



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΧΟΛΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ ΖΩΓΡΑΦΟΥ**

**ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**Επιβλέπων: Ι. Τζουβαδάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

**ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2016**



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΧΟΛΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ ΖΩΓΡΑΦΟΥ**

**ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**Επιβλέπων: Ι. Τζουβαδάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

**ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2016**





## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Αναπληρωτή Καθηγητή ΕΜΠ κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη για την πολύτιμη βοήθεια, τις συμβουλές και την καθοδήγηση που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους εργαζόμενους στην Τεχνική Υπηρεσία Ε.Μ.Π. για τα σχέδια των κτιρίων της Σχολής και τον κ. Φραγγή Κώστα για τις πολύτιμες πληροφορίες του σχετικά με τη θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων.

Τέλος, ευχαριστούμε όλους του εργαζόμενους στα κτίρια Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών, Ηχοτεχνίας, Δομοστατικής, Γεωτεχνικής, Μεταλλικών Κατασκευών, Διαχείρισης Τεχνικών Έργων (Πτέρυγα Α κτιρίου Αντοχής Υλικών), Εργαστηρίου Οπλισμένου Σκυροδέματος, Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, του κυλικείου της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών και του καταστήματος φωτοαντιγράφων, για τη βοήθεια τους στην καταγραφή του ηλεκτρικού εξοπλισμού των κτιρίων.

Η Διπλωματική αυτή Εργασία αφιερώνεται στην οικογένειά μου.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της Διπλωματικής αυτής Εργασίας είναι η καταγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων των κτιρίων της Σχολής των Πολιτικών Μηχανικών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Η ενεργειακή επιθεώρηση είναι μία συστηματική διαδικασία με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, που έχει εφαρμογή τόσο στον κτιριακό τομέα όσο και στη βιομηχανία και αφορά όλες τις ενεργειακές τεχνολογίες. Με τη διενέργεια μιας ενεργειακής επιθεώρησης σχηματίζεται σαφής εικόνα για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το κτίριο από ενεργειακής άποψης.

Αρχικά, εξετάζονται γενικά οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτιρίων. Έπειτα πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με τη χρήση ερωτηματολογίων προς τους εργαζόμενους κάθε κτιρίου της σχολής Πολιτικών Μηχανικών και προσδιορίστηκε η κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση σε κάθε κτίριο.

Τέλος, έγινε διαγραμματική απεικόνιση των ενεργειακών καταναλώσεων ανά επιφάνεια και σύγκριση των κτιρίων της σχολής Πολιτικών Μηχανικών μεταξύ τους αλλά και με άλλα κτίρια εντός της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.

## ABSTRACT

The purpose of this Diploma Thesis is the electric consumption recording of the buildings of the School of Civil Engineering, NTUA. The energy audit is a systematic process aimed at saving energy, which applies both in buildings and industry and for all energy technologies. By conducting an energy audit formed a clear picture of the situation of the building from energy perspective.

Initially, renewable energy sources and the bioclimatic design of buildings, are generally examined. Then measurements were carried out with the use of questionnaires to the workers of each building of the School of Civil Engineering, NTUA and the allocation of the electrical energy was defined.

Finally, a diagrammatic illustration of energy consumptions and comparison between the buildings of the School of Civil Engineering, NTUA and other buildings of the campus of National Technical University of Athens were made.





## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ**

CSV= Concentrated solar power (Συγκεντρωμένη Ηλιακή Ενέργεια)

EU= European Union (Ευρωπαϊκή Ένωση)

GWP= Global Warming Potential (Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης)

HVAC= heating, ventilation, and air conditioning (θέρμανσης, εξαερισμού και δροσισμού)

IPCC= Intergovernmental Panel on Climate Change (Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος)

PV= Photovoltaics (Φωτοβολταϊκά)

U.S.= United States (Ηνωμένες Πολιτείες)

AΘ= Αέρια Θερμοκηπίου

ΑΜΕΑ= Άτομα με αναπηρία

ΑΠΕ= Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Δ.Τ.Ε. = Διαχείριση Τεχνικών Έργων

Ε.Μ.Π.= Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΕΕ= Ευρωπαϊκή Ένωση

ΕΞΕΝ= Εξοικονόμησης Ενέργειας

Εργαστήριο/ κτίριο Ο.Σ. = Εργαστήριο/ κτίριο Οπλισμένου Σκυροδέματος

ΕΣΥΔ= Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης

ΔΕΠΑ= Δημόσια Επιχείρηση Αερίου

Η/Μ εξοπλισμός = Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός

Η/Υ= Ηλεκτρονικός Υπολογιστής

ΜΣΥ= Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

ΠΚ= Πρωτόκολλο του Κιότο

ΦΕΚ = Φύλλα Εφημερίδας της Κυβερνήσεως

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b>	2
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	4
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ</b>	6
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	7
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	10
<b>1. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ</b>	11
1.1. ΓΕΝΙΚΑ	11
1.2. ΜΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	12
1.3. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	15
1.4. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ	27
1.5. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ	28
<b>2. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ</b>	31
2.1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	31
2.2. ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	34
2.3. ΗΛΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	38
2.4. ΠΑΘΗΤΙΚΑ (ΗΛΙΑΚΑ) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	40
2.4.1. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	43
2.4.2. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ	46
2.4.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	50
2.5. ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ-ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΩΡΟΣ	57
<b>3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ</b>	62
3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	62
3.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	65
3.2.1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΣΤΑΤΙΚΗΣ & ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ	67
3.2.1.1. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΦΟΡΤΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	67
3.2.1.2. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ/ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	69
3.2.1.3. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΗΛ.ΣΥΣΚΕΥΩΝ	71
3.2.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ	73
3.2.2.1. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΦΟΡΤΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	73
3.2.2.2. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ/ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	75
3.2.2.3. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΗΛ.ΣΥΣΚΕΥΩΝ	76
3.3 ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ	77
3.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ	107
<b>4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	116

<b>5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ/ΑΝΑΦΟΡΕΣ</b>	118
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b>	122
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ</b>	180
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ</b>	182



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η καταγραφή των ενεργειακών καταναλώσεων κτιρίων της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (Ε.Μ.Π.) στην περιοχή Ζωγράφου και εν συνεχεία η σύγκριση των ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων τόσο μεταξύ τους όσο και με άλλα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.

Στο πρώτο μέρος της Εργασίας, έγινε καταγραφή καταναλώσεων ενέργειας των κτιρίων για τα οποία στο παρελθόν δεν είχαν γίνει μετρήσεις και δεν υπήρχαν δεδομένα καταναλώσεων. Τα κτίρια για τα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις αυτές είναι τα παρακάτω:

- Εργαστήριο Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών
- Κτίριο Ηχοτεχνίας

Οι μετρήσεις έγιναν με επιτόπια έρευνα σε κάθε χώρο των κτιρίων, με τη χρήση ερωτηματολογίων. Το ένα ερωτηματολόγιο επικεντρώνεται στις χρησιμοποιούμενες ηλεκτρικές συσκευές, το φωτισμό, και τη θέρμανση του κάθε χώρου των κτιρίων. Συμπληρώσαμε όλες τις πηγές κατανάλωσης ρεύματος καθώς και τις ώρες και τις μέρες που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια του χρόνου. Σημαντικό είναι να τονισθεί ότι, ο προσδιορισμός των ωραρίων χρήσης της κάθε συσκευής, του ανοίγματος του τεχνητού φωτισμού και των καλοριφέρ βασίστηκε στα δεδομένα που μας έδωσαν οι εργαζόμενοι του κάθε χώρου. Το δεύτερο ερωτηματολόγιο αφορά τις κατασκευαστικές δομές των χώρων, τη διαστασιολόγηση και την καταγραφή των ανοιγμάτων. Σε αυτό υπολογίζονται οι όγκοι των επιμέρους χώρων, τα υλικά των τοίχων και των επιφανειών και τα χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων. Στο τρίτο ερωτηματολόγιο γίνεται μία σύνοψη των χαρακτηριστικών κάθε κτιρίου. Για τον προσδιορισμό των διαστάσεων των κτιρίων χρησιμοποιήσαμε τα σχέδια που πήραμε από την Τεχνική Υπηρεσία του Ε.Μ.Π. Στοιχεία δομικά για τα οποία δεν υπήρξαν διαστάσεις μετρήθηκαν από εμάς με τη χρήση μέτρου. Με βάση τα ανωτέρω εντοπίσαμε το που και για ποιους σκοπούς εμφανίζεται η μέγιστη ενεργειακή κατανάλωση κάθε κτιρίου.

Στο δεύτερο μέρος έγινε μια προσπάθεια αξιολόγησης των ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών και σύγκριση των ενεργειακών αυτών καταναλώσεων με άλλα κτίρια εντός της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, για τα οποία είχαν προηγουμένως πραγματοποιηθεί ενεργειακές επιθεωρήσεις από σπουδαστές ως αντικείμενο της διπλωματικής τους εργασίας.

# 1. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

## 1.1 Γενικά

Είναι πλέον κοινά αποδεκτό ότι η ορθολογική χρήση των ενεργειακών πόρων αποτελεί πρωταρχική έννοια για την προστασία του περιβάλλοντος καθώς και για την περιστολή της εκροής συναλλάγματος για την εισαγωγή καυσίμων που απαιτούνται στις σύγχρονες ανθρώπινες δραστηριότητες.

Καταρρακτώδης βροχές, παρατεταμένοι καύσωνες και πυρκαγιές είναι μερικά από τα φαινόμενα που προκύπτουν από τη μεγαλύτερη συγκέντρωση των φυσικών αερίων που συμβάλλουν στο “φαινόμενο του θερμοκηπίου”. Ο πολλαπλασιασμός αυτών των φαινομένων καθώς και η αύξηση της συχνότητάς τους συνάγει στην αποκαλούμενη αλλαγή των κλιματικών συνθηκών του πλανήτη.[11]

Ακόμη, έχει διαπιστωθεί πλέον ότι πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος είναι ο ενεργειακός τομέας, καθώς σχεδόν το 90% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων (άνθρακας και πετρέλαιο). Για το λόγο αυτό, σε παγκόσμιο επίπεδο πλέον, οι χώρες προσπαθούν να λάβουν διάφορα μέτρα προκειμένου να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα αυτά. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της Παγκόσμιας Υπηρεσίας Ενέργειας, μέχρι και το 2020 η παγκόσμια πρωτογενή ενέργεια θα καλύπτεται σε ποσοστό 90% από τα ορυκτά καύσιμα. Η υπερθέρμανση του πλανήτη αλλά και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο δεν αφήνουν κανένα περιθώριο εφησυχασμού. Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου έχουν ήδη ανεβάσει τη θερμοκρασία κατά 0,6 βαθμούς παγκοσμίως. Εκτιμήσεις προβλέπουν ότι εάν δεν ληφθούν μέτρα, θα σημειωθεί αύξηση κατά 1,4 έως 5,8 βαθμούς έως τα τέλη του αιώνα. Όλες οι περιοχές του κόσμου συμπεριλαμβανομένης της Ε.Ε. - θα αντιμετωπίσουν σοβαρές συνέπειες, τόσο για τις οικονομίες τους όσο και για τα οικοσυστήματά τους.[37]

Η Ευρώπη, τέλος, συμβάλλει κατά 14% στο σύνολο των ετήσιων επίγειων εκπομπών CO<sub>2</sub> ενώ η Ασία κατά 25% και η Βόρεια Αμερική 29%. Οι εκπομπές του CO<sub>2</sub>, του κατ' εξοχήν υπεύθυνου αερίου για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (80%), προέρχονται κατά 94% από τον ευρύτερο ενεργειακό τομέα (πρωτογενή παραγωγή). Στην Ελλάδα, οι συνολικές ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> ανέρχονταν σε 100,5 Mton (1998), από τους οποίους η παραγωγή ενέργειας και ο οικιακός -εμπορικός τομέας συμμετείχαν με 51% και 12% αντίστοιχα. [20],[11]

Η δέσμευση της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) είναι η μείωση των εκπομπών ΑΘ κατά -8% για την περίοδο 2008-2012 σε σχέση με το 1990. Η ΕΕ έκανε χρήση των διατάξεων του άρθρου 4 του ΠΚ για την από κοινού τήρηση από τα κράτη μέλη της των δεσμεύσεών της. Ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων στο εσωτερικό της ΕΕ, αποτέλεσε το αντικείμενο συμφωνίας, στο Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος τον Ιούνιο του 1998. Σύμφωνα με τον διακανονισμό αυτό και την Απόφαση 2002/358/ΕΚ για την έγκριση εξ' ονόματος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας του Πρωτοκόλλου και την από κοινού τήρηση των σχετικών δεσμεύσεων, η Ελλάδα δεσμεύτηκε για τον περιορισμό της αύξησης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

κατά την περίοδο 2008 – 2012 στο 25% σε σχέση με τις εκπομπές βάσης (εκπομπές 1990 για CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O – εκπομπές 1995 για F-gases ). Η Ελλάδα κύρωσε το Πρωτόκολλο το 2002 με το νόμο 3017/2002 (ΦΕΚ Α' 117 – 30.05.2002).

Όσον αφορά τις εθνικές δεσμεύσεις για την μετά Κιότο εποχή όπως είναι γνωστό δεν προέκυψε κάποια συμφωνία τον Δεκέμβριο του 2009 στην Κοπεγχάγη. Ωστόσο, στην Ντόχα τον Νοέμβριο του 2012 οριστικοποιήθηκε η 2η περίοδος δέσμευσης του ΠΚ, με αντίστοιχες δεσμεύσεις για τα έτη 2013-2020. Για την χώρα μας ισχύει η δέσμευση της ΕΕ για μείωση 20%, που εξειδικεύεται σε μείωση τόσο στους τομείς του συστήματος εμπορίας όσο και στους τομείς εκτός εμπορίας. Συγκεκριμένα οι εγκαταστάσεις που υπάγονται στο σύστημα εμπορίας θα υπόκεινται σε ένα ενιαίο ευρωπαϊκό ανώτατο όριο εκπομπών ΑΘ (21% μείωση των εκπομπών για το 2020 σε σχέση με το 2005). Το όριο θα μειώνεται ετησίως κατά 1.74% της μέσης τιμής από το μέσο ετήσιο επίπεδο της φάσης II (2008-2012). Δεν θα υπάρχει εθνική έκθεση κατανομής δικαιωμάτων. Για τους εκτός εμπορίας τομείς ο στόχος της χώρας μας είναι μείωση των εκπομπών ΑΘ το 2020 κατά -4% σε σχέση με το 2005 (-10% για την ΕΕ). Βάσει της απόφασης 2013/162/EU της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, το -4% για το 2020 σε απόλυτα νούμερα αντιστοιχεί για την Ελλάδα σε 60652,245 ή 63028,245 χιλιάδες τόνους ισοδυνάμου CO<sub>2</sub> ανάλογα με τις τιμές δυναμικών θέρμανσης του πλανήτη (GWP) που εφαρμόζονται (από την 2η ή 4<sup>η</sup> έκθεση του IPCC). [5]

## 1.2 Μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Πηγή ενέργειας ή ενεργειακή πηγή ονομάζουμε κάθε φυσικό πόρο που μας δίνει ενέργεια. Οι πηγές αυτές χωρίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και σε μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χαρακτηρίζονται οι πηγές οι οποίες δεν αναπληρώνονται ή αναπληρώνονται εξαιρετικά αργά για τα ανθρώπινα μέτρα από φυσικές διαδικασίες. Στις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνονται κυρίως:

- a) Τα στερεά καύσιμα των γαιανθράκων όπως ο λιγνίτης, ο ανθρακίτης και η τύρφη
- b) Τα υγρά καύσιμα που παίρνουμε μετά από κατεργασία όπως το πετρέλαιο και τα υγρά καύσιμα παράγωγά του όπως το μαζούτ, η βενζίνη
- c) Τα αέρια καύσιμα όπως το φυσικό αέριο, το υγραέριο κ.λπ.
- d) Την πυρηνική ενέργεια που παίρνουμε από την σχάση ραδιενεργών υλικών

Η φύση, βέβαια, δεν σταματά να δημιουργεί ούτε άνθρακα ούτε πετρέλαιο. Αν αναλογισθούμε όμως ότι η ανθρωπότητα καταναλώνει ημερησίως τόση ποσότητα ορυκτών καυσίμων όση μπορεί η φύση να δημιουργήσει σε χίλια περίπου χρόνια, αντιλαμβανόμαστε πλέον την έννοια της ανανεωσιμότητας.[37]

### α) Γαιάνθρακες

Ο όρος "γαιάνθρακες" χαρακτηρίζει τα οργανικά ιζήματα που προήλθαν από φυτικά υπολείμματα μέσω μιας σειράς διεργασιών ενανθράκωσης. Οι διεργασίες αυτές είχαν ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό των φυτικών υπολειμμάτων σε άνθρακα. Η μετατροπή των φυτών σε τύρφη και η μετάβαση από την τύρφη (αρχικό στάδιο ενανθράκωσης) στον ανθρακίτη (τελικό στάδιο ενανθράκωσης) είναι συνάρτηση της επίδρασης του χρόνου, της θερμοκρασίας και της πίεσης. Η

μετατροπή της φυτικής ύλης σε άνθρακα ξεκίνησε πριν 400 περίπου εκατομμύρια χρόνια και βεβαίως συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Οι ειδικοί επιστήμονες εκτιμούν ότι απαιτείται στρώμα 2,5 μέτρων φυτικής ύλης για τη δημιουργία άνθρακα στρώματος 30 εκατοστών.[7],[37]

### **Κατηγορίες γαιανθράκων**

Η κατάταξη των γαιανθράκων καθορίζεται από την θερμογόνο δύναμή τους σε συνδυασμό με τη χημική ανάλυση της οργανικής ύλης. Γαιάνθρακες με υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα και χαμηλή περιεκτικότητα σε υδρογόνο και οξυγόνο χαρακτηρίζονται ως υψηλής ποιότητας ενώ με τη μείωση της περιεκτικότητας σε άνθρακα μειώνεται και η ποιότητα των γαιανθράκων. Ανάλογα με τον βαθμό ενανθράκωσης οι γαιάνθρακες διακρίνονται σε τύρφη, λιγνίτες, υποπισσούχοι γαιάνθρακες, πισσούχοι γαιάνθρακες και ανθρακίτης. Με την μετάβαση από την τύρφη στον ανθρακίτη αυξάνεται η θερμογόνο ικανότητα των ανθράκων και βεβαίως η ποιότητά τους ως πηγή ενέργειας.[37]

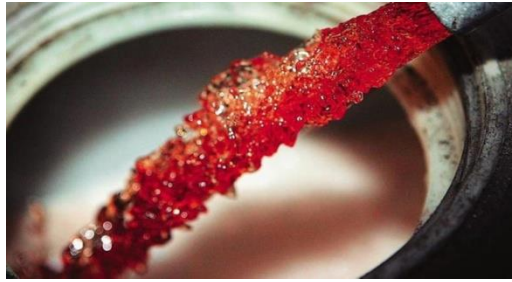
### **Αποθέματα και παραγωγή γαιανθράκων**

Σχεδόν κάθε χώρα στον πλανήτη διαθέτει αποθέματα ανθράκων αλλά μόνο σε 70 χώρες η εξόρυξη άνθρακα αποτελεί εμπορική δραστηριότητα. Λαμβάνοντας υπόψη τα σημερινά (2006) επίπεδα παραγωγής και κατανάλωσης, τα παγκόσμια αποθέματα άνθρακα επαρκούν για τα επόμενα 164 χρόνια. Σε αντιδιαστολή, τα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου επαρκούν για τα επόμενα 41 και 67 χρόνια αντίστοιχα. Μεσοπρόθεσμα αναμένεται σημαντική αύξηση της κατανάλωσης άνθρακα στις αναπτυσσόμενες χώρες και ιδιαίτερα στην Κίνα και την Ινδία. Μέχρι το 2030, οι δύο αυτές χώρες θα καταναλώνουν τα 2/3 της παγκόσμιας αύξησης κατανάλωσης του άνθρακα.[37]

### **β) Πετρέλαιο**

Το πετρέλαιο βρίσκεται στο υπέδαφος σε υγρή μορφή, μέσα σε κοιλότητες, σχηματίστηκε εκεί από ζωικούς και φυτικούς μικροοργανισμούς, κυρίως θαλάσσιους, οι οποίοι συγκεντρώθηκαν από τα θαλάσσια ρεύματα στο βάθος λεκανών, όπου και καταπλακώθηκαν λόγω επιχωματώσεων ή άλλων διαδικασιών. Εκεί, χωρίς την παρουσία αέρα, μετατράπηκαν σε πετρέλαιο κατά την διάρκεια χιλιάδων ετών. Η ενέργεια του πετρελαίου προέρχεται από την ενέργεια που είχαν συγκεντρώσει από τον ήλιο και την τροφή τους οι μικροοργανισμοί που το δημιούργησαν. Σήμερα αντλούμε το πετρέλαιο από τα υπόγεια κοιτάσματά του, ακόμα και αν αυτά βρίσκονται κάτω από τον πυθμένα της θάλασσας. Τα κύρια συστατικά του είναι αλκάνια (παραφίνες), κυκλοεξάνια (ναφθένια) και αρωματικοί υδρογονάνθρακες και σε μικρότερες ποσότητες οξυγονούχες, αζωτούχες και θειούχες ενώσεις. Το πετρέλαιο αποτελεί το σημαντικότερο ορυκτό για την παγκόσμια οικονομία, καθώς αποτελεί την κύρια πρωτογενή πηγή ενέργειας και την πρώτη ύλη από την οποία παράγεται ένας τεράστιος αριθμός προϊόντων (πλαστικά, φάρμακα, καλλυντικά, απορρυπαντικά, φιλμ. μαγνητοταινίες, εκρηκτικά κλπ.).[37]





Εικ. 1:Υγρά καύσιμα – Πετρέλαιο (Πηγή: <http://www.thetoc.gr/>)

### γ) Φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο είναι μίγμα υδρογονανθράκων και αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και σε πολύ μικρότερη αναλογία από αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο και πεντάνιο. Καθοριστικός παράγοντας για τη σύστασή του, αποτελεί η προέλευσή του και ιδιαίτερα εάν πρόκειται για αμιγώς κοιτάσμα φυσικού αερίου ή προκύπτει από κοιτάσματα πετρελαίου. Η εμπορική αξιοποίησή του ξεκίνησε περίπου το 1810 ως καύσιμο σε λάμπες φωτισμού ενώ μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου κατασκευάστηκαν τα πρώτα δίκτυα μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου. Στα προτερήματά του ως πηγή ενέργειας περιλαμβάνονται η δυνατότητα μεταφοράς του σε μεγάλες αποστάσεις μέσω αγωγών και βεβαίως η συγκριτικά φιλική προς το περιβάλλον καύση του.[37]



Εικ.2 :Αέρια καύσιμα - Φυσικό αέριο (Πηγή: <http://blog.xe.gr/>)

### δ) Πυρηνική Ενέργεια

Η ενέργεια που εκλύεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις. Στην πράξη ο όρος πυρηνική ενέργεια χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει την ενέργεια που απελευθερώνεται σε τεράστιες ποσότητες κατά την πυρηνική σχάση, δηλαδή τη διάσπαση ατομικών πυρήνων προς ελαφρότερους, και κατά την πυρηνική σύντηξη, δηλαδή την ένωση πυρήνων για το σχηματισμό βαρύτερων. Μη ελεγχόμενες πυρηνικές αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα κατά την έκρηξη της ατομικής βόμβας ή της βόμβας υδρογόνου. Ελεγχόμενες πυρηνικές αντιδράσεις χρησιμοποιούνται ως πρωτογενής ενεργειακή πηγή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας μέσω ειδικών κινητήρων. Έως το 1995 οι εφαρμογές των κινητήρων που χρησιμοποιούν πυρηνικά καύσιμα περιορίζονταν στη ναυσιπλοΐα (πολεμικά πλοία, υποβρύχια, παγοθραυστικά, εμπορικά πλοία – σε μικρή όμως κλίμακα), ενώ διεξάγονταν προσπάθειες και για την κατασκευή πυρηνικών πυραυλοκινητήρων. Ωστόσο, πολύ σπουδαιότερη για την παγκόσμια οικονομία είναι

η χρήση της πυρηνικής ενέργειας ως πρωτογενούς ενεργειακής πηγής με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων που ονομάζονται πυρηνικοί αντιδραστήρες. [37]



Εικ. 3: Πυρηνική Ενέργεια- Πυρηνικό εργοστάσιο (Πηγή: <http://www.econews.gr/>)

### 1.3. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η διαφαινόμενη εξάντληση των ενεργειακών αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων του πλανήτη μας (άνθρακας, φυσικό αέριο, πετρέλαιο, σχάσιμα υλικά) σε συνδυασμό με την διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας, αλλά και την βαθμιαία επιδείνωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων οδήγησε τις σύγχρονες κοινωνίες να στραφούν αφενός σε τεχνικές εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης της ενέργειας, αφετέρου στην αξιοποίηση των ήπιων ή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή ήπιες μορφές ενέργειας, ή νέες πηγές ενέργειας είναι η ενέργεια που προέρχεται από φυσικούς πόρους, όπως είναι το φως του ήλιου, αέρας, βροχή, παλίρροιες και γεωθερμική ενέργεια. Αποτελούν την πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος πριν στραφεί έντονα στη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Οι ΑΠΕ πρακτικά είναι ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους. Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών εμφανίσθηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και παγιώθηκε μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων την τελευταία δεκαετία. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κλάδος που ευθύνεται κατά κύριο λόγο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο μόνος δυνατός τρόπος που διαφαίνεται για να μπορέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση να ανταποκριθεί στο φιλόδοξο στόχο που έθεσε το 1992 στη συνδιάσκεψη του Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, να περιορίσει δηλαδή, μέχρι το έτος 2000 τους ρύπους του διοξειδίου του άνθρακα στα επίπεδα του 1993, είναι να επιταχύνει την ανάπτυξη των ΑΠΕ.[37]

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρέπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό από τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Ωστόσο, η υψηλή μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος στάτους κβο στον

ενεργειακό τομέα εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού. [4]

Οι μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι:

- **ο ήλιος - ηλιακή ενέργεια** με υποτομείς τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και τη φωτοβολταϊκή μετατροπή
- **ο άνεμος - αιολική ενέργεια**
- **οι υδατοπτώσεις - υδραυλική ενέργεια** (με περιορισμό στα μικρά υδροηλεκτρικά ισχύος κάτω των 10MW)
- **η γεωθερμία - γεωθερμική ενέργεια:** υψηλής και χαμηλής ενθαλπίας
- **η βιομάζα**
- **οι θάλασσες:** ενέργεια κυμάτων, παλιρροϊκή ενέργεια και ενέργεια των ωκεανών από τη διαφορά θερμοκρασίας των νερών στην επιφάνεια και σε μεγάλο βάθος [7]

## Ηλιακή ενέργεια

Ο ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσότητα ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια είναι η μετατροπή του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια, με δύο τρόπους εφαρμογής: είτε με απευθείας χρήση φωτοβολταϊκών (PV) ή έμμεσα με τη χρήση συγκεντρωμένης ηλιακής ενέργειας (CSP). Στην πρώτη εφαρμογή, τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρισμό χρησιμοποιώντας το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. [37],[7]

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο περιγράφεται ως η πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων που συμβαίνει σε συγκεκριμένα υλικά όταν αυτά εκτεθούν σε φωτεινή ακτινοβολία. Αυτό παρατηρείται σε φυσικά στοιχεία που ανήκουν στην ομάδα των ημιαγωγών καθώς και σε τεχνητές ημιαγωγικές διατάξεις. Η πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία διαφοράς δυναμικού μεταξύ των δημιουργούμενων πόλων, δηλαδή μια στοιχειώδεις ηλεκτρική γεννήτρια.[4]

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι, ακόμη, μια μέθοδος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας σε συνεχές ρεύμα, για την οποία και χρησιμοποιούνται ηλιακά πάνελ αποτελούμενα από μια σειρά από ηλιακά κύτταρα που περιέχουν φωτοβολταϊκό υλικό (πυρίτιο, τελλουριούχο κάδμιο, κ.ά.). Η κατασκευή των ηλιακών κυψελών και φωτοβολταϊκών στοιχείων έχει προχωρήσει σημαντικά την τελευταία δεκαετία λόγω της αυξημένης ζήτησης για τις ΑΠΕ.

Η δεύτερη εφαρμογή αφορά τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας με στόχο την παραγωγή θερμότητας και χρησιμοποιείται κυρίως για τη θέρμανση του νερού και τη μετατροπή του σε ατμό για την κίνηση τουρμπίνων. Τα ηλιακά αυτά συστήματα χρησιμοποιούν φακούς ή κάτοπτρα και συστήματα παρακολούθησης για να επικεντρωθεί μια μεγάλη περιοχή του ηλιακού φωτός σε μια μικρή ακτίνα. [5],[19]

## Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Ηλιακής Ενέργειας

### Πλεονεκτήματα

- ✚ Η ηλιακή ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη αστείρευτη πηγή ενέργειας. Όσο ο ήλιος εξακολουθεί να υφίσταται, δε θα πάψει να υπάρχει διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια.
- ✚ Ελαττώνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και ρύπων και έτσι προστατεύεται το περιβάλλον και η δημόσια υγεία.

- ✚ Η θερμική ενέργεια παράγεται στα σημεία ζήτησής της. Αποφεύγονται έτσι οι τεράστιες απώλειες μεταφοράς ενέργειας μέσω του ηλεκτρικού δικτύου.
- ✚ Αποτρέπονται οι τεράστιες δαπάνες που δημιουργούταν από την εισαγωγή ενέργειας.

### **Μειονεκτήματα**

Το κύριο μειονέκτημα της ηλιακής ενέργειας είναι το αρχικό κόστος. Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι συγκριτικά αρκετά ακριβοί, κυρίως λόγω του κόστους υλικών και την πολυπλοκότητα του σχεδιασμού τους. Αυτό μπορεί μερικές φορές, να αποδειχθεί αποτρεπτικό για τα άτομα που σχεδιάζουν να στραφούν προς την ηλιακή ενέργεια.

- ✚ Τα καιρικά φαινόμενα (συννεφιά, βροχή) μπορεί να εμποδίσουν το φως του ηλίου και να επηρεάσουν τη ποσότητα και τη δύναμη της ενέργειας που παράγεται.



Εικ. 4: Ηλιακή ενέργεια - φωτοβολταϊκά πάνελ (Πηγή: <https://left.gr/>)

### **Αιολική Ενέργεια**

Ο άνεμος χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο από την αρχαιότητα. Για πολλούς αιώνες, η κίνηση των πλοίων στηριζόταν αποκλειστικά στη δύναμη του ανέμου. Οι ανεμόμυλοι, που σήμερα έχουν χαρακτήρα “διακοσμητικό” αποτέλεσαν για πολλά χρόνια σημαντικό “γρανάζι” για τη λειτουργία του αγροτικού τομέα, είτε για να αλέθουν, είτε για να αντλούν νερό από τα πηγάδια. Η αιολική ενέργεια είναι λοιπόν η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται μέσω ανεμογεννητριών, σε χρήσιμη μηχανική ενέργεια ή/ και σε ηλεκτρική ενέργεια. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον και πρακτικά ανεξάντλητη. Αν υπήρχε η δυνατότητα, με τη σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα.[1],[7]

### **Πλεονεκτήματα αιολικής ενέργειας:**

- Η αιολική ενέργεια είναι φιλική προς το περιβάλλον, καθώς δεν καίγονται ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

- Οι ανεμογεννήτριες καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο από το την έκταση που καταλαμβάνει ένας μέσος σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Για παράδειγμα, οι ανεμόμυλοι καταλαμβάνουν μερικά τετραγωνικά μέτρα για την βάση και αυτό δίνει την δυνατότητα στην γύρω περιοχή να χρησιμοποιείται από πολλούς σκοπούς, όπως γεωργία.
- Νέες τεχνολογίες κάνουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο πιο αποδοτική. Ο άνεμος είναι δωρεάν, και καθένας έχει την δυνατότητα να επωφεληθεί από αυτήν την ελεύθερη πηγή ενέργειας.
- Οι ανεμογεννήτριες είναι μια μεγάλη πηγή για την παραγωγή ενέργειας σε απομακρυσμένες περιοχές, όπως ορεινές κοινότητες.
- Όταν συνδυάζεται η αιολική με την ηλιακή ενέργεια τότε παρέχουν μια αξιόπιστη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας

### **Μειονεκτήματα αιολικής ενέργειας:**

- Το κύριο μειονέκτημα όσον αφορά την αιολική ενέργεια είναι η αναξιοπιστία από τις ταχύτητες των ανέμων. Σε πολλές περιοχές, η ένταση ανέμων είναι πολύ χαμηλές για να στηρίξουν μια ανεμογεννήτρια ή αιολικό πάρκο έτσι σαν μεγάλες εναλλακτικές λύσεις μπορεί να είναι η χρήση της ηλιακής ενέργειας ή της γεωθερμικής.
- Οι ανεμογεννήτριες παράγουν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας με ορυκτά καύσιμα έτσι απαιτούνται πολλές ανεμογεννήτριες για την παραγωγή επαρκούς ηλεκτρικής ενέργειας.
- Απαιτούνται μεγάλα έργα γύρω από τα αιολικά πάρκα ώστε να προστατευτεί η άγρια φύση
- Η ηχορύπανση που δημιουργείται από τις μεγάλες ανεμογεννήτριες είναι συχνά πολύ ενοχλητική για τους κατοίκους της γύρω περιοχής
- Τα αιολικά πάρκα πρέπει να βρίσκονται σε θυελλώδεις περιοχές για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, γι' αυτό συχνά τοποθετούνται σε κορυφές κορυφογραμμών και λόφων. Αυτό όμως δημιουργεί προβλήματα στους κατοίκους τις περιοχής που συχνά παραπονιούνται για την αισθητική του τοπίου

Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές που μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η απόδοση των Α/Γ εξαρτάται από το αιολικό δυναμικό της περιοχής που εγκαθίσταται. Για να γίνει η επιλογή ενός τόπου, καθώς και του μεγέθους της μηχανής που θα εγκατασταθεί, γίνονται ειδικές ανεμολογικές μετρήσεις και μελέτες. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμο μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω απ 5,1 m/sec, σε ύψος 10m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από την τιμή αυτή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Εξάλλου, υπάρχει σημαντική μείωση στο κόστος κατασκευής

των ανεμογεννητριών γεγονός που έχει θέσει την αιολική ενέργεια πλέον ανταγωνιστική έναντι των συμβατικών μορφών ενέργειας.

Η χώρα μας, μάλιστα, διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αξιοποίησή του μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην αειφόρο ανάπτυξη της. Το πρώτο αιολικό πάρκο εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το 1982 στην Κύθνο. Μέχρι σήμερα έχουν κατασκευαστεί στην Άνδρο, στην Εύβοια, στη Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο και στην Κρήτη εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής πάνω από 30 MW. Ως ιδιαίτερα σημαντικό θεωρείται το αυξημένο ενδιαφέρον του ιδιωτικού τομέα στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, ειδικά σε περιοχές υψηλού αιολικού δυναμικού (Νησιά Αιγαίου, Νότια Εύβοια, Ανατολική Πελοπόννησος, Θράκη). Με την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας δεκάδες αιτήσεις για μονάδες παραγωγής από ιδιώτες έχουν υποβληθεί στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, με συνέπεια η συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα των αιολικών πάρκων να εκτιμάται σε πάνω από 1200 MW έως το τέλος του 2007 (ΥΠΙΑΝ, 2005). Σημαντικό εμπόδιο στην ακόμη μεγαλύτερη ανάπτυξη αποτελεί η ανεπάρκεια της υποδομής του δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο κατασκευάστηκε πολύ πριν αναδυθεί η ανανεώσιμη ενέργεια ως βιώσιμη εναλλακτική λύση. Έτσι, στις ηπειρωτικές περιοχές υψηλού φυσικού δυναμικού, οι δυνατότητες επενδύσεων αιολικής ενέργειας έχουν περιοριστεί από τις δυνατότητες διείσδυσης στο ηλεκτρικό δίκτυο και παρόμοιοι περιορισμοί υφίστανται και στα νησιά εμποδίζοντας την περαιτέρω διείσδυση της συγκεκριμένης ΑΠΕ.[5],[19]



Εικ. 5: Αιολική ενέργεια- Ανεμογεννήτριες (Πηγή : <http://enermed.cres.gr/>)

### **Υδατοπτώσεις -Υδραυλική ενέργεια**

Οι υδατοπτώσεις προκαλούνται από τη βαρύτητα με τη μεταφορά του ύδατος από ένα σημείο με μεγαλύτερο υψόμετρο σε ένα με χαμηλότερο. Αυτό το φαινόμενο είναι μέρος του κύκλου του νερού του οποίου η κινητήριος δύναμη προέρχεται από τον ήλιο. Η αύξηση της θερμοκρασίας σε θάλασσες και λίμνες, αναγκάζει το νερό να εξατμιστεί στην ατμόσφαιρα και να μεταφερθεί μέσω των ανέμων σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο. Στις περιοχές αυτές, μέσω της συμπύκνωσης πέφτουν βροχές και χιόνια τα οποία δημιουργούν τους ποταμούς. Τα ποτάμια είναι η μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού σε κινητική και αποτελεί την ενέργεια που χρησιμοποιήσε από την αρχαιότητα ο άνθρωπος προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες

του, ενέργεια, η οποία χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα σε ορισμένες περιοχές, κυρίως ορεινές, σε διάφορες εργασίες.[3]



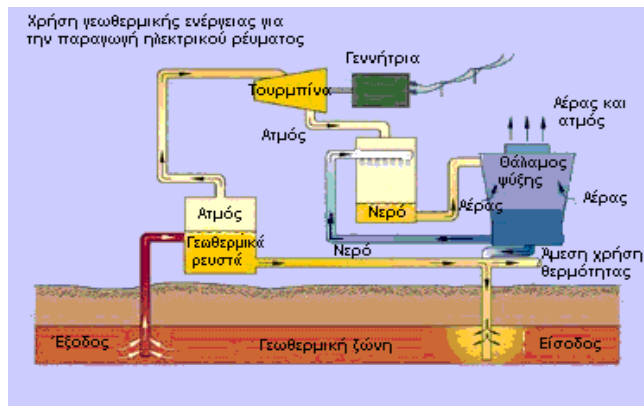
Εικ. 6: Υδατοπτώσεις (Πηγή: <http://phgesenergeias.weebly.com/>)

### Γεωθερμική Ενέργεια

Γεωθερμία ή γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης η οποία διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους: α) Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό  $0,04 - 0,06 \text{ W/}$ , β) Με ρεύματα μεταφοράς, τα οποία όμως περιορίζονται στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων. Το γεωθερμικό δυναμικό μιας περιοχής σχετίζεται με τις γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της. Η Γεωθερμία αποτελεί ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή ενώ σε συνδυασμό με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες.

Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ή ατμού ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και μπορεί να έχει τιμές από  $25^{\circ}\text{C}$  μέχρι  $350^{\circ}\text{C}$ . Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από  $150^{\circ}\text{C}$ ) η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών, θερμοκηπίων κ.λπ.[1]

Ένα γεωθερμικό σύστημα αξιοποιεί την εντός του εδάφους υπάρχουσα σταθερή θερμοκρασία. Έτσι, το χειμώνα, ένα ρευστό που κυκλοφορεί στον γεωεναλλάκτη απορροφά τη θερμότητα του εδάφους και μέσω της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας την αποδίδει στο κτίριο. Το δε καλοκαίρι, λειτουργώντας αντίστροφα, απάγει τη θερμότητα από το κτίριο και μέσω του γεωεναλλάκτη την αποδίδει στο πιο δροσερό έδαφος. Τα γεωθερμικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης των χώρων, αλλά και παραγωγής ζεστού νερού, βρίσκουν εφαρμογή στις κατοικίες, στα ξενοδοχεία, στα θερμοκήπια, στη βιομηχανία κ.λπ.



Εικ.7: Χρήση Γεωθερμικής Ενέργειας για την παράγωγή ηλεκτρικού ρεύματος (Πηγή: kpe-kastor.kas.sch.gr)

Παρατηρούνται αρκετά πλεονεκτήματα στη χρήση των γεωθερμικών συστημάτων τα βασικότερα από τα οποία είναι:

- Καταργείται η χρήση πετρελαίου και έχουμε μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub>.
- Το κόστος λειτουργίας μειώνεται πάνω από 60% σε σχέση με τους συμβατικούς τρόπους θέρμανσης και ψύξης.
- Το 70 - 80% της ενέργειας παρέχεται δωρεάν από το περιβάλλον.
- Μεγάλη εξοικονόμηση χώρου. Γιατί χρειάζεται μόνο μια μικρή και συμπαγής αντλία για θέρμανση και ψύξη.
- Δεν απαιτείται καμία συντήρηση στους γεωεναλλάκτες, ενώ η αντλία θερμότητας χρειάζεται μόνο περιοδικό έλεγχο.
- Δεν απαιτείται δεξαμενή καυσίμων και καμινάδα.
- Λειτουργεί αθόρυβα και δε χρειάζεται πυροπροστασία.[38]

Διακρίνουμε δύο (2) είδη γεωθερμικών συστημάτων τα οποία είναι :

α) τα ανοιχτά γεωθερμικά συστήματα, με απαραίτητη την παρουσία υδροφόρου ορίζοντα, τα οποία αποτελούνται από δυο γεωτρήσεις, μία αντλία θερμότητας και το δίκτυο διανομής της θέρμανσης ή ψύξης και εφαρμόζονται σε περιοχές που παρουσιάζουν συνεχή υψηλή υπόγεια ή επιφανειακή υδροφορία.

β) τα κλειστά γεωθερμικά συστήματα τα οποία διαχωρίζονται στα οριζόντια και στα κάθετα. Η επιλογή μεταξύ κάθετης και οριζόντιας διάταξης, εξαρτάται από τη μορφολογία του εδάφους της περιοχής και τη διαθεσιμότητα του περιβάλλοντα χώρου σε κάθε περίπτωση. Τα οριζόντια κλειστά συστήματα είναι τα πιο εύκολα γεωθερμικά συστήματα στην εγκατάσταση, αλλά απαιτούν αρκετό χώρο για αυτήν. Στα κάθετα κλειστά συστήματα ο σχεδιασμός τους γενικά είναι εύκολος, όταν όμως πρέπει να σχεδιαστεί ένα σύστημα σε περιοχή που υπάρχουν ήδη εγκατεστημένα τέτοια συστήματα θέλει ιδιαίτερη προσοχή στον προσδιορισμό της θερμικής ικανότητας του εδάφους.[1],[7],[19]

Ο Ελλαδικός χώρος διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές και των τριών κατηγοριών (υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας) σε οικονομικά βάθη (100-1500 μ). Η αυξημένη ροή θερμότητας, λόγω της έντονης τεκτονικής και μαγματικής δραστηριότητας, δημιούργησε εκτεταμένες θερμικές ανωμαλίες, με μέγιστες τιμές γεωθερμικής βαθμίδας οι οποίες πολλές φορές ξεπερνούν του 100° C/km. Σε κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες, η ενέργεια αυτή θερμαίνει «ρηχούς» υπόγειους ταμιευτήρες ρευστών σε θερμοκρασίες μέχρι 100 °C. Η έρευνα για την αναζήτηση



γεωθερμικής ενέργειας άρχισε ουσιαστικά το 1971 με βασικό φορέα το ΙΓΜΕ και αρχικά αφορούσε μόνο τις περιοχές υψηλής ενθαλπίας. Από το 1971 ερευνήθηκαν οι εξής περιοχές: Μήλος, Νίσυρος, Λέσβος, Μέθανα, Σουσάκι Κορινθίας, Καμένα Βούρλα, Θερμοπύλες, Υπάτη, Αιδηψός, Κίμωλος, Πολύαιγος, Σαντορίνη, Κως, Νότια Θεσσαλία, Αλμωπία, περιοχή Στρυμόνα, περιοχή Ξάνθης, Σαμοθράκη και άλλες.

Σήμερα οι άμεσες χρήσεις της γεωθερμίας στην Ελλάδα επικεντρώνονται κυρίως στην θέρμανση των θερμοκηπίων, στην ιχθυοτροφία, στην καλλιέργεια σπιρουλίνας καθώς και στην αποξήρανση λαχανικών και φρούτων. Οι αντλίες θερμότητας από υπόγεια ύδατα έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερα το τελευταίο διάστημα αλλά το ποσοστό που καταλαμβάνουν στην αγορά είναι ελάχιστο σε σχέση με άλλα κράτη της κεντρικής ή Βόρειας Ευρώπης. Προς το παρόν δεν παράγεται στην Ελλάδα ηλεκτρική ενέργεια παρά την ύπαρξη πολλών γεωθερμικών πεδίων υψηλής ενθαλπίας στο ηφαιστειακά ενεργό τόξο του Αιγαίου πελάγους.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι το δυναμικό για άμεση χρήση της γεωθερμίας στην Ελλάδα ξεπερνάει τα 1000 MWth, ενώ για την παραγωγή ηλεκτρισμού υπολογίζεται περί τα 25 MW κυρίως στα νησιά της Μήλου και της Νισύρου.



Εικ. 8: Γεωθερμικές περιοχές τις Ελλάδας (Πηγή: <http://esxoleio.weebly.com/>)

## Ενέργεια από Βιομάζα

Η βιομάζα αποτελεί μία ήπια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία βρίσκεται αποθηκευμένη στο οργανικό και βιολογικό υλικό των ζώντων οργανισμών (φυτικών και ζωικών). Τα φυτά δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία μέσω της διαδικασίας της

φωτοσύνθεσης και την αποθηκεύουν ενώ αναπτύσσονται με τη βοήθεια του νερού και μεταλλικών στοιχείων. Η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια σε μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Δηλαδή:

**(Νερό) + (Διοξείδιο του άνθρακα) + (Ηλιακή ενέργεια(Φωτόνια)) + (Ανόργανα στοιχεία)  $\rightarrow$  (Βιομάζα) + (Οξυγόνο)**

Η αποθηκευμένη αυτή μορφή ενέργειας μπορεί στην συνέχεια να μετατραπεί σε διάφορες μορφές ωφέλιμης εναργείας, όπως είναι η θερμότητα και ο ηλεκτρισμός. Η ενέργεια που προκύπτει από τη βιομάζα είναι γνωστή και ως «βιοενέργεια». Ακόμη, η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατόν να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων. Η χρήση της ως πηγής ενέργειας δεν είναι νέα. Σ' αυτήν, εξάλλου, συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας.

### **Πλεονεκτήματα Βιομάζας :**

- Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Δεν συμβάλει στην αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για την δημιουργία βιομάζας
- Συμβάλει σημαντικά στον περιορισμό του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή
- Μείωση της εξάρτησης από τα εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου

### **Μειονεκτήματα Βιομάζας :**

- Ο μεγάλος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία κάνουν πολύ δύσκολη την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας
- Η παραγωγή της βιομάζας είναι συνήθως εποχιακή με μεγάλες διασπορές στην παραγωγή
- Υψηλό κόστος εξοπλισμού σε σύγκριση με αυτό των συμβατικών καυσίμων

Σ' αυτήν περιλαμβάνονται:

- οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από γεωργικές καλλιέργειες γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το καλάμι, ο ευκάλυπτος, κ.ά.
- τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως τα ελαιοπυρηνόξυλα, το πριονίδι, κ.ά.
- το βιολογικής προελεύσεως μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Στην Ελλάδα, τέλος, η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, καθώς και, με τη χρήση πιο εξελιγμένων

τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παράγωγη προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι, κ.ά.), σε περιορισμένη όμως κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, κουκούτσια ροδάκινων και άλλων φρούτων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών κ.ά. Παρ' όλα αυτά, οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας στη χώρα μας είναι εξαιρετικά ευοίωνες, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό, μεγάλο μέρος του οποίου είναι άμεσα διαθέσιμο. Παράλληλα, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι, σε πολλές περιπτώσεις, οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας.[1],[7],[19]



Εικ.9: Βιομάζα (Πηγή : <http://www.solarmarket.gr/start/>)

## **Θαλάσσια ενέργεια**

Η προερχόμενη από τις θάλασσες ενέργεια, διακρίνεται σε :

### **α)Ωκεάνια ενέργεια:**

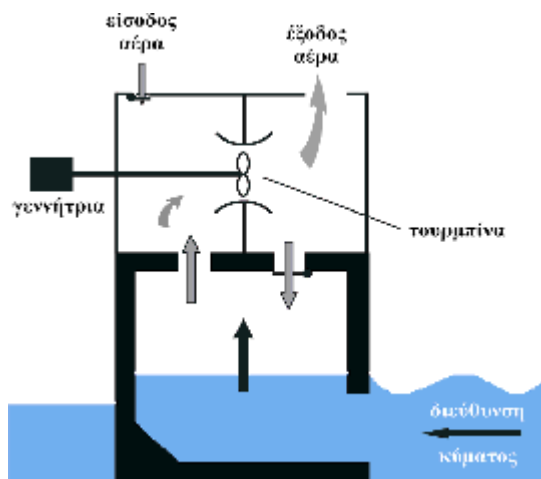
Οι ωκεανοί, που καλύπτουν το μεγαλύτερο τμήμα του πλανήτη μας, είναι μια τεράστια αποθήκη ενέργειας. Υπάρχει μηχανική ενέργεια στα παλιρροιακά κύματα, στα κύματα και στα θαλάσσια ρεύματα. Υπάρχει επίσης τεράστιο απόθεμα θερμικής ενέργειας, στη θερμότητα του νερού των ωκεανών. Το πρόβλημα είναι ότι αυτές οι μεγάλες ποσότητες ενέργειας είναι αρκετά διασκορπισμένες. Η ενέργεια των θαλάσσιων ρευμάτων, των κυμάτων και των ωκεανών προέρχεται από τον ήλιο. Η ενέργεια των παλιρροιακών κυμάτων όμως προέρχεται από την έλξη που ασκούν το φεγγάρι και ο ήλιος στα νερά των ωκεανών. Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης μέχρι και 240 χιλιάδων κατοίκων. Ο πρώτος παλιρροϊκός σταθμός κατασκευάστηκε στον ποταμό La Rance στις ακτές της Βορειοδυτικής Γαλλίας το 1962 και οι υδροστρόβιλοί του μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια καθώς το νερό κινείται κατά τη μια ή την άλλη κατεύθυνση. Άλλοι τέτοιοι σταθμοί λειτουργούν στη Ρωσία, στη θάλασσα Barents και στον κόλπο Fuhdy της Νέας Σκωτίας. Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5οC.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της ενέργειας των ωκεανών, εκτός από "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα, είναι το σχετικά μικρό κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων, η μεγάλη απόδοση (40-70 KW ανά μέτρο μετώπων κύματος) και η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το άφθονο θαλασσινό νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Στα μειονεκτήματα αναφέρεται το κόστος μεταφοράς της ενέργειας στη στεριά.[37]

### β) Ενέργεια από τα κύματα:

Τα θαλάσσια κύματα προκαλούνται από τον αέρα όπως φυσά πέρα από τη θάλασσα. Τα κύματα είναι μια ισχυρή πηγή ενέργειας. Το πρόβλημα είναι ότι δεν είναι εύκολο να χρησιμοποιηθεί αυτή η ενέργεια για να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια σε μεγάλα ποσά. κατά συνέπεια, οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος κυμάτων είναι σπάνιοι. Στα κύματα υπάρχει τουλάχιστον δεκαπλάσια ενέργεια από αυτή που υπάρχει στην παλίρροια, αλλά είναι δύσκολο να αξιοποιηθεί. Έχουν εφευρεθεί αρκετές συσκευές για την εκμετάλλευση της ενέργειας των κυμάτων. Ορισμένες χρησιμοποιούν ταλαντευόμενες στήλες νερού. Άλλες έχουν κατασκευαστεί ώστε να επιπλέουν και να κινούνται από τα κύματα. Μια από τις ελπιδοφόρες κατασκευές ονομάζεται "πάπια".

Αποτελείται από μια σειρά από πτερύγια που κινούνται από τα κύματα πάνω-κάτω, όπως οι πάπιες. Η κίνησή τους γίνεται με άξονα μια κοιλότητα που περιέχει λάδι. Με την κίνηση τους αντλούν το λάδι και δίνουν κίνηση σε έναν στρόβιλο που με τη σειρά του κινεί μια γεννήτρια. Το πρόβλημα είναι ότι η γραμμή των πτερυγίων πρέπει να έχει μήκος μεγαλύτερο από ένα χιλιόμετρο.[37]



Εικ. 10: Σχηματική διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον κυματισμό της θάλασσας.  
(Πηγή : <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/oceans.htm>)

### γ) Ενέργεια από παλίρροιας :

Στα περισσότερα μέρη του πλανήτη μας τα νερά των θαλασσών κάνουν δύο κινήσεις κάθε ημέρα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται παλίρροια και οι δύο κινήσεις άμπωτη και πλημμυρίδα. Η διαφορά στη στάθμη της θάλασσας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας. Οι υδατοστρόβιλοι τοποθετούνται σε ένα φράγμα που κατασκευάζεται στις εκβολές ενός ποταμού προς τη θάλασσα. Σε λίγα όμως σημεία της γης η διαφορά της στάθμης είναι τόσο σημαντική, ώστε να είναι αξιοποιήσιμη. Ένα από αυτά είναι οι εκβολές του ποταμού Ρέινς στη

βορειοδυτική Γαλλία όπου η διαφορά της στάθμης φθάνει τα 12 μέτρα. Εκεί λειτουργεί ένας σταθμός παραγωγής ενέργειας από το 1966. Ένας άλλος σταθμός υπάρχει στη Σοβιετική Ένωση, στη θάλασσα Μπάρεντς. Ένας άλλος σταθμός πρόκειται να κατασκευαστεί στις εκβολές του ποταμού Σέβερν στην Αγγλία.[4],[7]

#### **δ) Θερμική ενέργεια:**

Στις τροπικές περιοχές ο ήλιος θερμαίνει το νερό στην επιφάνεια της θάλασσας, μέχρι και 25οC που αντιστοιχεί σε μεγάλες ποσότητες θερμότητας. Ένας από τους πιθανούς τρόπους εκμετάλλευσης θα ήταν να χρησιμοποιηθεί η θερμότητα του νερού, για να μετατρέψει μια ουσία από την υγρή στην αέρια κατάστασή της. Στη συνέχεια με την αντίστροφη μετατροπή θα μπορούσαμε να αξιοποιήσουμε την ενέργεια. Εδώ παρουσιάζεται ένας μετατροπέας της θερμικής ενέργειας των ωκεανών. Η υγρή αμμωνία, καθώς θα θερμαίνεται από το νερό του ωκεανού, θα μετατρέπεται σε αέριο. Η αμμωνία σε αέρια μορφή πλέον, θα κινεί μια γεννήτρια. Στη συνέχεια θα ξαναμετατρέπεται σε υγρή αμμωνία σε έναν συμπυκνωτή στο βάθος του ωκεανού, όπου η θερμοκρασία του νερού είναι πολύ χαμηλή.[37]

#### **Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα των Α.Π.Ε.**

##### Πλεονεκτήματα

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς, μη ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους.
- Βοηθούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, εξαιτίας της γεωγραφικής τους διασποράς, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο και τη συνεπακόλουθη ανακούφιση των συστημάτων υποδομής και τον περιορισμό των απωλειών κατά τη μεταφορά ενέργειας.
- Έχουν χαμηλό λειτουργικό κόστος το οποίο δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα από τις τιμές των συμβατικών καυσίμων.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

##### Μειονεκτήματα

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής όπου εγκαθίστανται.

- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα υποστηρίζεται ότι οφείλονται για την έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

#### 1.4. Κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) ο κτιριακός τομέας (τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας) αντιπροσωπεύει το σημαντικότερο τομέα κατανάλωσης της τελικής ενέργειας σε απόλυτες τιμές (40%). Έχει καταγραφεί ότι η θέρμανση των κτιρίων κατέχει σημαντικό μέρος των ενεργειακών καταναλώσεών τους (69%) ακολουθούμενη από την παραγωγή ζεστού νερού (15%), τις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό (11%).

Η μέση κατανάλωση ενέργειας ανά κατοικία για θέρμανση έχει ελαφρά μειωθεί στην Ε.Ε. από το 1990, ενώ η θεωρητική ειδική κατανάλωση (ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας) των νέων κατοικιών στην Ε.Ε. είναι κατά 22% μικρότερη από το 1985. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τόσο οι κατοικίες, όσο και οι ηλεκτρικές συσκευές είναι ενεργειακά πιο αποδοτικές αν και οι απαιτήσεις σε άνεση είναι αυξημένες. Επιπλέον, υπάρχουν αυστηρότερα κριτήρια ενεργειακής απόδοσης που έχουν θεσπιστεί σε αρκετές χώρες τα τελευταία χρόνια.

Στην Ελλάδα, χώρα Μεσογειακή με πολύ λιγότερες απαιτήσεις σε θέρμανση κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο, αντιστοιχούν στο 35,5% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρικό ρεύμα και 18% καυσόξυλα. Σε αντίθεση, πάντως, με το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στην Ελλάδα η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια παρουσιάζει αυξητική τάση.[11],[17]

Οι καθοριστικοί παράγοντες για το ποσό της ενέργειας που καταναλώνει ένα κτίριο είναι:

- ✓ Οι κλιματολογικές συνθήκες στην περιοχή που βρίσκεται το κτίριο. Ένα κτίριο ίδιας κατασκευής και συνθηκών λειτουργίας σε ιδιαίτερα θερμά ή αντίστοιχα ψυχρά κλίματα αναμένεται να καταναλώσει περισσότερη ενέργεια.
- ✓ Οι επιθυμητές συνθήκες στους χώρους του κτιρίου. Οι εσωτερικοί χώροι πρέπει να πληρούν τις απαιτούμενες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, αερισμού, επίπεδα φωτισμού, θορύβων ή άλλων ενοχλήσεων και ποιότητας αέρα.
- ✓ Ο εξοπλισμός που απαιτεί η εργασία και η κίνηση των ενοίκων του κτιρίου.

- ✓ Η γεωμετρία του κτιρίου και η θέση, το μέγεθος, το σχήμα, η σχέση όγκου-επιφάνειας, ο προσανατολισμός είναι μερικά από τα χαρακτηριστικά που μπορούν να αυξήσουν ή να μειώσουν το ποσό της ενέργειας που καταναλώνει το κτίριο. Όσο μικρότερο είναι το κτίριο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας. Ένα απλό σχήμα κτίσματος, όπως ένας κύβος, και μια υψηλή σχέση όγκου - επιφάνειας (μεγάλος όγκος με μικρή επιφάνεια) σημαίνει χαμηλότερη κατανάλωση θερμικής ενέργειας.
- ✓ Η θερμική επίδοση του περιβλήματος του κτιρίου ( τιμές θερμοπερατότητας  $U$  των τοίχων, των παραθύρων, της στέγης, του υπογείου). Οι τιμές  $U$  εξαρτώνται από τον τύπο της κατασκευής των τοίχων. Οι οικοδομικοί κανονισμοί διαφέρουν από χώρα σε χώρα και οι απαιτούμενες τιμές εξαρτώνται από το τοπικό κλίμα. Όσο μικρότερες είναι οι τιμές  $U$  των εξωτερικών στοιχείων, τόσο λιγότερη είναι η απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση.
- ✓ Η θερμική μάζα για τη χρησιμοποίηση των κερδών ενέργειας. Όταν μελετάται το εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου, είναι σημαντικό ειδικά το καλοκαίρι να υπάρχει επαρκής θερμική μάζα για την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από την κατασκευή. Η θερμική μάζα έχει άμεση επίδραση στην ενέργεια που απαιτείται για θέρμανση. Οι συμπαγείς τοίχοι με τούβλα μπορούν να αποθηκεύσουν τα κέρδη από την ηλιακή θερμική ενέργεια και να ακτινοβολήσουν την ενέργεια προς τα έξω, όταν αυτή χρειάζεται, ενώ οι ελαφρές κατασκευές δεν μπορούν να εκμεταλλευτούν αυτή την ενέργεια ή μόνο μικρά μέρη αυτής.
- ✓ Η ύπαρξη θερμομόνωσης ή η ανεπαρκής θερμομόνωση. Η τοιχοποιία στις συνηθισμένες κατασκευές αποτελεί τη μεγαλύτερη επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου. Οπότε, είναι αναμενόμενο να παρατηρούνται μεγάλες απώλειες θερμότητας από την τοιχοποιία και κατά προέκταση να υπάρχει αυξημένη κατανάλωση ενέργειας.
- ✓ Οι συνήθειες των υπαλλήλων ως προς τη χρήση του κτιρίου έχει σημαντική επίδραση στη συνολική θερμική αποδοτικότητα. Συνήθειες, όπως υπερβολικός εξαερισμός, ακόμα και τον χειμώνα, μπορούν να τριπλασιάσουν την απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση ενός κτιρίου και να εκμηδενίσουν τα οφέλη των μέτρων σχετικά με την αποδοτικότητα της ενέργειας στην κατασκευή. Είναι, επομένως, σημαντικό οι ένοικοι να κάνουν σχετικά ορθολογική χρήση της ενέργειας.
- ✓ Η ολική κατανάλωση ενέργειας ενός κτιρίου εξαρτάται επίσης από την αποδοτικότητα των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης κ.λπ. [1],[11]

### **1.5 Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα -ενεργειακή διαχείριση κτιρίων**

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο εξασφαλίζεται εν μέρει με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων και εν μέρει μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν.

Άλλος ένας καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η Ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, μία συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων. Η ενεργειακή διαχείριση στοχεύει στην εξασφάλιση συνθηκών και υπηρεσιών τέτοιων που να κάνουν την παραμονή των ενοίκων στα κτίρια ευχάριστη με την ελάχιστη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση, και βασίζεται στην συνετή χρήση του ενεργειακού εξοπλισμού.

Η διαδικασία της ενεργειακής διαχείρισης αποτελείται από τέσσερα αλληλοεξαρτώμενα στάδια, συγκεκριμένα τη σκέψη, το σχεδιασμό, την υλοποίηση και την καταμέτρηση. Βασικά εργαλεία στη διαχείριση της ενέργειας αποτελούν η ενεργειακή επιθεώρηση, η ενεργειακή παρακολούθηση, η σωστή συντήρηση του εξοπλισμού, καθώς και η λήψη μέτρων για εξοικονόμηση της ενέργειας που καταναλώνεται.[1]

### **Ενεργειακή επιθεώρηση**

Η ενεργειακή επιθεώρηση είναι μια μελέτη που έχει ως σκοπό, τον ακριβή καθορισμό των ενεργειακών ροών μιας εγκατάστασης. Διακρίνονται δύο είδη ενεργειακών επιθεωρήσεων: η συνοπτική και η εκτενής. Η συνοπτική επιθεώρηση βασίζεται σε παρελθόντα στοιχεία και δεδομένα, όπως είναι π.χ. οι λογαριασμοί κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος και προμήθειας καυσίμων, το μέγεθος και το είδος του κτιρίου ή της βιομηχανικής μονάδας κ.λπ. Αυτού του είδους η επιθεώρηση βασίζεται μόνο σε υπολογισμούς και δεν περιλαμβάνει κανενός είδους επιτόπιο έλεγχο. Η εκτενής επιθεώρηση, από την άλλη, βασίζεται σε επιτόπιους ελέγχους και ακριβείς καταγραφές των συνθηκών και των ενεργειακών καταναλώσεων.

Με τη διενέργεια μιας ενεργειακής επιθεώρησης σχηματίζεται σαφής εικόνα για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το κτίριο από ενεργειακής άποψης και προτείνονται συγκεκριμένα μέτρα, από την υλοποίηση των οποίων θα προκύψει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και αντίστοιχο οικονομικό όφελος.

Ο τρόπος σύμφωνα με τον οποίο πρέπει να διενεργούνται οι Ενεργειακές Επιθεωρήσεις, καθορίζεται με την Απόφαση Δ6/Β/οικ. 11038, ΦΕΚ 1526/Β/27.07.1999 «Διαδικασίες, απαιτήσεις και κατευθύνσεις για τη διεξαγωγή ενεργειακών επιθεωρήσεων». Πιο συγκεκριμένα, μία ενεργειακή επιθεώρηση περιλαμβάνει τα εξής:

- ✓ καταγραφή των ενεργειακών καταναλώσεων και των χαρακτηριστικών τους
- ✓ εκτέλεση κατάλληλου προγράμματος μετρήσεων σημαντικών ενεργειακών και άλλων μεγεθών
- ✓ επεξεργασία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων
- ✓ προσδιορισμό συγκεκριμένων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, με βάση την ανωτέρω ενεργειακή ανάλυση [1]

### **Ενεργειακή παρακολούθηση**

Η παρακολούθηση της λειτουργίας των ενεργειακών συστημάτων των κτιρίων αποτελεί ουσιαστική διαδικασία για την αποδοτική χρήση της ενέργειας. Με την ενεργειακή παρακολούθηση οργανώνεται, καταγράφεται και εξετάζεται η χρήση της ενέργειας σε ολόκληρο το κτίριο, χωρίζοντας τα ενεργειακά δεδομένα ανάλογα με την χρήση και την πηγή της ενέργειας.

Επίσης επιτρέπει το διαρκή έλεγχο του πόση ενέργεια καταναλώνεται πού και για ποιο σκοπό, και βοηθά τον ενεργειακό διαχειριστή να γνωρίζει διαρκώς την



κατάσταση των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διάφοροι δείκτες, π.χ. ο λόγος της ενέργειας που καταναλώνεται σε ένα κτίριο προς τον όγκο ή την επιφάνειά του ο οποίος πέρα από την ενεργειακή παρακολούθηση του κτιρίου χρησιμοποιείται και για την ενεργειακή του κατάταξη.

Η Ενεργειακή Παρακολούθηση (monitoring) είναι η διαδικασία της συνεχούς ή τακτικής, χρονικά δομημένης καταμέτρησης της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου ή συγκροτήματος κτιρίων πριν και κυρίως μετά την εφαρμογή μίας ή περισσοτέρων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας στο κέλυφος και στις ενεργειακές κτιριακές εγκαταστάσεις. Συνεπώς αποτελεί το μέσο εκτίμησης της αποδοτικότητας των σχετικών επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, συγκρίνοντας την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου μετά την εφαρμογή τους, με εκείνη που είχε αυτό πριν από την εφαρμογή τους.

Η Θέσπιση Ενεργειακών Στόχων(targeting) αποτελεί επέκταση της Ενεργειακής Παρακολούθησης. Είναι μία διαδικασία που αφορά α) στην επισταμένη εξέταση της παρακολουθούμενης χρήσης ενέργειας ανά περίοδο (ημέρα, εβδομάδα, μήνα) και β) στη βελτιστοποίηση αυτής της χρήσης με βάση συγκεκριμένους ενεργειακούς στόχους. Η διαδικασία αυτή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κίνητρο, για τους χρήστες του κτιρίου, να εφαρμόσουν μέτρα νοικοκυρέματος της ενεργειακής χρήσης.[1]

### **Συντήρηση κτιρίου και εγκαταστάσεων**

Για να εξασφαλιστεί η βέλτιστη ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και για η μείωση προβλημάτων, που συνήθως δημιουργούνται με το χρόνο και τη χρήση των συστημάτων, απαιτείται η τακτική συντήρηση του κτιρίου και των συστημάτων του.

Τα ενεργειακά συστήματα που δεν συντηρούνται σωστά καταναλώνουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για να επιτύχουν τα ίδια επίπεδα άνεσης. Η προληπτική συντήρηση διατηρεί χαμηλά το κόστος λειτουργίας, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνεται η ποιότητα των υπηρεσιών, καθώς τα συστήματα αποδίδουν καλύτερα και μειώνονται οι ώρες μη λειτουργίας τους λόγω βλαβών. Για παράδειγμα, η κακή συντήρηση ενός λέβητα μπορεί να μειώσει την αποδοτικότητά του περισσότερο από 10%.

Η περιοδική συντήρηση του εξοπλισμού πρέπει να εκτελείται σύμφωνα με κάποιο προκαθορισμένο πρόγραμμα. Έτσι μπορεί να προλαμβάνεται η μη αποδοτική λειτουργία, αντί να χρειαστεί να επιδιορθωθεί. Πρέπει να ακολουθούνται κάθε φορά οι οδηγίες του κατασκευαστή, καθώς είναι πολύ πιθανό οι ανάγκες σε συντήρηση να αλλάζουν σημαντικά μεταξύ διαφορετικών συστημάτων.[1]

### **Εξοικονόμηση ενέργειας**

Υπάρχουν διάφορα επίπεδα στα ενεργειακά οφέλη που μπορούν να επιτευχθούν ανάλογα με τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις και το ύψος των διαθέσιμων επενδύσεων. Μπορούν να εξεταστούν τόσο χαμηλού ή και μηδενικού κόστους μέτρα όσο και μέτρα με κάποιο σημαντικό κόστος επένδυσης, για τα οποία απαιτείται η πληρέστερη οικονομική ανάλυσή τους πριν εφαρμοσθούν. Ενδεικτικά:

### **Μέτρα χαμηλού ή μηδενικού αρχικού κόστους**

- Διακοπή λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού όταν δεν είναι απαραίτητα
- Κινητοποίηση των ενοίκων για αποδοτική χρήση της ενέργειας (αυτό μπορεί να απαιτεί εκπαίδευση για τη βελτίωση του επιπέδου ενημέρωσης τους)

## Μέτρα που περιλαμβάνουν κάποιο επίπεδο αρχικής επένδυσης

- Εισαγωγή συστημάτων ελέγχου – κεντρικά συστήματα θέρμανσης, σύστημα κεντρικής ενεργειακής διαχείρισης
- Βελτιώσεις στο κτίριο ή σε θέματα σχεδιασμού κάποιου νέου κτιρίου
- Βελτιώσεις στο φωτισμό
- Χρήση συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας.
- Βελτίωση στον κλιματισμό/εξαερισμό
- Εισαγωγή συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας

Όταν εξετάζονται μέτρα αυτού του είδους, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη που θα επιτευχθούν
- Η επένδυση κεφαλαίου που απαιτείται και ο χρόνος για να αποσβεσθεί
- το επίπεδο ενόχλησης που θα προσκληθεί αρχικά και τα θέματα συντήρησης
- Το απαιτούμενο επίπεδο των τεχνικών γνώσεων

Όταν, τέλος, εντοπισθούν πιθανές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, θα πρέπει να καταστρωθεί και να δρομολογηθεί ένα κατάλληλο σχέδιο δράσης. Αυτό επιτρέπει την καλύτερη οργάνωση των δράσεων και διασφαλίζει ότι δεν θα ξεχαστούν κάποιες από αυτές στην πορεία, ενώ διευκολύνει και την εκ των υστέρων εκτίμηση των ενεργειακών οφελών που επιτεύχθηκαν χάρη στην κάθε δράση ξεχωριστά.[1],[20]

## 2 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

### 2.1 Γενικά - Περιβαλλοντικές παράμετροι

Η εμφάνιση της ενεργειακής κρίσης τη δεκαετία του '70 οδήγησε στην επιστημονική διερεύνηση της σχέσης κτιρίου-κλίματος, των δυνατοτήτων για περιορισμό της χρήσης συμβατικών μορφών ενέργειας και της εξασφάλισης της αναγκαίας περιβαλλοντικής και ενεργειακής απόδοσης. Επιπλέον, τα συγκριτικά πλεονεκτήματα του ευνοϊκού κλίματος και των φυσικών, ανανεώσιμων πόρων που διαθέτει η χώρα μας οφείλουμε να τα αξιοποιήσουμε, προκειμένου να αναβαθμιστεί **η ενεργειακή μας πολιτική στον κτιριακό τομέα**. Οι πόλεις μας και τα κτίρια πρέπει να καταστούν βιώσιμα ως προς την ενεργειακή τους συμπεριφορά, αξιοποιώντας τις διαθέσιμες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όχι μόνον για την εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και για τον περιορισμό της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, συνεπώς για λόγους υγιεινής διαβίωσης των κατοίκων. Η βιοκλιματική αντίληψη για το σχεδιασμό κτιρίων και οικιστικών συνόλων εντάσσεται στην στρατηγική της βιωσιμότητας, μιας ήπιας, συμβιωτικής διαχείρισης του περιβάλλοντος, φυσικού και δομημένου.

Βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου είναι ο σχεδιασμός ο οποίος λαμβάνοντας υπόψη το κλίμα κάθε περιοχής, στοχεύει στην εξασφάλιση των απαραίτητων εσωκλιματικών συνθηκών της θερμικής και οπτικής άνεσης, με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Αποσκοπεί, δηλαδή, στην προσαρμογή των κτιρίων στο περιβάλλον και στο τοπικό κλίμα, διασφαλίζοντας παράλληλα συνθήκες θερμικής

άνεσης στο εσωτερικό τους. Τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν η θερμική προστασία του κελύφους, τα παθητικά ηλιακά συστήματα, οι τεχνικές και τα συστήματα φυσικού δροσισμού και φυσικού φωτισμού και ορισμένες τεχνικές ορθολογικής χρήσης ενέργειας (θερμικές ζώνες, αποθήκευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου).

Στην Ελλάδα, ήδη ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, τα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η ενεργειακή διαχείριση εφαρμόζονται σε όλο και περισσότερα κτίρια του ιδιωτικού και δημόσιου τομέα, ενώ η έρευνα σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό επίπεδο έχει προχωρήσει σημαντικά και βρισκόμαστε πλέον στην περίοδο της ένταξης αυτού το νέου τρόπου δόμησης και αναβάθμισης κτιρίων στην ευρύτερη οικοδομική πρακτική. Στις πρώτες θέσεις της ενεργειακής κατανάλωσης εδρεύουν τα παλιά κτίρια -ο κτιριακός πυρήνας της πόλης έχει ηλικία 40 ετών-, τα γυάλινα που σε θέματα κλιματισμού απαιτούν 2-3 φορές περισσότερη ενέργεια από τα συμβατικά και τα κτίρια που οικοδομήθηκαν μέχρι το 1980, πριν από την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης.

Τέλος, στην Ελλάδα τα βιοκλιματικά κτίρια, όπως προκύπτει από διάφορες μετρήσεις, ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις, παρουσιάζουν εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30% σε σχέση με συνήθη συμβατικά κτίρια, ενώ σε σχέση με παλαιότερα αμόνωτα κτίρια η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του 80%.

Η υιοθέτηση του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων εξυπηρετεί τέσσερις (4) βασικούς στόχους: [7],[20]

α. **Την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα**, μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της υποκατάστασής τους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), άρα την εξοικονόμηση συμβατικής ενέργειας.

β. **Την εξοικονόμηση χρήματος**. Η χρησιμοποίηση της αδάπανης ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση των κτιρίων ή/και των δροσερών ανέμων για τον δροσισμό τους αποτελούν πρόκληση οικονομική, μια και η προκύπτουσα εξοικονόμηση χρημάτων είναι της τάξης του 50%, ενδεχομένως και μεγαλύτερη.

γ. **Την προστασία του περιβάλλοντος**, λόγω του περιορισμού στη χρήση συμβατικών καυσίμων και ηλεκτρισμού, συνεπώς τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα.

δ. **Τη βελτίωση του εσω-κλίματος** των κτιρίων με τη διασφάλιση συνθηκών βιολογικής άνεσης – θερμικής και οπτικής, ποιότητας αέρα– και τη δημιουργία υγιεινών συνθηκών κατοικησιμότητας.

Ουσιαστικά η βιοκλιματική αντίληψη διατυπώνει μια εμπλουτισμένη άποψη για τον σχεδιασμό του δομημένου χώρου, η οποία εμπεριέχει την περιβαλλοντική διάσταση και την αντίστοιχη ευαισθησία. Πρόκειται για μια αρχιτεκτονική φιλική προς το περιβάλλον και τους χρήστες, για μια εναλλακτική θεώρηση της δόμησης του χώρου -αναπόφευκτης δραστηριότητας του ανθρώπου- η οποία οφείλει να επιφέρει τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση στο φυσικό χώρο, με το μικρότερο δυνατό ενεργειακό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα. [7],[20]

Από τις παραμέτρους, λοιπόν, του περιβάλλοντος που επηρεάζουν καθοριστικά το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων διακρίνονται:

1. Το κλίμα του τόπου

2. Το φυσικό περιβάλλον, δηλαδή το ανάγλυφο του εδάφους, η βλάστηση, το τοπίο – θέα, η γειτνίαση με νερό

### **Το κλίμα του τόπου[7],[20]**

Το σύνολο των μετεωρολογικών δεδομένων συνθέτει το κλίμα κάθε τόπου ή περιοχής. Τα στοιχεία του κλίματος επηρεάζουν την ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στο κτίριο και το εξωτερικό περιβάλλον, συνεπώς καθορίζουν την αίσθηση της άνεσης – ευεξίας στους ανθρώπους. Επίσης καθορίζουν την ποσότητα και ποιότητα του παρεχόμενου φυσικού φωτός και κατά συνέπεια την αίσθηση οπτικής άνεσης. Οι βασικές παράμετροι του κλίματος, οι οποίες κρίνονται απαραίτητες για το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων, είναι:

- Η θερμοκρασία του αέρα (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) και οι διακυμάνσεις της χειμώνα και καλοκαίρι
- Η ηλιακή ακτινοβολία, ηλιοφάνεια και ένταση σε μηνιαία βάση
- Οι άνεμοι –χειμερινοί, ψυχροί θερινοί, δροσεροί– κατεύθυνση και ένταση
- Η σχετική υγρασία (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) και οι διακυμάνσεις της χειμώνα και καλοκαίρι

Οι κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν το σχεδιασμό του κτιρίου στη φάση των αρχικών επιλογών, δηλαδή στα προσχέδια, με την έννοια της χωροθέτησής του στο οικοπέδο, έτσι ώστε να αξιοποιούνται οι θετικές παράμετροι –ήλιος το χειμώνα, δροσεροί άνεμοι το καλοκαίρι– με παράλληλη αποφυγή των ψυχρών ανέμων και της υγρασίας. Στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμα τα τοπικά κλιματικά δεδομένα, λαμβάνονται υπόψη αυτά του πλησιέστερου μετεωρολογικού σταθμού.

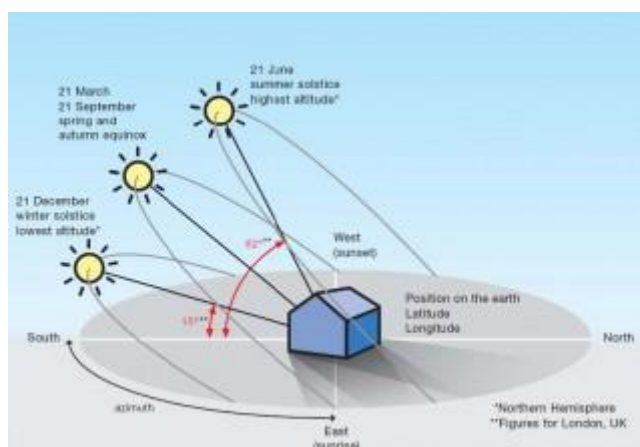
### **Το φυσικό περιβάλλον[7],[20]**

- ✓ Το ανάγλυφο του εδάφους, επίπεδο ή με κλίση, επηρεάζει την τοποθέτηση του κτιρίου, αλλά και τη μορφολογία του, σε επίπεδη διάταξη ή κλιμακωτή προσαρμοσμένη στο έδαφος.
- ✓ Ο προσδιορισμός των προσήλιων και υπήνεμων περιοχών, σε σχέση με τους ψυχρούς χειμερινούς ανέμους καθορίζει την ένταξη του κτιρίου στο οικοπέδο.
- ✓ Το τοπίο -βλάστηση χαμηλή ή δέντρα- καθορίζει τις επιλογές για τη χωροθέτηση του κτιρίου -αποφυγή της σκίασης το χειμώνα, εξαρτώμενης από το ύψος των γύρω στοιχείων - κτιρίων, αναγλύφου και δέντρων -φυλλοβόλα ή αιθαλή, ενώ αντίστροφα το καλοκαίρι επιδιώκεται η σκίασή του από τα δέντρα και τα γύρω στοιχεία, εφόσον είναι εφικτή.
- ✓ Η θέα -εφόσον υπάρχει- είναι καθοριστικός παράγων ως προς την τοποθέτηση του κτιρίου και των ανοιγμάτων στο κέλυφός του, καθώς και ως προς τη διάταξη των εσωτερικών χώρων. Στην περίπτωση που η θέα βρίσκεται στη βορεινή πλευρά του οικοπέδου, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, προβλέποντας μεγάλα ανοίγματα στο κτίριο προς το Βορρά, παρά το γεγονός ότι ίσως αυξάνονται οι θερμικές απώλειες του κελύφους.
- ✓ Η γειτνίαση με νερό -θάλασσα, ποτάμι, λίμνη- αποτελεί στοιχείο βοηθητικό για τη δημιουργία άνετου μικροκλίματος το καλοκαίρι στο άμεσο περιβάλλον του κτιρίου, αρκεί να διασφαλίζεται η προστασία του από την υγρασία, κυρίως το χειμώνα.

## 2.2 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

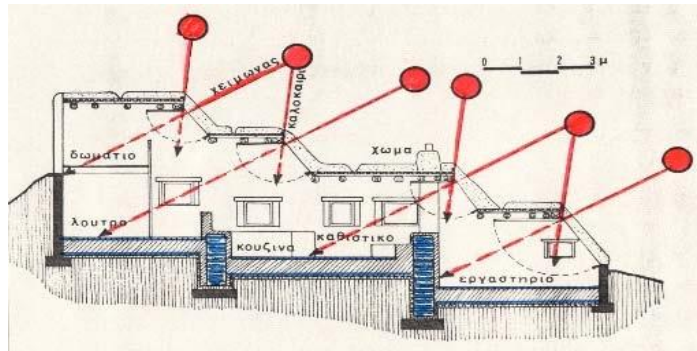
Κύριος στόχος του ενεργειακού σχεδιασμού ενός κτιρίου θεωρείται ο περιορισμός της κατανάλωσης ενέργειας τόσο με σχεδιαστικούς χειρισμούς, όσο και με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών, ούτως ώστε να ελαχιστοποιείται η χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού για τη θέρμανση και ψύξη των κτιρίων. Ως εκ τούτου, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός οφείλει να συνάδει με τις ακόλουθες βιοκλιματικές αρχές λειτουργίας του:[7],[20],[35]

1. **Το κτίριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης τον χειμώνα**, δηλαδή να υπάρχει αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων τη χειμερινή περίοδο. Αυτό μπορεί να αναλυθεί περαιτέρω ως:
  - ✓ **Κατάλληλη χωροθέτηση του κτιρίου στο οικοπέδο – Προσανατολισμός:** Η χωροθέτηση του νέου κτιρίου στο οικοπέδο οφείλει να διασφαλίζει νότιο προσανατολισμό της μεγαλύτερης όψης του. Επιτρέπονται αποκλίσεις έως  $\pm 30^\circ$  (ανατολικά ή δυτικά) του νότου.



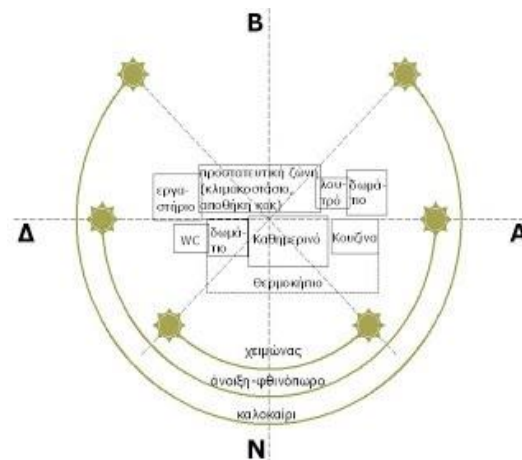
Εικ.11: Προσανατολισμός κτιρίου για βέλτιστη εκμετάλλευση του ηλίου  
(Πηγή: [http://sunandshadow.gr/wordpress/wp-content/uploads/2010/11/Xrisimoi\\_oi-320x221.jpg](http://sunandshadow.gr/wordpress/wp-content/uploads/2010/11/Xrisimoi_oi-320x221.jpg) )

- ✓ **Κατάλληλο σχήμα κτιρίου:** Για το εύκρατο κλίμα της Ελλάδας, το καταλληλότερο σχήμα είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, γιατί προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο για την συλλογή της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα. Όταν όμως το οικοπέδο είναι επίμηκες κατά τον άξονα βορρά-νότου, τότε επιλέγουμε λύσεις με όγκους σπαστούς, ή κλιμακωτή οργάνωση του κτιρίου, έτσι ώστε οι πίσω χώροι να δέχονται ήλιο το χειμώνα.[20],[35]



Εικ.12.: Κτίριο επίμηκες κατά τον άξονα βορρά-νότου, σε κλιμακωτή διάταξη (Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/>)

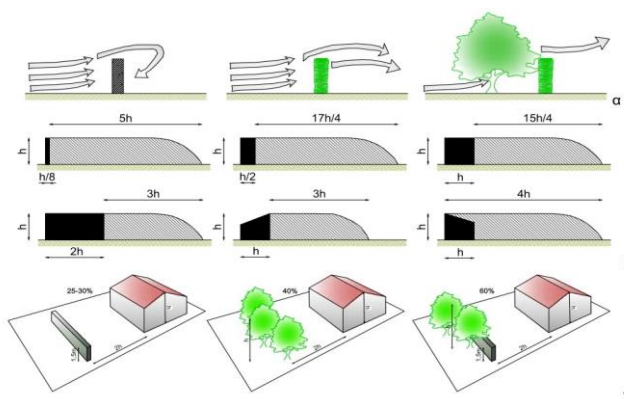
- ✓ **Κατάλληλο μέγεθος ανοιγμάτων συναρτήσει του προσανατολισμού:**  
Οι γυάλινες επιφάνειες των ανοιγμάτων ενός κτιρίου αποτελούν τον οικονομικότερο, αποδοτικότερο και απλούστερο ηλιακό συλλέκτη το χειμώνα, αρκεί να έχουν προσανατολισμό νότιο ή  $\pm 30^\circ$  ανατολικά ή δυτικά του νότου.
- ✓ **Κατάλληλη διάρθρωση των εσωτερικών χώρων:**  
Ο προσανατολισμός των εσωτερικών χώρων παραμένει ένα κρίσιμο ζήτημα, εξαρτώμενος από τη χρήση ενός χώρου και τις ανάγκες των ενοίκων. Η βορεινή πλευρά του κτιρίου το χειμώνα είναι η πιο ψυχρή, η λιγότερη φωτεινή και δε δέχεται καθόλου ήλιο. Για τους λόγους αυτούς, στην πλευρά αυτή τοποθετούνται οι χώροι των οποίων η χρήση είναι ολιγόωρη, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν ως ζώνη προστασίας από τους ψυχρούς ανέμους και ως χώροι ανάσχεσης των θερμικών απωλειών των κύριων χώρων ζωής. [35],[7]



Εικ.13 :Εσωτερική διάταξη χώρων κατοικίας - Διαγραμματική κάτοψη βιοκλιματικού κελύφους (Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/>)

2. **Το κτίριο ως παγίδα θερμότητας,** δηλαδή να υπάρχει θερμική προστασία των κτιρίων τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων, ιδιαίτερα με την κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του. Επομένως θα πρέπει το κτίριο να διαθέτει:
  - ✓ **Προστασία από ψυχρούς ανέμους:**  
Η προστασία του κτιρίου από τους ψυχρούς, χειμερινούς ανέμους επιτυγχάνεται με κατάλληλους χειρισμούς στο άμεσο εξωτερικό περιβάλλον

του: με τη φύτευση αιθιαλών δέντρων ή χαμηλής βλάστησης ή ανεμοφράκτη για την εκτροπή των ανέμων (Σχήμα 4) ή με την πρόβλεψη κατάλληλων προεξοχών στο κέλυφος του κτιρίου.



Εικ.14.: Εκτροπή ψυχρού ανέμου με την χρήση ανεμοφράκτη, δέντρων ή θάμνων:  
 (α) οι συμπαγείς φράκτες προκαλούν στροβιλισμούς, ενώ οι διάτρητοι -συνδυασμός θάμνων και δέντρων- αυξάνουν τη ζώνη ηρεμίας.  
 (β) Ζώνη επίδρασης ανεμοφράκτη, ανάλογα με τη μορφή και το πάχος του.  
 (γ) Ικανότητα μείωσης της διείσδυσης του ανέμου από ανεμοφράκτες διαφόρων τύπων  
 (Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/>)

#### ✓ **Θερμική προστασία – θερμομόνωση**

Για να υπάρξει περιορισμός των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτιρίου προς το εξωτερικό του περιβάλλον, επιβάλλεται να υπάρχει κατάλληλη θερμομόνωση των συμπαγών στοιχείων του κελύφους (τοίχοι, δάπεδα, οροφές) με χρήση υλικών και πάχους θερμομόνωσης που να πληροί τις ανάγκες της κλιματικής ζώνης στην οποία βρίσκεται το κτίριο. Ακόμα, πρέπει να επιλέγονται τα κατάλληλα κουφώματα για την αντίστοιχη κλιματική ζώνη με διπλά ή πολλαπλά τζάμια με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας και εξώφυλλα με θερμομόνωση ή όχι. Τέλος, πρέπει να υπάρχει καλή αεροστεγάνωση των αρμών των κουφωμάτων.

#### 3. **Το κτίριο ως αποθήκη θερμότητας**, δηλαδή για την αποτελεσματική βιοκλιματική λειτουργία του κτιρίου, η συλλεγείσα θερμότητα από τον ήλιο πρέπει να αποθηκεύεται στη μάζα του. Πιο συγκεκριμένα:

#### ✓ **Θερμική μάζα - θερμοχωρητικότητα**

Ο πιο αποτελεσματικός «αποθηκευτής» της ηλιακής θερμότητας είναι η ίδια η κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή τα δάπεδα, οι τοιχοποιίες, οι οροφές. Τα βαριά υλικά, σκυρόδεμα, πέτρα, τούβλα, άργιλος έχουν μεγάλη πυκνότητα και ειδική θερμοχωρητικότητα, συνεπώς μεγάλη θερμοχωρητικότητα, άρα και ικανότητα αποθήκευσης της θερμότητας. Η απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται άμεσα από το δάπεδο και τους παρακείμενους τοίχους και έμμεσα από την οροφή με την κίνηση του θερμού αέρα προς τα πάνω (όντας ελαφρύτερος). Όσο περισσότερη μάζα διαθέτει το κτίριο στο εσωτερικό του, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας αποθηκεύει, διατηρώντας τη θερμοκρασία του χώρου σταθερή, σε επίπεδα θερμικής άνεσης για πολλές ώρες, ενώ παράλληλα περιορίζεται η λειτουργία της βοηθητικής θέρμανσης το χειμώνα, αλλά και της ψύξης το καλοκαίρι.

4. **Το κτίριο ως αποδέκτης και αποθήκη φυσικής ψύξης**, δηλαδή την επίτευξη φυσικού δροσισμού μέσω διαφόρων τεχνικών (και φυσικού αερισμού) για την προστασία του κτιρίου (κυρίως των ανοιγμάτων του), αλλά και τη μεταφορά της περίσσειας θερμότητας προς την ύπαιθρο από τα έντονα φαινόμενα των καλοκαιρινών κυρίως μηνών (υψηλές θερμοκρασίες και έντονη ηλιακή ακτινοβολία) που έχουν ως συνέπεια την υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων του κτιρίου. Οι ρυθμίσεις στο κέλυφος του κτιρίου, για την επίτευξη του φυσικού δροσισμού, είναι οι εξής:
- ✓ **Ηλιοπροστασία κτιρίου και ανοιγμάτων:**  
Τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων ή βλάστησης, σε κατάλληλες θέσεις, στην περίπτωση χαμηλής δόμησης ή μεμονωμένων κτιρίων, ή τοποθέτηση σκιάστρων ή προεξοχών του ίδιου του κτιρίου, των οποίων η γεωμετρία και η θέση τους εξαρτώνται από τον προσανατολισμό τους προκειμένου να υπάρξει σκιασμός των ανοιγμάτων.
  - ✓ **Χρώμα και υφή εξωτερικών επιφανειών:**  
Η μέγιστη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας τη θερινή περίοδο συμβαίνει στα δώματα, με αποτέλεσμα οι τελευταίοι όροφοι των κτιρίων να είναι περισσότερο επιβαρυνμένοι. Για το λόγο αυτό συνιστώνται δώματα ανοιχτού χρώματος ή με ανακλαστική επιφάνεια ή με φύτευση (φυτεμένα δώματα) και εξωτερικοί τοίχοι ανοιχτού χρώματος, κυρίως οι δυτικού προσανατολισμού καθώς και φυτεμένοι τοίχοι με αναρριχητικά φυτά ή κατακόρυφοι κήποι.
  - ✓ **Επάρκεια θερμικής μάζας:**  
Τα υλικά της κατασκευής του κτιρίου, εφόσον είναι βαριά, συνιστούν την αναγκαία θερμική μάζα για την παραλαβή της αυξημένης θερμότητας το καλοκαίρι. Τα κτίρια που ανήκουν στις κλιματικές ζώνες (Α) και (Β) έχουν ανάγκη μεγαλύτερης θερμικής μάζας, προκειμένου να λειτουργήσουν αποτελεσματικά και να περιορίζεται η χρήση κλιματισμού.
  - ✓ **Θερμομόνωση:**  
Η θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου είναι αναγκαία, γιατί μειώνει το ψυκτικό το φορτίο.
  - ✓ **Φυσικός αερισμός:**  
Η κίνηση του δροσερού αέρα μέσα στο κτίριο απομακρύνει την πλεονάζουσα θερμότητα προς το ύπαιθρο. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες φυσικού αερισμού είναι η διεύθυνση και η ένταση των δροσερών ανέμων στην περιοχή τη θερινή περίοδο, η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων στο κτίριο καθώς και η χρήση του κτιρίου.[20],[12]
  - ✓ **Νυχτερινή ακτινοβολία:**  
Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων ακτινοβολούν σημαντικά ποσά θερμότητας προς τον καθαρό ουρανό κατά την διάρκεια της νύχτας, το καλοκαίρι. Ιδιαίτερα τα δώματα των κτιρίων, λόγω της οριζόντιας επιφάνειάς τους, εκπέμπουν μεγαλύτερα ποσά θερμότητας προς τον ουρανό, σε σχέση με τις άλλες επιφάνειες των κτιρίων. Γι' αυτό, στα δώματα μπορούν να



εφαρμοσθούν ειδικά συστήματα – κατασκευές( π.χ. μεταλλικοί ακτινοβολητές).[20]

✓ **Μικροκλίμα:**

Η εξάτμιση του νερού από υδάτινα στοιχεία, καθώς και η εξατμισοδιαπνοή από τα φυλλώματα των δέντρων ή/και της βλάστησης προκαλούν πτώση της θερμοκρασίας του αέρα. Ως χρόνος καλύτερης απόδοσης της εξάτμισης ορίζονται οι μεσημβρινές ώρες, γιατί τότε η υγρασία του αέρα είναι χαμηλή.[7],[20],[25]

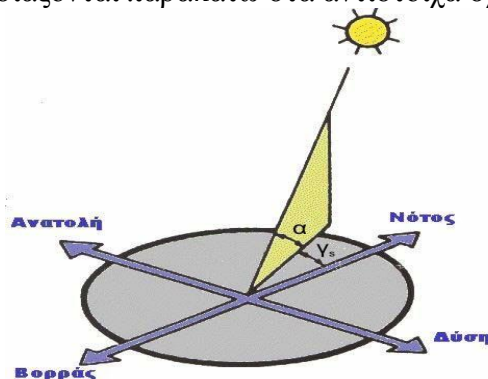
## 2.3 Ηλιασμός κτιρίου

### Ηλιακή ακτινοβολία

Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια του ήλιου περιλαμβάνει όλα τα μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, από τη μεγάλου μήκους θερμική ακτινοβολία, μέχρι την πολύ μικρού μήκους υπεριώδη ακτινοβολία. Το ορατό φως, στο οποίο το ανθρώπινο μάτι είναι ευαίσθητο, αποτελεί το 46% της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας και εμπεριέχει όλο το φάσμα των χρωμάτων. Το 49% της ακτινοβολίας ανήκει στην υπέρυθη ζώνη, την οποία αισθανόμαστε ως θερμότητα, ενώ η υπόλοιπη ποσότητα (5%) ανήκει στην υπεριώδη και κοσμική ακτινοβολία, την οποία δεν αντιλαμβανόμαστε.

Για τον προσδιορισμό του ηλιασμού ενός κτιρίου γίνεται η παραδοχή ότι η γη παραμένει σταθερή ενώ ο ήλιος κινείται. Αυτή η παραδοχή διευκολύνει στη γεωμετρική απεικόνιση των φαινόμενων τροχιών του ήλιου, οι οποίες ακολουθούν μια μεγάλη συνεχή σπείρα. Οι φαινόμενες τροχιές του ήλιου ταυτίζονται ανά δύο μήνες εκτός του Δεκεμβρίου και του Ιουνίου. Ο μήνας Δεκέμβριος έχει τη χαμηλότερη τροχιά, ενώ ο Ιούνιος την υψηλότερη.

Για να γίνει συσχέτιση μεταξύ των φαινόμενων τροχιών του ήλιου και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των κτιρίων, κατά το σχεδιασμό τους, πρέπει να είναι γνωστή η θέση του ήλιου στον ουρανό και στον ορίζοντα αντίστοιχα. Αυτό γίνεται με τον προσδιορισμό της στερεάς γωνίας, η οποία αναλύεται σε δύο επίπεδες γωνίες: τη γωνία ύψους, που ορίζεται από τη θέση του ήλιου στον ουρανό ως προς το οριζόντιο επίπεδο και τη γωνία αζιμούθιου, η οποία ορίζεται από την ορθή προβολή της θέσης του ήλιου στο οριζόντιο επίπεδο σε σχέση με την πραγματική κατεύθυνση του νότου. Οι γωνίες αυτές παρουσιάζονται παρακάτω στα αντίστοιχα σχήματα.



Εικόνα 15 : Γωνία ύψους ( $\alpha$ ) και γωνία αζιμούθιου ( $\gamma_s$ ) (Πηγή: <http://emd-consultants.blogspot.gr/>)

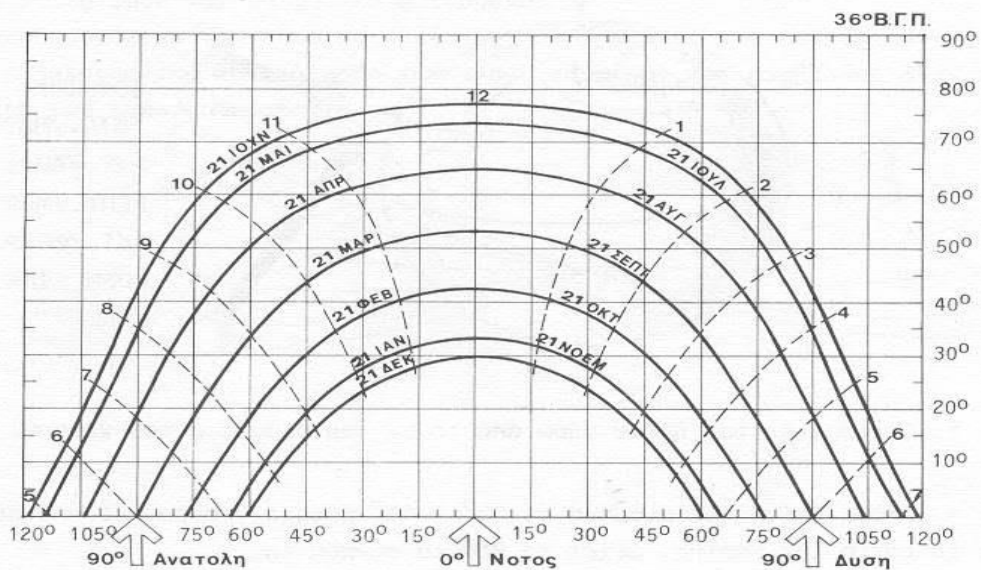
Ο προσδιορισμός οπότε του ηλιασμού βασίζεται στη συσχέτιση των γεωμετρικών δεδομένων του κτιρίου με τα γεωμετρικά δεδομένα της εκάστοτε θέσης του ήλιου.

## Ηλιακοί χάρτες

Ηλιακοί χάρτες είναι τα διαγράμματα που απεικονίζουν τις φαινόμενες τροχιές του ήλιου στο επίπεδο ορθής προβολής για συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος. Μέσω των διαγραμμάτων αυτών προσδιορίζεται η θέση -ύψος και αζιμούθιο- του ήλιου για κάθε μήνα -συνήθως την 21η του μήνα- για όλες τις ώρες της ημέρας. Έχουν δημιουργηθεί ηλιακοί χάρτες για όλα τα γεωγραφικά πλάτη.

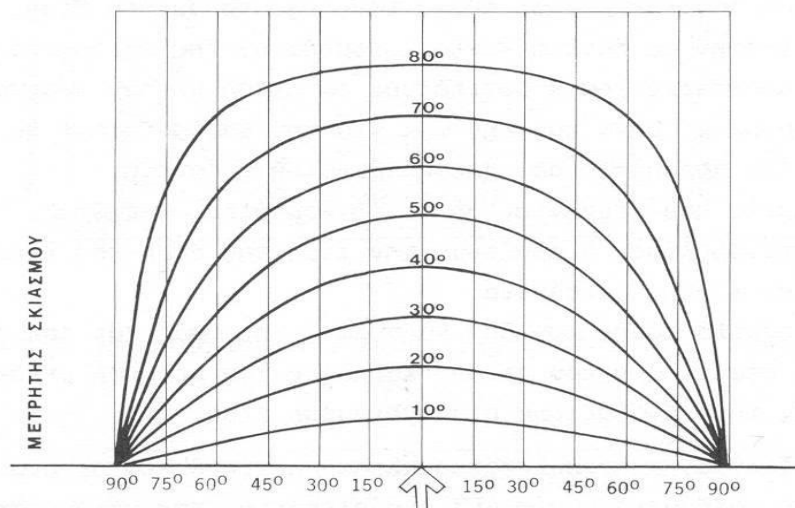
### Πώς χρησιμοποιείται ένας ηλιακό χάρτης:

Σε κάθε ηλιακό χάρτη παρουσιάζονται επτά 7 φαινόμενες τροχιές του ήλιου, από τις οποίες αυτή του Δεκεμβρίου έχει τη χαμηλότερη τροχιά (την 21η Δεκεμβρίου παρατηρείται το χειμερινό ηλιοστάσιο), ενώ του Ιουνίου έχει τη μεγαλύτερη (την 21η Ιουνίου παρατηρείται το θερινό ηλιοστάσιο). Οι υπόλοιπες φαινόμενες τροχιές ανήκουν σε δύο μήνες (Ιανουάριος και Νοέμβριος έχουν την ίδια φαινόμενη τροχιά, αντίστοιχα Φεβρουάριος και Οκτώβριος, Απρίλιος και Αύγουστος, Μάιος και Ιούλιος). Την 21η Μαρτίου και Σεπτεμβρίου έχουμε ισημερία, εαρινή και φθινοπωρινή, αντίστοιχα. Η εκάστοτε θέση του ήλιου ορίζεται από τη γωνία αζιμούθιου και τη γωνία ύψους. Στην κάτω οριζόντια ευθεία του ηλιακού χάρτη καταγράφονται οι γωνίες αζιμούθιου ως προς τον ηλιακό νότο, που βρίσκεται στο κέντρο, με γωνία 0°. Αριστερά του νότου, στη γωνία των 90° ορίζεται η ανατολή και δεξιά, πάλι στη γωνία των 90°, ορίζεται η δύση. Η κάθετη ευθεία (τεταγμένη) προσδιορίζει τις γωνίες ύψους του ήλιου, για όλες τις ώρες της ημέρας και για όλους τους μήνες. Οι διακεκομμένες καμπύλες προσδιορίζουν τις ηλιακές ώρες, από την ανατολή μέχρι τη δύση.



Εικόνα16: Παράδειγμα ηλιακού χάρτη για Βόρεια γεωγραφικά πλάτη 36° (Πηγή: [www.energynius.gr](http://www.energynius.gr))

Ο μετρητής σκιασμού χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί η σκιά που δημιουργούν τα απέναντι ή τα κάθετα προς το κτίριο εμπόδια, για τα οποία αναζητείται ο ηλιασμός τους σε όλη τη διάρκεια του χρόνου. Οι γωνίες ύψους απεικονίζονται με τις καμπύλες, από 0°-80° και ορίζουν τη γωνία ύψους του/των απέναντι εμποδίων ως προς την οριζόντια ευθεία.



Εικόνα 17: Μετρητής σκιασμού για τον προσδιορισμό της σκίασης από τον περιβάλλοντα χώρο (Πηγή: [www.energynius.gr](http://www.energynius.gr))

Με βάση το τοπογραφικό και τους όρους δόμησης που ισχύουν για κάθε περιοχή, προσδιορίζεται η γωνία ύψους των εμποδίων που περιβάλλουν το οικόπεδο, είτε επί της οικοδομικής γραμμής είτε σε υποχώρηση από την οικοδομική γραμμή σε θέση της επιλογής μας. [11],[7],[20]

#### 2.4. Παθητικά (ηλιακά) Συστήματα

Με στόχο τη μείωση των αναγκών θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού, τη βελτίωση του μικροκλίματος, τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία των κτιρίων και των οικιστικών συνόλων καθώς και την εξασφάλιση θερμικής και οπτικής άνεσης, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός βασίζεται στη μέγιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας και των περιβαλλοντικών πηγών. Περιλαμβάνει διαφορετικές ανά θερμική εποχή τεχνικές και εστιάζεται σε δύο επίπεδα σχεδιασμού: πολεοδομικό και αρχιτεκτονικό. Για την εκμετάλλευση, λοιπόν, της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων έχουν αναπτυχθεί τρεις κατηγορίες τεχνικών συστημάτων, ανάλογα με το εάν παρεμβάλλονται ή όχι μηχανολογικά συστήματα:

- Παθητικά ηλιακά συστήματα
- Ενεργητικά ηλιακά συστήματα
- Υβριδικά

#### Παθητικά ηλιακά συστήματα

Τα παθητικά συστήματα θέρμανσης και δροσισμού είναι συστήματα τα οποία αξιοποιούν τις φυσικές πηγές (ήλιο, άνεμο, κ.ά.) για τη θέρμανση ή ψύξη του κτιρίου χωρίς την παρεμβολή μηχανικών μέσων. Επιπλέον, τα παθητικά συστήματα αποτελούν δομικά στοιχεία του κτιρίου και εντάσσονται στον βιοκλιματικό

σχεδιασμό, αφού η εφαρμογή τους προϋποθέτει ένα κτίριο σχεδιασμένο σύμφωνα με τις αρχές του. Στόχος της επιλογής και της διαστασιολόγησης των παθητικών συστημάτων είναι η βελτίωση της θερμικής άνεσης με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη περίοδο του έτους. [1]

Η λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων βασίζεται στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη μετατροπή της σε θερμότητα, στη θερμοχωρητικότητα των υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας και στους βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής για τη μεταφορά της θερμότητας από το χώρο της συλλογής στην αποθήκη θερμότητας ή και στο χώρο που θα θερμανθεί. [13] Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας που διέρχεται από τον υαλοπίνακα σε θερμική ακτινοβολία και στη δέσμευσή της ως θερμότητα στον εσωτερικό χώρο. Με την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας (άμεσης και διάχυτης) επάνω στον υαλοπίνακα λαμβάνουν χώρα τρεις διαφορετικοί μηχανισμοί μετάδοσής της:

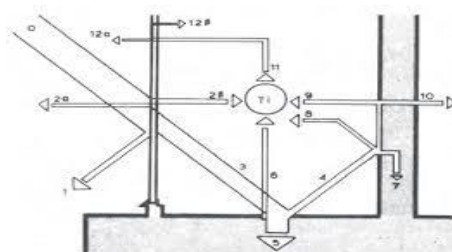
- ένα ποσοστό ανακλάται προς το εξωτερικό περιβάλλον
- ένα ποσοστό, που είναι το τμήμα που αντιστοιχεί στο ορατό τμήμα του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας -φωτεινή ακτινοβολία- διαπερνά τον υαλοπίνακα, και
- ένα ποσοστό της ακτινοβολίας απορροφάται από τον υαλοπίνακα, από το οποίο ένα μέρος επανακτινοβολείται προς το εξωτερικό περιβάλλον, ένα μέρος προς τον εσωτερικό χώρο και ένα μέρος μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία.

Το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που διαπερνά, ανακλάται ή απορροφάται από τον υαλοπίνακα εξαρτάται από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά του:

$$g + \rho + \alpha = 1$$

Όπου: g: διαπερατότητα, ρ: ανακλαστικότητα, και α: απορροφητικότητα

Το ορατό τμήμα του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας, που ανάλογα με τη διαπερατότητα του υαλοπίνακα, διέρχεται στον εσωτερικό χώρο είναι μικρού μήκους κύματος (0.4-0.8 μm). Η ακτινοβολία προσπίπτει στα δομικά στοιχεία και τα αντικείμενα που βρίσκονται στον εσωτερικό χώρο και, αλλάζοντας μήκος κύματος, μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία (ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος). Ο υαλοπίνακας και τα διαφανή εν γένει υλικά είναι αδιαπέραστα στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα. Η με αυτό τον τρόπο προερχόμενη θερμότητα, δεν μπορεί να διαπεράσει ως θερμική ακτινοβολία τον υαλοπίνακα, εγκλωβίζεται στον εσωτερικό χώρο, απορροφάται από τα δομικά στοιχεία ή από ειδικά διαμορφωμένη «αποθήκη θερμότητας» και πλέον μεταδίδεται στο χώρο με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση του θερμικού ισοζυγίου του χώρου.[6]



Εικ.18: Συμμετοχή της ηλιακής ακτινοβολίας στο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου (Πηγή : [portal.tee.gr](http://portal.tee.gr))

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα παθητικά ηλιακά συστήματα, διακρίνονται σε υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας και σε υλικά αποθήκευσης της θερμότητας. Τα υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι **διαφανή υλικά** (διαπερατά από την ηλιακή ακτινοβολία). Τα συνηθέστερα διαφανή υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτιριακές κατασκευές είναι:

- Οι υαλοπίνακες
- Τα σκληρά πλαστικά (ακρυλικά, πολυεστερικά και πολυκαρβονικά)
- Η διαφανής θερμομόνωση (TIM - Transparent Insulation Material )

Όσον αφορά δε, τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Συνήθως είναι **οικοδομικά υλικά** του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα ή των εσωτερικών διαχωριστικών τοιχοποιιών, καθώς και υλικά επενδύσεων τοιχοποιιών και δαπέδων. Τα πιο ικανά υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της θερμότητας στα ηλιακά παθητικά συστήματα είναι:

- **το σκυρόδεμα**: εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι είναι συγχρόνως υλικό με μεγάλη θερμοχωρητικότητα και στοιχείο του φέροντα οργανισμού.
- **η πέτρα, οι ωμόπλινθοι, οι οπτόπλινθοι (συμπαγείς και διάτρητοι) και τα κεραμικά πλακίδια** είναι τα υλικά που κυρίως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας.

Είναι υλικά φερόντων δομικών στοιχείων ή στοιχείων πληρώσεως ή υλικά επενδύσεως τοίχων και δαπέδων.

- **το νερό** είναι το υλικό με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά υπάρχουν κατασκευαστικές δυσκολίες για τη χρησιμοποίησή του σε δομικά στοιχεία. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δεξαμενές νερού που ενσωματώνονται στα δομικά στοιχεία (π.χ. σε τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας), ή σε μεμονωμένα στοιχεία-δοχεία.
- **τα υλικά αλλαγής φάσης** (π.χ. τα εύτηκτα άλατα, όπως το άλας του Glauber), είναι σχετικάνεα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της θερμότητας. Τα υλικά αυτά αλλάζουν φάση (Phase Change Materials - PCM), δηλαδή αλλάζοντας φυσική κατάσταση (για παράδειγμα, από τη στερεά στην υγρή κατάσταση), αποθηκεύουν θερμότητα, την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική φυσική τους κατάσταση.

Όπως αναφέρθηκε, πέρα από τα παθητικά συστήματα, υπάρχουν και άλλες δύο κατηγορίες τεχνικών συστημάτων: τα ενεργητικά συστήματα και τα υβριδικά. [1],[20]

### **Ενεργητικά ηλιακά συστήματα**

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα απαιτούν τη χρησιμοποίηση μηχανικών μέσων-απλών μέχρι υψηλής τεχνολογίας (αντλίες θερμότητας, εναλλάκτες θερμότητας, κλπ)- και προϋποθέτουν σύνθετους μηχανισμούς συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης της θερμότητας που έχει προέλθει από την ηλιακή ακτινοβολία που δεσμεύτηκε. Ηλιακοί συλλέκτες που θερμαίνουν νερό ή αέρα, το οποίο στη συνέχεια διοχετεύεται στο σύστημα διανομής της θερμότητας στο χώρο με τη μεσολάβηση εναλλάκτη θερμότητας αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα. Τα ενεργητικά συστήματα διακρίνονται σε συστήματα χαμηλής θερμοκρασίας και σε συστήματα υψηλής θερμοκρασίας.

Τα πρώτα, χρησιμοποιούνται κυρίως για τη θέρμανση νερού και χώρων. Ευρύτατα διαδεδομένη εφαρμογή τους είναι, όπως αναφέρθηκε, οι ηλιακοί συλλέκτες για θέρμανση νερού. Σημαντική εφαρμογή, ακόμη, των ενεργητικών συστημάτων χαμηλής θερμοκρασίας είναι και τα θερμοκήπια, ενώ στην ίδια αρχή λειτουργίας με τον ηλιακό συλλέκτη, αλλά σε πολύ χαμηλότερο επίπεδο ανάπτυξης, βρίσκονται και οι ηλιακές λίμνες που χρησιμοποιούνται σαν φυσικός συλλέκτης θερμότητας.

Απ' την άλλη, τα ενεργητικά συστήματα υψηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιούν κάτοπτρα για να συγκεντρώσουν σε μια σημειακή ή γραμμική εστία την ηλιακή ενέργεια που πέφτει πάνω τους, ώστε να αναπτυχθεί σε αυτή υψηλή θερμοκρασία. Πάνω στην εστία τοποθετούνται σωλήνες μέσα από τους οποίους περνά κάποιο ρευστό, που θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις επιθυμητές εφαρμογές, όπως π.χ. την τήξη μετάλλων, ηλεκτροπαραγωγή κ.ά.[29]

## **Υβριδικά συστήματα**

Τα υβριδικά είναι συστήματα που συνδυάζουν τη φυσική και τη μηχανική ροή θερμότητας. Βασίζονται στην παθητική εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, παρεμβάλλοντας συγχρόνως μηχανικά συστήματα χαμηλής κατανάλωσης και απλής κατασκευής. Για παράδειγμα, η προσθήκη ενός ανεμιστήρα σε ένα παθητικό σύστημα, για να υποβοηθήσει τη μεταφορά θερμότητας στους πίσω χώρους του κτιρίου ή ενός θερμοστάτη για να υπάρχει έλεγχος της θερμότητας που αποδίδεται, μετατρέπουν ένα παθητικό ηλιακό σύστημα σε υβριδικό.[20]

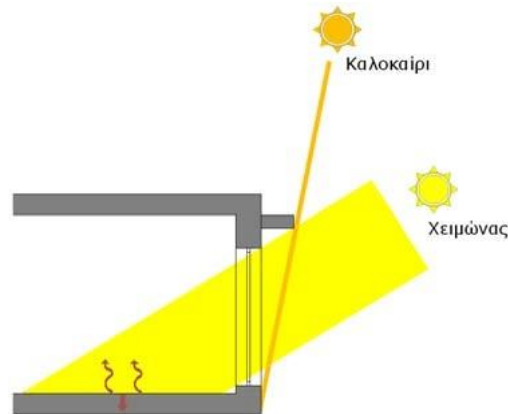
### **2.4.1 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης**

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα προσαρτώνται σε όψεις του κτιρίου με νότιο προσανατολισμό, με δυνατότητα απόκλισης μέχρι 30° ανατολικά ή δυτικά του καθαρού Νότου. Ακόμα, τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα (σύστημα άμεσου κέρδους) βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού. Όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα απαιτούν προσανατολισμό περίπου νότιο, ώστε να υπάρχει ηλιακή πρόσπτωση στα ανοίγματα κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα. Επιπλέον, πρέπει να συνδυάζονται με την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο εικοσιτετράωρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τέλος, θα πρέπει το καλοκαίρι να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία και συχνά με δυνατότητα αερισμού.

Οι κατηγορίες των παθητικών συστημάτων θέρμανσης είναι οι εξής :

- **Συστήματα άμεσου κέρδους**

Τα συστήματα αυτά αποτελούν τον πιο συνηθισμένο τρόπο εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για τη θέρμανση των κτιρίων μιας και τη δεσμεύουν μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα του κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή το κτίριο λειτουργεί ως συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας.(σχήμα)



Εικ.19: Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους (Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/>)

### Πλεονεκτήματα

- Το χαμηλό κόστος μιας και τα υαλοστάσια είναι ένας σχετικά οικονομικός τρόπος δημιουργίας ηλιακού συλλέκτη.
- Η ευκολία κατασκευής: Στις περισσότερες περιπτώσεις αρκεί η σωστή χωροθέτηση των ανοιγμάτων. Δεν απαιτείται πρόσθετη μάζα θερμικής αποθήκευσης, για συμμετοχή έως 25% της ηλιακής ενέργειας στη θέρμανση του χώρου.
- Τα συνδυασμένα οφέλη: Τα γυάλινα ανοίγματα συμβάλλουν σε πολλές ταυτόχρονα λειτουργίες, επιτρέποντας την είσοδο του φυσικού φωτός στο κτίριο και την οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

### Μειονεκτήματα

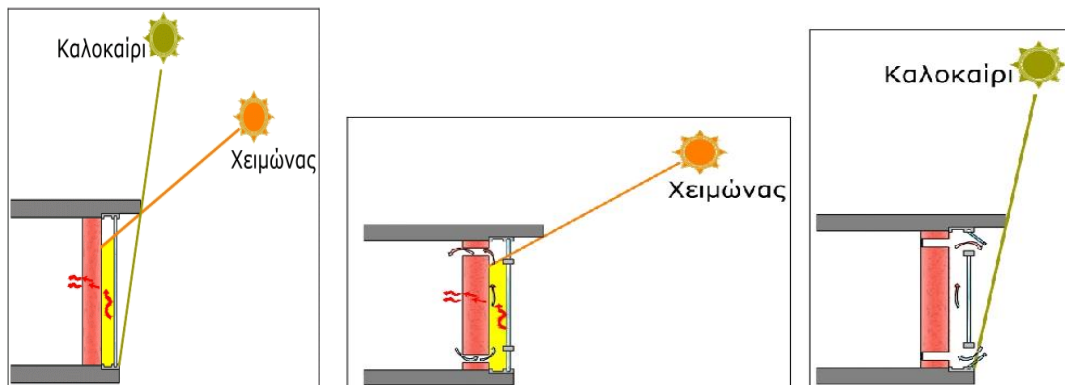
- Οι σχετικά μεγάλες διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας που εμφανίζονται εάν δεν υπάρχει επαρκής θερμική μάζα.
- Η είσοδος υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία μπορεί να αλλοιώσει υφάσματα και αντικείμενα.
- Η μείωση της ιδιωτικότητας.
- Ο κίνδυνος θάμβωσης από τα μεγάλα ανοίγματα.
- Η μεγάλη επιφάνεια θερμικής μάζας που απαιτείται, όταν προβλέπεται ηλιακή συμμετοχή μεγαλύτερη από 50% (ιδιαίτερα σε ψυχρά κλίματα).
- Το κόστος της νυχτερινής μόνωσης που απαιτείται για τη μείωση των θερμικών απωλειών

#### • Συστήματα έμμεσου κέρδους-Ηλιακοί τοίχοι

**α) Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης (έμμεσου κέρδους).** Είναι η συνδυασμένη κατασκευή τοίχου και υαλοπίνακα (ή άλλου διαφανούς στοιχείου με υψηλό συντελεστή διαπερατότητας της ηλιακής ακτινοβολίας) η οποία αποτελεί τμήμα του κτιριακού περιβλήματος. Αναλόγως της κατασκευής του διακρίνεται σε:

- απλοί τοίχοι μάζας (μη θερμοσιφωνικής ροής, χωρίς θυρίδες) είτε συμπαγείς, είτε αποτελούμενοι από δοχεία που περιέχουν νερό ή υλικά αλλαγής φάσης

→ τοίχοι μάζας Trombe - Michel (θερμοσιφωνικής ροής, με θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος τους)



Εικ.20: Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης (αριστερά), θερινή και χειμερινή λειτουργία του (δεξιά) (Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/>)

## β) Θερμοσιφωνικό πανέλο (απομονωμένου κέρδους)

### Πλεονεκτήματα

- Προσαρμόζεται εύκολα και σε υφιστάμενα κτίρια με νότιο προσανατολισμό.
- Αποδίδει άμεσα θερμότητα στους χώρους, αποφεύγοντας τη θάμβωση.
- Τη θερινή περίοδο μπορεί εύκολα να αποκοπεί θερμικά από το κτίριο, αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση του χώρου.

### Μειονεκτήματα

- Όταν τοποθετείται με κλίση είναι σχετικά δύσκολη η αισθητική του εναρμόνιση με το κτίριο.
- Η μείωση των νότιων ανοιγμάτων και η δημιουργία κλειστής νότιας όψη.
- Πρόκειται για μια μη ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία στη χώρα μας

- **Συστήματα έμμεσου κέρδους -Ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο)**

### Πλεονεκτήματα

- Δημιουργείται πρόσθετος κατοικήσιμος χώρος με μικρό κόστος.
- Δημιουργείται χώρος για την καλλιέργεια φυτών.
- Λειτουργεί ως φράγμα θερμικών απωλειών του κτιρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- Ενσωματώνεται εύκολα σε υφιστάμενα κτίρια.
- Οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον κατοικήσιμο χώρο είναι μικρές.

### Μειονεκτήματα

- Η θερμική απόδοση επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το σχεδιασμό και γι' αυτό είναι δύσκολο να προβλεφθεί.
- Υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης, ιδίως για το καλοκαίρι, εάν δε ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα ηλιοπροστασίας και αερισμού.



- Συστήματα έμμεσου κέρδους -Ηλιακό αίθριο
- Συστήματα απομονωμένου κέρδους-Θερμοσιφωνικό πανέλο (εκτός του κτιριακού περιβλήματος)
- Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση

### Πλεονεκτήματα

- Έχει μεγαλύτερη απόδοση, σε σχέση με τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης.
- Δεν απαιτείται επιπλέον νυχτερινή μόνωση.
- Τα πλεονεκτήματα όπως αναφέρθηκαν στον τοίχο θερμικής αποθήκευσης

### Μειονεκτήματα

- Η μείωση των νότιων ανοιγμάτων και η δημιουργία κλειστής νότιας όψης.
- Πρόκειται για μια μη ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία στη χώρα μας.

Εκτός, βέβαια των παθητικών ηλιακών συστημάτων, υπάρχουν διάφορα συστήματα που εφαρμόζονται για φυσικό δροσισμό, τα οποία λειτουργούν θετικά και το χειμώνα, ενισχύοντας τη θερμομονωτική ικανότητα του κτιριακού κελύφους, όπως:

- Φράγμα ακτινοβολίας
- Αεριζόμενο κέλυφος
- Φυτεμένο δώμα

## 2.4.2 Παθητικά συστήματα δροσισμού

Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων και τεχνικών δροσισμού βασίζεται σε τέσσερις στρατηγικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού:

- στη μείωση των ηλιακών και θερμικών κερδών στο περίβλημα του κτιρίου
- στην απόρριψη της θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου προς το φυσικό περιβάλλον (προς τον αέρα με συναγωγή/αγωγή, προς τη γη με αγωγή, προς τον ουρανό με ακτινοβολία, σε νερό μέσω εξάτμισης)
- στην αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας του κτιρίου ως “ρυθμιστή” της εσωτερικής θερμοκρασίας
- στην βελτίωση της θερμικής άνεσης των ενοίκων, ανεξάρτητα από την ψύξη αυτού καθ' εαυτού του κτιρίου, επηρεάζοντας τις περιβαλλοντικές παραμέτρους στους εσωτερικούς χώρους.

Ως κατηγορίες παθητικών συστημάτων και τεχνικών φυσικού δροσισμού θεωρούνται οι εξής:

### 1. Ηλιοπροστασία - Θερμική Προστασία

- Σκίαση ανοιγμάτων
- Ανακλαστικά επιχρίσματα εξωτερικών επιφανειών
- Φράγμα ακτινοβολίας
- Φυτεμένο δώμα

## 2. Φυσικός Αερισμός

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί τη βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτίριο τους θερμούς μήνες, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με φυσικά μέσα. Αποτελεί τη σημαντικότερη και συνηθέστερη μέθοδο φυσικού δροσισμού, εφόσον γίνεται με τον κατάλληλο τρόπο. Εν γένει ο φυσικός αερισμός, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι:

- **Διαμπερής φυσικός αερισμός (ημερήσιος ή νυκτερινός)**

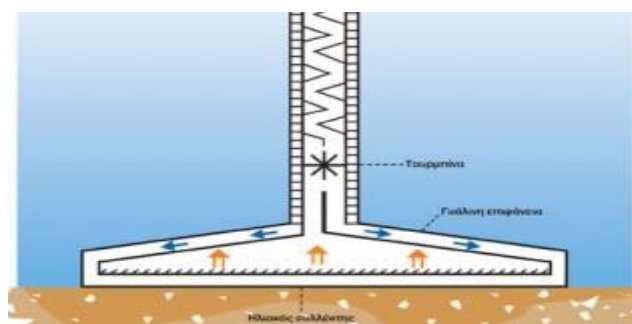
Επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στις εσωτερικές τοιχοποιίες. Θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας. Ο διαμπερής αερισμός επηρεάζεται από την εξωτερική και εσωτερική διαρρύθμιση του κτιρίου σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους. Ο νυκτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός, ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός.[1],[12],[20]

- **Καμινάδα ή πύργος αερισμού (φυσικός ελκυσμός)**

Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, καθώς ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω και έτσι δημιουργείται ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτιρίου. Η λειτουργία της καμινάδας αερισμού γίνεται σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα του κτιρίου. Όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτίριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα. Ως καμινάδες αερισμού μπορεί να λειτουργούν κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή και εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτιρίων.[20]

- **Ηλιακή καμινάδα**

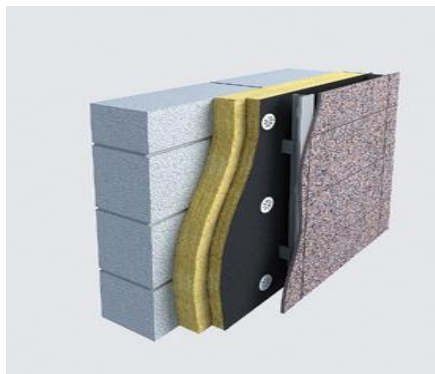
Πρόκειται για κατασκευή καμινάδας, η οποία φέρει στη νότια η νοτιοδυτική επιφάνειά της ( $\pm 30^\circ$  N) υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας (εν γένει έναν μικρό ηλιακό τοίχο) και περσίδες στο άνω τμήμα αυτής της πλευράς. Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi και συμβάλλει αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους, καθώς μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους. Καθώς επιτυγχάνει διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα, η ηλιακή καμινάδα συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο.[1],[12]



Εικ.21: Φυσικός δροσισμός- Ηλιακή καμινάδα (Πηγή: <http://irealty.gr/>)

- **Αεριζόμενο κέλυφος**

Πρόκειται για κατασκευή διπλού κελύφους είτε στην οροφή είτε στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου, μέσα στην οποία κυκλοφορεί ο αέρας του εξωτερικού χώρου. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το αεριζόμενο κέλυφος συνεισφέρει τόσο στη σκίαση του περιβλήματος και, συνεπώς, στη μειωμένη θερμική επιβάρυνση του κτιρίου, όσο και στη μεταφορά θερμότητας από το περίβλημα στο εξωτερικό περιβάλλον, μέσω του αέρα που κυκλοφορεί στο διάκενο του κελύφους. Το αεριζόμενο κέλυφος μπορεί να συνεισφέρει και στην αυξημένη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τους χειμερινούς μήνες, καθώς ο αέρας που κυκλοφορεί στο κέλυφος είναι χαμηλότερης ταχύτητας του εξωτερικού και, μέσω του διπλού κελύφους, οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον περιορίζονται, αυξάνεται δηλαδή η θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους. Η κατασκευή αυτή βέβαια, προϋποθέτει να είναι θερμομονωμένο το εσωτερικό τμήμα του αεριζόμενου κελύφους. [11],[12]



Εικ.22: Αεριζόμενο κέλυφος (Πηγή: <http://www.ursa.rs/>)

### **3. Υβριδικός Αερισμός**

Η χρήση ανεμιστήρων, ιδιαίτερα ανεμιστήρων οροφής, ενισχύει το φαινόμενο του φυσικού αερισμού, με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, συνεισφέρει στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τις συνήθεις (περίπου 2-3 °C), καθώς με την κίνηση του αέρα που δημιουργείται μεταφέρεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα. Πρακτικά, η χρήση ανεμιστήρων οροφής μειώνει την αναγκαιότητα χρήσης κλιματιστικών συστημάτων στα κτίρια για πολλές ώρες το χρόνο.[12]

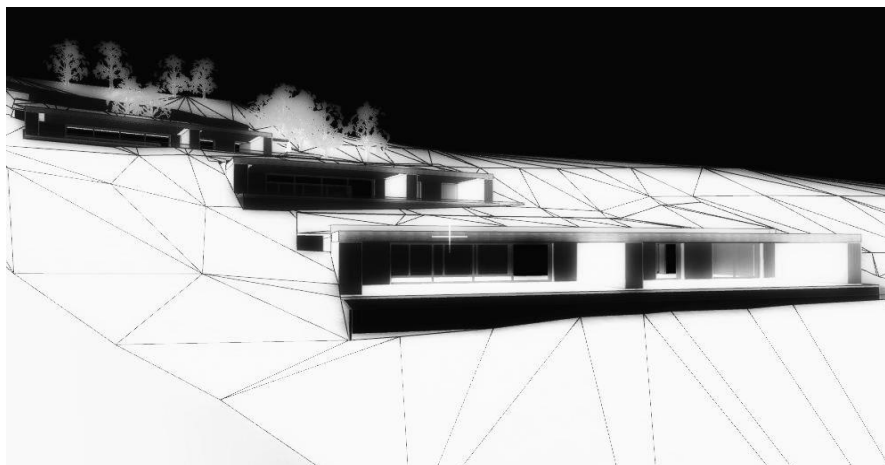
### **4. Δροσισμός μέσω Εδάφους**

Ουσιαστικά πρόκειται για δροσισμό με απόρριψη της θερμότητας από το κτίριο στη γη με αγωγή και επιτυγχάνεται με:

- **Υπόσκαφα ή ημιυπόσκαφα κτίρια**

Η κατασκευή υπόσκαφων ή ημιυπόσκαφων κτιρίων, εφόσον τοπογραφικές και άλλες συνθήκες το συνιστούν, συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση του ψυκτικού φορτίου των κτιρίων. Σε περιοχές με πολύ ψυχρούς χειμώνες συνιστάται η θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους, ώστε να μειώνονται οι θερμικές απώλειες προς το έδαφος, ενώ σε περιοχές με θερμά καλοκαίρια συνιστάται να παραμείνει αμόνωντο ώστε να διευκολύνεται η μετάδοση της θερμότητας με αγωγή προς το

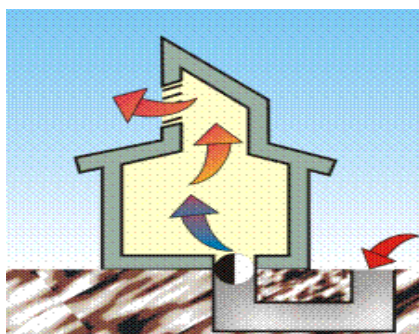
έδαφος, ενώ στα σημεία κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, συνιστάται περιμετρική θερμομόνωση για παρεμπόδιση της μετάδοσης της θερμότητας στο κτίριο.[39]



Εικ.23: Υπόσκαφα κτίρια (Πηγή: <http://ds-tma.gr/>)

- **Υπεδάφιο σύστημα αγωγών ή/ και εναλλάκτες εδάφους-αέρα**

Είναι σύστημα μεταλλικών αγωγών (ή PVC) που τοποθετούνται σε βάθος 1-3μ. Το σύστημα χρησιμοποιείται για την ψύξη των κτιρίων το καλοκαίρι, οπότε και αξιοποιεί το έδαφος -του οποίου η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη κάτω από την επιφάνεια- ως απαγωγέα της θερμότητας. Ο αέρας εισάγεται είτε από το εξωτερικό περιβάλλον είτε από το εσωτερικό του κτιρίου, κυκλοφορεί στο δίκτυο αγωγών με τη βοήθεια φυσητήρων και εισέρχεται στο κτίριο ψυχρότερος. Παράλληλα, το σύστημα λειτουργεί και το χειμώνα, συμβάλλοντας στην προθέρμανση του ψυχρού εξωτερικού αέρα. Το σύστημα αυτό μπορεί, επίσης, να συνδυαστεί με σύστημα κλιματισμού, συντελώντας στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση του κτιρίου.



Εικ.24: Υπεδάφιο σύστημα αγωγών (Πηγή: <http://www.cres.gr/>)

## 5. Δροσισμός μέσω Νυκτερινής Ακτινοβολίας

Ο νυκτερινός αερισμός συνεισφέρει στην αποθήκευση «δροσιάς» στη θερμική μάζα του κτιρίου, με αποτέλεσμα την μειωμένη επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα. Για τον δροσισμό μέσω νυκτερινής ακτινοβολίας χρησιμοποιείται συνήθως μεταλλικός ακτινοβολητής.

Ο μεταλλικός ακτινοβολητής αποτελείται από μεταλλική, αυλακωτή, διπλή πλάκα τοποθετημένη εξωτερικά της οροφής του κτιρίου. Η εξωτερική του επιφάνεια είναι ανακλαστική, ενώ στην εσωτερική πλευρά τοποθετείται θερμομονωτικό υλικό. Η μεταλλική πλάκα ακτινοβολεί προς το νυκτερινό ουρανό μεγάλη ποσότητα θερμικής

ενέργειας. Μέσα στο σύστημα του ακτινοβολητή διοχετεύεται θερμός αέρας από το κτίριο, ο οποίος διέρχεται μέσα από το σύστημα, ψύχεται καθώς έρχεται σε επαφή με την ψυχρή εξωτερική πλευρά και επαναδιοχετεύεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Το σύστημα λειτουργεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε περιοχές με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και χαμηλή σχετική υγρασία.[1],[39],[12]

## **6. Εξατμιστικός Δροσισμός**

Σε περιοχές με σχετικά χαμηλή υγρασία, μπορεί να επιτευχθεί δροσισμός με την εξάτμιση νερού. Ο αέρας, διερχόμενος από κάποιο σώμα νερού και προκαλώντας την εξάτμισή του, ψύχεται, ενώ εμπλουτίζεται με υδρατμούς. Όταν ο αέρας αυτός εισέρχεται απ' ευθείας στο κτίριο έχουμε άμεσο εξατμιστικό δροσισμό, ενώ όταν ψύχει το κέλυφος του κτιρίου ή εναλλάκτη, τότε έχουμε έμμεσο εξατμιστικό δροσισμό.

Τεχνικές άμεσου φυσικού δροσισμού περιλαμβάνουν τη χρήση σωμάτων νερού (όπως λίμνες ή σιντριβάνια) σε εσωτερικές αυλές και αίθρια ή σε πύργους δροσισμού, ενώ τεχνικές έμμεσου φυσικού δροσισμού είναι οι ανοιχτές λίμνες οροφής και ο ψεκασμός των δωματίων με νερό. Επιπλέον, υπάρχουν και υβριδικές (μηχανικές) ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης εξάτμισης).[1]

## **7. Εξαναγκασμένος Αερισμός**

Ο τεχνητός (εξαναγκασμένος) αερισμός είναι απαραίτητος στις περιπτώσεις κατά τις οποίες ο φυσικός αερισμός είναι είτε δυσχερής είτε ανεπαρκής. Ακόμα, συνιστάται για χρήσεις χώρων κατά τις οποίες απαιτείται ακριβής έλεγχος των εναλλαγών αέρα είτε για λόγους θερμικούς, είτε για λόγους ποιότητα αέρα (υγιεινής) και ιδιαίτερα στα κτίρια του τριτογενή τομέα.

Ο τεχνητός αερισμός μειώνει σημαντικά τα ψυκτικά φορτία των κτιρίων, ιδιαίτερα όταν γίνεται κατά τις νυκτερινές ώρες και σε κτίρια με ικανή θερμική μάζα, καθώς τα αποφορτίζει από τη θερμότητα που συσσωρεύτηκε κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ «αποθηκεύει» δροσιά στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, εμποδίζοντας την υπερθέρμανση την επόμενη μέρα.

Ο τεχνητός αερισμός αποτελεί, όπως και ο φυσικός αερισμός, εναλλακτική τεχνική δροσισμού, υποκαθιστώντας ή μειώνοντας τη χρήση των κλιματιστικών. Επίσης, μπορεί να συμβάλει και στην εξοικονόμηση ενέργειας τη χειμερινή περίοδο, με τον έλεγχο των θερμικών απωλειών από αερισμό. [1],[20]

### **2.4.3. Συστήματα φυσικού φωτισμού**

Οι στόχοι του φυσικού φωτισμού είναι να παρέχει στο κτίριο μας κατάλληλο φωτισμό την διάρκεια της ημέρας ώστε να μην χρειάζεται να καταναλώσουμε ενέργεια για φωτισμό από άλλα μέσα αλλά ταυτόχρονα πρέπει και να παρέχει κατάλληλη θέα και είσοδο ηλιακής ακτινοβολίας. Πάντως, οι στόχοι του φυσικού φωτισμού διαφέρουν ανάλογα με την χρήση που προβλέπεται για τον χώρο (π.χ. γραφεία, σχολείο, κατοικία). Για το λόγο αυτό, κρίνεται ως ιδιαίτερος σημαντικό κατά το σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού να υπάρχει η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων σε φωτισμό από το φυσικό φως, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και την εργασία που επιτελείται μέσα στους χώρους.

Για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού προς όφελος του κτιρίου με στόχο την επίτευξη οπτικής άνεσης θα πρέπει, μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών, να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη φωτισμού), αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο «θάμβωσης». Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ ανακλαστικότητα).[14],[22]

Ως σύστημα φυσικού φωτισμού νοείται το **σύνολο**:

- Υαλοπίνακας ή άλλο φωτοδιαπερατό στοιχείο
- Πλαίσιο
- Διάταξη σκιασμού (είτε δομικό στοιχείο είτε άλλο)

Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται στις εξής **τέσσερις μεγάλες κατηγορίες**:

- Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία,
- Ανοίγματα οροφής,
- Αίθρια και
- Φωταγωγοί.

Αντίστοιχα, οι διάφορες τεχνικές εφαρμοζόμενες στο σύστημα ή και στον εσωτερικό χώρο αυξάνουν την απόδοση του συστήματος και βελτιώνουν τις συνθήκες οπτικής άνεσης. Οι **βασικότερες τεχνικές φυσικού φωτισμού** είναι:

- Κατακόρυφα ανοίγματα (παράθυρα - φεγγίτες) κατάλληλων γεωμετρικών διαστάσεων
- Ανοίγματα οροφής
- Φωταγωγοί
- Αίθρια
- Σκίαστρα
- Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά
- Διαφανή μονωτικά υλικά
- Ράφια φωτισμού-ανακλαστήρες, περσίδες
- Ειδικοί Υαλοπίνακες

Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός τόσο των χώρων, όσο και των συστημάτων φωτισμού (ανοιγμάτων) θα πρέπει να εξασφαλίζει τις επιθυμητές στάθμες φωτισμού, την απαιτούμενη θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον (και την ανάδειξη των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών στοιχείων, κατά το δοκούν), πάντοτε σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες απαιτήσεις του ενεργειακού σχεδιασμού για θερμική άνεση και ποιότητα αέρα.[20],[22]

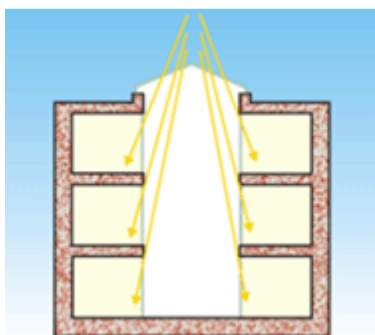
## Ανοίγματα οροφής

Αποτελούν **ειδική κατηγορία** συστημάτων φυσικού φωτισμού, καθώς παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα ανοίγματα στην τοιχοποιία:

- ❖ Παρέχουν μεγάλη ποσότητα διάχυτου φως από τον ουράνιο θόλο.
- ❖ Λόγω της θέσης τους, συντελούν στην ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός μέσα στους χώρους.

Τα ανοίγματα οροφής μπορούν να φέρουν είτε διαφανείς, είτε ημιδιαφανείς (διαχυτικούς) υαλοπίνακες. Ακόμη, στα ανοίγματα οροφής συνιστάται εν γένει να υπάρχει σύστημα ηλιοπροστασίας ή εκτροπής του άμεσου φωτός, όπως ανακλαστήρες, περσίδες, ή κινητά πετάσματα. Τα συστήματα αυτά, ανάλογα με τον τύπο του ανοίγματος μπορεί να είναι εξωτερικά ή εσωτερικά.

Η τελική επιλογή ενός τέτοιου συστήματος γίνεται με κριτήρια που αφορούν τη συνολική ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και την οικονομικότητά τους. Τα οριζόντια ανοίγματα οροφής έχουν το μειονέκτημα ότι δέχονται μεγαλύτερη ηλιακή πρόπτωση το καλοκαίρι από ότι το χειμώνα και για το λόγο αυτό συχνά συνιστώνται κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα στην οροφή, σε συνδυασμό με διατάξεις σκιασμού.[1],[20],[39]



Εικ.25: Άνοιγμα οροφής και διάχυση του φωτός (Πηγή:www.cres.gr/)

## Αίθρια

Τα αίθρια, είτε ανοιχτά, είτε με κάλυψη, συνεισφέρουν στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα σε κτίρια μεγάλης επιφάνειας καθώς:

- ❖ Επιτρέπουν την είσοδο φωτεινής ακτινοβολίας στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου.
- ❖ Βοηθούν στην αύξηση της στάθμης του φωτισμού των χώρων (και στην ομοιογενή κατανομή του, εφόσον αυτοί φωτίζονται και από κατακόρυφα ανοίγματα).
- ❖ Παρέχουν διάχυτο φως (από τον ουρανό και από τις επάλληλες ανακλάσεις στο εσωτερικό τους), συντελώντας στην ομοιόμορφη κατανομή του (χωρίς θάμβωση).



Εικ.26: Αίθρια κτιρίων (Πηγή: <http://www.metal-ko.gr/>)

Ανάλογα, τέλος, με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αιθρίου και τα οπτικά χαρακτηριστικά των επιφανειών του (ανακλαστικότητα των τοίχων και του δαπέδου, οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων που βρίσκονται στους χώρους που περιβάλλουν το αίθριο ή και στην οροφή), επηρεάζεται και η στάθμη φωτισμού των χώρων. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει κατά το σχεδιασμό των αιθρίων να συνυπολογίζονται οι επιδράσεις των χαρακτηριστικών αυτών στην οπτική άνεση των εσωτερικών χώρων, πάντα σε συνδυασμό με την επίδρασή τους στη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου.[1]

### **Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία**

Μεγάλο ρόλο στο φωτισμό του εσωτερικού του κτιρίου παίζει ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων. Ανατολικά ανοίγματα δίνουν ηλιασμό το πρωί, ενώ τα δυτικά ανοίγματα “ προσφέρουν ” ήλιο σε ένα οίκημα από το μεσημέρι και, έως τη δύση του ηλίου. Ο βορινός φωτισμός είναι ομοιόμορφος και διάχυτος κατά τη διάρκεια της ημέρας και κατάλληλος για χώρους δουλειάς. Τα νότια ανοίγματα είναι αυτά που δέχονται τον περισσότερο ηλιασμό καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Το χειμώνα που ο ήλιος είναι χαμηλά έχουμε μεγάλη εισροή ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτιρίου, ενώ το καλοκαίρι ο ήλιος βρίσκεται ψηλότερα. Για την αποφυγή της υπερθέρμανσης του κτιρίου επιβάλλεται η χρήση σκιάστρων ή δεντροφύτευσης.

Ρόλο επίσης παίζει και η διάσταση των ανοιγμάτων. Όσο πιο μεγάλο είναι ένα άνοιγμα, τόσο περισσότερο φως από τον ήλιο εισχωρεί στο εσωτερικό του κτιρίου. Πρέπει, βέβαια, να ληφθεί υπόψη ότι μεγάλα και πολλά ανοίγματα μπορεί να μη συνεισφέρουν στην καλή θερμομόνωση του κτιρίου το χειμώνα.[1],[20]

### **Φωταγωγοί**

Οι φωταγωγοί εισάγουν το φυσικό φως σε χώρους όπου είναι δύσκολη η διείσδυση φυσικού φωτός με άλλο τρόπο. Υπάρχουν διάφορα είδη φωταγωγών με ποικιλία διαστάσεων. Οι φωταγωγοί θα πρέπει να έχουν εν γένει επιφάνειες ανακλαστικές, τα δε ανοίγματα που βλέπουν σε αυτούς συνιστάται να έχουν στην ποδιά τους ανακλαστήρα, ώστε να διοχετεύεται το φως στους εσωτερικούς χώρους.



Η απόδοσή των φωταγωγών μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη ανακλαστήρα στην κορυφή τους (είσοδο του φωτός), ο οποίος να εκτρέπει τις ηλιακές ακτίνες προς τα κάτω. Για ακόμα μεγαλύτερη απόδοση μπορεί να συνοδεύονται από ηλιοστάτη (συσκευή η οποία φέρει καθρέπτη και η οποία ακολουθεί την πορεία του ήλιου κατά τη διάρκεια τις ημέρας).

Για το φωτισμό ενός ή και περισσότερων ορόφων μπορεί να χρησιμοποιηθούν σωλήνες-φωταγωγοί (φωτο - σωλήνες). Η μέγιστη απόδοσή τους εξασφαλίζεται σε περιορισμένο μήκος φωτο - σωλήνα, ανάλογα με τον τύπο και τον κατασκευαστή.



Εικ.27:Φωταγωγοί Σωλήνες (φωτο- σωλήνες) (Πηγή: [www.cres.gr/](http://www.cres.gr/))

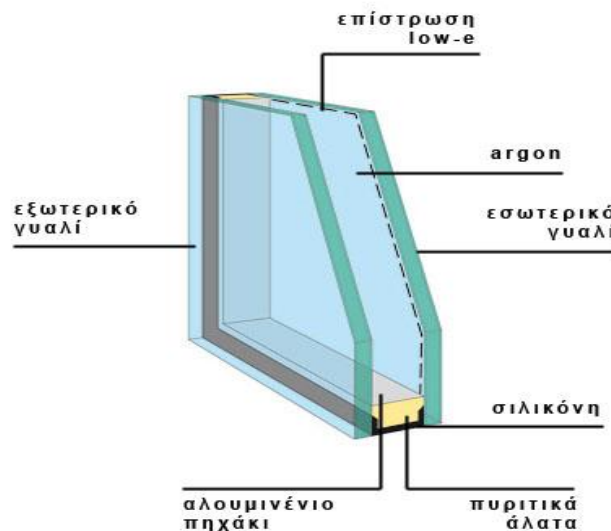
### Ειδικοί Υαλοπίνακες

Οι ειδικοί υαλοπίνακες συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας για το κτίριο, ενώ ταυτόχρονα παρέχουν και κατάλληλο φυσικό φωτισμό. Οι ειδικοί αυτοί υαλοπίνακες πρέπει να παρέχουν δροσιά τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ το χειμώνα επαρκή ζέστη. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες ειδικών υαλοπινάκων, οι οποίοι διαφοροποιούνται από τους κοινούς ως προς τα θερμικά και τα φωτομετρικά τους χαρακτηριστικά, είναι:

- ❖ Ανακλαστικοί υαλοπίνακες, που ανακλούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών, αλλά μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο και στα γύρω κτίρια.
- ❖ Έγχρωμοι υαλοπίνακες, χάρη στη βοήθεια χημικής επεξεργασίας παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα, αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου.
- ❖ Απορροφητικοί υαλοπίνακες, οι οποίοι απορροφούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου.
- ❖ Ηλεκτροχρωμικοί, των οποίων οι ιδιότητες (οπτικά χαρακτηριστικά, διαπερατότητα) μεταβάλλονται με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος.
- ❖ Φωτοχρωμικοί, των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με το ποσό της προσπίπτουσας σε αυτούς ηλιακής ακτινοβολίας. Με την αύξηση της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας μειώνεται η φωτοδιαπερατότητά τους.

- ❖ Θερμοχρωμικοί των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μεταβάλλονται από διαφανείς σε γαλακτόχρωμοι.
- ❖ Υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων, οι οποίοι με την εφαρμογή τάσης μετατρέπονται από γαλακτόχρωμοι σε διαφανείς.
- ❖ Υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e), οι οποίοι εμποδίζουν μεγάλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας είτε να εισέρχεται προς το κτίριο, είτε να εκπέμπεται προς το εξωτερικό. περιβάλλον (ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο τοποθετούνται), χωρίς μείωση της φωτοδιαπερατότητάς τους.
- ❖ Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες, οι οποίοι χρησιμοποιούν το συμπιεσμένο αέρα ανάμεσα στο διάκενό τους ώστε να δρουν ως θερμομόνωση για το κτίριο αλλά και να παρέχουν επαρκή φωτισμό.

Για την επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα θα πρέπει να εξετάζεται η χρήση του κτιρίου, η συνεισφορά του υαλοπίνακα στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση και η συνεπαγόμενη οικονομικότητα του συστήματος (κόστος/όφελος, χρόνος απόσβεσης). Ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιλογή απαιτείται ώστε τα θερμικά και οπτικά χαρακτηριστικά του υαλοπίνακα, τα οποία θα επιλεγούν με κριτήριο τη συμπεριφορά του στη θέρμανση και στο δροσισμό του κτιρίου, να εξασφαλίζουν, μαζί με το συνολικό σχεδιασμό των ανοιγμάτων και τις απαιτήσεις σε φυσικό φωτισμό των χώρων. [11]



Εικ.28: Διπλοί Ενεργειακοί Υαλοπίνακες (Πηγή: <http://www.el-con.gr/>)

### Διαφανή μονωτικά υλικά

Αποτελούν άλλη μια λύση για τον επαρκή φυσικό φωτισμό. Είναι φωτοδιαπερατά υλικά υψηλής θερμομονωτικής ικανότητας, τα οποία αντικαθιστούν τμήματα της εξωτερικής τοιχοποιίας. Η διαφανής μόνωση εν γένει είναι διαχυτική και έχει πολύ καλές οπτικές ιδιότητες, συνδυάζοντας θερμομονωτικές ικανότητες μιας τοιχοποιίας (2-3 φορές υψηλότερη θερμομονωτική ικανότητα από τους διπλούς υαλοπίνακες).

Η διαφανής μόνωση μπορεί να τοποθετηθεί σε τοίχους ή και οροφές. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες διαφανών μονωτικών υλικών, τα οποία τοποθετούνται μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων ή πλαστικών φύλλων. Η φωτοδιαπερατότητα των

διαφανών υλικών κυμαίνεται μεταξύ του 45% και του 80% (με μια μείωση της τάξης του 8% για κάθε φύλλο υαλοπίνακα).[1]



Εικ.29: Διαφανή Μονωτικά Υλικά (Πηγή: <http://www.cres.gr/>)

### **Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά**

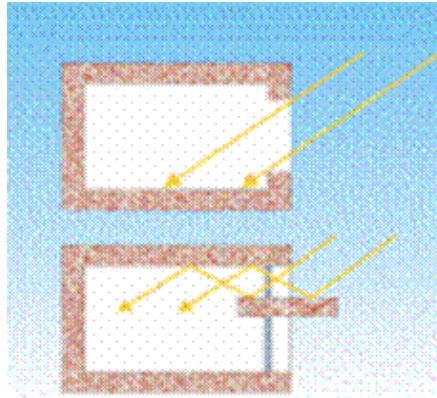
Είναι στοιχεία που διαθλούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία και, αναλόγως της κατασκευαστικής τους δομής, μπορούν να αποκλείσουν πλήρως την είσοδο ή να αλλάξουν την κατεύθυνση της εισερχόμενης ακτινοβολίας. Εν γένει είναι ημιδιαφανή και άρα δεν συνιστώνται εκεί που είναι επιθυμητή η θέα προς τα έξω. Τα πρισματικά στοιχεία τοποθετούνται στο κέλυφος του κτιρίου είτε σαν αυτόνομα στοιχεία είτε μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων.[20]

### **Ράφια φωτισμού - ανακλαστήρες, περσίδες**

Τα ράφια φωτισμού είναι επίπεδα ή καμπύλα σταθερά στοιχεία, με ανακλαστική επιφάνεια, που στερεώνονται στα πλαίσια των ανοιγμάτων και κατευθύνουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία προς τις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού, αυξάνοντας τη στάθμη του φωτισμού σε απομακρυσμένες από τα παράθυρα ζώνες, μειώνοντας παράλληλα τη στάθμη φωτισμού στη ζώνη των παραθύρων. Για την αποτελεσματική λειτουργία τους απαιτείται υψηλή ανακλαστικότητα της οροφής του χώρου. Η χρήση τους είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε εργασιακούς χώρους, όπου απαιτείται ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού.

Οι ανακλαστικές περσίδες είναι κινητά ανακλαστικά στοιχεία, μικρού μεγέθους, που τοποθετούνται στην εσωτερική ή την εξωτερική επιφάνεια του κουφώματος ή και μεταξύ διπλών κουφωμάτων. Ως σύστημα φυσικού φωτισμού λειτουργούν όπως και τα ράφια φωτισμού, εκτρέποντας της ηλιακές ακτίνες προς την επιθυμητή κατεύθυνση στο χώρο (κατά προτίμηση στην οροφή). Οι κινητές περσίδες είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές καθώς επιτρέπουν εύκολα τη ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας.

Τόσο τα ράφια φωτισμού, όσο και οι περσίδες μπορούν και πρέπει να εξασφαλίζουν και την απαιτούμενη, για λόγους θερμικής προστασίας, σκίαση των χώρων, αλλά και τον απαιτούμενο χειμερινό ηλιασμό.[7],[8]



Εικ.30:Ράφια φωτισμού (Πηγή: <http://www.cres.gr/>)



Εικ.31: Ανακλαστικές Περσίδες (Πηγή: [www.nulightsolutions.com](http://www.nulightsolutions.com))

## 2.5. Μικρόκλιμα - Περιβάλλον χώρος

Η χρησιμοποίηση των κατάλληλων υλικών, ιδιαίτερα των ψυχρών υλικών και η χρήση της βλάστησης (δέντρων, θάμνων, φυτών) στη διαμόρφωση των υπαίθριων χώρων καθώς και στις επιφάνειες των κτιρίων (δώματα και εξωτερικές τοιχοποιίες) συμβάλλει αφενός στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης του άμεσου περιβάλλοντος και αφετέρου στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος, που συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων και στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των κατοίκων. Η συμβολή αυτή εξειδικεύεται στα κατωτέρω:

- ❖ Στην προστασία των κτιρίων από τους ψυχρούς ανέμους το χειμώνα και κατά συνέπεια στον περιορισμό των απωλειών θερμότητας.
- ❖ Στον απρόσκοπτο ηλιασμό του υπαίθριου χώρου και των κτιρίων το χειμώνα για την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για θέρμανση.
- ❖ Στη μείωση της θερμοκρασίας του υπαίθριου χώρου το καλοκαίρι, και κατ' επέκταση στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για το δροσισμό των κτιρίων.
- ❖ Στο σκιασμό των κτιρίων το καλοκαίρι. [14]

## Φύτευση

Ο άνεμος και η ηλιακή ακτινοβολία είναι οι δύο σημαντικότεροι φυσικοί παράγοντες που αντιμετωπίζονται με τη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου, τα φυτά και τον αστικό εξοπλισμό. Η κατάλληλη γεωμετρική τοποθέτηση της βλάστησης και των δομικών στοιχείων στους ανοιχτούς χώρους δημιουργεί συνθήκες σκίασης τη θερινή περίοδο και ηλιασμού τη χειμερινή περίοδο, με παράλληλη διοχέτευση ή χειραγώγηση των ανέμων.

Ειδικότερα, ο σχεδιασμός της φύτευσης με δέντρα ή χαμηλή βλάστηση στους υπαίθριους χώρους λειτουργεί αποτελεσματικά σε σχέση με τα κτίρια στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- ❖ ως ανεμοφράκτης για το χειμώνα, προστατεύοντας τα κτίρια
- ❖ ως στοιχείο ελέγχου της ανεμορροής, κατευθύνοντας το δροσερό άνεμο το καλοκαίρι
- ❖ ως στοιχείο σκίασμού από την ηλιακή ακτινοβολία των ανοικτών χώρων και των κτιρίων
- ❖ ως πηγή δροσισμού το καλοκαίρι, παρέχοντας δροσιά μέσω της εξατμισοδιαπνοής
- ❖ ως ρυθμιστής της θερμικής άνεσης, με τον έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας
- ❖ ως φίλτρο του φυσικού φωτός όλο το χρόνο
- ❖ ως φίλτρο της σκόνης και των μικροσωματιδίων

Επίσης:

- ❖ προστατεύει από τη διάβρωση
- ❖ μειώνει το θόρυβο από τον περιβάλλοντα χώρο
- ❖ βελτιώνει την ποιότητα του αέρα και μειώνει τη μόλυνση της ατμόσφαιρας
- ❖ μειώνει την οπτική όχληση και δημιουργεί ιδιωτικότητα

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην επιλογή της κατάλληλης φύτευσης. Δηλαδή, για την προστασία των υπαίθριων χώρων και των κτιρίων από τους ψυχρούς ανέμους το χειμώνα, επιλέγονται δέντρα ή φυτά αειθαλή. Αντίθετα, για τη διευκόλυνση του ηλιασμού των υπαίθριων χώρων το χειμώνα επιλέγονται δέντρα και φυτά φυλλοβόλα.[7]

## Έλεγχος της ανεμορροής

Ο σχεδιασμός για τον έλεγχο του ανέμου σε όλη τη διάρκεια του έτους είναι πολύπλοκος, εφόσον εφαρμόζονται διαφορετικές στρατηγικές για τη χειραγώγηση των ψυχρών ανέμων ή για τη διευκόλυνση της θερινής αύρας. Κατάλληλη διάταξη της βλάστησης:

- τροποποιεί την πορεία του ανέμου
- αλλάζει τη ροή του ανέμου
- ρυθμίζει την ταχύτητα και την ένταση του ανέμου

Τα φυτά συνεισφέρουν στη μείωση των θερμικών απωλειών των κτιρίων, γιατί μπορούν να εκτρέψουν τον ψυχρό άνεμο ή να μειώσουν την ταχύτητά του. Μικρή

μείωση στην ταχύτητα του ανέμου που προσπίπτει στο κτίριο, συμβάλλει σε μεγάλη μείωση των θερμικών απωλειών αερισμού.

Επίσης, ο ρόλος των φυτών στη μείωση της υπερθέρμανσης το καλοκαίρι είναι σημαντικός. Βοηθούν στην αλλαγή της κατεύθυνσης του ανέμου και πολλές φορές στην αύξηση της ταχύτητάς του, συμβάλλοντας στο φυσικό δροσισμό και στη θερμική άνεση του εσωτερικού χώρου. Η αποτελεσματικότητα της φύτευσης εξαρτάται από το σχήμα, την πυκνότητα, τη δομή, το ύψος και άλλα χαρακτηριστικά των φυτών, καθώς και από την απόσταση της φύτευσης από το κτίριο ή από τον προς χρήση υπαίθριο χώρο.

### **Προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία**

Ο σκιασμός τόσο του υπαίθριου χώρου όσο και των κτιρίων με τη φύτευση είναι πολύ αποτελεσματικός. Ακόμη και δέντρα χωρίς φύλλωμα, εμποδίζουν κατά 40-80% τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η επιλογή της φύτευσης, με υψηλό ή χαμηλό πράσινο, καθορίζεται από την επιθυμητή ηλιοπροστασία των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων.

Το είδος του φυτού, και ιδιαίτερα το σχήμα της κόμης (π.χ. στρογγυλό, πυραμιδοειδές, κ.ά.) ρυθμίζουν το ποσοστό του σκιασμού. Επίσης, η απόσταση της φύτευσης από το κτίριο είναι καθοριστικής σημασίας. Για τη βέλτιστη τοποθέτηση των δέντρων πρέπει να προηγείται μελέτη ηλιασμού-σκιασμού.

Ο σκιασμός των συμπαγών τμημάτων του κελύφους των κτιρίων επιτυγχάνεται επίσης με την εφαρμογή φυτεμένων δωματίων και τη χρησιμοποίηση αναρριχώμενων φυτών ή με υδροπονικούς φυτεμένους τοίχους (κατακόρυφοι κήποι). Επιπλέον, οριζόντιες προεξοχές για τη σκίαση νοτίων ανοιγμάτων μπορεί να καλυφθούν με φυτά, αποτρέποντας έτσι την αποθήκευση θερμότητας στα δομικά υλικά της προεξοχής.



Εικ.32:Φυτεμένα δώματα (Πηγή: <http://www.4green.gr/>)



Εικ.33: Ο πρώτος κατακόρυφος κήπος στην Ελλάδα (Πηγή: <http://blog.vitaverde.gr/>)

## **Εξατμισοδιαπνοή**

Η σχετική υγρασία του αέρα κάτω από το φύλλωμα των δέντρων ή σε επαφή με αυτά αυξάνεται λόγω της εξατμισοδιαπνοής, ενώ συγχρόνως μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα. Σε ζεστά και ξηρά κλίματα η αύξηση της υγρασίας βελτιώνει περαιτέρω την αίσθηση της θερμικής άνεσης το καλοκαίρι. Γενικά τα φυτά με το παχύ φύλλωμα απορροφούν μεγάλες ποσότητες θερμότητας και ο αέρας γίνεται πιο δροσερός. Παράλληλα η επικάλυψη με φυτά, αντί της επίστρωσης με σκληρά υλικά, μειώνει σημαντικά την άμεση απορροή των ομβρίων, με αποτέλεσμα τη βελτίωση του μικροκλίματος λόγω βραδείας εξάτμισης του νερού και συγχρόνως συνεισφέρει στον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και στην αποφόρτιση του δικτύου ομβρίων.

Ενδείκνυται επιλογή τοπικών φυτών, προσαρμοσμένων στο μικροκλίμα της περιοχής, για αποφυγή αλόγιστων ποσοτήτων νερού για άρδευση.

## **Οπτική άνεση**

Δευτερογενής ρόλος της φύτευσης, αλλά εξίσου σημαντικός, είναι η συμβολή της στον έλεγχο της αντανάκλασης της φωτεινής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο έδαφος καθώς και σε κατακόρυφες επιφάνειες. Η ηλιακή ακτινοβολία διαχέεται και μειώνεται σε ένταση, ενώ η θάμβωση από την οπτική επαφή με τον έντονα φωτεινό ουράνιο θόλο ελαττώνεται με τη χρήση δέντρων.

Ο έλεγχος της φωτεινής ακτινοβολίας από τα φυτά που βρίσκονται κοντά στα κτίρια ή στον περιβάλλοντα χώρο ή διαμορφώνουν ηλιοπροστατευτικές διατάξεις, επιτρέπει στο μελετητή να αυξήσει το μέγεθος των ανοιγμάτων των κτιρίων, χωρίς να προκαλούνται προβλήματα στην οπτική άνεση.

## **Ηχοπροστασία - Ακουστική Άνεση**

Η ικανότητα των φυτών να ρυθμίζουν τον ήχο (με απορρόφηση, ανάκλαση και διάχυση) καθορίζεται από την ένταση, τη συχνότητα και την κατεύθυνση του ήχου, όπως επίσης κι από τη θέση, το ύψος, το πλάτος και την πυκνότητα των φυτών.

Η βλάστηση αποκόπτει ευκολότερα ήχους υψηλής συχνότητας. Φυτικές μάζες με ποικιλία φυτικών ειδών είναι αποτελεσματικότερες ως στοιχεία ηχοπροστασίας, λόγω της διαφορετικής ικανότητας των διαφόρων ειδών στη μείωση χαμηλών, μέσων και υψηλών συχνοτήτων. Εκτός από τα δέντρα και τους θάμνους, η παρουσία χλοοτάπητα μειώνει επίσης το θόρυβο, σε σύγκριση με τις επιστρωμένες με σκληρά οικοδομικά υλικά επιφάνειες.

## **Ποιότητα περιβάλλοντος**

Σημαντική είναι η συμβολή των φυτών στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και την υδατική οικονομία. Η βλάστηση καθαρίζει τον αέρα:

- a) Με μηχανικό τρόπο: συγκράτηση σκόνης από το φύλλωμα δέντρων/ θάμνων ή/και από τη χλόη, έως 85% για φυτά με πλήρες φύλλωμα.
- b) Με βακτηριακό τρόπο: επιτυγχάνεται με την έκλυση βακτηριοκτόνων ουσιών από ορισμένα είδη φυτών (κυρίως κωνοφόρων).

- c) Με χημικό τρόπο: συνδέεται ιδιαίτερα με τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών.

Υπολογίζεται ότι ένα δώμα 200μ<sup>2</sup> περίπου, φυτεμένο με γρασίδι, μπορεί να καλύψει τις ετήσιες ανάγκες οξυγόνου για 100 περίπου ανθρώπους. Επίσης, οι φυτεμένες επιφάνειες συμβάλλουν στη συγκράτηση, εξυγίανση και πρόληψη της διάβρωσης των εδαφών, καθώς και στη ρύθμιση της ροής των ομβρίων, με αποτέλεσμα μια σειρά πλεονεκτημάτων, όπως τη συγκέντρωση και χρήση των ομβρίων, τη μείωση διοχέτευσης νερού στα δίκτυα αποχέτευσης έως και 50% και την αποφυγή πλημμυρών.[20]

### **Υλικά επίστρωσης υπαίθριων χώρων**

Το είδος των υλικών επίστρωσης των επιφανειών του υπαίθριου χώρου επηρεάζει καθοριστικά τόσο το θερμικό όσο και το οπτικό περιβάλλον. Υλικά με ανοιχτά χρώματα ή/και ανακλαστικές επιφάνειες αποτρέπουν την υπερθέρμανση τη θερινή περίοδο, αλλά παράλληλα μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση και ανάκλαση της θερμότητας προς τους χρήστες του χώρου και τις επιφάνειες των γύρω κτιρίων. Αντιθέτως, υλικά με σκουρόχρωμες επιφάνειες υπερθερμαίνονται, όταν εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία.

Η επικάλυψη των επιφανειών του υπαίθριου χώρου με βλάστηση παρεμποδίζει τις ανακλάσεις, ενώ ταυτόχρονα συνεισφέρει στο δροσισμό του αέρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής του φυλλώματος. Επίσης, επιφάνειες νερού, όπως λεπτά στρώματα τρεχούμενου νερού, καταρράκτες, λίμνες ή σιντριβάνια, συνεισφέρουν στην μείωση της θερμοκρασίας του αέρα και κατά συνέπεια στο δροσισμό του χώρου.

Η χρήση ψυχρών υλικών, τέλος, στον περιβάλλοντα χώρο και στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων είναι επίσης πολύ σημαντική για τη μείωση των αυξημένων θερμοκρασιών που παρατηρούνται στο δομημένο περιβάλλον. Με τον όρο «ψυχρά υλικά» νοούνται υλικά που δεν απορροφούν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας και δεν αποθηκεύουν στη μάζα τους μεγάλα ποσά θερμότητας. Πρόκειται, δηλαδή για υλικά με υψηλό συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας (εκπέμπουν με ταχύ ρυθμό τα ποσά της θερμότητας που έχουν απορροφήσει), χωρίς να χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, οπότε και δεν προκαλούν έντονα προβλήματα θάμβωσης. Τα ψυχρά υλικά εφαρμόζονται είτε σε επιφάνειες κτιρίων (επικαλύψεις, επιχρίσματα) είτε στις υπόλοιπες επιφάνειες του δομημένου περιβάλλοντος (πεζοδρόμια, δρόμοι, πλατείες, χώροι στάθμευσης κ.λπ.[1],[20]

Εν κατακλείδι, παρατηρούμε ότι δεν υπάρχουν μονοσήμαντες λύσεις, καθώς κάθε επιλογή προς μια κατεύθυνση επηρεάζει άλλες παραμέτρους της θερμικής ή οπτικής άνεσης. Ουσιαστικά ο σχεδιασμός του υπαίθριου χώρου προκύπτει από το συνδυασμό των επί μέρους επιδιώξεων, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους άνεσης, καθώς και τα ιδιαίτερα μορφολογικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της τοποθεσίας.



### 3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

#### 3.1 Περιγραφή κτιριακών εγκαταστάσεων [9]

Τα κτίρια που μελετήθηκαν για την εκπόνηση της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας βρίσκονται στο συγκρότημα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου στην Αθήνα.

Το Εργαστήριο Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών κατασκευάστηκε το 2003 μαζί με τα άλλα νέα κτίρια της σχολής Πολιτικών Μηχανικών. Σε αυτό στεγάζεται το εργαστήριο Στατικής και Αντισεισμικών Ερευνών και γραφεία διδακτικού και επιστημονικού προσωπικού.

Το κτίριο Ηχοτεχνίας κατασκευάστηκε το 1965 και σε αυτό στεγάζεται το Εργαστήριο Ηχοτεχνίας το οποίο ανήκει στη σχολή των Αρχιτεκτόνων Μηχανικών και είναι το μοναδικό στην Ελλάδα που διαθέτει εξειδικευμένη κτιριακή υποδομή για την μελέτη της συμπεριφοράς δομικών υλικών σε σχέση με τον ήχο.



Εικόνα 34: Κτίρια Σχολής Πολιτικών Μηχανικών στην Πολυτεχνειούπολη (Πηγή:map.ntua.gr)

#### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

Το **Εργαστήριο Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών** υπάγεται στον Τομέα Δομοστατικής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών και είναι ένα από τα αρχαιότερα εργαστήρια του Ε.Μ.Π. Λειτουργήσε από το 1917 και θεσμοθετήθηκε επισήμως με το υπ' αριθμόν 132 Βασιλικό Διάταγμα (ΦΕΚ Α', Αρ. Φύλλου 32, 22-2-1962). Στον Τομέα υπηρετούν 7 μέλη Διδακτικού Ερευνητικού Προσωπικού ΔΕΠ.

Το αντικείμενο του Εργαστηρίου καλύπτει τον σχεδιασμό και την ανάλυση δομικών έργων καθώς και τον αντισεισμικό σχεδιασμό κατασκευών. Εκτός από την υποστήριξη του εκπαιδευτικού έργου της Σχολής, στο Εργαστήριο διεξάγεται βασική και εφαρμοσμένη έρευνα μέσω διπλωματικών & μεταπτυχιακών εργασιών, διδακτορικών διατριβών και ερευνητικών προγραμμάτων και παρέχονται εξειδικευμένες υπηρεσίες σε δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς.

Το Εργαστήριο διαθέτει αίθουσα πειραμάτων, εξοπλισμένη με γερανογέφυρα μέγιστης ανυψωτικής ικανότητας 12.5 τόνων, έμβολο επιβολής δυνάμεων-

μετακινήσεων 100kN μεγάλης διαδρομής με δυνατότητα επιβολής δυναμικών χρονοϊστοριών, έμβολα επιβολής δυνάμεων-μετακινήσεων μεγάλης διαδρομής με δυνατότητα επιβολής ψευδοστατικών φορτίσεων, μικρής κλίμακας Σεισμική Τράπεζα ενός βαθμού ελευθερίας και ελαφρές πειραματικές διατάξεις φόρτισης ισοστατικών και υπερστατικών υπό κλίμακα πλαισίων για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Το Εργαστήριο διαθέτει επίσης δίκτυο προσωπικών υπολογιστών για διεξαγωγή μαθηματικών προσομοιώσεων, αυτόνομα ή με σύνδεση προς το υπολογιστικό κέντρο του ΕΜΠ αποτελούμενο από 100 προσωπικούς (επιτραπέζιους και φορητούς) υπολογιστές τελευταίας γενιάς καθώς και δικτύο διασυνδεδεμένων υπολογιστών. Τέλος, το Εργαστήριο διαθέτει αίθουσα διαλέξεων επίσης εξοπλισμένη με δίκτυο προσωπικών υπολογιστών.

Η ερευνητική δραστηριότητα του Εργαστηρίου εντάσσεται στις ακόλουθες δύο κύριες περιοχές:

- Υπολογιστική Δομική Μηχανική (γραμμική και μη γραμμική θεωρία ελαστικότητας, ελαστική ευστάθεια φορέων, στατική και δυναμική ανάλυση φορέων, μη γραμμική ελαστοπλαστική ανάλυση φορέων, ανάλυση υστερητικών συστημάτων, ταυτοποίηση μη γραμμικών συστημάτων) και
- Ανάλυση και Σχεδιασμός Κατασκευών (βέλτιστος σχεδιασμός κατασκευών, στοχαστική ανάλυση και σχεδιασμός κατασκευών, ανάλυση ιστορικών κατασκευών, σεισμική μόνωση κατασκευών, αποτίμηση φέρουσας ικανότητας κατασκευών, αποκατάσταση και ενίσχυση κατασκευών).

Το Εργαστήριο Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών χωρίζεται σε τέσσερα επίπεδα.

Στο επίπεδο 1 βρίσκεται η αποθήκη του εργαστηρίου επιφάνειας 95 m<sup>2</sup>.

Στο επίπεδο 2 υπάρχουν τα γραφεία ερευνητικών συνεργατών, διδακτικού ερευνητικού προσωπικού και ο χώρος διεξαγωγής πειραμάτων επιφάνειας 52,61 m<sup>2</sup>.

Στο επίπεδο 3 βρίσκεται το γραφείο Ομότιμου Καθηγητή, γραφεία ερευνητικών συνεργατών και διδακτικού ερευνητικού προσωπικού, καθώς και η αίθουσα συσκέψεων.

Τέλος, στο επίπεδο 4 βρίσκονται γραφεία διδακτικού ερευνητικού προσωπικού και ερευνητικών συνεργατών, το γραφείο του διευθυντή του εργαστηρίου και η γραμματεία του εργαστηρίου.

Ακόμη, στα επίπεδα 2, 3 και 4 υπάρχουν χώροι WC (ανδρών -γυναικών).

Όσον αφορά τα ωράρια χρήσης του, χρησιμοποιείται από τις 08:00 το πρωί μέχρι τις 20:00 το βράδυ. Το χρονικό διάστημα όμως κατά το οποίο παρουσιάζει τους μέγιστους χρήστες είναι από τις 08:00 μέχρι τις 14:00 που γίνονται τα περισσότερα μαθήματα της Σχολής.

Λόγω της μικρής ηλικίας του κτιρίου, δεν έχει χρειαστεί να πραγματοποιηθούν δράσεις ΑΠΕ (ανανεώσιμων πηγών ενέργειας) ή δράσεις ΕΞΕΝ (εξοικονόμησης ενέργειας). Ακόμη, δεν έχει χρειαστεί να ληφθούν δράσεις συντήρησης του κτιρίου και αλλαγές στον Η/Μ εξοπλισμό.



Εικόνα 35: Εργαστήριο Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών (Πηγή:  
<http://www.civil.ntua.gr/isaar/el/homepage>)

## ΚΤΙΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ

Πρόκειται για ένα διώροφο κτίριο οπλισμένου σκυροδέματος του οποίου η δόμηση ανέρχεται στα 1176 m<sup>2</sup> και η κάλυψη στα 747. Από το σύνολο του κτιρίου μόνο τα 310,5 m<sup>2</sup> ανήκουν στη σχολή Πολιτικών μηχανικών και για αυτά πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις. Οι χώροι αυτοί βρίσκονται στο ισόγειο και σε αυτούς περιλαμβάνονται ο χώρος του θυρωρού επιφάνειας 9,5 m<sup>2</sup>, γραφεία επιφανειών 26,25 m<sup>2</sup>, 19,25 m<sup>2</sup> και 57,6 m<sup>2</sup> καθώς και το αμφιθέατρο που χρησιμοποιείται από τη σχολή Πολιτικών Μηχανικών για την πραγματοποίηση διαλέξεων με επιφάνεια 62,5 m<sup>2</sup>.

Όσον αφορά τις ώρες χρήσης του κτιρίου, υπάρχουν εργαζόμενοι από τις 08:00 μέχρι τις 20:00.

Δεν έχουν γίνει εργασίες εξοικονόμησης ενέργειας, ούτε δράσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Εικόνα 36 : Κτίριο Ηχοτεχνίας (Πηγή:map.ntua.gr)

### **3.2.Ενεργειακή κατανάλωση**

Η μορφή ενέργειας που καταναλώνεται στα κτίρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών που εξετάσαμε είναι ο ηλεκτρισμός.

Ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιείται για τον φωτισμό των κτιρίων και των χώρων τους, την ψύξη μέσω αυτόνομων διαιρούμενων μονάδων, την λειτουργία των Η/Υ, των περιφερειακών συσκευών (εκτυπωτές, plotter κ.ά.), όπως και για τη λειτουργία του εργαστηριακού εξοπλισμού του εκάστοτε κτιρίου. Ακόμη, ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιείται και για ένα πλήθος από άλλες ηλεκτρικές συσκευές.

Στο σύστημα της κεντρικής θέρμανσης και ψύξης στα νέα κτίρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών χρησιμοποιούνται αντλίες θερμότητας για κάθε κτίριο. Το σύστημα ψύξης/θέρμανσης λειτουργεί τις καθημερινές μέρες από τις 8 το πρωί μέχρι και τις 5 το απόγευμα για 10 μήνες, χρησιμοποιείται δε από το Νοέμβριο μέχρι το Μάρτιο για τη θέρμανση και από το Απρίλιο μέχρι τον Οκτώβριο για την ψύξη των χώρων.

Η κεντρική θέρμανση λειτουργεί τις καθημερινές μέρες από τις 8 το πρωί μέχρι και τις 5 το απόγευμα για 4 μήνες, από το Νοέμβριο μέχρι το Μάρτιο για θέρμανση των χώρων.

Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των κτιρίων, που παρουσιάζονται παρακάτω υπολογίστηκε σε καθένα:

- ❖ με αναλυτική καταγραφή όλου του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του κτιρίου
- ❖ με ερωτήσεις προς τους χρήστες του κάθε χώρου με σκοπό την εκτίμηση της διάρκειας φορτίου κάθε φωτιστικού σώματος και κάθε συσκευής
- ❖ πολλαπλασιάζοντας την ονομαστική ισχύ κάθε συσκευής με την αντίστοιχη διάρκεια φορτίου για ένα έτος.

#### **Βασικές παραδοχές:**

- Θεωρούμε ότι η εκτίμηση της διάρκειας φορτίου για κάθε συσκευή (ηλεκτρική συσκευή και συσκευή φωτισμού) που δόθηκε από τους χρήστες, αν και υποκειμενική ήταν προς την σωστή κατεύθυνση.
- Δεν μετρήθηκαν οι ηλεκτρικές καταναλώσεις των κτιρίων από τα φορτία των προβολέων εξωτερικού φωτισμού.
- Η κατανάλωση ενέργειας από το κεντρικό σύστημα κάθε κτιρίου συμπεριλήφθηκε στην κατανάλωση της ενέργειας για θέρμανση και κλιματισμό, και υπολογίστηκε προσεγγιστικά με βάση τα δεδομένα που μας δόθηκαν ως εξής:

#### **Θεωρήσαμε 4 βαθμίδες λειτουργίας για κάθε αντλία θερμότητας:**

1. Από τις 8.00-11.00 δουλεύει στο 25%
2. Από τις 11.00-13.00 δουλεύει στο 50%
3. Από τις 13.00-15.00 δουλεύει στο 100%
4. Από τις 15.00-17.00 δουλεύει στο 25%

Πολλαπλασιάσαμε, λοιπόν, την ηλεκτρική ισχύ της κάθε αντλίας θερμότητας (σε  $KW_e$ ) με κάθε ένα από τα παραπάνω χρονικά διαστήματα για τον υπολογισμό της ημερήσιας κατανάλωσης (σε  $KWh$ ) και, με βάση αυτήν, υπολογίσαμε την ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για την ψύξη/θέρμανση των χώρων κάθε κτιρίου (σε  $KWh$ ).

- Στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και κλιματισμό περιλαμβάνεται η κατανάλωση των επιπλέον συσκευών θέρμανσης και ψύξης που καταγράφηκαν (ηλ. καλοριφέρ, αερόθερμο, ανεμιστήρες κ.ά.)
- Κατά τη διάρκεια καταγραφής του εξοπλισμού του κτιρίου κάποιοι χώροι παρέμειναν κλειστοί σε μόνιμη βάση και μη προσβάσιμοι για καταγραφή όπως κάποιες αποθήκες, χώροι αρχείων, γραφεία που δε χρησιμοποιούνται λόγω απουσίας, απώλειας ή συνταξιοδότησης καθηγητών, καθώς και χώροι εργαστηρίων με σπάνια έως μηδενική χρήση. Στους χώρους αυτούς, γίνεται επομένως η παραδοχή πως η κατανάλωση ενέργειας των ηλεκτρικών συσκευών είναι μηδενική, πράγμα το οποίο και δεν απέχει πολύ από την πραγματικότητα.
- Σε όλα σχεδόν τα κτίρια που μελετήθηκαν, θεωρήσαμε ότι οι αντλίες θερμότητας σε κάθε κτίριο καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια για τη θέρμανση ή την ψύξη των χώρων του, η οποία σε κάθε επίπεδο είναι ανάλογη της επιφάνειας του επιπέδου ( $m^2$ ) (σε κάποιες περιπτώσεις λήφθηκε υπόψη και το είδος του χώρου).
- Οι ισχύεις, οι οποίες αναφέρονται στις αντλίες θερμότητας αφορούν στα ψυκτικά φορτία και, συνεπώς, για να μετατρέψουμε αυτά τα φορτία σε ηλεκτρικά χρησιμοποιούμε κάποιους συντελεστές απόδοσης. Για την περιοχή

της Αττικής, ο βαθμός απόδοσης είναι περίπου 3, καθώς η περιοχή εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Β. [53]

- Σε ότι αφορά την κεντρική θέρμανση του κτιρίου δεν υπάρχουν στοιχεία ούτε από τιμολόγια (υπάρχει ενιαίος λογαριασμός για όλη την Πολυτεχνειούπολη) αλλά ούτε και από μετρητές που να καταδεικνύουν την κατανάλωση του φυσικού αερίου. Για να υπάρξει, επομένως, μια εκτίμηση της ετήσιας κατανάλωσης του φυσικού αερίου έγινε η παραδοχή ότι το σύστημα της κεντρικής θέρμανσης λειτουργεί με **βάση τις κλιματικές συνθήκες** της περιοχής, θεωρώντας ότι:
  - για θερμοκρασίες  $< 12^{\circ}\text{C}$  το σύστημα λειτουργεί για 7 ώρες
  - για θερμοκρασίες από  $12^{\circ}\text{C}$  -  $16^{\circ}\text{C}$  το σύστημα λειτουργεί για 5 ώρες
  - για θερμοκρασίες από  $16^{\circ}\text{C}$  -  $20^{\circ}\text{C}$  το σύστημα λειτουργεί για 3 ώρες
  - για θερμοκρασίες  $> 20^{\circ}\text{C}$  το σύστημα δε λειτουργεί.

Τα στοιχεία αναφέρονται στις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος της περιόδου Νοεμβρίου 2015 -Μαρτίου 2016. [54]

### **3.2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΣΤΑΤΙΚΗΣ & ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ**

#### **3.2.1.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα φορτία φωτισμού Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών**

Προκειμένου να προσδιοριστεί μια εκτίμηση της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα φορτία φωτισμού για το κτίριο του Τομέα Στατικής, κατεγράφησαν αναλυτικά όλοι οι λαμπτήρες φωτισμού ανά είδος και ανά χώρο του κτιρίου και ακόμη εκτιμήθηκε η διάρκεια του φορτίου για κάθε λαμπτήρα ξεχωριστά, ανάλογα με τον χώρο που βρίσκονται αυτοί και με ερωτήσεις προς τους χρήστες του κάθε χώρου.

Τα είδη των φωτιστικών/λαμπτήρων, που χρησιμοποιούνται στους χώρους του κτιρίου είναι:

α) Ορθογώνιο φωτιστικό πλαίσιο οροφής με ανακλαστήρα ή και χωρίς, που περιέχει 2 σωλήνες φθορισμού των 36W διαμέτρου T8 και μήκους 120 cm ο καθένας. Για τη λειτουργία του φωτιστικού χρησιμοποιούνται 2 ηλεκτρομαγνητικά στραγγαλιστικά πηνία με απώλειες  $2 \cdot 8 = 16 \text{ W}$ , και επομένως το φωτιστικό πλαίσιο έχει συνολική κατανάλωση ίση με  $2 \cdot 36\text{W} + 16\text{W} = 88\text{W}$ . [32]

β) Τετράγωνο φωτιστικό πλαίσιο οροφής με μεταλλικό ανακλαστήρα που περιέχει 4 σωλήνες φθορισμού των 18W διαμέτρου T8 και μήκους 60 cm έκαστος. Για τη λειτουργία του φωτιστικού χρησιμοποιούνται 2 ηλεκτρομαγνητικά στραγγαλιστικά πηνία με απώλειες  $2 \cdot 8 = 16 \text{ W}$ , και άρα το πλαίσιο έχει συνολική κατανάλωση ίση με  $4 \cdot 18\text{W} + 16\text{W} = 88\text{W}$ . [32]

γ) κυκλικές λάμπες φθορίου των 32W στους χώρους WC των κτιρίων. [47]



Εικόνα 37: Ορθογώνιο και Τετράγωνο φωτιστικό πλαίσιο

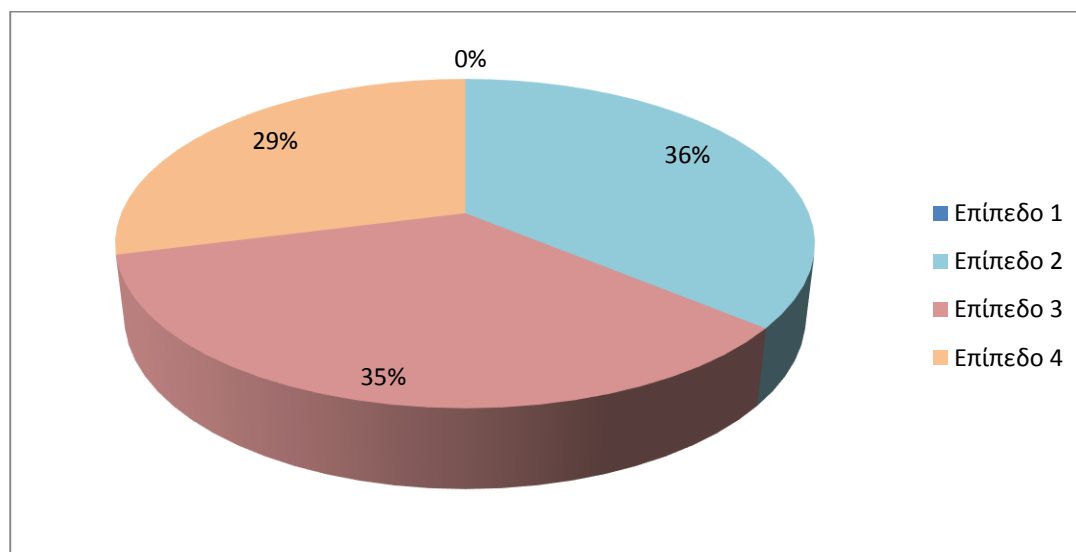
Στον παρακάτω Πίνακα 3.1.1 παρουσιάζεται ο αριθμός των φωτιστικών ανά είδος και ανά επίπεδο που κατεγράφησαν κατά την διάρκεια της επιθεώρησης.

ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ			
	ΕΠΙΠΕΔΟ 1	ΕΠΙΠΕΔΟ 2	ΕΠΙΠΕΔΟ 3	ΕΠΙΠΕΔΟ 4
Τετράγωνο πλαίσιο (88W)	-	51	3	-
Ορθογώνιο πλαίσιο (88W)	-	13	44	63
Σωλήνες φθορισμού (44 W)	-	-	-	-
Φωτιστικά μάνιου με λάμπες φθορίου των 32 W	-	4	4	4
Λάμπες πυρακτώσεως (60W)	-	-	-	-
Φωτιστικά οροφής με λάμπα φθορίου σπειροειδείς(15W)	-	-	-	-
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ (kW)</b>	-	<b>5,760</b>	<b>4,260</b>	<b>5,672</b>
<b>ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ(kWh/y)</b>	-	<b>5670,88</b>	<b>5415,68</b>	<b>4794,40</b>

Πίνακας 3.1.1: Αριθμός ανά είδος και όροφο ,εγκατεστημένη ισχύς φωτιστικών και ετήσια κατανάλωση ανά όροφο

Όπως παρατηρείται και από τον παραπάνω πίνακα με απλή άθροιση, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού για όλο το κτίριο του Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών είναι **15,692 kW**. Σε αυτή την ισχύ, συμπεριλαμβάνεται η ισχύς των κλιμάκων και η ισχύς των ηλεκτρομαγνητικών στραγγαλιστικών πηνίων. Ακόμη, παρατηρείται ότι η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό είναι ίση με **15610,96 kWh/y**, Στο γράφημα 3.3.1 παρουσιάζεται η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τον φωτισμό του εργαστηρίου σε κάθε επίπεδο

του. Παρατηρούμε ότι υπάρχει ισοκατανομή της ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας για τον φωτισμό του εργαστηρίου..



Γράφημα 3.1.1.: Κατανομή της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό του Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών ανά επίπεδο

### 3.2.1.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη/θέρμανση Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών

Πέρα από αυτό όμως, επειδή σε ορισμένους χώρους είτε το κεντρικό αυτό σύστημα ψύξης/θέρμανσης δε λειτουργεί, είτε το σύστημα αυτό δε μπορεί να εξυπηρετήσει πλήρως τις θερμικές/ψυκτικές ανάγκες που υπάρχουν σε αυτούς τους χώρους, χρησιμοποιούνται συχνά, για ψύξη και τη θέρμανση των χώρων αυτών, άλλες αυτόνομες ηλεκτρικές συσκευές. Η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται για σκοπούς θέρμανσης και ψύξης αφορά πέρα από την αντλία θερμότητας και:

- στα fan coils (f/c) για την λειτουργία του ανεμιστήρα αυτών
- στα συστήματα κλιματισμού (A/C) για την λειτουργία του ανεμιστήρα αυτών
- σε μικρό αριθμό φορητών ηλεκτρικών θερμαντικών/ψυκτικών συσκευών (ανεμιστήρες, αερόθερμα, ηλ. καλοριφέρ, κ.ά.)

Στο παράρτημα παρουσιάζονται αναλυτικά οι χώροι στους οποίους γίνεται χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση/ψύξη, όπως επίσης η διάρκεια φορτίου και η κατανάλωση των ψυκτικών/ θερμαντικών σωμάτων.[48],[50]

Στον παρακάτω Πίνακα 3.3.2 φαίνεται ο αριθμός των θερμαντικών/ψυκτικών συσκευών που υπάρχουν σε κάθε Επίπεδο του κτιρίου, καθώς και η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις 3 κατηγορίες θερμαντικών/ψυκτικών συσκευών που αναφέρθηκαν πιο πάνω.



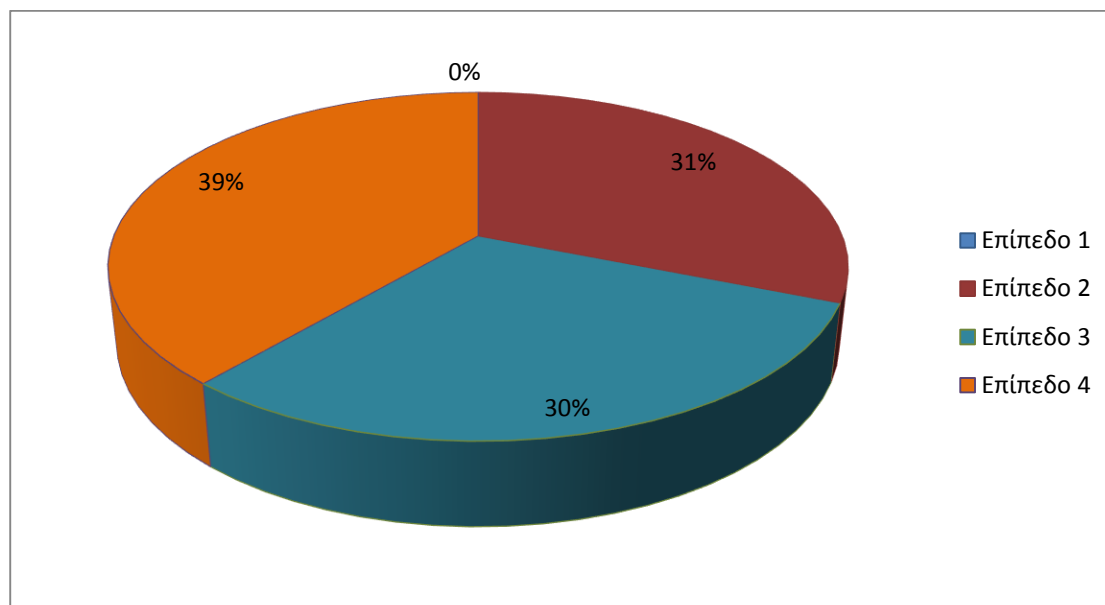
Επίπεδα Εργαστηρίου Στατικής και Αντισεισμικών Ερευνών	Αριθμός θερμαντικών/ψυκτικών συσκευών			
	Σύστημα θέρμανσης/ψύξης με αντλία θερμότητας 246,5 KW/h	Fan coils (f/c)	Air Condition (A/C)	Άλλες ψυκτικές/θερμαντικές συσκευές
Επίπεδο 1		-	-	-
Επίπεδο 2		11	-	1
Επίπεδο 3		12	-	6
Επίπεδο 4		21	-	14
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας/είδος συσκευής (KWh/y)	49300	2601	-	3172,6

Πίνακας 3.1.2: Αριθμός θερμαντικών/ψυκτικών συσκευών ανά όροφο και ανά είδος

Στον Πίνακα 3.1.3 και το γράφημα 3.1.2 παρουσιάζεται η κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για ψύξη ή θέρμανση, ανά όροφο στο εργαστήριο.

Επίπεδα Εργαστηρίου Στατικής και Αντισεισμικών Ερευνών	Ετήσια Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για ψύξη/θέρμανση (KWh/y)
Επίπεδο 1	0
Επίπεδο 2	15881,02
Επίπεδο 3	15482,5
Επίπεδο 4	19772,2
<b>Σύνολο:</b>	<b>51135,72</b>

Πίνακας 3.1.3: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη/θέρμανση ανά όροφο



Γράφημα 3.1.2: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη/θέρμανση ανά όροφο

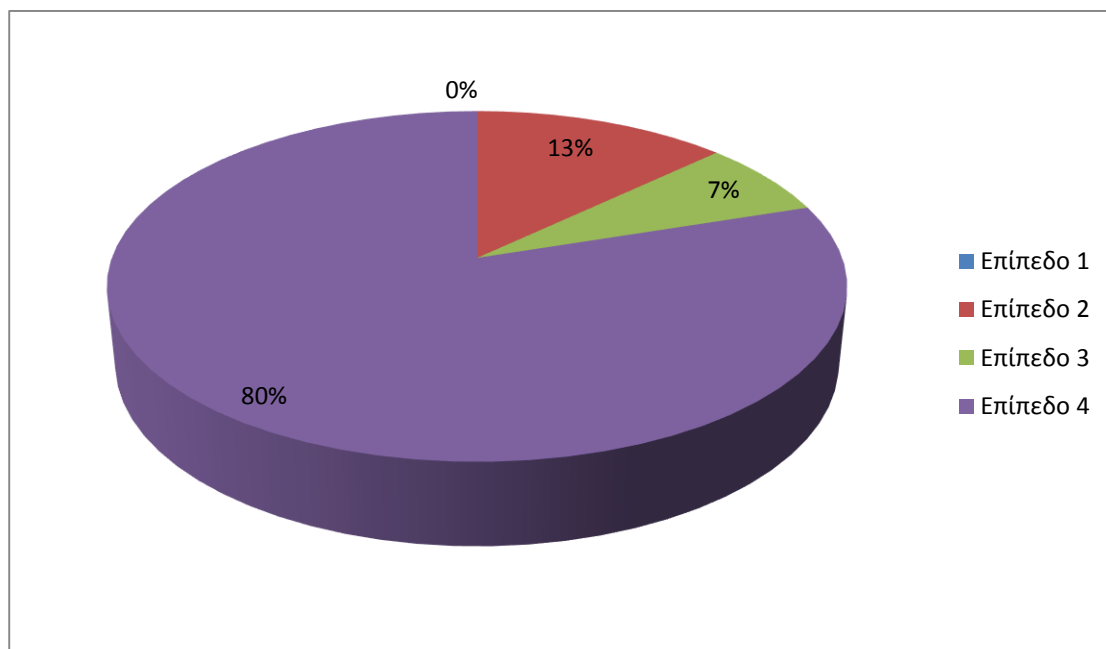
### 3.2.1.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των ηλεκτρικών συσκευών Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών

Στο κτίριο του Τομέα Στατικής, κατά την επιθεώρηση, κατεγράφησαν όλοι οι επιτραπέζιοι Η/Υ μαζί με LCD οθόνη, οι φορητοί υπολογιστές (laptop), διαφόρων ειδών εκτυπωτές (inkjet, DeskJet, εκτυπωτές laser, κ.ά.), φωτοτυπικά μηχανήματα και μηχανήματα fax καθώς επίσης και ένα σύνολο άλλων περιφερειακών συσκευών. Τέλος, κατεγράφησαν και κάποιες οικιακές και λευκές συσκευές που υπήρχαν σε ορισμένους χώρους.[48],[50],[51] Στον Πίνακα 3.3.4 φαίνονται για κάθε όροφο το πλήθος και το είδος των συσκευών.

ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΟ			
	ΕΠΙΠΕΔΟ 1	ΕΠΙΠΕΔΟ 2	ΕΠΙΠΕΔΟ 3	ΕΠΙΠΕΔΟ 4
H/Y+LCD monitor (250W)	-	14	6	19
Server H/Y+LCD monitor (250W)	-	-	-	8
Laptop (50W)	-	3	4	6
Εκτυπωτές DeskJet (22W)	-	-	-	-
Εκτυπωτές Inkjet (40W)	-	-	3	10
Εκτυπωτές Laser (830W)	-	-	-	1
Εκτυπωτές Laser (130W)	-	2	1	-
Εκτυπωτής Lexmark c530dn (750W)	-	-	-	1
Εκτυπωτής Samsung clr-680nd (500W)	-	-	-	1
TV LCD (80W)	-	-	-	1
Φωτοτυπικό Μηχάνημα (1200W)	-	2	-	1
Πολυμηχάνημα (22W)	-	-	-	1
Επεξεργαστής Zeon (700 W)	-	-	-	3
Ψυγείο (70W)	-	1	-	5
Καφετιέρα (1000W)	-	2	-	1
Κουζίνα (1500W)	-	1	-	-
Μηχάνημα fax (500W)	-	1	1	1
Plotter Design Jet (200W)	-	2	-	-
Φωτιστικό Γραφείου (25W)	-	2	1	6
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ (kW)</b>	-	<b>10,83</b>	<b>2,475</b>	<b>14,932</b>
<b>ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ(kWh/y)</b>	-	<b>5662,61</b>	<b>3018,09</b>	<b>35126,72</b>

Πίνακας 3.1.4:Αριθμός ηλεκτρικών συσκευών ανά είδος συσκευής και ανά επίπεδο, εγκατεστημένη ισχύς και καταναλισκόμενη ενέργεια συσκευών ανά όροφο

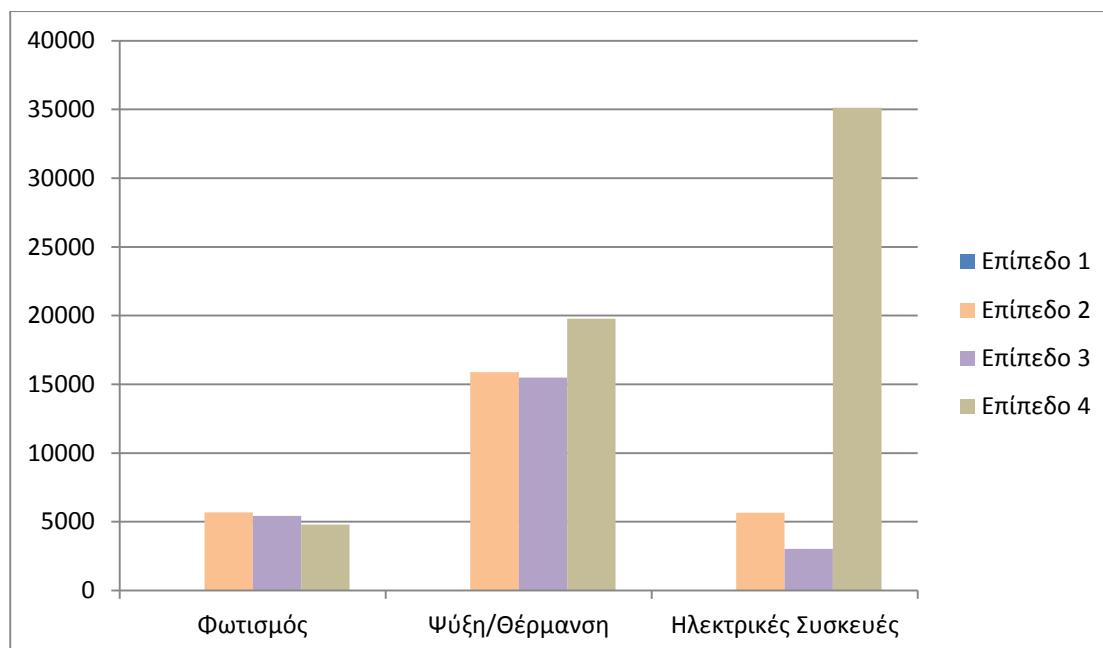
Στο γράφημα 3.1.3 φαίνεται η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται στο κτίριο Στατικής ανά Επίπεδο.



Γράφημα 3.1.3: Κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας των ηλεκτρικών συσκευών ανά επίπεδο

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε, στο 4ο επίπεδο υπάρχει το μεγαλύτερο ποσοστό της κατανάλωσης των ηλεκτρικών συσκευών (πάνω από 50%). Αυτό οφείλεται στο ότι στον 4ο όροφο, όπου βρίσκεται σχεδόν το σύνολο των γραφείων των καθηγητών, μεταπτυχιακών φοιτητών, κ.ά., υπάρχει σημαντική κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος με συσκευές σημαντικής ενεργειακής κατανάλωσης και καθημερινής σχεδόν χρήσης.

Μια πιο αναλυτική προσέγγιση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται στο επόμενο διάγραμμα, στο οποίο παρουσιάζεται η κατανομή της αντίστοιχης κατανάλωσης ανά χρήση σε κάθε όροφο του εξεταζόμενου κτιρίου όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.3.1 .



Διάγραμμα 3.3.1 : Κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας kWh/y ανά όροφο και χρήση για το Εργαστήριο Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών

## 3.2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ

### 3.2.2.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα φορτία φωτισμού κτιρίου Ηχοτεχνίας

Προκειμένου να γίνει μια εκτίμηση της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα φορτία φωτισμού για το κτίριο της Ηχοτεχνίας, κατεγράφησαν αναλυτικά όλοι οι λαμπτήρες φωτισμού ανά είδος και ανά χώρο του κτιρίου και ακόμη εκτιμήθηκε η διάρκεια του φορτίου για κάθε λαμπτήρα ξεχωριστά, ανάλογα με τον χώρο που βρίσκονται αυτοί και με ερωτήσεις προς τους χρήστες του κάθε χώρου.

Τα είδη των φωτιστικών/λαμπτήρων, που χρησιμοποιούνται στους χώρους του κτιρίου είναι:

α) Ορθογώνιο φωτιστικό πλαίσιο οροφής με ανακλαστήρα ή και χωρίς, που περιέχει 2 σωλήνες φθορισμού των 36W διαμέτρου T8 και μήκους 120 cm ο καθένας. Για τη λειτουργία του φωτιστικού χρησιμοποιούνται 2 ηλεκτρομαγνητικά στραγγαλιστικά πηνία με απώλειες  $2 \cdot 8 = 16$  W, και επομένως το φωτιστικό πλαίσιο έχει συνολική κατανάλωση ίση με  $2 \cdot 36W + 16W = 88W$ . [32]

β) Τετράγωνο φωτιστικό πλαίσιο οροφής με μεταλλικό ανακλαστήρα που περιέχει 4 σωλήνες φθορισμού των 18W διαμέτρου T8 και μήκους 60 cm έκαστος. Για τη λειτουργία του φωτιστικού χρησιμοποιούνται 2 ηλεκτρομαγνητικά στραγγαλιστικά πηνία με απώλειες  $2 \cdot 8 = 16$  W, και άρα το πλαίσιο έχει συνολική κατανάλωση ίση με  $4 \cdot 18W + 16W = 88W$ . [32]

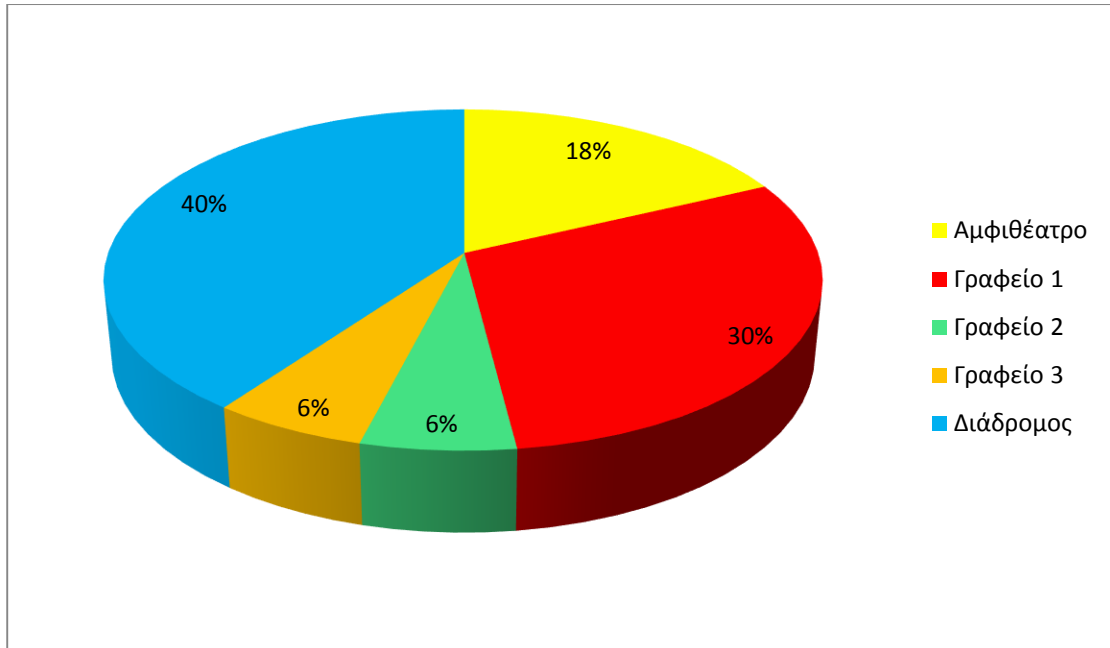
Στον παρακάτω Πίνακα 3.2.1 παρουσιάζεται ο αριθμός των φωτιστικών ανά είδος και ανά όροφο που κατεγράφησαν κατά την διάρκεια της επιθεώρησης.

ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ
	ΙΣΟΓΕΙΟ
Τετράγωνο πλαίσιο (88W)	4
Ορθογώνιο πλαίσιο (88W)	19
Σωλήνες φθορισμού (44 W)	-
Φωτιστικά μπάνιου με λάμπες φθορίου των 32 W	-
Λάμπες πυρακτώσεως (60W)	-
Φωτιστικά οροφής με λάμπα φθορίου σπειροειδείς(15W)	-
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ (kW)</b>	<b>2,024</b>
<b>ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ(kWh/y)</b>	<b>1830,4</b>

Πίνακας 3.2.1: Αριθμός ανά είδος και όροφο, εγκατεστημένη ισχύς φωτιστικών και ετήσια κατανάλωση ανά όροφο

Όπως παρατηρείται και από τον παραπάνω πίνακα με απλή άθροιση, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού για το κτίριο της Ηχοτεχνίας είναι **2,024 kW**. Σε αυτή την ισχύ, συμπεριλαμβάνεται και η ισχύς των ηλεκτρομαγνητικών στραγγαλιστικών πηνίων για τη λειτουργία των σωλήνων φθορισμού T8. Ακόμη, παρατηρείται ότι η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό είναι ίση με **1830,4 kWh/y**.

Τέλος, στο Γράφημα 3.2.1 παρουσιάζεται η κατανομή της ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για φωτισμό ανά είδος χώρου. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μέρος αυτής, χρησιμοποιείται για τον φωτισμό του Διαδρόμου, ενώ ένα σημαντικό μέρος αυτής της ενέργειας χρησιμοποιείται για το φωτισμό των γραφείου 1.



Γράφημα 3.2.1: Κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό ανά είδος χώρου

### 3.2.2.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη/θέρμανση κτιρίου Ηχοτεχνίας

Στο κτίριο Ηχοτεχνίας, υπάρχει σύστημα κεντρικού/ημικεντρικού κλιματισμού τόσο για την θέρμανση όσο και για την ψύξη των διαφόρων χώρων. Για τις ανάγκες θέρμανσης των χώρων χρησιμοποιείται το σύστημα θέρμανσης με φυσικό αέριο, το οποίο αποτελείται από λέβητα με ισχύ 150000 kcal/h. Ωστόσο, επειδή το σύστημα αυτό πολλές φορές δεν εξυπηρετεί πλήρως τις θερμικές ανάγκες των χώρων καθώς και για την ψύξη των χώρων αυτών, χρησιμοποιούνται συχνά, αυτόνομες διαιρούμενες κλιματιστικές συσκευές. Η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται για σκοπούς θέρμανσης και ψύξης αφορά κυρίως:

- στα συστήματα κλιματισμού (A/C) για την λειτουργία του ανεμιστήρα αυτών
- σε μικρό αριθμό φορητών ηλεκτρικών θερμαντικών /ψυκτικών συσκευών (αερόθερμα, ηλ. καλοριφέρ, κ.ά.)

Επίπεδα κτιρίου Ηχοτεχνίας	Αριθμός θερμαντικών/ψυκτικών συσκευών	
	Air condition (A/C)	Άλλες ψυκτικές/θερμαντικές συσκευές
Ισόγειο	3	1
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας/είδος συσκευής (KWh/y)	1425,00	576,00

Πίνακας 3.2.2: Αριθμός θερμαντικών/ψυκτικών συσκευών ανά όροφο και ανά είδος

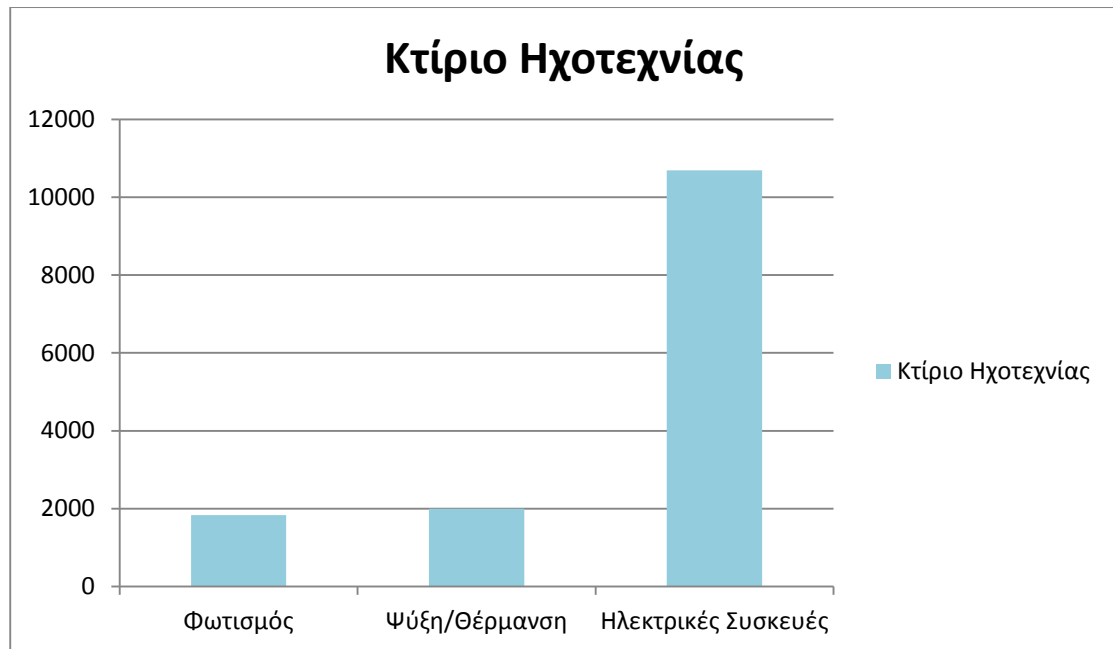
### 3.2.2.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των ηλεκτρικών συσκευών κτιρίου Ηχοτεχνίας

Στο κτίριο Ηχοτεχνίας της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών έγινε επιθεώρηση, στην οποία κατεγράφησαν όλοι οι επιτραπέζιοι Η/Υ μαζί με LCD οθόνη, οι φορητοί υπολογιστές (laptop), διαφόρων ειδών εκτυπωτές (inkjet, DeskJet, εκτυπωτές laser, κ.ά.), φωτοτυπικά μηχανήματα και μηχανήματα fax καθώς επίσης και ένα σύνολο άλλων περιφερειακών συσκευών. Τέλος, κατεγράφησαν και κάποιες οικιακές συσκευές που υπήρχαν σε ορισμένους χώρους. Στον Πίνακα 3.2.3 φαίνονται για κάθε όροφο το πλήθος και το είδος των συσκευών για το κτίριο Ηχοτεχνίας.

ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ
	ΙΣΟΓΕΙΟ
Η/Υ+LCD monitor (250W)	3
Laptop (50W)	-
Εκτυπωτές DeskJet (22W)	-
Εκτυπωτές Inkjet (40W)	-
Εκτυπωτές Laser (830W)	-
Φωτοτυπικό μηχάνημα (750W)	-
Πολυμηχάνημα (13W)	-
Μηχάνημα fax (500W)	-
Projector (485 W)	-
Ψυγείο (70W)	1
Καφετιέρα (1000W)	-
Φούρνος μικροκυμάτων(1150W)	-
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ (kW)</b>	<b>0,82</b>
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ (kW/y)</b>	<b>10690,4</b>

Πίνακας 3.2.3:Αριθμός ηλεκτρικών συσκευών ανά είδος συσκευής και ανά όροφο, εγκατεστημένα ισχύς και καταναλισκόμενη ενέργεια συσκευών ανά όροφο

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση στο ισόγειο του κτιρίου Ηχοτεχνίας όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.3.1 .



Διάγραμμα 3.3.2 : Κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας kWh/y ανά χρήση για το Κτίριο Ηχοτεχνίας

### 3.3 Συνολικές Ενεργειακές Καταναλώσεις των Κτιρίων της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών

#### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Το Εργαστήριο των Μεταλλικών Κατασκευών χωρίζεται σε 4 επίπεδα. Έχει συνολική επιφάνεια 2.120 m<sup>2</sup>. Ο χώρος δοκιμών έχει επιφάνεια 640 m<sup>2</sup>. Τα γραφεία του προσωπικού και οι βοηθητικοί χώροι καταλαμβάνουν 650 m<sup>2</sup>. Το κτίριο διαθέτει αμφιθέατρο επιφάνειας 95 m<sup>2</sup>, καθώς και PC Lab επιφάνειας 100 m<sup>2</sup>. Ακόμη, οι αποθήκες, ο χώρος αγκυρώσεως δοκιμών και οι λοιποί βοηθητικοί χώροι καταλαμβάνουν επιφάνεια 375 m<sup>2</sup>.

Στο επίπεδο 1 (υπόγειο) υπάρχει το Pc lab του κτιρίου, ο χώρος αγκύρωσης των δοκιμών, χώροι Η/Μ εγκαταστάσεων, καθώς και διάφοροι άλλοι χώροι αποθήκευσης.

Στο επίπεδο 2 (ισόγειο) υπάρχει κυρίως το εργαστήριο των Μεταλλικών Κατασκευών επιφάνειας 594 m<sup>2</sup> και το μηχανουργείο, ενώ υπάρχουν ακόμη γραφεία υπ. Διδακτόρων και αποδυτήρια.

Στο επίπεδο 3, όπου βρίσκεται και η κύρια είσοδος για το κτίριο, βρίσκονται γραφεία καθηγητών, η γραμματεία του εργαστηρίου και αμφιθέατρο 61 θέσεων.

Τέλος, στο επίπεδο 4 βρίσκονται γραφεία καθηγητών και μεταπτυχιακών φοιτητών.



Ακόμη, σε όλα τα επίπεδα υπάρχουν χώροι WC( ανδρών -γυναϊκών), ενώ στα επίπεδα 3 και 4 υπάρχουν επιπλέον χώροι WC AMEA και κουζίνα.(WC AMEA υπάρχει και στο επίπεδο 2).Τονίζεται ότι τα επίπεδα 3 και 4 είναι αρκετά μικρότερα σε επιφάνεια από τα άλλα δυο. Οι χώροι στα επίπεδα 2,3 και 4 συνδέονται με εσωτερικές και εξωτερικές σκάλες, ενώ στο επίπεδο 1 είναι ανεξάρτητο. Όλα τα επίπεδα συνδέονται μεταξύ τους με ανελκυστήρα.

Οι συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις ανέρχονται σε **146036,10 KWh**.



Εικόνα 38 : Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών (Πηγή : <http://labmetalstructures.civil.ntua.gr/cms/el/>)



Διάγραμμα 3.3.1 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> υπογείου Μεταλλικών Κατασκευών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

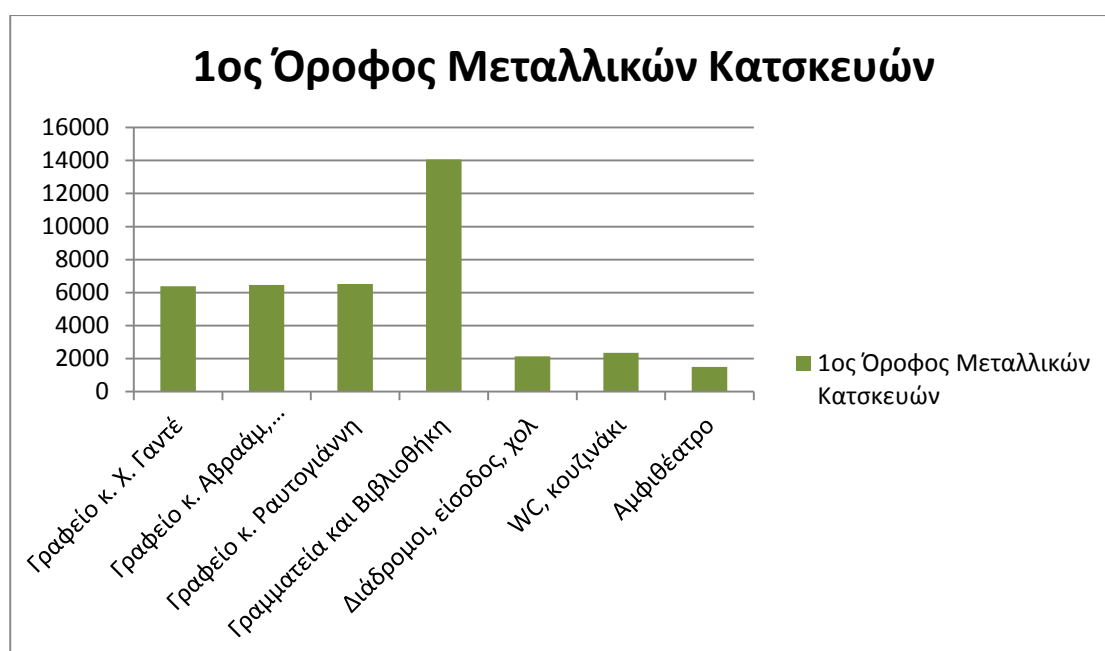
Από το παραπάνω διάγραμμα διακρίνουμε ότι οι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις στο υπόγειο των Μεταλλικών Κατασκευών εντοπίζονται στο μηχανοστάσιο ανελκυστήρα. Παρόμοιες ενεργειακές καταναλώσεις εμφανίζουν

κουζίνα, διάδρομοι και WC. Οι χαμηλότερες ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις εντοπίζονται στους λοιπούς χώρους/αποθήκες που χρησιμοποιούνται ελάχιστα.



Διάγραμμα 3.3.2 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> ισόγειου Μεταλλικών Κατασκευών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Στο διάγραμμα 3.3.2 φαίνεται ότι στο ισόγειο του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών οι ενεργειακές καταναλώσεις στα αποδυτήρια είναι οι μεγαλύτερες σε σχέση με τους άλλους χώρους. Από την άλλη μεριά, το Εργαστήριο εμφανίζει τις μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις το οποίο σίγουρα οφείλεται στη μεγάλη επιφάνεια που καταλαμβάνει περίπου **503 m<sup>2</sup>**.



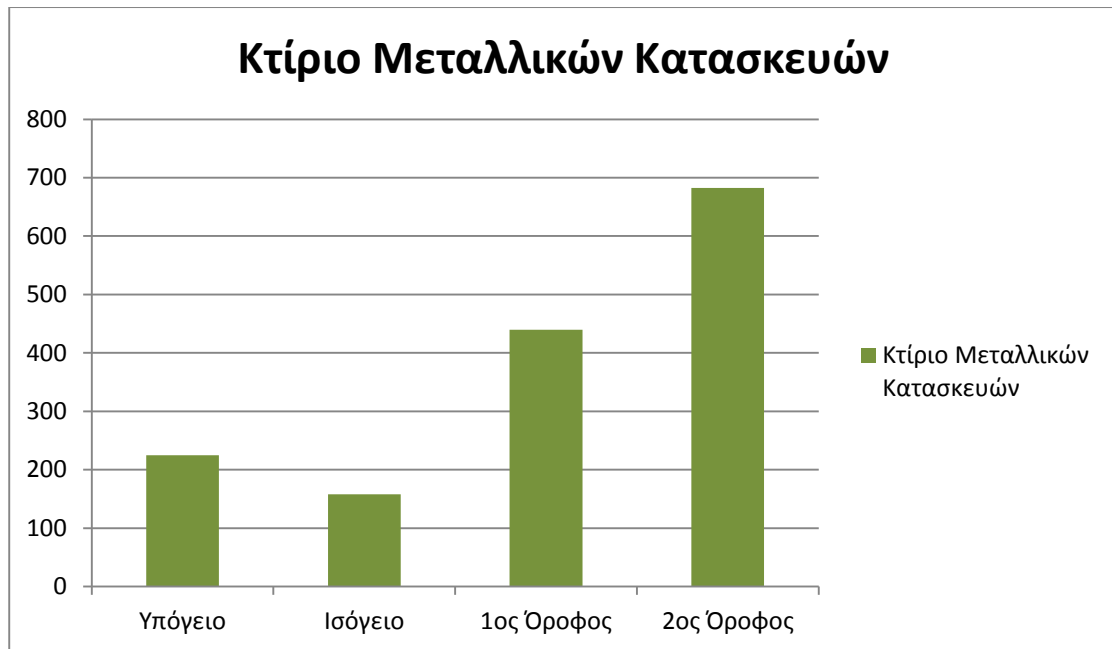
Διάγραμμα 3.3.3 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> 1<sup>ου</sup> Ορόφου Μεταλλικών Κατασκευών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Η γραμματεία και η βιβλιοθήκη, που διαθέτει το Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, έχουν τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις στον πρώτο όροφο όπως απεικονίζει και το παραπάνω διάγραμμα. Στα ίδια επίπεδα κυμαίνονται οι καταναλώσεις των γραφείων των καθηγητών του Τομέα ενώ οι χαμηλότερες εντοπίζονται στο αμφιθέατρο.



Διάγραμμα 3.3.4 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> 2<sup>ου</sup> Ορόφου Μεταλλικών Κατασκευών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Από το διάγραμμα 3.3.4 διαπιστώνουμε ότι τα γραφεία των κ. Θανόπουλου και κ. Μπεκιάρη έχουν τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις από τους υπόλοιπους χώρους του δεύτερου ορόφου του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών. Ίδια τάξη μεγέθους από άποψη ενεργειακών καταναλώσεων εντοπίζονται στο γραφείο υποψήφιων διδακτόρων, καθώς και στα γραφεία των κ. Βαμβάτσικου, κ. Σπηλιόπουλου και κ. Βάγια. Οι μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις παρατηρούνται στο χώρο WC με το κουζινάκι.



Διάγραμμα 3.3.5 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> Κτιρίου Μεταλλικών Κατασκευών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά όροφο

Συγκεντρωτικά στο Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών παρατηρούμε από το παραπάνω διάγραμμα ότι οι μέγιστες ενεργειακές καταναλώσεις ανά επιφάνεια λαμβάνουν χώρα στο δεύτερο όροφο και οι ελάχιστες στο ισόγειο.

#### ΚΤΙΡΙΟ ΤΟΜΕΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Το κτίριο **Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής (ΜΣΥ)** έχει συνολική επιφάνεια 1.225 m<sup>2</sup>, ενώ ο όγκος του είναι περίπου 5.885 m<sup>3</sup>.

Το κτίριο του Τομέα ΜΣΥ χωρίζεται σε 5 επίπεδα, τα οποία δεν έχουν όλα την ίδια επιφάνεια μεταξύ τους.

Στο επίπεδο 1, το οποίο και χρησιμοποιείται ελάχιστα, υπάρχουν διάφοροι βοηθητικοί χώροι, το λεβητοστάσιο, καθώς και τα μηχανοστάσια των δύο ανελκυστήρων .

Στο επίπεδο 2, το κτίριο χωρίζεται σε δύο όμοια κτίρια με τη διαμόρφωση στοάς μεταξύ των δυο κτιρίων (ημιπαιθριος χώρος). Στο επίπεδο αυτό βρίσκεται και η κύρια είσοδος του κτιρίου. Στο αριστερά τμήμα βρίσκεται το εργαστήριο Οδοποιίας με όγκο 367,5 m<sup>3</sup>, ενώ στο δεξιά τμήμα του κτιρίου, υπάρχει γραφείο μόνιμου προσωπικού επιφάνειας 15 m<sup>2</sup> και αίθουσα διδασκαλίας επιφάνειας 48,13 m<sup>2</sup> .

Στο επίπεδο 3, στο οποίο υπάρχει η σύνδεση μεταξύ του νέων περυγών με το παλιό τμήμα του τομέα ΜΣΥ, ο χώρος χρησιμοποιείται για τη στέγαση γραφείων καθηγητών, ερευνητικών συνεργατών και της γραμματείας του Τομέα ΜΣΥ, τη γραμματεία του Εργαστηρίου Οδοποιίας, ενώ στο επίπεδο αυτό βρίσκεται και το PC Lab του Τομέα.

Το επίπεδο 4 αποτελείται από το Εργαστήριο Κυκλοφορικής Τεχνικής και τη γραμματεία του, τα γραφεία καθηγητών του τομέα και των υποψήφιων διδασκόντων, αίθουσα διδασκαλίας, που χρησιμοποιείται για εξέταση εργασιών των προπτυχιακών φοιτητών καθώς επίσης και την αίθουσα συνεδριάσεως του τομέα ΜΣΥ. Στο επίπεδο αυτό, υπάρχει και είσοδος προς την ταράτσα του παλιού τμήματος του Τομέα.

Το επίπεδο 5, το πιο μικρό σε επιφάνεια από τα άλλα επίπεδα, περιλαμβάνει 2 γραφεία καθηγητών και το χώρο της βιβλιοθήκης του Τομέα ΜΣΥ.

Στα επίπεδα 3 και 4 πέρα των αναφερθέντων χώρων, υπάρχουν και χώροι WC(ανδρών - γυναικών).

Όλοι οι χώροι του κτιρίου επικοινωνούν μεταξύ τους με εσωτερικές σκάλες και με τους 2 ανελκυστήρες (ο ένας συνδέει **μόνο** τα επίπεδα 1-3).

Οι ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις είναι της τάξεως των **230186,48 KWh**.



Εικόνα 39 : Κτίριο Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών (ΜΣΥ)



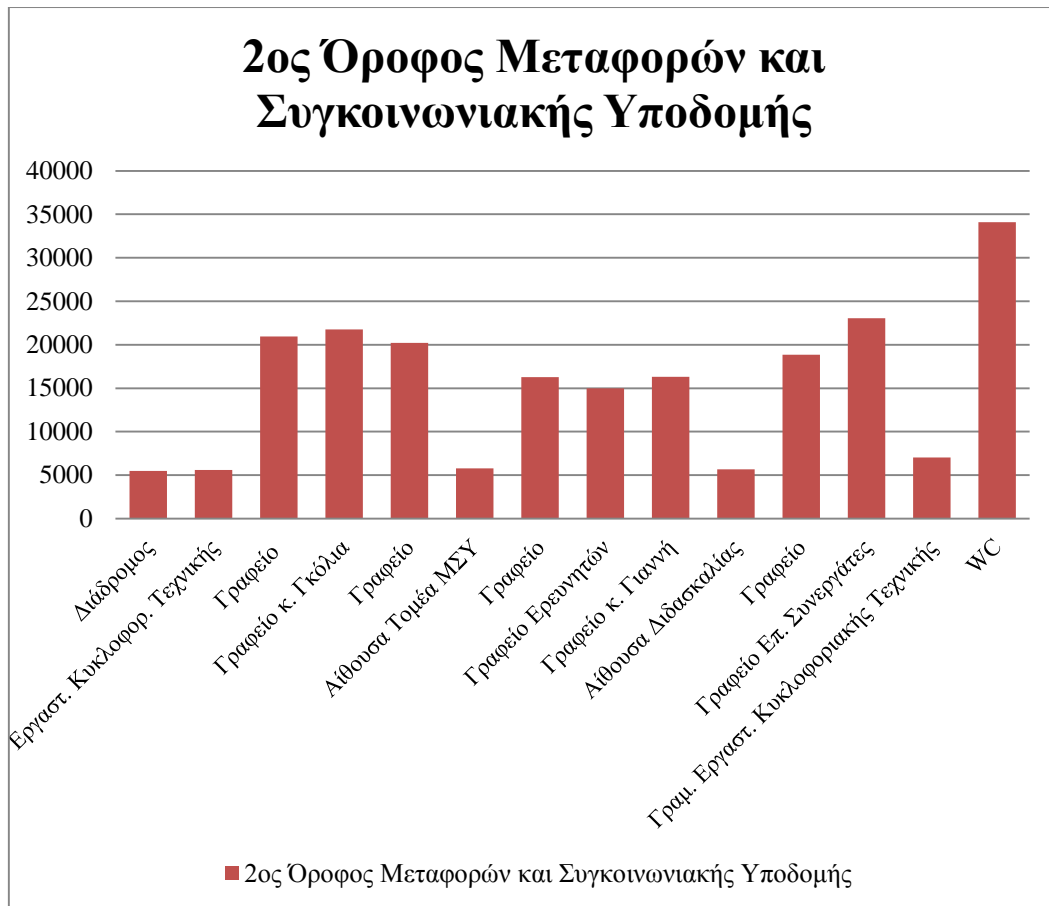
Διάγραμμα 3.3.6 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> ισόγειο Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Το συγκεκριμένο διάγραμμα δείχνει ότι από τους χώρους, που βρίσκονται στο ισόγειο του κτιρίου Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, εκείνος με τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις είναι το γραφείο. Η αίθουσα διδασκαλίας και ο διάδρομος έχουν τις ίδιες περίπου ενεργειακές καταναλώσεις. Στο Εργαστήριο Οδοποιίας έχουμε τις μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις.



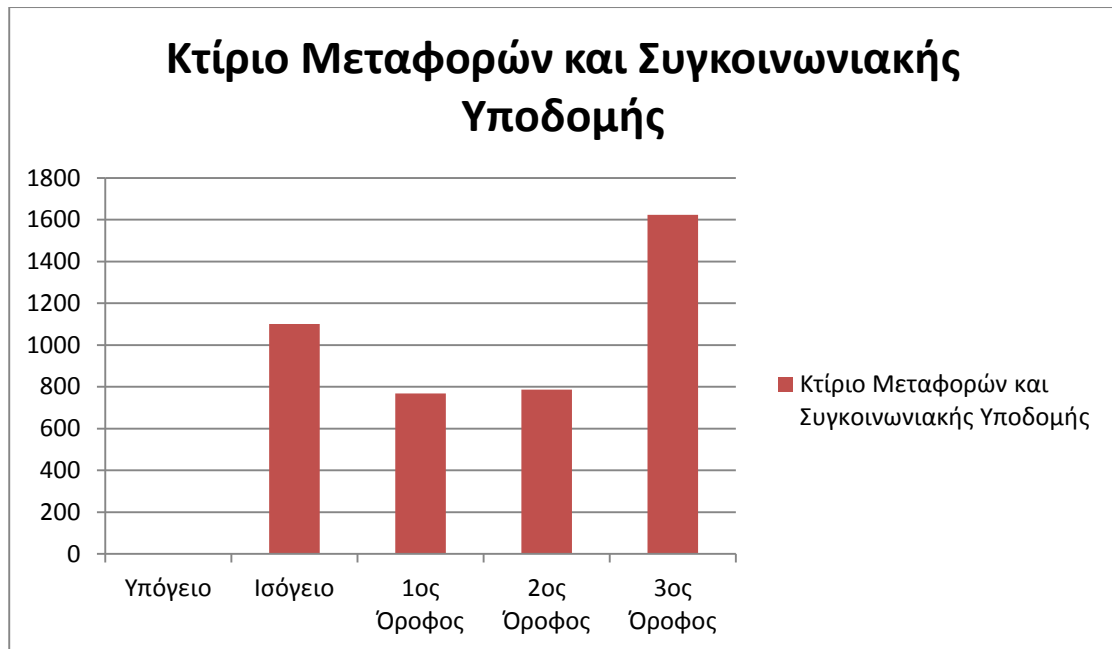
Διάγραμμα 3.3.7 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> 1<sup>ου</sup> Ορόφου Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Από το διάγραμμα 3.3.7 διαπιστώνουμε ότι οι χώροι WC εμφανίζουν τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις ενώ οι μικρότερες εμφανίζονται στο γραφείο του κ. Λοΐζου. Στα υπόλοιπα γραφεία, που στεγάζονται στον πρώτο όροφο του κτιρίου Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, παρατηρείται μια ισοκατανομή στην κατανάλωση της ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας.



Διάγραμμα 3.3.8 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> 2<sup>ου</sup> Ορόφου Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Για τις ηλεκτρικές καταναλώσεις στο δεύτερο όροφο του κτιρίου Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, αυτό που βλέπουμε από το παραπάνω διάγραμμα είναι ότι οι χώροι WC έχουν τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις ενώ ο διάδρομος, το Εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής, η Αίθουσα του Τομέα ΜΣΥ και η αίθουσα διδασκαλίας τις μικρότερες. Μια ομοιομορφία παρατηρείται στις ενεργειακές καταναλώσεις των άλλων χώρων του δεύτερου ορόφου του συγκεκριμένου κτιρίου.



Διάγραμμα 3.3.9 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> Κτιρίου Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά όροφο

Στο διάγραμμα 3.3.9 έχουμε την κατανομή των ενεργειακών καταναλώσεων ανά όροφο στο κτίριο Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής. Πρώτος και δεύτερος όροφος έχουν σχεδόν τις ίδιες ενεργειακές καταναλώσεις, το ισόγειο λίγο μεγαλύτερες ενώ ο τρίτος είναι ο όροφος με τις πιο μεγάλες ενεργειακές καταναλώσεις. Το υπόγειο δε χρησιμοποιείται καθόλου από τους εργαζόμενους στο κτίριο αυτό γι' αυτό και εμφανίζεται με μηδενικές ενεργειακές καταναλώσεις.

#### ΚΤΙΡΙΟ ΤΟΜΕΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ

Το κτίριο αυτό έχει συνολική επιφάνεια 3.300 m<sup>2</sup> και καταλαμβάνει όγκο 12925,8 m<sup>3</sup>. Αποτελείται από 3 επίπεδα τα εμβαδά των οποίων είναι 1231,75 m<sup>2</sup>, 1231,75 m<sup>2</sup> και 836,50 m<sup>2</sup> αντίστοιχα.

Το πρώτο υπόγειο το οποίο ενώνεται με εσωτερική σκάλα με το ισόγειο, στεγάζει το Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και το Εργαστήριο Θεμελιώσεων. Εκτός από τα δύο αυτά εργαστήρια, το υπόγειο διαθέτει γραφεία του επιστημονικού προσωπικού, αποθήκη υλικών, κουζίνα και τουαλέτες. Το δεύτερο υπόγειο δε συνδέεται με εσωτερική σκάλα με τον από πάνω όροφο.

Στο ισόγειο υπάρχουν τα γραφεία των μελών του επιστημονικού και διδακτικού προσωπικού, γραφεία μεταπτυχιακών και διδακτορικών, η γραμματεία του τομέα, μια αποθήκη, μια μικρή κουζίνα, δωμάτιο φωτοτυπικού, μια αίθουσα συνεδριάσεων και τέλος 2 τουαλέτες.

Οι ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου Γεωτεχνικής ανέρχονται σε **188112,40 KWh.**



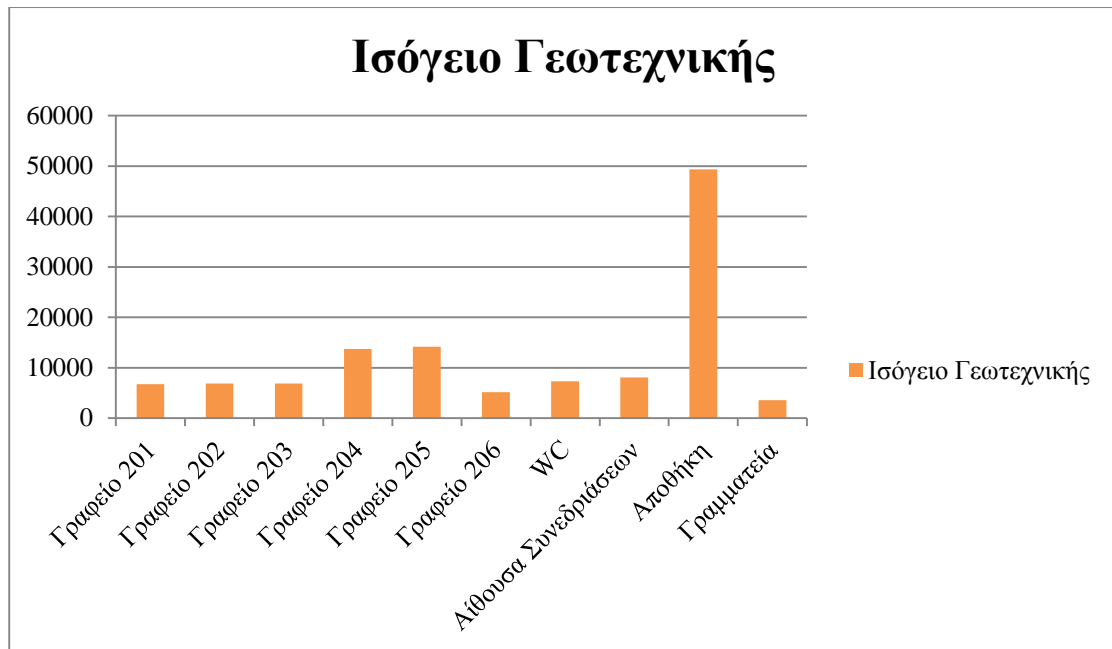


Εικόνα 40 : Κτίριο Τομέα Γεωτεχνικής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών



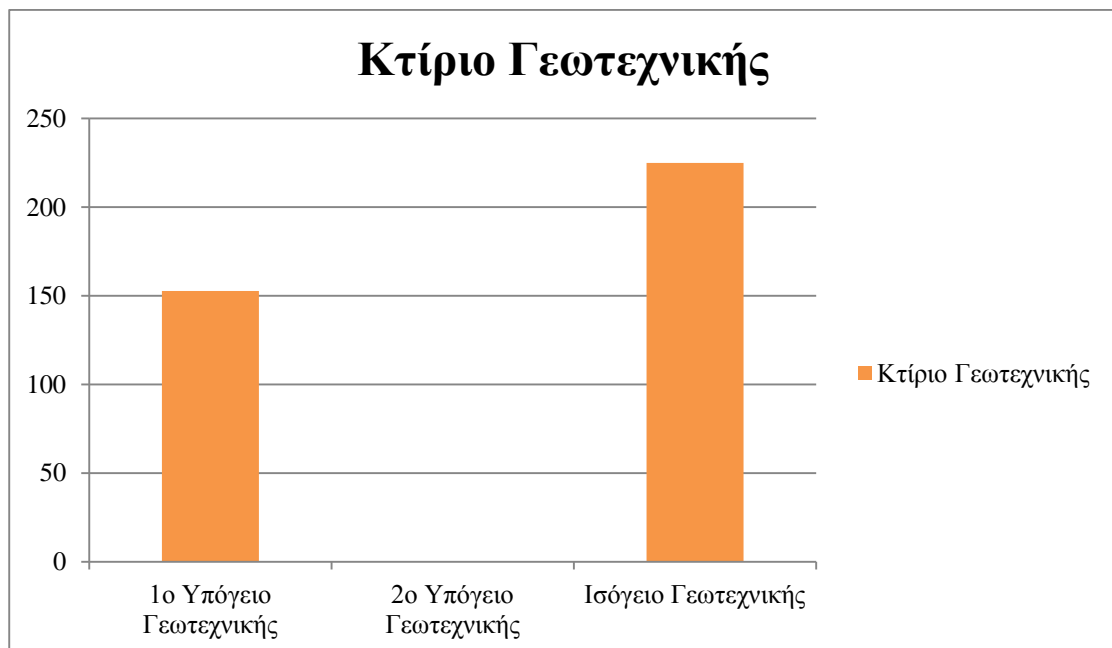
Διάγραμμα 3.3.10 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> υπογείου Τομέα Γεωτεχνικής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Από τα διάγραμμα 3.3.10 είναι ευδιάκριτο ότι με μεγάλη διαφορά τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις τις έχει ο χώρος της κουζίνας στο πρώτο υπόγειο του κτιρίου του Τομέα Γεωτεχνικής. Στους υπόλοιπους χώρους του υπογείου οι ενεργειακές καταναλώσεις κατανέμονται ομοιόμορφα.



Διάγραμμα 3.3.11 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> ισογείου Τομέα Γεωτεχνικής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Όσον αφορά τις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου του Τομέα Γεωτεχνικής, οι μεγαλύτερες μη σημαντική διαφορά από τους άλλους χώρους εμφανίζονται στην αποθήκη. Οι μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις εντοπίζονται στη Γραμματεία του Τομέα Γεωτεχνικής. Στους υπόλοιπους χώρους υπάρχει μια ισοκατανομή με λίγο μεγαλύτερες όμως ενεργειακές καταναλώσεις στα γραφεία 204 και 205.



Διάγραμμα 3.3.12 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> κτιρίου Τομέα Γεωτεχνικής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος όροφο

Τέλος, από το διάγραμμα 3.3.12 βλέπουμε ότι συγκεντρωτικά τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις τις έχει το ισόγειο του κτιρίου του Τομέα Γεωτεχνικής και λίγο πιο μικρές έχει το πρώτο υπόγειο. Το δεύτερο υπόγειο εμφανίζεται με μηδενικές ενεργειακές καταναλώσεις λόγω του ότι δε χρησιμοποιείται καθόλου από τους εργαζόμενους.

## **ΚΤΙΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

Το κτίριο Διαχείρισης Τεχνικών Έργων αποτελεί επέκταση του κτιρίου Αντοχής Υλικών. Στεγάζει τα γραφεία του Τομέα Διαχείρισης Τεχνικών Έργων (Δ.Τ.Ε.) και το Εργαστήριο Υγειονομικής Τεχνολογίας που ανήκει στον Τομέα Υδάτινων Πόρων. Στον Τομέα Διαχείρισης Τεχνικών Έργων υπάγονται μέλη του διδακτικού και επιστημονικού προσωπικού και υποψήφιοι διδάκτορες. Υπηρετούν δύο μέλη ΔΕΠ και τρία με μόνιμη σχέση εργασίας (ΕΔΠ και ΕΤΕΠ). Ο Τομέας έχει την ευθύνη της εκπαίδευσης των φοιτητών στη διοίκηση παραγωγής των τεχνικών έργων σε όλο τον κύκλο ζωής τους.

Διαθέτει εργαστηριακές αίθουσες συνολικής επιφάνειας 250 m<sup>2</sup>, εξοπλισμένες με σύγχρονο εργαστηριακό και υπολογιστικό εξοπλισμό που καλύπτει εργασίες όπως η διαχείριση υδατικών πόρων, η επεξεργασία νερού, υγρών αποβλήτων και άλλες. Το Εργαστήριο είναι διαπιστευμένο για αναλύσεις νερού, λυμάτων και ιλύος κατά ISO 17025 (ΕΣΥΔ). Οι γραφειακοί χώροι, συνολικού εμβαδού 150 m<sup>2</sup>, είναι εξοπλισμένοι με δίκτυο Η/Υ και οπτικοακουστικά συστήματα και περιλαμβάνουν αίθουσα παρουσιάσεων και συσκέψεων.

Το κτίριο περιλαμβάνει 5 επίπεδα, το ισόγειο και άλλους 4 ορόφους. Το πλάτος του είναι 8,50 m το μήκος του 23,86 m και ο συνολικός όγκος που καταλαμβάνει 3338,3 m<sup>3</sup>.

Το ισόγειο και πρώτος όροφος, συνολικής επιφάνειας 202,80 m<sup>2</sup> ο καθένας, στεγάζουν τα γραφεία του Τομέα Διαχείρισης Τεχνικών Έργων. Στο ισόγειο υπάρχει επίσης αίθουσα με προσομοιωτές δομικών μηχανών και μία αίθουσα συσκέψεων. Ο όροφος έχει και μια μικρή κουζίνα.

Στο δεύτερο όροφο βρίσκεται το Εργαστήριο Υγειονομικής Τεχνολογίας που περιλαμβάνει επωαστήρες, επαγωγούς, επαγγελματικά ψυγεία και άλλα εργαστηριακά μηχανήματα, ενώ σε αυτό υπάγεται και το Μικροβιολογικό Εργαστήριο. Στον ίδιο όροφο υπάρχουν κάποια γραφεία και χώρος παραγωγής υπερκαθαρού νερού.

Στα δύο τελευταία επίπεδα βρίσκονται γραφεία διδακτορικών. Ο τρίτος όροφος περιλαμβάνει και μία αίθουσα συσκέψεων που χρησιμοποιείται σπάνια. Τουαλέτες υπάρχουν σε κάθε επίπεδο του κτιρίου.

Τέλος, όσον αφορά στις ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις είναι περίπου **224490,87 KWh**.



Εικόνα 41 : Κτίριο Διαχείρισης Τεχνικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών



Διάγραμμα 3.3.13 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> ισόγειου κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Από το διάγραμμα 3.3.13 παρατηρούμε ότι ο χώρος του ισόγειου από το κτίριο Διαχείρισης Τεχνικών Έργων με τις περισσότερες ενεργειακές καταναλώσεις είναι οι χώροι WC, ακολουθεί το μηχανοστάσιο ανελκυστήρα ενώ το γραφείο 5, ο διάδρομος και το γραφείο του κ. Καλλιάνη παρουσιάζουν τις ίδιες περίπου καταναλώσεις. Ο Χώρος με τις λιγότερες ενεργειακές καταναλώσεις στο ισόγειο του συγκεκριμένου κτιρίου είναι η αίθουσα συσκέψεων.



Διάγραμμα 3.3.14 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> 1<sup>ου</sup> Ορόφου κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Στον πρώτο όροφο του κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων η κουζίνα είναι ο χώρος όπου εμφανίζονται οι περισσότερες ενεργειακές καταναλώσεις, όπως δείχνει και το διάγραμμα 3.3.14. Σημαντικά μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις φαίνεται να έχει ο διάδρομος, που είναι ο δεύτερος κατά σειρά χώρος με τις πιο πολλές ενεργειακές καταναλώσεις. Τα γραφεία των κ. Βαράνου και κ. Τουλιάτου έχουν τις πιο μικρές ενεργειακές καταναλώσεις.



Διάγραμμα 3.3.15 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> 2<sup>ου</sup> Ορόφου κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Από το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνουμε ότι ο Χώρος Παραγωγής Νερού έχει τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις στον δεύτερο όροφο του κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων. Ο διάδρομος και οι χώροι WC έχουν τις αμέσως μεγαλύτερες και περίπου ίδιες ενεργειακές καταναλώσεις, έπονται η Δυτική Πτέρυγα με τα γραφεία ενώ οι μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις παρατηρούνται στο Εργαστήριο Υγειονομικής Τεχνολογίας.



Διάγραμμα 3.3.16 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> 3<sup>ου</sup> Ορόφου κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Οι χώροι WC είναι αυτοί με τις περισσότερες ενεργειακές καταναλώσεις στον τρίτο όροφο του κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων, όπως παρατηρούμε από το διάγραμμα 3.3.16. Ακολουθούν τα γραφεία 4, 5, 6 με ίδιες ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις ενώ ομοιομορφία στην ετήσια κατανάλωση ενέργειας διακρίνουμε και για τα γραφεία 1, 2, 3 και τους διαδρόμους. Τις μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις στον τρίτο όροφο του συγκεκριμένου κτιρίου έχει η Δυτική Πτέρυγα του τρίτου ορόφου.



Διάγραμμα 3.3.17 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> 4<sup>ου</sup> Ορόφου κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Οι χώροι WC στον τέταρτο όροφο του κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις, όπως απεικονίζει και το διάγραμμα 3.3.17. Στα γραφεία β, γ και δ οι ενεργειακές καταναλώσεις ισοκατανέμονται ενώ το γραφείο α και οι διάδρομοι έχουν τις μισές περίπου ενεργειακές καταναλώσεις από τους προαναφερθέντες χώρους. Τις μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις εμφανίζει η Δυτική Πτέρυγα στον τέταρτο όροφο του κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων.



Διάγραμμα 3.3.18 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά όροφο

Στο διάγραμμα 3.3.18 βλέπουμε ότι υπάρχει απόλυτη ομοιομορφία όσον αφορά την κατανάλωση της ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας ανά όροφο στο κτίριο Διαχείρισης Τεχνικών Έργων.

## ΚΤΙΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Το κτίριο **Οπλισμένου Σκυροδέματος** αποτελείται από τρία επίπεδα, το υπόγειο, το ισόγειο και έναν όροφο.

Το υπόγειο καταλαμβάνει επιφάνεια περίπου 730 m<sup>2</sup> και στεγάζει το Εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος.

Στο ισόγειο βρίσκεται η γραμματεία του Τομέα Δομοστατικής, ένα γραφείο διδακτικού προσωπικού και μία αίθουσα διδασκαλίας η οποία χρησιμοποιείται αραιά.

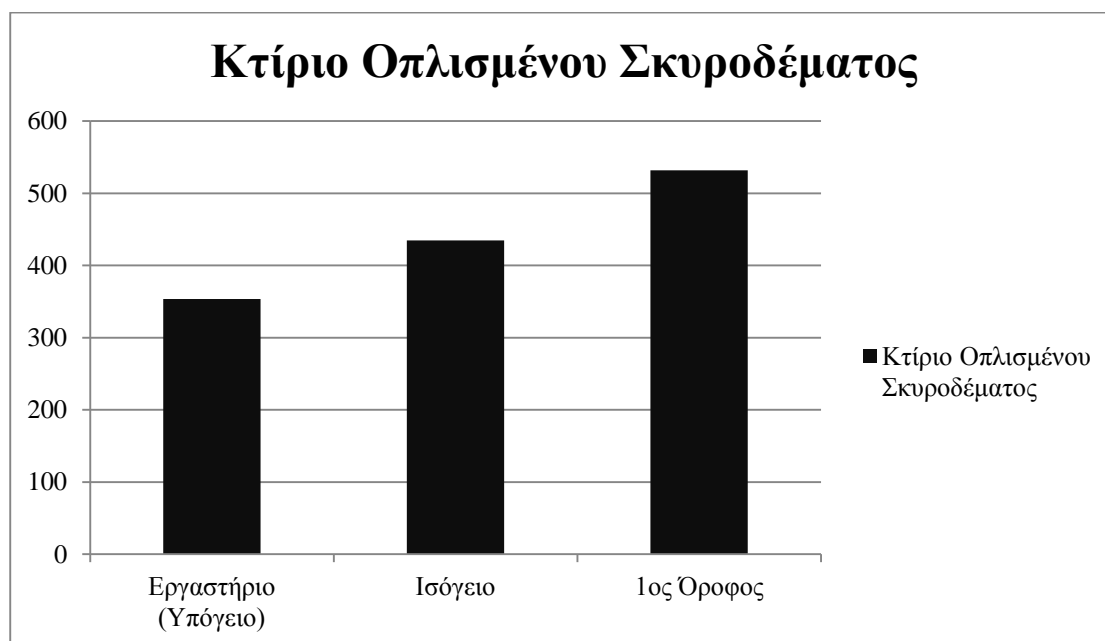
Ο όροφος στεγάζει τα γραφεία του επιστημονικού και διδακτικού προσωπικού.



Οι συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου είναι της τάξεως των **254294,06 kWh**.



Εικόνα 42 : Κτίριο Οπλισμένου Σκυροδέματος Σχολής Πολιτικών Μηχανικών



Διάγραμμα 3.3.19 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> κτιρίου Οπλισμένου Σκυροδέματος Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά όροφο

Για το κτίριο Οπλισμένου Σκυροδέματος παρατηρούμε από το διάγραμμα 3.3.19 ότι ο πρώτος όροφος είναι αυτός με τις πιο μεγάλες ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις, ακολουθεί το ισόγειο ενώ το υπόγειο, όπου στεγάζεται το εργαστήριο, έχει τις πιο μικρές ενεργειακές καταναλώσεις.

## ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ ΣΧΟΛΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

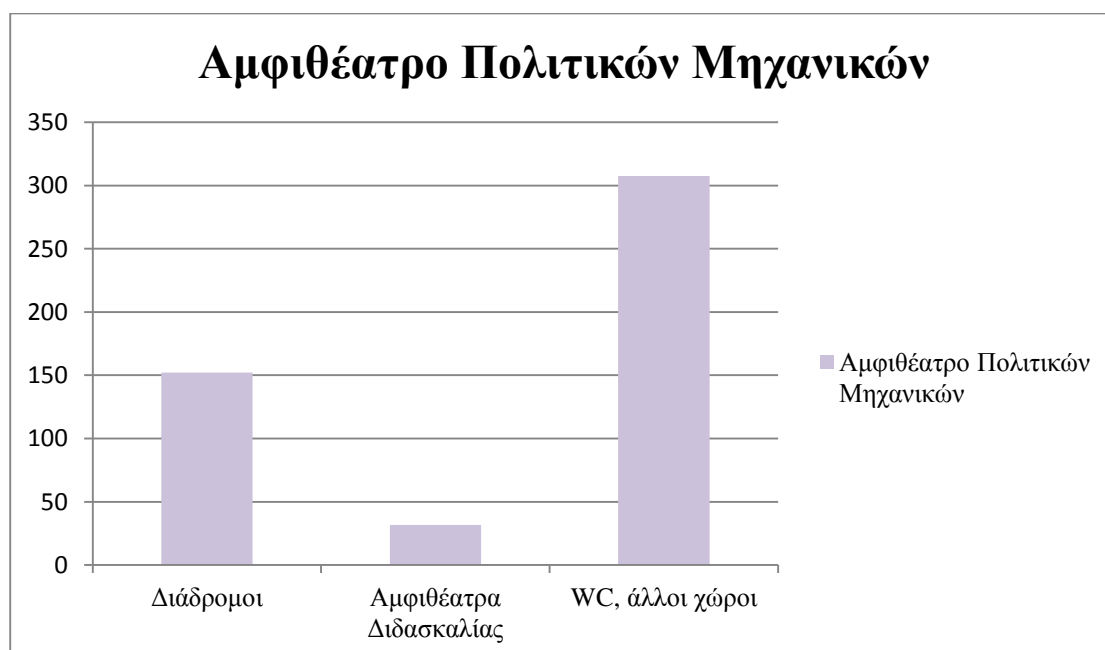
Το **Αμφιθέατρο της σχολής Πολιτικών Μηχανικών** του Ε.Μ.Π. έχει επιφάνεια περίπου 360 m<sup>2</sup> και χωρητικότητα 280 θέσεων (276 + 4 θέσεις ΑΜΕΑ).

Αν και το αμφιθέατρο της Σχολής αποτελείται από 2 επίπεδα, στην ουσία το επίπεδο 1 είναι πολύ μικρό, αφού το κύριο μέρος του καλύπτεται από τον κυρίως χώρο των αμφιθεάτρων. Έτσι, στο επίπεδο αυτό (1) υπάρχουν μόνο ο χώρος του Η/Μ εγκαταστάσεων και ένας χώρος WC που χρησιμοποιείται σπάνια. Για το λόγο αυτό, θεωρούμε ότι το αμφιθέατρο αποτελείται από ένα μόνο επίπεδο, στο οποίο την μεγαλύτερη επιφάνεια καταλαμβάνει ο χώρος των αμφιθεάτρων. Πέρα από τα αμφιθέατρα, υπάρχουν οι θέσεις των μεταφραστών (δε χρησιμοποιούνται καθόλου), οι χώροι WC (ανδρών- γυναικών) πίσω από τα αμφιθέατρα, χώρος WC ΑΜΕΑ δίπλα στην κύρια είσοδο, χώροι προετοιμασίας ομιλητών και διάφοροι χώροι κίνησης ομιλητών - ακροατών.

Τέλος, οι ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις του υπολογίστηκαν **8715,30 KWh**.



Εικόνα 43 : Αμφιθέατρο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών



Διάγραμμα 3.3.20 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> Αμφιθεάτρου Σχολής Πολιτικών Μηχανικών

Από το παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε ότι στο αμφιθέατρο της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών οι χώροι WC και οι άλλοι χώροι εμφανίζουν τις πιο μεγάλες

ενεργειακές καταναλώσεις και συγκεκριμένα τις διπλάσιες από τους διαδρόμους. Στο αμφιθέατρο διδασκαλίας έχουμε σημαντικά μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις.

## **ΚΥΛΙΚΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΑΝΤΙΓΡΑΦΩΝ**

Το **κυλικείο της Σχολής**, συνολικού όγκου 1350 m<sup>3</sup> και έκτασης 164m<sup>2</sup>, χρησιμοποιείται από τους φοιτητές και τους καθηγητές κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων για την χαλάρωση και την ξεκούρασή τους. Χρησιμοποιείται ακόμη από όλα τα μέλη της Σχολής που βρίσκονται ή εργάζονται στην περιοχή των νέων κτιρίων αλλά και από φοιτητές άλλων Σχολών και κατοίκους της περιοχής του Ζωγράφου που κατοικούν στην ευρύτερη περιοχή.

Αποτελείται από δύο επίπεδα: το ισόγειο και τον ημιόροφο. Στο ισόγειο βρίσκεται ο χώρος παρασκευής και τροφοδοσίας των πελατών, οι χώροι WC (ανδρών - γυναικών), διάφοροι αποθηκευτικοί χώροι καθώς και διαμορφωμένος χώρος εστίασης. Στον ημιόροφο, ο οποίος είναι αρκετά μικρότερος σε έκταση από το ισόγειο (35%-65% η κατανομή), έχει διαμορφωθεί επίσης χώρος για εστίαση και ξεκούραση των πελατών. Μεταξύ τους, ισόγειο και ημιόροφος, επικοινωνούν με εσωτερική σκάλα.

Οι συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις για το κυλικείο είναι της τάξεως των **35990,40 KWh**.



Εικόνα 44 : Κυλικείο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών



Διάγραμμα 3.3.21 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> Κυλικείου Σχολής Πολιτικών Μηχανικών

Οι ενεργειακές καταναλώσεις στο Κυλικείο της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών στον ημιώροφο είναι περίπου τριπλάσιες από αυτές στο ισόγειο, όπως φαίνεται και το παραπάνω διάγραμμα.

Τα **καταστήματα φωτοαντιγράφων** περιλαμβάνουν δύο ξεχωριστά κτίρια συνολικού όγκου 135.84 m<sup>3</sup> και συνολικής επιφάνειας 45.60 m<sup>2</sup>, ωστόσο μόνο το ένα κτίριο λειτουργεί σε καθημερινή βάση (το άλλο 1 με 2 φορές το χρόνο, για διανομή συγγραμμάτων). Αποτελείται από κτίριο ισόγειο, ενός μόνο χώρου, στον οποίο και βρίσκονται τα απαραίτητα για τη λειτουργία του καταστήματος μηχανήματα.

Οι ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις του ανέρχονται σε **5224,40 KWh.**



Εικόνα 45 : Κατάστημα Φωτοαντιγράφων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών



Διάγραμμα 3.3.22 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> Καταστήματος Φωτοαντιγράφων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών

#### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Το συγκεκριμένο εργαστήριο αποτελείται από δύο τμήματα. Το τμήμα Α όπου στεγάζονται γραφεία και το τμήμα Β όπου βρίσκονται το εργαστήριο και ορισμένα γραφεία. Το τμήμα Α αποτελείται από ένα υπόγειο και δύο ορόφους συνολικού εμβαδού 344 m<sup>2</sup>. Το ισόγειο έχει εμβαδόν 172 m<sup>2</sup> και περιλαμβάνει 4 γραφεία, θυρωρείο, WC και κουζίνα. Στον πρώτο όροφο, ίδιου εμβαδού με το ισόγειο, βρίσκονται 4 γραφεία, 2 WC και κουζίνα.

Το τμήμα Β έχει δύο επίπεδα με εμβαδόν 2.667 m<sup>2</sup> το καθένα. Στο ισόγειο υπάρχει το εργαστήριο εμβαδού 2.456 m<sup>2</sup> καθώς και δέκα γραφεία (Α5-Α8 και Ε1-Ε6) συνολικού εμβαδού 211 m<sup>2</sup>.

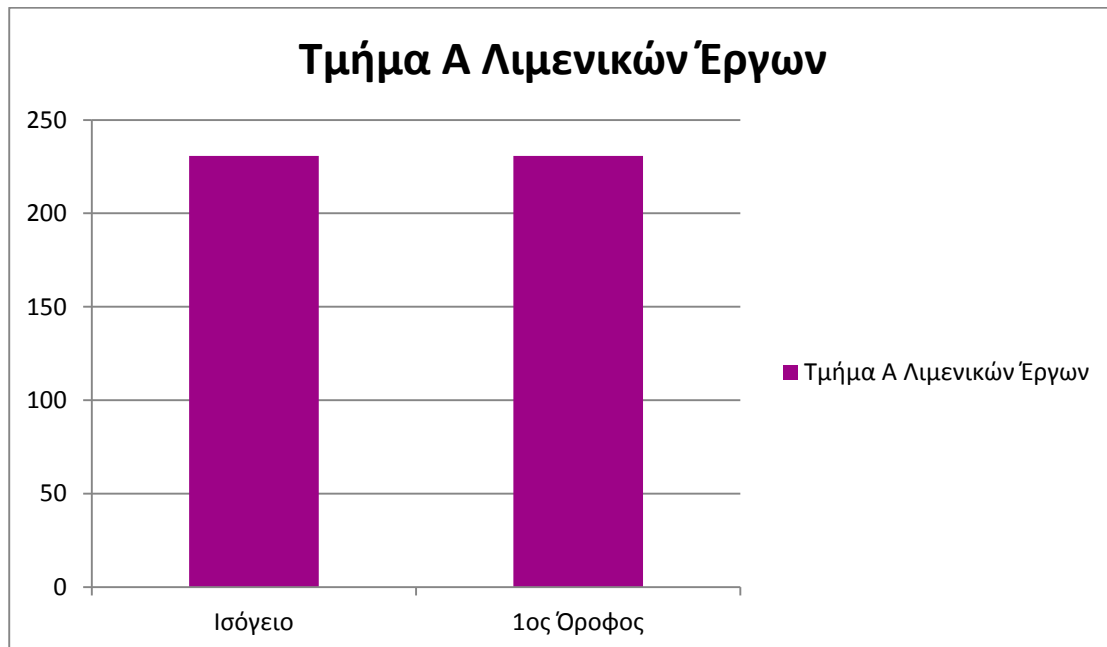
Η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται ίση με **58.247 kWh**. Στο τμήμα Α καταναλώνονται 39.689 kWh και στο τμήμα Β 19.558 kWh.



Εικόνα 46: Εργαστήριο Λιμενικών Έργων, Τμήμα Α

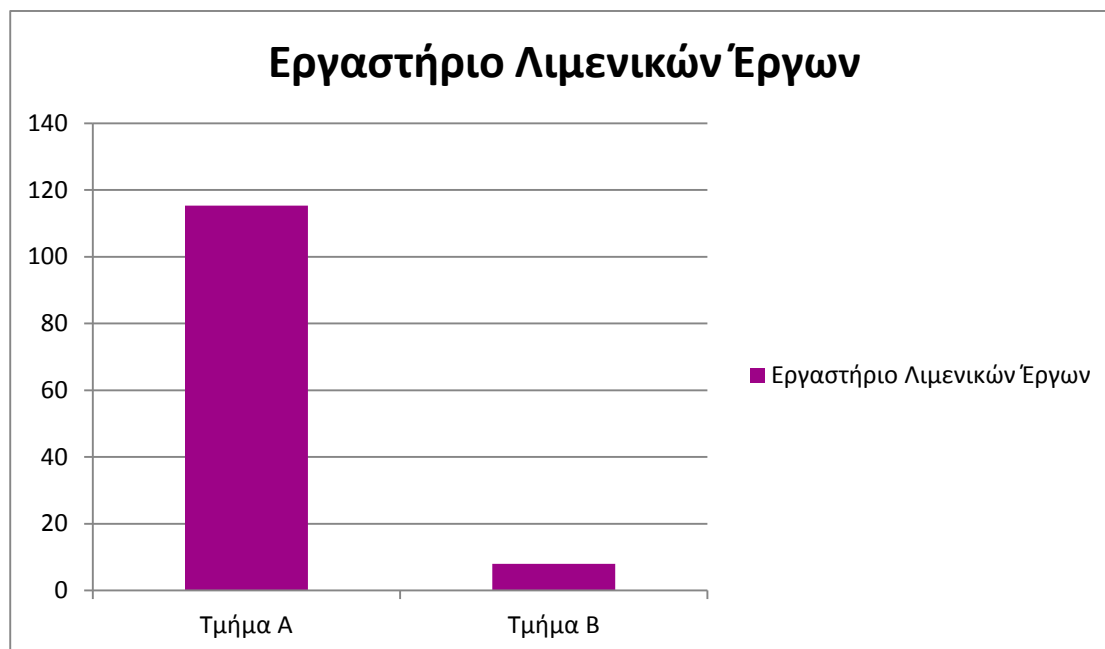


Εικόνα 47: Εργαστήριο Λιμενικών Έργων, Τμήμα Β



Διάγραμμα 3.3.23 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> Τμήματος Α Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά επίπεδο

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι τόσο το ισόγειο όσο και ο πρώτος όροφος του Τμήματος Α του Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών έχουν τις ίδιες ενεργειακές καταναλώσεις, πράγμα που οφείλεται στο γεγονός ότι τα δύο αυτά επίπεδα έχουν την ίδια ακριβώς επιφάνεια.



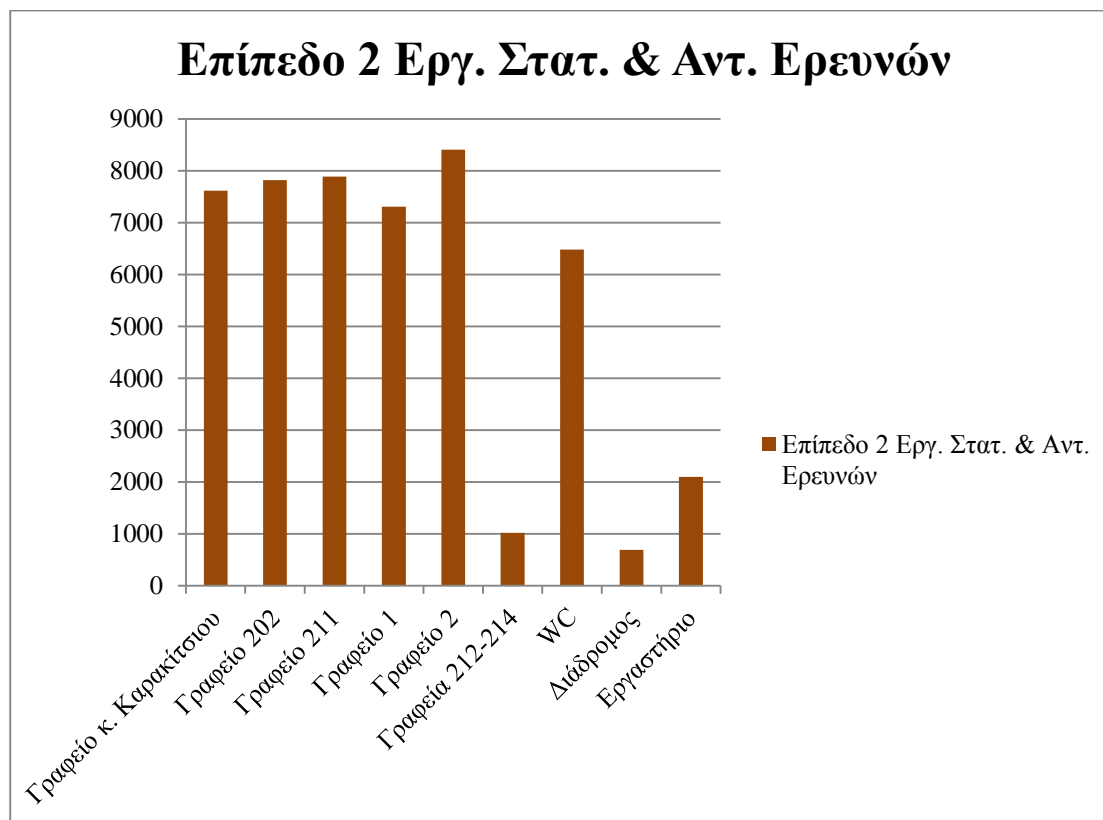
Διάγραμμα 3.3.24 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών

Συγκρίνοντας τα δύο τμήματα του Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων μέσω του διαγράμματος 3.3.24 διαπιστώνουμε ότι στο τμήμα Α οι ενεργειακές καταναλώσεις υπερσχύουν σε πολύ μεγάλο βαθμό από αυτές του τμήματος Β. Αυτό συμβαίνει διότι λιγότερες ενεργειακές καταναλώσεις λαμβάνουν χώρα σε πολύ μεγάλη επιφάνεια, όπως αυτή που διαθέτει το τμήμα Β.

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΤΑΤΙΚΗΣ & ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

Η συνολική ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας του Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών υπολογίστηκε παραπάνω:

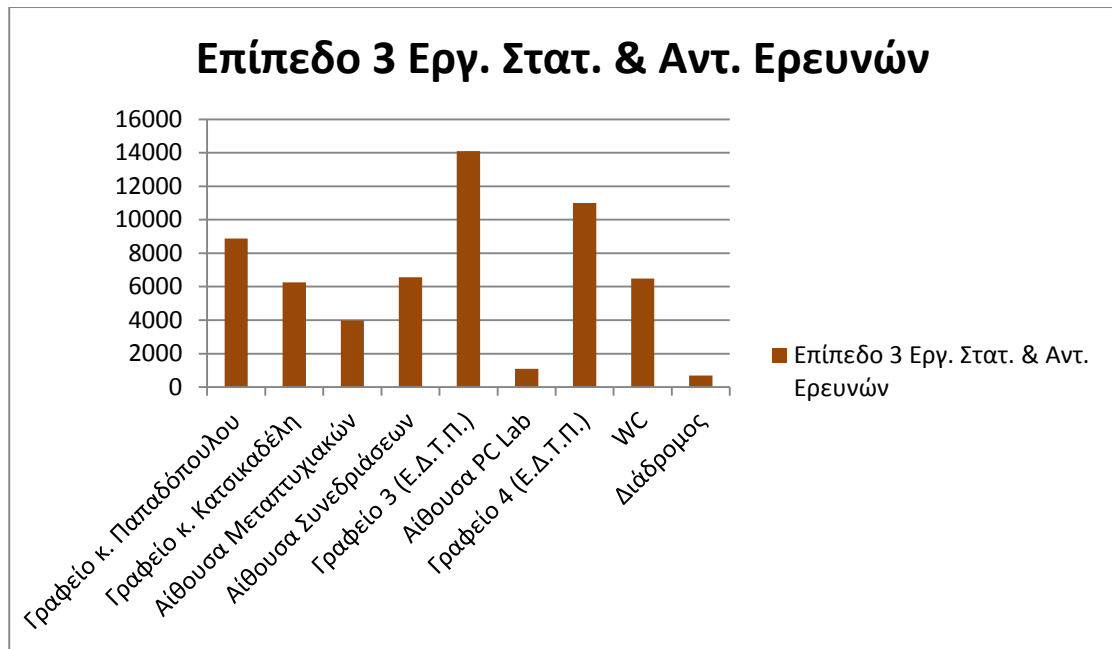
$$E = 110.552,10 \text{ kWh/y}$$



Διάγραμμα 3.3.24 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> Επιπέδου 2 Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

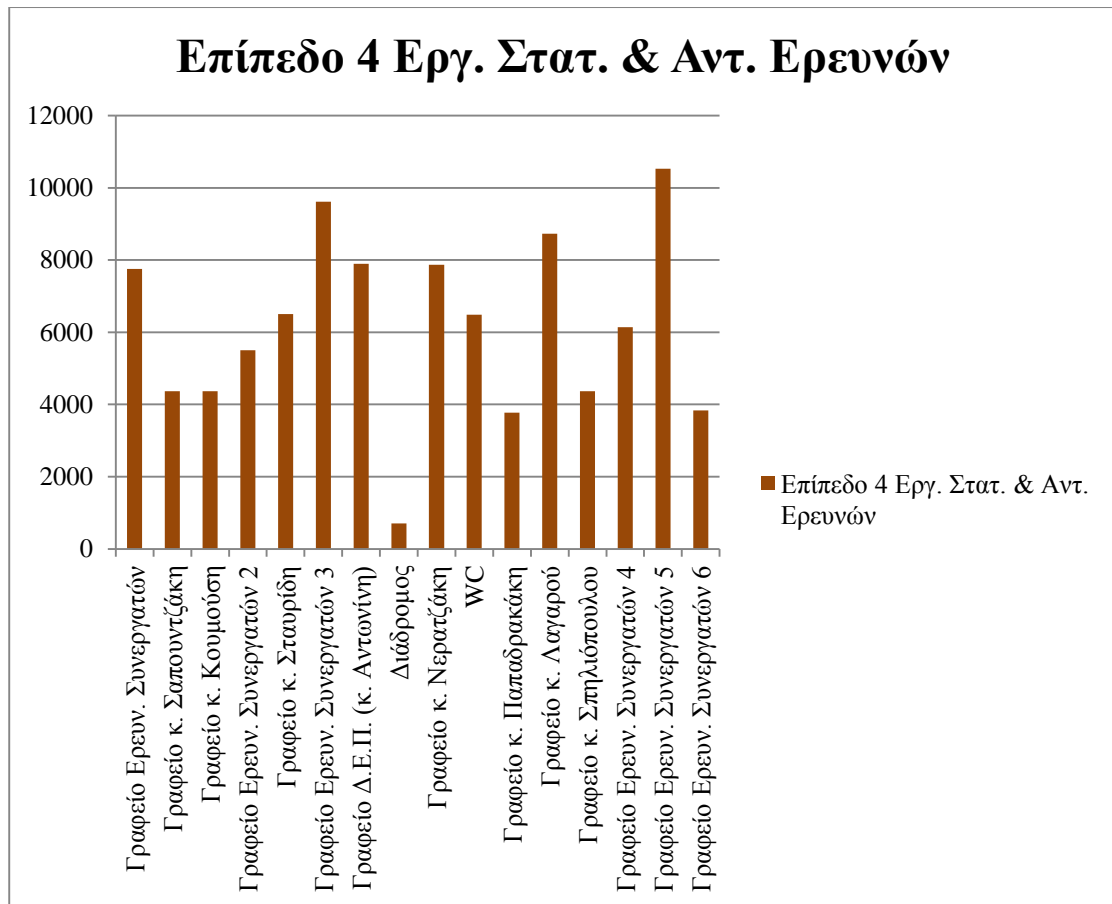
Από το διάγραμμα 3.3.24 βλέπουμε ότι στο δεύτερο επίπεδο του Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών λίγο μεγαλύτερες καταναλώσεις έχει το Γραφείο 2 ενώ εξίσου μεγάλες είναι και οι καταναλώσεις στα γραφεία του κ. Καρακίτσιου, 1, 202, και 211. Στο εργαστήριο έχουμε αρκετά πιο μικρές ενεργειακές καταναλώσεις σε σχέση με τους προαναφερθέντες χώρους. Στα γραφεία 212-214 και στο διάδρομο του δεύτερου επιπέδου έχουμε τις μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις.





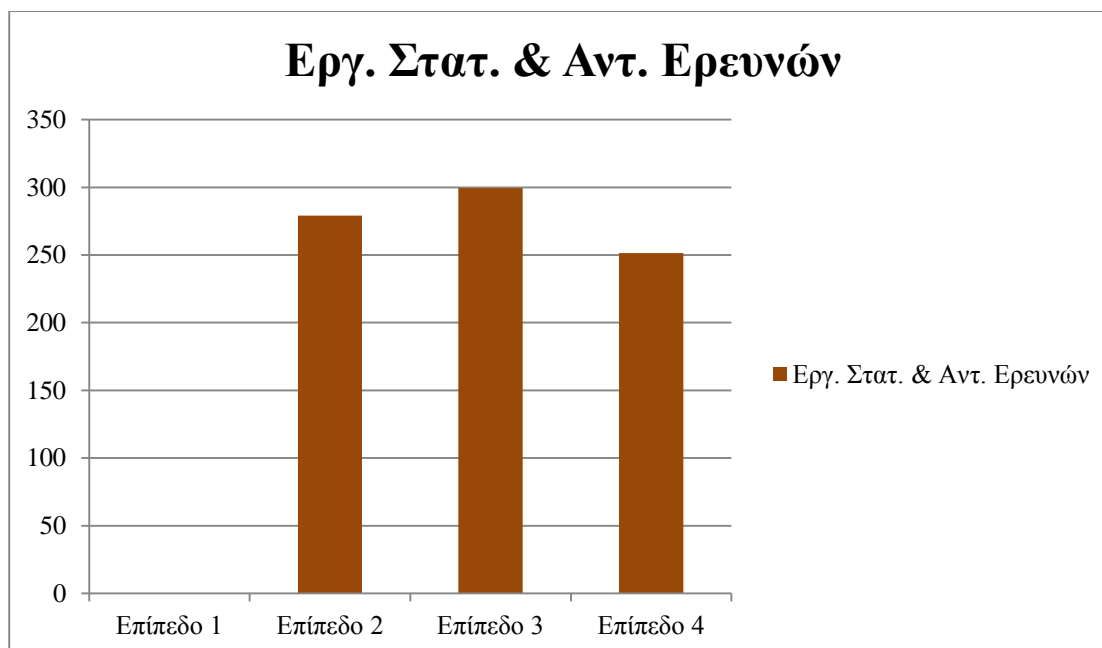
Διάγραμμα 3.3.25 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> Επιπέδου 3 Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Από το διάγραμμα 3.3.25 βλέπουμε ότι ο χώρος του τρίτου επιπέδου του Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών με τις περισσότερες ενεργειακές καταναλώσεις είναι το γραφείο 3 (Ε.Δ.Τ.Π.) και έπονται το γραφείο 4 (Ε.Δ.Τ.Π.) και το γραφείο του κ. Παπαδόπουλου με λίγο πιο μικρές ενεργειακές καταναλώσεις. Ακολουθούν το γραφείο του κ. Κατσικαδέλη, η αίθουσα συνεδριάσεων και οι χώροι WC που εμφανίζουν ίδια τάξη μεγέθους ενεργειακές καταναλώσεις. Στη συνέχεια έχουμε την αίθουσα Μεταπτυχιακών και τις μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις εντοπίζουμε στην αίθουσα PC Lab και στον διάδρομο.



Διάγραμμα 3.3.26 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> Επιπέδου 4 Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Στο τέταρτο επίπεδο του Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών τα Γραφεία Ερευνητικών Συνεργατών 3 και 5 εμφανίζουν τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις και ακολουθούν το Γραφείο του κ. Λαγαρού, το Γραφείο Ερευνητικών Συνεργατών, το Γραφείο Δ.Ε.Π. (κ. Αντωνίνη) και το Γραφείο της κ. Νεραντζάκη. Στους υπόλοιπους χώρους επικρατεί μια ισοκατανομή γενικότερα όσον αφορά τις ενεργειακές καταναλώσεις. Τις πιο μικρές ενεργειακές καταναλώσεις με σημαντική διαφορά από τους άλλους χώρους του τέταρτου επιπέδου έχει ο διάδρομος.



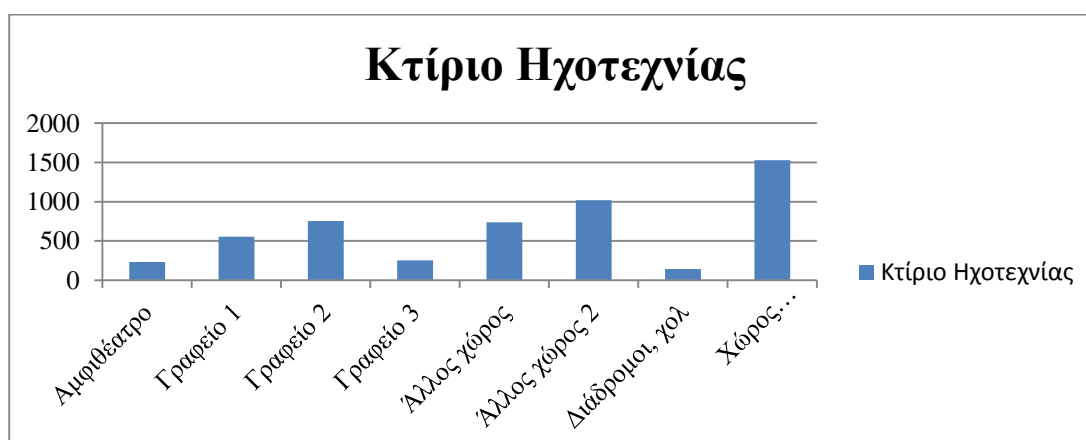
Διάγραμμα 3.3.27 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά επίπεδο

Όσον αφορά τις ενεργειακές καταναλώσεις στο Εργαστήριο Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών ανά επίπεδο από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι το Επίπεδο 3 είναι αυτό με τις περισσότερες ενεργειακές καταναλώσεις ενώ το επίπεδο 2 έχει λίγο μικρότερες από το Επίπεδο 3. Το Επίπεδο 1 είναι χώρος που δε χρησιμοποιείται καθόλου και γι'αυτό και απεικονίζεται με μηδενικές ενεργειακές καταναλώσεις.

### ΚΤΙΡΙΟ ΗΧΟΤΕΧΝΙΑΣ

Από την ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στο κτίριο Ηχοτεχνίας, οι συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις υπολογίστηκαν:

$$E = 14521,80 \text{ kWh/y}$$



Διάγραμμα 3.3.28 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> του κτιρίου Ηχοτεχνίας της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου

Στο κτίριο Ηχοτεχνίας ο χώρος του θυρωρού εμφανίζει τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις, όπως διαπιστώνεται και από το διάγραμμα 3.3.28. Ακολουθεί ο άλλος χώρος 2 και έπειτα τα γραφεία 1 και 2 και ο άλλος χώρος όπου οι ενεργειακές καταναλώσεις είναι σχεδόν ισοκατανεμημένες. Οι μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις εντοπίζονται στους διαδρόμους, χολ του κτιρίου.



Διάγραμμα 3.3.29 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> των κτιρίων τις σχολής Πολιτικών Μηχανικών

A/A	Όνομασία Κτιρίου	Αριθμός ορόφων/ Επιπέδων	Επιφάνεια κτιρίου (m <sup>2</sup> )	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΑΝΑ ΚΤΙΡΙΟ (kWh/y)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (kWh/m <sup>2</sup> )
1	Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών	4	2120,00	146036,10	68,88
2	Κτίριο Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής (ΜΣΥ)	5	1225,00	230186,48	191,03
3	Κτίριο Τομέα Γεωτεχνικής	3	3300,00	188112,40	57,00
4	Κτίριο Διαχείρισης Τεχνικών Έργων	5	1014,00	224490,87	221,39
5	Κτίριο Οπλισμένου Σκυροδέματος	3	1793,00	254294,06	141,80
6	Αμφιθέατρο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών	2	357,85	8715,30	24,21
7	Κυλικείο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών	2	164,00	35990,40	219,45
8	Καταστήματα φωτοαντιγράφων	1	22,80	5224,40	229,14
9	Εργαστήριο Λιμενικών Έργων	3	5678	58247	10,26
10	Εργαστήριο Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών	4	1061,70	110554,10	83,11
11	Κτίριο Ηχοτεχνίας	2	310,60	14521,80	46,76

Πίνακας 3.3.1 : Κατανάλωση κτιρίων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά επιφάνεια (kWh/m<sup>2</sup>)

A/A	ΤΟΜΕΙΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ (kWh/y)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΑΝΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (kWh/m <sup>2</sup> )
1	ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ	510884,26	293,79
2	ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ	188112,40	57,00
3	ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ (ΜΣΥ)	230186,48	191,03
4	ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	58247	10,26
5	ΤΟΜΕΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ	224490,87	221,39
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>1211921,01</b>	<b>773,47</b>

Πίνακας 3.3.2 : Καταναλώσεις σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά Τομέα

Από τον πίνακα 3.3.1 παρατηρούμε ότι το κτίριο με τις μεγαλύτερες ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις είναι το Κτίριο Οπλισμένου Σκυροδέματος ενώ εκείνο με τις μικρότερες είναι το κατάστημα φωτοαντιγράφων. Ωστόσο το κτίριο με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ανά επιφάνεια προκύπτει ότι είναι το κατάστημα φωτοαντιγράφων. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη αρκετών ηλεκτρικών συσκευών σε πολύ μικρή επιφάνεια. Εξίσου μεγάλη κατανάλωση ανά επιφάνεια παρατηρούμε ότι έχει και το κτίριο Διαχείρισης Τεχνικών Έργων, το οποίο έχει πολύ μεγαλύτερο εμβαδόν (περίπου 45 φορές μεγαλύτερο) από αυτό του καταστήματος φωτοαντιγράφων και περισσότερα επίπεδα. Από την άλλη μεριά, το κτίριο με τις μικρότερες καταναλώσεις ανά επιφάνεια είναι το Εργαστήριο Λιμενικών Έργων.

### 3.4 Ενεργειακές Καταναλώσεις Κτιρίων Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου

#### Κτίριο Φυσικής

Το Κτίριο Φυσικής βρίσκεται στην περιοχή του Ζωγράφου εντός της Πολυτεχνειούπολης και κατασκευάστηκε το 1970 και προστέθηκε σε αυτό νέα πτέρυγα το 2006 στην ανατολική πλευρά του κτιρίου. Το συγκεκριμένο κτίριο διαθέτει υπόγειο, ισόγειο, τρεις ορόφους και δώμα. Το κτίριο στεγάζει γραφεία καθηγητών αλλά κατά κύριο λόγο εργαστήρια έρευνας και εκπαίδευσης. Στο σύνολο στεγάζει 220 δωμάτια τα οποία καλύπτουν 7.058,86 m<sup>2</sup>. Συγκεκριμένα συναντώνται 57 δωμάτια στο υπόγειο (1.778,49 m<sup>2</sup>), 47 δωμάτια στο ισόγειο (1649,36 m<sup>2</sup>), 35 δωμάτια στον 1<sup>ο</sup> όροφο (1.158,16 m<sup>2</sup>), 36 δωμάτια στον 2<sup>ο</sup> όροφο (1.169,90 m<sup>2</sup>), 40 δωμάτια στον 3<sup>ο</sup> όροφο (1.187,51 m<sup>2</sup>) και 3 δωμάτια στο δώμα (70,44 m<sup>2</sup>). Εκτιμάται ότι για όλο το κτίριο καταναλώθηκαν **183.719 kWh**. Από αυτές οι 77.010 kWh καταναλώνονται για τον φωτισμό του κτιρίου, οι 37.848 kWh για ψύξη/θέρμανση (A/C), οι 11.152 kWh για τη λειτουργία οργάνων και ηλεκτρικών συσκευών, οι 49.441 kWh για φορτία H/Y, οι 1.453 kWh για τη λειτουργία των ανελκυστήρων και οι 6.815 kWh για λοιπά φορτία.



Εικόνα 48: Κτίριο Φυσικής (Πηγή: <http://www.physics.ntua.gr/>)

#### Κτίριο ΗΜΜΥ Α' Φάση

Το κτίριο της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) βρίσκεται στο συγκρότημα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου και κατασκευάστηκε κατά τη διάρκεια της περιόδου 1978-1979. Αποτελείται από δύο φάσεις, εκ των οποίων μόνο η Α' φάση έχει μελετηθεί από άποψη ενεργειακών καταναλώσεων. Το συνολικό εμβαδό του είναι 11.158,5 m<sup>2</sup> και αποτελείται από 5 ορόφους, εκ των οποίων ο ένας είναι υπόγειος, ενώ ο 3ος όροφος που είναι μικρότερης έκτασης από τους υπολοίπους επικοινωνεί και βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με την ταράτσα του κτιρίου. Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου, σύμφωνα με την καταγραφή που πραγματοποιήθηκε, εκτιμάται σε **2,3 GWh**. Από αυτές οι 135

MWh καταναλώθηκαν για τον φωτισμό του κτιρίου, οι 1880 MWh για την ψύξη/θέρμανσή του, οι 286 MWh για φορτία Η/Υ, οι 23 MWh για τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών και 1 MWh για τη λειτουργία των ανελκυστήρων.



Εικόνα 49: Κτίριο HMMY Α' Φάση

### Κτίριο Λαμπαδάριο

Το **κτίριο Λαμπαδάριο** βρίσκεται στο συγκρότημα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου και αποτελεί το κύριο κτίριο της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών. Κατασκευάστηκε το 1968 από την εταιρία ΕΔΟΚ – ΕΤΕΡ και είναι από τα παλαιότερα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Αποτελείται από 4 ορόφους, το υπόγειο, το ισόγειο, άλλους δυο ορόφους, ενώ στον 3ο όροφο βρίσκεται η ταράτσα του κτιρίου και ένα μικρής έκτασης δώμα. Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου είναι 4.695 τετραγωνικά μέτρα ( $m^2$ ), χωρίς να περιλαμβάνεται η οροφή ενώ περιλαμβάνεται και η ανακαινιζόμενη πτέρυγα στο νότιο τμήμα του ισογείου.

Οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου καλύπτονται μέσω ηλεκτροδότησης, πλην της θέρμανσης για την οποία χρησιμοποιείται το φυσικό αέριο, που τροφοδοτεί το κεντρικό σύστημα θέρμανσης του κτιρίου. Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου, σύμφωνα με την καταγραφή που πραγματοποιήθηκε, εκτιμάται σε **946,8 MWh**. Από αυτές οι 77.780 MWh καταναλώνονται για τον φωτισμό του κτιρίου, οι 774.767 MWh για ψύξη/θέρμανση, οι 46.413 MWh για φορτία Η/Υ, οι 46.383 MWh για τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών και οι 1.408 MWh για τη λειτουργία των ανελκυστήρων.





Εικόνα 50: Κτίριο Λαμπαδάριο (Πηγή: <http://www.survey.ntua.gr/>)

### Κτίριο Α

Το κτίριο Α του συγκροτήματος Γενικών Εδρών βρίσκεται εντός της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Το έτος κατασκευής του κτιρίου είναι το 1978 (πριν τον κανονισμό θερμομόνωσης κτιρίων). Το κτίριο Α στεγάζει το κυλικείο και το στέκι των φοιτητών που βρίσκεται στο ισόγειο, την γραμματεία της σχολής Ε.Μ.Φ.Ε. του Ε. Μ. Π, χώρους φοιτητικών παρατάξεων και μια αίθουσα διδασκαλίας στον πρώτο όροφο. Στον δεύτερο όροφο του κτιρίου στεγάζεται εργαστήριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών της σχολής Η. Μ. Μ.Υ. καθώς και δύο αίθουσες διδασκαλίας και στον τρίτο όροφο αποκλειστικά 4 αίθουσες διδασκαλίας.

Σύμφωνα με τα στοιχεία από τις κατόψεις του κτιρίου, το εμβαδόν του κάθε ορόφου είναι :

Ευπογ = 681, 4 m<sup>2</sup>

Εισογ = 536, 82 m<sup>2</sup>

Εα, ορ = 739, 12 m<sup>2</sup>

Εβ, ορ = 728, 55 m<sup>2</sup>

Εγ, ορ = 737, 87 m<sup>2</sup>

Εοροφής = 749, 39 m<sup>2</sup>

Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου, σύμφωνα με την καταγραφή που πραγματοποιήθηκε, εκτιμάται σε **193.413,59 kWh**. Από αυτές οι 46.770 kWh καταναλώνονται για τον φωτισμό του κτιρίου, για την ψύξη/θέρμανση οι 22.114, 66 kWh, οι 64.241,74 kWh για τη χρήση των Η/Υ – servers, οι 1.402,8 kWh για τη λειτουργία των ανελκυστήρων και οι 58.814,19 για τη λειτουργία διαφόρων άλλων ηλεκτρικών συσκευών.



Εικόνα 51: Κτίριο Α Συγκροτήματος Γενικών Εδρών

### Κτίριο Β

Το κτίριο Β συγκαταλέγεται και αυτό στο Συγκρότημα Γενικών Εδρών της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, η ανέγερση του οποίου ολοκληρώθηκε κατά το έτος 1975. Το κτίριο αυτό αποτελείται από τρεις ορόφους (ισόγειο, Α', Β'), ενώ διαθέτει υπόγειο και δώμα. Υπάρχει ένα και μόνο εσωτερικό κεντρικό κλιμακοστάσιο, σε απόλυτη επικοινωνία με τους υπόλοιπους χώρους του κτιρίου. Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου Β είναι 3.532,8 m<sup>2</sup>.

Η συνολική εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για το κτίριο Β είναι **149.728 kWh**. Από αυτές οι 33.354 kWh είναι για τον φωτισμό, οι 46.744 kWh για την ψύξη/θέρμανση, οι 54.476 kWh για τη χρήση Η/Υ – servers, οι 8.370 kWh για περιφερειακούς Η/Υ, φωτοτυπικά μηχανήματα και φαξ, οι 1.263 kWh για οικιακές συσκευές, οι 193 kWh για εργαστηριακά όργανα, οι 63 kWh για αντλίες λυμάτων, οι 1496 kWh για τους 2 ανελκυστήρες, οι 3.120 kWh για τις 2 αντλίες-κυκλοφορητές και οι 960 kWh για τον λέβητα.



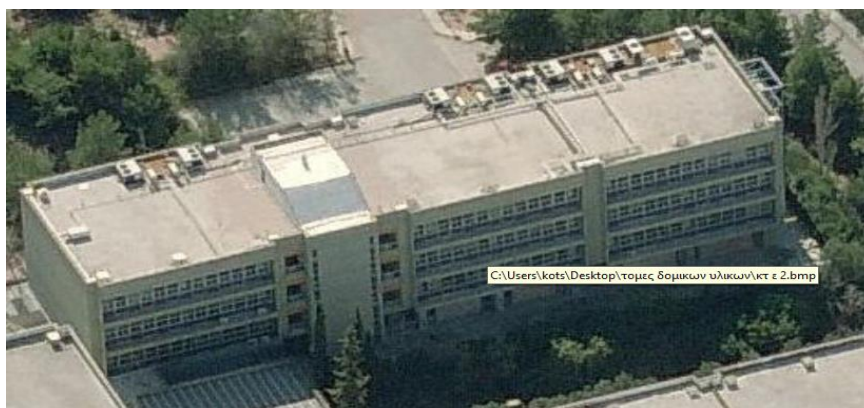
Εικόνα 52: Κτίριο Β Συγκροτήματος Γενικών Εδρών

### Κτίριο Ε

Το κτίριο Ε ανήκει στο Συγκρότημα Γενικών Εδρών της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, η ανέγερση του οποίου ολοκληρώθηκε κατά το έτος 1975, δηλαδή πριν από την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης των κτιρίων που ίσχυσε υποχρεωτικώς για όλα τα κτίρια στην Ελλάδα το 1979. Το κτίριο αυτό αποτελείται από τέσσερις ορόφους, ενώ διαθέτει υπόγειο και δώμα. Το ύψος κάθε ορόφου καθώς

και του ισογείου είναι 3,63 m. Το ύψος του δώματος είναι 3 m ενώ του υπογείου χώρου 2,7 m. Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου Ε είναι 4.436,83 m<sup>2</sup>.

Εκτίμηση που πραγματοποιήθηκε προσεγγίζει την ετήσια κατανάλωση του συνόλου του κτιρίου στις **320,61 MWh/y**. . Από αυτές οι 44.477,78 kWh είναι για τον φωτισμό, οι 30.801,64 kWh για την ψύξη/θέρμανση, οι 100.095,56 kWh για τη χρήση Η/Υ – servers, οι 9.622,82 kWh για περιφερειακούς Η/Υ, φωτοτυπικά μηχανήματα και φαξ, οι 4.195,30 kWh για οικιακές συσκευές, οι 84 kWh για αντλίες λυμάτων, οι 129.840 kWh για τα 2 κεντρικά συστήματα κλιματισμού (ψύξη και θέρμανση) και οι 1496 kWh για τους 2 ανελκυστήρες.



Εικόνα 53: Κτίριο Ε Συγκροτήματος Γενικών Εδρών

### Αμφιθέατρα Συγκροτήματος Γενικών Εδρών

Ανάμεσα στα άλλα κτίρια που συγκαταλέγονται στο Συγκρότημα Γενικών Εδρών είναι και τα αμφιθέατρα. το κτίριο Α συνδέεται με την πυλωτή των γενικών Εδρών και αυτή με τη σειρά της με τα αμφιθέατρα 1, 2, 3 και 4. Τα αμφιθέατρα χρησιμοποιούνται ως χώροι διδασκαλίας για τη σχολή Ε. Μ. Φ. Ε και μόνο. Σύμφωνα με τα στοιχεία από τις κατόψεις των σχεδίων που υπάρχουν τα εμβαδά των αμφιθεάτρων είναι αντίστοιχα :

$$E_{\text{ΑΜΦ}, 1} = 301, 11 \text{ m}^2$$

$$E_{\text{ΑΜΦ}, 2} = 209, 79 \text{ m}^2$$

$$E_{\text{ΑΜΦ}, 3} = 209, 24 \text{ m}^2$$

$$E_{\text{ΑΜΦ}, 4} = 427, 42 \text{ m}^2$$

Οι συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις για το αμφιθέατρο 1 είναι **34.438,87 kWh** από τις οποίες οι 15.463,04 kWh είναι για την ψύξη/θέρμανση και οι υπόλοιπες 18.975,83 kWh για τον φωτισμό. Για το αμφιθέατρο 2 οι συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις ανέρχονται στις **31.080,36 kWh** όπου οι 15.057,71 kWh καταναλώθηκαν για την ψύξη/θέρμανση του αμφιθεάτρου και οι 16.022,65 kWh για τον φωτισμό του. Η συνολική εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για το αμφιθέατρο 3 είναι **29.708,09 kWh** από τις οποίες οι 14.584,84 kWh είναι για την

ψύξη/θέρμανση και οι 15.123,25 kWh για τον φωτισμό. Τέλος, για το αμφιθέατρο 4 οι συνολικές ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις είναι της τάξης των **45.633,97 kWh**, όπου οι 14.295,42 kWh είναι για την ψύξη/θέρμανση του αμφιθεάτρου 4 και οι άλλες 31.327,55 kWh για τον φωτισμό του.



Αμφιθέατρο 1



Αμφιθέατρο 2



Αμφιθέατρο 3



Αμφιθέατρο 4

Εικόνα 54: Αμφιθέατρα Συγκροτήματος Γενικών Εδρών

### Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

Το **Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών** (PC Lab) βρίσκεται εντός της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου και το έτος κατασκευής του είναι το 1978 (πριν τον κανονισμό θερμομόνωσης κτιρίων). Το κτίριο αυτό στεγάζει τον κεντρικό υπολογιστή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ), εργαστήρια υπολογιστών, αμφιθέατρα και γραφεία διδακτικού προσωπικού. Αποτελείται από ένα υπόγειο, το ισόγειο και τρεις ορόφους. Σύμφωνα με τα στοιχεία από τις κατόψεις του κτιρίου, το εμβαδόν του δαπέδου κάθε ορόφου είναι:

$$E_{\text{υπογ.}} = 1144,21 \text{ m}^2$$

$$E_{\text{ισογ.}} = 2123,22 \text{ m}^2$$

$$E_{\alpha, \text{ορ}} = 1572,42 \text{ m}^2$$

$$E_{\beta, \text{ορ}} = 522,37 \text{ m}^2$$

$$E_{\gamma, \text{ορ}} = 105,79 \text{ m}^2$$

Η συνολική ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας του Κτιρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών υπολογίζεται **364.914 kWh**. Από αυτές οι 38.644 kWh καταναλώνονται για τον φωτισμό του κτιρίου, οι 99.088 kWh για την ψύξη/θέρμανση, οι 218.532 kWh για τη λειτουργία ηλεκτρονικών υπολογιστών – servers, οι 907 kWh για τη λειτουργία των ανελκυστήρων και οι 7.743 kWh για τη λειτουργία άλλων ηλεκτρικών συσκευών.



Εικόνα 55: Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (PC Lab)

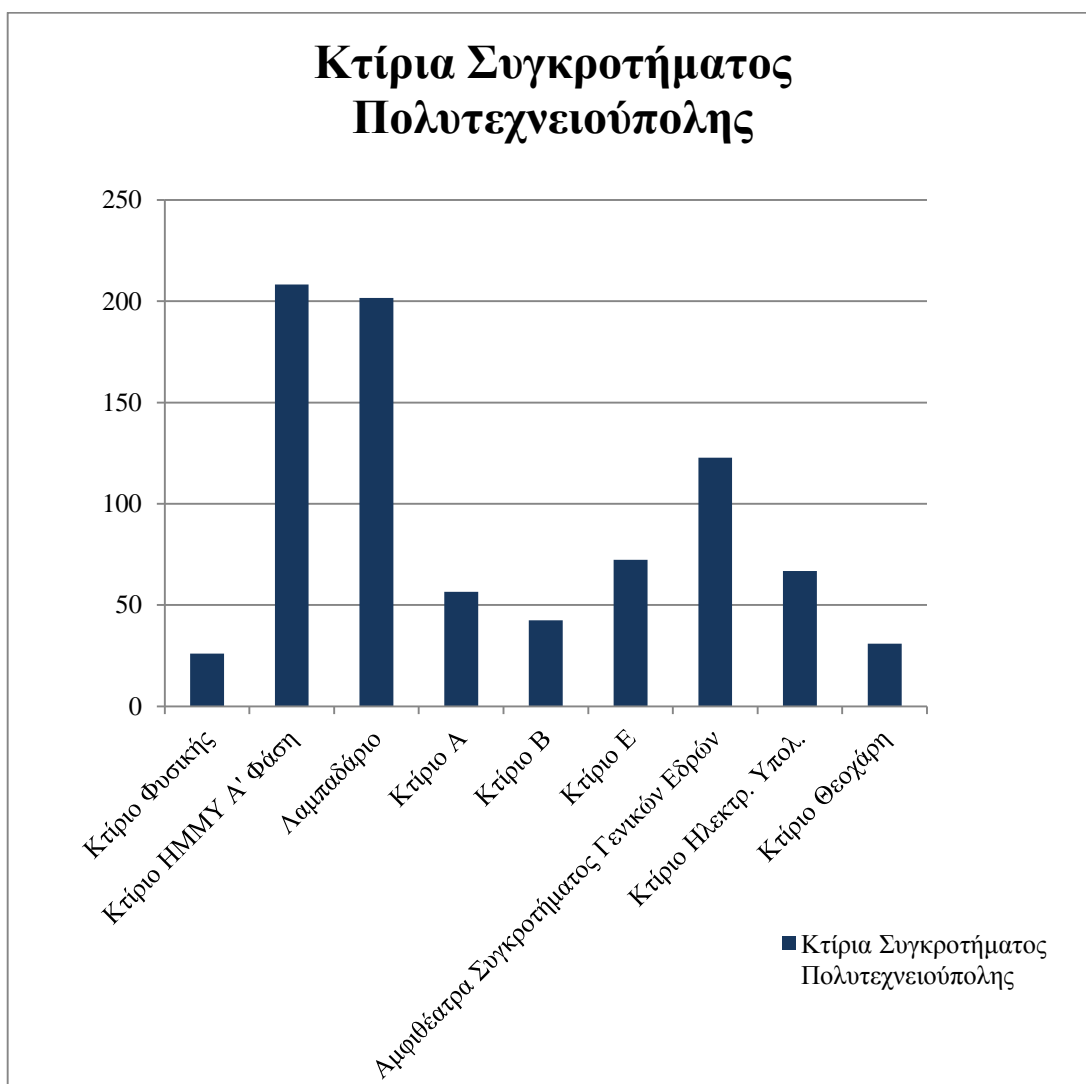
### **Κτίριο Θεοχάρη**

Το **Κτίριο Θεοχάρη** βρίσκεται στο συγκρότημα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου στην Αθήνα. Το συγκρότημα κτιρίων στο οποίο ανήκει το κτίριο Θεοχάρη, αποτελεί το παλαιότερο κτίσμα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου αφού κατασκευάστηκε την περίοδο 1954-60 και ήταν αρχικά γνωστό ολόκληρο, ως κτίριο Αντοχής Υλικών. Μετέπειτα το κεντρικό κτίριο του συγκροτήματος αυτού ονομάστηκε κτίριο Θεοχάρη προς τιμήν του διακεκριμένου καθηγητή Περικλή Σ. Θεοχάρη. Το κτίριο αποτελείται από 4 ορόφους και 1 υπόγειο και έχει συνολική επιφάνεια 6750,8 m<sup>2</sup>.

Η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου Θεοχάρη ανέρχεται στις **208.605 kWh**. Από αυτές οι 53.167,08 kWh είναι για τον φωτισμό του κτιρίου, οι 71434,7 kWh για την ψύξη/θέρμανση, οι 66.531,82 kWh για τη λειτουργία των Η/Υ, οι 3.951,2 kWh για τη λειτουργία περιφερειακών συσκευών, φωτοτυπικών και φαξ, οι 12.024,28 kWh για τη λειτουργία άλλων ηλεκτρικών συσκευών και οι 1.496 kWh για τη λειτουργία των ανελκυστήρων.



Εικόνα 56: Κτίριο Θεοχάρη Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου



Διάγραμμα 3.4.1 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> κτιρίων Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου

A/A	Ονομασία Κτιρίου	Αριθμός ορόφων/ Επιπέδων	Επιφάνεια κτιρίου (m <sup>2</sup> )	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΑΝΑ ΚΤΙΡΙΟ (kWh/y)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (kWh/m <sup>2</sup> )
1	ΚΤΙΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ (ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ)	6	7058,86	183719	26,03
2	ΚΤΙΡΙΟ ΗΜΜΥ Α' ΦΑΣΗ (ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ)	5	11.158,5	2324000	208,27
3	ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ (ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ)	4	4.695	946751	201,65
4	ΚΤΙΡΙΟ Α (ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ)	3	3423,76	193413,59	56,49
5	ΚΤΙΡΙΟ Β (ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ)	5	3532,8	149728	42,38
6	ΚΤΙΡΙΟ Ε (ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ)	6	4436,83	320613,07	72,26
7	ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΝΙΚΩΝ ΕΔΡΩΝ (ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ)	1	1147,56	140850,29	122,74

8	ΚΤΙΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ	5	5468,01	364914	66,74
9	ΚΤΙΡΙΟ ΘΕΟΧΑΡΗ (ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ)	5	6750,8	208600	30,90
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ (kWh/y)</b>				<b>4832588,95</b>	<b>827,46</b>

Πίνακας 3.3.3: Ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίων Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου

Από τα κτίρια του συγκροτήματος Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου στην Αθήνα εκείνο με τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> είναι το Κτίριο της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) Α' Φάσης ενώ ελάχιστα μικρότερες φαίνεται να έχει το κτίριο Λαμπαδάριο της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. όπως δείχνει και το διάγραμμα 3.4.1. Έπονται τα αμφιθέατρα του Συγκροτήματος Γενικών Εδρών με τις μισές περίπου ενεργειακές καταναλώσεις από τα προηγούμενα κτίρια και στη συνέχεια είναι το κτίριο Ε και το κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών με ίδιες σχεδόν ενεργειακές καταναλώσεις. Ακολουθούν τα κτίρια Α και Β ενώ το κτίριο Φυσικής και το κτίριο Θεοχάρη εμφανίζουν τις μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup>.

Συγκρίνοντας τις ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m<sup>2</sup> των κτιρίων της σχολής Πολιτικών Μηχανικών με αυτές των κτιρίων του συγκροτήματος της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, παρατηρούμε ότι το κτίριο Διαχείρισης Τεχνικών Έργων, το Κυλικείο Πολιτικών Μηχανικών και το Κατάστημα Φωτοαντιγράφων, καθώς και το κτίριο ΗΜΜΥ Α' Φάσης και το κτίριο Λαμπαδάριο έχουν πολύ μεγάλες ενεργειακές καταναλώσεις (πάνω από 200 kWh/m<sup>2</sup>) Αρκετά μεγάλες είναι και οι ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής (μεταξύ 150 και 200 kWh/m<sup>2</sup>). Τα Αμφιθέατρα Συγκροτήματος Γενικών Εδρών και το κτίριο Οπλισμένου Σκυροδέματος έχουν παραπλήσιες ενεργειακές καταναλώσεις (πάνω από 100 και κάτω από 150 kWh/m<sup>2</sup>) Μεταξύ των 50 και 100 kWh/m<sup>2</sup> βρίσκονται οι ενεργειακές καταναλώσεις του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών, του κτιρίου Γεωτεχνικής, και του Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών από τη σχολή Πολιτικών Μηχανικών και των κτιρίων Α, Ε και Ηλεκτρονικών Υπολογιστών από το συγκρότημα Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Τις μικρότερες ενεργειακές καταναλώσεις έχουν το Αμφιθέατρο Πολιτικών Μηχανικών, Εργαστήριο Λιμενικών Έργων, κτίριο Ηχοτεχνίας, κτίριο Φυσικής, κτίριο Β και κτίριο Θεοχάρη με ενεργειακές καταναλώσεις κάτω από 50 kWh/m<sup>2</sup>.



#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, έγινε μια προσπάθεια να διαμορφωθεί μια επαρκής εικόνα γύρω από το ενεργειακό προφίλ των 2 υπό μελέτη κτιρίων της σχολής Πολιτικών Μηχανικών και συγκεκριμένα του Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών και του κτιρίου Ηχοτεχνίας.

Το γεγονός ότι δεν υπήρχαν πληροφορίες γύρω από τις καταναλισκόμενες ποσότητες ενέργειας αλλά και το γεγονός ύπαρξης ενιαίου τιμολογίου από τη ΔΕΗ και τη ΔΕΠΑ για το σύνολο των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, αποτέλεσε αρνητικό παράγοντα στην απόκτηση επαρκούς γνώσης σχετικά με την ενεργειακή συμπεριφορά των εξεταζόμενων κτιρίων.

Μετά τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων προσδιορίστηκαν οι ανάγκες ενέργειας για θέρμανση - ψύξη, για φωτισμό και οι καταναλώσεις των ηλεκτρικών συσκευών ανά κτίριο, αλλά και ανά όροφο των κτιρίων. Ωστόσο, ο υπολογισμός των ακριβών ηλεκτρικών καταναλώσεων είναι σχεδόν αδύνατος, αφού τα ωράρια χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι καθορισμένα και φυσικά παρουσιάζουν αποκλίσεις ανάλογα με τη μέρα και την περίοδο. Επιχειρήθηκε όμως με τη συνεργασία των εργαζομένων, να καταγραφούν τα ωράρια όσο πιο σωστά και κοντά στην πραγματικότητα γίνεται.

Από την ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στο **Εργαστήριο Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών**, οι ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις υπολογίστηκαν **110.554,10 kW**, εκ των οποίων οι 15.610,96 kW είναι για τον φωτισμό, οι 51.135,72 kW για την ψύξη/θέρμανση και οι υπόλοιπες 43.807,42 kW για τη λειτουργία διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών. Από την ενεργειακή επιθεώρηση στο **κτίριο Ηχοτεχνίας**, οι ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας μετρήθηκαν **14.521,80 kW**. Από αυτές οι 1.830,4 kW καταναλώνονται για τον φωτισμό, οι 2001 kW για την ψύξη/θέρμανση και οι 10.690,40 kW για τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών.

Έπειτα έγινε μια αξιολόγηση των ενεργειακών καταναλώσεων των επιμέρους χώρων ανά επίπεδο αλλά και του συνόλου των κτιρίων της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. και σύγκρισή τους με τις ενεργειακές καταναλώσεις άλλων κτιρίων του συγκροτήματος Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Από τα κτίρια της σχολής Πολιτικών Μηχανικών είδαμε ότι τα κτίρια με τις **μεγαλύτερες** καταναλώσεις ανά επιφάνεια είναι το **κατάστημα φωτοαντιγράφων** και το **κτίριο Διαχείρισης Τεχνικών Έργων** με καταναλώσεις πάνω από **220 kWh/m<sup>2</sup>**. Αντίστοιχα, από τα κτίρια του συγκροτήματος Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου εκείνα με τις μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις ανά επιφάνεια είναι το **κτίριο ΗΜΜΥ Α' Φάσης** και το **Λαμπαδάριο** της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π, οι ενεργειακές καταναλώσεις των οποίων ξεπερνούν τις **200 kWh/m<sup>2</sup>**. Οι ενεργειακές καταναλώσεις του καταστήματος φωτοαντιγράφων και του κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων υπερέχουν σε μικρό βαθμό των αντίστοιχων ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου ΗΜΜΥ Α' Φάσης και Λαμπαδάριου. Τα κτίρια με τις **μικρότερες** ενεργειακές καταναλώσεις ανά επιφάνεια είναι το **Αμφιθέατρο Πολιτικών Μηχανικών**, το **Εργαστήριο Λιμενικών Έργων**, το **κτίριο Ηχοτεχνίας**, το **κτίριο Φυσικής**, το **κτίριο Β** και το **κτίριο Θεοχάρη** με ενεργειακές καταναλώσεις κάτω από **50 kWh/m<sup>2</sup>**. Οι ενεργειακές καταναλώσεις του Εργαστηρίου

Λιμενικών Έργων και του Αμφιθεάτρου Πολιτικών Μηχανικών φάνηκε ότι υστερούν των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων που ανήκουν στο συγκρότημα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου κτίριο Φυσικής, Β και Θεοχάρη.

## 5. ΑΝΑΦΟΡΕΣ / ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### **A. Γενικά:**

- 1) [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
- 2) [www.green4powersol.gr](http://www.green4powersol.gr)
- 3) [www.eeee.gr](http://www.eeee.gr)
- 4) [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)
- 5) [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)
- 6) [wildwaterwall.gr](http://wildwaterwall.gr)
- 7) <http://users.itia.ntua.gr/nikos/energy/>
- 8) <http://www.nulightsolutions.com/>
- 9) [www.civil.ntua.gr](http://www.civil.ntua.gr)

### **B. Άρθρα- Αργεία :**

- 10) <http://www.ypeka.gr/?tabid=285>
- 11) <http://www.cres.gr/kape/index.htm>
- 12) [http://www.triedrasi.gr/index.php/aerismos\\_drosismos.html](http://www.triedrasi.gr/index.php/aerismos_drosismos.html)
- 13) [http://www.ecoarchitects.gr/images/FINAL/Pathitika\\_Hliaka\\_Systemata.pdf](http://www.ecoarchitects.gr/images/FINAL/Pathitika_Hliaka_Systemata.pdf)
- 14) <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros- -mikroklima- -photismos-periballon-choros---mikroklima#TOC-4.--->
- 15) [http://ac.els-cdn.com/S1876610211043967/1-s2.0-S1876610211043967-main.pdf?\\_tid=78b6a8b8-f4e4-11e4-b8bc00000aacb35d&acdnat=1431022464\\_d272aafe3de2f83caaf44b8f14426697](http://ac.els-cdn.com/S1876610211043967/1-s2.0-S1876610211043967-main.pdf?_tid=78b6a8b8-f4e4-11e4-b8bc00000aacb35d&acdnat=1431022464_d272aafe3de2f83caaf44b8f14426697)
- 16) [http://ac.els-cdn.com/S1875389212003860/1-s2.0-S1875389212003860-main.pdf?tid=958a5d68-f4e4-11e4-9b3e00000aacb35f&acdnat=1431022512\\_43982b3ac011dc393aac2cde4fedb56e](http://ac.els-cdn.com/S1875389212003860/1-s2.0-S1875389212003860-main.pdf?tid=958a5d68-f4e4-11e4-9b3e00000aacb35f&acdnat=1431022512_43982b3ac011dc393aac2cde4fedb56e)
- 17) <http://sate.gr/nea/energy.pdf>
- 18) <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/anartesechoristitlo>
- 19) <http://renewablegreece.wikispaces.com/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE+%CE%95%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1>

20)[https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0C CAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.energynius.gr%2Ffiles4users%2Ffiles%2FT OTEE\\_20701\\_6\\_Final\\_TEE.pdf&ei=mEVVavII8S2UbmQgJgD&usg=AFQjCNEzdb 4G22MZ\\_NeymYSM5PZW\\_sa0vw](https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0C CAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.energynius.gr%2Ffiles4users%2Ffiles%2FT OTEE_20701_6_Final_TEE.pdf&ei=mEVVavII8S2UbmQgJgD&usg=AFQjCNEzdb 4G22MZ_NeymYSM5PZW_sa0vw)

21)[http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/7FCCCC67119C7A3AC2257586003A C345/\\$file/%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%91%20%CE%98 %CE%95%CE%A1%CE%9C%CE%99%CE%9A%CE%91%20%CE%A3%CE%A5 %CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%91%20%20%CE %A6%CE%A9%CE%A4%CE%9F%CE%92%CE%9F%CE%9B%CE%A4%CE%91 %CE%AA%CE%9A%CE%91.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/7FCCCC67119C7A3AC2257586003A C345/$file/%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%91%20%CE%98 %CE%95%CE%A1%CE%9C%CE%99%CE%9A%CE%91%20%CE%A3%CE%A5 %CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%91%20%20%CE %A6%CE%A9%CE%A4%CE%9F%CE%92%CE%9F%CE%9B%CE%A4%CE%91 %CE%AA%CE%9A%CE%91.pdf)

22) <http://invenio.lib.auth.gr/record/124686/files/GRI-2010-5866%20.pdf?version=1>

23) [02ΤΟΤΕΕ-thermofisikes-idiotites](#)

24) [ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: ΗΛΙΑΚΑ ΣΠΙΤΙΑ, ΗΛΙΑΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ, ΦΡ. ΚΩΤΣΙΑΝΑΣ, ΗΒΟΣ, 1980](#)

25) [ΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ, ΦΛΩΡΑ-ΜΑΡΙΑ ΜΠΟΥΓΙΑΤΙΩΤΗ, Αρχιτέκτονας Μηχανικός Α.Π.Θ., ΜΔΕ Ε.Μ.Π., Δρ. Ε.Μ.Π.](#)

26) [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/ktiria\\_intro.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm)

27) [http://www.ecosense.gr/posts\\_heatingsystems/exoikonomisi-energias/](http://www.ecosense.gr/posts_heatingsystems/exoikonomisi-energias/)

28) <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/efficient/buildings.htm>

29) [ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΕΗ, ΣΧΟΛΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Ε.Μ.Π., ΓΕΩΡΓΙΑ ΙΩΑΝΝΟΥ ΦΕΛΛΟΥΡΗ, ΑΘΗΝΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2010](#)

30) [ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΤΤΙΚΗ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ENERGY PLUS, ΚΑΡΑΛΙΒΑΝΟΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ- ΚΟΥΤΣΙΑΛΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2013](#)

31) [ΕΡΓΑΣΙΑ: Ο ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΟΝ ΑΣΤΙΚΟ ΔΗΜΟΣΙΟ ΧΩΡΟ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗ 'ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ'. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ](#)

32) [ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΘΕΟΧΑΡΗ ΤΗΣ ΠΟΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ, ΤΡΙΧΑΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ, ΑΘΗΝΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2011](#)

33) [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/ken ak/guide%20energiakis%20epitheorisis.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/ken ak/guide%20energiakis%20epitheorisis.pdf)

34) [www.pomida.gr/loipa/energy-saving/](http://www.pomida.gr/loipa/energy-saving/)

35) Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε., «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Περιβάλλον και Βιωσιμότητα», University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2006

36) [map.ntua.gr](http://map.ntua.gr)

37) [www.allaboutenergy.gr](http://www.allaboutenergy.gr)

38) [www.bigsolar.gr](http://www.bigsolar.gr)

39) [www.greekarchitects.gr](http://www.greekarchitects.gr)

40) ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ «ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ» ΚΑΙ «ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ Α΄ΦΑΣΗΣ», ΚΑΖΑΚΛΗ ΣΟΦΙΑ, ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2011

41) ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ Α ΚΑΙ ΣΤΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΓΕΝΙΚΩΝ ΕΔΡΩΝ ΤΟΥ Ε. Μ. Π., ΚΕΦΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΑΘΗΝΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2012

42) ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΣΤΑ ΚΤΗΡΙΑ «Ε» ΚΑΙ «Β» ΤΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΝΙΚΩΝ ΕΔΡΩΝ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ, ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΑ, ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2012

43) ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ, ΜΠΕΚΙΑΡΗ ΗΛΙΑΝΑ, ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2010

44) ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ, ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ, ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2010

45) ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ & ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΟΡΤΙΟΥ, ΠΕΤΡΟΣ Δ. ΤΣΙΚΡΙΚΑΣ, ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2010

46) ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΧΟΛΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Ε.Μ.Π. ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΥΛΙΚΕΙΟΥ ΣΧΟΛΗΣ, ΣΦΑΕΛΛΟΥ ΙΩΑΝΝΑ ΕΛΕΝΗ – ΑΛΕΥΡΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΑΘΗΝΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2015

**Δ. Για την ισχύ στις διάφορες ηλεκτρικές συσκευές και στα φωτιστικά σώματα (σε ότι δε γνώριζα)**

47) <http://www.eco-lamps.gr/>

48) <http://www.elektronik.gr/eshop/index.php>

49) <http://www.energy-save.gr>

50) <http://www.praktiker.gr/>

51) <http://www.mediamarkt.gr/>

**Ε .Για τη θέρμανση και την ψύξη των χώρων των κτιρίων**

52) [http://www.volker-quaschnig.de/datserv/faktoren/index\\_e.php](http://www.volker-quaschnig.de/datserv/faktoren/index_e.php)

53) <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=0VNMROKοQRk%3D&tabid=282&language=el-GR>

54) <http://www.meteoacharnes.gr/statistika/datasummary.htm>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικ. 1: Υγρά Καύσιμα-Πετρέλαιο	14
Εικ. 2 :Αέρια Καύσιμα - Φυσικό Αέριο	14
Εικ. 3: Πυρηνική Ενέργεια- Πυρηνικό Εργοστάσιο	15
Εικ.4: Ηλιακή Ενέργεια - Φωτοβολταϊκά Πάνελ	17
Εικ.5:Αιολική Ενέργεια- Ανεμογεννήτριες	19
Εικ.6: Υδατοπτώσεις	20
Εικ.7: Χρήση Γεωθερμικής Ενέργειας για την παράγωγή ηλεκτρικού ρεύματος	21
Εικ.8: Γεωθερμικές περιοχές της Ελλάδας	21
Εικ.9: Βιομάζα	24
Εικ.10: Σχηματική διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον κυματισμό της θάλασσας	25
Εικ.11: Προσανατολισμός του κτιρίου για βέλτιστη εκμετάλλευση του ηλίου	34
Εικ.12: Κτίριο επίμηκες κατά τον άξονα βορρά-νότου, σε κλιμακωτή διάταξη	35
Εικ.13: Εσωτερική διάταξη χώρων κατοικίας - Διαγραμματική κάτοψη βιοκλιματικού κελύφους	35
Εικ.14: Εκτροπή ψυχρού ανέμου με την χρήση ανεμοφράκτη, δέντρων ή θάμνων	36
Εικ.15 : Γωνία ύψους ( $\alpha$ ) και γωνία αζιμούθιου ( $\gamma$ s)	38
Εικ.16: Παράδειγμα ηλιακού χάρτη για Βόρεια γεωγραφικά πλάτη $36^\circ$	39
Εικ.17: Μετρητής σκιασμού για τον προσδιορισμό της σκίασης από τον περιβάλλοντα χώρο	40
Εικ.18 : Συμμετοχή της ηλιακής ακτινοβολίας στο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου	41
Εικ.19: Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους	44
Εικ.20: Αρχή λειτουργίας τοίχου θερμικής αποθήκευσης ,θερινή -χειμερινή λειτουργία του	45
Εικ 21: Φυσικός δροσισμός- Ηλιακή καμινάδα	47
Εικ 22: Αεριζόμενο κέλυφος σε εξωτερικό τοίχο κτιρίου	48
Εικ.23: Υπόσκαφα κτίρια	49
Εικ.24: Υπεδάφιο σύστημα αγωγών	49
Εικ.25: Άνοιγμα οροφής και διάχυση του φωτός	52
Εικ.26: Αίθρια κτιρίων	53
Εικ.27: Φωταγωγοί Σωλήνες	54
Εικ.28: Διπλοί Ενεργειακοί Υαλοπίνακες	55
Εικ.29: Διαφανή Μονωτικά Υλικά	56
Εικ.30: Ράφια Φωτισμού	57
Εικ.31: Ανακλαστικές Περσίδες	57
Εικ.32: Φυτεμένα Δώματα	59
Εικ.33: Ο πρώτος κατακόρυφος κήπος στην Ελλάδα	59
Εικ.34: Κτίρια Σχολής Πολιτικών Μηχανικών στην Πολυτεχνειούπολη	62
Εικ.35: Εργαστήριο Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών	64
Εικ.36: Κτίριο Ηχοτεχνίας	65
Εικ.37: Ορθογώνιο και Τετράγωνο φωτιστικό πλαίσιο	68
Εικ.38: Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών	78
Εικ.39: Κτίριο Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών	82
Εικ.40: Κτίριο Τομέα Γεωτεχνικής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών	86
Εικ.41: Κτίριο Διαχείρισης Τεχνικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών	89
Εικ.42: Κτίριο Οπλισμένου Σκυροδέματος Σχολής Πολιτικών Μηχανικών	94

Εικ.43: Αμφιθέατρο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών	95
Εικ.44: Κυλικείο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών	96
Εικ.45: Κατάστημα Φωτοαντιγράφων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών	97
Εικ.46: Εργαστήριο Λιμενικών Έργων, Τμήμα Α	99
Εικ.47: Εργαστήριο Λιμενικών Έργων, Τμήμα Β	99
Εικ.48: Κτίριο Φυσικής	107
Εικ.49: Κτίριο ΗΜΜΥ Α' Φάση	108
Εικ.50: Κτίριο Λαμπαδάριο	109
Εικ.51: Κτίριο Α Συγκροτήματος Γενικών Εδρών	110
Εικ.52: Κτίριο Β Συγκροτήματος Γενικών Εδρών	110
Εικ.53: Κτίριο Ε Συγκροτήματος Γενικών Εδρών	111
Εικ.54: Αμφιθέατρα Συγκροτήματος Γενικών Εδρών	112
Εικ.55: Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (PC Lab)	113
Εικ.56: Κτίριο Θεοχάρη Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου	114



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1.1: Αριθμός φωτιστικών ανά είδος και όροφο, εγκατεστημένη ισχύς φωτιστικών και ετήσια κατανάλωση ενέργειας	68
Πίνακας 3.1.2: Αριθμός θερμαντικών/ψυκτικών συσκευών ανά όροφο και ανά είδος	70
Πίνακας 3.1.3: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη/θέρμανση ανά όροφο	70
Πίνακας 3.1.4: Αριθμός ηλεκτρικών συσκευών ανά είδος συσκευής και ανά όροφο, εγκατεστημένη ισχύς και καταναλισκόμενη ενέργεια συσκευών ανά όροφο	71
Πίνακας 3.2.1: Αριθμός ανά είδος και όροφο, εγκατεστημένη ισχύς φωτιστικών και ετήσια κατανάλωση ανά όροφο	74
Πίνακας 3.2.2: Αριθμός θερμαντικών/ψυκτικών συσκευών ανά όροφο και ανά είδος	75
Πίνακας 3.2.3: Αριθμός ηλεκτρικών συσκευών ανά είδος συσκευής και ανά όροφο, εγκατεστημένη ισχύς και καταναλισκόμενη ενέργεια συσκευών ανά όροφο	76
Πίνακας 3.3.1 : Κατανάλωση κτιρίων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά επιφάνεια (kWh/m <sup>2</sup> )	106
Πίνακας 3.3.2 : Καταναλώσεις σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά Τομέα	107
Πίνακας 3.3.3: Ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίων Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου	116

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Γράφημα 3.1.1.: Κατανομή της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό του Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών ανά επίπεδο	69
Γράφημα 3.1.2: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη/θέρμανση ανά όροφο	70
Γράφημα 3.1.3: Κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας των ηλεκτρικών συσκευών ανά επίπεδο	72
Διάγραμμα 3.3.1 : Κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας kWh/y ανά όροφο και χρήση για το Εργαστήριο Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών	73
Γράφημα 3.2.1: Κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό ανά είδος χώρου	75
Διάγραμμα 3.3.2 : Κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας kWh/y ανά χρήση για το Κτίριο Ηχοτεχνίας	77
Διάγραμμα 3.3.1 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> υπογείου Μεταλλικών Κατασκευών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	78
Διάγραμμα 3.3.5 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> Κτιρίου Μεταλλικών Κατασκευών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά όροφο	79
Διάγραμμα 3.3.3 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> 1 <sup>ου</sup> Ορόφου Μεταλλικών Κατασκευών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	80
Διάγραμμα 3.3.4 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> 2 <sup>ου</sup> Ορόφου Μεταλλικών Κατασκευών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	80
Διάγραμμα 3.3.2 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> ισογείου Μεταλλικών Κατασκευών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	81
Διάγραμμα 3.3.6 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> ισογείου Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	82
Διάγραμμα 3.3.7 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> 1 <sup>ου</sup> Ορόφου Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	83
Διάγραμμα 3.3.8 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> 2 <sup>ου</sup> Ορόφου Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	84
Διάγραμμα 3.3.9 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> Κτιρίου Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά όροφο	85
Διάγραμμα 3.3.10 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> υπογείου Τομέα Γεωτεχνικής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	86
Διάγραμμα 3.3.11 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> ισογείου Τομέα Γεωτεχνικής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	87
Διάγραμμα 3.3.12 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> κτιρίου Τομέα Γεωτεχνικής Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος όροφο	87
Διάγραμμα 3.3.13 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> ισογείου κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	89
Διάγραμμα 3.3.14 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> 1 <sup>ου</sup> Ορόφου κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	90
Διάγραμμα 3.3.15 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> 2 <sup>ου</sup> Ορόφου κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	91
Διάγραμμα 3.3.16 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> 3 <sup>ου</sup> Ορόφου κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	92

Διάγραμμα 3.3.17 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> 4 <sup>ου</sup> Ορόφου κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	93
Διάγραμμα 3.3.18 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> κτιρίου Διαχείρισης Τεχνικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά όροφο	93
Διάγραμμα 3.3.19 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> κτιρίου Οπλισμένου Σκυροδέματος Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά όροφο	94
Διάγραμμα 3.3.20 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> Αμφιθεάτρου Σχολής Πολιτικών Μηχανικών	95
Διάγραμμα 3.3.21 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> Κυλικείου Σχολής Πολιτικών Μηχανικών	97
Διάγραμμα 3.3.22 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> Καταστήματος Φωτοαντιγράφων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών	98
Διάγραμμα 3.3.23 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> Τμήματος Α Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά επίπεδο	99
Διάγραμμα 3.3.24 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών	100
Διάγραμμα 3.3.24 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> Επιπέδου 2 Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	101
Διάγραμμα 3.3.25 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> Επιπέδου 3 Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	102
Διάγραμμα 3.3.26 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> Επιπέδου 4 Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	103
Διάγραμμα 3.3.27 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> Εργαστηρίου Στατικής & Αντισεισμικών Ερευνών Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά επίπεδο	104
Διάγραμμα 3.3.28 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> του κτιρίου Ηχοτεχνίας της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ανά είδος χώρου	104
Διάγραμμα 3.3.29 : Ενεργειακές Καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> των κτιρίων τις σχολής Πολιτικών Μηχανικών	105
Διάγραμμα 3.4.1 : Ενεργειακές καταναλώσεις kWh/m <sup>2</sup> κτιρίων Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου	114