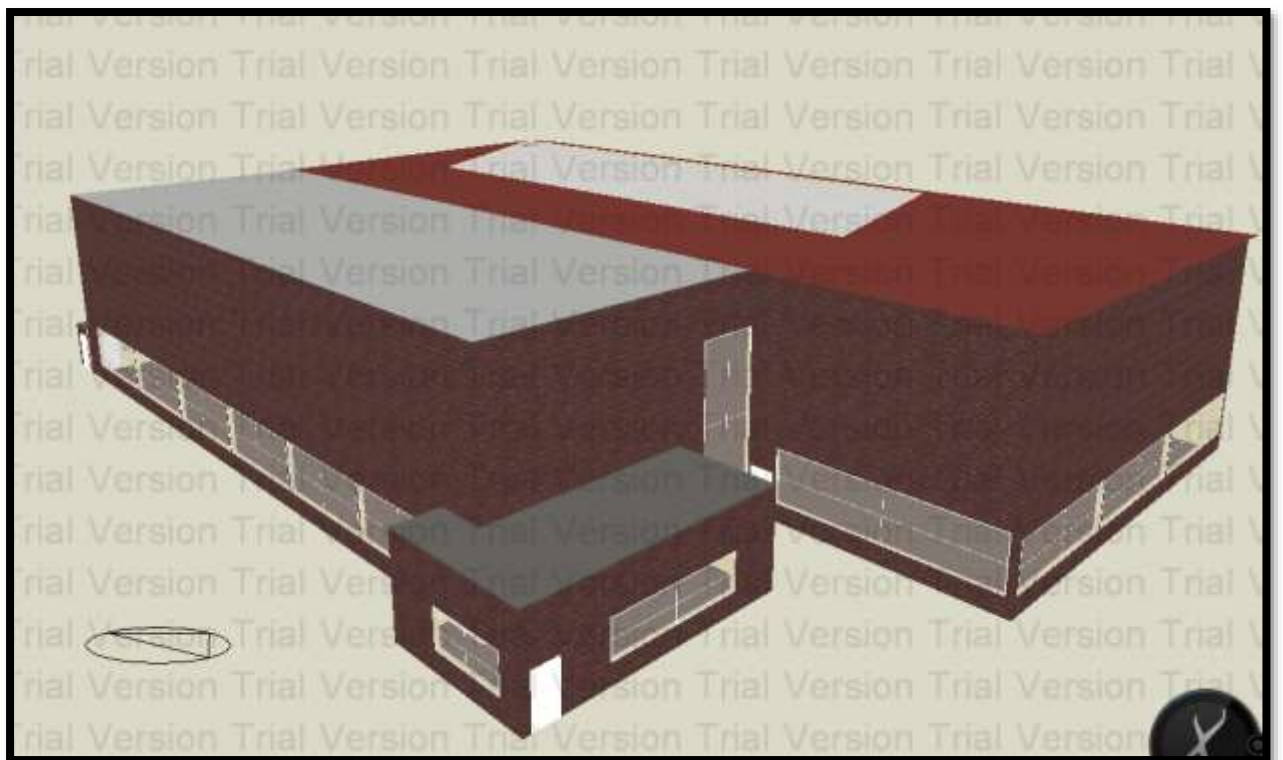




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τίτλος: Διερεύνηση Ενεργειακής Συμπεριφοράς Δημοτικού Κολυμβητηρίου Κοζάνης με χρήση Λογισμικού Προσομοίωσης



ΓΚΟΡΟΓΙΑΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

ΑΕΜ:1489

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΝΑΡΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Κοζάνη, Ιούλιος 2017

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς του Κλειστού Δημοτικού Κολυμβητηρίου Κοζάνης και αξιολόγηση παρεμβάσεων βελτίωσης αυτής. Οι παρεμβάσεις στοχεύουν τόσο στη βελτίωση του εσωκλίματος, όσο και στη μείωση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων. Η διερεύνηση πραγματοποιείται με το πρόγραμμα προσομοίωσης Energy Plus.

Τα πρώτα κεφάλαια αποτελούν ένα εισαγωγικό κομμάτι, στο οποίο παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με την ενεργειακή πολιτική και κατάσταση τόσο της Ευρώπης όσο και της Ελλάδος. Έμφαση δίνεται στους αθλητικούς χώρους και κυρίως στα κολυμβητήρια.

Έπειτα, παρατίθενται τεχνικές λεπτομέρειες του κελύφους, του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού αλλά και στοιχεία που επιδρούν στο ενεργειακό φορτίο του εξεταζόμενου κτιρίου, με αρκετό φωτογραφικό υλικό.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το πρόγραμμα προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε -Energy Plus- , μαζί με οδηγίες για την απόκτηση και την εκμάθησή του.

Το επόμενο κομμάτι της εργασίας περιλαμβάνει την εισαγωγή των τιμών των δεδομένων στο πρόγραμμα και τις παραδοχές που έγιναν, κατά την προσπάθεια να γίνει με τον ακριβέστερο τρόπο η προσομοίωση του υπάρχοντος κτιρίου. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για την υπάρχουσα κατάσταση και γίνεται σύγκριση των υπολογιζόμενων τιμών κατανάλωσης καυσίμων με διαθέσιμα πραγματικά στοιχεία.

Στο τελευταίο κομμάτι της εργασίας παρουσιάζεται το σενάριο της ενεργειακής αναβάθμισης και τα αποτελέσματα αυτής. Η αξιολόγηση των παρεμβάσεων λαμβάνει υπόψη της ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια.

## **ABSTRACT**

The present thesis analyzes the energy behavior of the public indoor swimming pool of Kozani and evaluates proposals for improvement. The interventions aim both at improving the climate inside the building and at reducing the consumption of conventional fuels used. The research is based on the Energy Plus simulation program.

The first chapters constitute the introduction where evidence concerning the European and Greek energy policy and situation is presented. Emphasis is given to sports grounds and swimming pools in particular.

Then, technical details of the shell of the electromechanical equipment and factors that influence the energy load of the building under study are cited, photographs included.

Next, Energy Plus - the simulation program that is used - is presented along with instructions on how it can be obtained and learnt.

The work that follows includes the introduction of data values into the program and the assumptions made in an effort to do the simulation of the existing building in the most precise way. The results of the simulation for the present situation are presented and the values of the fuels consumed are compared to the available facts.

In the last part of the thesis, the energy efficiency upgrading scenario is presented and its results as well. The evaluation of the intervention takes into consideration energy, environmental and economic criteria.

# **Περιεχόμενα**

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b> .....	<b>6</b>
<b>2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ</b> .....	<b>7</b>
2.1 Ενεργειακό Ισοζύγιο στην Ελλάδα.....	7
2.2 Οι τομείς ενεργειακής κατανάλωσης.....	7
2.3 Η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα .....	9
2.4 Ισχύουσα Κοινοτική & Ελληνική Νομοθεσία για Εξοικονόμηση Ενέργειας σε κτίρια .....	12
2.4.1 Κοινοτική Οδηγία 2010/31/ΕΚ – Ν. 4122/2013 .....	13
<b>3.ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΘΛΗΤΙΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ-ΚΟΛΥΜΒΗΤΗΡΙΑ</b> .....	<b>17</b>
3.1 Εισαγωγή .....	17
3.2 Ενεργειακές απαιτήσεις κλειστών κολυμβητηρίων .....	19
3.3 Ενεργειακό ισοζύγιο.....	20
3.4 Τα κολυμβητήρια στην Ελλάδα του σήμερα .....	21
3.5 Γενικά χαρακτηριστικά κολυμβητικών δεξαμενών .....	22
3.6 Διεθνής προδιαγραφές αγωνιστικών πισινών- Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	22
3.7 Κατηγοριοποίηση πισινών .....	25
3.8 Κατασκευαστικές απαιτήσεις.....	25
3.9 Ποιότητα νερού .....	26
3.10 Καθαρισμός και ανακυκλοφορία του νερού .....	27
3.11 Ενεργειακό ισοζύγιο.....	27
<b>4. ΤΟ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟ-ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΚΟΛΥΜΒΗΤΗΡΙΟ ΚΟΖΑΝΗΣ</b> .....	<b>29</b>
4.1 Κέλυφος.....	29
4.1.1 Χαρακτηριστικά επιμέρους χώρων – Στοιχεία χρήσης .....	30
4.1.2 Ενεργειακά συστήματα .....	31
4.1.3 Ενεργειακή κατανάλωση .....	35

<b>5. ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ: ENERGY PLUS.....</b>	<b>36</b>
5.1 Εισαγωγή .....	36
5.2 Τι είναι το Energy Plus.....	36
5.3 Γνωριμία – κατανόηση λειτουργίας Energy Plus.....	39
5.4 Εισαγωγή γεωμετρίας κτιρίου .....	43
5.5 Συμπλήρωση παραμέτρων προσομοίωσης .....	45
5.6 Εισαγωγή μηχανολογικών συστημάτων .....	46
5.7 Αποτελέσματα λογισμικού Energy Plus .....	46
<b>6. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ .....</b>	<b>48</b>
6.1 Εισαγωγή .....	48
6.2 Κλιματολογικά δεδομένα .....	48
6.3 Θερμικές ζώνες .....	48
6.4 Κέλυφος.....	48
6.5 Σύστημα θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης.....	49
6.7 Σύστημα φωτισμού .....	51
6.8 Εισαγωγή εξωτερικού αέρα στο χώρο .....	51
6.9 Προγράμματα .....	51
6.9.1 Περίοδος λειτουργίας του κολυμβητηρίου.....	51
6.9.2 Λειτουργία συστημάτων θέρμανσης-ψύξης-ZNX .....	51
6.9.3 Για τις ώρες λειτουργίας:.....	51
6.9.4 Παρουσία ατόμων .....	52
6.10 Υποθέσεις.....	52
6.11 Αποτελέσματα.....	52
6.12 Σύγκριση αποτελεσμάτων με τις πραγματικές καταναλώσεις.....	55
<b>7. ΣΕΝΑΡΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ.....</b>	<b>58</b>
7.1 Εισαγωγή .....	58
7.2 Αναβάθμιση κελύφους.....	59
7.3 Φωτισμός .....	59
7.4 Λέβητας πετρελαίου .....	60
7.5 Σύστημα αποθήκευσης-επανακυκλοφορίας του ζεστού νερού χρήσης .....	60
7.6 Μηχανικό σύστημα αερισμού.....	60
7.7 Σύστημα ψύξης.....	60
7.8 Κάλυμμα πισίνας .....	61

7.9 Φωτοβολταϊκά πλαίσια .....	61
7.10 Θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες .....	61
7.11 Υποθέσεις προσομοίωσης σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης .....	63
7.12 Αποτελέσματα σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης .....	64
7.13 Σχολιασμός αποτελεσμάτων .....	66
7.14 Οικονομοτεχνική ανάλυση.....	70
7.15 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα κολυμβητηρίου.....	71
<b>8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>73</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>75</b>

## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της ενεργειακής συμπεριφοράς και αξιολόγηση παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης του Δημοτικού Κολυμβητηρίου Κοζάνης.

Στο πλαίσιο αυτό πραγματοποιήθηκε θεωρητική διερεύνηση σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση σε κτίρια της Ευρώπης και πιο αναλυτικά στην Ελλάδα, με έμφαση στους αθλητικούς χώρους και πιο συγκεκριμένα στα κολυμβητήρια.

Εστιάζοντας στο συγκεκριμένο πρόβλημα, λαμβάνει χώρα ο υπολογισμός των ενεργειακών φορτίων, θέρμανσης και ψύξης του χώρου, του ζεστού νερού χρήσης, της θέρμανσης των πισινών και των ενεργειακών καταναλώσεων, καθώς και των αντίστοιχων ενεργειακών καταναλώσεων, τόσο για το υπάρχον κτίριο όσο και για σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης. Το σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης διαμορφώθηκε στη βάση βελτίωσης των εσωκλιματικών συνθηκών και μείωσης της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων.

Η ενεργειακή ανάλυση πραγματοποιείται με το λογισμικό προσομοίωσης Energy Plus, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα υπολογισμού των σχετικών ενεργειακών μεγεθών σε ετήσια βάση.

## **2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

### **2.1 Ενεργειακό Ισοζύγιο στην Ελλάδα**

Η ακαθάριστη παραγωγή (= κατανάλωση + απώλειες) ενέργειας στην ΕΕ εκτιμάται σήμερα σε περίπου 34 Mtoe. Από αυτά: 58 % παράγεται από πετρέλαιο, 26 % παράγεται από λιγνίτη, 9 % παράγεται από φυσικό αέριο, 6 % παράγεται από ανανεώσιμες πηγές, 0 % παράγεται από ουράνιο. Όσον αφορά τις απώλειες, 32 % είναι απώλειες της ενεργειακής υποδομής (κυρίως στην θερμοηλεκτρική παραγωγή), 27 % είναι η παραγωγή θερμότητας σε οικιακό/βιομηχανικό τομέα, 27 % είναι τα καύσιμα για μεταφορές και 14 % είναι η ηλεκτροπαραγωγή. Αφαιρώντας, συνεπώς, τις απώλειες από την ακαθάριστη παραγωγή προκύπτει η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση, η οποία ανέρχεται σε 23 Mtoe και διαρθρώνεται ως εξής: 39 % η παραγωγή θερμότητας σε οικιακό/βιομηχανικό τομέα, 40 % τα καύσιμα για μεταφορές και 21 % η ηλεκτροπαραγωγή.

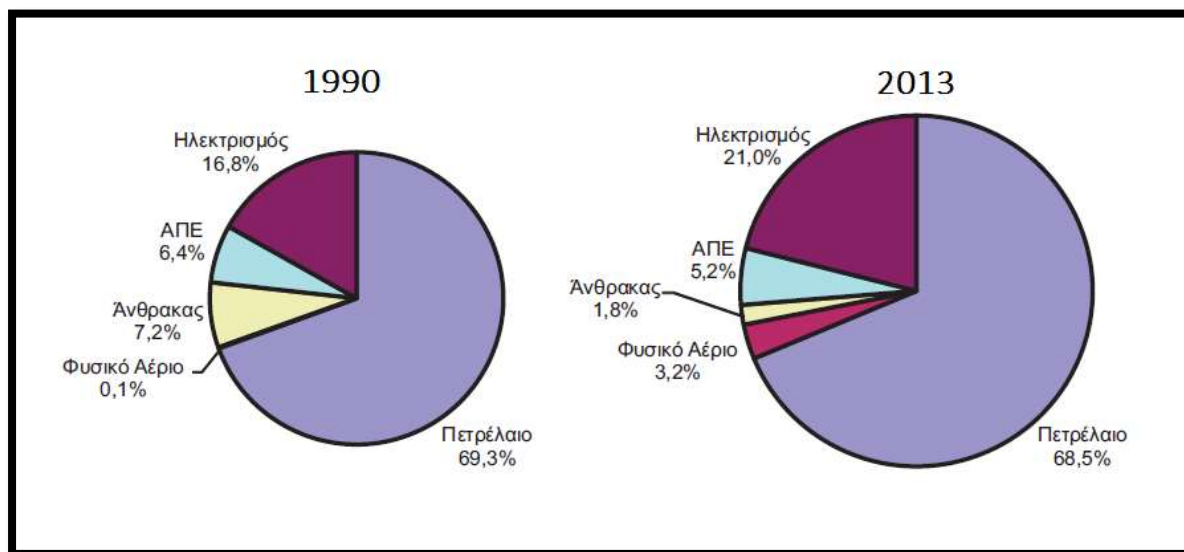
Το 2020 η αντίστοιχη ακαθάριστη παραγωγή προβλέπεται να είναι 36,7 Mtoe (αύξηση 8 %), και η κατανομή μεταξύ των διαφόρων πηγών αναμένεται να παραμείνει ουσιαστικά αμετάβλητη αν ακολουθηθούν οι σημερινές τάσεις ανάπτυξης της ενεργειακής της υποδομής. Η εξάρτηση της Ελλάδας από εισαγωγές ενέργειας ανέρχεται στο 75 % του ενεργειακού της ισοζυγίου (Μαρνέλλος Γ., 2017).

### **2.2 Οι τομείς ενεργειακής κατανάλωσης**

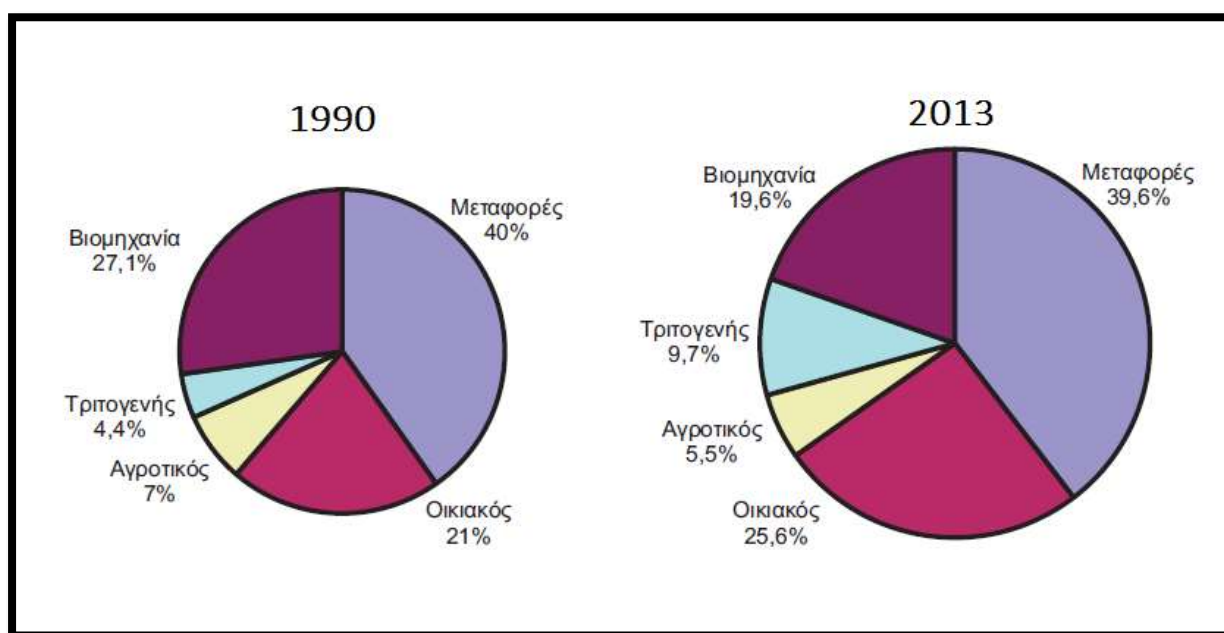
Το σύνολο του τριτογενούς, οικιακού, δημόσιου και αγροτικού τομέα κατανάλωσε το 2013 το 46% της συνολικής καταναλωθείσας ενέργειας, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό του 1990 ήταν 40%. Η βιομηχανία παρουσιάζει μια σταθερή κατανάλωση τα τελευταία χρόνια, η οποία το 2013 ήταν 4,2 Mtoe σημειώνοντας αύξηση κατά 0,2 Mtoe ή 5% σε σχέση με το 1990. Τα άνωθεν στοιχεία παρίστανται γραφικά στο σχήμα 2.1. Η κατά κεφαλήν



κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα είναι μεσαίου επιπέδου, συγκριτικά πάντα με τις παγκόσμιες τιμές.



Σχήμα 2.1: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο (1990,2013), (Μαρνέλλος Γ., 2017)



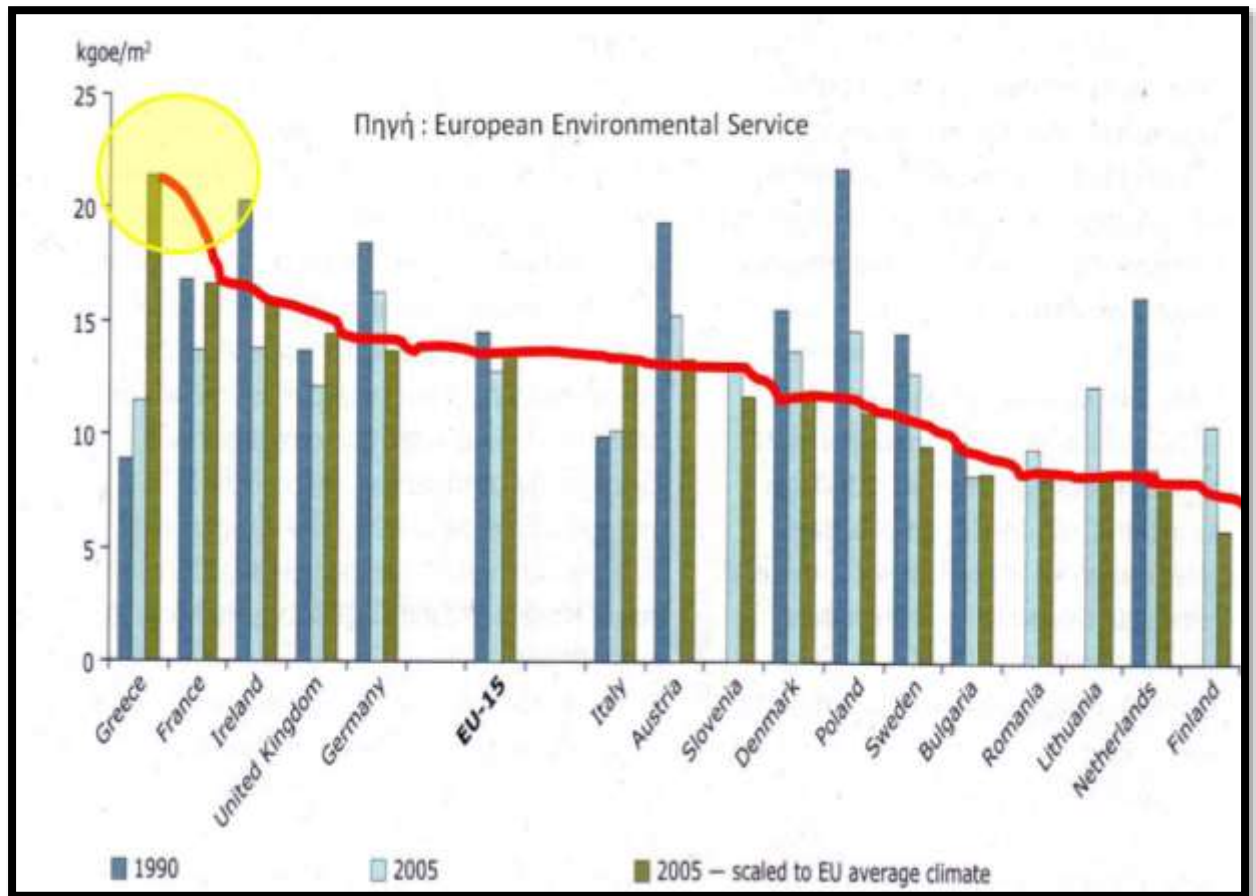
Σχήμα 2.2: Μεριδία τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα (1990,2013), (Μαρνέλλος Γ., 2017)

Η εξέλιξη των μεριδίων αγοράς των τομέων κατανάλωσης στην Ελλάδα είναι χαρακτηριστική για μια οικονομία σε μετά-βιομηχανική εξέλιξη που προσανατολίζεται προς μια οικονομία

υπηρεσιών όπου η βιομηχανία μειώνεται αισθητά και ο οικιακός με τον τριτογενή τομέα αναπτύσσουν σταδιακά τα δικά τους αντίστοιχα μερίδια. Ο τριτογενής τομέας μέσα σε 15 χρόνια υπερδιπλασιάστηκε ανερχόμενος από το 4,4% στο 9,7%. Η συνεισφορά των τομέων αυτών στο ΑΕΠ, η συνεισφορά δηλαδή της βιομηχανίας είναι της τάξης του 12% και του τριτογενούς τομέα της τάξης του 66%, επιβεβαιώνει αυτή την αύξηση, ενώ αντίστοιχα ο τουρισμός αποτελεί την κυριότερη επικερδή δραστηριότητα της χώρας (σχήμα 2.2).

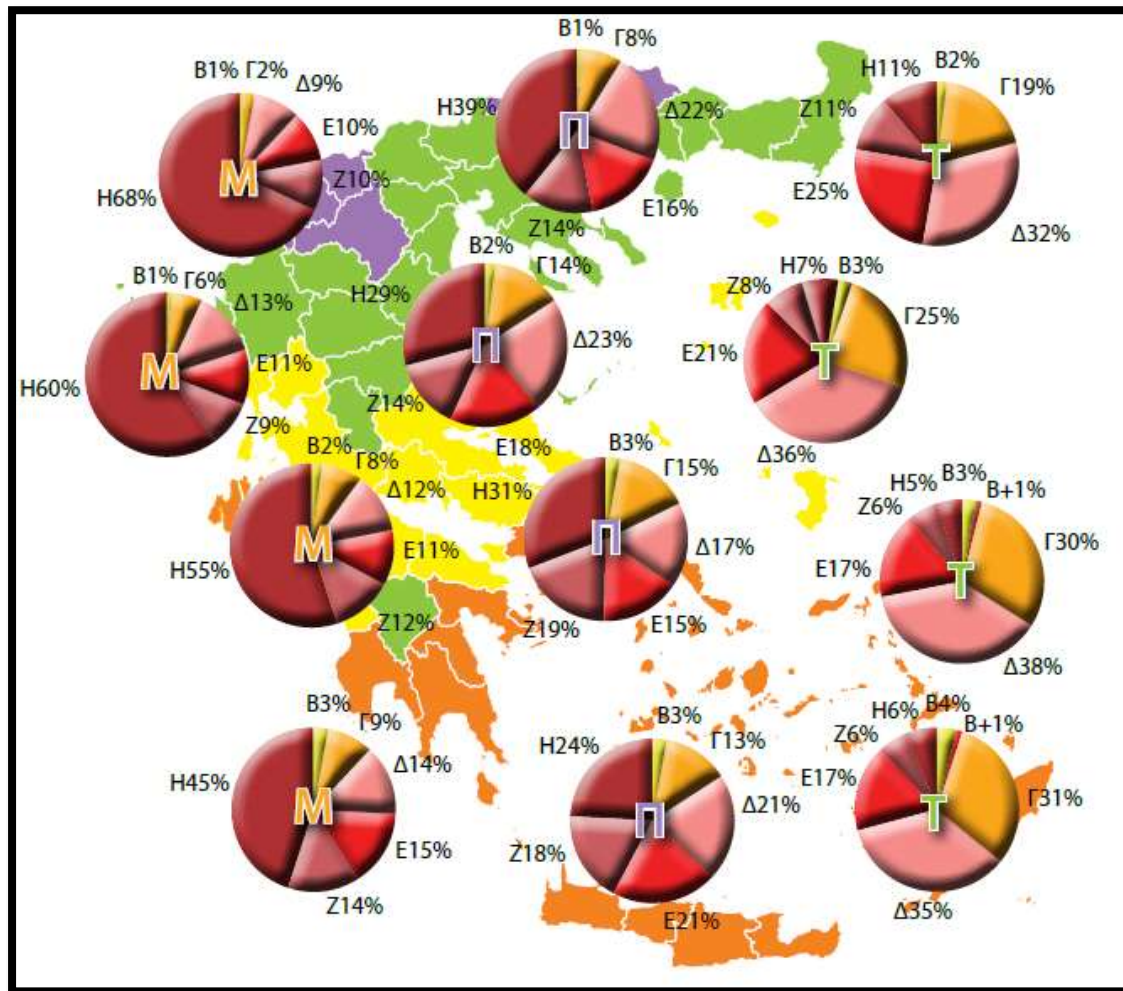
### **2.3 Η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα**

Σύμφωνα με επίσημα στοιχεία της τράπεζας της Ελλάδος για το έτος 2011 (έκθεση του Διοικητή για το έτος 2011), το μέσο κτίριο στην Ελλάδα συγκαταλέγεται ως ένα απ' τα πιο ενεργοβόρα στην Ευρώπη. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι για ζεστό νερό και για θέρμανση μια ελληνική οικογένεια ξοδεύει όσο μια οικογένεια στις βόρειες χώρες της Ευρώπης και το διπλάσιο από ότι στις αντίστοιχες νότιες χώρες, όπως η Ισπανία. Γενικότερα η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα στην Ευρώπη αγγίζει το 50%.



Σχήμα 2.3: Καταναλώσεις ενέργειας στις Ευρωπαϊκές χώρες (European Environmental Service)

Στη σημερινή εποχή, η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης θα αποτελούσε σημαντική βοήθεια στα δοκιμαζόμενα από την κρίση νοικοκυριά, σημειώνοντας ωστόσο τη δυσκολία εξεύρεσης των πόρων για την υλοποίηση των απαιτούμενων παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας.



Σχήμα 2.4: Ενεργειακή κατάταξη για τις μονοκατοικίες (M), τις πολυκατοικίες (Π) και τα κτίρια του τριτογενή τομέα (T) ανά κλιματική ζώνη από τα διαθέσιμα ΠΕΑ ,2014

Συνοψολογίζοντας την μεγάλη κατανάλωση ενέργειας στον Ελλαδικό χώρο, παρά το ευνοϊκό κλίμα που επικρατεί (σχήμα 2.3) και όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία, την κλιματική αλλαγή, τις διεθνείς συνθήκες που αφορούν την κλιματική αλλαγή και κατ' επέκταση την κατανάλωση ενέργειας, θα λέγαμε ότι η ελληνική πολιτεία αμέλησε περισσότερο απ' τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες την επιβολή μέτρων και κινήτρων για την αναβάθμιση της ενεργειακής συμπεριφοράς του υπάρχοντος ενεργοβόρου κτιριακού τομέα. Ως αποτέλεσμα οι ενεργειακές κλάσεις των κτιρίων να διαμορφώνονται όπως φαίνεται στο σχήμα 2.4.

Επιπροσθέτως, επιτακτική μοιάζει η ανάγκη αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) που μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων,

συνυπολογίζοντας και το σημαντικό δυναμικό στην Ελλάδα για όλες ουσιαστικά τις μορφές ΑΠΕ.

Πριν από λίγα χρόνια η ελληνική κοινωνία υποχρεώθηκε να θεσπίσει τον ΚΕΝΑΚ, στα πλαίσια συμμόρφωσης με τη σχετική οδηγία ΕΡΒΔ/2002. Βέβαια τα μέτρα που έχουν θεσπιστεί στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης είναι αρκετά αυστηρότερα με υψηλές απαιτήσεις ακόμη και στα υλικά (επιλογή και τοποθέτηση), με βασικό στοιχείο τον έλεγχο της εγκυρότητας και της ορθότητας τόσο της ενεργειακής μελέτης όσο και της ορθής υλοποίησής της. Τα αποτελέσματα ελέγχονται διαρκώς ώστε το νομικό πλαίσιο να αναπροσαρμόζεται τακτικά.

## **2.4 Ισχύουσα Κοινοτική & Ελληνική Νομοθεσία για Εξοικονόμηση Ενέργειας σε κτίρια**

Η προώθηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων στην ΕΕ αποτελεί υψηλή προτεραιότητα, καθώς τα κτίρια αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μερίδιο της κατανάλωσης ενέργειας. Η Κοινοτική Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων (ΕΡΒΔ) σχεδιάστηκε για να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση του κτιριακού τομέα των Κρατών-Μελών με την εισαγωγή ενός ολοκληρωμένου πλαισίου που καλύπτει τις σημαντικότερες πτυχές κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια.

Η Κοινοτική Οδηγία βασίζεται στα ακόλουθα τέσσερα βασικά στοιχεία:

- κοινή μεθοδολογία για τον υπολογισμό ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων
- ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης για νέα και υφιστάμενα κτίρια, σε περίπτωση που υποβάλλονται σε μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση
- συστήματα πιστοποίησης για νέα και υφιστάμενα κτίρια και, σε δημόσια κτήρια, ανάρτηση σε ευκρινές σημείο του κτιρίου των πιστοποιητικών και άλλων σχετικών πληροφοριών,

επιθεώρηση των λεβήτων και των κεντρικών εγκαταστάσεων κλιματισμού στα κτίρια σε τακτά χρονικά διαστήματα και αξιολόγηση της εγκατάστασης θέρμανσης όταν οι λέβητες είναι παλαιότεροι των 15 ετών.

Στην Ελλάδα, η ενσωμάτωση της Κοινοτικής Οδηγίας 2002/91/ΕΚ ολοκληρώθηκε με την ψήφιση του Ν.3661/08. Οι θεσμοθετημένες θέσεις για την ενεργειακή απόδοση στον κτιριακό τομέα οδήγησαν στη θέσπιση Τεχνικών Οδηγιών με βάση τον «Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων – ΚΕΝΑΚ».

#### **2.4.1 Κοινοτική Οδηγία 2010/31/ΕΚ – Ν. 4122/2013**

Η Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19ης Μαΐου 2010 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων έχει ως στόχο να προωθήσει την ενεργειακή απόδοση κτιρίων και κτιριακών μονάδων και καταργεί, με την ενσωμάτωση της στο Ευρωπαϊκό δίκαιο, την Οδηγία 2002/91/ΕΚ. Η Οδηγία 2010/31/ΕΚ εναρμονίστηκε με την Ελληνική νομοθεσία με τον Ν. 4122/19.2.2013. Αναλυτικά η Οδηγία προτείνει:

1. Μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, όπου τα κράτη μέλη υποχρεούνται να υιοθετήσουν, σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο, μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, η οποία να λαμβάνει υπόψη ορισμένους παράγοντες,

2. Καθορισμός ελάχιστων απαιτήσεων. Θεσπίστηκαν ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης ώστε να επιτευχθούν τα καλύτερα δυνατά επίπεδα από πλευρά κόστους. Τα νέα κτίρια πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις αυτές και, πριν αρχίσει η κατασκευή τους, πρέπει να έχει μελετηθεί η σκοπιμότητα εγκατάστασης συστημάτων με ΑΠΕ, αντλιών θερμότητας, συστημάτων ΣΗΘΥΑ(Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης), κα. Όταν τα υπάρχοντα κτίρια υφίστανται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας, πρέπει να επιτυγχάνεται αναβάθμιση

της ενεργειακής τους απόδοσης, ώστε να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις.

3. Στόχος: Κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Από 31ης Δεκεμβρίου 2020, όλα τα νέα κτίρια πρέπει να έχουν σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους πρέπει να πληρούν τα ίδια κριτήρια μετά την 31η Δεκεμβρίου 2018.

4. Πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης. Η Ελλάδα θέσπισε σύστημα πιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, που περιλαμβάνει πληροφορίες για την ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων καθώς και συστάσεις για βελτιώσεις από πλευράς κόστους. Για τα δημόσια κτίρια το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης αναρτάται σε περίοπτη θέση για το κοινό. Το ΥΠΕΚΑ, σε συνεργασία με το ΤΕΕ, έχει εκδώσει από το 2010 πέντε (5) Τεχνικές Οδηγίες (και αναθεωρήσεις) για την καλύτερη ενημέρωση και γνώση του τεχνικού κόσμου στα θέματα ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, ονομαστικά:

1. ΤΟΤΕΕ 20701-1 «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και την έκδοση ΠΕΑ».

2. ΤΟΤΕΕ 20701-2 «Θερμοφυσικές Ιδιότητες Δομικών Υλικών και Έλεγχος της Θερμοφυσικής Επάρκειας των Κτιρίων».

3. ΤΟΤΕΕ 20701-3 «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών».

4. ΤΟΤΕΕ 20701-4 «Οδηγίες και Έντυπα Ενεργειακών Επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων & εγκαταστάσεων κλιματισμού-θέρμανσης».

5. ΤΟΤΕΕ 20701-5 «Εγκαταστάσεις πολύ-μικρής ΣΗΘ για εφαρμογή σε κτίρια».

Περισσότερες πληροφορίες μπορεί να αντλήσει κάποιος από την ιστοσελίδα του Υπουργείου: [www.buildingcert.gr/N4122\\_2013](http://www.buildingcert.gr/N4122_2013).

Στην Ελλάδα έχει θεσπιστεί ένα ολοκληρωμένο θεσμικό πλαίσιο με στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού τομέα και την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα,

- Νόμος 3855/2010, «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις».
- Νόμος 3851/2010, «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (Δεσμευτικοί εθνικοί στόχοι για διείσδυση ΑΠΕ στην τελική ενεργειακή κατανάλωση μέχρι το 2020) ».
- Νόμος 3661/2008, «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις».

Ακόμη, η πολιτεία έχει θέσει ως στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 9% ως το 2016 και έχει εγκρίνει το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για αύξηση της ενεργειακής απόδοσης (ΣΔΕΑ) που περιλαμβάνει τα κατάλληλα μέτρα για την εκπλήρωση του στόχου.

Τα βασικότερα μέτρα και διατάξεις του Νόμου 3855/2010 συνοψίζονται παρακάτω:

- Θέσπιση μέτρων για το άνοιγμα της αγοράς ενεργειακών υπηρεσιών μέσω ΕΕΥ
- Κατεύθυνση για τον υποδειγματικό ρόλο που πρέπει να διαδραματίσει ο δημόσιος φορέας
- Ελεγκτικοί μηχανισμοί ενέργειας, δηλαδή ενεργειακοί έλεγχοι, διακριτά τιμολόγια, έξυπνοι μετρητές
- Ανάπτυξη θεσμικών μέτρων όπως σύστημα παρακολούθησης, διαθεσιμότητα πληροφοριών, εκούσιες συμφωνίες, πράσινες δημόσιες προμήθειες ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή μείωση κατανάλωσης ενέργειας.



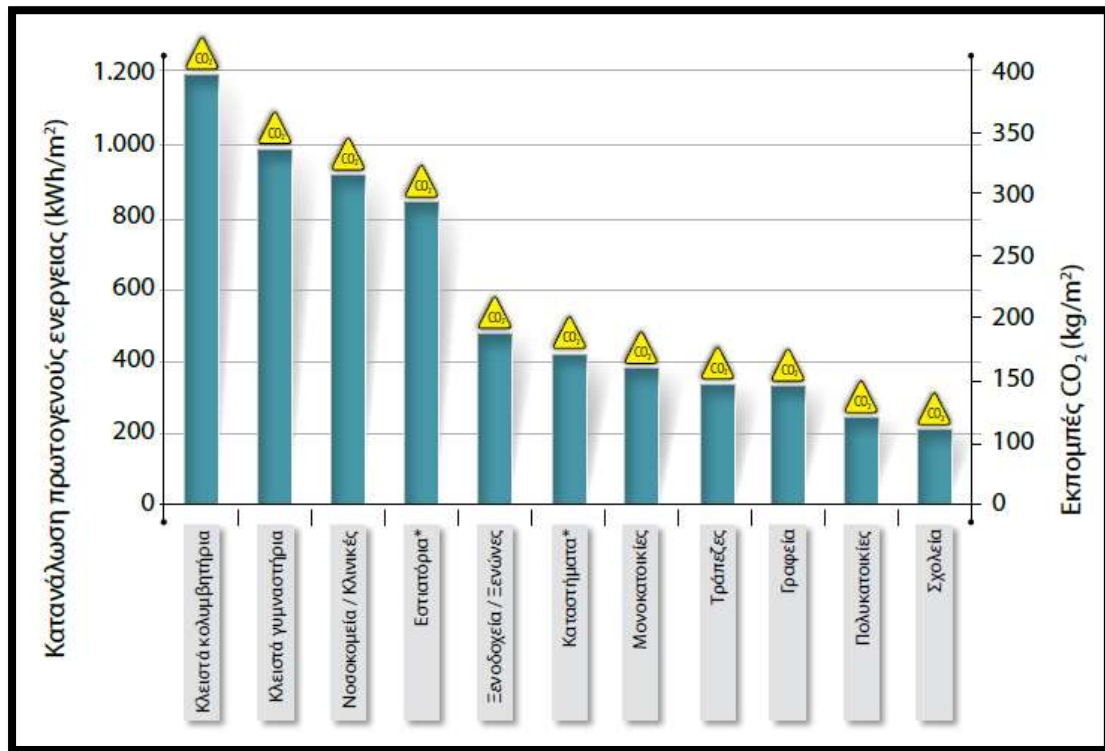
Το φυσικό ή νομικό πρόσωπο που εξειδικεύεται στις ενεργειακές υπηρεσίες και γενικότερα σε τρόπους ενεργειακής αναβάθμισης του κτιριακού τομέα αναλαμβάνοντας το κόστος και την προώθηση αυτών καλείται εξ ορισμού «Επιχείρηση Ενεργειακών Υπηρεσιών» ή «ΕΕΥ».

Η συμφωνία που πιστοποιείται εγγράφως μεταξύ του κατόχου και του παρόχου ενεργειακών υπηρεσιών με σκοπό την επίτευξη ενεργειακής αναβάθμισης και με οικονομικές απολαβές του παρόχου ανάλογα με το επίπεδο της ενεργειακής βελτίωσης καλείται «Σύμβαση Ενεργειακής απόδοσης» ή «ΣΕΑ».

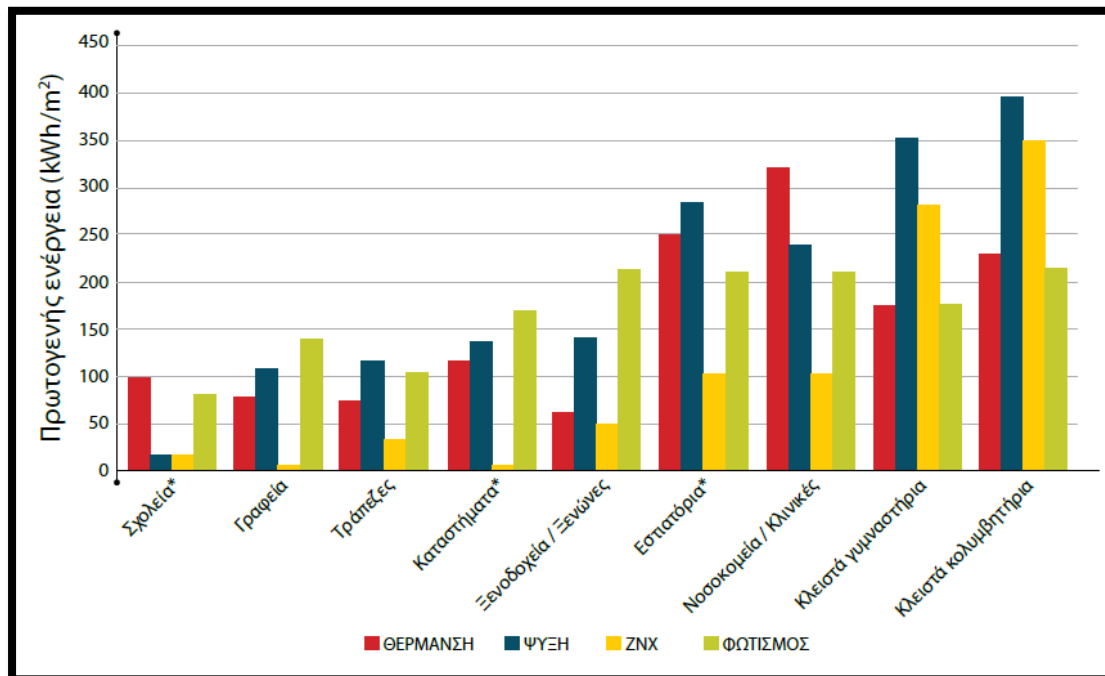
### **3.ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΘΛΗΤΙΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ-ΚΟΛΥΜΒΗΤΗΡΙΑ**

#### **3.1 Εισαγωγή**

Σε ένα κτίριο πολλών χρήσεων με μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις, όπως οι αθλητικοί χώροι, ο ενεργειακός σχεδιασμός γίνεται πιο ουσιώδης και χρηστικός, καθώς μπορεί να επιφέρει την αλλαγή τόσο του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου όσο και των δαπανών του. Πιο συγκεκριμένα, η μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων θα επιφέρει μείωση των καταναλώσεων και κατ' επέκταση μείωση του κόστους με θετικό αντίκτυπο στο ενεργειακό αποτύπωμα του κτιρίου. Ενδεικτικά, σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες η ειδική κατανάλωση ενέργειας για αθλητικούς χώρους κυμαίνεται από 180 kWh/m<sup>2</sup> έως 600 kWh/m<sup>2</sup>, ενώ στα κολυμβητήρια από 600 kWh/m<sup>2</sup> έως 5000 kWh/m<sup>2</sup> με τα αντίστοιχα νούμερα στην Ελλάδα να είναι κατά μέσο όρο κοντά στις 80 kWh/m<sup>2</sup> για τους αθλητικούς χώρους και 450 kWh/m<sup>2</sup> για τα κολυμβητήρια, στοιχείο που οφείλεται στην έλλειψη συστημάτων αερισμού, θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης ή στην μη επιδίωξη επίτευξης των σωστών συνθηκών λειτουργίας λόγω οικονομίας.



Σχήμα 3.1 : Μέση υπολογιζόμενη ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (κολώνες, πρωτεύων άξονας) και εκπομπές CO<sub>2</sub> (σύμβολα, δευτερεύων άξονας) για διαφορετικές κατηγορίες κτιρίων, από τα διαθέσιμα ΠΕΑ ,2014



Σχήμα 3.2: Μέση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση, για τις πιο βασικές κατηγορίες κτιρίων του τριτογενή τομέα

### **3.2 Ενεργειακές απαιτήσεις κλειστών κολυμβητηρίων**

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί από τις σχετικές μετρήσεις για την ενεργειακή κατανάλωση των κλειστών κολυμβητηρίων τα κλειστά κολυμβητήρια, παρόλο που είναι προτιμότερα από τους αθλητές και το κολυμβητικό κοινό λόγω των καλύτερων συνθηκών κολύμβησης που προσφέρουν σε σχέση με τα αντίστοιχα ανοιχτά, απαιτούν τεράστια ποσά ενέργειας για τη λειτουργία τους. Σύμφωνα με έρευνες κατά τη διάρκεια των χρόνων, έχει προκύψει ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις μιας κλειστής πισίνας είναι 3 φορές μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες μιας ανοιχτής ίδιων διαστάσεων. Συγκεκριμένα, μελέτη ομάδας Ελλήνων επιστημόνων το 1997, μελετώντας τις κλειστές πισίνες της Ελλάδας, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι κλειστές πισίνες της Μεσογείου απαιτούν για θέρμανση της πισίνας και του περιβάλλοντος χώρου 430 KWh/m<sup>2</sup> για 12ωρη ημερήσια λειτουργία, με την αντίστοιχη τιμή για τις πισίνες της βορειότερης Ευρώπης να ανέρχεται στις 520 KWh/m<sup>2</sup> λόγω του ψυχρότερου κλίματος. Ταυτόχρονα, η ενεργειακή απαίτηση των ανοιχτών πισινών στη Μεσόγειο υπολογίστηκε στις 145 KWh/m<sup>2</sup> περίπου.

Η μεγάλη αυτή διαφορά προέρχεται κυρίως από το μεγάλο μειονέκτημα των κλειστών πισινών ότι δεν εκμεταλλεύονται την απευθείας ηλιακή ενέργεια για θέρμανση της πισίνας. Συνακόλουθα, το σύστημα θέρμανσης και ψύξης του περιβάλλοντα χώρου της πισίνας, όπως επίσης και το σύστημα αερισμού, καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας, λόγω του ωραρίου λειτουργίας των χώρων το οποίο είναι επίμηκες. Τα ποσά αυτά είναι υψηλότερα σε σχέση με άλλους τύπους κτιρίων, όπως συγκροτήματα γραφείων, εστιατόρια, ξενοδοχεία, βιβλιοθήκες και άλλα δημόσια κτίρια ίδιας επιφάνειας. Το γεγονός αυτό εξηγείται από τα πολύ υψηλά επίπεδα υγρασίας κυρίως εντός του χώρου των ντους, αλλά και των αποδυτηρίων όπως επίσης και του περιβάλλοντα χώρου της πισίνας, τα οποία πρέπει συνεχώς να ελέγχονται και να εξισορροπούνται έτσι ώστε να επικρατούν συνθήκες άνεσης για τους αθλητές, προπονητές και θεατές. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ο απαραίτητος ρυθμός αερισμού

στο χώρο των ντους ανέρχεται σε 220 m<sup>3</sup>/h ανά ντους, την ίδια στιγμή που η αντίστοιχη τιμή για ένα κτίριο καπνιστών προβλέπει τιμή αερισμού περίπου 75 m<sup>3</sup>/h ανά άτομο. Για τον χώρο της πισίνας και των αποδυτηρίων, οι τιμές είναι της τάξης των 10 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> και 15 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> αντίστοιχα, όμως εμπίπτουν σε πολύ υψηλές απαιτήσεις ενέργειας αν ληφθεί υπόψη ότι μόνο η επιφάνεια μιας πισίνας Ολυμπιακών διαστάσεων με 10 διαδρομές ανέρχεται σε 1250 m<sup>2</sup>.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι πισίνες χαρακτηρίζονται από σημαντικές απώλειες θερμότητας που σημειώνονται λόγω του φαινομένου της εξάτμισης του νερού της πισίνας. Το φαινόμενο αυτό στις πισίνες κλειστών κολυμβητηρίων δεν αποτελεί τόσο σοβαρό πρόβλημα όσο σε αυτές των ανοιχτών εξαιτίας της δυνατότητας ελέγχου της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου και της υγρασίας αυτού, όπως επίσης και της ταχύτητας του αέρα στην επιφάνεια της πισίνας (που αποτελεί τον κύριο λόγο εξάτμισης του νερού), η οποία στις εσωτερικές πισίνες είναι μηδενική. Παρόλα αυτά, και σε αυτή την περίπτωση, οι απώλειες θερμότητας που καταγράφονται στα κλειστά κολυμβητήρια είναι σημαντικές.

Σε γενικές γραμμές, η συνολική ενεργειακή κατανάλωση ενός κλειστού κολυμβητηρίου διαχωρίζεται σε 45% για αερισμό του περιβάλλοντα χώρου της πισίνας, 33% για θέρμανση της πισίνας, 10% για το σύστημα ψύξης/θέρμανσης και αερισμού των υπόλοιπων χώρων, 9% κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για τον μηχανολογικό εξοπλισμό και τον φωτισμό και το υπόλοιπο 3% αντιστοιχεί σε ζεστό νερό χρήσης για τις τουαλέτες, το κυλικείο κτλ (Trianti-Stourna et al., 1997, Energy conversation strategies for sports centers : Part B – Swimming Pools).

### **3.3 Ενεργειακό ισοζύγιο**

Το ενεργειακό ισοζύγιο ενός κολυμβητηρίου απαρτίζεται από τις απώλειες, τα θερμικά κέρδη και την ενέργεια που προσφέρουμε

μέσω των διάφορων συστημάτων για να επιτευχθούν οι επιθυμητές συνθήκες τόσο του χώρου όσο και του νερού της πισίνας. Αναλυτικότερα, οι απώλειες περιλαμβάνουν την εξάτμιση του νερού της κολυμβητικής δεξαμενής, την αγωγή των τοιχωμάτων της πισίνας με το έδαφος και γενικότερα του δαπέδου και του όλου κελύφους. Τα θερμικά κέρδη οφείλονται στην ηλιακή ακτινοβολία, την παρουσία ατόμων και τη λειτουργία των μηχανικών συστημάτων.

### **3.4 Τα κολυμβητήρια στην Ελλάδα του σήμερα**

Στην Ελλάδα υπάρχουν 60 κολυμβητήρια τα οποία υπάγονται στο Υπουργείο Θρησκευμάτων Πολιτισμού και Αθλητισμού. Στον πίνακα 3.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο καταμερισμός τους ανάλογα με το γεωγραφικό διαμέρισμα που ανήκουν, το πλήθος και τον τύπο (ανοιχτό ή κλειστό) σύμφωνα με την τελευταία επίσημη απογραφή το 2008 απ' το Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων (ΥΠΕΠΘ,2008).

Καταμερισμός Ελληνικών Κολυμβητηρίων				
Γεωγραφικό διαμέρισμα	Αριθμός Κολυμβητηρίων	Περιγραφή		
		Ανοιχτά	Κλειστά	Ανοιχτά-Κλειστά
Αττική	22	12	9	1
Μακεδονία – Θράκη	11	6	4	1
Κεντρική Ελλάδα	10	7	2	1
Πελοπόννησος	10	9	1	-
Νησιά	7	4	3	-
Σύνολο	60	38	19	3

Πίνακας 3.1: Καταμερισμός Κολυμβητηρίων στην Ελλάδα [Πηγή : ΥΠΕΠΘ, 2008]

### **3.5 Γενικά χαρακτηριστικά κολυμβητικών δεξαμενών**

Ως προς την κατασκευή των κολυμβητικών δεξαμενών υπάρχουν παγκοσμίως δύο τύποι, οι χτιστές και οι προκατασκευασμένες. Κρίσιμο σημείο της κατασκευής είναι η στεγανοποίηση, που απαιτεί μεγάλη σχολαστικότητα και επιμέλεια λόγω της συνεχούς υψηλής πίεσης που υφίστανται τα τοιχώματα και ο πυθμένας της πισίνας. Στην περίπτωση, έστω και μικρών ανοιγμάτων της τάξης μικρομέτρων τα αποτελέσματα μπορεί να είναι καταστροφικά σε βάθος χρόνου, λόγω της εισχώρησης υγρασίας στα θεμέλια, και γενικότερα η εύρεση και η διόρθωση των ατελειών αυτών είναι ιδιαίτερα επίπονη και δαπανηρή. Μετά τη φάση της στεγανοποίησης ακολουθεί η επένδυση της πισίνας και τέλος η διασύνδεσή της με το μηχανολογικό εξοπλισμό.

### **3.6 Διεθνής προδιαγραφές αγωνιστικών πισινών- Τεχνικά χαρακτηριστικά**

Με γνώμονα τα Ολυμπιακά ιδεώδη του «ευ αγωνίζεσθαι» και τη διασφάλιση συνθηκών ασφαλείας και άνεσης, αναπτύχθηκε ένα σύνολο προδιαγραφών για όλες τις πισίνες. Έτσι, κάθε κολυμβητήριο που φιλοξενεί αγώνες, είναι υποχρεωμένο να πληροί τις προδιαγραφές της Παγκόσμιας Ομοσπονδίας Υγρού Στίβου (FINA).

Κατά την ανέγερση ενός κολυμβητηρίου η αρμόδια αρχή έχει ως ένα πρώτο βασικό πεδίο επιλογής τις διαστάσεις της πισίνας, οι οποίες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Οι πισίνες διεξαγωγής αγώνων που διακρίνονται σε «μεγάλες» (long course) ή «μικρές» (short course) και τις πισίνες εκμάθησης.

Στον πίνακα 3.5 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των αγωνιστικών πισινών, με διακριτοποίηση στο μήκος, long ή short course.

Τεχνικές Προδιαγραφές Αγωνιστικών Κολυμβητικών Δεξαμενών		
Είδος Πισίνας	Long course	Short course
Μήκος	50 m	25 m
Πλάτος	21 m	15 m
Ελάχιστο βάθος	2 m	2 m
Ελάχιστος όγκος	2100 m <sup>3</sup>	750 m <sup>3</sup>
Ελάχιστος αριθμός διαδρομών	8	6
Πλάτος διαδρομής	2,5 m	2,5 m
Θερμοκρασία νερού	25 -28 °C	25 -28 °C
Ελάχιστη ένταση φωτός	1500 lux	1500 lux
Σχετική υγρασία (κλειστά κολυμβητήρια)	50 – 70%	50 – 70%
Θερμοκρασία αέρα (κλειστά κολυμβητήρια)	30 – 32 °C	30 – 32 °C
Ελάχιστος ρυθμός αερισμού στον χώρο της πισίνας (κλειστά κολυμβητήρια)	12 l/sec/άτομο	12 l/sec/άτομο

Πίνακας 3.2: Τεχνικές προδιαγραφές κολυμβητικών δεξαμενών [Πηγή : Παγκόσμια Ομοσπονδία Υγρού Στίβου, FINA, 2010]

Σχετικά με τις πισίνες εκμάθησης, οι διαστάσεις τους συνήθως ανέρχονται σε 12,5m μήκος, 6m πλάτος και το βάθος ξεκινά από 0,6m και φτάνει σταδιακά στο 1,3m. Ωστόσο, μόνο το μήκος είναι δεσμευτικό, με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά να τίθενται στην διακριτική ευχέρεια της αρμόδιας αρχής.

Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στις προτεινόμενες θερμοκρασίες νερού απ' την Διεθνή Ομοσπονδία Κολυμβητηρίων ανάλογα με τη χρήση της πισίνας. Στον πίνακα 3.3 παρατίθενται οι προτεινόμενες θερμοκρασίες ανάλογα την δραστηριότητα.



Προτεινόμενες Θερμοκρασίες Νερού	
Δραστηριότητα	Προτεινόμενη Θερμοκρασία
Διεξαγωγή αγώνων κολύμβησης και καταδύσεων, προπόνηση αθλητών	26 – 28 °C
Κολύμβηση αναψυχής, εκμάθηση ενηλίκων	27 – 29 °C
Κέντρα αναψυχής	28 – 30 °C
Εκμάθηση ανηλίκων	29 – 31 °C
Baby swimming, παιδιά προσχολικής ηλικίας, ΑΜΕΑ	30 – 32 °C

Πίνακας 3.3: Προτεινόμενες Θερμοκρασίες νερού σύμφωνα με τη δραστηριότητα των χρηστών [Πηγή, National Swimming Pools Federation]

Η ελληνική κοινότητα απ’ τις αρχές της δεκαετίας του ’70 έχει νομοθετήσει ένα πακέτο προδιαγραφών για τα νέα κολυμβητήρια αλλά και τα υπάρχοντα. Το σύνολο των προδιαγραφών περιγράφονται αναλυτικά απ’ την υπουργική απόφαση Γ1/443/1973 (ΦΕΚ 87/Β/24-1-73). Στην παρούσα εργασία, ωστόσο, θα αναφερθούν τα βασικά χαρακτηριστικά. Οι ενότητες που περιλαμβάνει η διάταξη είναι:

A. Ορισμοί

B. Κατασκευή κολυμβητικών δεξαμενών

Γ. Ύδωρ κολυμβητικών δεξαμενών

Δ. Λειτουργία και συντήρησης δεξαμενών

E. Ειδικά κολυμβητικά δεξαμενά

ΣΤ. Γενικά διατάξεις

Z. Άδεια λειτουργίας

H. Ισχύς και κυρώσεις

Θ. Μεταβατικά διατάξεις

### **3.7 Κατηγοριοποίηση πισινών**

Σύμφωνα με την διάταξη Γ1/443/1973 προκύπτει ο πίνακας 3.4 , σχετικά με την κατηγοριοποίηση των κολυμβητικών δεξαμενών ανάλογα με το μέγεθος της επιφάνειάς τους.

<b>Κατηγοριοποίηση Πισινών</b>		
<b>Κατηγορίες</b>	<b>Μικρές</b>	<b>E1 &gt; 350 m<sup>2</sup></b>
	<b>Μεσαίες</b>	<b>350 &lt; E2 &lt; 1250 m<sup>2</sup></b>
	<b>Μεγάλες</b>	<b>E3 &gt; 1250 m<sup>2</sup></b>

Πίνακας 3.4: Κατηγορίες πισινών σύμφωνα με την επιφάνεια αυτών [ΦΕΚ 87B, Υγ. Διάταξη Γ1/443/73]

### **3.8 Κατασκευαστικές απαιτήσεις**

Στον επόμενο πίνακα καθορίζονται οι κατασκευαστικοί παράμετροι όπως η κλίση του πυθμένα, το μέγιστο φορτίο των δεξαμενών, η τοποθέτηση στομιών εισροής/ εκροής και λοιπά χαρακτηριστικά.

Κατασκευαστικές Απαιτήσεις Κολυμβητικών Δεξαμενών		
Κλίση πυθμένα	Για βάθος < 1,5 m	1 : 12,5 (8%)
	Για βάθος > 1,5 m	1 : 3
Μέγιστο φορτίο δεξαμενών (μέγιστος αριθμός λουόμενων)	Για βάθος < 1 m	1 άτομο / 1 m <sup>2</sup> νερού
	Για βάθος > 1 m	1 άτομο / 2,5 m <sup>2</sup> νερού
Για κάθε σημείο κατάδυσης		Επιπλέον επιφάνεια 30 m <sup>2</sup>
Αντιστοιχία ποσότητας νερού ανά λουόμενο		>500 l χλωριωμένου/ανακυκλούμενου νερού ανά λουόμενο
Τοποθέτηση στομιών εισροής για δεξαμενές > 150 m <sup>2</sup>		Ανά 4,5 m στα τοιχώματα
Τοποθέτηση στομιών εκροής για δεξαμενές > 150 m <sup>2</sup>		Ανά 6 m στα τοιχώματα
Δεξαμενές επιφάνειας >200 m <sup>2</sup>		Επιβάλλεται σε όλη τη περίμετρο κατασκευή αύλακα υπερχείλισης
Δεξαμενές επιφάνειας <200 m <sup>2</sup>		Στόμια υπερχείλισης (skimmers), τουλάχιστον 1/50 m <sup>2</sup>

Πίνακας 3.5: Ποιοτικές Απαιτήσεις Κολυμβητικών Δεξαμενών [ΦΕΚ 87B, Υγ. Διάταξη Γ1/443/73]

### **3.9 Ποιότητα νερού**

Η διαδικασία διασφάλισης ενός υγιεινού και κατάλληλου περιβάλλοντος άθλησης προϋποθέτει την οριοθέτηση ποιοτικών χαρακτηριστικών για το νερό. Οι κύριες διαδικασίες για την επίτευξη της επιθυμητής ποιότητας είναι η χλωρίωση, το φιλτράρισμα και η ανανέωση του νερού.

Σύμφωνα με το άρθρο 15 της υγειονομικής διάταξης προκύπτουν τα ακόλουθα ποιοτικά χαρακτηριστικά, που παρουσιάζονται στον πίνακα 3.6.

Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Νερού	
Όψη	Διαυγής
Τιμή Ph	7,2 – 7,8
Αλκαλικότητα	100 – 200 mg/L
Σκληρότητα	50 – 100 mg/L
Θειικά	< 600 mg/L
Total Suspended Solids (TSS) Ολικά Αιωρούμενα Στερεά	< 3000 mg/L
Περιεκτικότητα σε χλώριο	1 – 4 mg/ L
E. Coli	0 / 100 ml νερού
Κολοβακτηρίδια	< 15 / 100 ml νερού

Πίνακας 3.6: Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Νερού Κολυμβητικών Δεξαμενών

### **3.10 Καθαρισμός και ανακυκλοφορία του νερού**

Οι τρεις κύριες κατηγορίες ρύπανσης μιας πισίνας δημόσιας χρήσης είναι α) ανθρώπινα εκκρίματα και ιστοί (ιδρώτας, σάλιο, τρίχες, ούρα), β) μολυσματικές ουσίες (οργανικές και ανόργανες) και γ) καλλυντικά (κρέμες, λοσιόν, έλαια και σκόνες). Για την διασφάλιση σωστών συνθηκών υγιεινής, απαιτείται η εισροή 30 λίτρων φρέσκου νερού (νέου ή ανακυκλούμενου) ανά άτομο την ημέρα.

### **3.11 Ενεργειακό ισοζύγιο**

Το ενεργειακό ισοζύγιο ενός κολυμβητηρίου απαρτίζεται από τα θερμικά κέρδη, τις απώλειες και την ενέργεια που προσφέρουμε στα διάφορα συστήματα, για να επιτευχθούν οι επιθυμητές συνθήκες τόσο του χώρου όσο και του νερού της πισίνας. Αναλυτικότερα, οι απώλειες περιλαμβάνουν την εξάτμιση και την ανανέωση του νερού της κολυμβητικής δεξαμενής, τις απώλειες

του κελύφους, την αγωγή των τοιχωμάτων της πισίνας με το έδαφος και γενικότερα του δαπέδου. Τα θερμικά κέρδη οφείλονται στην ηλιακή ακτινοβολία, την παρουσία ατόμων και τη λειτουργία των μηχανολογικών συστημάτων.

## **4. ΤΟ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟ-ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΚΟΛΥΜΒΗΤΗΡΙΟ ΚΟΖΑΝΗΣ**

### **4.1 Κέλυφος**

Το κέλυφος του κτιρίου χαρακτηρίζεται από την χρήση και φυσικά την έκταση των μεταλλικών πάνελ. Την κατασκευή συμπληρώνουν κουφώματα αλουμινίου παλαιού τύπου. Ως μια γενική αποτίμηση, το κέλυφος μπορεί να χαρακτηριστεί ως πεπαλαιωμένο, παρουσιάζοντας ελλιπή θερμομονωτική συμπεριφορά, τόσο λόγω της κακής κατάστασης της μόνωσης (αφρός πολυουρεθάνης) και της επιφάνειας των πάνελ όσο και των απωλειών λόγω της προβληματικής συναρμογής των υαλοπινάκων στα κουφώματα.

Η χρήση των πάνελ εγείρει και ερωτήματα σχετικά με την ικανότητα της στέγης να παραλάβει φέρον φορτίο, π.χ. από ηλιακούς συλλέκτες. Στο πλαίσιο αυτό, στη μελέτη έχει προδιαγραφεί μελέτη στατικής επάρκειας, όσον αφορά την ικανότητα της στέγης να φέρει φορτία λόγω εγκατάστασης Φ/Β πλαισίων και θερμικών ηλιακών συλλεκτών.



Εικόνα 4.1: Μεταλλικός σκελετός

Το Κολυμβητήριο αποτελείται από ένα (1) όροφο, και η έκταση του, σύμφωνα με στοιχεία που παρείχε η Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου, είναι  $1695.36 \text{ m}^2$ , με επιφάνεια δώματος ή στέγης  $1511.95 \text{ m}^2$ . Την κατασκευή συμπληρώνει και μικρής, αναλογικά με τη συνολική, έκτασης υπόγειο, το οποίο καταλαμβάνει επιφάνεια

75.2 m<sup>2</sup>, και χρησιμοποιείται ως λεβητοστάσιο. Με δεδομένο ότι τα υφιστάμενα αρχιτεκτονικά σχέδια χαρακτηρίζονται ως ελλιπή, έχει προβλεφθεί επιμέτρηση του κτιρίου.



[Εικόνα 4.2:](#) Γενική άποψη κολυμβητηρίου

#### **4.1.1 Χαρακτηριστικά επιμέρους χώρων – Στοιχεία χρήσης**

Οι χώροι του Κολυμβητηρίου υποστηρίζουν τη λειτουργία της πισίνας. Ειδικότερα υπάρχουν κερκίδες, αποδυτήρια, χώρος γραμματειακής υποστήριξη, αποθηκευτικοί χώροι και μηχανοστάσιο. Οι χώροι αποτελούν τμήμα της αρχικής κατασκευής, εξαιρουμένου πρόσθετου μηχανοστασίου, επισυναπτόμενου στο κέλυφος, για τη φιλοξενία της εγκατάστασης τηλεθέρμανσης.

Το κολυμβητήριο λειτουργεί όλο το χρόνο, εξαιρουμένης της περιόδου από 15/7 – 15/9 για λόγους συντήρησης. Το ωράριο

λειτουργίας είναι 9 π.μ. – 10.30 μ.μ. Τυπικό ωρολόγιο πρόγραμμα παρουσίας των επισκεπτών (αθλητών και συνοδών) παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα 4.1.

	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σάββατο
9:00 - 10:00	-	15	15	15	-	10
10:00 - 11:00	15	-	15	-	15	
11:00 - 12:00	4	4	4	4	4	
12:00 - 13:00	25	25	25	25	25	30
13:00 - 14:00						
14:00-15:00						
15:00-16:00	60 (+120 συνοδοί)	60 (+120 συνοδοί)	60 (+120 συνοδοί)	60 (+120 συνοδοί)	60 (+120 συνοδοί)	30 (+60 συνοδοί)
16:00-17:00						
17:00-18:00						
18:00-19:00						
19:00-20:30	25	45	25	45	25	-
20:30-21:30						
21:30-22:30						

Πίνακας 4.1: Ωρολόγιο πρόγραμμα παρουσίας αθλητών και συνοδών (οι τιμές αναφέρονται σε περίοδο μια ώρας)

#### **4.1.2 Ενεργειακά συστήματα**

Το Κολυμβητήριο παρουσιάζει ανάγκες θέρμανσης σε ετήσια βάση, λόγω των απαιτήσεων της πισίνας αλλά και του νερού χρήσης των αθλητών. Φυσικά, τους χειμερινούς μήνες είναι αναγκαία η θέρμανση και του εσωτερικού χώρου. Τα φορτία ψύξης, αν και σημαντικά κατά τη θερινή περίοδο, δεν εξυπηρετούνται, εξαιρώντας το χώρο της γραμματειακής υποστήριξης.

Για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση χρησιμοποιείται τηλεθέρμανση, η οποία όμως δεν είναι διαθέσιμη όλο το έτος, αλλά καλύπτει την περίοδο 15/10 – 15/5. Στο υπόλοιπο διάστημα χρησιμοποιείται συμβατικός καυστήρας πετρελαίου. Η θέρμανση των χώρων γίνεται με τη χρήση θερμαντικών σωμάτων, πεπαλαιωμένου τύπου, ενώ υπάρχει η δυνατότητα θέρμανσης με



αέρα μέσω συστήματος τοπικών κρεμαστών ανεμιστήρων συνδεδεμένων με δίκτυο νερού, η οποία εν τούτοις δεν αξιοποιείται.





Εικόνα 4.3: Θερμοϋδραυλικό σύστημα

Στο Κολυμβητήριο δεν υπάρχουν εγκατεστημένα συστήματα ΑΠΕ ή εξοικονόμησης ενέργειας.

<b>Σύστημα</b>	<b>Αριθμός μονάδων (-)</b>	<b>Ισχύς (KW)</b>
Λέβητας (πετρελαίου)	1	581.5
Θερμικός υποσταθμός Τ/Θ	3	697.8 (=3x232.6)
Ψυκτικές μονάδες split units	1	3.52

Πίνακας 4.2: Συμβατικά ενεργειακά συστήματα κάλυψης θερμικών & ψυκτικών αναγκών

Τα ηλεκτρικά φορτία συνίστανται σε φορτία φωτισμού και ηλεκτρικών συσκευών. Χρησιμοποιούνται λαμπτήρες φθορισμού κυρίως, καθώς και προβολείς αλογόνου. Οι ηλεκτρικές συσκευές διαχωρίζονται σε συσκευές γραμματειακής υποστήριξης (π.χ. PC, πολυμηχάνημα, κλπ.), συσκευές τύπου αερόθερμου στα αποδυτήρια και σημαντικής ισχύος κυκλοφορητές / αντλίες στο λεβητοστάσιο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών αλλά και την κυκλοφορία – ανακύκλωση του νερού της κολυμβητικής δεξαμενής.

<b>Σύστημα</b>	<b>Αριθμός μονάδων (-)</b>	<b>Ισχύς (KW)</b>
Λαμπτήρας Φθορισμού	54	$54 \times 0.038 = 2.052$
Λαμπτήρας Φθορίου	5	$5 \times 0.022 = 0.11$
Προβολείς Αλογόνου Μετάλλου ΗQI	20	$20 \times 0.4 = 8$
Αερόθερμο (αποδυτήρια)	5	$5 \times 1.75 = 8.75$
TV (γραφείο)	1	0.074
PC (γραφείο)	1	0.4
Πολυμηχάνημα (γραφείο)	1	0.65
Scanner (γραφείο)	1	0.03
Κυκλοφορητές	3	$3 \times 0.13 = 0.39$
Κυκλοφορητές	1	$1 \times 0.59 = 0.59$
Κυκλοφορητές	2	$2 \times 0.195 = 0.39$
Κυκλοφορητές	1	$1 \times 1.3 = 1.3$
Αντλίες ανακύκλωσης νερού	2	$2 \times 11.19 = 22.38$

Αντλίες ανακύκλωσης νερού	2	2x1.49=2.98
Αντλία θερμότητας	1	3.52 θερμικά / ~1.5 kW ηλεκτρικά
<b>Σύνολο</b>		<b>48.096 + 1.5 kW</b>

Πίνακας 4.3: Στοιχεία ηλεκτρικών συσκευών & συστημάτων ηλεκτρικών καταναλώσεων

#### **4.1.3 Ενεργειακή κατανάλωση**

Στον πίνακα 4.4 παρουσιάζονται οι καταναλώσεις ενέργειας ανά καύσιμο/μορφή ενέργειας σε ετήσια βάση, ενώ στον πίνακα 4.5 παρουσιάζονται τα αντίστοιχα ενεργειακά κόστη.

Έτος	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Ενεργειακή πηγή</b>							
Ηλεκτρισμός (kWh)	87880	99760	100320	-	-	-	-
Πετρέλαιο (l)	7000	7000	7000	-	-	-	-
T/Θ (MWh)	645.61	594.12	620.78	748.00	567.30	660.97	628.19

Πίνακας 4.4: Ενεργειακές καταναλώσεις

Έτος	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Ενεργειακή πηγή</b>							
Ηλεκτρισμός	9786.20	11541.56	11605.90	-	-	-	-
Πετρέλαιο	4550.00	3850.00	5390.00	-	-	-	-
T/Θ	28416.21	27175.69	27003.93	32538.00	24677.55	28752.04	27326.27

Πίνακας 4.5: Ενεργειακά κόστη (€)

## **5. ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ: ENERGY PLUS**

### **5.1 Εισαγωγή**

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστεί το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση των ενεργειακών αναγκών του κολυμβητηρίου. Αρχικά, θα εξηγηθεί τι είναι το Energy Plus. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστεί ένα σύνολο οδηγιών με στόχο την καθοδήγηση πιθανού χρήστη στην εγκατάσταση και εκμάθηση του προγράμματος. Επίσης, θα επισημανθούν στοιχεία και λεπτομέρειες που πιθανώς να δυσκολέψουν το χρήστη. Συνοπτικά, αυτό το κεφάλαιο αποτελεί έναν αρχικό οδηγό χρήσης για το Energy Plus.

### **5.2 Τι είναι το Energy Plus**

Το Energy Plus είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς για ολόκληρη την κατασκευή ενός οικοδομήματος που χρησιμοποιούν οι μηχανικοί, οι αρχιτέκτονες και οι ερευνητές για να μοντελοποιούν την κατανάλωση ενέργειας - για θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό, φωτισμό, φορτία συσκευών και τη χρήση νερού σε κτίρια. Μερικά από τα αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά και δυνατότητες του Energy Plus είναι:

- Ολοκληρωμένη, ταυτόχρονη λύση των συνθηκών της θερμικής ζώνης και της απόκρισης του συστήματος HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning), που δεν προϋποθέτει ότι το σύστημα HVAC μπορεί να ικανοποιήσει τα φορτία της ζώνης και μπορεί να προσομοιώνει τους μη κλιματιζόμενους και τους υποβαθμισμένους χώρους.
- Θερμική ισορροπία, που βασίζεται στη λύση φαινομένων ακτινοβολίας, συναγωγής και αγωγής, θερμική άνεση και υπολογισμούς συμπύκνωσης.
- Υπο-ωριαία, χρονικά βήματα, καθορισμένα από το χρήστη για αλληλεπίδραση μεταξύ θερμικών ζωνών και περιβάλλοντος. Με αυτόματα διαφορετικά χρονικά βήματα για αλληλεπιδράσεις μεταξύ θερμικών ζωνών και συστημάτων HVAC. Αυτά επιτρέπουν στο Energy Plus να μοντελοποιεί

συστήματα με γρήγορη δυναμική, ενώ ταυτόχρονα δεν εμποδίζει την ταχύτητα προσομοίωσης για ακρίβεια.

- Συνδυασμένο μοντέλο μεταφοράς θερμότητας και μάζας που αντιπροσωπεύει την κίνηση του αέρα μεταξύ ζωνών.
- Προηγμένα μοντέλα κουφωμάτων, συμπεριλαμβανομένων των ελεγχόμενων περσίδων των παραθύρων, ηλεκτροχρωμικών υαλοπινάκων και θερμικής ισορροπίας layer-by-layer που υπολογίζουν την ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από τα παράθυρα.
- Υπολογισμοί φωτεινότητας και αντανάκλασης για την αναφορά των συνθηκών οπτικής άνεσης και οδήγησης φωτισμού.
- Συστήματα Θέρμανσης, Ψύξης και Αερισμού (συστήματα HVAC) που υποστηρίζει τόσο τυποποιημένες όσο και νέες διαμορφώσεις συστημάτων.
- Παρουσία μεγάλου αριθμού ενσωματωμένων στρατηγικών HVAC, ελέγχου του φωτισμού και ένα εκτενές σύστημα εκτέλεσης προγραμμάτων για έλεγχο που ορίζει ο χρήστης.
- Λειτουργική εισαγωγή και εξαγωγή διεπαφής Mockup Interface που επιτρέπουν το συνδυασμό με άλλα προγράμματα.
- Τυπική σύνοψη και αναλυτικές αναφορές εξόδου, καθώς και αναφορές καθορισμένες από το χρήστη, με δυνατότητα επιλογής χρόνου από ετήσια έως υπο-ωριαία.

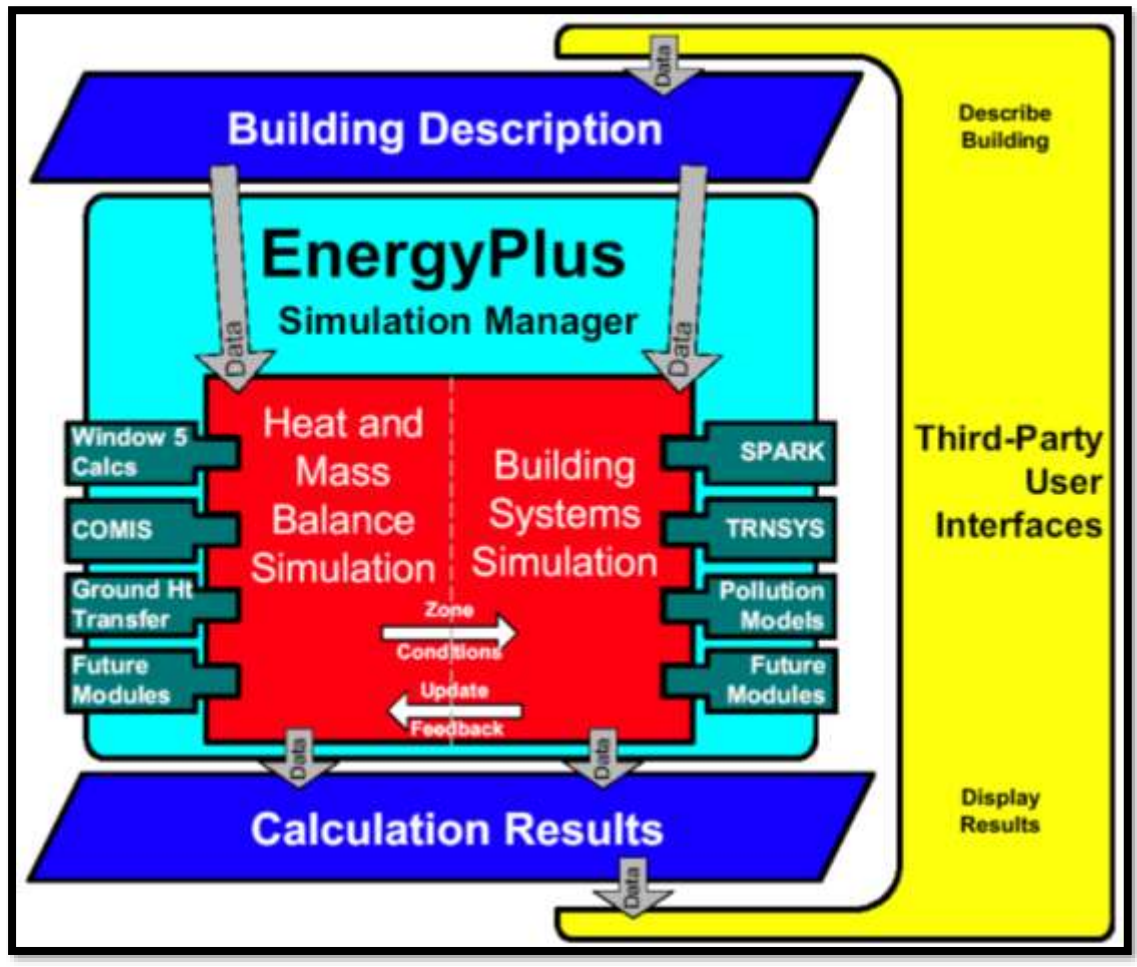
Το Energy Plus είναι ένα πρόγραμμα που βασίζεται σε κονσόλα, διαβάζει την εισοδο και γράφει την έξοδο σε αρχεία κειμένου. Έχει ένα πλήθος προγραμμάτων κοινής ωφέλειας, συμπεριλαμβανομένου του IDF Editor, για τη δημιουργία αρχείων εισόδου χρησιμοποιώντας ένα απλό περιβάλλον εργασίας τύπου spreadsheet, το EP Launch για τη διαχείριση αρχείων εισόδου και εξόδου και την εκτέλεση παρτίδων προσομοιώσεων και το EP-Compare για τη σύγκριση γραφικών των αποτελεσμάτων δύο ή περισσότερων προσομοιώσεων. Υπάρχουν, επίσης, πολλές ολοκληρωμένες γραφικές διεπαφές για το Energy Plus. Το DOE (Department of Energy) κάνει το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας

του με το Energy Plus χρησιμοποιώντας το πακέτο ανάπτυξης λογισμικού Open Studio και μια σουίτα εφαρμογών.

Το DOE εκδίδει σημαντικές ενημερώσεις για το Energy Plus δύο φορές ετησίως. Μια ενημερωμένη έκδοση 8.7.0 με διορθώσεις σφαλμάτων κυκλοφόρησε την 31η Μαρτίου 2017.

Το Energy Plus είναι δωρεάν, ανοικτού κώδικα και cross-platform - λειτουργεί με λειτουργικά συστήματα Windows, Mac OS X και Linux. Η ανάπτυξή του χρηματοδοτείται από το Γραφείο Τεχνικών Τεχνολογιών (BTO: Building Technologies Office) του Υπουργείου Ενέργειας (DOE: Department Of Energy) των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής . Μαζί με το Open Studio, το Energy Plus αποτελεί μέρος του χαρτοφυλακίου του προγράμματος BTO για την ενεργειακή μοντελοποίηση κτιρίων.

(Πηγή: κεντρική ιστοσελίδα Energy Plus)

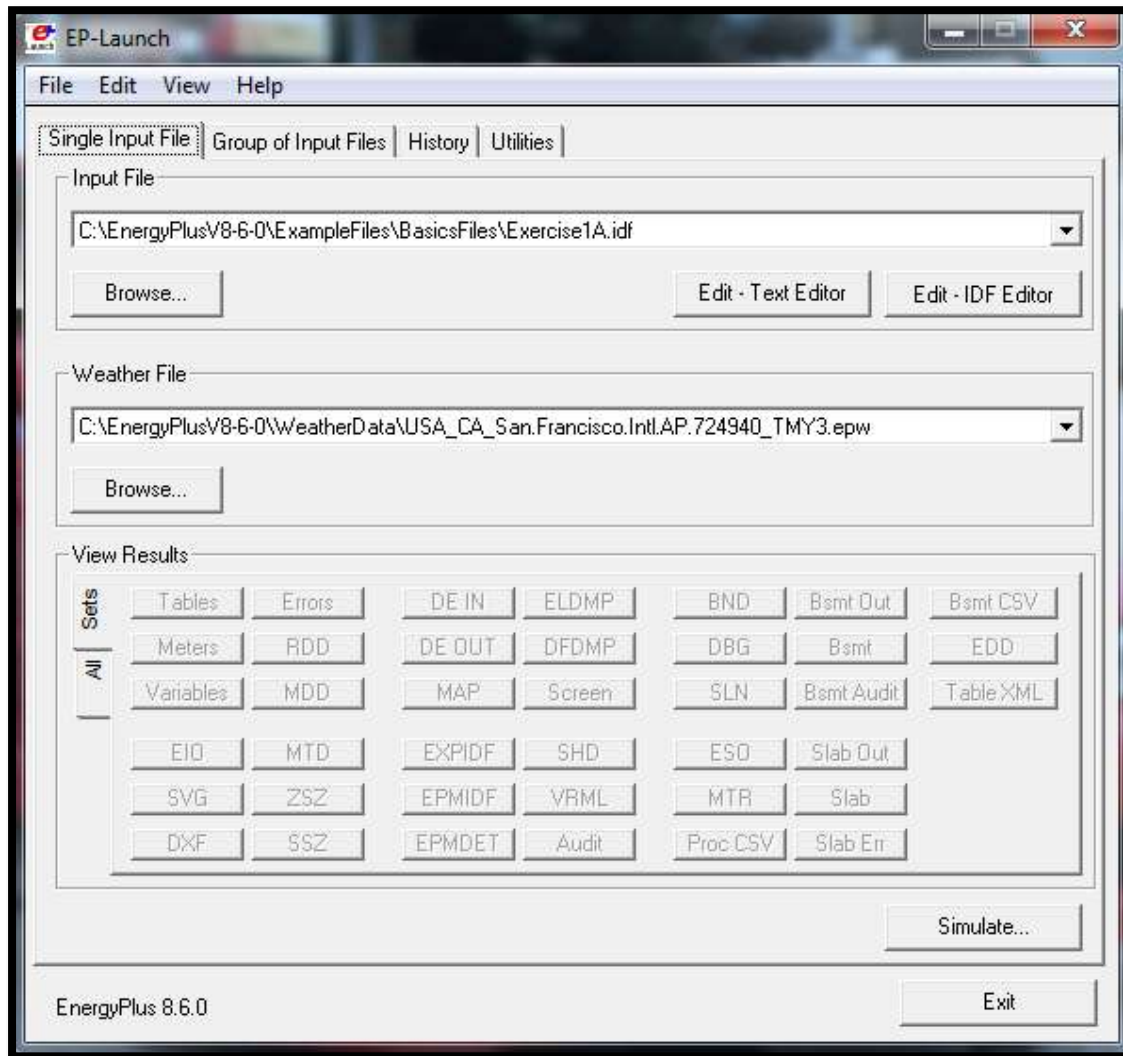


Εικόνα 5.1: Δομή προγράμματος Energy Plus

### **5.3 Γνωριμία – κατανόηση λειτουργίας Energy Plus**

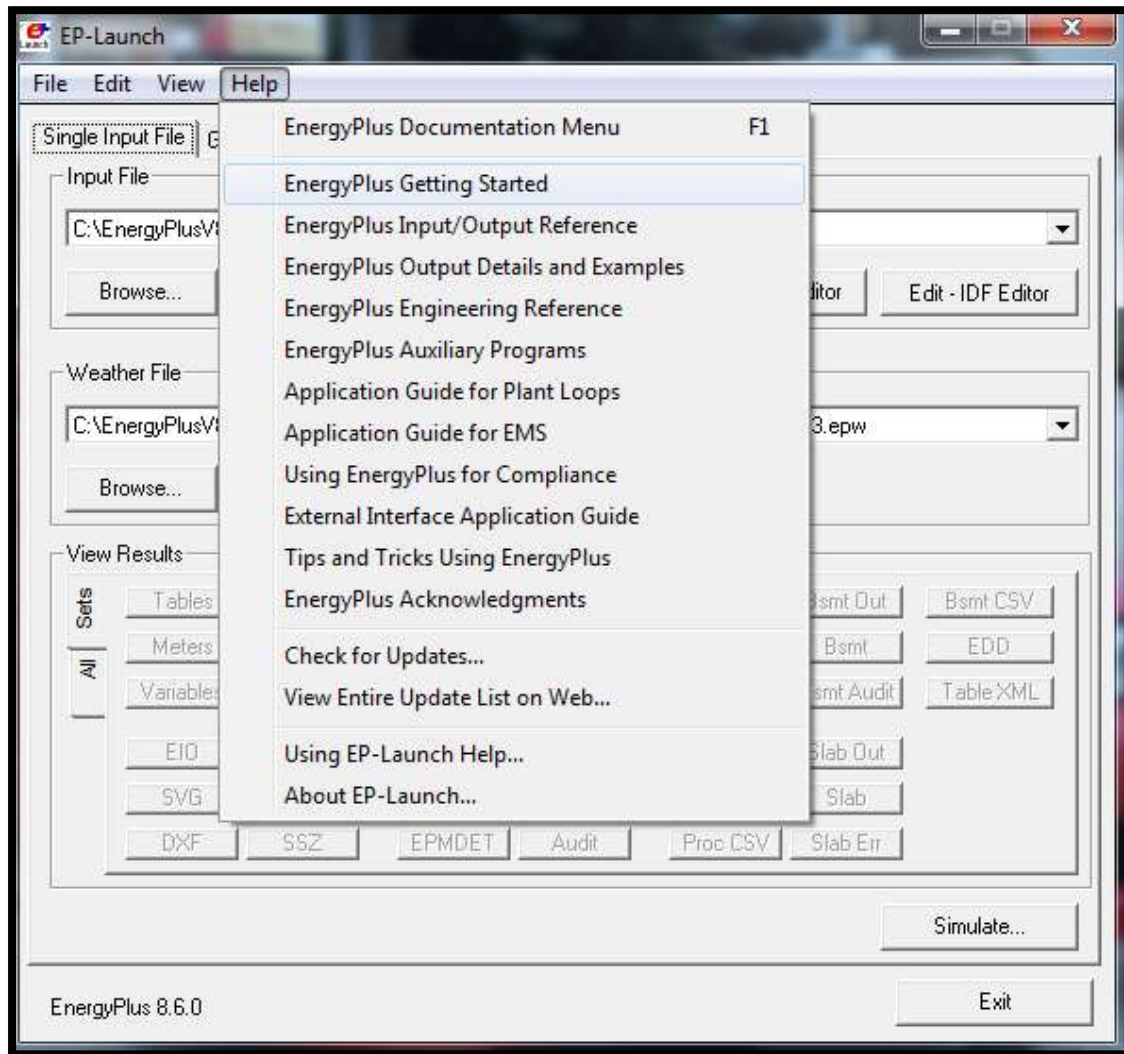
Αφού εγκαταστήσουμε το πρόγραμμά, μας εμφανίζεται ένας φάκελος με το όνομα Energy Plus και την αντίστοιχη ονομασία της έκδοσης στην Έναρξη-> Όλα τα προγράμματα. Το βασικό γραφικό περιβάλλον, απ' όπου μπορούμε να μεταβούμε και στο σύνολο των υπολοίπων επιλογών, είναι το EP-Launch. Για να εισάγουμε στοιχεία στο πρόγραμμα επιλέγουμε είτε το Edit-Text Editor (για προχωρημένους) είτε το Edit-IDF Editor (πιο απλουστευμένο, πινακοποιημένο και λεπτομερές).





Εικόνα 5.2: Γραφικό περιβάλλον EP-Launch

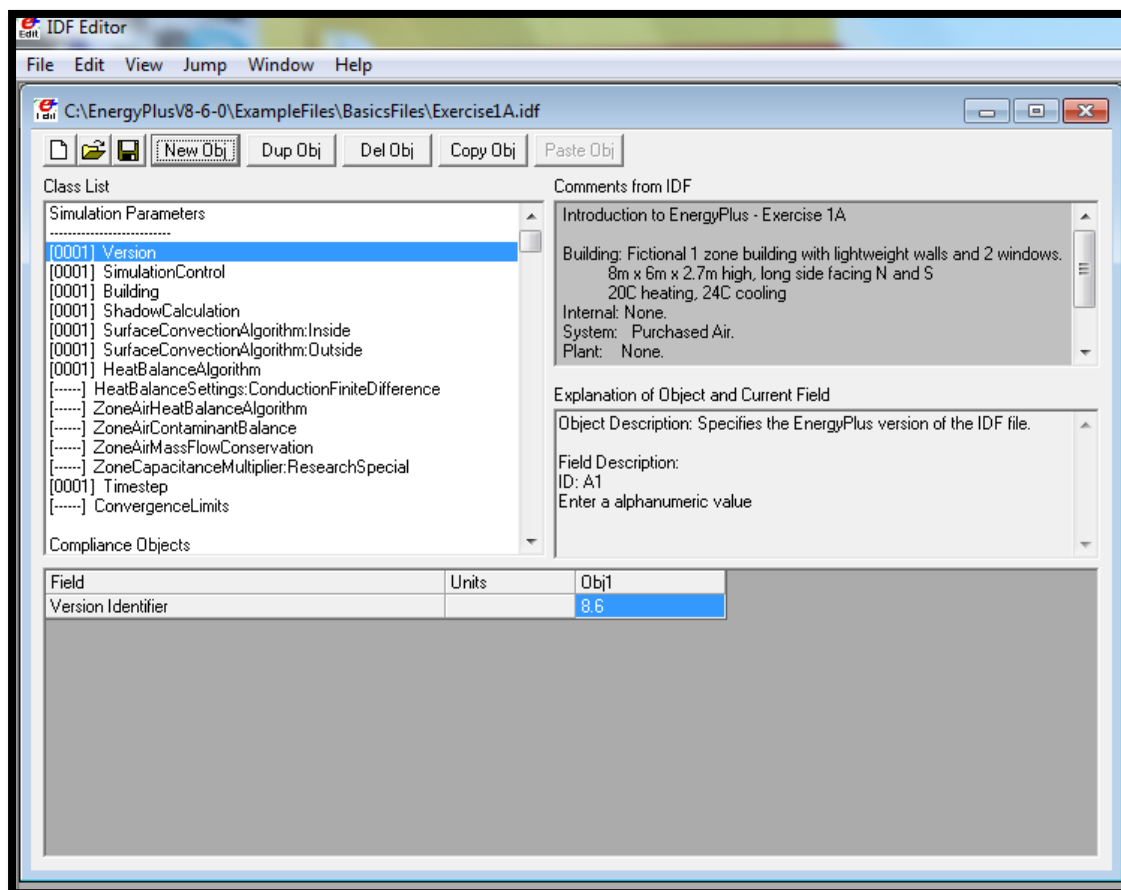
Στην επιλογή Help βρίσκεται το σύνολο του Documentation, το οποίο περιέχει όλες τις λεπτομέρειες για το πρόγραμμα.



Εικόνα 5.3: Πρόσβαση στο Documentation

Στην αρχή για να αντιληφθούμε-εξοικειωθούμε πως εισάγονται τα στοιχεία που επιθυμούμε στο πρόγραμμά μας, καλό θα ήταν να ανοίξουμε το PDF απ' το Help-> Energy Plus Getting Started και παράλληλα με την ανάγνωσή του να ανοίξουμε τον IDF- Editor για να βλέπουμε πως ακριβώς συμπληρώνονται τα πεδία, επιλέγοντας στο πεδίο Input File το Browse και έπειτα Υπολογιστής-> Τοπικός Δίσκος-> Energy Plus V8-6-0-> Example Files-> Basic Files και το κατάλληλο παράδειγμα. Έπειτα, επιλέγοντας το Edit- IDF Editor (εικόνα 5.4) μας ανοίγει ένα παράθυρο με τις παραμέτρους της προσομοίωσης. Το πλήθος των παραμέτρων είναι αρκετά μεγάλο. Για ευκολότερη χρήση μπορούμε να κρατήσουμε μόνο τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται

πληκτρολογώντας Ctrl+L. Για να αναζητήσουμε με βάση τις επιμέρους κατηγορίες πληκτρολογούμε Ctrl+Q και για συγκεκριμένη αναζήτηση Ctrl+F. Επίσης, με Ctrl+R το πρόγραμμα πραγματοποιεί έναν έλεγχο εγκυρότητας, δηλαδή μας υποδεικνύει αν έχουμε ξεχάσει να συμπληρώσουμε κάποια απαραίτητα κελιά από επιλεγμένες κατηγορίες.



Εικόνα 5.4: Γραφικό περιβάλλον IDF-Editor

Επισημαίνεται, ότι υπάρχουν πολλά έτοιμα παραδείγματα, τα οποία περιλαμβάνουν σχεδόν κάθε επιλογή και μπορούμε να τα δούμε επιλέγοντας στο πεδίο Input File το Browse και έπειτα Υπολογιστής-> Τοπικός Δίσκος-> Energy Plus V8-6-0-> Example Files.

Επιπλέον, υλικό για το πρόγραμμα σε μορφή διαφανειών διδακτικών παραδόσεων μπορούμε να βρούμε στην σελίδα του Energy Plus, στην κατηγορία Support & Training, στην ενότητα

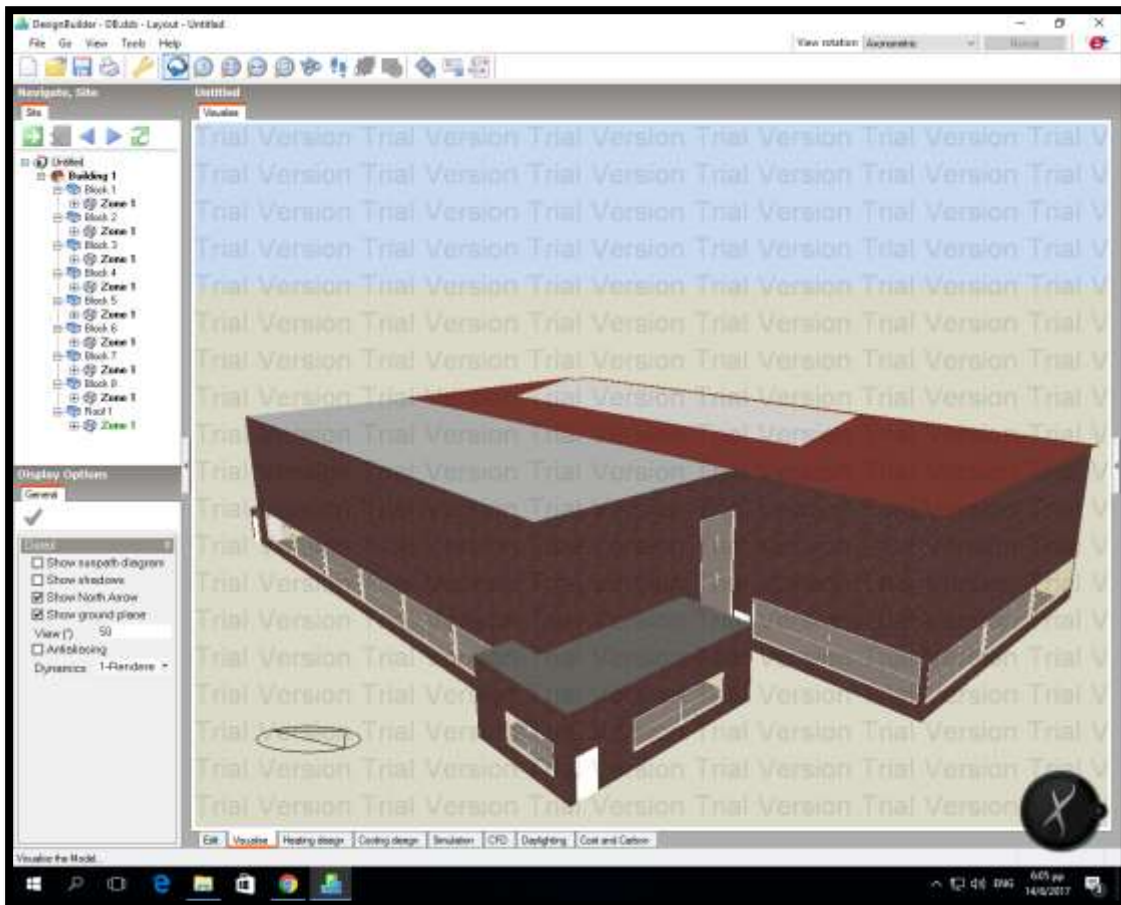
Energy Plus University Course Teaching Material-> Curriculum ή στον σύνδεσμο <https://energyplus.net/support> .

#### **5.4 Εισαγωγή γεωμετρίας κτιρίου**

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την εισαγωγή της γεωμετρίας του κτιρίου, όπως χρήση σχεδιαστικών προγραμμάτων συμβατών με το Energy Plus, προγραμμάτων που λειτουργούν συνδυαστικά με αυτό ή μέσω του ίδιου του προγράμματος.

Ένας συνήθης τρόπος είναι η χρήση του προγράμματος σχεδίασης Sketch Up για την κατασκευή του τρισδιάστατου μοντέλου του κτιρίου, σε συνδυασμό με ένα plug-in που ονομάζεται legacy-open studio και μπορούμε να το κατεβάσουμε από <https://github.com/NREL/legacy-openstudio>. Ωστόσο, χρειάζεται να το ενεργοποιήσουμε στο Sketch Up.

Επιπλέον, υπάρχουν προγράμματα όπως το Design Builder ή το Fine Green, που μπορούν να αναπτύξουν τη γεωμετρία και από σχέδια του Autocad και παρέχουν στον χρήστη ένα αρκετά πιο εύχρηστο γραφικό περιβάλλον. Περισσότερα προγράμματα τέτοιου τύπου μπορούμε να βρούμε την σελίδα <https://energyplus.net/interfaces> .



Εικόνα 5.5: Εισαγωγή γεωμετρίας του κολυμβητηρίου στο Design Builder

Τέλος, μπορούμε να εισάγουμε τη γεωμετρία απευθείας στο πρόγραμμα με συντεταγμένες στον IDF-Editor, όπως πραγματοποιήθηκε και στην παρούσα εργασία. Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την σειρά εισαγωγής των στοιχείων σας παραπέμπω στο Help-> Input Output Reference-> παράγραφος 1.9.8 (σελίδα 251).

Μερικές σημαντικές λεπτομέρειες:

- Η διόρθωση του προσανατολισμού των επιφανειών, για πλήρη ταύτιση, γίνεται απ' το πεδίο Building-> North axis, που εκφράζει την απόκλιση απ' τον πραγματικό Βορρά.
- Στην επιλογή Building Surface: Detailed μπορούμε να εισάγουμε όλους τους τύπους επιφανειών και όλων των σχημάτων. Ωστόσο, για απλοποίηση αν το κτίριο απαρτίζεται από επίπεδες ορθογώνιες επιφάνειες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις «σκέτες» επιλογές Wall, Floor, κτλ. Οι

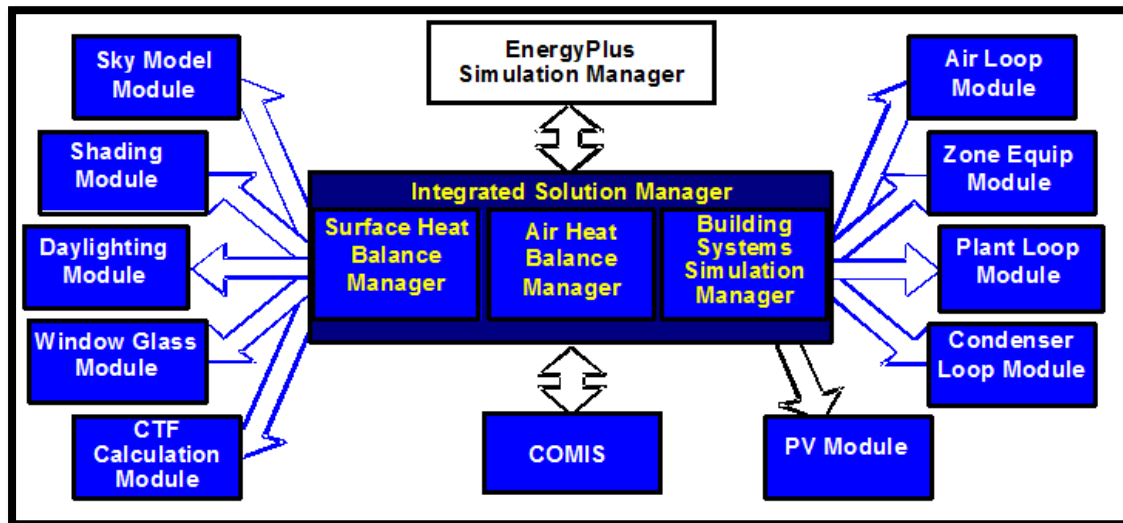
κατηγορίες Wall, Floor, κτλ αλλά με την λέξη Detailed μας βοηθάνε στο να έχουμε ομαδοποιημένους τους τύπους των επιφανειών χωρίς να μας περιορίζουν στο σχήμα.

- Στο Energy Plus αν δεν είναι επίπεδες και ορθογώνιες οι επιφάνειες ενδέχεται να εμφανιστούν κάποιες προειδοποιήσεις (warnings ή και severe errors), οι οποίες βέβαια δεν διακόπτουν την προσομοίωση, αλλά μπορεί να επιφέρουν μικρά σφάλματα στην λύση, όπως αναφέρει στην κατηγορία Errors μετά το πέρας της προσομοίωσης.
- Πριν την εισαγωγή της γεωμετρίας θα ήταν προτιμότερο να έχουμε εισάγει τα υλικά στις κατηγορίες Material και Window, ώστε να κατασκευάσουμε τα δομικά στοιχεία του κτιρίου στην κατηγορία Construction.

## **5.5 Συμπλήρωση παραμέτρων προσομοίωσης**

Τα βασικά εργαλεία μας για αυτό το βήμα είναι το Energy Plus Input Output Reference, που μας αναλύει τι είναι το κάθε πεδίο με την σειρά που εμφανίζονται στον IDF-Editor, και το Energy Plus Engineering Reference, που έχει αναλυτικά τους μαθηματικούς τύπους, τις παραδοχές και γενικά όλο το επιστημονικό υπόβαθρο του κάθε του προγράμματος.

Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στη συμπλήρωση των προγραμμάτων, όπου πρέπει να εισαχθούν προγράμματα λειτουργίας, θερμοκρασίας, απασχόλησης και άλλα. Πρώτα, πρέπει να δημιουργηθούν τα είδη, στην κατηγορία Schedule Type Limits και έπειτα να κατασκευαστεί το πρόγραμμα σε κάποια απ' τις διαθέσιμες επιλογές. Η πιο διαδεδομένη, εύχρηστη και προσωπικά προτεινόμενη είναι η Schedule: Compact.



Εικόνα 5.6: Τρόπος επεξεργασίας των δεδομένων εισόδου

## **5.6 Εισαγωγή μηχανολογικών συστημάτων**

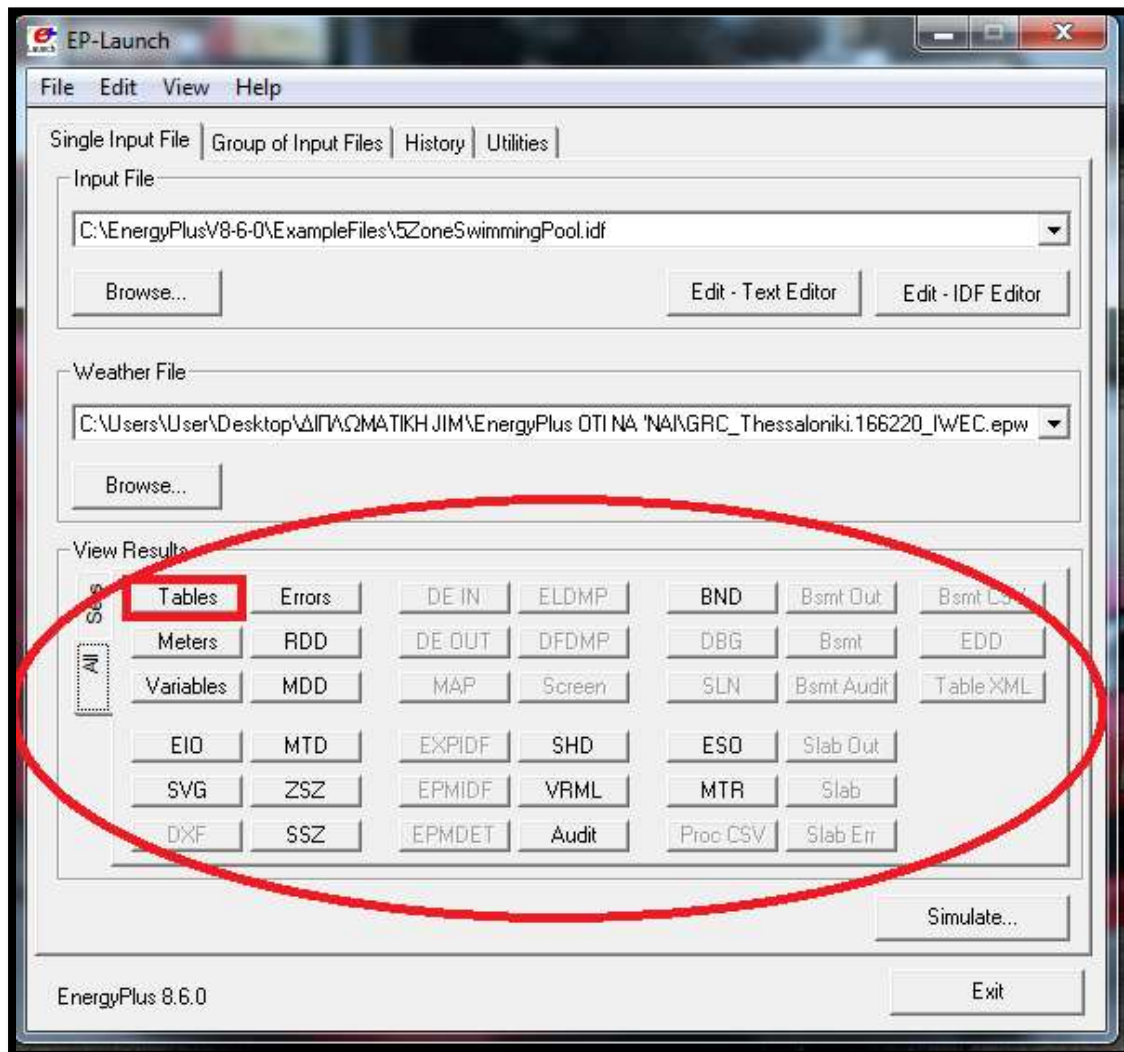
Η εισαγωγή συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, καθώς και των συστημάτων που καλύπτουν ένα μεγάλο διαθέσιμο εύρος χρήσεων για το υπό μελέτη κτίριο, μπορεί να γίνει είτε με ένθετα προγράμματα, είτε μέσω του Energy Plus. Το Energy Plus προσφέρει κάποια Templates, δηλαδή έναν απλουστευμένο τρόπο εισαγωγής των πιο διαδεδομένων συστημάτων. Τα κελιά, που είναι απαραίτητα για το εκάστοτε σύστημα, αναφέρονται αναλυτικά στο Energy Plus Input Output Reference.

Υπάρχει βέβαια η επιλογή της δημιουργίας του δικού μας μοναδικού συστήματος, το οποίο θα πρέπει να το «χτίσουμε» μόνοι μας. Η μεθοδολογία και όλες οι λεπτομέρειες που χρειάζονται περιλαμβάνονται στο Help-> Application Guide for Plant Loops. Οι βασικές σελίδες καθοδήγησης του εγγράφου είναι η σελ. 11 και η σελ. 18.

## **5.7 Αποτελέσματα λογισμικού Energy Plus**

Όλα τα αποτελέσματα του προγράμματος εξάγονται σε αρχεία τύπου .txt και excel. Κατά την εισαγωγή των δεδομένων καθορίζουμε ποιες μεταβλητές και σε ποια χρονικά διαστήματα θέλουμε να έχουμε τιμές για αυτές. Όλες οι πληροφορίες για τον τρόπο εισαγωγής περιλαμβάνονται στο Input/Output Reference.

Ένας συνιστώμενος πινακοποιημένος και συγκεντρωτικός τρόπος ανάγνωσης των αποτελεσμάτων είναι ο τύπος πίνακα (ονομασία στο EP-Launch: tables, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.7) HTML.



Εικόνα 5.7: Διαθέσιμα αποτελέσματα



## **6. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ** **ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

### **6.1 Εισαγωγή**

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται τα στοιχεία που εισάχθηκαν στο πρόγραμμα, με σκοπό την πιο ακριβή και ρεαλιστική προσομοίωση του κολυμβητηρίου, ώστε να συγκριθούν με τα πραγματικά στοιχεία των καταναλώσεων, που μας παρείχαν οι υπεύθυνοι του κτιρίου, και να ελεγχθεί η εγκυρότητα και η ακρίβεια των υπολογισμών μας. Αυτό το βήμα είναι αναγκαίο για να αποκτήσουμε το λεγόμενο credibility για το σχέδιο αναβάθμισης που θα παρουσιαστεί στο επόμενο κεφάλαιο.

### **6.2 Κλιματολογικά δεδομένα**

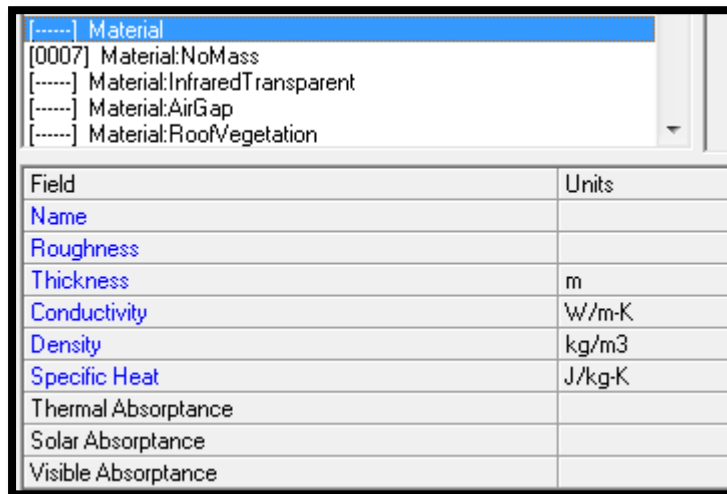
Τα κλιματολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση είναι για την Κοζάνη. Τα αρχεία των κλιματολογικών δεδομένων περιλαμβάνουν θερμοκρασία ξηρού βολβού, θερμοκρασία σημείου δρόσου, θερμοκρασία υγρού βολβού, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου, κύρια κατεύθυνση ανέμου, ατμοσφαιρική πίεση, οριζόντια ακτινοβολία, άμεση κανονική ακτινοβολία, διάχυτη οριζόντια ακτινοβολία και βάθος χιονιού.

### **6.3 Θερμικές ζώνες**

Γίνεται θεώρηση κτιρίου έξι θερμικών ζωνών, με τις πέντε θερμαινόμενες (εξαιρείται αυτή των μηχανολογικών εγκαταστάσεων).

### **6.4 Κέλυφος**

Τα δομικά στοιχεία του κτιρίου θεωρήθηκαν ιδανικά περιλαμβάνοντας μόνο τους συντελεστές θερμοπερατότητας, χωρίς να συνυπολογίζουν τα χαρακτηριστικά της θερμοχωρητικότητας, του συντελεστή ηλιακής απορροφητικότητας, του συντελεστή οπτικής απορροφητικότητας, της τραχύτητας και της πυκνότητας του υλικού.



Εικόνα 6.1: Πεδίο συμπλήρωσης των χαρακτηριστικών των υλικών στο πρόγραμμα

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας, που χρησιμοποιήθηκαν και παρουσιάζονται παρακάτω, έχουν υπολογιστεί αναλυτικά, σύμφωνα με τις σχετικές εξισώσεις της TOTEE 20701-2, σε υπάρχουσα διπλωματική εργασία (, Ανθεμίδου Τ. , 2016).

- Τοιχοποιία :  $U_{panel}=3.02 \text{ W/m}^2 \cdot k$
- Οροφή με πάνελ :  $U_{panel-οροφής}=3.3 \text{ W/m}^2 \cdot k$
- Πόρτα σιδερένια:  $U_{πόρτας}= 6 \text{ W/m}^2 \cdot k$
- Δάπεδο:  $U_{δαπέδου}=3.1 \text{ W/m}^2 \cdot k$
- Τζάμια:  $U_{τζαμιού}= 6 \text{ W/m}^2 \cdot k$
- Τοιχοποιία:  $U_{τσιμέντου}=2.56 \text{ W/m}^2 \cdot k$

### **6.5 Σύστημα θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης**

Το δημοτικό κολυμβητήριο της Κοζάνης, όπως και όλη η πόλη, την περίοδο από 15/10 μέχρι 15/5 χρησιμοποιεί τηλεθέρμανση για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης χώρων και ζεστού νερού χρήσης. Την υπόλοιπη περίοδο οι ανάγκες καλύπτονται από λέβητα πετρελαίου.

Οι παρακάτω τιμές προέκυψαν από την ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου και των συστημάτων (Ανθεμίδου, 2016), και είναι σύμφωνες με την TOTEE 20701-1.

### -Θέρμανση χώρων

- Τύπος: Τηλεθέρμανση και Λέβητας
- Ισχύς (kW):  
581,5KW(Λέβητας πετρελαίου)  
697,8 KW(Τηλεθέρμανση)
- Δίκτυο Διανομής  
Βαθμός απόδοσης :0.93  
Ο βαθμός απόδοσης προκύπτει σαν το συμπληρωματικό του συντελεστή θερμικών απωλειών, σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 (§4.3.4. Απώλειες δικτύων διανομής. Πίνακας 4.11.-Ποσοστό θερμικών/ψυκτικών απωλειών (%) δικτύου διανομής κεντρικής εγκατάστασης θέρμανσης ή/και ψύξης ως προς την συνολική θερμική / ψυκτική ενέργεια που μεταφέρει το δίκτυο), για σωληνώσεις χωρίς μόνωση και για υψηλές θερμοκρασίες προσαγωγής θερμού μέσου.
- Τερματικές μονάδες  
Τύπος :καλοριφέρ  
Βαθμός απόδοσης:0.876

### -ZNX

- Τύπος: Τηλεθέρμανση και Λέβητας
- Ισχύς (kW):  
581,5KW(Λέβητας πετρελαίου)  
697,8 KW(Τηλεθέρμανση)
- Βαθμός απόδοσης μονάδας λέβητα καυστήρα για ζεστό νερό χρήσης: 0.635  
Βαθμός απόδοσης μονάδας τηλεθέρμανσης για ζεστό νερό χρήσης: 0.855
- Δίκτυο Διανομής  
Βαθμός απόδοσης :0.8
- Σύστημα αποθήκευσης  
Βαθμός απόδοσης: 0.93

## **6.7 Σύστημα φωτισμού**

- Εγκατεστημένη ισχύς (kW): 15.546 KW

## **6.8 Εισαγωγή εξωτερικού αέρα στο χώρο**

- Παροχή= 10.000 m<sup>3</sup>/h τις ώρες λειτουργίας και 3600 m<sup>3</sup>/h τις υπόλοιπες ώρες λόγω διείσδυσης από κουφώματα και χαραμάδες

## **6.9 Προγράμματα**

Για την υλοποίηση των υπολογισμών, το λογισμικό χρειάζεται πληροφορίες για τιμές που λαμβάνουν οι μεταβλητές που εξαρτώνται από το χρόνο. Οι παρακάτω τιμές προέκυψαν μετά από επιτόπια έρευνα, καθώς και από στοιχεία που παρείχαν οι υπεύθυνοι λειτουργίας του χώρου.

### **6.9.1 Περίοδος λειτουργίας του κολυμβητηρίου**

On:15/9-15/7 , Off:15/7-15/9

### **6.9.2 Λειτουργία συστημάτων θέρμανσης-ψύξης-ZNX**

On: 9.00-22.30

### **6.9.3 Για τις ώρες λειτουργίας:**

- Θερμοκρασία θέρμανσης χώρου πισίνας: 24 °C (ζώνη 1)
- Θερμοκρασία θέρμανσης υπόλοιπων χώρων: 20 °C (ζώνη 2-5)
- Θερμοκρασία ψύξης όλων των χώρων: 28 °C
- Θερμοκρασία θέρμανσης νερού πισίνας: 26 °C

Οι παρακάτω τιμές προέκυψαν μετά από επιτόπια έρευνα, καθώς και από στοιχεία που παρείχαν οι υπεύθυνοι λειτουργίας του χώρου.

#### **6.9.4 Παρουσία ατόμων**

	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σάββατο
9:00 - 10:00	-	15	15	15	-	10
10:00 - 11:00	15	-	15	-	15	
11:00 - 12:00	4	4	4	4	4	
12:00 - 13:00	25	25	25	25	25	30
13:00 - 14:00						
14:00-15:00						
15:00-16:00	60 (+120 συνοδοί)	60 (+120 συνοδοί)	60 (+120 συνοδοί)	60 (+120 συνοδοί)	60 (+120 συνοδοί)	30 (+60 συνοδοί)
16:00-17:00						
17:00-18:00						
18:00-19:00						
19:00-20:30	25	45	25	45	25	-
20:30-21:30						
21:30-22:30						

Πίνακας 6.1: Ωρολόγιο πρόγραμμα παρουσίας αθλητών και συνοδών (οι τιμές αναφέρονται σε περίοδο μια ώρας)

#### **6.10 Υποθέσεις**

- Απουσία μηχανισμών υλοποίησης των διεργασιών ύγρανσης και αφύγρανσης
- Χωρίς χρήση καλύμματος πισίνας
- Θερμοκρασία νερού (πισίνας, ΖΝΧ) αναπλήρωσης = 16 °C
- Σταθεροί βαθμοί απόδοσης των ενεργειακών συστημάτων, ανεξάρτητα με το σημείο λειτουργίας των συστημάτων

#### **6.11 Αποτελέσματα**

Στους ακόλουθους πίνακες (6.2, 6.4) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ενεργειακής προσομοίωσης για την υφιστάμενη κατάσταση. Ειδικότερα, τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν την ενεργειακή ζήτηση και κατανάλωση σε ετήσια βάση, αναφερόμενοι

σε επίπεδο χρήσης (πίνακας 6.2) αλλά και καυσίμου (πίνακας 6.4). Παράλληλα, παρέχεται και η ισχύς διαστασιολόγησης των σχετικών συστημάτων. Στον πίνακα 6.3 παρουσιάζονται οι τιμές απόδοσης συνολικά.

	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ [kWh/m <sup>2</sup> ]	MAX [W]	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ [kWh/m <sup>2</sup> ]	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ [kWh]	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ [kWh]
ΦΩΤΙΣΜΟΣ	48,86		48,86	81.107,60	81.107,60
ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ-ΠΙΣΙΝΑΣ	239,40	655.000,00	362,66	397.404,00	602.020,96
ZNX	97,52	8.050,00	146,36	161.883,20	231.521,72
ΑΝΤΛΙΕΣ	4,70	4.662,00	5,22	7.802,00	8.668,89
ΣΥΝΟΛΟ	390,48		563,11	648.196,80	923.319,16

Πίνακας 6.2: Παρουσίαση αποτελεσμάτων ενεργειακών απαιτήσεων και καταναλώσεων του υπάρχοντος κτιρίου ανά τελική χρήση

n	Θερμανση(T/θ)	Θερμανση (DIESEL)	ZNX(T/θ)	ZNX(DIESEL)	n αντλίας, ανεμ.=
n gen	0,855	0,635	0,855	0,635	
n tran	0,93	0,93	0,8	0,8	Επιφάνεια δαπέδου(m2)=
n enduse	0,875	0,875	0,93	0,93	1660

Πίνακας 6.3: Συνοπτική παρουσίαση των βαθμών απόδοσης

	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ [kWh/m <sup>2</sup> ]	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ [kWh/m <sup>2</sup> ]	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ [kWh]	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ [kWh]
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	53,56	54,08	88.909,60	89.776,49
ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗ	297,04	429,55	493.087,20	701.619,64
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	39,88	79,47	66.200,00	131.923,03
ΣΥΝΟΛΑ	390,48	563,11	648.196,80	923.319,16

Πίνακας 6.4: Παρουσίαση αποτελεσμάτων ενεργειακών απαιτήσεων και καταναλώσεων του υπάρχοντος κτιρίου ανά πηγή προέλευσης της ενέργειας

## **6.12 Σύγκριση αποτελεσμάτων με τις πραγματικές καταναλώσεις**

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι καταναλώσεις ανά πηγή προέλευσης της ενέργειας, σύμφωνα με τους λογαριασμούς του κολυμβητηρίου.

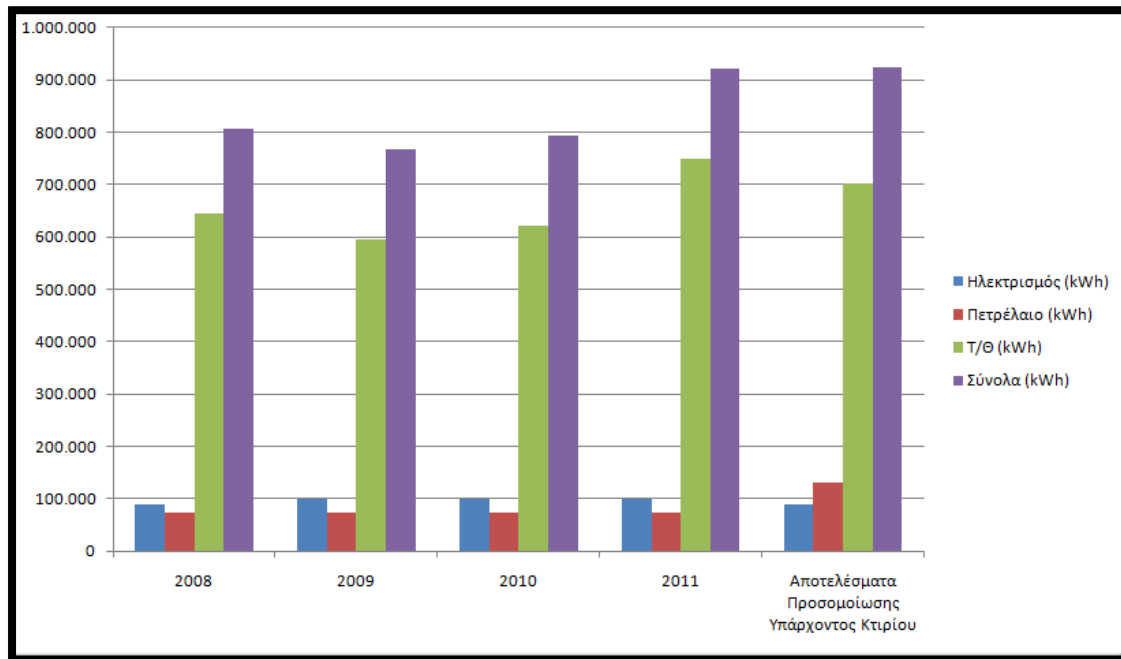
<b>Έτος</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Ενεργειακή πηγή</b>							
Ηλεκτρισμός (kWh)	87.880	99.760	100.320	100.320	-	-	-
Πετρέλαιο (kWh)	72.240	72.240	72.240	72.240	-	-	-
Τ/Θ (kWh)	645.610	594.120	620.780	748.000	567.30	660.97	628.19
Σύνολα (kWh)	805.730	766.120	793.340	920.560			

Πίνακας 6.5: Καταναλώσεις ανά πηγή προέλευσης της ενέργειας, σύμφωνα με τους λογαριασμούς του κολυμβητηρίου

Σημειώνεται ότι για κατωτέρα θερμογόνο δύναμη πετρελαίου: 11,92 kWh/kg, και πυκνότητα: 0,86kg/l (www.wikipedia.com), τα 7000 l πετρελαίου ισοδυναμούν με 72.240 kWh.

Επισημαίνεται ότι για το έτος 2011 οι καταναλώσεις ηλεκτρισμού και πετρελαίου συμπληρώθηκαν με τις τιμές του προηγούμενου έτους, καθώς από την κατανάλωση ενέργειας από τηλεθέρμανση γίνεται αντιληπτό ότι ήταν ένας βαρύς χειμώνας, στοιχείο που μας δίνει την δυνατότητα να αναδείξουμε την σημασία του αστάθμητου παράγοντα του καιρού στα αποτελέσματα.





Διάγραμμα 6.1: Καταναλώσεις ανά πηγή προέλευσης της ενέργειας, σύμφωνα με τους λογαριασμούς του κολυμβητηρίου και αποτελέσματα καταναλώσεων υπάρχοντος κτιρίου

Τα αποτελέσματα είναι συγκρίσιμα, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 6.1 παραπάνω. Ειδικότερα, σε επίπεδο συνολικής κατανάλωσης η απόκλιση φτάνει μέχρι 17%. Γενικά παρατηρούνται κάποιες διαφορές, που είναι λογικές. Βασικοί παράμετροι, που επιφέρουν αυτές τις διαφορές, είναι οι εξής:

- Τα μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται σε ένα τυπικό έτος, όπως αυτό έχει διαμορφωθεί από κατάλληλη στατιστική επεξεργασία, και ενδεχομένως παρουσιάζουν διαφορές με τα δεδομένα των διαθέσιμων ετών λειτουργίας, εστιάζοντας κυρίως στο έτος αναφοράς 2011.
- Σημαντικός είναι ο ρόλος του αερισμού του χώρου, ο οποίος γίνεται με μη ελεγχόμενο τρόπο από τους εργαζόμενους στο κολυμβητήριο, ενώ και τα διαφανή στοιχεία παρουσιάζουν ελλιπή συναρμογή με αποτέλεσμα να είναι πολύ δύσκολος ο προσδιορισμός της παροχής εισερχόμενου αέρα, Σχετική διερεύνηση για τον προσδιορισμό του φυσικού αερισμού του κολυμβητηρίου είναι διαθέσιμη στην εργασία της Μαργογιαννάκη (2016).

- Η θερμομονωτική συμπεριφορά του κελύφους αλλά και οι πραγματικές αποδόσεις των συστημάτων παρουσιάζουν ενδεχόμενες διαφορές σε σχέση με τις αποδιδόμενες τιμές από την επιθεώρηση.
- Παράμετροι όπως τα ωράρια λειτουργίας, η συνάθροιση κοινού, αλλά και οι τιμές των θερμοστατών χώρου και πισίνας παρουσιάζουν στην πραγματικότητα και κατά τη διάρκεια του έτους διαφοροποιημένες τιμές από τις υιοθετούμενες στην ανάλυση.

Πιο συγκεκριμένα, οι μέγιστες διαφορές που παρατηρούνται είναι της τάξης του 15%. Σε κάθε περίπτωση, μπορεί να διατυπωθεί ότι τα υπολογιζόμενα και πραγματικά δεδομένα παρουσιάζουν ικανοποιητική συμφωνία, επιτρέποντας την αξιοποίηση του μοντέλου για τη διερεύνηση αποτελεσματικότητας σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης.

## **7. ΣΕΝΑΡΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ**

### **7.1 Εισαγωγή**

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται το σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης για το δημοτικό κολυμβητήριο Κοζάνης. Το σενάριο περιλαμβάνει την τοποθέτηση καλύμματος στην πισίνα τις ώρες που δεν λειτουργεί, την τοποθέτηση μηχανικού συστήματος αερισμού, την αντικατάσταση των κουφωμάτων, των πάνελ, του λέβητα πετρελαίου και την αλλαγή των υπάρχοντων λαμπτήρων με νέους τύπου LED. Επιπλέον, περιλαμβάνεται η εγκατάσταση θερμικών ηλιακών συλλεκτών και φωτοβολταϊκών στην οροφή του κτιρίου και η αναβάθμιση του συστήματος αποθήκευσης-επανακυκλοφορίας του ζεστού νερού χρήσης. Τέλος, θα εγκατασταθεί αντλία θερμότητας για την κάλυψη του φορτίου ψύξης. Στην ενότητα παρεντίθενται, επιπλέον, τα αποτελέσματα των απαιτήσεων και των καταναλώσεων ανά τελική χρήση και ανά μορφή καυσίμου και η διαστασιολόγηση των συστημάτων.

Το σενάριο προέκυψε μέσα από την ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για την υφιστάμενη κατάσταση και ειδικότερα λαμβάνοντας υπόψη τα ακόλουθα:

- Ανεπαρκή θερμομονωτική συμπεριφορά του κελύφους, όπως καταδεικνύεται από τις υψηλές τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων
- Υψηλές καταναλώσεις πετρελαίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες
- Υψηλή ποσότητα υγρασίας στον εσωτερικό αέρα, μη ικανοποίηση συνθηκών θερμικής άνεσης
- Τα πολυκαρβονικά (διαφανή) στοιχεία παρουσιάζουν κακή συναρμογή με τα πλαίσια αλουμινίου
- Ο μηχανολογικός εξοπλισμός επεξεργασίας του νερού της πισίνας παρουσιάζει σημάδια ελλιπούς συντήρησης. Θα πρέπει να εξεταστεί η περίπτωση αναβάθμισης του.

Ιδιαίτερη σημασία θα πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι υιοθετήθηκε λύση εξαναγκασμένου αερισμού, στην κατεύθυνση βελτίωσης των συνθηκών θερμικής άνεσης, ζήτημα που έχει επισημανθεί και από σχετικές εργασίες (Μαρκογιαννάκη, 2016; Ανθεμίδου, 2016).

Τα παραπάνω αναλύονται στη συνέχεια, παραθέτοντας και τις αντίστοιχες παρεμβάσεις διόρθωσης.

## **7.2 Αναβάθμιση κελύφους**

Τοποθέτηση νέων πάνελ με συντελεστή θερμοπερατότητας  $0.35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$  για πάχος πάνελ 60 χιλιοστά και κόστος  $17\text{€/m}^2$ .

Ενίσχυση με διογκωμένη πολυστερίνη θερμικής αγωγιμότητας  $0,031 \text{ W/m} \cdot \text{k}$  και πάχους 30 mm, της τοιχοποιίας του κολυμβητηρίου. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας της ενισχυμένης τοιχοποιίας υπολογίστηκε από την αντίσταση του μη θερμομονωμένου τοίχου, της διογκωμένης πολυστερίνης και των αντιστάσεων του αέρα εσωτερικά και εξωτερικά σύμφωνα με την μεθοδολογία που προτείνεται από τον ΚΕΝΑΚ στην τεχνική οδηγία ΤΟΤΕΕ-20701-1. Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας μετά την ενίσχυση είναι  $0,736 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ . Κόστος διογκωμένης πολυστερίνης:  $4,4\text{€/m}^2$ .

Αντικατάσταση των παλιών κουφωμάτων με καινούρια μεταλλικά πλαίσια, θερμοδιακοπή 24 χιλιοστά και μεμβράνη χαμηλής εκπομπής με διάκενο αέρα, με το συντελεστή θερμοπερατότητας να διαμορφώνεται σε  $2,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ . Σημειώνεται ότι η επεξεργασία των παρεμβάσεων κελύφους, φωτισμού, λέβητα πετρελαίου, φωτοβολταϊκών, και θερμικών ηλιακών συλλεκτών έγινε κατά την ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου (Ανθεμίδου, 2016).

## **7.3 Φωτισμός**

Αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορίου και των προβολέων αλογόνου του κολυμβητηρίου με φωτισμό τύπου LED για εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς η τεχνολογία LED προσφέρει την

δυνατότητα διατήρησης του επιπέδου του φωτισμού με λιγότερη ισχύ. Εγκατεστημένη ισχύς: 3.260 W από 15.546 W. Κόστος παρέμβασης 4000 €.

#### **7.4 Λέβητας πετρελαίου**

Αλλαγή του παλαιού και ενεργοβόρου λέβητα πετρελαίου με βελτίωση του βαθμού απόδοσης σε 97% σύμφωνα με τις προτεινόμενη τιμή από τον ΚΕΝΑΚ και κατ' επέκταση μικρότερης ισχύος 374 kW. Κόστος αγοράς και εγκατάστασης 2.000 €.

#### **7.5 Σύστημα αποθήκευσης-επανακυκλοφορίας του ζεστού νερού χρήσης**

Προσθήκη μόνωσης στο σύστημα αποθήκευσης-επανακυκλοφορίας του ζεστού νερού χρήσης, η οποία θα οδηγήσει σε βελτιωμένο βαθμό απόδοσης, με τελική τιμή 90%. Ο προαναφερθέντας βαθμός απόδοσης επιτυγχάνεται με την προσθήκη μόνωσης πάχους 5 εκατοστών. Το συνολικό κόστος ανέρχεται σε 1.000€

#### **7.6 Μηχανικό σύστημα αερισμού**

Τοποθέτηση μηχανικού συστήματος αερισμού για την παροχή νωπού αέρα για αντιμετώπιση του προβλήματος της υγρασίας και την εξασφάλιση κατάλληλων συνθηκών άνεσης. Το μέγεθος του κόστους αγοράς και τοποθέτησης είναι 2.500 €. Η μέγιστη παροχή εξωτερικού αέρα είναι 20.000 m<sup>3</sup>/h, που προκύπτει από τις απαιτήσεις των συνθηκών άνεσης με βάση τα επιθυμητά όρια υγρασίας, από τα αποτελέσματα του προγράμματος. Ισχύς 5,4 KW.

#### **7.7 Σύστημα ψύξης**

Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας για την κάλυψη των φορτίων ψύξης. Οι τιμές των χαρακτηριστικών που επιλέχθηκαν ταυτίζονται με τις τυπικές τιμές που χρησιμοποιεί η TOTEE20701-1.

- EER: 3

- Δίκτυο διανομής: 0.95
- Τερματικές μονάδες: 0.93
- Βοηθητικές μονάδες: 5KW

### **7.8 Κάλυμμα πισίνας**

Τοποθέτηση καλύμματος στην κολυμβητική δεξαμενή τις ώρες που δεν λειτουργεί για την μείωση των επιπέδων υγρασίας στο χώρο και των ενεργειακών απωλειών του νερού προς το περιβάλλον. Κόστος 3.000 €.

### **7.9 Φωτοβολταϊκά πλαίσια**

Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων στην οροφή του κολυμβητηρίου για κάλυψη μέρους των ενεργειακών αναγκών σε ηλεκτρισμό. Σε πρώτη φάση στόχος είναι η κάλυψη τουλάχιστον των φορτίων του φωτισμού, των αντλιών νερού και του ανεμιστήρα (σύνολο 40 MWh). Για την τοποθέτηση όμως θα πρέπει να συνεκτιμηθεί και η διαθεσιμότητα της οροφής όσον αφορά την απαιτούμενη επιφάνεια. Η επιλογή της προτεινόμενης επιφάνειας βασίστηκε στην ανάλυση με τη βοήθεια του λογισμικού προσομοίωσης, έχοντας ως βασικό κριτήριο την κάλυψη του προαναφερόμενου φορτίου των MWh. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ΦΒ πλαισίων είναι σύμφωνα με την οδηγία TOTEE 20701-1. Ειδικότερα:

- Τύπος: Πολυκρυσταλλικά
- Επιφάνεια: 300 m<sup>2</sup>
- Συν.Α=0,19
- Προσανατολισμός: Νοτιοανατολικά,  $\gamma=225^\circ$
- Γωνία κλίσης συλλεκτών:  $\beta=30^\circ$
- Κόστος (€/m<sup>2</sup>): 250 €/m<sup>2</sup>

Η τιμή του κόστους συμπεριλαμβάνει τα κόστη αγοράς, εργασίας και εγκατάστασης.

### **7.10 Θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες**

Για την κάλυψη όλου του φορτίου ζεστού νερού χρήσης θα τοποθετηθούν στην οροφή απλοί επίπεδοι συλλέκτες.

- Τύπος: Απλός επίπεδος συλλέκτης
- Επιφάνεια: 400 m<sup>2</sup>
- Προσανατολισμός: Νοτιοανατολικά,  $\gamma=225^\circ$
- Γωνία κλίσης συλλεκτών:  $\beta=45^\circ$
- Κόστος (€/m<sup>2</sup>): 227 €/m<sup>2</sup>

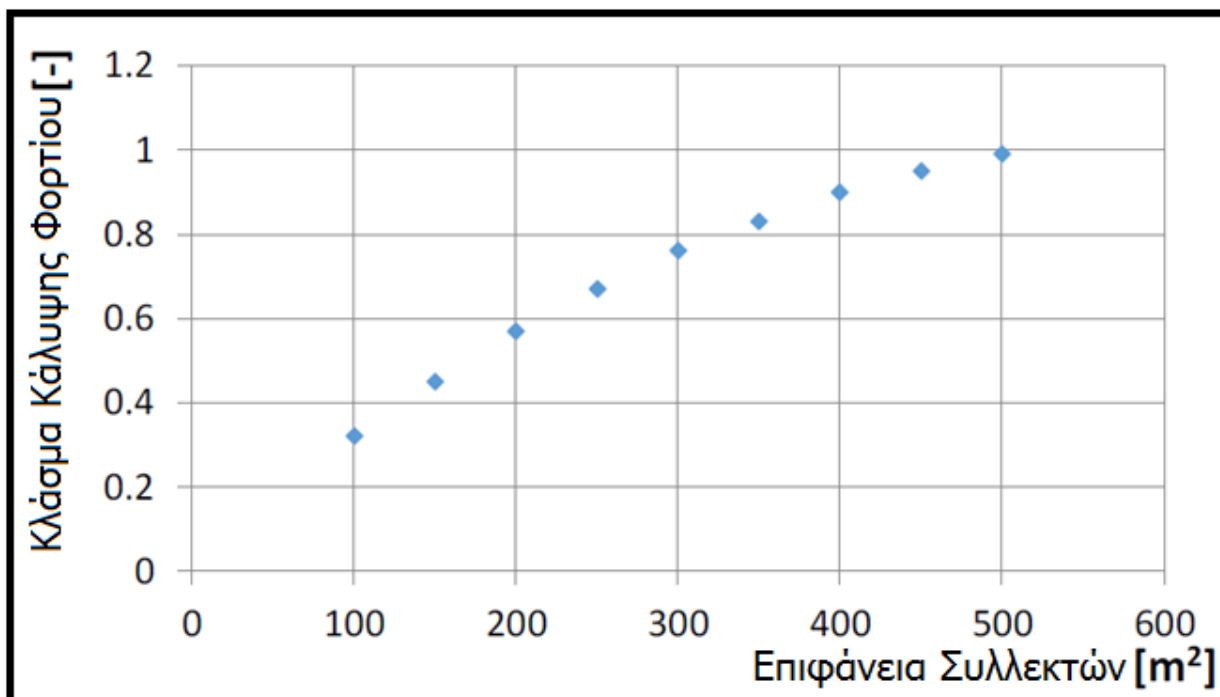
Η τιμή του κόστους συμπεριλαμβάνει τα κόστη αγοράς, εργασίας και εγκατάστασης.

Για τη διαστασιολόγηση του ηλιακού συστήματος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος f-chart (Duffie, Beckmann, 1981).

Ο λόγος που οι ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες δεν εισάχθηκαν στο πρόγραμμα Energy Plus είναι η δυσκολία- πολυπλοκότητα του εγχειρήματος όσον αφορά την διαμόρφωση και εισαγωγή της αρχιτεκτονικής και των απαραίτητων παραμέτρων ενός πραγματικού θερμικού συστήματος.

Υιοθετήθηκε τυπικός επίπεδος ηλιακός συλλέκτης, με στοιχεία απόδοσης  $\eta_0=0.75$ ,  $U_0=4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας για την πόλη της Καστοριάς (TOTEE20701-3), τα οποία θεωρούνται παρεμφερή με αυτά της Κοζάνης σε κλίση  $45^\circ$ , η οποία είναι και η κλίση των ηλιακών συλλεκτών.

Σύμφωνα με την ανάλυση, προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα 7.1 για την κάλυψη του φορτίου συναρτήσει της επιφάνειας των ηλιακών συλλεκτών. Επιλέγεται η εγκατάσταση συστήματος ηλιακών συλλεκτών 400 m<sup>2</sup> με αναμενόμενη κάλυψη του φορτίου κατά 96%. Σύμφωνα με τη μέθοδο f-chart, η αποθηκευτική χωρητικότητα είναι 75 l/m<sup>2</sup>, η οποία για τη δεδομένη επιφάνεια είναι 30 m<sup>3</sup>. Η χρήση μικρότερου αποθηκευτικού όγκου (37.5 l/m<sup>2</sup> ή 11.25 m<sup>3</sup>) αναμένεται να αυξήσει την κάλυψη κατά ποσοστό 12%, με αποτέλεσμα την τελική κάλυψη όλου του φορτίου.



Διάγραμμα 7.1: Κάλυψη θερμικού φορτίου ZNX συναρτήσει της επιφάνειας των συλλεκτών

### **-ΣΗΜΕΙΩΣΗ**

Τα κόστη που αναφέρονται στις ενότητες 7.2-7.10 έχουν προκύψει έπειτα από έρευνα τόσο στο διαδίκτυο όσο και από ερωτήσεις ιδιωτών σχετικά με τις τιμές τοποθέτησης και εγκατάστασης.

### **7.11 Υποθέσεις προσομοίωσης σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης**

Η μοναδική διαφοροποίηση σε σχέση με τις υποθέσεις που γίνανε για την υφιστάμενη κατάσταση αφορά την παροχή εξωτερικού αέρα. Το εύρος τιμών κυμαίνεται από 15.000 έως 20.000 κατά τις ώρες λειτουργίας.

Οι υποθέσεις που αφορούν το ωράριο λειτουργίας, την παρουσία ατόμων και τις τιμές των σχετικών θερμοστατών παρέμειναν οι ίδιες.



### **7.12 Αποτελέσματα σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης**

Σε αυτήν την ενότητα παρατίθενται τα αποτελέσματα του σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης. Συγκεκριμένα, ο πίνακας 7.2 αποτελεί μια συνοπτική παρουσίαση των βαθμών απόδοσης. Στον πίνακα 7.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των απαιτήσεων και των καταναλώσεων ανά τελική χρήση και η διαστασιολόγηση των συστημάτων και αντίστοιχα στον 7.3 ανά πηγή ενέργειας.

	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ [kWh/m <sup>2</sup> ]	MAX [W]	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ [kWh/m <sup>2</sup> ]	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ [kWh]	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ [kWh]
ΦΩΤΙΣΜΟΣ	11,40	3.000,00	0,00	18.924,00	0,00
ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ-ΠΙΣΙΝΑΣ	228,21	374.000,00	325,74	378.828,60	540.723,65
ΨΥΞΗ ΧΩΡΩΝ	36,00	180.462,00	13,58	59.760,00	22.546,69
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	6,40	5.400,00	0,00	10.624,00	0,00
ZNX	97,52	8.050,00	0,00	161.883,20	0,00
ΑΝΤΛΙΕΣ	6,20	4.662,00	0,00	10.292,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ	385,73		339,32	640.311,80	563.270,33

Πίνακας 7.1: Παρουσίαση αποτελεσμάτων ενεργειακών απαιτήσεων και καταναλώσεων του υπάρχοντος κτιρίου ανά τελική χρήση

n	θερμανση(T/θ)	θερμανση (DIESEL)	ψυξη	ZNX(T/θ)	ZNX(DIESEL)
n gen	0,855	0,97	3	0,855	0,97
n tran	0,93	0,93	0,95	0,9	0,9
n enduse	0,875	0,875	0,93	0,93	0,93
Πίνακας 7.2: Συνοπτική παρουσίαση των βαθμών απόδοσης					
			n αντλίας, ανεμ.=	0,9	
			Επιφάνεια δαπέδου(m <sup>2</sup> )=	1660	

	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ [kWh/m <sup>2</sup> ]	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ [kWh/m <sup>2</sup> ]	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ [kWh]	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ [kWh]
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	60,00	13,58	99.600,00	22.546,69
ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗ	192,38	276,51	319.357,00	459.007,02
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	38,86	49,23	64.502,00	81.716,63
Σύνολο	291,24	339,32	483.459,00	563.270,33

Πίνακας 7.3: Παρουσίαση αποτελεσμάτων ενεργειακών απαιτήσεων και καταναλώσεων του υπάρχοντος κτιρίου ανά πηγή προέλευσης της ενέργειας

## **-ΣΗΜΕΙΩΣΗ**

Ο πίνακας 7.3 αναφέρει στις απαιτήσεις και τις καταναλώσεις που θα πάρουμε από συμβατικές πηγές ενέργειας, δηλαδή έχουν αφαιρεθεί οι συνεισφορές των ΑΠΕ

### **7.13 Σχολιασμός αποτελεσμάτων**

Με σκοπό την καλύτερη κατανόηση και την ευκολότερη ανάγνωση των αποτελεσμάτων ακολουθούν μερικά διαγράμματα, τα οποία για να είναι συγκρίσιμα ανάγουμε τις διάφορες μορφές ενέργειας σε πρωτογενή. Η μετατροπή έγινε με βάση των πίνακα 1.2 της τεχνικής οδηγίας TOTEE-20701-1.

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347
Τηλεθέρμανση από Α.Π.Ε.	0,50	----

Πίνακας 7.4: Συντελεστής αναγωγής της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σε πρωτογενή ενέργεια και συντελεστής υπολογισμού εκπομπών CO<sub>2</sub>

Τα ακριβή νούμερα πρωτογενούς ενέργειας, ανά πηγή καυσίμου, που προέκυψαν από την μετατροπή εμφανίζονται στον πίνακα 7.5.

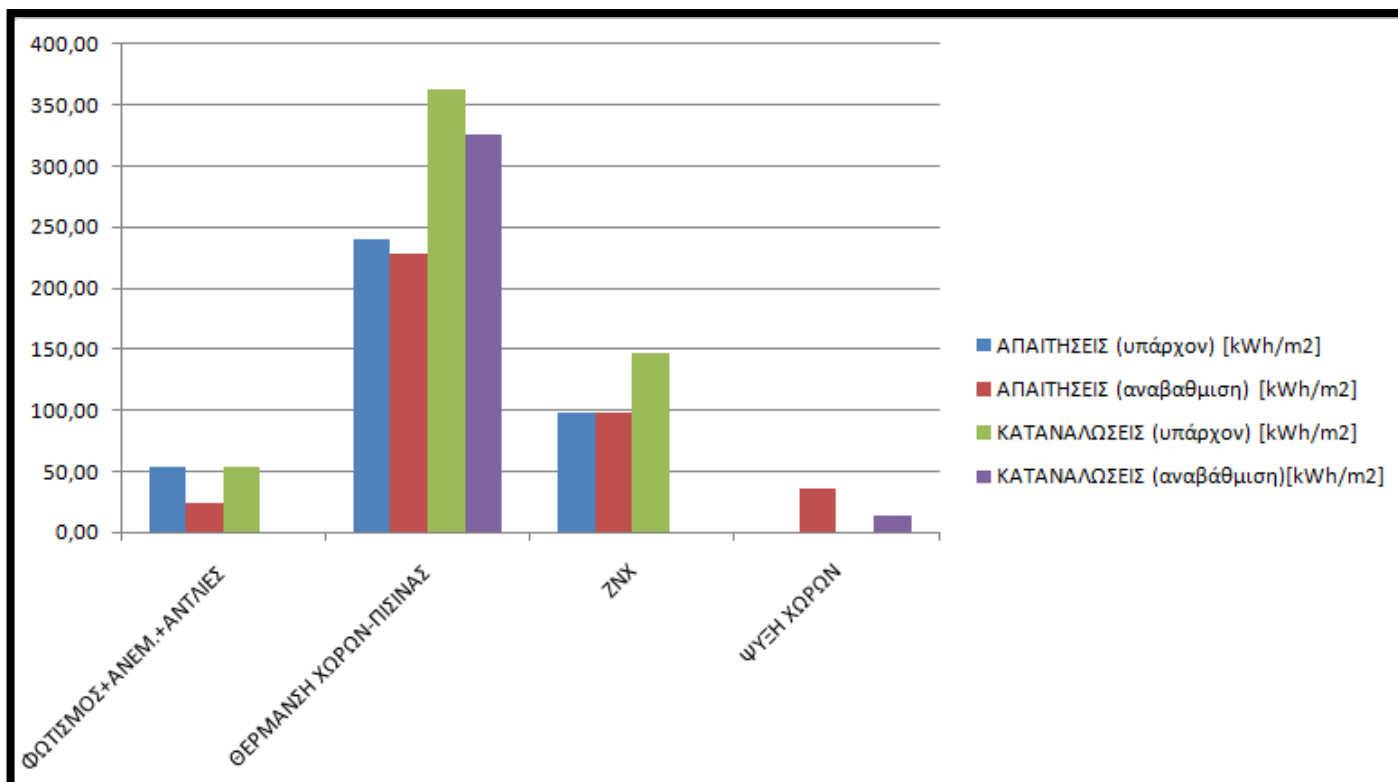
	Συντελεστής Πρωτογενούς Ενέργειας	Πρωτογενής Ενέργεια (Υπάρχον) [kWh/m <sup>2</sup> ]	Πρωτογενής Ενέργεια (Αναβάθμιση) [kWh/m <sup>2</sup> ]
Ηλεκτρισμός	2,90	156,84	39,39
Τηλεθέρμανση	0,70	300,69	193,56
Πετρέλαιο	1,10	87,42	54,15
Σύνολο		544,94	287,10

Πίνακας 7.5: Πρωτογενής ενέργεια ανά πηγή καυσίμου πριν και μετά την ενεργειακή αναβάθμιση

Στο διάγραμμα, 7.1 παρακάτω, απεικονίζονται οι απαιτήσεις και οι καταναλώσεις του κολυμβητηρίου πριν και μετά την ενεργειακή αναβάθμιση ανά τελική χρήση.

Εκτός του φορτίου του ζεστού νερού χρήσης που παραμένει σταθερό και του φωτισμού μαζί με τις υπόλοιπες ηλεκτρικές συσκευές που μειώνεται όπως ήταν αναμενόμενο , αξίζει να επισημανθεί η πολύ μικρή μείωση του φορτίου θέρμανσης χώρων και πισίνας παρόλο τις ενεργειακές αναβαθμίσεις. Αυτό οφείλεται στην επίτευξη κατάλληλων συνθηκών εντός του κτιρίου μέσω παροχής νωπού αέρα από το μηχανικό σύστημα αερισμού. Παρομοίως, το σύνολο των απαιτήσεων μειώνεται κατά 1,3% μόνο, που οφείλεται στον προαναφερθέντα λόγο και στην κάλυψη του φορτίου ψύξης, έπειτα από την ενεργειακή αναβάθμιση.

Σχετικά με τις καταναλώσεις παρατηρούμε ότι είναι μηδενικές στις κατηγορίες ΖΝΧ και φωτισμός, καθώς αυτός ήταν ο στόχος κάλυψης φορτίων των συστημάτων ΑΠΕ. Για το φορτίο ψύξης του υπάρχοντος κτιρίου δεν παρουσιάζονται στοιχεία καθώς δεν διαθέτει κάποιο σύστημα ψύξης, όπως σημειώθηκε και στη σχετική ενότητα, δηλαδή δεν διερευνήθηκε. Ωστόσο, για το φορτίο ψύξης του σεναρίου αναβάθμισης η κατανάλωση είναι μικρότερη, στοιχείο που οφείλεται στο ότι χρησιμοποιούμε αντλία θερμότητας.



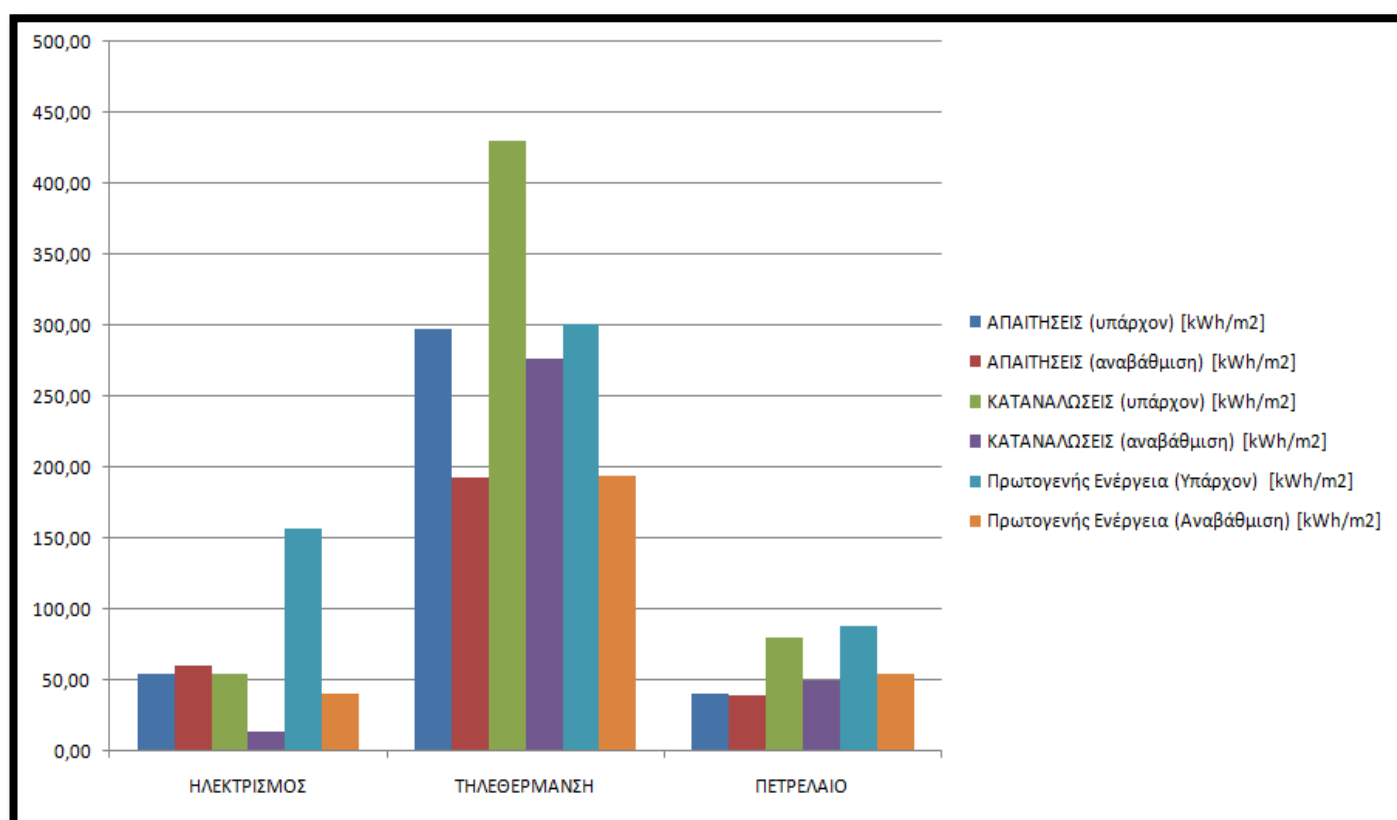
Διάγραμμα 7.1: Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κολυμβητηρίου πριν και μετά την ενεργειακή αναβάθμιση ανά τελική χρήση

Στο διάγραμμα 7.2 που ακολουθεί δίνονται γραφικά οι πληροφορίες σχετικά για τις απαιτήσεις, τις καταναλώσεις και την πρωτογενή ενέργεια ανά μορφή καυσίμου πριν και μετά την αναβάθμιση του κτιρίου. Το νέο στοιχείο σε αυτό το διάγραμμα είναι η απεικόνιση της πρωτογενούς ενέργειας καθώς και το ότι οι απαιτήσεις αναφέρονται στα φορτία που θα καλυφθούν από συμβατικές πηγές ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα, βλέπουμε μια αισθητή μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρισμού στο σενάριο της ενεργειακής αναβάθμισης. Η μείωση οφείλεται στην ευεργετική επίδραση των παρεμβάσεων, όπως η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων και λαμπτήρων τύπου LED, παρά την πρόσθεση στο σενάριο αναβάθμισης συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, όπως η αντλία θερμότητας και το μηχανικό σύστημα αερισμού.

Η μείωση των απαιτήσεων και των καταναλώσεων τηλεθέρμανσης, που είναι αρκετά μεγάλη –παρότι αυξήθηκε ο αερισμός-, οφείλεται στην βελτίωση του κελύφους, στην τοποθέτηση του καλύμματος στην κολυμβητική δεξαμενή και στην κάλυψη του φορτίου ΖΝΧ από ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες.

Αντίστοιχη συμπεριφορά και μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας από τηλεθέρμανση και στην περίπτωση του πετρελαίου για τους ίδιους λόγους, καθώς εξυπηρετούν ίδιες ανάγκες.



Διάγραμμα 7.2: Ενεργειακές απαιτήσεις, καταναλώσεις και πρωτογενής ενέργεια του κολυμβητηρίου πριν και μετά την ενεργειακή αναβάθμιση ανά καύσιμο

Ένα βασικό στοιχείο που δεν φαίνεται άμεσα στους πίνακες και στα διαγράμματα των αποτελεσμάτων, αλλά έχει μεγάλη επιρροή και έχει αναφερθεί επανειλημμένα είναι ο αερισμός. Στο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης αυξήθηκε η παροχή του εξωτερικού αέρα με τιμές από 15.000 m<sup>3</sup>/h έως 20.000 m<sup>3</sup>/h για την εξασφάλιση κατάλληλων συνθηκών άνεσης.

Για την εξασφάλιση των συνθηκών άνεσης πέραν του ικανοποιητικού βαθμού ανανέωσης του εσωτερικού αέρα με την παροχή εξωτερικού αέρα, βασικό στοιχείο είναι τα επίπεδα υγρασίας που ήταν αρκετά υψηλά όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 4 και παρατηρήθηκε στην προσομοίωση του υπάρχοντος κτιρίου. Για αυτό το λόγο προτάθηκε τόσο το σύστημα αερισμού όσο και η τοποθέτηση του καλύμματος, τα οποία επιφέρουν σημαντική μείωση της υγρασίας του χώρου. Η μέγιστη τιμή της σχετικής υγρασίας κατά την προσομοίωση του σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης ήταν 69%, ενώ αντίστοιχα κατά την υφιστάμενη κατάσταση οι τιμές προσομοίωσης άγγιξαν το 88%. Σημειώνονται δε πειραματικά παρατηρούμενες τιμές από σχετική διερεύνηση (για την καλοκαιρινή περίοδο) της τάξης του 90% (Μαρκογιαννάκη, 2016).

Τονίζεται συνεπώς ότι η βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης έχει ως αποτέλεσμα την ενεργειακή επιβάρυνση, θεωρείται ,ωστόσο, ιδιαίτερα σημαντική για τον συγκεκριμένο χώρο.

#### **7.14 Οικονομοτεχνική ανάλυση**

Θεωρώντας τις ακόλουθες τιμές κόστους για τις μορφές ενέργειας προκύπτουν οι πίνακες 7.4 και 7.5.

- Κόστος τηλεθέρμανσης: 42,65 €/MWh (τιμολόγιο ΔΕΥΑΚ)
- Κόστος πετρελαίου: 0,94 €/L (Μέση τιμή πώλησης το έτος 2016)
- Κόστος ηλεκτρισμού: 0,12 €/KWh (τιμολόγιο ΔΕΗ)

	ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ [€/m <sup>2</sup> ]	ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ [€]
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	10,40	10.773,18
ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗ	18,03	29.924,08
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	3,96	6.580,00
ΣΥΝΟΛΑ	32,39	47.277,26

Πίνακας 7.4: Κόστη λειτουργίας υπάρχοντος κτιρίου

	ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ [€/m <sup>2</sup> ]	ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ [€]
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	1,77	2.931,07
ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗ	11,79	19.576,65
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	2,42	4.018,30
ΣΥΝΟΛΑ	15,98	26.526,02

### Πίνακας 7.5: Κόστη λειτουργίας κτιρίου με τις προτεινόμενες παρεμβάσεις

Σύμφωνα με την ανάλυση και όσα αναφερθήκανε στη σχετική ενότητα για τις παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης, κατά τη διερεύνηση έχουν υιοθετηθεί τα ακόλουθα κόστη:

- Φ/Β:  $300 \times 250 = 75.000$  €
- Ηλιακοί συλλέκτες:  $400 \times 227 = 90.800$  €
- Λέβητας πετρελαίου: 2.000 €
- Φωτισμός: 4.000 €
- Αντλία θερμότητας: 7.000 €
- Μόνωση συστήματος ανακυκλοφορίας ζεστού νερού χρήσης: 1.000 €
- Κάλυμμα πισίνας: 3.000 €
- Κέλυφος: 168.000 €
- Μηχανικό σύστημα αερισμού: 2.500€

Σύνολο = 353.500 €

Σύμφωνα με τα παραπάνω, προκύπτει ο χρόνος απόσβεσης: 17,02 έτη

#### **7.15 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα κολυμβητηρίου**

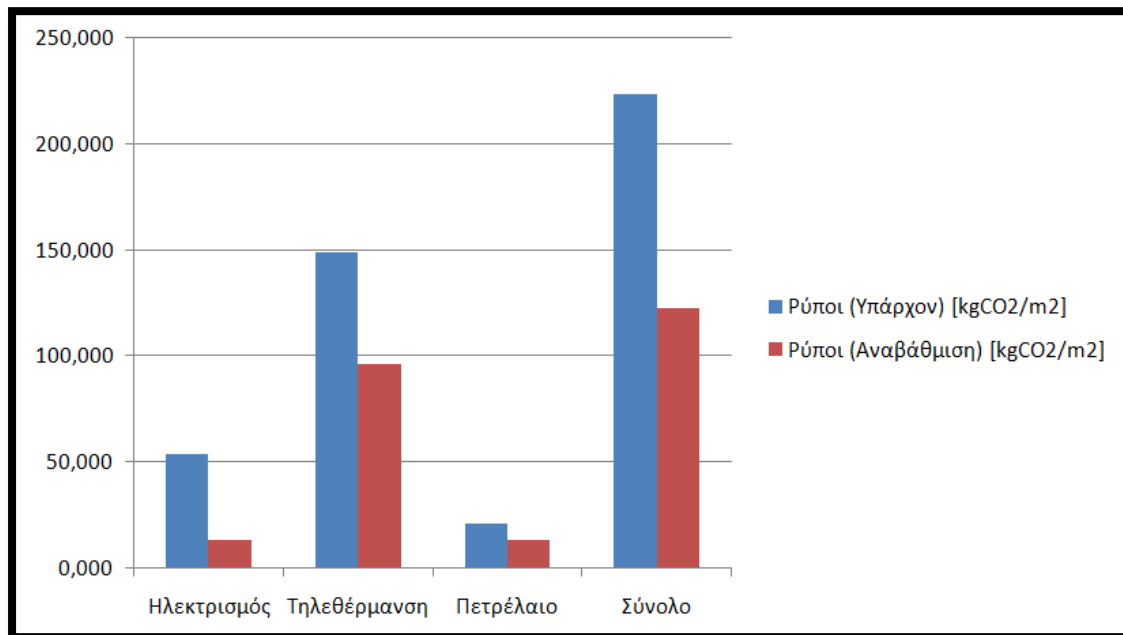
Πέραν του οικονομικού οφέλους που επιφέρει η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου είναι σημαντική και η αποτίμηση του περιβαλλοντικού οφέλους.

Στον πίνακα 7.8, σύμφωνα με τους συντελεστές μετατροπής του πίνακα 7.4, και στο διάγραμμα 7.3 παρουσιάζονται οι εκπομπές CO<sub>2</sub> του κτιρίου πριν και μετά από τις προτεινόμενες αλλαγές.



	Εκλυόμενοι ρύποι ανα μονάδα ενέργειας	Ρύποι (Υπάρχον) [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	Ρύποι (Αναβάθμιση) [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]
Ηλεκτρισμός	0,989	53,487	13,433
Τηλεθέρμανση	0,347	149,055	95,949
Πετρέλαιο	0,264	20,981	12,996
Σύνολο		223,523	122,378

Πίνακας 7.8: Εκλυόμενοι ρύποι CO<sub>2</sub> ανά τετραγωνικό επιφανείας του κτιρίου



Διάγραμμα 7.3: Εκλυόμενοι ρύποι CO<sub>2</sub> ανά τετραγωνικό επιφανείας του κτιρίου

Συνολικά παρατηρείται μία μείωση 47,32% στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και στις εκπομπές ρύπων 45,26% με την εφαρμογή των αλλαγών του σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης, στοιχεία που καθιστούν το κτίριο αρκετά πιο φιλικό προς το περιβάλλον.

## **8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε, στη βάση λογισμικού προσομοίωσης, η ενεργειακή συμπεριφορά του Δημοτικού Κολυμβητηρίου Κοζάνης. Το λογισμικό προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε είναι το Energy Plus, το οποίο αποτελεί ένα αξιόπιστο εργαλείο που παρέχει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης σύνθετων γεωμετριών και εξειδικευμένων ενεργειακών συστημάτων. Οι υπολογισμοί των σχετικών μεγεθών γίνονται σε ετήσια βάση.

Η ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης, κατέδειξε υψηλές καταναλώσεις συμβατικής ενέργειας, παρά την παρουσία συστήματος τηλεθέρμανσης κατά τους χειμερινούς μήνες, σε συνδυασμό με μη αποδεκτές τιμές θερμικής άνεσης για τον εσωτερικό χώρο. Η σύγκριση με πραγματικές διαθέσιμες τιμές καταναλώσεως καυσίμων ήταν αρκετά ικανοποιητική, επιτρέποντας την αξιοποίηση του μοντέλου στη διατύπωση και τη ρεαλιστική αξιολόγηση του σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης και βελτίωσης των εσωκλιματικών συνθηκών.

Το σενάριο περιλαμβάνει αναβάθμιση της θερμομονωτικής συμπεριφοράς του κελύφους, εγκατάσταση συστήματος εξαναγκασμένου αερισμού, ηλιακού θερμικού συστήματος για την κάλυψη αναγκών σε ΖΝΧ ή θέρμανσης τις πισίνας τους καλοκαιρινούς μήνες, Φ/Β πλαισίων για μερική κάλυψη ηλεκτρικών καταναλώσεων και δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας, όπως η αντικατάσταση των υφιστάμενων λαμπτήρων με λαμπτήρες τύπου LED.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης με τα αποτελέσματα του υπάρχοντος κτιρίου παρατηρήθηκε σε ετήσια βάση μείωση 40% των ενεργειακών καταναλώσεων, η οποία προβλέπει μείωση όλων των συμβατικών πηγών ενέργειας, αλλά κυρίως του ηλεκτρισμού.

Ενδιαφέρον στοιχείο είναι η πολύ μικρή μείωση, 1,3%, του συνόλου των ενεργειακών απαιτήσεων τελικής χρήσης, το οποίο οφείλεται στην εξασφάλιση των κατάλληλων συνθηκών εντός του

κολυμβητηρίου στο σενάριο αναβάθμισης, με κάλυψη του φορτίου ψύξης και διατήρηση των επιθυμητών επιπέδων υγρασίας.

Σχετικά με τα οικονομικά στοιχεία, το κόστος λειτουργίας μειώνεται κατά 44,5 %. Ο χρόνος απόσβεσης θεωρείται μεγάλος, ωστόσο συνεκτιμώντας την μεγάλη μείωση στο λειτουργικό κόστος και το μεγάλο κόστος αναβάθμισης του κελύφους, αναδεικνύεται η κακή αρχική επιλογή υλικών για το κτίριο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι αν δεν χρειαζόταν αναβάθμιση το κέλυφος ο χρόνος απόσβεσης θα άγγιζε τα 9 χρόνια.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι σε επίπεδο περιβαλλοντικών όρων, το οικολογικό αποτύπωμα του κολυμβητηρίου μειώνεται σημαντικά, με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας να ελαττώνεται κατά 47,32% και τις εκπομπές ρύπων κατά 45,26%.

Ως ένα γενικότερο συμπέρασμα, η αξιοποίηση λογισμικού προσομοίωσης για την αντιμετώπιση ενός εξειδικευμένου προβλήματος ενεργειακής αναβάθμισης, όπως αυτό ενός αθλητικού χώρου, με την ιδιαιτερότητα που εισάγει σε επίπεδο φορτίων η παρουσία της κολυμβητικής δεξαμενής, έδωσε τη δυνατότητα αξιόπιστης και ρεαλιστικής διαμόρφωσης και αποτίμησης των σεναρίων παρέμβασης. Η προσομοίωση, αν και απαιτητική σε υπολογιστικά εργαλεία και εξειδίκευση, μπορεί να αποτελέσει πολύτιμο συμπλήρωμα τόσο πειραματικών μεθόδων όσο και πρακτικών ενεργειακής επιθεώρησης (όπως ο KENAK) στα πλαίσια μιας μεθοδολογίας ολοκληρωμένης παρέμβασης ενεργειακής αναβάθμισης κτιριακών συγκροτημάτων.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Μαρνέλλος Γ. ,2017. Σημειώσεις μαθήματος Ειδικά Κεφάλαια Παραγωγής Ενέργειας. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Κοζάνη.
- Πανάρας Γ. ,2016 .Σημειώσεις μαθήματος Ενεργειακός Σχεδιασμός 1. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Κοζάνη.
- Πανάρας Γ., 2017.Σημειώσεις μαθήματος Ενεργειακός Σχεδιασμός 2. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών. Κοζάνη.
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Βρυξέλλες, 2002 .
- Ελληνική Δημοκρατία. ΝΟΜΟΣ ΥΠ’ ΑΡΙΘ. 4122 Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις. Αθήνα, 2013.
- Ελληνική Δημοκρατία. Ν. 3661/08/2008 (ΦΕΚ 89 Α/19-5-2008), Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις. Αθήνα, 19 Μαΐου 2008.
- Ελληνική Δημοκρατία. Υπουργική Απόφαση: Γ1/443/1973, (ΦΕΚ 87/Β/24-1-73), Περί κολυμβητικών δεξαμενών μετά οδηγιών κατασκευής και λειτουργίας αυτών. Αθήνα, 15 Ιανουαρίου 1973.
- Trianti-Stourna,Spyropoulou, Theofylaktos, Droutsas, Balaras, Santamouris, Asimakopoulos, Lazaropoulou, Papanikolaou, Energy conversation strategies for sports centers : Part B – Swimming Pools, 1997.
- Greenpeace, Αλλάζοντας τα δεδομένα στον κτιριακό τομέα με σύμμαχο τον ήλιο, 2015.
- Υπουργείο ανάπτυξης, Το Ελληνικό ενεργειακό σύστημα, 2009.

- Rozi Christodoulaki, Effie Korma. Solar Energy Use in Outdoor Swimming Pools : Documentation on the data collection procedure. Αθήνα, Απρίλιος 2009.
- Energy Efficiency in swimming pools – Good practice Guide 219, Garston, UK, 1997 .
- Swimming pools : A deeper look at energy efficiency, In-depth technology guide CTG009, Carbon trust, UK, April 2008.
- U.S. Department of Energy, EnergyPlus™ Version 8.6 Documentation. Σεπτέμβριος 30, 2016
- Νόμος 4122/2013, Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις. ΦΕΚ Τεύχος Πρώτο, 42, 639-654.
- Duffie John A., Beckman William A.. Solar Engineering of Thermal Processes, Fourth Edition . Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2013.
- Τράπεζα της Ελλάδος, 2011. Έκθεση του Διοικητή για το έτος 2011.
- European Union, 2003. Energy Performance of Buildings Directive (EPBD,2003).
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2012. ΤΟΤΕΕ 20701-1 «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και την έκδοση ΠΕΑ».
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2012. ΤΟΤΕΕ 20701-2 «Θερμοφυσικές Ιδιότητες Δομικών Υλικών και Έλεγχος της Θερμοφυσικής Επάρκειας των Κτιρίων».
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2012. ΤΟΤΕΕ 20701-3 «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών».

-Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2012. ΤΟΤΕΕ 20701-4 «Οδηγίες και Έντυπα Ενεργειακών Επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων & εγκαταστάσεων κλιματισμού-θέρμανσης».

-Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, 2012. ΤΟΤΕΕ 20701-5 «Εγκαταστάσεις πολύ-μικρής ΣΗΘ για εφαρμογή σε κτίρια».

### **Ιστοσελίδες**

-<https://energyplus.net/>

-<https://github.com/NREL/legacy-openstudio>

-<https://energyplus.net/interfaces>

-[www.buildingcert.gr/N4122](http://www.buildingcert.gr/N4122) 2013

-<https://en.wikipedia.org>

-[www.koe.org.gr](http://www.koe.org.gr) (Κολυμβητική Ομοσπονδία Ελλάδος)

-[www.fina.org/H2O](http://www.fina.org/H2O) (Επίσημο site Παγκόσμιας Ομοσπονδίας Υγρού Στίβου)