 Σεπτεμβρίου 2010, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Ορεινές περιοχές, 6^{ο} Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο του Ε.Μ.Π και του ΜΕ.Κ.ΔΕ του Ε.Μ.Π, «Η ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ».

Καλιαμπάκος, Δ. & Δαμίγος, Δ., 2008. *Σημειώσεις Μαθήματος Οικονομικά του Περιβάλλοντος και των Υδατικών Πόρων, Χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων.* Αθήνα: Ε.Μ.Π.

Κατσουλάκος Ν., Αθήνα, Μάρτιος 2013, διδακτ.διατριβή, *Βέλτιστη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ορεινές περιοχές. Η περιοχή του Μετσόβου*.

Οδηγία 2002/91/ΕΚ, 16ης Δεκεμβρίου 2002. *Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.* s.l.: Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.

Οδηγία 2006/32/ΕΚ, 5 Απριλίου 2006. *Για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες και για την κατάργηση της οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου.* s.l.:Του Ευρωπαικού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.

Οικονομίδου – Μπότσιου Φωτεινή, 1992, Θεσσαλονίκη : Λαογραφικό & Εθνολογικό Μουσείο Μακεδονίας, *Μακεδονία, Θράκη : ο παραδοσιακός πολιτισμός μέσα από τις συλλογές του Λαογραφικού & Εθνολογικού Μουσείου Μακεδονίας*.

Πεταλίδη Λ, B.SC., PH.D. Υπεύθυνος Διαχείρησης Ποιότητας και Περιβάλλοντος, Sylor A.B.E.T.E.,πρώην διδάκτωρ Πανεπιστημίου του Κεϊμπριτζ, Σεπτέμβριος – Οκτώβριος 2006, Τεχνικά Χρονικά.

Προεδρικό Διάταγμα, 1.6/4.7.1979. *Περί εγκρίσεως κανονισμού δια την θερμομόνωσιν των κτιρίων.* s.l.:ΦΕΚ 362 Δ'.

Φραγκουδάκης Α., 1985. *Θερμοπροστασία, υγροπροστασία, ανεμοπροστασία κτιρίων,* University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΟΤΕΕ) 20701-1/2010, Ιούλιος 2010, Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, Αθήνα, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Α' Έκδοση.

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΟΤΕΕ) 20701-2/2010, Ιούλιος 2010, Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων, Αθήνα, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Α' Έκδοση.

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΟΤΕΕ)20701-3/2010, Ιούλιος 2010, Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών, Αθήνα, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Α' Έκδοση.

Τσαλέμης Δ., 2012, *Προώθηση ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας: συμμετοχή και οφέλη για την τοπική κοινωνία,* , Κέντρο Ανανεώσιμων ηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Φυτίκας Μ., Ανδρίτσος Ν., Θεσσαλονίκη 2004, *Γεωθερμία*, Εκδόσεις Τζιόλα.

Χριστοδουλάκη Ρόζα, Αθήνα 2008, *Θερμικά Ηλιακά Συστήματα Ζεστού Νερού Χρήσης και Θέρμανσης Κολυβητικών Δεξαμενών,* Κέντρο Ανανεώσιμων ηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

http://www.buildings.gr/greek/meleti_efarmogi/bioclimate/bioclimatearchit.htm

http://www.geothermal-energy.org

http://www.energygov.gr

http://eur-lex.europa.eu

http://estia.minenv.gr/

http://www.ntua.gr/MIRC/db/epirus_db/ARXITEKTONIKH/Zagori.htm

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1. Ενεργειακή κατανάλωση από Α.Π.Ε σε σχέση με τη συνολική κατανάλωση ενέργειας, Πηγή: eurostat.

Εικόνα 2. Κατανομή παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας στην Ε.Ε. – Κατανομή Α.Π.Ε., 2009, Πηγή: eurostat.

Εικόνα 3. Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο στο βιομηχανικό τομέα της Ελλάδας, Πηγή: ΚΑΠΕ 2012.

Εικόνα 4. Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο στον οικιακό τομέα της Ελλάδας, Πηγή: ΚΑΠΕ 2012.

Εικόνα 5. Αριθμός ορεινών, ημιορεινών και πεδινών δημοτικών διαμερισμάτων που υπάγονται σε ΠΑΠ.

Εικόνα 6. Διαίρεση σε κλιματικές ζώνες της ελληνικής επικράτειας, Πηγή: ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010.

Εικόνα 7. Κατηγορίες κατάταξης των κτιρίων, Πηγή:ΤΟΤΕΕ.

Εικόνα 8. Γεωθερμική αντλία θερμότητας με οριζόντιο γεωεναλλάκτη, Πηγή:www.idropigi.gr.

Εικόνα 9. Απόληξη γεωθερμικής αντλίας θερμότητας από κατακόρυφο γεωεναλλάκτη, Πηγή:www.idropigi.gr.

Εικόνα 10. Η λειτουργία της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας κατά τις περιόδους θέρμανσης και ψύξης, Πηγή:www.buildings.gr.

Εικόνα 11. Συστήματα κλειστού και ανοικτού βρόγχου με οριζόντια και κατακόρυφη τοποθέτηση γεωεναλλάκτη, Πηγή:www.energy.gov.

Εικόνα 12. Τμήματα μίας πλήρους εγκατάστασης συστήματος αβαθούς γεωθερμίας, Πηγή:www.buildingnet.gr.

Εικόνα 13. Τρόποι διάστρωσης οριζόντιου γεωεναλλάκτη, Πηγή:ΙΓΜΕ.

Εικόνα 14. Κεντρική είσοδος του οικοπέδου της Λαμπριάδειου Σχολής Άνω Πεδινών.

Εικόνα 15. Νοτιοανατολική άποψη της Λαμπριάδειου Σχολής Άνω Πεδινών.

Εικόνα 16. Νότια όψη Λαμπριάδειου Σχολής Άνω Πεδινών, κουφώματα και πρόβολοι των δύο ορόφων με έντονη φυτοκάλυψη.

Εικόνα 17. Νοτιοανατολική όψη Λαμπριάδειου Σχολής Άνω Πεδινών, όπου διακρίνεται η κεντρική είσοδος του κτιρίου και ο φροντισμένος περιβάλλοντας χώρος.

Εικόνα 18. Κεντρικός διάδρομος πρώτου ορόφου στο εσωτερικό της Σχολής. Αριστερά και δεξιά, διακρίνονται οι είσοδοι των υπνοδωματίων και των WC.

Εικόνα 19. Βόρεια όψη Λαμπριάδειου Σχολής. Το πρόσθετο κτίσμα με την οπτοπλινθοδομή συνιστά το λεβητοστάσιο του κτιρίου.

Εικόνα 20. Δυτική όψη της Λαμπριάδειου Σχολής. Διακρίνονται τα ξύλινα κουφώματα του κτιρίου και η έντονη φυτοκάλυψη στον περίγυρο του κτιρίου.

Εικόνα 21. Μάσκα εισαγωγής δεδομένων λογισμικού ΤΕΕ – Κ.Εν.Α.Κ, Πηγή:ΤΟΤΕΕ.

Εικόνα 22. Η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου και η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ως αποτελέσματα εκτέλεσης του λογισμικού ΤΕΕ – Κ.Εν.Α.Κ, Πηγή: ΤΟΤΕΕ.

Εικόνα 23. Το σημείο εκκίνησης του δικτύου διανομής, εντός του λεβητοστασίου, διατηρημένο σε άριστη κατάσταση, με θερμομόνωση.

Εικόνα 24. Κινητή μονάδα ελέγχου των θερμοκρασιακών αλλαγών του κυκλοφορούντος υγρού εντός του γεωεναλλάκτη κατά τη δοκιμή θερμικής απόκρισης, Πηγή:www.synenergyboreholes.co.uk.

Εικόνα 25. Μάσκα εισαγωγής των δεδομένων του λογισμικού Earth Energy Designer (EED), Πηγή: User Manual EED.

Εικόνα 26. Μάσκα εισαγωγής των μηνιαίων θερμικών και ψυκτικών φορτίων βάσης και φορτίων αιχμής 9, Πηγή: User Manual EED.

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1. Πιθανότητα εμφάνισης και σοβαρότητα περιβαλλοντικών επιπτώσεων λόγω εγκατάστασης γεωθερμικού συστήματος, Πηγή:Lunis and Breckenridge, 1991.

Πίνακας 2. Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της Λαμπριάδειου Σχολής και ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου.

Πίνακας 3. Ελάχιστο πάχος θερμομόνωσης δομικών στοιχείων στη Γ'Κλιματική Ζώνη, Πηγή: ΤΟΤΕΕ

Πίνακας 4. Ιδιότητες δομικών υλικών εξωτερικής τοιχοποιίας ισογείου σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα – Υπολογισμός συντελεστή θερμοδιαπερατότητας.

Πίνακας 5. Ιδιότητες δομικών υλικών εξωτερικής τοιχοποιίας ισογείου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο – Υπολογισμός συντελεστή θερμοδιαπερατότητας.

Πίνακας 6. Ιδιότητες δομικών υλικών εξωτερικής τοιχοποιίας πρώτου ορόφου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο – Υπολογισμός συντελεστή θερμοδιαπερατότητας.

Πίνακας 7. Ιδιότητες δομικών υλικών στοιχείων Ο/Σ ισογείου και πρώτου ορόφου σε επαφή– Υπολογισμός συντελεστή θερμοδιαπερατότητας.

Πίνακας 8. Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της Λαμπριάδειου Σχολής και ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου βάσει των επεμβάσεων.

Πίνακας 9. Ετήσιο κόστος για θέρμανση της Λαμπριάδειου Σχολής κατά α)την υφιστάμενη κατάσταση, β)κατόπιν θερμομονωτικής θωράκισης και αντικατάστασης των κουφωμάτων, γ)κατόπιν θερμομονωτικής θωράκισης και αντικατάστασης των κουφωμάτων και ταυτόχρονης αντικατάστασης του συμβατικού λέβητα πετρελαίου με αντλία θερμότητας.

Πίνακας 10. Συνολικό εκτιμώμενο κόστος εγκατάστασης Γεωθερμικής Αντλίας θερμότητας.

Πίνακας 11. Συνολικό κόστος προτεινόμεων επεμβάσεων.

Πίνακας 12. Πίνακας ταμειακών ροών επένδυσης επεμβάσεων στο κέλυφος.

Πίνακας 13. Πίνακας ταμειακών ροών επένδυσης εγκατάστασης ΓΑΘ.

Πίνακας 14. Πίνακας ενεργειακής κατανάλωσης για ψύξη.

Πίνακας 15. Πίνακας ταμειακών ροών επένδυσης συμπεριλαμβανομένων των ψυκτικών φορτίων.

Πίνακας 16. Συνολικό εκτιμώμενο κόστος εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών

Πίνακας 17. Συγκριτικός πίνακας κόστους εγκατάστασης και ετήσιου κόστου λειτουργίας κάθε συστήματος

Πίνακας 18. Συγκριτικός πίνακας κόστους εγκατάστασης και ετήσιου κόστου λειτουργίας κάθε συστήματος