



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

## **Διπλωματική Εργασία**

**Μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας.  
Μελέτη περίπτωσης: Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική**



**Φοιτήτρια: Κώτσια Αναστασία**  
**ΑΜ: 44546405**

**Επιβλέπων Καθηγητής**

**Εξαρχάκος Γεώργιος**

**ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, Απρίλιος, 2024**



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA  
FACULTY OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

## **Diploma Thesis**

### **Bioclimatic Architecture**



**Student: Kotsia Anastasia  
Registration Number: 44546405**

**Supervisor**

**Exarchakos George**

**ATHENS-EGALEO, April, 2024**

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)	(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)	(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΕΞΑΡΧΑΚΟΣ ΕΔΙΠ	ΓΙΑΝΝΑ ΑΤΑΝΑΣΟΒΑ ΕΔΙΠ	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΜΑΚΡΥΓΙΑΝΝΗΣ ΕΔΙΠ

**Copyright ©** Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και **Κώτσιας Αναστασίας**  
**Απρίλιος, 2024**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

#### **ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Κώτσια Αναστασία του Γρηγορίου, με αριθμό μητρώου 44546405 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

#### **δηλώνω υπεύθυνα ότι:**

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι ..... και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος/ουσας καθηγητή/ήτριας.»

Η Δηλούσα  
Κώτσια Αναστασία





«Ευχαριστίες»

Θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γιώργο Εξαρχάκο για την καθοδήγηση, το ενδιαφέρον και τη συμπαράσταση που μου έδειξε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας , αλλά και την οικογένειά μου καθώς και τον σύντροφο μου Κώνσταντίνο Λέλο για την αμέριστη στήριξη και κατανόηση, ώστε να ολοκληρωθεί αυτή μου η προσπάθεια.

## Περίληψη

Στη παρούσα διπλωματική εργασία διερευνώνται οι μέθοδοι της σύγχρονης βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

Αρχικά παρουσιάζονται βασικές αρχές της ενέργειας και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Έπειτα πραγματοποιείται μια εκτενής ανάλυση στη ευρωπαϊκή κατά βάση κατανάλωση ενέργειας των κτηρίων των μεταφορών αλλά και της βιομηχανίας.

Ακόμη αναλύονται οι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας με κύριο άξονα τα ενεργητικά και παθητικά συστήματα ενέργειας καθώς και τα σύγχρονα υλικά που εμφανίζονται στον κτηριακό τομέα με καινοτόμες προσθήκες της νανοτεχνολογίας και των φωτοκαταλυτικών υλικών.

Έπειτα παρουσιάζεται ο βασικός κύκλος της βιοκλιματικής και βιο – οικολογικής αρχιτεκτονικής οποίος αποτελείται από τη περιγραφή των ηλιακών διαγραμμάτων, του προσανατολισμού του κτηρίου τη συλλογή ηλιακής ενέργειας και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, τη θερμική μάζα τον τοίχο Trombe- Michel, το θερμοσιφωνισμό, τις οροφές νερού, τη σκίαση, τη φύτευση, τους πράσινους τοίχους και τις γεωθερμικές εφαρμογές καθώς και τα ασθενή σημεία του κτηρίου τις θερμογέφυρες.

Το θεωρητικό κομμάτι ολοκληρώνεται με τα κτήρια μηδενικής κατανάλωσης με επεξήγηση στους όρους ZEB (Zero Energy Building) και nZEB (nearly Zero Energy Building) και με φωτογραφίες από τα πιο εντυπωσιακά κτήρια μηδενικής ή σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης σε όλο το κόσμο.

Τέλος, παρουσιάζεται μια πρόταση τριώροφης πολυκατοικίας με pilotis και δώμα στο σχεδιασμό της οποίας λήφθηκαν υπόψιν βιοκλιματικά στοιχεία. Η παρουσίαση του πιλοτικού μοντέλου ολοκληρώνεται με το στατικό κομμάτι από την εφαρμογή του κτηρίου στο πρόγραμμα Fespa. Η τριώροφη πολυκατοικία παρουσιάζεται τόσο με αρχιτεκτονικά σχέδια ( κατόψεις, όψεις, τομές) όσο και με φωτορεαλιστική απεικόνιση του εξωτερικού μέρους όσο και του εσωτερικού.

## Λέξεις – κλειδιά

Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, Κτήρια Μηδενικής Κατανάλωσης, Παθητικά συστήματα, Κατανάλωση ενέργειας, Φωτοκαταλυτικά υλικά, Τεχνικές σχεδιασμού

## **Abstract**

This paper studies the methods of modern bioclimatic architecture.

Initially, principles of energy and renewable energy sources are presented. Then an extensive analysis is carried out on the European-based energy consumption on the field of transportation, buildings and industries.

Furthermore, are analyzed the methods of saving energy with the main focus on active and passive energy systems as well as the innovation materials that are appeared in the building sector such as nanotechnology and photocatalytic materials.

In addition, the main purpose is to provide bioclimatic design strategies in order to enhance the human thermal comfort with less impact to the environment. Solar diagram, the orientation of the building, collection of solar energy and the greenhouse effect, thermal mass, Trombe-Michel wall, rock bed, roof ponds, green walls and green roofs, shading elements, geothermal applications and thermal bridges are among the central principles of the bioclimatic design that contributes negatively to the energy consumption in buildings.

The theoretical part concludes with the classifications and strategies of Zero Energy Building (ZEB) and nearly Zero Energy Building (nZEB) and some photos of the most impressive buildings in the world in this section.

Last but not least, a proposal for a three-story apartment with pilotis and roof is presented in the design of which bioclimatic elements were taken into account. The presentation of the pilot model has also run in the static program FESPA. The three-story building is presented both with architectural plans (layout, façade, section) and with photorealistic depictions of the exterior and interior.

## **Keywords**

Bioclimatic architecture, Zero Energy Building, Passive energy systems, Energy consumption, Photocatalytic materials, Bioclimatic design

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> .....	10
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	12
1.3 ΒΙΟΜΑΖΑ.....	15
1.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	17
1.5 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	18
1.6 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	19
<b>2. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> .....	22
2.1. ΚΤΗΡΙΑ.....	24
2.2. ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ .....	28
2.3. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	31
<b>3. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> .....	34
3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	34
3.2 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	37
3.3 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	39
3.4 ΥΛΙΚΑ.....	41
<b>ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ</b> .....	42
<b>ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΤΙΤΑΝΙΟΥ</b> .....	43
<b>Πυρίτιο</b> .....	44
<b>Περιβαλλοντικά οφέλη φωτοκαταλυτικών υλικών</b> .....	45
<b>ΑΥΤΟΘΕΡΑΠΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ</b> .....	45
<b>ΑΥΤΟΣΥΜΠΥΚΝΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ</b> .....	47
<b>ΔΙΑΦΑΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ – LITRACON</b> .....	50
<b>ΦΩΤΟΦΑΥΓΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ- PHOTOLUMINESCENCES CONCRETE</b> .....	53
<b>4. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ</b> .....	55
4.1 ΗΛΙΑΣΜΟΣ-ΗΛΙΑΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ .....	56
4.2 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	59
4.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ .....	61
4.4 ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ .....	62

<b>4.5 ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΑΖΑ</b> .....	63
<b>4.6 ΤΟΙΧΟΣ TROMBE-MICHEL</b> .....	65
<b>4.7 ROCK BED – ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΣΜΟΣ</b> .....	77
<b>4.8 ROOF PONDS- ΟΡΟΦΗ ΝΕΡΟΥΉ ΗΛΙΑΚΗ ΛΙΜΝΗ</b> .....	78
<b>4.9 ΣΚΙΑΣΗ</b> .....	80
<b>4.10 ΦΥΤΕΥΣΗ</b> .....	87
<b>4.11 ΠΡΑΣΙΝΟΙ ΤΟΙΧΟΙ</b> .....	88
<b>4.12 ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ</b> .....	91
<b>4.13 ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ</b> .....	95
<b>4.14 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ</b> .....	98
<b>Γεωθερμική Αντλία θερμότητας</b> .....	100
<b>4.15 ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ</b> .....	101
<b>5.ZEB-NZEB (zero energy building-nearly zero energy building)</b> .....	108
<b>5.1 Κτήρια Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας:</b> .....	111
<b>6. προταση σχεδιασμου ενος κτηριου με βιοκλιματικα στοιχεια</b> .....	119
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	137
Έντυπη.....	137
Ηλεκτρονική .....	144



# 1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

## 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εν + έργο ορίζεται ως η ικανότητα ενός σώματος ή συστήματος να παράγει έργο <sup>1</sup>.

Ο άνθρωπος προκειμένου να επιβιώσει και να κάνει τη ζωή του πιο εύκολη εδώ και χιλιάδες χρόνια χρησιμοποιεί την ενέργεια. Η πρώτη μορφή ενέργειας που ανακάλυψε και εξέλιξε ήταν η φωτιά. Θερμότητα, φωτισμός και μαγείρεμα είναι κάποιες από τις ανέσεις που προσέφερε στον άνθρωπο η εφεύρεση αυτής της ενέργειας. Με το πέρασμα των χρόνων και την εξέλιξη του ανθρώπινου όν και άλλες μορφές ενέργειας από το φυσικό μας περιβάλλον έμελλαν να αποτελέσουν πολύτιμα «εργαλεία» αξιοποίησης για τον άνθρωπο. Η συνεισφορά αυτών των πηγών ενέργειας αποτέλεσε κατευθυντήρια γραμμή για τη πρόοδο του πολιτισμού, της επιστήμης, αλλά και της τεχνολογίας. Η ενέργεια στη φύση αλλάζει συνεχώς μορφές άλλοτε ευεργετικά (ανάπτυξη φυτών και ζώων) και άλλοτε καταστροφικά (πλημμύρες, τυφώνες, πυρκαγιές). Το μόνο βέβαιο είναι πως χωρίς ενέργεια δε γίνεται καμία αλλαγή στη φύση. Η ενέργεια η οποία παρέχεται στον πλανήτη οφείλεται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τον Ήλιο. Η ενέργεια τόσο θεωρητικά όσο και πρακτικά, χαρακτηρίζεται ως μια λογιστική έννοια η οποία προβλέπει την εξέλιξη ή την κίνηση ενός συστήματος. Με απλά λόγια ορίζεται ως το ποσό του έργου που χρειάζεται το σύστημα να πάει από μια αρχική κατάσταση σε μια τελική. Οι μορφές ενέργειας ανάλογα με τον τρόπο αποθήκευσης ή τον τρόπο απόκτησης μπορεί να κατηγοριοποιηθούν στις εξής κατηγορίες <sup>2</sup>:

- Μηχανική ενέργεια
- Ηλεκτρομαγνητική ενέργεια
- Πυρηνική ενέργεια
- Θερμική ενέργεια
- Χημική ενέργεια
- Υλο-ενέργεια <sup>3</sup>

Μονάδα μέτρησης της ενέργειας-θερμότητας στο S.I (Διεθνές Σύστημα Μονάδων - Le Systeme international d'unités) είναι το J ( Τζάουλ) .

Ισχύει  $J = N * m$

Όπου N : Newton

m: Meter

<sup>1</sup> Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων-© Παιδαγωγικό Ινστιτούτο

<sup>2</sup> Εκπαιδευτικό Σχολικό Σύγγραμμα-Φυσική Γ' Γυμνασίου-Έτος 2001

<sup>3</sup> Οι κοσμολόγοι πιστεύουν ότι η διαστολή επιβραδυνόταν μέχρι πριν από 5 έως 7 δισεκατομμύρια χρόνια, οπότε εμφανίστηκε μυστηριωδώς η σκοτεινή ενέργεια και άρχισε να επιταχύνει τη διαστολή. Σήμερα, η δύναμη αυτή είναι τόσο ισχυρή ώστε πιστεύεται ότι αντιστοιχεί στο 73% της συνολικής υλοενέργειας του Σύμπαντος (σύμφωνα με τη σχετικότητα του Αϊνστάιν, η ύλη και η ενέργεια είναι ισοδύναμες). (Βαγγέλης Πρατικάκης, Φως στη σκοτεινή ύλη, Το Βήμα, 3 Απριλίου 2012.

Κάθε φυσικός πόρος που μας δίνει ενέργεια ονομάζεται Πηγή Ενέργειας. Οι πηγές ενέργειας χωρίζονται σε ανανεώσιμες πηγές και μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι εκείνες που υπάρχουν στο πλανήτη μας σε αφθονία και δεν θα εξαντληθούν ποτέ όπως το νερό , ο άνεμος , ο ήλιος κ.τ.λ. ενώ οι μη ανανεώσιμες πηγές είναι εκείνες που κάποια στιγμή στο μέλλον θα εξαντληθούν όπως το πετρέλαιο , το φυσικό αέριο κ.τ.λ.<sup>4,5</sup>

---

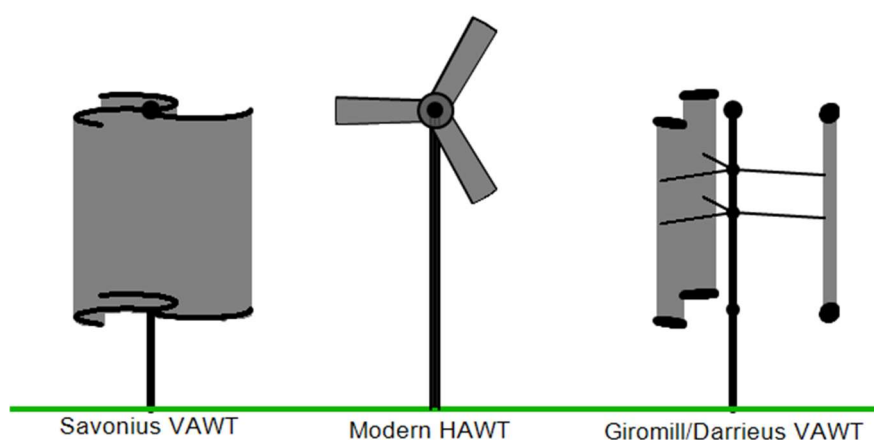
<sup>4</sup> Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο «What is renewable energy ?»

<https://audiovisual.ec.europa.eu/en/video/I-196320?lg=EN%2FEL>

<sup>5</sup> Γελεγένης Ι., Αξαόπουλος Ι., 2005, «Πηγές ενέργειας», Εκδόσεις: Σύγχρονη Εκδοτική

## 1.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αιολική ονομάζεται η ενέργεια που δημιουργείται από την συνεχή κίνηση των αέριων μαζών στην ατμόσφαιρα. Η ενέργεια αυτή οφείλεται σε τρεις παράγοντες, την ηλιακή ακτινοβολία, την ετερογένεια του ανάγλυφου του εδάφους αλλά και την περιστροφή της γης γύρω από τον άξονα της. Με βάση αυτούς τους παράγοντες δημιουργούνται οι άνεμοι, λόγω της μετακίνησης μεγάλων μαζών αέρα από την ανόμοια θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο.<sup>6</sup> Για την εκμετάλλευση αυτής της ενέργειας χρησιμοποιούνται ανεμογεννήτριες οριζόντιου είτε κατακόρυφου άξονα. Οι ανεμογεννήτριες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε πρώτη φάση σε μηχανική ενέργεια και επακολούθως σε ηλεκτρική.



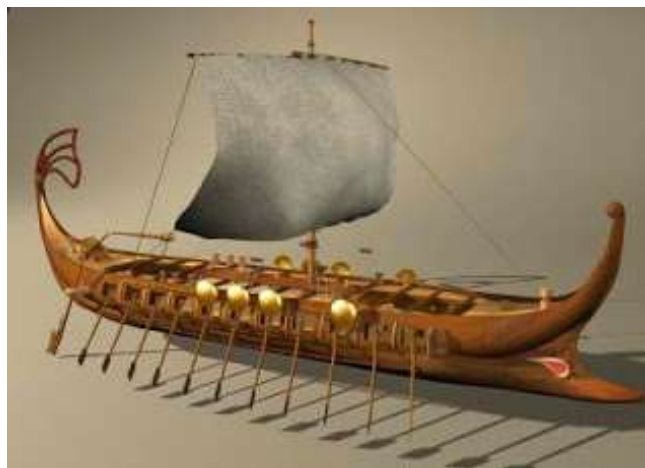
Εικόνα 1.1 Τύποι Ανεμογεννητριών Πηγή: Wikipedia

Η χρήση αυτής της ενέργειας συναντάται από την αρχαιότητα. Αναφορές γίνονται ήδη από τους Μεσολιθικούς χρόνους 8ή χιλιετία π.Χ. για τη ναυσιπλοΐα οι οποίες μαρτυράνε την σχέση του ανθρώπου με την θάλασσα και τον άνεμο. Ύστερα αυτή η τεχνογνωσία από τα πλοία μεταφέρεται στη στεριά με την χρήση ανεμόμυλων για αγροτικές κυρίως εργασίες. Το πρώτο μοντέλο σύγχρονης ανεμογεννήτριας συναντάται στη Γιάλτα (Yalta) το 1931.<sup>7</sup> Η ανεμογεννήτρια αυτή παρήγαγε 100 kW και το ύψος της έφτανε τα 30 μέτρα. Αναφορές

<sup>6</sup> Χασικίδη Ειρήνη – Φωτεινή 2010, «Αιολική ενέργεια σε Ελλάδα και Ευρώπη», Πάτρα, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών

<sup>7</sup> E. Hau, "Wind Turbines : Fundamentals, Technologies, Application, Economics", Berlin Heidelberg: Springer - Verlag, 2013.

δείχνουν ότι η ετήσια ικανότητα παραγωγής έφτανε το 32% , ποσοστό παρόμοιο με τις αποδόσεις σημερινών ανεμογεννητριών.<sup>8</sup>



Εικόνα 1.2 Yalta,1931 Ανεμογεννήτρια Wide D-30 Εικόνα 1.3 «Πλοία και πλοηγήσεις στην Αρχαία Ελλάδα»

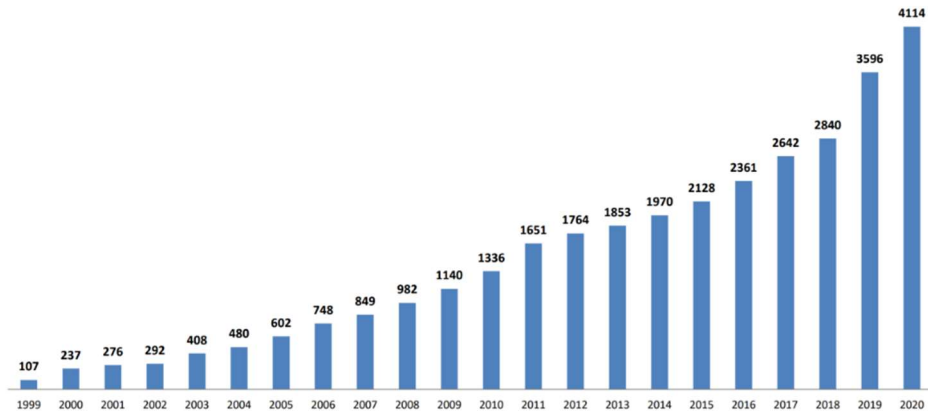
Στην Ελλάδα οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας έχουν καταγράψει σημαντική ανοδική πορεία. Παρακάτω παρατίθενται γραφήματα με την αύξηση της αιολικής ενέργειας σε MW από το 1999 έως το 2020 σύμφωνα με τη IEA ( International Energy Agency ) . Αλλά και η ισχύς της αιολικής ενέργειας σε MW ανά περιοχές της Ελλάδας.

---

<sup>8</sup> Πέττας Αντώνιος- Γενναίος,2020 «Ανάπτυξη μεθοδολογίας αξιολόγησης των προγνωστικών μοντέλων στην αιολική ενέργεια», Αθήνα, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο,Σχολή Πολιτικών Μηχανικών



## Total capacity to the grid (MW) per year

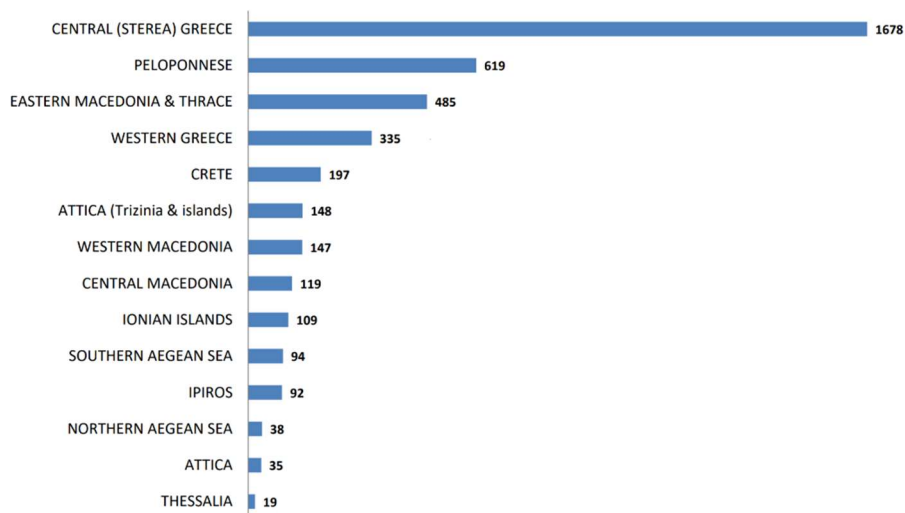


The HWEA Wind Energy Statistics take into account the wind capacity which is in commercial or test operation in Greece and are based on sources from the market actors. HWEA has made effort to crosscheck and confirm the data. However, HWEA does not guarantee the accuracy of them and do not undertake any relevant liability.

Εικόνα 1.4: Η άνοδος της αιολικής ενέργειας σε MW στην Ελλάδα από το 1999 έως το 2020.



## Capacity (MW) per region



Εικόνα 1.5 Η αιολική ενέργεια ανα περιοχή της Ελλάδας σε MW.



### 1.3 ΒΙΟΜΑΖΑ

Η ευρύτερη έννοια της βιομάζας ορίζεται ως οποιοδήποτε ύλη η οποία προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς και ειδικότερα κάθε υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη παραγωγή στερεών υγρών και αέριων καυσίμων.<sup>9</sup>



Εικόνα 1.5 Βιομάζα. Πηγή Hellenic-collage.gr

Τα κατάλοιπα του φυτικού κόσμου (όπως ξύλο, φρούτα και λαχανικά) καθώς και της αγροτικής παραγωγής (όπως ζωικά απόβλητα και υπολείμματα σοδειάς), αλλά και τα κατάλοιπα του αστικού κόσμου (όπως λόγω χάρη τα σκουπίδια) και τα υποπροϊόντα των βιομηχανιών ( από επεξεργασία τροφίμων και οργανικών υλών ) χρησιμοποιούνται για<sup>10</sup>:

- Θέρμανση κτηρίων και θερμοκηπίων.
- Για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου είτε γεωργικές βιομηχανίες.

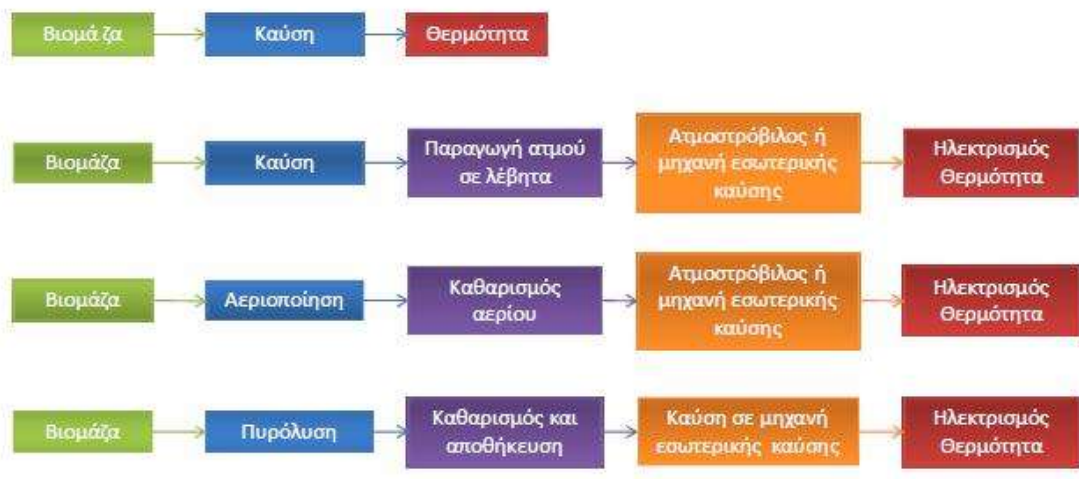
<sup>9</sup> «Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα», Τομέας Βιομάζας, ΚΑΠΕ, 1998

<sup>10</sup> [www.cres.gr/biomass\\_guide/pdf](http://www.cres.gr/biomass_guide/pdf)

- Τηλεθέρμανση, δηλαδή την θέρμανση χώρων αλλά και νερού σε έναν σύνολο κτηρίων ακόμα και σε ένα οικισμό , χωριό ή και πόλη με τη χρήση της βιομάζας ως καύσιμο.
- Ακόμη , η βιομάζα μπορεί να παράγει ενέργεια από βιοαέριο για ηλεκτρισμό και θέρμανση και τέλος ,
- Υγρά καύσιμα μπορούν να παραχθούν από συγκεκριμένα είδη βιομάζας δηλαδή συγκεκριμένα είδη καλλιέργειας και ανακυκλωμένα σπορέλαια τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα στις μεταφορές.

Η διαδικασία για την αξιοποίηση της βιομάζας γίνεται με τους τρόπους όπως εμφανίζονται στο παρακάτω διάγραμμα με την απλούστερη που είναι η καύση ώστε να παραχθεί θερμότητα και ηλεκτρισμός . Ένας ακόμη τρόπος είναι η αεριοποίηση όπου με μια ενδοθερμική διεργασία η στερεή βιομάζα μετατρέπεται σε καύσιμο. Τέλος έχουμε τη πυρόλυση με τη θέρμανση της βιομάζας σε απουσία ή περιορισμό αέρα ή οξυγόνου.

## Θερμοχημικές τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας



Εικόνα 1.6 Πηγή: Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας Τμήμα:Μηχανολογίας και Υδάτινων πόρων. Πτυχιακή Εργασία Παραγωγή Ενέργειας από Βιομάζα. Βασίλειος Γ. Κορμάζος

## 1.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η γεωθερμική ενέργεια παράγεται από νερό ή ακόμα και ατμό που συναντάμε σε σχισμές του φλοιού της γης ή σε θερμές πηγές στο εσωτερικό της γης. Τα θερμικά αυτά ρευστά αναδύονται στην επιφάνεια της γης σε μορφή ατμού ή θερμού νερού είτε χρησιμοποιείτε γεώτρηση.<sup>11</sup> Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία της γεώτρησης και απορροφηθεί η απαιτούμενη ενέργεια τότε με δεύτερη γεώτρηση γίνεται επανέγχυση του νερού στο έδαφος με σκοπό τη μακροζωία του ταμιευτήρα αλλά και την αποφυγή θερμικής ρύπανσης του περιβάλλοντος. Η θερμοκρασία αυτού του νερού κυμαίνεται με άξονα τη περιοχή από τόπο σε τόπο με ενδεικτικές τιμές από 25°C έως και 350°C.

Στις περιοχές με χαμηλή θερμοκρασία νερού η γεωθερμική ενέργεια εφαρμόζεται κυρίως για θέρμανση κατοικιών και γενικότερα κτιριακών εγκαταστάσεων αλλά και για θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες, κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις και τα συναφή. Στην αντίθετη περίπτωση όπου οι θερμοκρασίες είναι υψηλές (Από 150°C και πάνω) η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην χώρα μας υπάρχουν σημαντικές θερμικές πηγές καλύπτοντας ένα φάσμα από χαμηλές έως και πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Έρευνες έχουν διεξαχθεί σε πολλά μέρη της Ελλάδας και έχει αποτυπωθεί χάρτης με τις γεωθερμικές πηγές της χώρας και το φάσμα των καθαυτών θερμοκρασιών.<sup>12</sup>



Χάρτης 2.1: Γεωθερμικές περιοχές της Ελλάδας (Πηγή: Φωτίκας-Ανδρίτσας, 2004)

<sup>11</sup> Fridleifsson I.B. (2001). Geothermal energy for the benefit of the people. Renewable and Sustainable Energy Reviews, V. 5, pp. 299-312.

<sup>12</sup> [www.latomet.gr/geotherm/index.html](http://www.latomet.gr/geotherm/index.html)

## 1.5 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η Υδροηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από τη πτώση μεγάλων ποσοτήτων νερού από ποταμούς, πηγές ή υδατορέματα σε υδροτροχούς. Οι υδροτροχοί περιστρέφονται με αποτέλεσμα η κινητική αυτή ενέργεια να μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν παράγει βλαβερά αέρια για την ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να είναι μία από τις πιο φιλικές προς το περιβάλλον.<sup>13</sup>

Η μόνη περιβαλλοντική επίπτωση που θα μπορούσαμε να προσδώσουμε είναι η τεράστια κλίμακα έργου που προϋποθέτει η κατασκευή του. Παρ'ολ'αυτά με έναν ελκυστικό και εκλεπτυσμένο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό μπορεί το έργο να προσελκύσει εκατοντάδες τουρίστες όπως λόγω χάρη ο Μαραθώνας, Αττικής και το μειονέκτημα να μετατραπεί σε προτέρημα. Στην Ελλάδα η ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ενέργειας ταυτίζεται με την ίδρυση της ΔΕΗ (Δημόσια Υπηρεσία Ηλεκτρισμού) το 1950<sup>14</sup>. Μεγαλύτερη συνεισφορά υδροδυναμικού εντοπίζεται στην δυτική Ελλάδα λόγω των έντονων βροχοπτώσεων αλλά και της μορφολογίας του εδάφους. Η ΔΕΗ έχει στο δυναμικό της 16 μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς στους ποταμούς Νέστο, Αλιάκμονα, Εδεσσαίο, Αώο, Αχελώο, Ταυρωπό, Άραχθο, Λάδωνα και 8 μικρούς. Η συνολική μέση ετήσια παραγωγή ανέρχεται στα 500 GWh περίπου.



Εικόνα 1.7: Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί της Ελλάδας, πηγή: ΔΕΗ

<sup>13</sup> Υβριδικά Συστήματα παραγωγής ενέργειας βασιζόμενα σε συνδυασμό δύο διαφορετικών μορφών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, την αιολική και την υδροηλεκτρική ενέργεια, Σπυρίδων Τζιβάρας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

<sup>14</sup> ΤΕΕ, 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο συνέδριο μεγάλων φραγμάτων 2008. Ι.Γ Αργυράκης «Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί της ΔΕΗ Α.Ε και η συμβολή τους στη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας. Ι.Γ Αργυράκης»

## 1.6 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Είναι γεγονός ότι ο ήλιος εκπέμπει τεράστιες ποσότητες ενέργειας. Με τον όρο ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζουμε «το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο».<sup>15</sup> Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί την πιο ευρέως διαθέσιμη πηγή ενέργειας. Πρόκειται για μία βιώσιμη και πράσινη επιλογή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας<sup>16</sup>. Είναι η πλέον πιο οικονομική και με χαμηλότερο κόστος συντήρησης πηγή ενέργειας<sup>17</sup>. Η τεχνολογία σήμερα αξιοποιεί ένα ελάχιστο ως μηδαμινό ποσοστό της ενέργειας που καταφθάνει στον πλανήτη. Η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρία είδη συστημάτων.

- Τα θερμικά ηλιακά συστήματα : Αποτελεί το πιο απλό και διαδεδομένο σύστημα συλλογής ηλιακής ενέργειας. Χρησιμοποιείται για τη θέρμανση νερού με το γνωστό σύστημα του ηλιακού θερμοσίφωνα. Η ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από τη σκουρόχρωμη επιφάνεια μεταδίδει τη θερμότητα της στο νερό. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συστήματα θέρμανσης-ψύξης για οικιακή χρήση ή βιομηχανική, σε αγροτικές εφαρμογές, για αφαλάτωση του νερού, ακόμη και τη θέρμανση του νερού της πισίνας<sup>18</sup>.

---

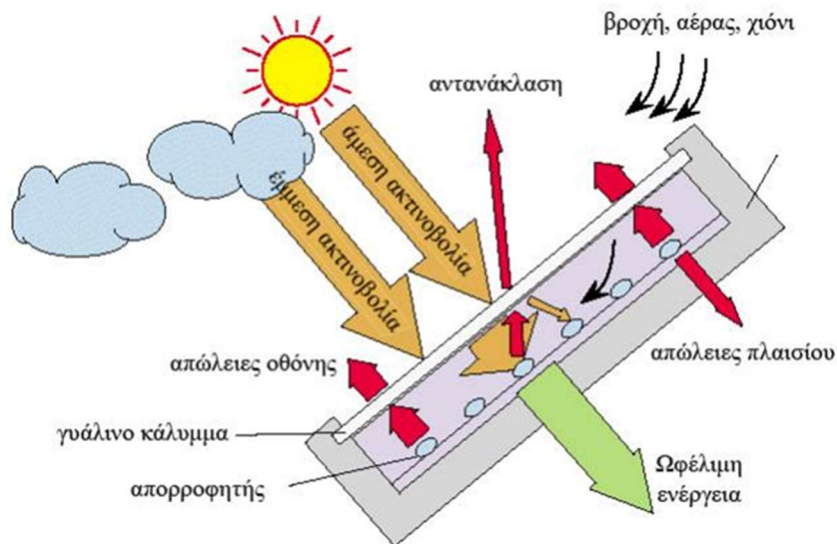
<sup>15</sup> Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. [ypen.gov.gr](http://ypen.gov.gr)

<sup>16</sup> Daniel Moscovici, Richardson Dilworth, Jerry Mead & Sheng Zhao (2015) Can sustainability plans make sustainable cities? The ecological footprint implications of renewable energy within Philadelphia's Greenworks Plan, *Sustain Sci Pract Pol*, 11 (1) (2015), pp. 32-43 .

<sup>17</sup> Daniel Moscovici, Richardson Dilworth, Jerry Mead & Sheng Zhao (2015) Can sustainability plans make sustainable cities? The ecological footprint implications of renewable energy within Philadelphia's Greenworks Plan, *Sustain Sci Pract Pol*, 11 (1) (2015), pp. 32-43 .

<sup>18</sup> ΚΑΠΕ, ΕΡΓΟ: RES DISSEMINATION, Ένωση Διπλωματούχων Ελληνίδων Μηχανικών(ΕΔΕΜ), Ένωση Γυναικών Ελλάδας(ΕΓΕ), Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας(ΚΑΠΕ) και από την Ισπανία το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Καταλογίας(ΙCT)





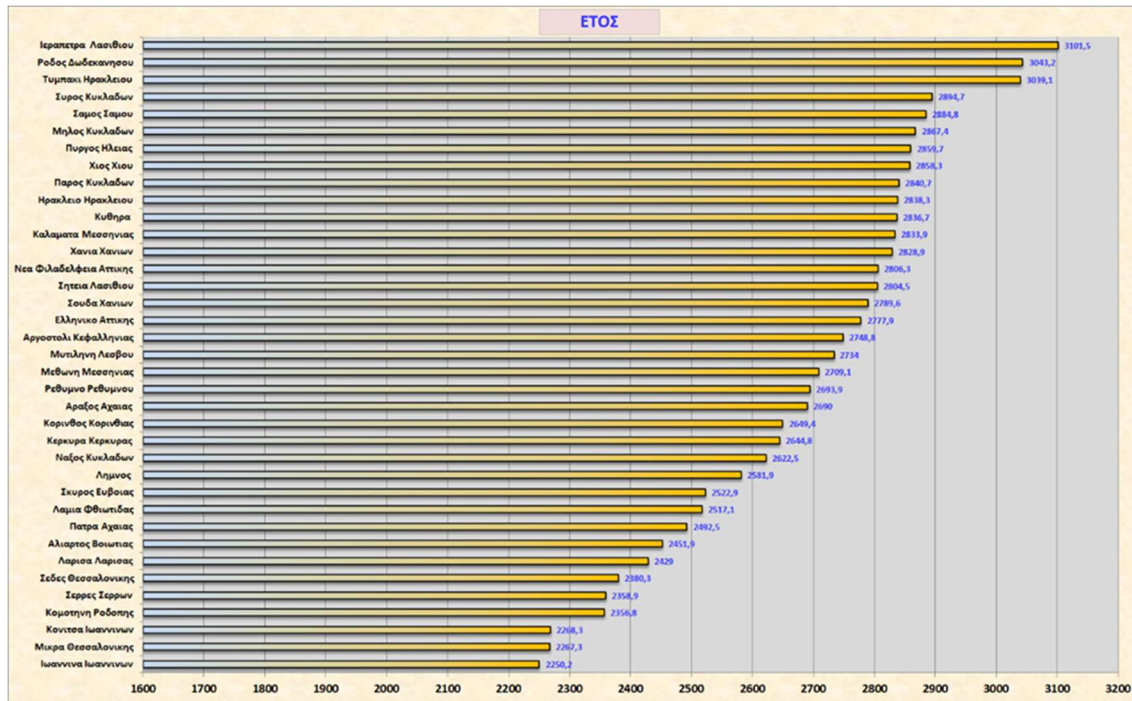
Εικόνα 1.8 Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης. Πηγή galaxysolar.gr

- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα: Τα οποία βασίζονται στη χρήση δομικών στοιχείων όπως του γυαλιού, το οποίο εκμεταλλεύεται την ηλιακή ακτινοβολία για φυσικό φωτισμό και θέρμανση του κτηρίου. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού τα οποία θα αναλυθούν εκτενέστερα στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο.
- Τα φωτοβολταϊκά συστήματα: Τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρισμό μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου (PV). Αυτή η αρχή χρονολογείται γύρω στο 1840. Ο Γάλλος φυσικός Μπεκερέλ ανακάλυψε ότι κάτω από το φως ήταν δυνατόν να ανιχνευθεί ηλεκτρική τάση σε δύο κομμάτια μέταλλου σε αραιωμένο υδροχλωρικό οξύ. Περίπου έναν αιώνα αργότερα δημιουργήθηκε το πρώτο ηλιακό στοιχείο του πυριτίου στα εργαστήρια Bell. Το οποίο στοιχείο έγινε αφορμή για περαιτέρω έρευνα και την εφαρμογή που χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα (Green,2005). Η χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων έχει πληθώρα χρήσεων όπως στη διαστημική βιομηχανία(παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε δορυφόρους διαστημικούς σταθμούς κ.α.) παροχή ενέργειας σε απομακρυσμένες περιοχές αλλά και αγροτικές<sup>19</sup>.

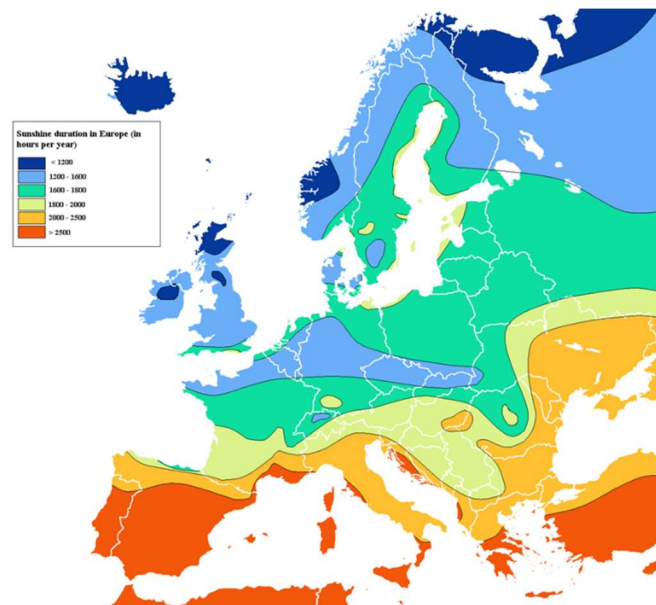
Αν και όλη η γη δέχεται ηλιακή ακτινοβολία, ανάλογα με τη γεωγραφική θέση, την εποχή, την ημέρα και τη νεφοκάλυψη η ποσότητα αυτής μεταβάλλεται. Η έρημος λόγω χάρη

<sup>19</sup> [Sustainable Design for Renewable Processes](#) Principles and Case Studies 2022, Pages 397-439. Chapter 10 - Photovoltaic solar energy, Author CésarRamírez-Márquez, MarianoMartín.

δέχεται περίπου τη διπλάσια ποσότητα ηλιακής ενέργειας από άλλες περιοχές. Στην Ελλάδα το μεγαλύτερο τμήμα της χώρας έχει ηλιοφάνεια περισσότερες από 2600 ώρες το χρόνο (εικόνα1.9). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Ιεράπετρα της οποίας η θεωρητική μέγιστη τιμή εάν δεν έχει ποτέ συννεφιά είναι 4447 ώρες, δηλαδή το 70% της διαθέσιμης ηλιοφάνειας<sup>20</sup>.



Εικόνα 1.9 Στατιστικά ηλιοφάνειας της Ελλάδας για ένα έτος. Πηγή: Meteology.gr



Εικόνα1.10: Στατιστικά ηλιοφάνειας στην Ευρώπη σε μονάδα μέτρησης ωρών ανά έτος. Πηγή: Meteology.gr

<sup>20</sup> <https://www.meteology.gr/statistika-iliofaneias-gia-tin-ellada/>

## 2. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες αποτελούν το κυριότερο παράγοντα της κλιματικής αλλαγής του πλανήτη. Σταδιακά το κλίμα της γης αλλάζει, παρατηρώντας με τα χρόνια αύξηση της θερμοκρασίας της γης, φαινόμενα όπως έντονοι καύσωνες αλλά και ακραίους παγετώνες. Ακόμη και αν σταματούσαν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σήμερα, οι επιπτώσεις αυτών θα συνέχιζαν για δεκαετίες<sup>21</sup>.

Αυξημένοι κίνδυνοι εντοπίζονται στη Νότια Ευρώπη κυρίως με φαινόμενα όπως, η συχνότητα εκδήλωσης καύσωνα, η μείωση των υδάτινων πόρων και η αύξηση τους στη Βόρεια Ευρώπη, αύξηση της ξηρασίας στις μεσογειακές περιοχές έναντι του 40% που παρατηρείται σήμερα και τέλος αύξηση του κινδύνου πυρκαγιάς στις περιοχές της Νότιας Ευρώπης<sup>21</sup>.

Λόγω των εξελίξεων αυτών, η Ε.Ε έθεσε προς υλοποίηση τη Πράσινη Συμφωνία με στόχο να θεσμοθετηθεί η Ευρώπη ως η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος έως το 2050. Αυτή η ανάγκη για μείωση των ΑτΘ κρίνεται αναγκαία, καθώς ο πληθυσμός του πλανήτη το 2050 αναμένεται να προσεγγίσει τα 9,7 δις. και με το σύγχρονο τρόπο ζωής θα χρειαζόντουσαν φυσικοί πόροι από τρεις πλανήτες<sup>22</sup>.

Τα κτήρια αποτελούν βασικό πυλώνα για τη κλιματική ουδετερότητα της Ε.Ε. Το 40% της κατανάλωσης ενέργειας οφείλεται στα κτήρια, καθώς και το 1/3 των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου<sup>23</sup>. Για το λόγο αυτό, υλοποιήθηκε το σχέδιο «Κύμα Ανακαίνισης» της Ε.Ε. Το σχέδιο αυτό προάγει τη ριζική ανακαίνιση των ιδιωτικών και δημόσιων κτηρίων.

Με αυτό το τρόπο θα μειωθούν:

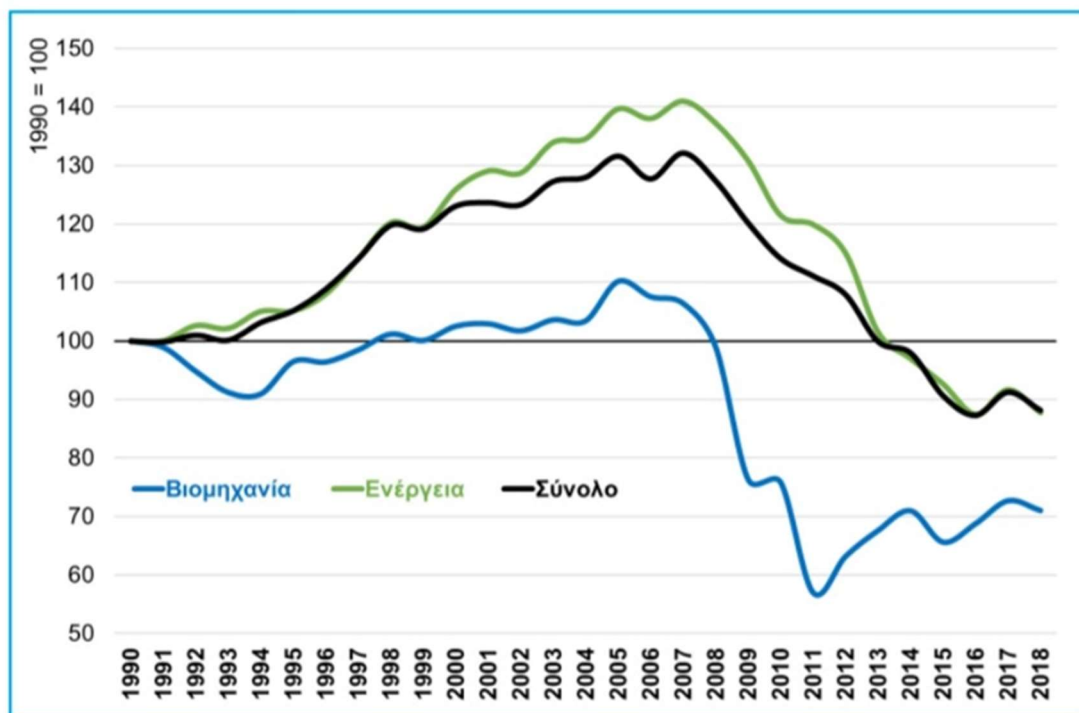
- οι εκπομπές των κτηρίων κατά 60%
- η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση
- και γενικότερα η τελική κατανάλωση ενέργειας.

<sup>21</sup> ΣΕΒ ( Σύλλογος Ελλήνων Βιομηχάνων), Οικονομία & Επιχειρήσεις, Special Report Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία. Τεύχος 62, 28 Ιανουαρίου 2021.

<sup>22</sup> <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>

<sup>23</sup> ΕΕ, Οικοδόμηση και Ανακαίνιση, Δεκ. 2019 και Ανακοίνωση της Επιτροπής COM(2020) 662 final: A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives

Η παραγωγή τροφίμων συμβάλει επίσης στις εκπομπές αερίων, παρόλο που η γεωργία έχει καταφέρει να μειώσει τις εκπομπές κατά 20%. Η σπατάλη τροφίμων ευθύνεται για το 8% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως (88 εκατ. τόνοι τροφίμων στην Ε.Ε). Η Ελλάδα κατέχει τη 4<sup>η</sup> χειρότερη θέση στην Ε.Ε με ποσοστό παραπάνω από το διπλάσιο σε σύγκριση με το ευρωπαϊκό μέσο όρο<sup>24</sup>.



Εικόνα 2.1 Εξέλιξη εκπομπών Co2 απο το 1990-2018. Πηγή: Eurostat,2018.

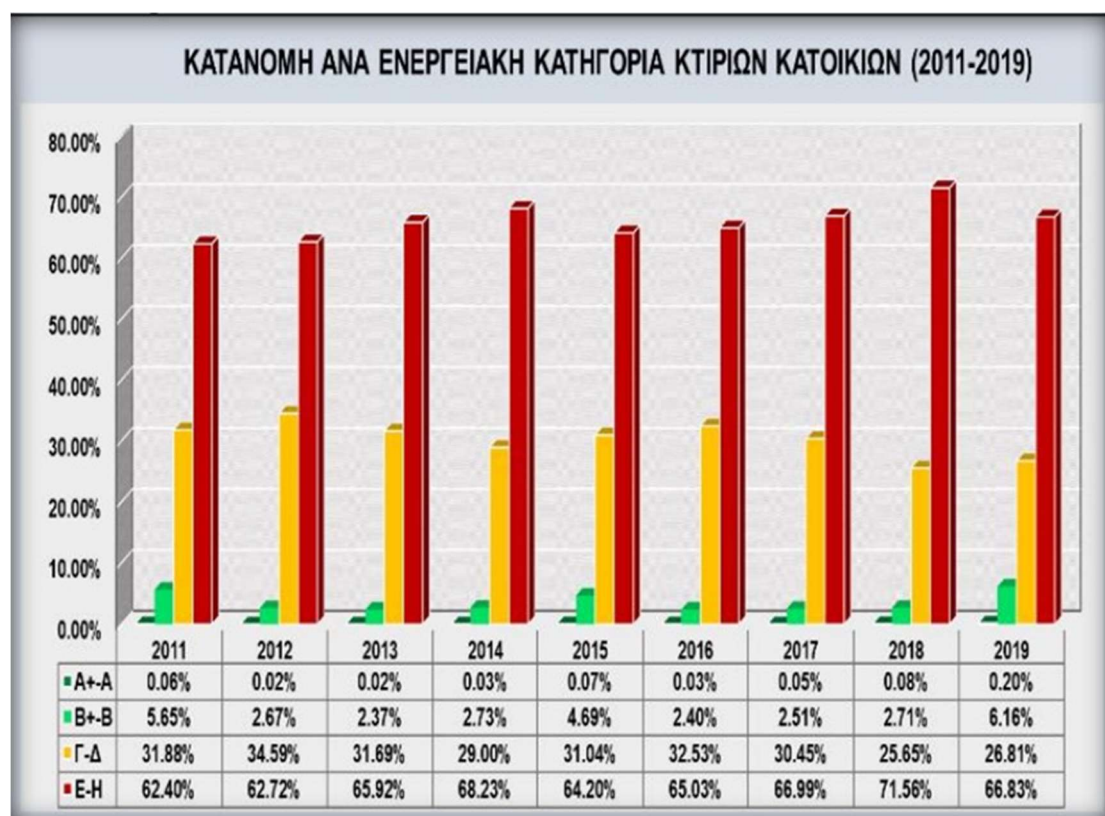
<sup>24</sup> IOBE: [http://iobe.gr/docs/pub/RES\\_05\\_B\\_24102017\\_REP\\_GR.pdf](http://iobe.gr/docs/pub/RES_05_B_24102017_REP_GR.pdf)

## 2.1. ΚΤΗΡΙΑ

Σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ (Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής) και την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων το έτος 2019 διαμορφώνονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Από το σύνολο των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α) που εκδόθηκαν για το έτος 2019, προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών (65,25%) κατατάσσεται στην κατηγορία E-H , το 28,79% στη Γ-Δ και μόνο το 5,96% στην A-B για το γενικό σύνολο των κτηρίων. Όσον αφορά τα κτήρια κατοικιών αποτελούν το 86% επί του συνόλου των Π.Ε.Α, μόλις το 6,36% ανήκει στην A-B κατηγορία και το μεγαλύτερο ποσοστό 66,83% ανήκει στη κατηγορία E-H. Οι μονοκατοικίες αποτελούν τα πιο ενεργοβόρα κτήρια κατοικιών με το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας να καταναλώνεται για θέρμανση.

Παρακάτω παρουσιάζεται η ενεργειακή κατηγορία των κτηρίων κατοικιών για το έτος 2011 έως 2019.



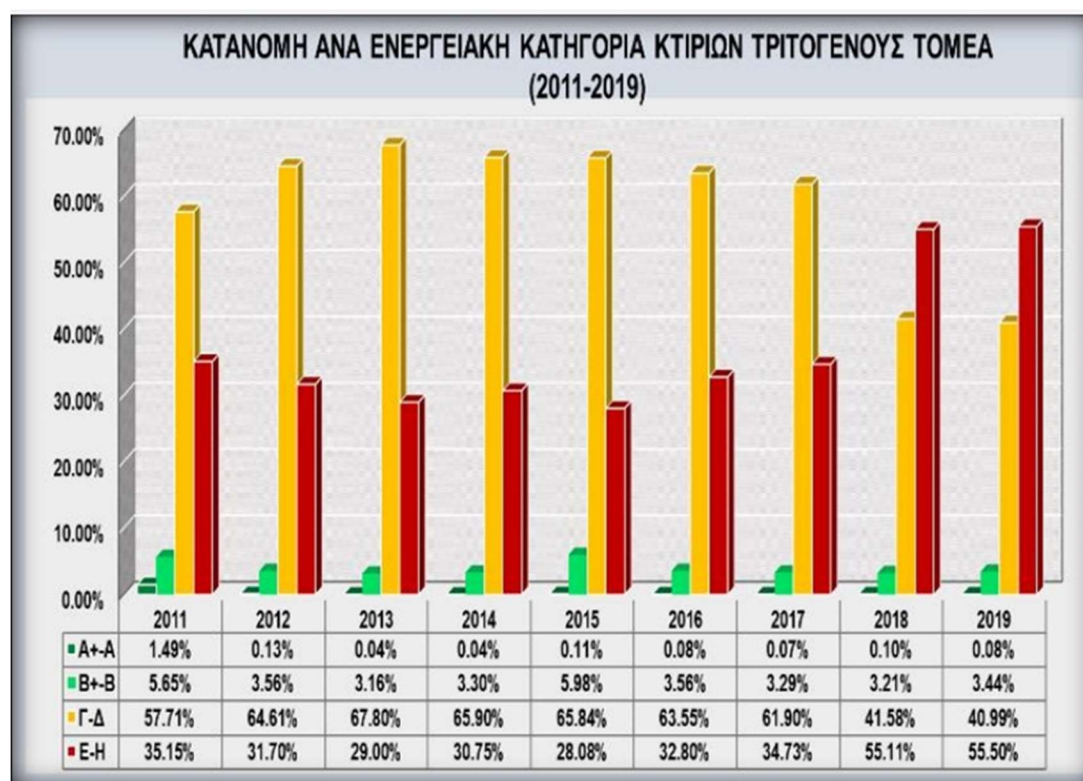
Εικόνα 2.1: Κατανομή κτηρίων κατοικιών ανά ενεργειακή κατηγορία απο το 2011-2019. Πηγή: ΥΠΕΚΑ



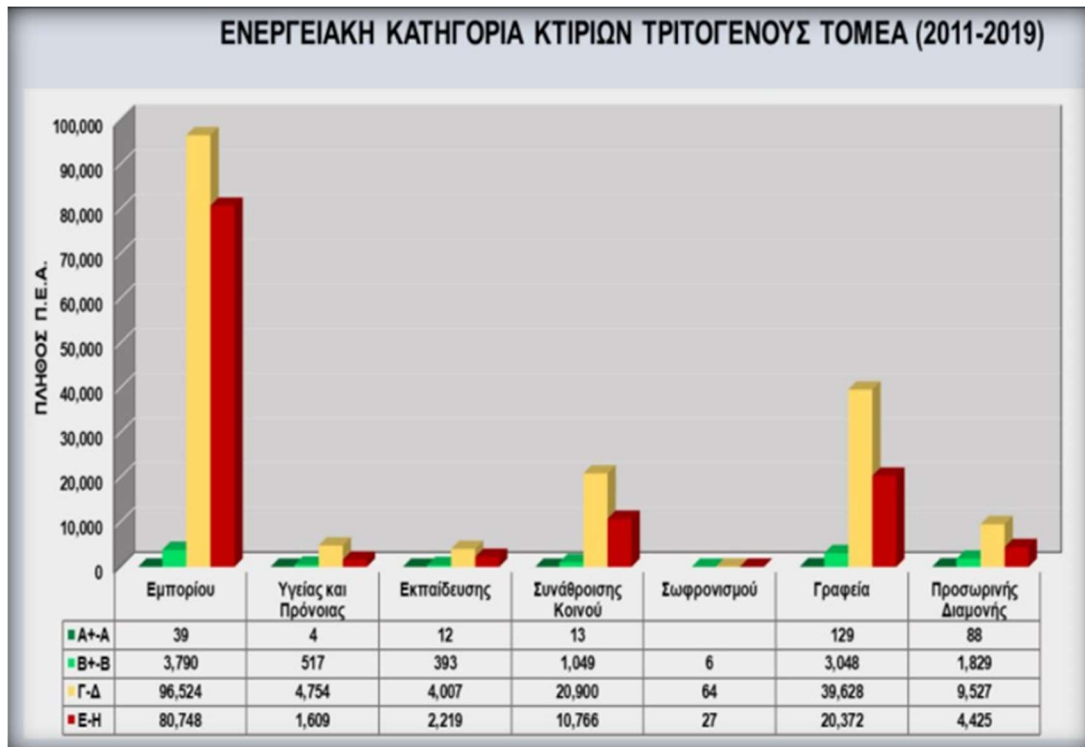
Στα κτήρια τριτογενούς τομέα τα ποσοστά ανά ενεργειακή κατηγορία ακολουθούν τη φιλοσοφία των κατοικιών, δηλαδή το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών κατατάσσονται στη κατηγορία E-H (55,50%) και μόνο το 3,52% αφορά κτήρια της κατηγορίας A-B. Τα πιο ενεργοβόρα κτήρια τριτογενούς τομέα με φθίνουσα σειρά ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας αποτελούν:

- οι ξενώνες χειμερινής λειτουργίας
- τα κλειστά κολυμβητήρια
- τα κλειστά γυμναστήρια
- οι κλινικές
- ξενοδοχεία χειμερινής λειτουργίας

Το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας ξοδεύεται για τη κάλυψη αναγκών σε ψύξη και φωτισμό. Παρακάτω παρατίθεται η γραφική αναπαράσταση των κτηρίων τριτογενούς τομέα όπως παρουσιάζεται από το ΥΠΕΚΑ ανάλογα με την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων για τη περίοδο από το 2011 έως 2019 αλλά και των ειδών τριτογενούς κτηρίων ανά ενεργειακή κατηγορία.

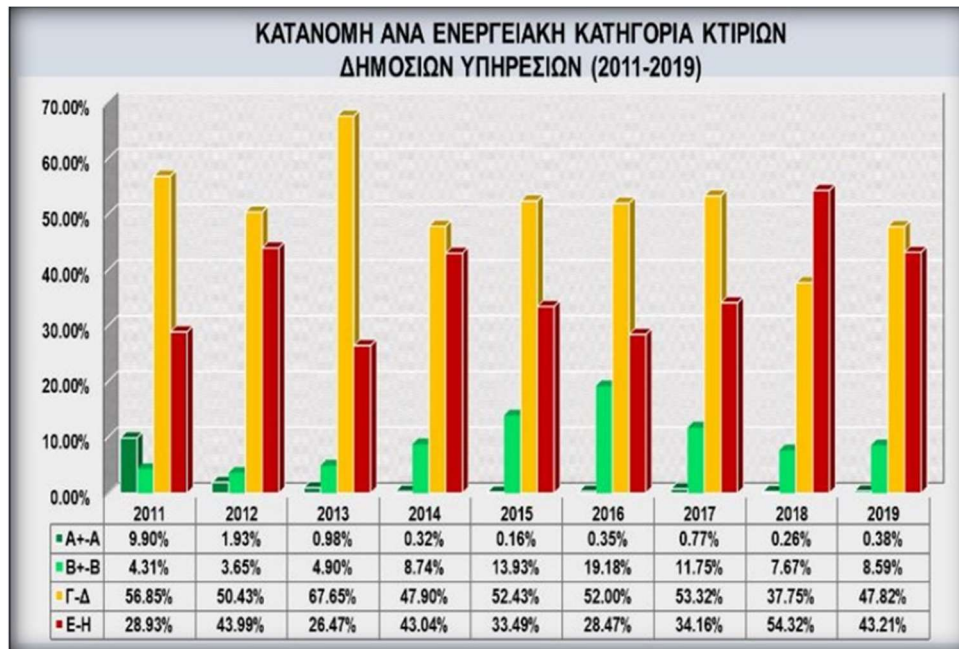


Εικόνα 2.2 Κατανομή κτηρίων τριτογενούς τομέα ανά ενεργειακή κατηγορία απο το 2011-2019. Πηγή: ΥΠΕΚΑ

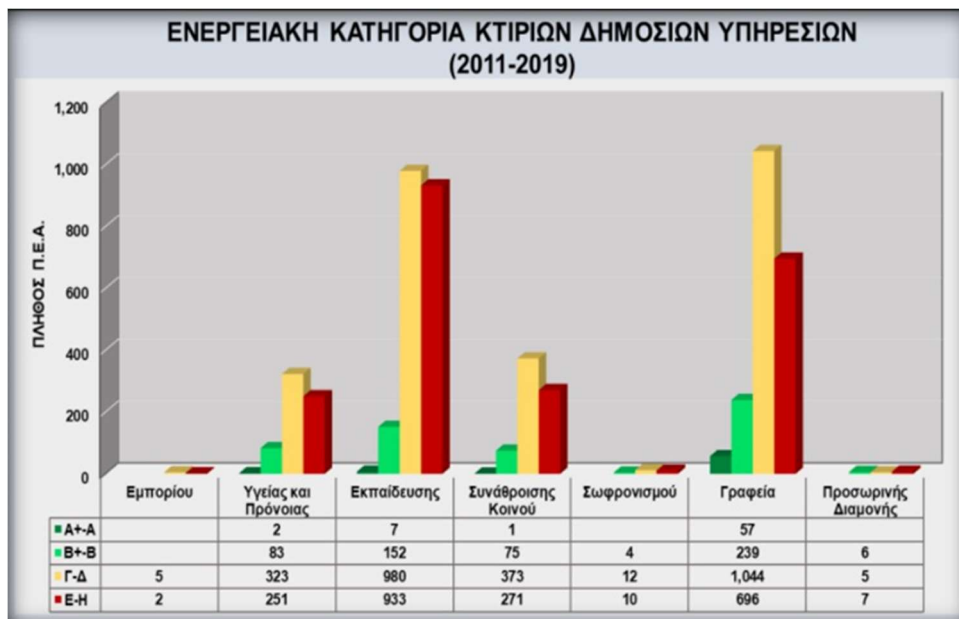


Εικόνα 2.3 Είδη τριτογενών κτηρίων ανά ενεργειακή κατηγορία απο το 2011-2019. Πηγή: ΥΠΕΚΑ

Τα δημόσια κτήρια με ποσοστό 0,25% επί του ποσοστού των εκδοθέντων Π.Ε.Α κατατάσσεται το μεγαλύτερο ποσοστό στην ενεργειακή κατηγορία Γ-Δ (47,82%) , στη κατηγορία Ε-Η το 43,21% και στη κατηγορία Α-Β το 8,97% . Τα πιο ενεργοβόρα δημόσια κτήρια αποτελούν τα κλειστά κολυμβητήρια, τα κλειστά γυμναστήρια και τα ιδρύματα. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας οφείλεται στη θέρμανση και το φωτισμό.



Εικόνα 2.4: Κατανομή δημόσιων κτηρίων ανά ενεργειακή κατηγορία απο το 2011-2019. Πηγή: ΥΠΕΚΑ



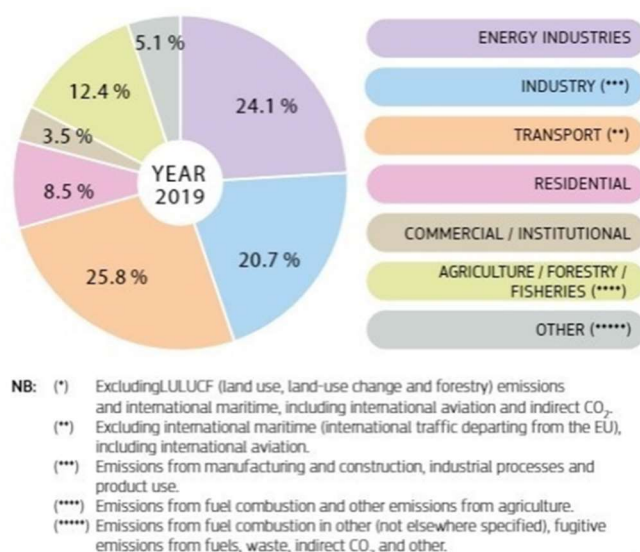
Εικόνα 2.5 Είδη δημόσιων κτηρίων ανά ενεργειακή κατηγορία από το 2011-2019. Πηγή: ΥΠΕΚΑ

## 2.2. ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ

Το σύστημα μεταφορών αποτελεί δομικό στοιχείο του ανθρώπινου πολιτισμού από την αρχαιότητα. Στη σύγχρονη εποχή οι μεταφορές έχουν εξελιχθεί σε τέτοιο βαθμό ώστε οι εμπορικές συναλλαγές και οι επιβατικές ανάγκες να είναι ευνοϊκές/διαθέσιμες για οποιοδήποτε πολίτη σε κάθε μέρος της γης.

Αυτή η παγκοσμιοποίηση έχει οδηγήσει το τομέα των μεταφορών να εξελιχθεί ραγδαία με αντίκτυπο όμως τα μεγάλα ποσοστά εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και διοξειδίου του άνθρακα. Σύμφωνα με τον Wang e.t.al 2015, η χρήση ενέργειας και εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τις πόλεις αποτελεί περίπου το 70% της συνολικής ενέργειας, η οποία παράγεται από τα ορυκτά καύσιμα<sup>25</sup>.

Οι αστικές μεταφορές κατέχουν σημαντικό ποσοστό από αυτό το σύνολο. Σύμφωνα με το European Environment Agency (EEA), June 2021<sup>26</sup> και με το EU transport in figures, Statistical pocketbook 2021<sup>27</sup> για το έτος 2019 οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για τις μεταφορές αποτελούν το 25,8% του συνόλου (εξαιρουμένης της διεθνούς ναυτιλίας και συμπεριλαμβανομένης της διεθνούς αεροπορίας.) κατακτώντας τη πρώτη θέση σε σχέση με τις βιομηχανίες παραγωγής ενέργειας (εικόνα2.7).



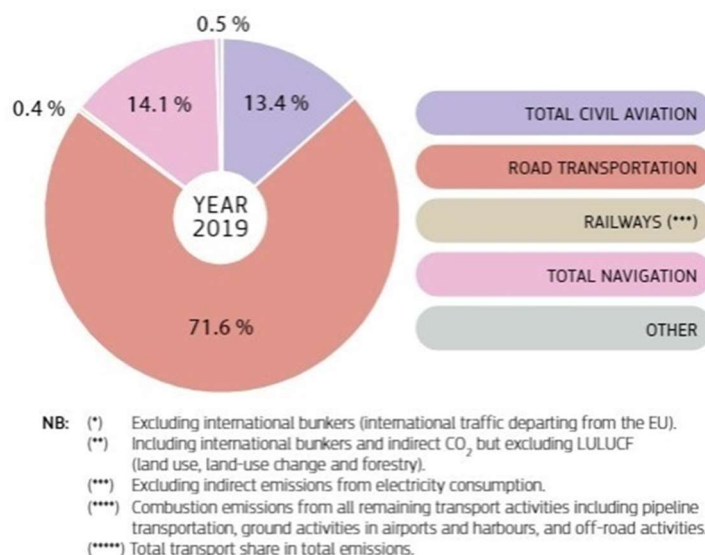
Εικόνα 2.1: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανάλογα με τον τομέα για το έτος 2019. Πηγή: EU transport in figures, Statistical pocketbook 2021

<sup>25</sup> Wang et al., 2015 : Wang S.J., Moriarty P., Ji Y.M., Chen Z. A new approach for reducing urban transport energy Energy Procedia, 75 (2015), pp. 2910-2915

<sup>26</sup> <https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/elfinalnecpmainel.Pdf>

<sup>27</sup> <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/14d7e768-1b50-11ec-b4fe-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-256620484>

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το EU transport in figures, από το τομέα των μεταφορών τα πιο ενεργοβόρα μέσα αποτελούν τα επίγεια (οδικές και σιδηροδρομικές μεταφορές) εικόνα 2.8. Εξαιρούνται από το παρακάτω διάγραμμα οι έμμεσες εκπομπές αερίων από την ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας των σιδηροδρομικών μεταφορών.

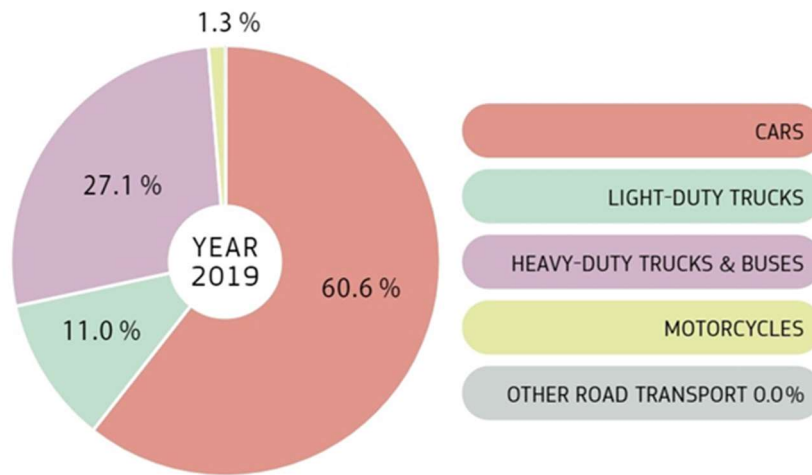


Εικόνα 2.2: Ποσοστά εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για το μεταφορικό τομέα για το έτος 2019. Πηγή: EU transport in figures, Statistical pocketbook 2021.

Όσον αφορά τις επίγειες μεταφορές στην Ευρώπη, τα μεγαλύτερα ποσοστά εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου παράγουν τα αυτοκίνητα σε ποσοστό 60,6% έναντι των βαρέων φορτηγών και λεωφορείων με ποσοστό 27,1% (εικόνα 2.9). Επισημαίνεται ότι η Ελλάδα αποτελεί τον 4<sup>ο</sup> γηραιότερο στόλο στην Ευρώπη με το 56% των οχημάτων να είναι από 10-20 ετών και το 25% να υπερβαίνει τα 20 έτη.

Αρκετά χαμηλό ποσοστό συγκροτούν τα υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα με ποσοστό μόλις 0,33% έως τον Αύγουστο του 2019<sup>28</sup>.

<sup>28</sup> Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Εθνικό σχέδιο για την ενέργεια και το κλίμα. Αθήνα, Δεκέμβριος 2019.



Εικόνα 2.3: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για τις επίγειες μεταφορές στην Ευρώπη. Πηγή: EU transport in figures, Statistical pocketbook 2021

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2019 από το τομέα των μεταφορών παρήχθησαν 1.106,2 εκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα έναντι των 828,3 εκατομμύρια τόνων που παρήχθησαν το 1990 (Eurostat 2021, p.134) γεγονός που αποδεικνύει ότι ο δείκτης των εκπομπών ολοένα και αυξάνεται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι βιομηχανικοί ρύποι οι οποίοι έχουν μειωθεί δραματικά σε σχέση με το 1990 όπως θα αναλυθεί και στην επόμενη ενότητα.

Επομένως, κρίνεται αναγκαία η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας στα μέσα μεταφοράς που χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα καθώς και η χρήση εναλλακτικών καυσίμων και βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς. Ο συνδυασμός των παραπάνω με την αύξηση των μέσων μεταφοράς σταθερής τροχιάς θα συμβάλλουν στη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα και στην επιχείρηση «μετριασμού» της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

### 2.3. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

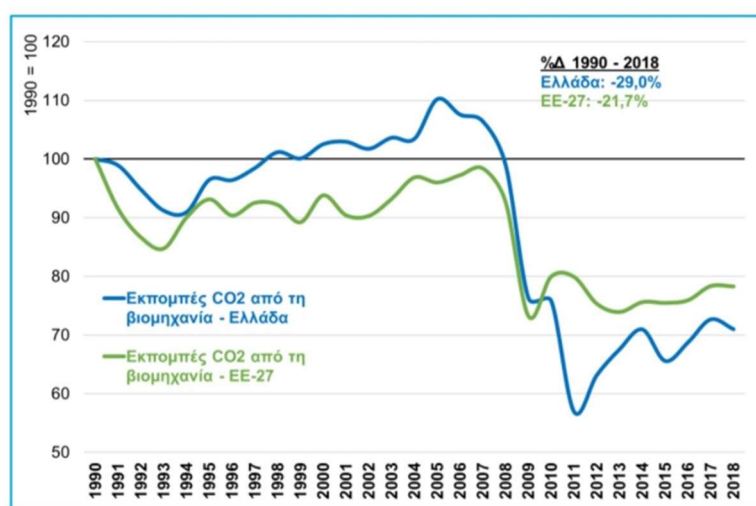
Πλέον η κλιματική αλλαγή απειλεί όλο τον πλανήτη με καταστροφικές συνέπειες. Για τον μετριασμό των Αερίων του Θερμοκηπίου(ΑτΘ) και την υλοποίηση της Συμφωνίας του Παρισιού διεξήχθη διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών στη Γλασκώβη το Νοέμβριο του 2021 με δυο βασικές αρχές.

Πρώτον, να τιμολογηθούν με ίσους κανόνες οι εκπομπές άνθρακα και δεύτερον, να δεσμευτεί κάθε χώρα για μείωση εκπομπών του άνθρακα σε σεβαστό χρονοδιάγραμμα. Το γεγονός αυτό συμβαίνει διότι οι χώρες με τις επί το πλείστον μεγαλύτερες εκπομπές ΑτΘ δεν αναλαμβάνουν άμεσες και σαφείς ευθύνες για τη μείωση των εκπομπών και δεσμεύονται σε χρονική διάρκεια μεγαλύτερη του 2050.

Η Ε.Ε έχει καταφέρει μείωση των εκπομπών ΑτΘ σε 31% σε σχέση με το 1990. Παρ'όλ'αυτά από τις χώρες με τα μεγαλύτερα ποσοστά εκπομπών ΑτΘ μόνο η Ιαπωνία, οι Η.Π.Α και η Ε.Ε έχουν δεσμευτεί για κλιματική ουδετερότητα έως ότου το 2050.<sup>29</sup>

Η Ελλάδα έχει ήδη προβεί σε ενέργειες ώστε να επιτύχει τις δεσμεύσεις από το Πρωτόκολλο του Κιότο μέσω της κατάργησης των λιγνιτικών μονάδων από τη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος έως το 2028.

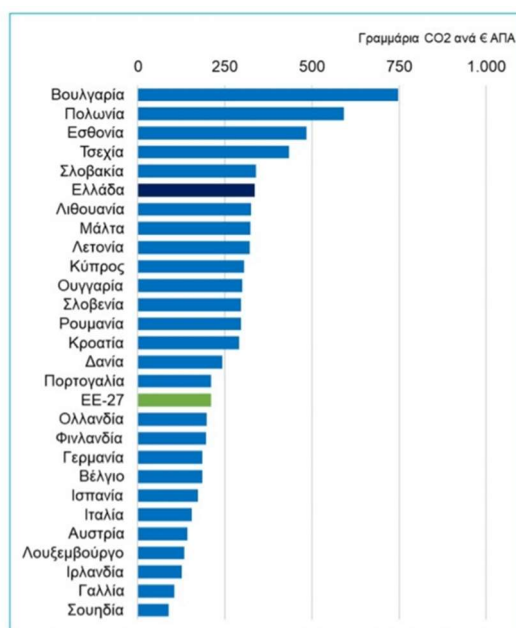
Αλλά και το διπλασιασμό του ποσοστού χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από 10% σε 20%. Οι ελληνικές βιομηχανίες από το 1990 έως το 2018 κατάφεραν να μειώσουν τις εκπομπές άνθρακα κατά 29% (εικόνα2.10). Εντούτοις, η Ελλάδα εξακολουθεί να παράγει υψηλά ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα ανά ευρώ παραγόμενου προϊόντος. Αυτό οφείλεται κατά κόρον στις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (εικόνα2.11).



Εικόνα 2.1: Η εξέλιξη των βιομηχανικών εκπομπών άνθρακα στην Ελλάδα και την Ε.Ε -27 από το 1990-2018: Πηγή: Eurostat,2018

<sup>29</sup> Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat>





Εικόνα 2.2: Παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα 2019 ή τελευταίο διαθέσιμο έτος (Γραμμάρια ανά Ευρώ Ακαθάριστη Προστιθέμενη Αξία) Πηγή: Eurostat, 2019

Σημαντικό είναι το γεγονός ότι κλάδοι βιομηχανιών με έντονη εξωστρέφεια, ισχυρές επενδύσεις και μεγάλη παραγωγικότητα αποτελούν κίνδυνο για τη «διαρροή άνθρακα». Αυτός ο όρος αναφέρεται ουσιαστικά στις βιομηχανίες όπου για την αποφυγή των αυστηρών προτύπων της Ε.Ε μεταφέρουν τη παραγωγή τους σε τρίτες χώρες με πιο επιεικής πολιτικές για το περιβάλλον και το κλίμα.

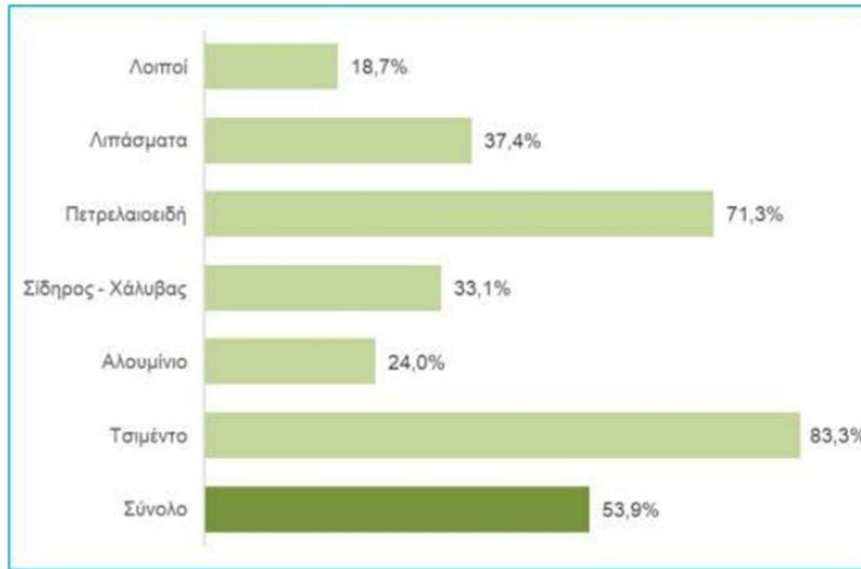
Μερικοί από τους κλάδους που υφίστανται κίνδυνο διαρροής άνθρακα είναι<sup>30</sup>:

- Η παραγωγή αλουμινίου όπου οι παραγωγές έχουν εγκατασταθεί σχεδόν εξ' ολοκλήρου στη Κίνα, καλύπτοντας το 60% της παγκόσμιας ζήτησης.
- Η παραγωγή τσιμέντου όπου στην Ε.Ε οι βιομηχανίες τσιμέντου στοχεύουν σε εναλλακτικά καύσιμα και τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον με σκοπό τις χαμηλότερες εκπομπές άνθρακα. Από την άλλη πλευρά, οι χώρες που δεν έχουν δεσμευτεί με κλιματική ουδετερότητα όπως λόγω χάρη η Τουρκία, αυξάνουν τη παραγωγή και κυρίως τις εξαγωγές. Αξίζει να σημειωθεί πως οι εισαγωγές της Ε.Ε σε τσιμέντο τα τελευταία πέντε χρόνια έχει αυξηθεί σύμφωνα με τη Eurostat 2016-2020 κατά 160%.
- Διύλιση πετρελαίου με τις περισσότερες επενδύσεις να εντοπίζονται στην Μ. Ανατολή, την Ρωσία και την Αφρική κυρίως στη Νιγηρία και την Αίγυπτο. Κίνδυνο

<sup>30</sup> ΣΕΒ Οικονομία και επιχειρήσεις. Τεύχος 62 | 28 Ιανουαρίου 2021  
[https://www.sev.org.gr/wp-content/uploads/2021/01/2021-01-28\\_SEV\\_SRGreenDeal\\_final.Pdf](https://www.sev.org.gr/wp-content/uploads/2021/01/2021-01-28_SEV_SRGreenDeal_final.Pdf)



διαρροής άνθρακα παρατηρείται και στην Ελλάδα αν αναλογιστεί κανείς το πλήθος των παραγόντων όπως η φορολογία, η γεωγραφική θέση κ.α.<sup>31</sup>



Εικόνα 2.3: Ποσοστό εξαγωγών των κλάδων "διαρροής άνθρακα" το 2020 σε χώρες εκτός Ε.Ε. Πηγή: Eurostat, Ανάλυση IOBE

<sup>31</sup> ΙΔΡΥΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ & ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ FOUNDATION FOR ECONOMIC & INDUSTRIAL RESEARCH , Svetoslav Danchev και Γιώργος Μανιάτης, Μάιος 2014.  
[http://iobe.gr/docs/research/RES\\_05\\_C\\_27062014\\_REP\\_GR.pdf](http://iobe.gr/docs/research/RES_05_C_27062014_REP_GR.pdf)

## 3. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η εξέλιξη ολόκληρης της ανθρωπότητας είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη χρήση ενέργειας. Μέχρι και οι ονομασίες ιστορικών περιόδων όπως είναι η λίθινη εποχή, η εποχή του σιδήρου ή του χαλκού προκύπτουν από την ανακάλυψη και τη διαχείριση αυτών των μορφών ενέργειας από τους ανθρώπους.<sup>32</sup>

Τα σπίτια στην Αρχαία Ελλάδα, αντιμετώπιζαν παρόμοιες αστοχίες με τα σημερινά κτήρια, προβλήματα δηλαδή που αφορούν κυρίως την έκθεση στη ζέση και το κρύο. Τα θεμέλια για τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική και την ενεργειακή απόδοση έκτισε ο Σωκράτης με τις οδηγίες του για το ηλιακό σπίτι, όπως αυτές αναφέρονται στα απομνημονεύματα του Ξενοφώντα.

Σημαντική επίσης είναι και η συμβολή του Ιπποκράτη, με το έργο του «Περί αέρων, υδάτων και τόπων»<sup>33</sup>. Βασική αρχή τους ήταν η εναρμόνιση του ανθρώπου με το περιβάλλον. Τα αρχαία σπίτια αποτελούταν από πέτρινα θεμέλια και πέτρινες βάσεις τοίχων πάνω από τις οποίες τοποθετούσαν πλίνθους με ξυλοδεσιές.

Από αναφορές αρχαίων συγγραφέων τα σπίτια της εποχής σχεδιάζονταν με στενόμακρη είσοδο η οποία κατέληγε σε μια τετράπλευρη αυλή όπου υπήρχε ένας βωμός για τη πραγματοποίηση των θρησκευτικών τελετών (εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1: Αθηναϊκό σπίτι απο το 1950. Πηγή: Βιβλίο Α. Κωνσταντινίδη "Παλιά Αθηναϊκά σπίτια 1950".

<sup>32</sup> <http://www.allaboutenergy.gr/Intro12.html>

<sup>33</sup> Περί αρχαίας ιατρικής, περί αερίων, υδάτων, τόπων. Ιπποκράτης ο Κώος π.Χ. 460-377.

Ο Σωκράτης συνειδητοποίησε ότι τα σπίτια όφειλαν να σχεδιαστούν με γνώμονα τη τροχιά του ηλίου, με αυτό το τρόπο θα επιτύγχαναν περισσότερη ζέση το χειμώνα και πιο δροσερά καλοκαίρια. Μερικές από τις τεχνικές οικοδόμησης των αρχαίων ελληνικών κατοικιών ήταν οι εξής:

- Ο βόρειος τοίχος κατασκευαζόταν παχύτερος σε σχέση με το υπόλοιπο οικοδόμημα με όσο το δυνατόν λιγότερα ανοίγματα.
- Η είσοδος συνήθιζε να βρίσκεται στην ανατολική πλευρά του σπιτιού.
- Στο βόρειο τμήμα του σπιτιού φυτεύονταν αειθαλή δέντρα με σκοπό να αποτελούν εμπόδιο για να μην φτάσει ο χειμωνιάτικος άνεμος στο σπίτι.
- Στη νότια πλευρά φυτεύονταν φυλλοβόλα δέντρα ώστε το καλοκαίρι που ήταν ανθισμένα να προσφέρουν σκίαση και το χειμώνα που τα φύλλα τους πέφτουν να επιτρέπουν τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας
- Για την επίτευξη σκίασης το καλοκαίρι κατασκεύαζαν πάνω από τα ανοίγματα της νότιας πλευράς μια προέκταση της σκεπής υπολογισμένη με τέτοιο τρόπο ώστε το καλοκαίρι να προσφέρει σκίαση αλλά το χειμώνα να επιτρέπει τις ακτίνες του ήλιου να περάσουν στο εσωτερικό του σπιτιού.
- Τέλος, μια εναλλακτική εφαρμογή που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα είναι η φύτευση κληματαριάς στη νότια πλευρά του κτηρίου παρέχοντας τα ίδια αποτελέσματα σκίασης και κατανάλωση σταφυλιών.

Τυχαίο δεν είναι το γεγονός ότι τα σπίτια ήταν λεύκα, στοιχείο που συναντάται ακόμη και σήμερα στα παραδοσιακά ελληνικά σπίτια λόγω της ανακλαστικότητας όχι μόνο του αόρατου φάσματος αλλά και του υπέρυθρου, το οποίο μεταφέρει μεγάλο ποσοστό ενέργειας.

Μια σημαντική πρωτοπορία των Αρχαίων Ελλήνων στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική αποτελεί το παλάτι της Κνωσού όπου ευρήματα αποδεικνύουν ότι εκτός από τη δημιουργία δικτύου ύδρευσης και αποχέτευσης είχε ανακαλυφθεί και η ενδοδαπέδια θέρμανση<sup>34</sup>. Από αναφορές προκύπτει ότι σε κάποια δωμάτια υπήρχαν σωλήνες στο δάπεδο όπου μεταφερόταν ζεστό νερό, θερμαίνοντας με αυτό το τρόπο τους εσωτερικούς χώρους (εικόνα3.2).

---

<sup>34</sup> Πτυχιακή Εργασία « Διερεύνηση βιοκλιματικών στοιχείων μέσα από την μελέτη ιστορικών κατασκευών», Καρτάλης Γεώργιος, Σταθοπούλου Καλλιόπη, Πειραιάς 2010, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά.



Εικόνα 3.2: Σωλήνας ύδρευσης στη Κνωσό. Πηγή: Υδρο-τεχνολογίες στη Μινωική Κρήτη, Α.Ν Αγγελάκης, Εσπερίδα στο πλαίσιο του εορτασμού της Παγκόσμιας ημέρας νερού, Χανιά 22 Μαρτίου 2019.



Εικόνα 3.3: Αίθουσα του θρόνου, Ανάκτορο Κνωσού. Πηγή: <https://www.cretanbeaches.com/>

### 3.2 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα παθητικά συστήματα είναι στενά συνδεδεμένα με τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, έχοντας ως βασικές αρχές το ηλιακό σπίτι του Σωκράτη και τις καινοτομίες των αρχαίων Ελλήνων. Τα παθητικά συστήματα χρησιμοποιούν τις φυσικές πηγές (π.χ. ήλιο, άνεμο, νερό, έδαφος, βλάστηση) για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό του κτηρίου με βασικό χαρακτηριστικό ότι αποτελούν απλά συστήματα χωρίς μηχανικά κινούμενα μέρη και ως αναπόσπαστα στοιχεία της δομής του κτηρίου.

Τα παθητικά συστήματα βασίζονται σε 3 φυσικά φαινόμενα<sup>35</sup>:

- A) Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, δηλαδή τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη μετατροπή της σε θερμότητα.
- B) Τη θερμοχωρητικότητα, δηλαδή την αποθήκευση της θερμότητας και
- Γ) Την Αρχή μετάδοσης της θερμότητας, δηλαδή τη μεταφορά θερμότητας από τη θερμότερη στη ψυχρότερη περιοχή.

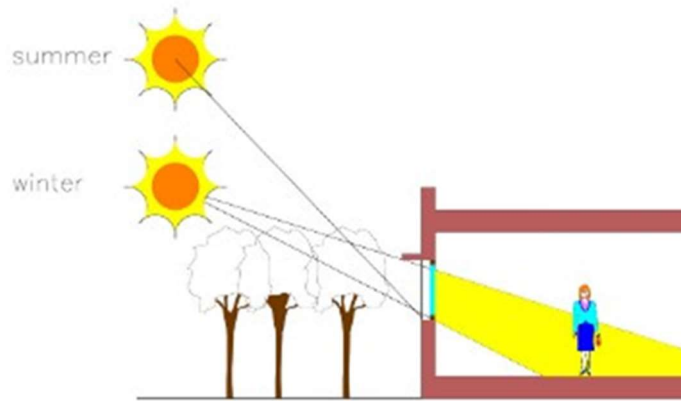
Τα υλικά εφαρμογής στα παθητικά συστήματα διακρίνονται σε υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας και σε υλικά αποθήκευσης της θερμότητας. Τα υλικά συλλογής ηλιακής ακτινοβολίας αφορούν διάφανα υλικά ώστε να τα διαπερνούν οι ακτίνες του ήλιου και ποικίλουν ανάλογα με τις θερμοφυσικές τους ιδιότητες όπως είναι η απορροφητικότητα που διαθέτει, η ανακλαστικότητα, η θερμοπερατότητα αλλά και η ικανότητα εκπομπής ηλιακής ακτινοβολίας. Ακόμη, σημαντικοί παράγοντες για την επιλογή υλικού αποτελούν οι αισθητικές προτιμήσεις (για τη διαμόρφωση της όψης του κτηρίου), η αντοχή, το βάρος αλλά και το κόστος αγοράς<sup>36</sup>.

Όσον αφορά τα υλικά αποθήκευσης της θερμότητας είθισται να επιλέγονται υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Τα υλικά αφορούν το φέροντα οργανισμό, το κέλυφος αλλά και την εσωτερική τοιχοποιία. Τα οικοδομικά υλικά αυτά μπορεί να είναι σκυρόδεμα, η πέτρα, τα κεραμικά πλακίδια αλλά και τα υλικά αλλαγής φάσης και νανοτεχνολογίας τα οποία θα αναλυθούν εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.

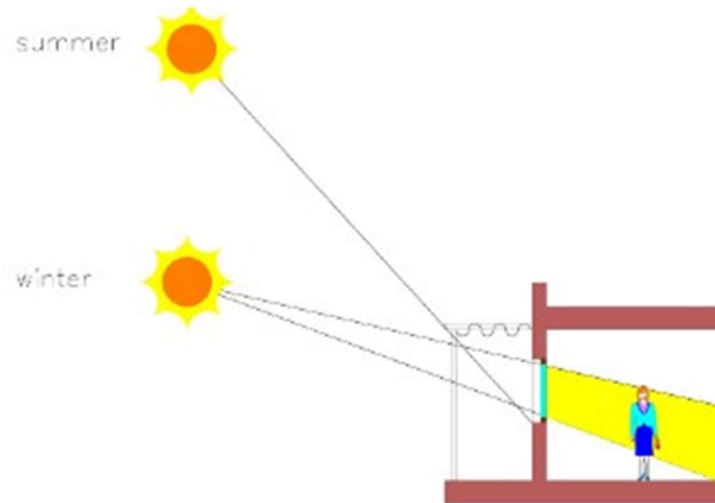
---

<sup>35</sup> Πτυχιακή εργασία «Ηλιακά και Παθητικά Συστήματα Και Άλλοι Τρόποι Εξοικονόμησης Ενέργειας», Ειρήνη Φλώρου, Αθήνα 2013, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά.

<sup>36</sup> Διπλωματική Εργασία «Δυνατότητες Εφαρμογής Παθητικών Συστημάτων Στο Αστικό Περιβάλλον». Μαρία-Ελισάβετ Χατζηνώτα, Θεσσαλονίκη Ιούλιος 2012, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.



Εικόνα 3.4: Φυλλοβόλα δέντρα στη νότια πλευρά του κτηρίου. Πηγή: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 49, September 2015, Pages 736-755. Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort Author Francisco Manzano-Agugliaro, Francisco G.Montoya, Andrés Sabio-Ortega, Amós García-Cruza.

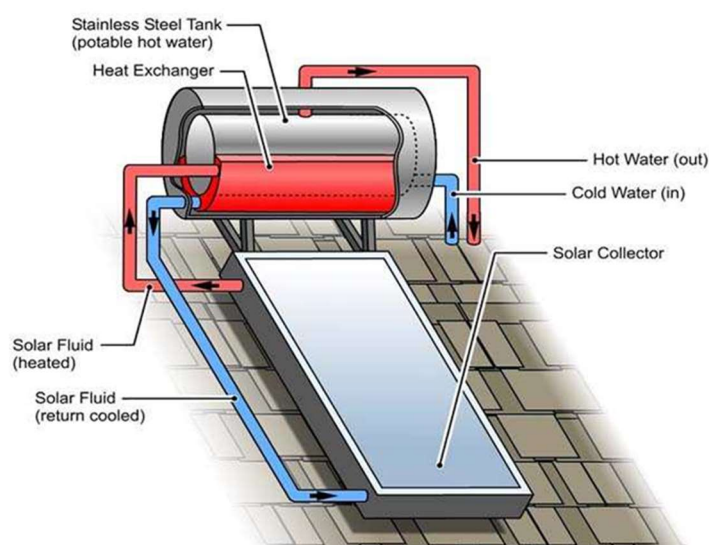


Εικόνα 3.5: Πέργκολα υπολογισμένη ώστε να διαπερνάνε οι ηλιακές ακτίνες στο εσωτερικό του κτηρίου το χειμώνα και το καλοκαίρι να υπάρχει σκιά.[3]\*

### 3.3 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από μηχανικές διατάξεις με σκοπό την αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία. Η συλλογή και μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμική, ψυκτική ή ηλεκτρική αποθηκεύεται σε ένα τμήμα του ενεργητικού συστήματος (όπου το κύριο ρευστό αποθήκευσης είναι το νερό και σπανιότερα ο αέρας) και ύστερα διανέμεται προς χρήση. Τα πιο διαδεδομένα ενεργητικά συστήματα είναι η ηλιακοί θερμοσίφωνες για παραγωγή ζεστού νερού και τα φωτοβολταϊκά πλαίσια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.<sup>37</sup>

Ο ηλιακός θερμοσίφοντας αποτελείται από το τμήμα συλλογής και απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας(συλλέκτης), το τμήμα αποθήκευσης, δηλαδή τη δεξαμενή νερού και το μέσω σύνδεσης αυτών των δύο τμημάτων, τους σωλήνες. Ο συλλέκτης απορροφά την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία μεταφέροντας την ως θερμότητα στη δεξαμενή ώστε να θερμανθεί το νερό και να χρησιμοποιηθεί όταν αυτό είναι αναγκαίο. Σημαντικός παράγοντας για την αποτελεσματικότητα του ηλιακού συλλέκτη είναι ο νότιος προσανατολισμός (εικόνα3.6).



Εικόνα3.6: Ηλιακός θερμοσίφοντας. Πηγή: VK Μηχανολόγοι Μηχανικοί Μυκόνου.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μετατρέπουν τη προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του λεπτού στρώματος πυριτίου που περιέχεται στις κυψέλες. Η

<sup>37</sup> Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 49, September 2015, Pages 736-755. Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort Authors Francisco Manzano-Aguilario, Francisco G.Montoya, Andrés Sabio-Ortega, Amós García-Cruza.

ενέργεια που παράγεται μπορεί να είναι είτε συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα ή να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο ή να αποθηκευτεί για να χρησιμοποιηθεί αργότερα<sup>38</sup>.

Η ισχύς μιας ηλιακής ακτινοβολίας σε συνθήκες ηλιοφάνειας σε μια επιφάνεια 1m<sup>2</sup> μπορεί να ισοδυναμεί με 1Kw<sup>39</sup>. Τα οφέλη των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι πολυάριθμα μιας και αποτελεί ένα φιλικό προς το περιβάλλον σύστημα με αθόρυβη λειτουργία και μηδενική ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται ήδη πάρα πολλά χρόνια από δορυφόρους, φάρους αλλά και απομονωμένα σπίτια<sup>40</sup>. Σημαντικό αποτελεί ακόμη το γεγονός ότι η μέγιστη ισχύς των φωτοβολταϊκών αποδίδεται κατά τη διάρκεια της ημέρας όπου η ζήτηση είναι μεγαλύτερη<sup>40</sup>. Μεγαλύτερο μειονέκτημα αποτελεί το κόστος εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών το οποίο είναι αρκετά υψηλό<sup>39</sup>.

---

<sup>38</sup> Πτυχιακή Εργασία «Φωτοβολταϊκά συστήματα», Κασουρι Μάριος, Μιχαλι Τζουλιό- Αλέξανδρος, Σερρες 2017.

<sup>39</sup> Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε οικιστικά σύνολα Res Dissemination, ΚΑΠΕ, <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>

<sup>40</sup> Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας «Ηλιακή/ Φωτοβολταϊκά», <https://ypen.gov.gr/energeia/ape/technologies/iliaki-fotovoltaiika/>



### 3.4 ΥΛΙΚΑ

#### Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια ο κτηριακός τομέας αναπτύσσεται με ραγδαίους ρυθμούς με σκοπό να αναβαθμιστεί η κτηριακή βιωσιμότητα. Πολλά δομικά υλικά τα οποία έχουν χαρακτηριστεί ως γκρίζα , χαμηλής αισθητικής αλλά και μειωμένης ανθεκτικότητας σε συνδυασμό με την ενεργειακή τους απαίτηση για να κατασκευαστούν συμβάλλουν παρά μόνο αρνητικά στη περιβαλλοντική προστασία.

Είναι ευρέως γνωστό ότι για τη παραγωγή ενός τόνου συμβατικού τσιμέντου απελευθερώνεται αντίστοιχα στην ατμόσφαιρα ένας τόνος διοξειδίου του άνθρακα.<sup>41</sup> Δεδομένων αυτών , και θέλοντας η βιομηχανία δομικών υλικών να βελτιώσει τα προϊόντα της με τελικό στόχο την προστασία του περιβάλλοντος , έχουν εισαχθεί όροι οι οποίοι ήταν άγνωστοι στο παρελθόν όπως «πράσινα» υλικά , «έξυπνα» υλικά, αυτοκαθαριζόμενα κ.α. Οι κύριοι άξονες σύνθεσης αυτών των υλικών είναι<sup>42</sup> :

- 1) Η ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας, τοξικότητας και εκπομπών.
- 2) Η χρήση ανακυκλώσιμων υλικών.
- 3) Καλύτερη αισθητική.
- 4) Μεγαλύτερη ανθεκτικότητα .
- 5) Επαναχρησιμοποίηση και χρήση σε περισσότερες εφαρμογές.

---

<sup>41</sup> Διπλωματική Εργασία «Μελέτη Φωτοευαίσθητών Υλικών με σκοπό την Ενεργειακή Αναβάθμιση Κτηρίων και την Φωτοκαταλυτική Αποδόμηση Οργανικών Ρυπαντών», Καρακώστα Λαμπρινή, Πάτρα 2015.

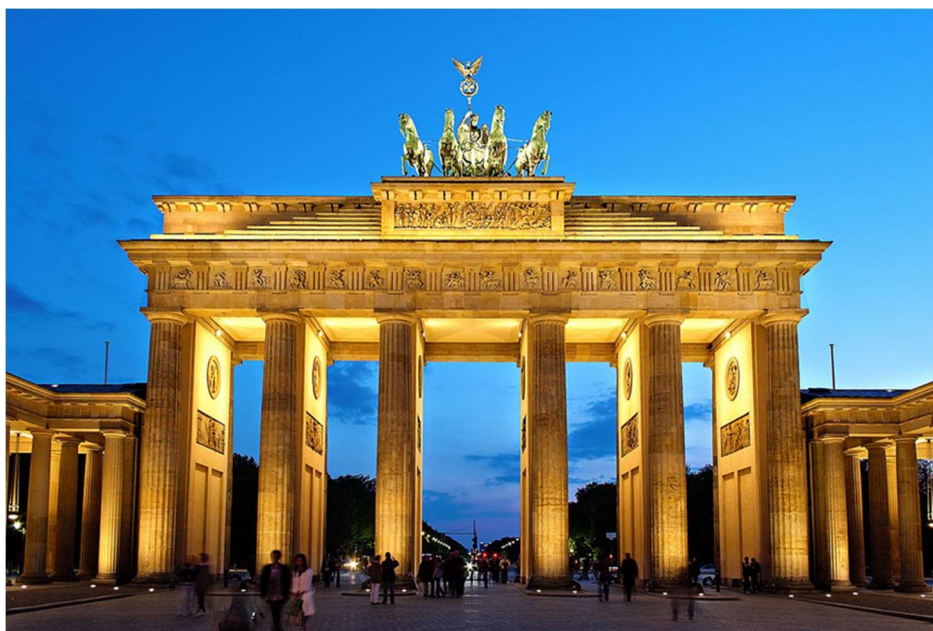
<sup>42</sup> Διπλωματική Εργασία «Σημασία των Υλικών στον Βιοκλιματικό Σχεδιασμό», Κόντης Π. Χρήστος, Αθήνα 2012.

## ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Η νανοτεχνολογία είναι μια από της εφαρμογές που έχει σημειώσει σημαντική ανάπτυξη στα έργα του πολιτικού μηχανικού. Νέες τεχνολογίες και νέα σχέδια που παλιότερα θεωρούνταν αδύνατα να επιτευχθούν πλέον χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στο κατασκευαστικό κλάδο.

*«Η νανοτεχνολογία είναι η επιστήμη που έχει να κάνει με τη μελέτη και την ανάπτυξη νέων τεχνητών υλικών ή συστημάτων των οποίων οι δομές και τα συστατικά παρουσιάζουν νέες, σημαντικά βελτιωμένες φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες, λόγω του μεγέθους της νανοκλίμακας.»<sup>43</sup>*

Νανοσωματίδια μπορούν να προστεθούν σε μικρή ποσότητα για επιφανειακό επίχρισμα δομικών προϊόντων όπως τσιμέντο, σκυρόδεμα, ξύλο, κεραμικό και άλλα φυσικά προϊόντα. Ανάλογα με τα πρόσθετα σωματίδια δημιουργούνται ξεχωριστές ιδιότητες είτε σε συστήματα επικάλυψης είτε στη διακόσμηση. Το οξείδιο του ψευδαργύρου (ZnO) προσδίδει στην επιστρωση μεγάλο ποσοστό απόδοσης έναντι της υπεριώδους ακτινοβολίας. Από την άλλη πλευρά η προσθήκη αλουμινίου ( $Al_2O_3$ ) και πυριτίου ( $SiO_2$ ) προσδίδει ιδιότητες αυτοκαθαρισμού, αντί-γκράφιτι ιδιότητες αλλά και οικολογικού διαλύτη που στεγνώνει σε περίπου 3 δευτερόλεπτα. Στοιχείο που προσφέρει ένα πιο φθηνό διαλύτη απ' ό,τι τα συμβατικά χρώματα.<sup>44</sup>



Εικόνα3.7: Brandenburg Gate- Ιστορικό μνημείο στη Γερμανία το οποίο προστατεύεται από τα γκράφιτι μέσω επιστρώσεων νανοσωματιδίων(Leydecker,2008). Πηγή: Wikipedia.

<sup>43</sup> Διπλωματική Εργασία «Εφαρμογές των Νανοϋλικών στο Πεδίο του Πολιτικού Μηχανικού», Γκισγκίνη Ειρήνη, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

<sup>44</sup> Bhushan B. (2003) Handbook of Nanotechnology

## ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΤΙΤΑΝΙΟΥ

Οι φωτοκαταλυτικές του επιδράσεις υπό τη παρουσία υπεριώδους φωτός διασπούν τους ατμοσφαιρικούς ρύπους σε νερό, διοξείδιο του άνθρακα και νιτρικά άλατα. Με χρήση υδρόφιλης επικάλυψης διασκορπείται το νερό στην επιφάνεια οπότε και επιτυγχάνεται η απομάκρυνση των απορριμμάτων από την επιφάνεια και σύμφωνα με τους Chen και Poon το 2009 και Shen κ.α. το 2012, οι επιφάνειες γίνονται «αυτοκαθαριζόμενες» και υπάρχει επίσης η δυνατότητα μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.<sup>45</sup> (Εικόνα 3.8).

Ακόμη το διοξείδιο του τιτανίου παρέχει αντιβακτηριακές ιδιότητες καθώς και προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία.



Εικόνα 3.8: Απο τις πιο γνωστές εφαρμογές με διοξείδιο του τιτανίου στη πυραμίδα του Λούβρου (Karatasio te.al,2010).

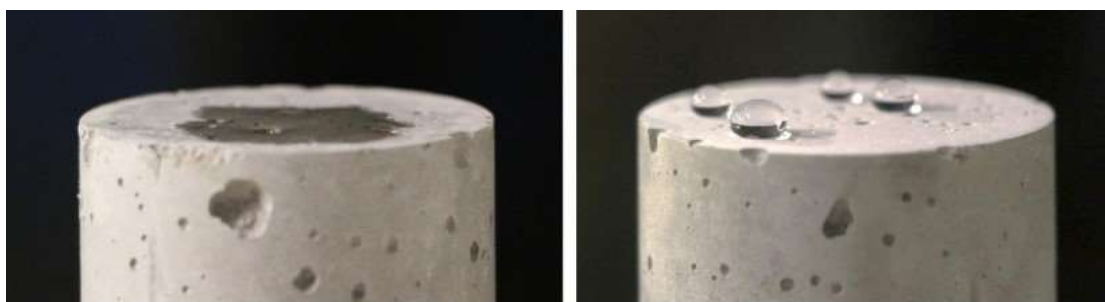
---

<sup>45</sup> Chen J., Poon C. (2009) Photocatalytic construction and building materials: From fundamentals to applications

## ΠΥΡΙΤΙΟ

Το πυρίτιο χρησιμοποιείται για τη υδρόφοβη ικανότητα του, τον εύκολο καθαρισμό του καθώς και την αντοχή του στην τριβή. Οι Greßler κ.α. το 2010 περιγράφουν την επίδραση των φύλλων του λωτού, όπου μια επιφάνεια παρόλο που φαίνεται ομαλή στη πραγματικότητα λόγω της τραχύτητας αποτρέπει τη διεπαφή ανάμεσα σε αυτή και τις σταγόνες νερού.

Ακόμη το διοξείδιο του πυριτίου παρέχει προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία όπως και το διοξείδιο τιτανίου. Στην εικόνα [3.9] παρατηρούνται οι σταγόνες νερού σε νανοκλίμακα. Η επαφή στις σταγόνες και την επιφάνεια σκυροδέματος μειώνεται και η επαφή στις σταγόνες νερού και τον αέρα αυξάνονται.<sup>46</sup>



Εικόνα3.9: Εναπόθεση σταγόνων νερού αριστερά σε δοκίμιο σκυροδέματος χωρίς επικάλυψη νανοϋλικών και δεξιά με επικάλυψη ( Arabzadeha, Ceylan, Kimc et al.(2017)).

<sup>46</sup> Greßler S., Fiedeler U., Simkó M. et al. (2010) Self-cleaning, dirt and water-repellent coatings on the basis of nanotechnology.

## ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΦΩΤΟΚΑΤΑΛΥΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Το κύριο περιβαλλοντικό όφελος των υλικών αυτών είναι η διάσπαση των αέριων ρύπων που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα. Πληθώρα εφαρμογών έχουν αυτά τα υλικά όπως είναι η τοποθέτηση στο περίβλημα κτηρίων, τα πεζοδρόμια αλλά και κατά μήκος των δρόμων. Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να θεωρηθούν «πράσινες» καθώς η φυσική πηγή για την χημική αντίδραση τους είναι ο ήλιος.<sup>47</sup>

Σύμφωνα με τον Fujishima et.al., 1999<sup>48</sup> η αντικατάσταση δομικού υλικού με φωτοκαταλυτικό υλικό σε ποσοστό 5% μπορεί να εξουδετερώσει τους ατμοσφαιρικούς ρύπους σε ποσοστό έως και 60% για περίοδο έκθεσης του σε υπεριώδη ακτινοβολία 24 ωρών.

Με τη παρουσία του νερού της βροχής το οξείδιο του τιτανίου  $TiO_2$  είναι ικανό να αναγεννηθεί μειώνοντας έτσι σημαντικά το κόστος συντήρησης. (Chen and Poon, 2009).

Τέλος, παρουσιάζουν αντιμικροβιακή δράση, αυτοκαθαρισμό αλλά και αποστείρωση του αέρα.<sup>49</sup>

## ΑΥΤΟΘΕΡΑΠΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Αυτοθεραπεία είναι η δυνατότητα αποκατάστασης και επισκευής των αρχικών ιδιοτήτων των υλικών ύστερα από θερμική, μηχανική ή άλλη μορφή αλλοίωσης. Τα πρόσθετα στοιχεία είναι συνήθως νανοσωματίδια  $Fe_2O_3$  (Οξείδιο του σιδήρου) και νανοσωματίδια άνθρακα.

Όταν εφαρμόζεται θλιπτική δύναμη τα νανοσωματίδια υποχρεώνονται να πλησιάσουν μεταξύ τους, αυξάνοντας την αγωγιμότητα τους, όπως ακόμη την αντοχή τους σε θλίψη, κάμψη και ολκιμότητα.<sup>43</sup>

Ο καθηγητής Henk Jonkers και η ομάδα του στη προσπάθειά τους να δημιουργήσουν το πιο ανθεκτικό σκυρόδεμα ανακάλυψε το «biococoncrete», όπως και το ονόμασε. Αυτό το νέο σκυρόδεμα αναμιγνύεται όπως ακριβώς το συμβατικό σκυρόδεμα αλλά με τη προσθήκη του επονομαζόμενου «θεραπευτικού παράγοντα».

---

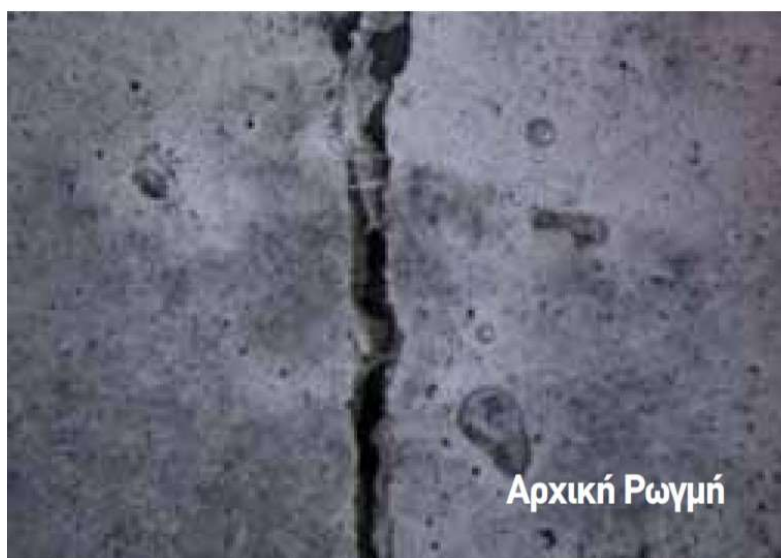
<sup>47</sup> Demeestere, K., Dewulf, J., De Witte, B., Beeldens, A., Van Langenhove, H. (2008). Heterogeneous photocatalytic removal of toluene from air on building materials enriched with  $TiO_2$ . *Build Environ*, vol. 43, pp. 406-416.

<sup>48</sup> Fujishima, A., Hashimoto, K., Watanabe, T. (1999). *TiO<sub>2</sub> photocatalysis, fundamentals and applications*. BKC Inc., Tokyo.

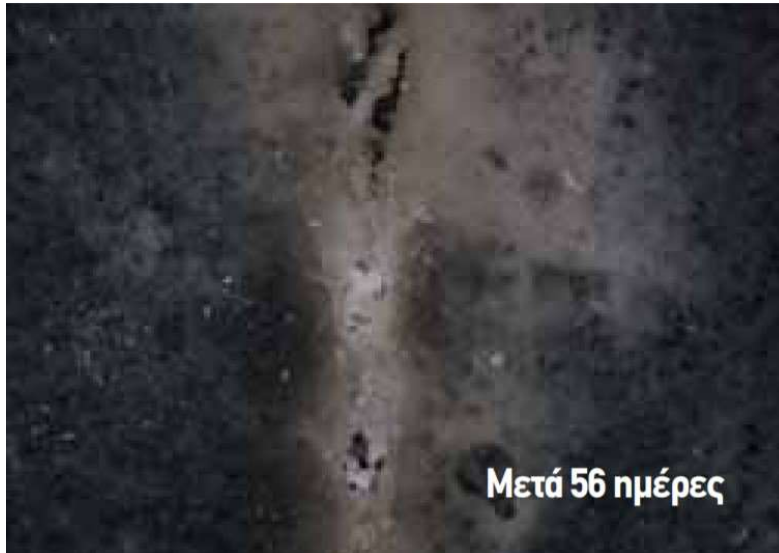
<sup>49</sup> Ramirez, A. Maury, Demeestere, K., De Belie, N., Mantyla, T., Levanen, E. (2010). Titanium dioxide coated cementitious materials for air purifying purposes: Preparation, characterization and toluene removal potential. *Building and Environment*, vol. 45, pp. 832-838

Τα βακτήρια του βικίλιου όπου και επέλεξε έχουν την ιδιότητα να παράγουν σπόρια, τα οποία μπορούν να επιβιώσουν δεκαετίες χωρίς τροφή και οξυγόνο. Η ενεργοποίηση και κινητοποίηση αυτών των βακτηριδίων επιτυγχάνεται μέσω της πηγής «τροφής» τους, η οποία είναι το γαλακτικό ασβέστιο αποθηκευμένο σε κάψουλες από βιοδιασπώμενο πλαστικό. Όταν δημιουργηθούν ρωγμές στο σκυρόδεμα, το νερό διασπά στο πέρασμα του τις κάψουλες οι οποίες «τρέφουν» τα βακτήρια.

Τα βακτήρια συνθέτουν ασβέστιο με ανθρακικά ιόντα ώστε να δημιουργηθεί ασβεστίτης ή ασβεστόλιθος, ο οποίος κλείνει τις ρωγμές.<sup>50</sup> Εικόνα[3.10].



<sup>50</sup> ΤΕΕ (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας), Ηλεκτρονική Καθημερινή Ενημέρωση, Τεύχος 876, 2015  
[https://portal.tee.gr/portal/page/portal/INFO\\_TEE/INFO\\_2015/05\\_15/NEWSLETTER20150519.pdf](https://portal.tee.gr/portal/page/portal/INFO_TEE/INFO_2015/05_15/NEWSLETTER20150519.pdf)



Εικόνα 3.10 ΤΕΕ, Ηλεκτρονική Καθημερινή Ενημέρωση, 19/05/2015

#### ΑΥΤΟΣΥΜΠΥΚΝΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα S.C.C αποτελεί μια ειδική κατηγορία σκυροδέματος το οποίο κατά την έγχυση του σε καλούπι ή ξυλότυπο, συμπυκνώνεται, πληρώνοντας όλα τα κενά χωρίς τη χρήση δόνησης παρά μόνο με την επίδραση του βάρους του.

Τα πλεονεκτήματα του S.C.C είναι αφενός μεν η υψηλή ποιότητα σκυροδέματος και αφετέρου η επίτευξη ενός ομαλού φινιρίσματος επιφανειών. Όσο πολύπλοκα και αν είναι τα επιθυμητά γεωμετρικά σχήματα πλήρωσης, το σκυροδέμα S.C.C είναι ικανό να τα αποδώσει προσφέροντας ομοιόμορφο χρώμα και υφή κατά τη σκλήρυνση.

Σύμφωνα με το Birgisson, για να παραχθεί S.C.C ένας αποτελεσματικός τρόπος είναι η προσθήκη νανοϋλικών, όπως το νανοπυρίτιο στο μίγμα.<sup>51</sup> Τα οφέλη αυτής της επαναστατικής μεθόδου στη σύγχρονη βιομηχανία κατασκευών είναι<sup>52</sup>:

- Ταχύτερη κατασκευή
- Μείωση εργατικού δυναμικού
- Αυξημένες αντοχές
- Μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα στη σχεδίαση

<sup>51</sup> Gopalakrishnan K., Birgisson B., Taylor P. et al. (2011) Nanotechnology in Civil Infrastructure A Paradigm Shift.

<sup>52</sup> Daczko J. A. (2012) Self-Consolidating Concrete Applying What We Know.



- Μείωση θορύβου
- Μείωση κόστους εργασίας

#### Κατασκευές από αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα S.C.C



Εικόνα 0.1.: Εθνικό Μουσείο Τέχνης του 21ου αιώνα , Ρώμη, Ιταλία . Αρχιτέκτονας : Zaha Hadid Πηγή : Arttravel.

Λόγω των καμπύλων επιφανειών και των κεκλιμένων τοιχωμάτων η αρχιτέκτονας επέλεξε S.C.C για την επίτευξη ομοιόμορφης και λείας επιφάνειας.

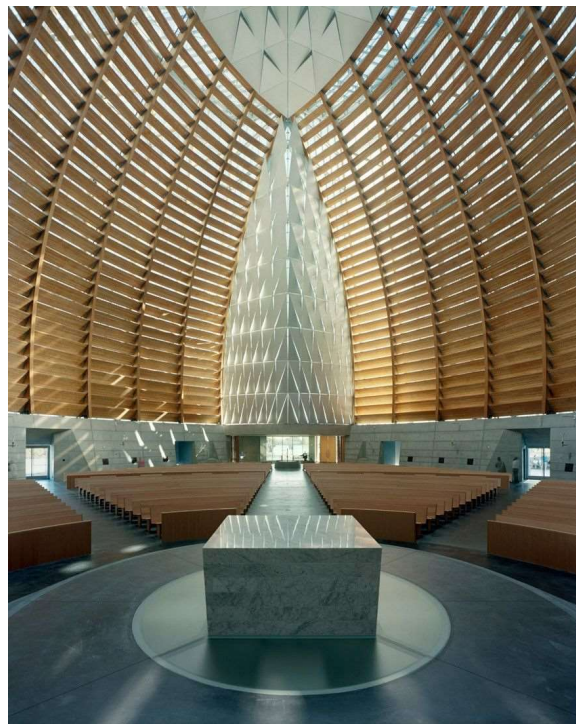


Εικόνα 3.11: Εσωτερική όψη: Εθνικό Μουσείο Τέχνης του 21ου αιώνα , Ρώμη, Ιταλία . Αρχιτέκτονας : Zaha Hadid Πηγή : Archisearch.gr

Η εσωτερική όψη του καθεδρικού ναού στη Καλιφόρνια . Χρήση σκυροδέματος S.C.C ώστε να επιτευχθεί ομαλή υφή και ομοιόμορφο χρώμα στα καμπύλα και απότομα στοιχεία του κτηρίου.



Εικόνα 3.12: Καθεδρικός ναός του Χριστού, Oakland, Καλιφόρνια. Πηγή:arch2o.com



Εικόνα 3.13: Εσωτερική όψη ναού , Αρχιτέκτονες: Skidmore, Owings & Merrill (SOM) Πηγή: Arch2o.com

## ΔΙΑΦΑΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ – LITRACON

Ο Aron Losonczi , ένας αρχιτέκτονας από το Csongrad της Ουγγαρίας, οραματίστηκε το 2001 ένα καινοτόμο υλικό. Το υλικό αυτό ήταν το πρώτο φωτοδιαπερατό σκυρόδεμα ή όπως το ονόμασε ο ίδιος “Litracon”.

Αυτό παρασκευάστηκε επιτυχώς αναμιγνύοντας ίνες οπτικών υαλικών και τσιμέντου το 2003. Η όψη ενός τοίχου Litracon δίνει την εντύπωση ενός αδιαπέραστου όγκου από σκυρόδεμα ενώ στη πραγματικότητα μπορεί να προβάλλει ένα οπτικό πεδίο του εξωτερικού κόσμου όπως για παράδειγμα το περίγραμμα ενός δέντρου. Το σκυρόδεμα αυτό έχει πολλές εφαρμογές, μπορεί να κατασκευαστεί ως τοίχος , πάνελ , φωτιστικό αλλά και ως κόσμημα.<sup>53</sup>



Εικόνα 3.14:Τοίχος από LitraCon . Πηγή Litracon.hu



Εικόνα 3.15: Φωτιστικό από LitraCon . Πηγή : Litracon.hu

<sup>53</sup> History and case study on light transmitting concrete, H.B.Valambhiya, T.J.Tuvar, V.Rayjada, January 2017, Volume 4, Issue 01



Εικόνα 3.16: Κόσμημα από LitraCon. Πηγή : Litracon.hu

ο Ravikumar.N et.al 2018<sup>54</sup> διερεύνησε ότι η θλιπτική αντοχή ενός τοίχου σκυροδέματος μειώνεται όσο αυξάνεται το ποσοστό των ινών. Η αντοχή σε θλίψη μειώνεται για περισσότερο από 4% και ως εκ τούτου το βέλτιστο είναι περίπου το 3% των οπτικών ινών.

Συνοψίζοντας, το φωτοδιαπερατό σκυρόδεμα Litracon :

- Επιτυγχάνει τη βέλτιστη αξιοποίηση του φωτός ανεξάρτητα από το πάχος του τοίχου.
- Η διαπερατότητα του φωτός αυξάνεται με τη αύξηση του ποσοστού των οπτικών υαλικών ινών.
- Καθώς αυξάνεται το ποσοστό των οπτικών υαλικών ινών, μειώνεται το βάρος του τοίχου Litracon.
- Η αντοχή σε θλίψη του φωτοδιαπερατού σκυροδέματος είναι ελαφρώς μειωμένη από αυτή του συμβατικού σκυροδέματος.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του φωτοδιαπερατού σκυροδέματος είναι:

A) Η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί με τη χρήση του διάφανου σκυροδέματος ενσωματώνοντας την έννοια του «πράσινου» κτηρίου.

B) Το Litracon είναι ανθεκτικό στο πάγο και έχει αποπαγοποιητικές ιδιότητες το οποίο δίνει τη δυνατότητα να λειτουργεί ως θερμομονωτής και με αυτό το τρόπο είναι πιο αποτελεσματικός στις κρύες περιοχές.

---

<sup>54</sup> LITRACON: A STATE-OF-THE-ART REVIEW, Kusuma Sahithi, Pulletikurti Mouunica, International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, 2019 Vol. 3, Issue 12, ISSN No. 2455-2143, Pages 119-122



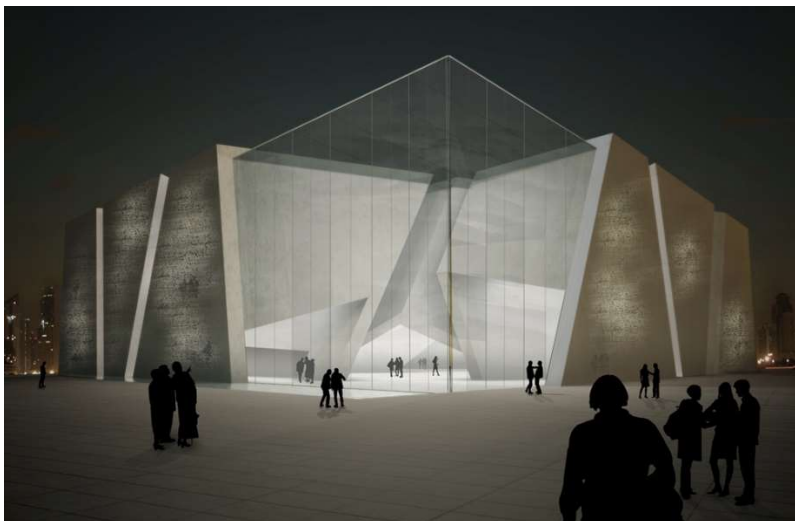
Γ) Το ημιδιάφανο σκυρόδεμα προσθέτει μία αίσθηση ασφάλειας αλλά και επίβλεψης σε χώρους όπως τα σχολεία οι φυλακές και γενικότερα όπου υπάρχει παρουσία ανθρώπων και οι κινήσεις τους μπορούν να είναι ευδιάκριτες χωρίς να προδίδουν ολόκληρη την εικόνα, προστατεύοντας έτσι την ιδιωτικότητα τους.

Δ) Είναι καλαίσθητο αρχιτεκτονικά.

Από την άλλη πλευρά, τα μόνα αρνητικά στοιχεία του διάφανου σκυροδέματος είναι ότι το κόστος είναι μεγαλύτερο, λόγω των οπτικών υαλικών ινών. Και δεύτερον ότι προϋποθέτει εξειδικευμένο προσωπικό για τη τοποθέτηση των ινών.



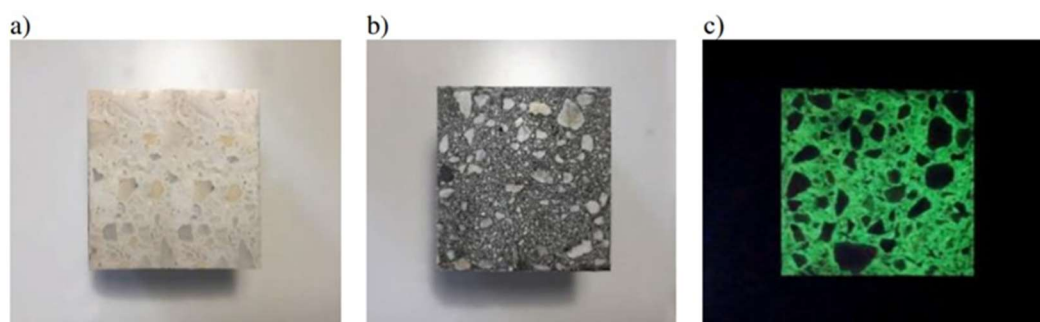
Εικόνα 3.17: Κατασκευή από φωτοδιαπερατό σκυρόδεμα Litracon , Italian Pavilion for Expo Shanghai 2010



Εικόνα 3.18: Φωτορεαλιστική απεικόνιση του Italian Pavilion for Shanghai Expo 2010. Πηγή : [https://www.archdaily.com/21180/italy-pavillion-for-shanghai-expo-2010-iodice-architetti/641782769\\_02?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/21180/italy-pavillion-for-shanghai-expo-2010-iodice-architetti/641782769_02?next_project=no)

## ΦΩΤΟΦΑΥΓΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ- PHOTOLUMINESCENCES CONCRETE

Ένα από τα πολλά υποσχόμενα υλικά είναι το φωταυγές σκυροδέμα. Το υλικό αυτό το οποίο βρίσκεται ακόμη σε στάδιο έρευνας βασίζεται στη μέθοδο απορρόφησης και αποθήκευσης ηλιακής ακτινοβολίας και την εκπομπή λάμψης τις βραδινές ώρες. Οι ήδη υπάρχον πειραματικές εφαρμογές χρησιμοποιούν τις φωταυγές χρωστικές ουσίες και τροποποιητές μόνο στην επιφάνεια διακοσμητικού σκυροδέματος (decorative concrete) . Σύμφωνα με το πείραμα των Lyudmila Suleymanova, Marina Maliukova and Alina Koryakina από το Πανεπιστήμιο Belgorod State Technological University στο άρθρο IOP Conference Series: Materials Science and Engineering χρησιμοποίησαν φωταυγές χρωστικές ουσίες σε ποσοστό 5% του βάρους σε δείγμα λευκού και γκρι Portland τσιμέντου. Αφού γυάλισαν την επιφάνεια του σκυροδέματος το δείγμα έμεινε για 30 λεπτά σε φυσικό φως. Ύστερα από το πέρας του χρόνου, παρατήρησαν ότι η λάμψη στο λευκό τσιμέντο ήταν εμφανής ενώ στο γκρι καθόλου. (εικόνα3.19)



**Figure 1.** The glow of the sample with introduced photoluminescent pigment in the amount of 5 %  
a) sample with white Portland cement; b) sample with gray Portland cement; c) the glow of the sample with white Portland cement.

Εικόνα 3.19: Η λάμψη του δείγματος με φωταυγές χρωστικές ουσίες σε ποσοστό 5% α) Δείγμα με λευκό τσιμέντο Portland β) Δείγμα με γκρι τσιμέντο Portland γ) Η λάμψη από το λευκό δείγμα Portland.

Οι χρήσεις αυτού του καινοτόμου υλικού παρέχουν οικονομικά, τεχνικά, περιβαλλοντικά αλλά και αρχιτεκτονικά οφέλη. Πρωτίστως υπάρχει εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας καθώς μπορούν να καταργηθούν οι κολώνες φωτισμού σε διάφορα μέρη όπως λόγου χάρη τα πάρκα. Ακόμη υπάρχει η αίσθηση ασφάλειας στους δρόμους και στους πεζούς αλλά και τεχνοτροπίες με καλαισθησία διευρύνοντας το φάσμα των λειτουργικών εφαρμογών στις σύγχρονες κατασκευές.

Τα αρνητικά στοιχεία που παρατηρούνται είναι τα εξής:

- Δεν προσφέρει λάμψη για τη πλήρη εργασιακή του ζωή
- Δεν επιτρέπει τεχνικά τη κατασκευή σύνθετων διαμορφώσεων

- Μειώνει τα φυσικό-μηχανικά χαρακτηριστικά της κατασκευής.<sup>55</sup>

Ένα ζωντανό παράδειγμα του φωταυγές σκυροδέματος είναι το -glow in the dark bike path στο Lidzbark Warminski της Πολωνίας. Η εταιρεία TPA<sup>56</sup> που το δημιούργησε άντλησε έμπνευση από το πρώτο glow in the dark bike path στο Αϊντχόβεν της Ολλανδίας όπου ο καλλιτέχνης και ιδρυτής του, Daan Roosegaarde εμπνευσμένος από το έργο του Van Gogh, Starry night δημιούργησε ένα μονοπάτι ενός χιλιομέτρου που λάμπει στο σκοτάδι. Η εταιρεία TPA ξεκίνησε τις δοκιμές, ένα χρόνο πριν τη κατασκευή του έργου, δοκιμάζοντας διάφορα υλικά και χρωστικές ουσίες προκειμένου το αποτέλεσμα να αυξήσει την ασφάλεια τόσο των ποδηλατών όσο και των πεζών.



Κατέληξαν σε ένα μίγμα ανόργανων φωτοφόρων υλικών, υλικά δηλαδή που «φορτίζονται» με ηλιακή ενέργεια και την εκπέμπουν με μπλε φωταύγεια το βράδυ. Ένα στρώμα από αυτό το αδρανές υλικό εφαρμόστηκε σε ένα δοκιμαστικό τμήμα 100 μέτρων ενός υπάρχοντα

Εικόνα 3.18: Glow in the dark path, newatlas.com

ασφαλτοστρωμένου ποδηλατοδρόμου και για πρόσθετη ασφάλεια καλύφθηκε με ένα στρώμα μικρών κόκκων πέτρας. Σύμφωνα με τη TPAQI η έκθεση σε 30 - 60 λεπτά του φωτός της ημέρας είναι αρκετή για να κάνει το μονοπάτι να λάμπει για τουλάχιστον 8 ώρες κατά τη διάρκεια της νύχτας. Πιστεύεται επίσης ότι το υλικό θα διατηρήσει τις λαμπερές του

<sup>55</sup> Suleymanova L, Maliukova M, Pogorelova I, Yakovleva E and Koryakina A 2016 Decorative elements as a way of esthetic understanding of space. The Bulletin of BSTU V. G. Shukhov

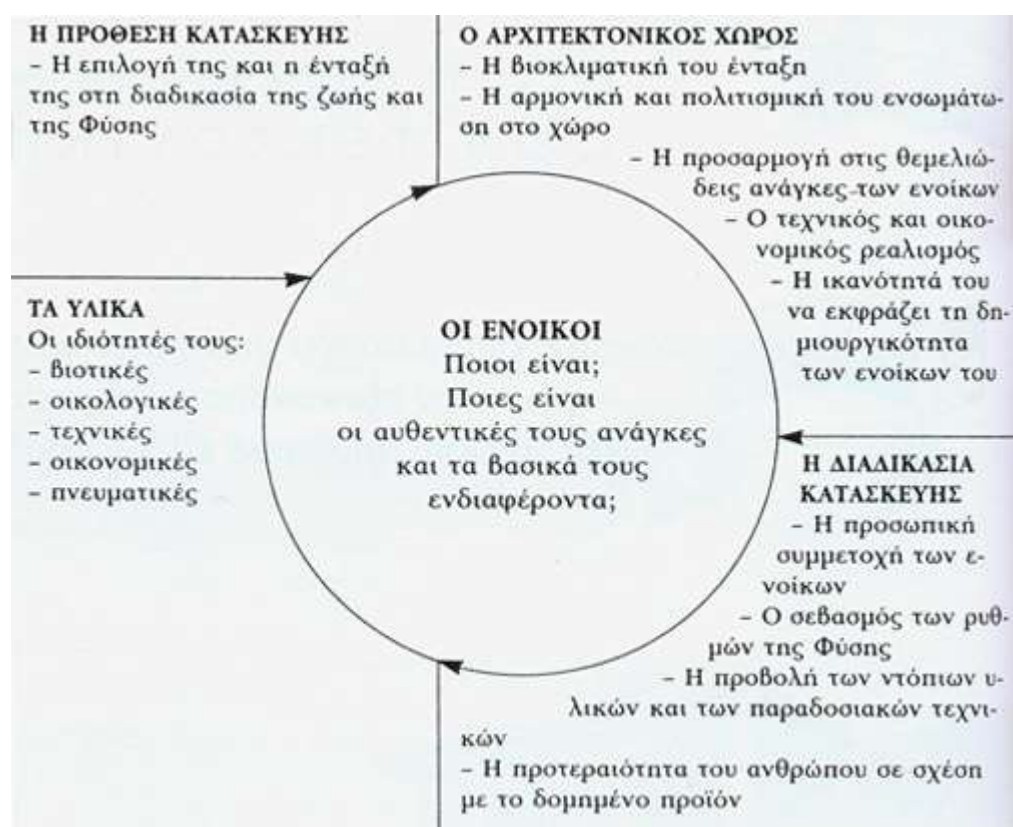
<sup>56</sup> TPA: TPA Society for quality assurance and innovation Μέρος του ομίλου Strabag SE. Ευρωπαϊκός Όμιλος τεχνολογίας για κατασκευαστικές υπηρεσίες ( ασφαλτος, σκυρόδεμα, χρωματογραφικές εργασίες κ.α)



ιδιότητες για περίπου 20 χρόνια. Στο πλαίσιο της δοκιμής, η ανθεκτικότητα του τμήματος με λάμψη στο σκοτάδι παρατηρείται σε πραγματικές συνθήκες.<sup>57</sup>

## 4. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αντιπροσωπεύει τον σχεδιασμό κτηρίων με κύριο άξονα τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές όπως η ηλιακή ενέργεια αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος της εκάστοτε περιοχής. Σκοπός της είναι οι αποτελεσματικότερες συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης των ενοίκων με την όσο το δυνατόν ελάχιστη κατανάλωση συμβατικής ενέργειας.<sup>58</sup> Ο βασικός κύκλος της βιοκλιματικής ή βιο-οικολογικής αρχιτεκτονικής παρουσιάζεται παρακάτω :



Εικόνα 4.1: Πηγή : [themistsiparas.gr/bio-architecture.html](http://themistsiparas.gr/bio-architecture.html)

<sup>57</sup> <https://newatlas.com/tpaqi-glow-in-the-dark-bike-path-lidzbark-warminski-poland/45820/>  
<https://tripjaunt.com/glow-in-the-dark-bike-path-in-poland/>

<sup>58</sup> Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε οικιστικά σύνολα, "RES Dissemination", ΚΑΠΕ, <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>

Κύρια στοιχεία του βιο-οικολογικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα αξιοποιώντας τις φυσικές πηγές για θέρμανση, ψύξη αλλά και φωτισμό των χώρων καθώς και τεχνικές δόμησης κτηρίων που αποσκοπούν στη βέλτιστη φυσική λειτουργία αλλά και την ενεργειακή απόδοση του κελύφους. Άλλο ένα κύριο στοιχείο του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η κατανόηση και αξιοποίηση του μικροκλίματος. Ο κατάλληλος προσανατολισμός και σχεδιασμός του κτηρίου για τη μέγιστη ηλιακή απορρόφηση το χειμώνα και την ελάχιστη το καλοκαίρι. Άλλα και το ανάγλυφο του εδάφους, καθώς και η προβολή και αξιοποίηση των τοπικών υλικών και παραδοσιακών τεχνικών. Τα πολλαπλά οφέλη που συνεπάγονται με την ολοκληρωμένη βίο – οικολογική σχεδίαση είναι αρχικά περιβαλλοντικά, όπως προδίδει και το όνομα της, αφού επιτυγχάνεται η μείωση ρύπων αλλά και ο περιορισμός του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επιπλέον ενεργειακά οφέλη με την εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Καθώς και οικονομικά οφέλη με τη μείωση καυσίμων και ηλεκτρομηχανικών εγκαταστάσεων. Και τέλος, κοινωνικά οφέλη διασφαλίζοντας καλύτερη ποιότητα αέρα και βελτίωσης του έσω-κλίματος του κτηρίου. Σημαντική είναι η κατανόηση ότι με τη χρήση απλών συστημάτων βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής δεν αυξάνεται το κόστος κατασκευής στα νέα κτήρια.

#### 4.1 ΗΛΙΑΣΜΟΣ-ΗΛΙΑΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον ήλιο περιλαμβάνει όλα τα μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Το ορατό φως αποτελεί το 46% της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας και περιέχει όλο το φάσμα χρωμάτων. Το 49% ανήκει στη υπέρυθη ζώνη την οποία ο άνθρωπος την αισθάνεται ως θερμότητα και η το υπόλοιπο 5% ανήκει στη κοσμική και υπεριώδη ακτινοβολία την οποία ο άνθρωπος δεν αντιλαμβάνεται.<sup>59</sup> Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί κατευθυντήρια γραμμή στον αποδοτικό ενεργειακό σχεδιασμό κτηρίων. Η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας τους χειμερινούς μήνες συμβάλει στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και φωτισμό. Απεναντίας, κατά τη θερινή περίοδο η απουσία ηλιοπροστασίας του κτηρίου αποσκοπεί στην αυξημένη κατανάλωση ενέργειας για σκοπούς ψύξης, οδηγώντας σε κακή ποιότητα έσω-κλίματος. Η συνολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στα κτήρια μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε 3 συνιστώσες<sup>60</sup>:

**Α) Την άμεση ηλιακή ακτινοβολία**, η οποία αποτελεί την απευθείας έκθεση του κτηρίου στον ήλιο. Αυτή η συνιστώσα είναι η κύρια παράμετρος διαχείρισης του ενεργειακού σχεδιασμού

<sup>59</sup> Πανεπιστήμιο Πατρών, Ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα, Ήπιες Μορφές Ενέργειας Ενότητα 2: Ηλιακή Ενέργεια Ελευθέριος Αμανατίδης Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Χημικών Μηχανικών

<sup>60</sup> Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών Εκπαιδευτικό Υλικό, Α.Επιθεώρηση κτηρίων, Θεματική Ενότητα ΔΕ3, Κλίμα και εσωτερικό περιβάλλον. Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων, Αθήνα, Ιούνιος 2011

του κτηρίου για την κερδοφόρα αξιοποίηση του ήλιου τους χειμερινούς μήνες και την προστασία αυτού τους θερινούς μήνες.

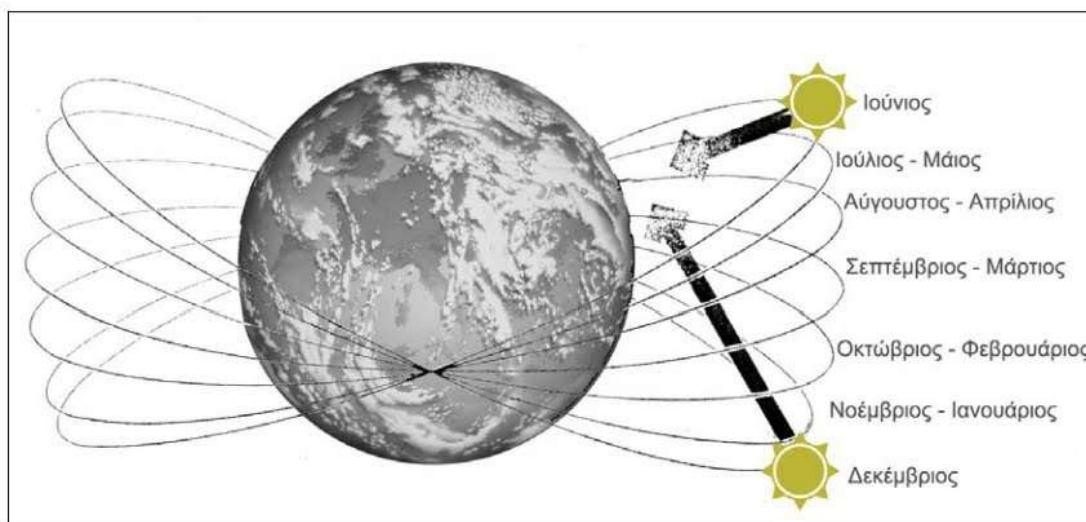
Β) Την **διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία**, η οποία έχει υποστεί σκέδαση στην ατμόσφαιρα. Παρ' όλο που έχει μικρότερο ενεργειακό περιεχόμενο από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία το κέρδος της είναι αρκετά σημαντικό στο κτήριο κυρίως για τη συνεισφορά του στην ένταση και τη ποιότητα του φυσικού φωτισμού.

Γ) Την **ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία**, η οποία είναι συναρτώμενη της γεωμετρίας της περιοχής του κτηρίου, των υλικών των δαπέδων αλλά και των κατακόρυφων στοιχείων που βρίσκονται κοντά στο κτήριο όπως λόγου χάρη άλλα γειτονικά κτήρια.



Εικόνα 4.2: Οι τρεις συνιστώσες του ήλιου. Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/2-eliasmos-ktiriou>

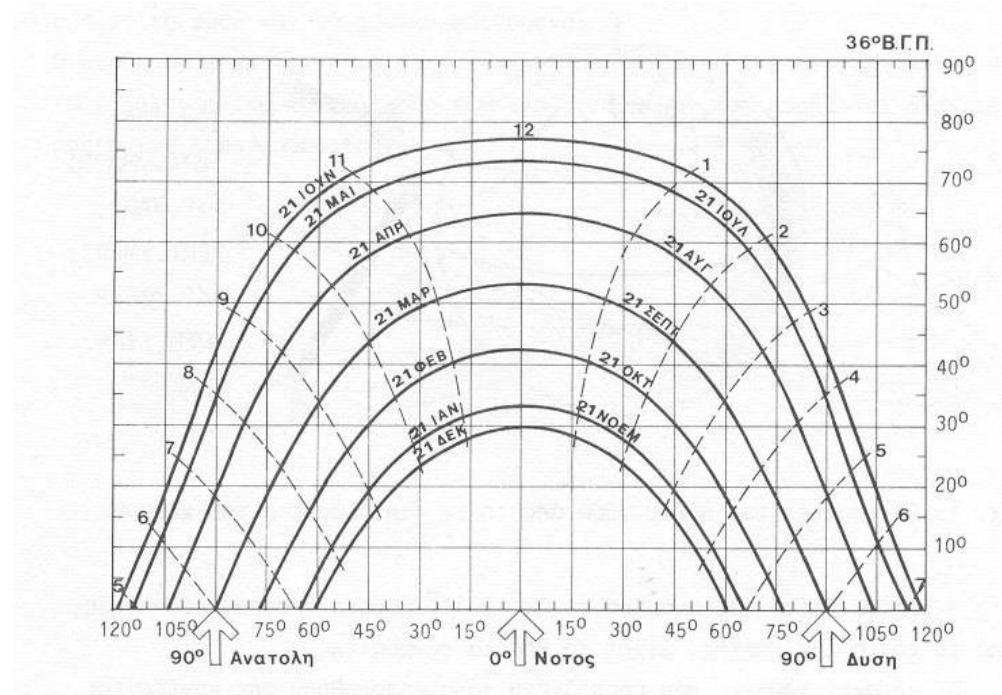
Εφόσον, ο ηλιασμός ενός κτηρίου ή οικοπέδου είναι το κέντρο αναφοράς για το σωστό ενεργειακό σχεδιασμό έχει υιοθετηθεί η παραδοχή τροχιών του ήλιου, δηλαδή ότι η γη παραμένει σταθερή και ο ήλιος κινείται. Οι φαινομενικές τροχιές του ήλιου ταυτίζονται ανά δύο μήνες εκτός από τον Ιούνιο και τον Δεκέμβριο.



Εικόνα 4.3: Σχηματική αναπαράσταση των φαινομενικών τροχιών του ήλιου. Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/2-eliasmos-ktiriou>

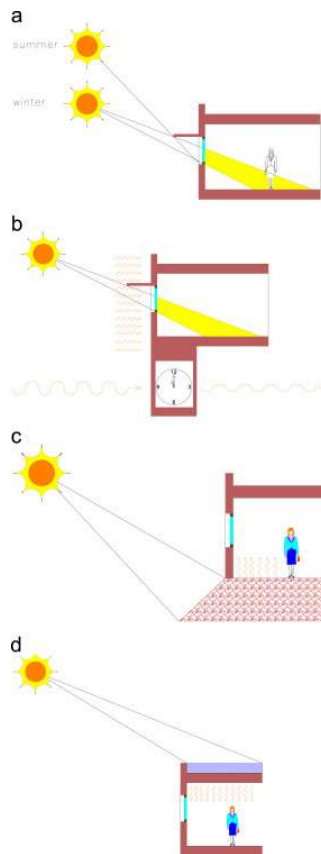
Οι **Ηλιακοί χάρτες** ή **ηλιακά διαγράμματα** απεικονίζουν τις φαινομενικές τροχιές του ήλιου σε επίπεδο ορθής προβολής για συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος. Τα διαγράμματα αυτά

χρησιμοποιούνται για πληθώρα εφαρμογών όπως τον υπολογισμό της διάρκειας ηλιασμού και σκίασης σε συγκεκριμένη περιοχή. Τον έλεγχο ηλιασμού και σκίασης στο εσωτερικό ενός κτηρίου αλλά και του φυσικού φωτισμού. Αυτά τα διαγράμματα προσδιορίζουν τη θέση του ήλιου για κάθε μήνα και όλες τις ώρες της ημέρας. (Σχήμα 4.4). Στη κάτω οριζόντια ευθεία του ηλιακού χάρτη (χ) καταγράφονται οι γωνίες αζιμούθιου ως προς το νότο. Αζιμούθιο του ηλίου ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζεται στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην ορθή προβολή της ευθείας που ενώνει τον ήλιο με το εκάστοτε σημείο σε σχέση με το τοπικό μεσημβρινό νότου-βορρά. Ενώ, η κάθετη ευθεία (γ) προσδιορίζει τις γωνίες ύψους του ήλιου. Σε κάθε ηλιακό χάρτη αντικατοπτρίζονται 7 φαινομενικές τροχιές του ηλίου με αυτή της 21<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου να είναι η χαμηλότερη όπου και έχουμε το χειμερινό ηλιοστάσιο και τη μεγαλύτερη στις 21 Ιουνίου με το θερινό ηλιοστάσιο. Την 21<sup>η</sup> Μαρτίου και Σεπτεμβρίου παρατηρείται η εαρινή και φθινοπωρινή αντίστοιχα ισημερία. Οι διακεκομμένες καμπύλες προσδιορίζουν τις ηλιακές ώρες, από την ανατολή μέχρι τη δύση.



Εικόνα 4.4: Ηλιακός χάρτης γεωγραφικού πλάτους 36° Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/>

Στην εικόνα παρακάτω παρατηρούμε τεχνικές αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας από το πρωί έως το απόγευμα.



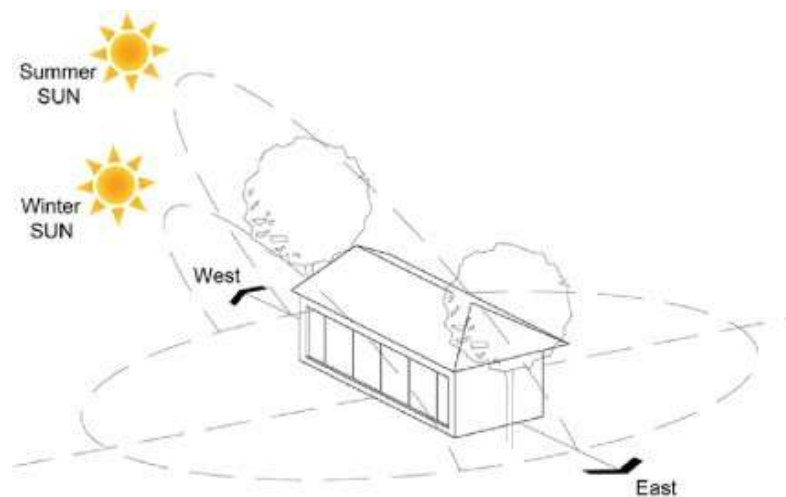
Εικόνα 4.5: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115003652>

#### 4.2 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το μεσογειακό κλίμα της Ελλάδας το οποίο χαρακτηρίζεται από πολλές ώρες έκθεσης στον ήλιο κατά μέσο όρο, επιτρέπει τη δυνατότητα εφαρμογής βασικών αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού. Το πιο βασικό στοιχείο αυτής είναι ο προσανατολισμός του κτηρίου και η αρχιτεκτονική του σύνθεση. Ο προσανατολισμός του κτηρίου με σκοπό να αξιοποιηθεί πιο αποτελεσματικά ο ήλιος έλαβε χώρα πρώτα στην Ελλάδα περίπου 2.500 χρόνια πριν.<sup>61</sup> Ύστερα από μερικές εκατονταετίες ακολούθησε η Ρώμη, με λουτρά χτισμένα ώστε τα παράθυρα να αντικρίζουν το νότο και η ακτινοβολία του ήλιου να τα διαπερνά.<sup>62</sup> Ακόμα και σήμερα, αν το οικόπεδο το επιτρέπει τα κτήρια είναι ευχής έργον να αναπτύσσονται στον

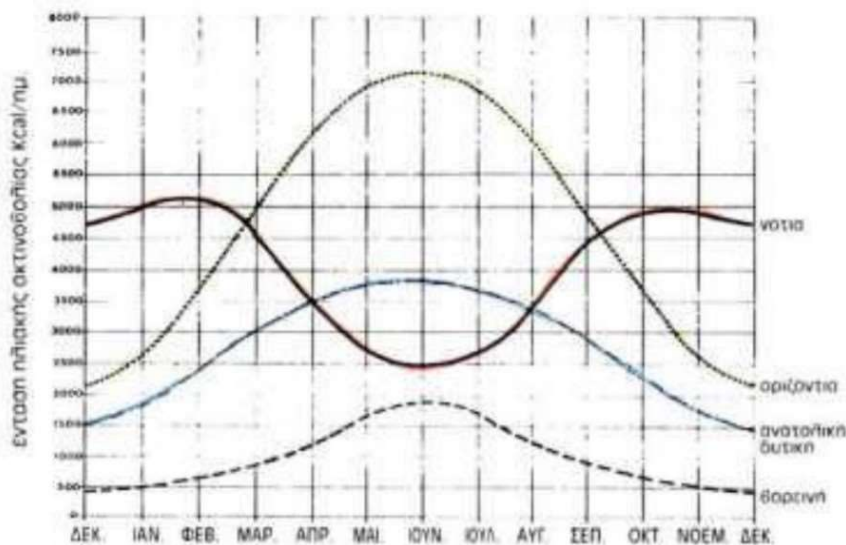
<sup>61</sup> Bioclimatic design strategies: A guideline to enhance human thermal comfort in Cfa climate zones, Abdollah Baghaei Daemei, Seyed Rahman Eghbali, Elham Mehrinejad Khotbehsara, Journal of Building Engineering, Volume 25, September 2019.

<sup>62</sup> Institute of Archaeology, Zippori in the Roman Period, The Hebrew University of Jerusalem (<http://www.hum.huji.ac.il/archaeology/zippori/RomanSeph.htm>, accessed June 2004)



Εικόνα 4.6: Οι τροχιές του ήλιου το χειμώνα και το καλοκαίρι . Πηγή : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710218307381#fig9>

άξονα ανατολής-δύσης με τη κύρια και μέγιστη πλευρά τους στο νότο <sup>63</sup>. Ο προσανατολισμός αυτός είναι ο ιδανικότερος ενεργειακά καθώς τη χειμερινή περίοδο η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι πολύ μεγαλύτερη στον άξονα ανατολής-δύσης ενώ τη περίοδο του καλοκαιριού είναι σχεδόν η μισή. (Τεχνικό επιμελητήριο, Ιούνιος, 2011).

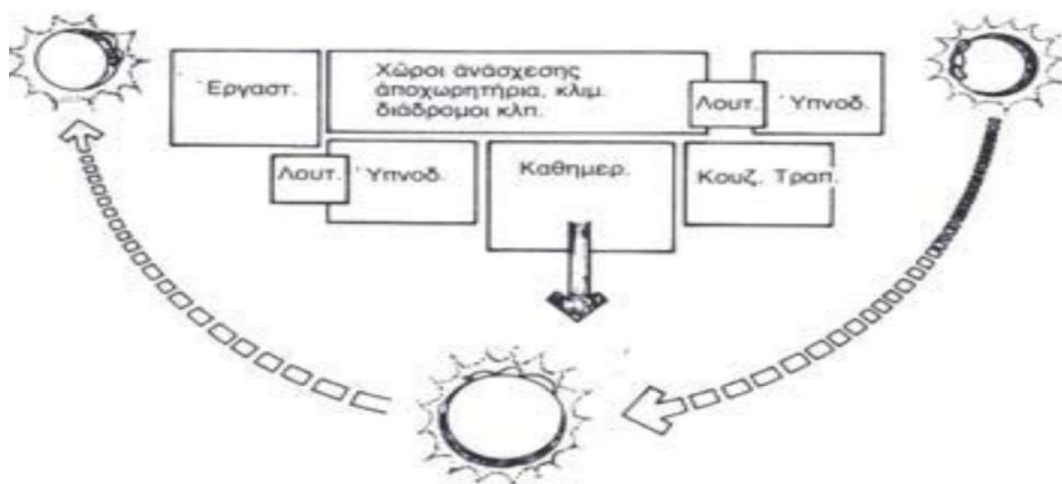


Εικόνα 4.7: Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε όλους τους προσανατολισμούς ( Πηγή: Ανδρεαδάκη, 2006)

<sup>63</sup> Διπλωματική εργασία «Μελέτη, τρισδιάστατη μοντελοποίηση και κατασκευή μακέτας βιοκλιματικής» Ανδρουλάκης Γ., Ανδρουλάκης Σ., Κύρκας Ν., ΤΕΙ Κρήτης, Χανιά 2010.



Οι ηλιακοί χάρτες που αναλύθηκαν παραπάνω συμβάλλουν στο να ενταχθεί το κτήριο στη κατάλληλη θέση, παρέχοντας τη πλήρη εικόνα για την ακριβή θέση του ήλιου όλους τους μήνες. Ως εκ τούτου η βέλτιστη τοποθέτηση των εσωτερικών χώρων σε ένα κτήριο αποτελείται από χώρους με ολιγόωρη χρήση στο βορρά (όπως αποθήκες, γκαράζ). Από την άλλη πλευρά οι χώροι που απαιτούν περισσότερο ποσοστό φωτισμού και θερμότητας είθισται να τοποθετούνται στη μεγάλη και νότια πλευρά του σπιτιού. Τα μεγάλα ανοίγματα τοποθετούνται προς το νότιο προσανατολισμό, τα μεσαίου μεγέθους στα ανατολικά και δυτικά και μικρού μεγέθους στον βορρά βάσει της (Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010).



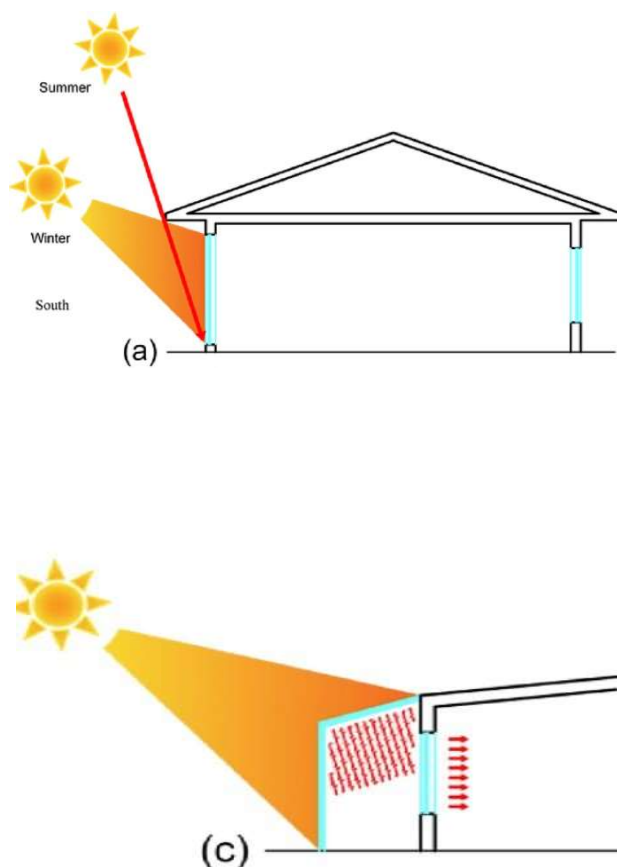
Εικόνα 4.8: Διάταξη εσωτερικών χώρων με βάση την ηλιακή ακτινοβολία. Πηγή: ΚΑΠΕ τεχνική ημερίδα για ενεργειακούς επιθεωρητές. Εξοικονόμηση ενέργειας και ΑΠΕ στα κτήρια.

#### 4.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας συνεπάγεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Στο κτήριο, η ακτινοβολία αυτή διέρχεται από τα διαφανή στοιχεία, εφόσον το κέλυφος του έχει θερμομόνωση. Με τα νότια ανοίγματα που αναλύσαμε και στο κεφάλαιο του προσανατολισμού του κτηρίου, η ύπαρξη υαλοπινάκων στο κτήριο δημιουργεί το "φαινόμενο του θερμοκηπίου". Ουσιαστικά το κτήριο λειτουργεί ως "παγίδα" αποθήκευσης της ηλιακής ενέργειας. Η προσπίπτουσα ακτινοβολία στα δομικά στοιχεία μέσω των υαλοπινάκων αλλάζει μήκος κύματος (δηλαδή μεγαλώνει) και τα θερμαίνει. Ανάλογα με τη θερμοχωρητικότητα των δομικών υλικών αποθηκεύουν και ένα συγκεκριμένο ποσοστό θερμότητας ανά μονάδα μάζας. Η ενέργεια αυτή έχει απορροφηθεί πλέον από τα σώματα αυτά και εκπέμπεται ως θερμότητα.<sup>60</sup> Με τη θερμική αδράνεια βέβαια που τα χαρακτηρίζει υπάρχει μια χρονοκαυστέρηση στην εκπομπή θερμότητας, ιδιότητα που είναι επιθυμητή. Μετά την θερμική αδράνεια που διαρκεί αρκετές ώρες, ανάλογα πάντα με τη μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας τα δομικά στοιχεία αποδίδουν τη θερμότητα μέσω της συναγωγής στο περιβάλλον. Εφόσον έχει αλλάξει και το μήκος κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας δεν



υπάρχει τρόπος απόδρασης από τους υαλοπίνακες και με αυτόν το τρόπο εγκλωβίζεται στον εσωτερικό χώρο του κτηρίου.<sup>64</sup>



Εικόνα 4.9: Παθητικό σύστημα θέρμανσης: (α) Απευθείας προσπίπτουσα ακτινοβολία στο κτήριο (c) Χρήση της πραγματικής μεθοδολογίας του θερμοκηπίου. Πηγή: sciencedirect.com <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710218307381#fig7>

#### 4.4 ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

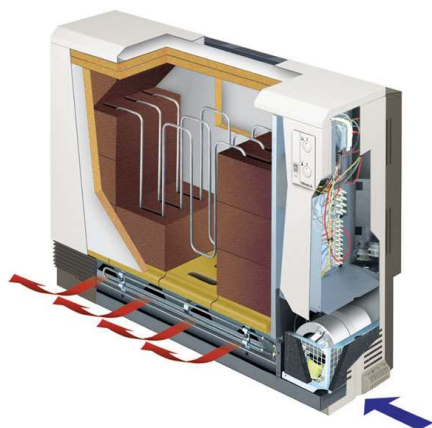
Η θερμοχωρητικότητα (Heat capacity) χαρακτηρίζει την ιδιότητα κάποιων υλικών να απορροφούν θερμότητα από το περιβάλλον και αποτελεί μία από τις θερμικές ιδιότητες αυτών. Ως θερμοχωρητικότητα ορίζεται ως το ποσό θερμότητας που απαιτείται ώστε να ανέβει η θερμοκρασία ενός υλικού κατά ένα βαθμό.<sup>65</sup> Η θερμοχωρητικότητα ενός υλικού λαμβάνεται συνήθως ως μια χαρακτηριστική τιμή, ιδίως σε πολλές πρακτικές εφαρμογές, παρ'όλα αυτά δεν αποτελεί μια σταθερά αλλά εξαρτάται από τη θερμοκρασία στην οποία υπόκειται το υλικό ώστε να θερμανθεί. Βασικός συντελεστής της θερμοχωρητικότητας είναι

<sup>64</sup> Διπλωματική εργασία «Εξοικονόμηση ενέργειας από το βιοκλιματικό σχεδιασμό κτηρίων», Μπουζάνης Κ., Νεζερίτης Χ. Τμήμα Μηχανολογίας ΤΕΙ Πειραιά.

<sup>65</sup> Διπλωματική εργασία «Εκτίμηση θερμοχωρητικότητας τυπικών κατασκευών με διαφορετικά συστήματα δόμησης», Albayouk Mousa, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2017.

και η μάζα του υλικού. Στο διεθνές σύστημα (SI) η μονάδα μέτρησης είναι το Joule/Kelvin , J/K.

Ένα σύστημα το οποίο συνδυάζει τη μεγάλη θερμοχωρητικότητα για παραγωγή θερμότητας και μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης αποτελούν οι θερμοσυσσωρευτές. Οι θερμοσυσσωρευτές καταναλώνουν ηλεκτρικό ρεύμα μόνο



κατά τη διάρκεια του νυχτερινού ρεύματος και κυρίως τη νύχτα. Η αποθήκευση της ενέργειας πραγματοποιείται στα πυρότουβλα που απαρτίζουν το συγκεκριμένο σύστημα. Τα πυρότουβλα έχουν σημαντική αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες πάνω από 600°C. (Τ.Ε.Ε). Κατά τη διάρκεια της ημέρας μέσω ενός ειδικά ρυθμιζόμενου θερμοστάτη διαχέεται η θερμότητα στο χώρο. Οι θερμοσυσσωρευτές μπορούν να λειτουργήσουν είτε με μονοφασικό είτε με τριφασικό ρεύμα και ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες, τους δυναμικούς και τους στατικούς.<sup>66</sup> Οι δυναμικοί εκπέμπουν τη συσσωρευμένη θερμότητα δια μέσου της

Εικόνα 4.10: Λειτουργία θερμοσυσσωρευτών,zesta.gr

επιφάνειας τους και μέσω ενός ανεμιστήρα. Από την άλλη πλευρά, οι στατικοί εκπέμπουν τη θερμότητα μέσω της επιφάνειας τους με τη φυσική ροή του θερμού αέρα. Επομένως η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στη φυσική μετάδοση της θερμότητας.<sup>67</sup>

<sup>66</sup> Εταιρεία Ηλιοθερμική, Θερμοσυσσωρευτές, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://www.eliothermiki.gr/%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CF%83%CF%85%CF%83%CF%83%CF%89%CF%81%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%B5%CF%82>

<sup>67</sup> Ηλεκτρονικό περιοδικό Υδραυλικός, (22.02.2012), Καπνοδόχοι/Καπναγωγοί, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://ydravlikos.gr/kapnodochi-kapnagogi/>

#### 4.5 ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΑΖΑ

Η αποτελεσματικότερη μέθοδος αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι με τη χρήση θερμικής μάζας στο κτήριο. Οι θερμικές ιδιότητες του περιβλήματος ενός κτηρίου επηρεάζουν έντονα τις ετήσιες ενεργειακές του ανάγκες.<sup>68</sup> Περισσότερη ενέργεια χάνεται μέσω των τοίχων παρά μέσω άλλων τμημάτων του περιβλήματος επειδή οι τοίχοι έχουν τη μεγαλύτερη επιφάνεια σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.<sup>69</sup> Οι θερμικές μεταδόσεις των τοίχων είναι οι πιο σημαντικές θερμοφυσικές ιδιότητες που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου<sup>70</sup> επειδή ελέγχουν τη θερμότητα που χάνεται αλλά και αποθηκεύεται από το εξωτερικό περιβάλλον καθώς και τις ενεργειακές απαιτήσεις της θέρμανσης, του εξαερισμού και των συστημάτων κλιματισμού.<sup>71</sup> Η θερμοχωρητικότητα των υλικών έχει σημαντικό ρόλο στην αποθήκευση της θερμότητας γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα όπως τα επονομαζόμενα PCM – (Phase Change Materials). Τα PCM είναι στερεά σε θερμοκρασία δωματίου αλλά ρευστοποιούνται με την αύξηση της θερμοκρασίας και αντίστροφα<sup>72</sup>. Με αυτό τον τρόπο πραγματοποιείται η συναλλαγή θερμότητας. Τα υλικά αυτά μπορούν να ενσωματωθούν σε οικοδομικά υλικά όπως το σκυρόδεμα, οι γυψοσανίδες ακόμα και το πάτωμα ώστε να αυξηθεί η θερμική τους χωρητικότητα[20]. Για την πιο αποδοτική λειτουργία της θερμικής μάζας είναι απαραίτητη η ύπαρξη ηλιοπροστασίας στα ανοίγματα του κτηρίου. Συνεπώς, την ημέρα υπάρχει χαμηλότερη απευθείας ακτινοβολία του ήλιου και τη νύχτα, όπου τα υλικά λόγω της χρονοκαθυστέρησης εκπέμπουν τη θερμότητα που ήταν αποθηκευμένη, προτείνεται το άνοιγμα των παραθύρων για φυσικό δροσισμό του εσωτερικού χώρου.

---

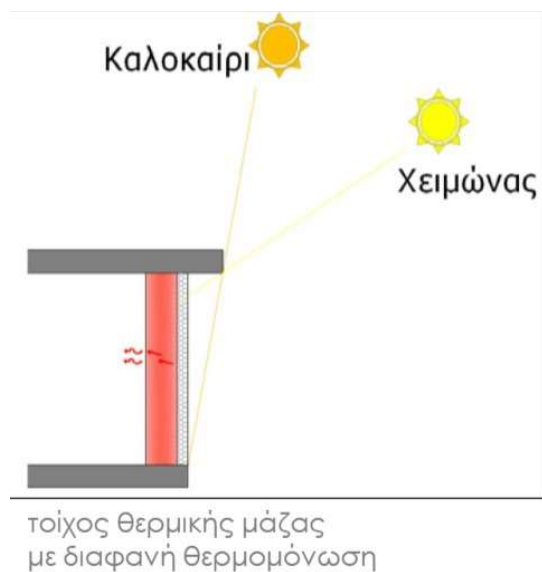
<sup>68</sup> R. De. Lieto Vollaro, C. Guattari, L. Evangelisti, G. Battista, E. Carnielo, P. Gori Building energy performance analysis: a case study Energy Build, 87 (2015), pp. 87-94, 10.1016/j.enbuild.2014.10.080

<sup>69</sup> F. Kurtz, M. Monzón, B. López-Mesa Energy and acoustics related obsolescence of social housing of Spain's post-war in less favoured urban areas. The case of Zaragoza Inf La Constr, 67 (2015), p. m021, 10.3989/ic.14.062

<sup>70</sup> A. Prada, F. Cappelletti, P. Baggio, A. Gasparella On the effect of material uncertainties in envelope heat transfer simulations Energy Build, 71 (2014), pp. 53-60, 10.1016/j.enbuild.2013.11.083

<sup>71</sup> J C. Peng, Z. Wu In situ measuring and evaluating the thermal resistance of building construction Energy Build, 40 (2008), pp. 2076 - 2082, 10.1016/j.enbuild.2008.05.012

<sup>72</sup> Διπλωματική εργασία «Ηλιακή θέρμανση κτηρίων με χρήση μείγματος συμβατικών δομικών υλικών και υλικών αλλαγής φάσης (PCM) στους εσωτερικούς τοίχους», Καλλινίκου Ζαφειρία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα 2011.



Εικόνα 4.11:Τοίχος θερμικής μάζας με διαφανή θερμομόνωση Πηγή:  
<https://docplayer.gr/3864079-Vioklimatikos-shediasmos-pathitika-systimata.html>

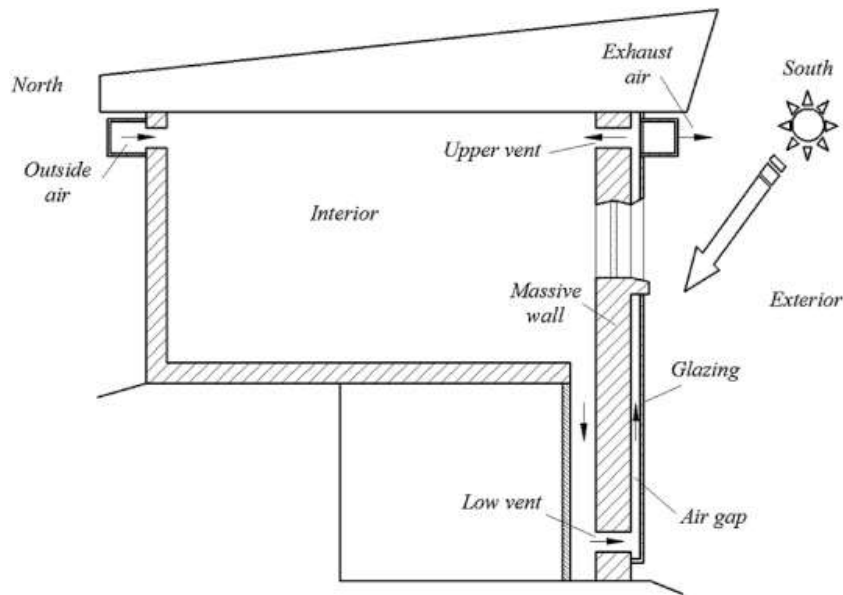
#### 4.6 ΤΟΙΧΟΣ TROMBE-MICHEL

Ο τοίχος Trombe αποτελεί το πιο γνωστό παθητικό σύστημα θέρμανσης.<sup>73</sup> Η ιστορία της κατασκευής του τοίχου Trombe χρονολογείται από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Ο Edward Morse, το 1881, εξέφρασε και εξερεύνησε την ιδέα του για τη χρήση της ηλιακής ενέργειας στο μηχανολογικό σύστημα του κτηρίου. Έτσι δημιούργησε και κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τη συσκευή του για τη θέρμανση ενός δωματίου.<sup>74</sup> Το 1946 ο Arthur Brown ανέπτυξε το έργο του για ένα χαμηλό κτήριο όπου όλοι οι χώροι διαβίωσης ήταν περιφραγμένοι από ένα διάδρομο από τη νότια πλευρά του κτηρίου με τη μέγιστη κάλυψη σε τζάμι.<sup>75</sup> Στο διάδρομο, όλοι οι τοίχοι και το δάπεδο βάφτηκαν μαύροι γεγονός που συνέβαλε στη συσσώρευση της θερμικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία, ακόμη και για θέρμανση τη νύχτα. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας από τους Edward Morse και Arthur Brown, το 1967, ο Felix Trombe και ο Jacques Michel, σχεδίασαν μια πολυκατοικία χαμηλού ύψους, όπου χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το κατοχυρωμένο με έγκριση παθητικό ηλιακό τους σύστημα. Αυτό το σύστημα είναι πλέον ευρέως γνωστό ως ο κλασικός τοίχος Trombe.

<sup>73</sup> S. Dan, C. Jing, Z. Zhao Energy and exergy analysis of different Trombe walls Energy Build, 126 (2016), pp. 517-523.

<sup>74</sup> A. Denzer The solar house: pioneering sustainable design Arts, 3 (2013), pp. 303-306.

<sup>75</sup> A. Denzer, P. Novikova-Kinney, T. Arthur Brown: Pioneer of passive solar architecture American Solar Energy Society (2010), pp. 1-7.



Εικόνα 4.12:Ο κλασικός τοίχος Trombe από τους 2 Γάλλους αρχιτέκτονες,Felix Trombe και Jacques Michel το 1967[16].

Ο κλασικός τοίχος Trombe ουσιαστικά ορίζεται ως ένας σκουρόχρωμος τοίχος νότια προσανατολισμένος με μεγάλη θερμική μάζα και υαλοπίνακες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φέρων τοίχος από τούβλα ή σκυρόδεμα αλλά και ως ανεξάρτητος με δοχεία νερού ή κάποιο άλλο νερό. Η βασική αρχή λειτουργίας αυτού του τοίχου είναι η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας με τη θέρμανση αυτού. Σήμερα υπάρχουν 9 διαφορετικοί τύποι τοίχων Trombe.<sup>76</sup> Είναι ο τροποποιημένος τοίχος Trombe, ο σύνθετος τοίχος Trombe, Ο φωτοβολταϊκός τοίχος Trombe, ο τοίχος Trombe με υλικά αλλαγής φάσης (PCM), ο ζικ-ζακ τοίχος Trombe, ο ηλιακός τοίχος νερού, ο ηλιακός trans- τοίχος, ο ηλιακός υβριδικός τοίχος και ο ρευστοποιημένος τοίχος Trombe.

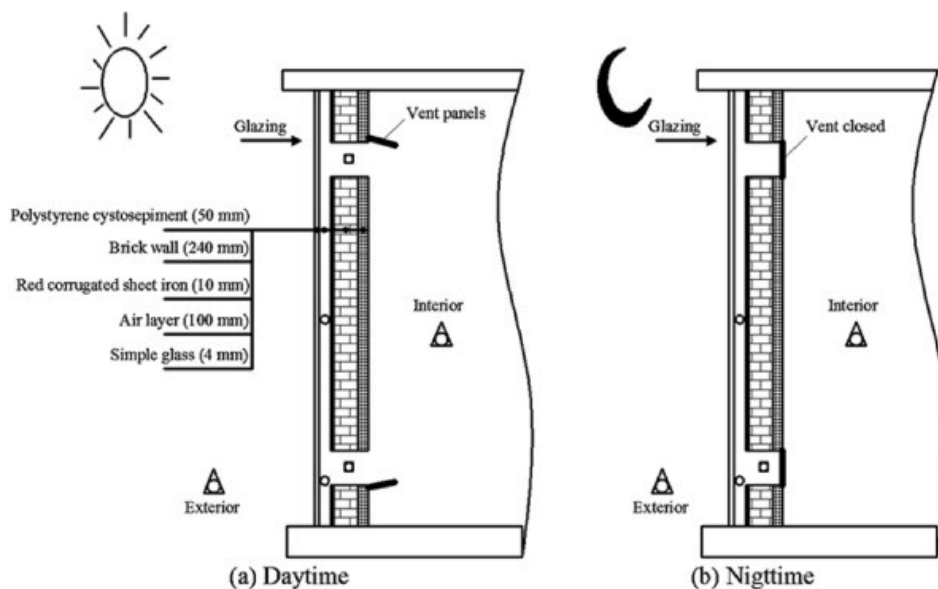
### 1. Ο Τροποποιημένος τοίχος Trombe-A modified trombe wall

Αρχικά, για την βέλτιστη θερμική απόδοση του κλασσικού τοίχου Trombe, ανακαλύφθηκαν διάφορες σχεδιαστικές λύσεις τοίχων. Μεταξύ αυτών είναι και οι αυτόματοι αεραγωγοί, οι ανεμιστήρες, οι περσίδες αερισμού και οι προστατευτικές μονωτικές επιστρώσεις. Αυτή η υποκατηγορία ονομάστηκε τροποποιημένος τοίχος Trombe. Η αρχή λειτουργίας του δεν διαφέρει από το κλασσικό τοίχο Trombe. Ο τεράστιος τοίχος οφείλει να παρέχει μεγάλη θερμική μάζα όπως είναι το τούβλο, το σκυρόδεμα ή η φυσική πέτρα.<sup>77</sup> Το κύριο πρόβλημα είναι ότι το χειμώνα υπάρχουν θερμικές απώλειες. Έτσι, για τον έλεγχο των απωλειών

<sup>76</sup> O. Saadatian, K. Sopian, C. Lim, N. Asim, M. Sulaiman Trombe walls: a review of opportunities and challenges in research and development *Renew Sustain Energy Rev*, 16 (2012), pp. 6340-6351.

<sup>77</sup> Y. Liu, D. Wang, C. Ma, J. Liu A numerical and experimental analysis of the air vent management and heat storage characteristics of a Trombe Wall ,*Sol Energy*, 91 (2013), pp. 1-10.

εφαρμόστηκαν περσίδες αερισμού.<sup>78</sup> Ένα απορροφητικό υλικό επικαλύπτει τη μία πλευρά των περσίδων και η άλλη πλευρά καλύπτεται με ανακλαστικό υλικό. Με αυτό το τρόπο η μία πλευρά απορροφά την εξερχόμενη θερμότητα θερμαίνοντας έτσι τον αέρα που διέρχεται ενώ η άλλη πλευρά το καλοκαίρι αντανακλά τη προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία έτσι ώστε να μειωθεί η υπερθέρμανση του δωματίου.<sup>79</sup> Οι δύσκολες πάραυτα κλιματολογικές συνθήκες δεν καθιστούν δυνατή τη χρήση του τροποποιημένου τοίχου Trombe.



Εικόνα 4.13: Τροποποιημένος τοίχος Trombe [21]

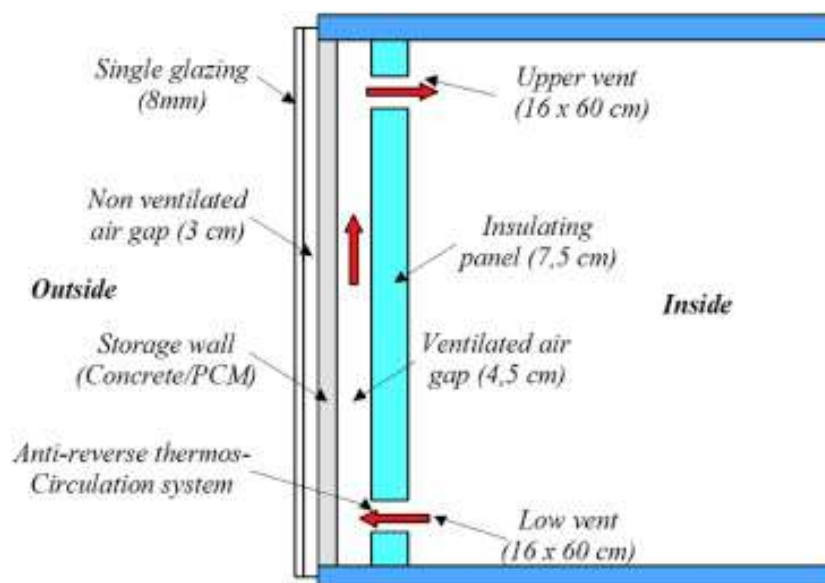
## 2. Σύνθετος τοίχος Trombe- A composite Trombe wall.

Αυτός ο τοίχος αποτελείται από υαλοπίνακα, κενό αέρος, ένα τεράστιο τοίχο χωρίς αεραγωγούς και ένα τοίχο θερμομονωτικό με αγωγούς αερισμού<sup>80</sup>.

<sup>78</sup> J. Khedari, C. Lertsatitthanakorn, N. Pratinthong, J. Hirunlabh, The modified Trombe wall: a simple ventilation means and an efficient insulating material, *Int J Ambient Energy*, 19 (1998), pp. 104-110.

<sup>79</sup> H. Zhongting, L. Bingqing, H. Wei Experimental investigation of a novel Trombe wall with Venetian blind structure *Energy Procedia*, 70 (2015), pp. 691-698

<sup>80</sup> L. Zalewski, M. Chantant, S. Lassue, B. Duthoit Experimental thermal study of a solar wall of composite type *Energy Build*, 25 (1997), pp. 7-18.



Εικόνα4.14: Ένας σύνθετος τοίχος Trombe <sup>83</sup>.

Ο συγκεκριμένος τοίχος ενδείκνυται για την αντιμετώπιση της απώλειας θερμότητας τη νύχτα μέσω ενός τεράστιου τοίχου στο ενδιαμέσο.<sup>81</sup> Κατά τη σύγκριση του κλασσικού τοίχου Trombe με το σύνθετο παρατηρείται<sup>82</sup>ότι, σε λιακάδα χωρίς σύννεφα η ροή θερμότητας στο κλασσικό τοίχο Trombe είναι αρκετές τάξεις μεγέθους υψηλότερη απ' ότι του σύνθετου τοίχου. Παρ'όλ'αυτά όταν ο καιρός είναι μουντός και σκοτεινός μειώνεται σημαντικά η απόδοση του κλασσικού τοίχου Trombe ενώ ο σύνθετος τοίχος Trombe μέσω του μονωτικού τοίχου μειώνονται σημαντικά οι απώλειες θερμότητας. Κάποια από τα προβλήματα του σύνθετου τοίχου Trombe είναι η αντίστροφη θερμική κυκλοφορία<sup>83</sup> αλλά και η διαφορά θερμοκρασίας ειδικά σε δύσκολες κλιματολογικά συνθήκες. Ως αντίκτυπο αυτής της διαφοράς θερμοκρασίας είναι ο σχηματισμός υγρασίας στο τοίχο. Εντούτοις, σύμφωνα με έρευνες<sup>84</sup>εάν επιμεληθεί σωστά η κατασκευή του έργου και αν επιλυθούν τα κύρια ζητήματα ο σύνθετος τοίχος Trombe αποτελεί μια αρκετά αποτελεσματική λύση και σε δύσκολες κλιματικές συνθήκες.

<sup>81</sup> Z. Zrikem, E. Bilgen Theoretical study of a composite Trombe-Michel Wall solar collector system Sol Energy, 39 (1987), pp. 409-419.

<sup>82</sup> J. Shen, S. Lassue, L. Zalewski, D. Huang Numerical study on thermal behavior of classical or composite Trombe solar walls Energy Build, 39 (2007), pp. 962-974.

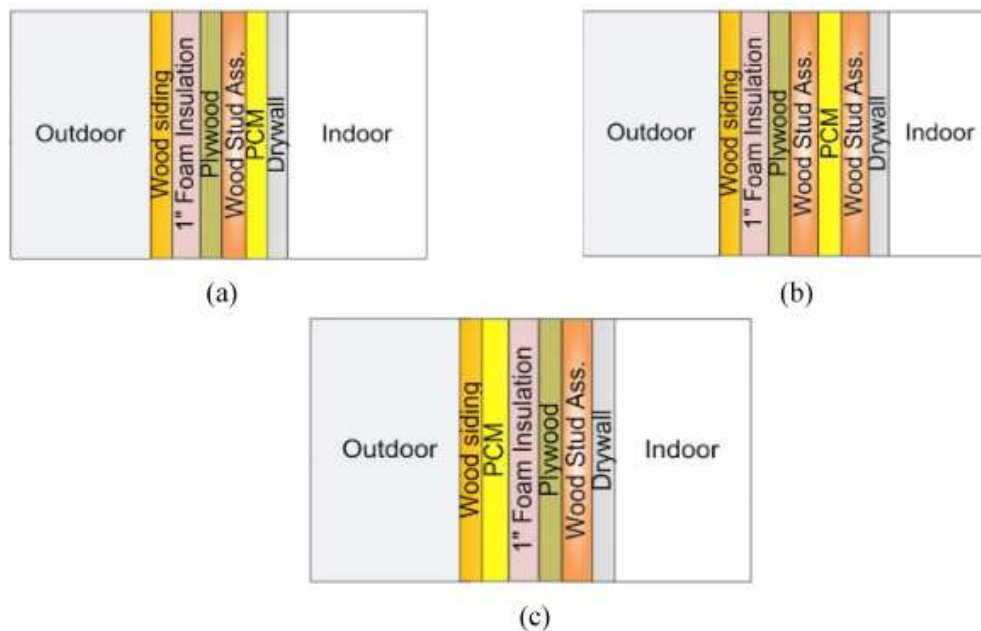
<sup>83</sup> Z. Hu, W. He, J. Ji, S. Zhang A review on the application of Trombe wall system in buildings Renew Sustain Energy Rev, 70 (2017), pp. 976-987

<sup>84</sup> L. Zalewski, A. Joulin, S. Lassue, Y. Dutil, D. Rousse Experimental study of small-scale solar wall integrating phase change material Sol Energy, 86 (2012), pp. 208-219.



### 3. Τοίχος Trombe με υλικά αλλαγής φάσης- Trombe wall with PCM materials.

Όπως προδίδει και το όνομα αυτού του τοίχου, πρόκειται για έναν τοίχο Trombe που εισάγει στη σχεδίαση υλικά με αλλαγής φάσης – PCM materials ( Phase Change Materials). Τα υλικά αυτά επιτρέπουν τη συσσώρευση και την εκπομπή μεγάλης ποσότητας θερμικής ενέργειας<sup>85</sup> όταν αλλάξει η κατάσταση τους καθώς περιλαμβάνουν υψηλή συγγώνευση θερμότητας. Τα υλικά αυτά τα συναντούμε κυρίως στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου ωστόσο μπορούν να τοποθετηθούν και μέσα στην επιφάνεια του τοίχου.<sup>86</sup>



Εικόνα4.15:Θέση των PCM (Υλικών αλλαγής φάσης) σε τοίχο Trombe. α)Στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου πίσω ακριβώς από τη γυψοσανίδα β) στη μέση του διπλού ξύλινου τοίχους γ) Ανάμεσα στην εξωτερική επένδυση με ξύλο και τη μόνωση με αφρό.

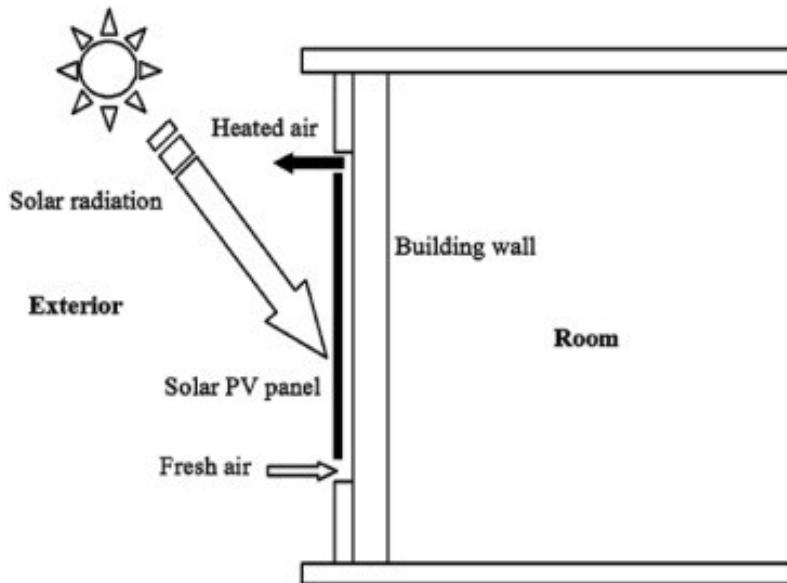
Υπάρχουν δύο τύποι PCM τα οργανικά και τα ανόργανα υλικά.<sup>85</sup> Στα ανόργανα υλικά περιλαμβάνονται τα ένυδρα άλατα και τα παράγωγα τους (όπως παραδείγματος χάριν ο θειικός χαλκός II). Αυτά τα υλικά παρόλο που έχουν εξαιρετικά υψηλό δείκτη θερμότητας και χαμηλό κόστος διαβρώνονται εύκολα με το κρύο.<sup>86</sup> Τα οργανικά υλικά περιλαμβάνουν παραφίνη και λιπαρά οξέα. Αυτά τα υλικά είναι θερμικά σταθερά χωρίς να υπάρχει διάβρωση και υπερψύξη όμως, είναι πολύ εύφλεκτα και έχουν χαμηλή θερμική αγωγιμότητα.<sup>85</sup> Ο τοίχος Trombe με υλικά αλλαγής φάσης ενδείκνυται για περιοχές με δύσκολες κλιματολογικές συνθήκες ωστόσο απαιτείται μια πολύ προσεκτική προσέγγιση.

<sup>85</sup> F. Demirbas Thermal energy storage and phase change materials: an overview Energy Sources, B1 (2006), pp. 85-95.

<sup>86</sup> M. Pomianowska, P. Heiselberga, Y. Zhang Review of thermal energy storage technologies based on PCM application in buildings Energy Build, 67 (2013), pp. 56-69.

#### 4. Φωτοβολταϊκός τοίχος Trombe - A photovoltaic trombe wall

Αυτός ο τοίχος Trombe περιλαμβάνει φωτοβολταϊκά συστήματα τοποθετημένα στο κενό αέρα ανάμεσα στο τοίχο και τον υαλοπίνακα ή πάνω στο τοίχο. Ο συγκεκριμένος σχεδιασμός επιτρέπει τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρισμό αλλά και σε θερμική ενέργεια.<sup>87</sup>



Εικόνα 4.16: Φωτοβολταϊκός τοίχος Trombe [44].

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του A. Ghazali 2016 etc.<sup>88</sup> ο φωτοβολταϊκός τοίχος δεν είναι κατάλληλος για χρήση σε δύσκολες κλιματικές συνθήκες.

#### 5. Ηλιακός τοίχος με νερό - A solar water trombe wall

Ο ηλιακός τοίχος νερού λειτουργεί με την ίδια φιλοσοφία του κλασσικού τοίχου Trombe.<sup>89</sup> Ο τοίχος αυτός χρησιμοποιεί δεξαμενές νερού για τη συσσώρευση της ηλιακής ενέργειας. Αυτή η επιλογή οφείλεται στο ότι η ειδική θερμότητα του νερού είναι αρκετές φορές υψηλότερη από τις τιμές του πυρίμαχου τούβλου ή του οπλισμένου σκυροδέματος<sup>90</sup>:  $4.186 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

<sup>87</sup> A. Ghazali, E. Salleh, L. Chin, K. Sopian, S. Mat Photovoltaic façade in Malaysia: the development and current issue Eng Technol, 13 (8) (2016), pp. 652-663.

<sup>88</sup> T. Chow, J. Hand, P. Strachan Building-integrated photovoltaic and thermal applications in a subtropical hotel building Appl Therm Eng, 23 (2003), pp. 2035-2049.

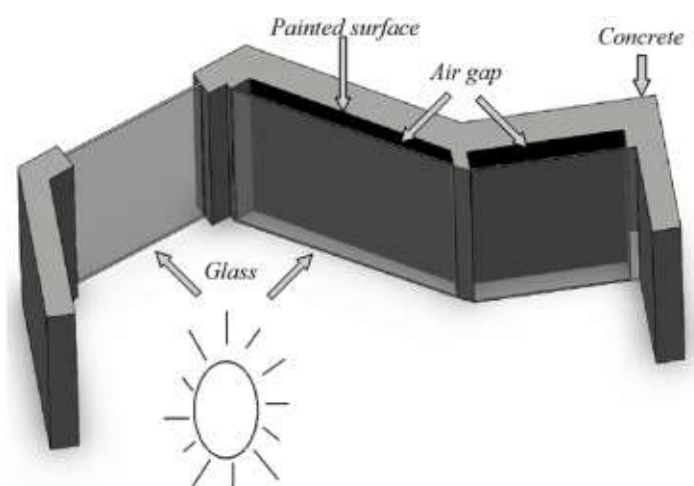
<sup>89</sup> D. Bainbridge Water wall solar design manual (2005).

<sup>90</sup> D. Lide CRC handbook of chemistry and physics (90th Edition), Taylor & Francis (2009).

έναντι 0,840–0,880 kJ/(kg\*K). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα έρευνας,<sup>91</sup> αυτός ο σχεδιασμός είναι περίπλοκος και όχι πολύ χρήσιμος. Ενώ το νερό μεταφέρει αποτελεσματικά τη θερμότητα κατά τη διάρκεια της νύχτας αυξάνονται οι θερμικές απώλειες. Σε δύσκολες ειδικά κλιματολογικές συνθήκες η θερμοκρασία του νερού μπορεί να πλησιάσει τους 0 °C. Επομένως, το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, την ημέρα, καταναλώνεται στο λιώσιμο του πάγου στις δεξαμενές νερού. Τέλος, ένας ηλιακός τοίχος νερού μπορεί να καταλάβει ευμέγεθες χώρο σε ένα θερμαινόμενο δωμάτιο χωρίς την δυνατότητα κάποιου ανοίγματος παραθύρου.

#### 6. Ζικ-Ζακ τοίχος Trombe- A zigzag trombe wall

Ο τοίχος ζικ-ζακ αποτελεί μια ιδανική λύση για τη μέγιστη χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας συσσωρεύοντας θερμική ενέργεια στο τοίχο και τη παροχή επαρκούς ποσότητας φωτός την ημέρα.<sup>92</sup>



Εικόνα 4.17: Ζικ-Ζακ τοίχος Trombe [54].

Για την επαρκή θέρμανση των δωματίων, όλα τα ανοίγματα των παραθύρων της νότιας πρόσοψης ήταν στραμμένα προς την νοτιοανατολική ζώνη και ο θερμικός τοίχος προσανατολίζεται νοτιοδυτικά με σκοπό να ληφθεί η μέγιστη ποσότητα ηλιακής ενέργειας έως και το τέλος της ημέρας.<sup>93</sup> Το μειονέκτημα σε αυτή τη περίπτωση σύμφωνα με την

<sup>91</sup> Simmons H. Olin's construction: principles, materials, and methods. John Wiley and Sons; 2011.

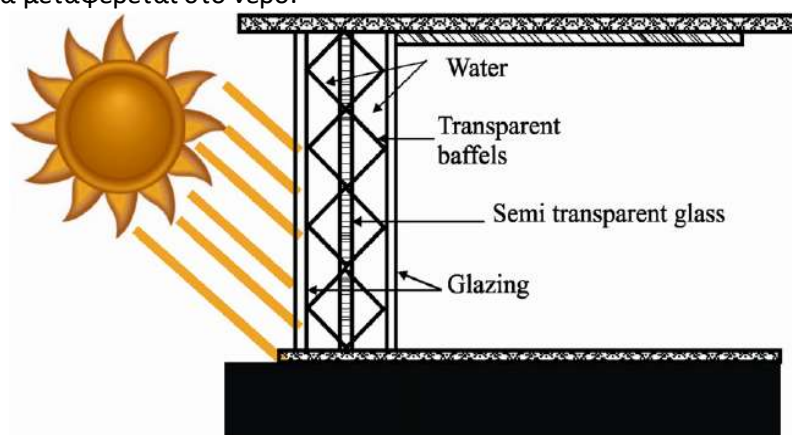
<sup>92</sup> N.R.E.L. Building A better Trombe wall National Renewable Energy Laboratory (2005), pp. 1-3

<sup>93</sup> O. Saadatian, L. Chin, K. Sopian, E. Salleh, N. Ludin Solar walls: the neglected components of passive designs Advanced in Environment, Biotechnology and Biomedicine (2012), pp. 120-126

αναφορά<sup>94</sup>, είναι η απώλεια θερμότητας έως και 12-15% λόγω της παρουσίας τραχύτητας στη πρόσοψη, τις έντονες προεξοχές και άλλων παρόμοιων χωροταξικών λειτουργιών. Με τη λογική ότι ο τοίχος Trombe αποτελεί μια πρόσθετη πηγή θερμότητας, η απώλεια 12-15% σε δυσμενής κλιματολογικά συνθήκες η προσφορά του είναι μηδαμινή.

#### 7. Ηλιακός διάφανος τοίχος Trombe - A solar trans-wall

Ο ηλιακός διάφανος τοίχος είναι παρόμοιος με το τοίχο νερού Trombe. Αποτελείται από διαφανείς γυάλινες επιφάνειες σε μεταλλικό σκελετό. Με τους διάφανους υαλοπίνακες σχηματίζεται ένα αεροστεγώς δοχείο με νερό. Ανάμεσα σε αυτό το δοχείο, υπάρχει μια πλάκα απορρόφησης. Η προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια θερμαίνει αυτή τη πλάκα και ύστερα η θερμότητα μεταφέρεται στο νερό.<sup>95</sup>



Εικόνα 4.18: Ηλιακός διάφανος τοίχος. Πηγή: [https://www.researchgate.net/figure/Solar-ceramic-evaporative-cooling-wall-55\\_fig8\\_257548238](https://www.researchgate.net/figure/Solar-ceramic-evaporative-cooling-wall-55_fig8_257548238)

Ωστόσο, αυτός ο σχεδιασμός έχει μεγάλο αριθμό μειονεκτημάτων. Λόγω της ανταλλαγής θερμότητας υπάρχει χαμηλή θερμική απόδοση. Ακόμη, σύμφωνα με την αναφορά<sup>76</sup>, μπορεί να εμφανιστούν μικροοργανισμοί μέσα στο δοχείο με το νερό, το οποίο επηρεάζει τη διαπερατότητα των γυάλινων επιφανειών. Επιπλέον, έχει το ίδιο μειονέκτημα με τον ηλιακό τοίχο νερού ως προς τη θερμική προστασία έχοντας ως αποτέλεσμα τη μη αποδοτική λύση σε ψυχρές περιοχές.

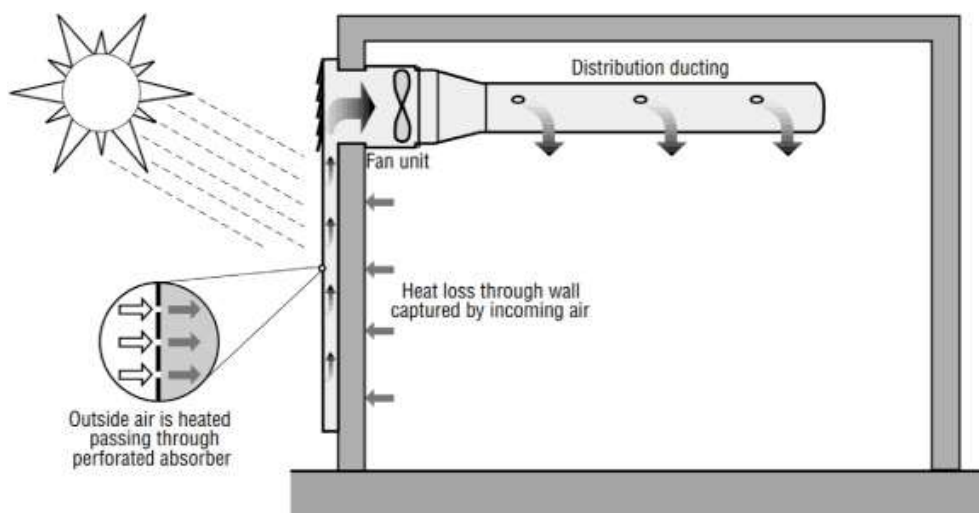
#### 8. Ηλιακός υβριδικός τοίχος (Θερμοσιφωνικό Πανέλο)-A solar hybrid wall(solar-trans-wall)

Η ιδέα του ηλιακού διάφανου τοίχου είναι μια αποτελεσματική λύση για θέρμανση το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι<sup>83</sup>. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι κάθε τύπος τοίχου Trombe αντιμετωπίζει αντιξοότητα τους καλοκαιρινούς μήνες με τη μαζική

<sup>94</sup> A. Bushov Space-planning solution and its impact on the energy efficiency and microclimate of the Academia building Architect Constr (2010), pp. 251-252

<sup>95</sup> J. Nayak Transwall versus Trombe wall: relative performance studies Energy Convers Manag, 4 (1987), pp. 389-393

υπερθέρμανση.<sup>77</sup> Γι' αυτό το λόγω ενδείκνυται η χρήση σκίαστρων στη νότια πρόσοψη του κτηρίου. Σύμφωνα με το DOE national laboratory,<sup>96</sup> το κύριο χαρακτηριστικό του ηλιακού υβριδικού τοίχου είναι ότι το χειμώνα η ακτινοβολία θερμαίνει το κυματοειδές μεταλλικό φύλλο πάχους 0.8mm. Ο εξωτερικός αέρας θερμαίνεται καθώς διαπερνάει από το διάτρητο μεταλλικό φύλλο. Ύστερα ο θερμαινόμενος αέρας μέσω του καναλιού οδηγείται στο εσωτερικό του κτηρίου.



Εικόνα 4.19: Ηλιακός υβριδικός τοίχος [58].

Ένας τοίχος Trombe σύμφωνα με το DOE national laboratory αναπτύχθηκε με κεραμικό εξατμιστικό ψυκτικό τοίχωμα με σκοπό την αξιοποίηση του τοίχου Trombe το καλοκαίρι. Σε αυτή τη περίπτωση το νερό ψύχει τον αέρα στο διάκενο.<sup>76</sup> Έτσι οι πορώδεις κεραμικές πλάκες απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της υγρασίας, η οποία προκαλεί ψύξη με την εξάτμιση του νερού.

Μια παρόμοια φιλοσοφία αποτελεί και το θερμοσιφωνικό πανέλο. Κύρια διαφορά του από το κλασικό τοίχο Trombe είναι η απουσία θερμικής μάζας. Η αρχή λειτουργίας του θερμοσιφωνικού πανέλου έχει ως εξής: Στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου προς το διάκενο υπάρχει μια μεταλλική απορροφητική πλάκα. Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στον υαλοπίνακα μετατρέπεται σε θερμική και διέρχεται στο εσωτερικό χώρο μέσω θυρίδων ή αγωγών ενσωματωμένων στο ταβάνι των εσωτερικών χώρων.

<sup>96</sup> National Renewable Energy Laboratory Transpired collectors (solar preheaters for outdoor ventilation air) a DOE national laboratory (1998), pp. 1-24

## 9. Ρευστοποιημένος τοίχος Trombe - A fluidized Trombe wall

Το κύριο χαρακτηριστικό του ρευστοποιημένου τοίχου Trombe είναι η χρήση ενός υψηλού απορροφητικού υγρού αλλά χαμηλής πυκνότητας στο διάκενο αέρα.<sup>97</sup> Η διαδικασία θέρμανσης είναι η εξής: Ο ανεμιστήρας διοχετεύει αέρα από το δωμάτιο προς το διάκενο αέρα, όπου και βρίσκεται το απορροφητικό υγρό. Ο αέρας θερμαίνεται και επιστρέφει εκ νέου στο δωμάτιο. Η αρχή λειτουργίας αυτής της διαδικασίας βασίζεται στη ρευστοποίηση. Σύμφωνα με P. Rusheljuk,<sup>98</sup> η θερμική απόδοση του ρευστοποιημένου τοίχου Trombe είναι υψηλότερη από αυτή του κλασσικού τοίχου Trombe. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το απορροφητικό υγρό αλληλοεπιδρά άμεσα με τον αέρα. Ο τοίχος αυτός αποτελεί ένα εξελιγμένο σχέδιο τόσο για εφαρμογή όσο και για συντήρηση σε συνθήκες ψυχρού κλίματος. Υπάρχουν διάφοροι παράμετροι που οφείλουν να διερευνηθούν όπως η συμπεριφορά του υλικού σε σημαντικές διαφορές θερμοκρασίας καθώς και η διάρκεια ζωής του.

### **ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΚΑΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΥΤΗΣ ΜΕ ΤΟΙΧΟ TROMBE**

Η ηλιακή καμινάδα αποτελεί μια από τις διαδεδομένες συσκευές φυσικού αερισμού του εσωτερικού χώρου, εξαερισμού και ψύξης.<sup>99</sup> Η ηλιακή καμινάδα τοποθετείται στη νοτιοδυτική γωνία του κτηρίου. Η ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνει τον εσωτερικό αέρα έχοντας ως αποτέλεσμα να εισέρχεται και να εξέρχεται του χώρου. Με αυτό το τρόπο δημιουργείται υποπίεση στο κτήριο και εισέρχεται φρέσκος αέρας. Οι διαστάσεις της καμινάδας όπως το ύψος, το πλάτος και οι διαστάσεις του αεραγωγού έχουν σημαντική επίδραση στην απόδοση της. Η ηλιακή ψύξη αποτελεί μια από τις πιο αποδοτικές μεθόδους για τη μείωση κόστους έναντι των μηχανικών συστημάτων ψύξης όπως σε ζεστές και ξηρές πόλεις όπως το Ιράν (εικόνα4.20)

---

<sup>97</sup> M. Tunç, M. Uysal Passive solar heating of buildings using a fluidized bed plus Trombe wall system Appl Energy, 38 (3) (1991), pp. 199-213

<sup>98</sup> P. Rusheljuk Heat transfer in circulating fluidized bed Doctoral school of energy and geotechnology (2006), pp. 167-174.

<sup>99</sup> M. Rabani, V. Kalantar, Ali A. Dehghan, Ahmadreza K. Faghih Empirical investigation of the cooling performance of a new designed Trombe wall in combination with solar chimney and water spraying system Energy and Buildings Volume 102, 1 September 2015, Pages 45-57.



Εικόνα 4.20: Φυσική ψύξη και αερισμός με τη χρήση πύργου ανέμου. Γιάζντ, Ιράν [99].

Μία πανταχού παρούσα μέθοδος μαζί με τα συστήματα φυσικού δροσισμού είναι ο συνδυασμός συστήματος ψεκασμού νερού (Water Spraying System-WSS).<sup>100</sup>

Το συνδυασμό τοίχου trombe και ηλιακής καμινάδας επιχείρησαν να δημιουργήσουν οι Mehran Rabani, Vali Kalantar, Ali A. Dehghan, Ahmadreza K. Faghih. με σκοπό να δημιουργήσουν άνετες συνθήκες τη καλοκαιρινή περίοδο. Συνδυάζοντας τα ελαττώματα του τοίχου Trombe και της ηλιακής καμινάδας, οι ερευνητές, επιχείρησαν την εξάλειψη αυτών. Το μειονέκτημα του τοίχου Trombe είναι η μη αποδοτική του χρήση τους θερινούς μήνες και της ηλιακής καμινάδας η αδυναμία να δημιουργηθεί ροή αέρα τις νυχτερινές ώρες (χωρίς ηλιόλουστες περιόδους). Με τη νέα σχεδίαση του τοίχου Trombe λαμβάνεται περισσότερη θερμική ροή από τον απορροφητή που έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του καναλιού και του ρυθμού ροής της μάζας του. Τις απογευματινές ώρες που δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία, ο τοίχος Trombe αναλαμβάνει το ρόλο της δημιουργίας αέρα μέσω της αποθηκευμένης θερμότητας που κατέχει. Επιπλέον, για τη μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα και την αύξηση της υγρασίας έχει τοποθετηθεί στη κατασκευή WSS στις θύρες του εισερχόμενου αέρα.

---

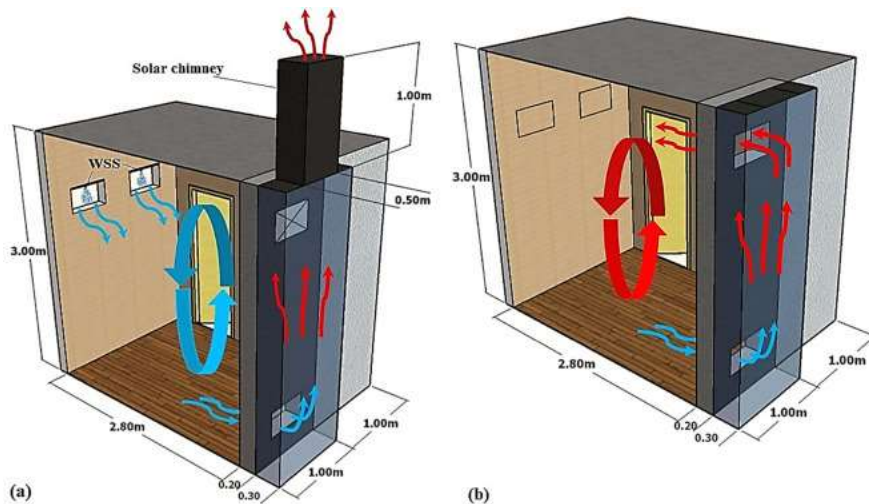
<sup>100</sup> R. Belarbi, C. Ghiaus, F. Allard Modeling of water spray evaporation: application to passive cooling of buildings Sol. Energy, 80 (2006), pp. 1540-1552.





Εικόνα 4.21:α) Συνδυασμός τοίχου Trombe και ηλιακής καμινάδας. β) Το σύστημα ψεκάσμού νερού-WSS στο πίσω μέρος του δωματίου. <sup>99</sup>

Για την εφαρμογή ψύξης του παθητικού ηλιακού συστήματος η άνω θυρίδα εξαερισμού του τοίχου Trombe έχει κλείσει και μια καμινάδα έχει τοποθετηθεί πάνω από το κανάλι του τοίχου Trombe (Εικόνα 4.21α). Επιπλέον, τα δύο παράθυρα στο πίσω μέρος του δωματίου έχουν εξοπλιστεί με το σύστημα WSS ( Εικόνα 4.21β). Μέσω του υαλοπίνακα απορροφάται ηλιακή ακτινοβολία η οποία προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση της πυκνότητας του αέρα. Η τοποθέτηση όμως του συστήματος ψεκάσμού νερού στα παράθυρα αυξάνει τη πυκνότητα του αέρα. Η διαφορά αυτής της πυκνότητας μεταξύ της ζώνης χαμηλής θερμοκρασίας μέσα στο δωμάτιο και της ζώνης υψηλής θερμοκρασίας στο κανάλι του τοίχου Trombe προκαλεί αύξηση των δυνάμεων άνωσης και με αυτό το τρόπο επιτυγχάνεται η κίνηση του αέρα μέσα στο δωμάτιο (Εικόνα 4.21α). Στην εφαρμογή της θέρμανσης η ηλιακή καμινάδα και το σύστημα WSS αφαιρούνται με τη ροή του αέρα να πραγματοποιείται όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο του τοίχου Trombe.



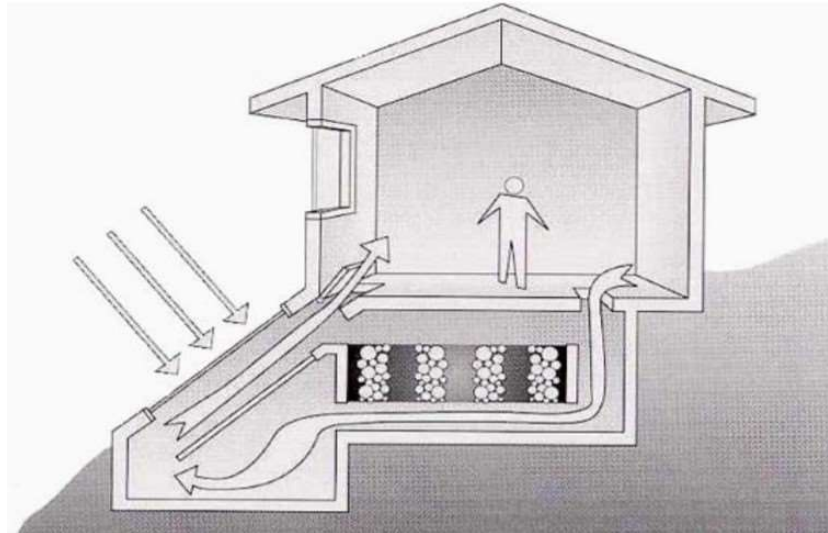
Εικόνα 4.22: Σχηματική απεικόνιση της ροής αέρα με απόδοση α) ψύξης και β) θέρμανσης. [99]

#### 4.7 ROCK BED – ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΙΣΜΟΣ

Η μέθοδος rock bed βασίζεται στη μεθοδολογία του ηλιακού θερμοκηπίου και διοχετεύει θερμό αέρα στο εσωτερικό χώρο δια μέσου μιας υποδαπέδιας αποθήκης θερμότητας.<sup>101</sup> Ουσιαστικά πρόκειται για μια στρώση σκύρων στο έδαφος σε ένα ρηχό λάκκο που έχει ανασκαφεί πάνω από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, εφόσον το κτήριο βρίσκεται στο έδαφος. Αυτά τα σκύρα και οι πέτρες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, λειτουργούν ως αποθήκες ενέργειας. Μία σκουρόχρωμη απορροφητική επιφάνεια καλυμμένη με υαλοπίνακα, που συνήθως τοποθετείται στη νότια πλευρά του κτηρίου, απορροφά ηλιακή ακτινοβολία η οποία διοχετεύεται ως θερμός αέρας στο θερμοκήπιο. Τα κενά ανάμεσα στα σκύρα ή τις πέτρες επιτρέπουν αυτή τη διέλευση του αέρα αλλά και την αποθήκευση της θερμότητας ώστε το σύστημα να λειτουργεί και τη νύχτα. Μέσω λοιπόν, των ανοιγμάτων ο θερμός αέρας με εξαναγκασμένη ροή ανεβαίνει και εισέρχεται στο εσωτερικό του κτηρίου και ο ψυχρός αέρας οδηγείται ξανά στο θερμοκήπιο και στην αποθήκη θερμότητας των σκύρων και ξανά θερμαίνεται. Για την αποφυγή της υπερθέρμανσης τα ανοίγματα μπορούν να κλείσουν και η ενέργεια να αποθηκευτεί στα σκύρα.<sup>102</sup> Είναι απαραίτητο να υπάρχει καλή μόνωση του χώρου ανάμεσα στα σκύρα και το έδαφος ώστε η στάθμη υγρασίας του αέρα να είναι χαμηλή. Με αυτό το τρόπο επιτυγχάνεται να μην δημιουργείται στο χώρο των σκύρων υγραποίηση υδρατμών και η πρόκληση μυκήτων και δυσάρεστων οσμών.<sup>101</sup>

<sup>101</sup> Διπλωματική εργασία «Αποθήκευση ενέργειας για θέρμανση κτηρίων» Δ. Μπιλανάκος, Φ.Τουλκερίδης, ΤΕΙ Καβάλας.

<sup>102</sup> Διπλωματική εργασία «Ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενου σχολικού συγκροτήματος. Μελέτη περίπτωσης 3<sup>ου</sup> ενιαίου λυκείου Κορυδαλλού» Π.Μαυρούδη, Α.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ. Δεκέμβριος 2017.



Εικόνα 4.23: Σύστημα Rock Bed Πηγή: [www.cres.gr](http://www.cres.gr)

Το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με τη χρήση θερμοκηπίου αλλά και με τη χρήση ηλιακών αεροσυλλέκτων. Το rock bed θεωρείται ότι παρέχει χαρακτηριστικά όπως υψηλότερη θερμική αγωγιμότητα από αυτή του νερού ή των υλικών αλλαγής φάσης(PCM), ταχύτερη μετάδοση θερμότητας χαμηλό κόστος αλλά και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.<sup>103</sup><sup>104</sup>(Chandra *et al.*, 1981; Garzoli, 1989).

#### 4.8 ROOF PONDS- ΟΡΟΦΗ ΝΕΡΟΥ Ή ΗΛΙΑΚΗ ΛΙΜΝΗ

Η οροφή νερού αποτελεί μια παραλλαγή του ηλιακού τοίχου νερού με το σύστημα της θερμικής αποθήκευσης στη μάζα. Η χρήση αυτής της μεθόδου μπορεί να εφαρμοστεί για θέρμανση χώρου ή για ψύξη. Οι οροφές νερού αποτελούν εφεύρεση του Harold Hay και των συναδέλφων του στα τέλη της δεκαετίας του 1960<sup>105</sup> και έχουν πραγματοποιηθεί και δημοσιευθεί πολλές εργασίες σχετικά με την απόδοση και την χρήση διαφορετικών τύπων λιμνών οροφής. Αρχικά όσον αφορά τα διάφορα στοιχεία του κελύφους ενός κτηρίου, η οροφή πιστεύεται ότι είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία για την ανάπτυξη παθητικών συστημάτων.<sup>106</sup> Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι υπάρχουν πολλά στοιχεία που

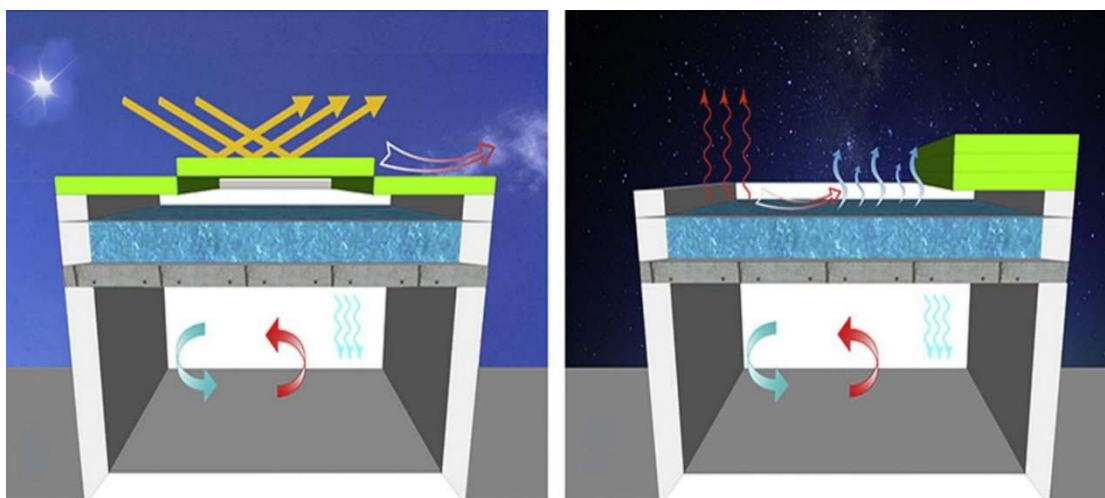
<sup>103</sup> Chandra, P., L.D. Albright and G.E. Wilson, 1981. Pressure drop of unidirectional air flow through rock beds. Transactions of the ASAE, pp: 1010-1013.

<sup>104</sup> Garzoli, K.V., 1989. Design of rock piles for greenhouse energy storage. Acta Hort., 257: 21-28.

<sup>105</sup> Ayyoob Sharifi-Yoshiki Yamagata, Roof ponds as passive heating and cooling systems: A systematic review, Applied Energy 160 (2015), ELSEVIER, p.336-357.

<sup>106</sup> R. Tang, Y. Etzion Cooling performance of roof ponds with gunny bags floating on water surface as compared with a movable insulation Renew Energy, 30 (2005), pp. 1373-1385.

φανερώνουν ότι η οροφή ενός κτηρίου αντιπροσωπεύει το 50% του θερμικού φορτίου κυρίως σε μονώροφα ή διώροφα κτήρια κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.<sup>107</sup> Η αρχή λειτουργίας των οροφών νερού περιέχει σκουρόχρωμους πλαστικούς σάκους με νερό οι οποίοι δεν επιτρέπουν τη διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας ώστε να μην εξατμίζεται το νερό. Οι σάκοι περιέχουν νερό ύψους 15-30 εκατοστών. Το δώμα ωφελεί να είναι κατασκευασμένο από μεταλλική κατασκευή με κυματοειδής λαμαρίνες ώστε μέσω της θερμικής αγωγιμότητας, να μεταδίδεται η θερμότητα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Βασική προϋπόθεση για την ομαλή λειτουργία του συστήματος είναι η τοποθέτηση κινητής μόνωσης πάνω από τις υδατοστεγείς σακούλες με νερό. Κατά τη χειμερινή περίοδο, τις πρωινές ώρες η ηλιακή οροφή νερού λειτουργεί χωρίς τη μόνωση ώστε η ηλιακή ακτινοβολία να θερμαίνει το νερό. Αντίθετα, τις βραδινές ώρες η μόνωση σφραγίζεται πάνω από τους σάκους με σκοπό η αποθηκευμένη θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία όλης της ημέρας να ακτινοβολείται προς τον εσωτερικό χώρο του σπιτιού. Με την αντίστροφη διαδικασία οι υδατοστεγείς σακούλες νερού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ψύξη του εσωτερικού χώρου το καλοκαίρι. Τους καλοκαιρινούς μήνες η μόνωση κλείνει καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας ώστε να αποφευχθεί η θέρμανση του νερού από την ηλιακή ακτινοβολία και τις βραδινές ώρες με την αφαίρεση της μόνωσης, απορροφάται η θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο και μεταδίδεται προς στον ουρανό είτε με ακτινοβολία μακρών κυμάτων είτε με φυσική συναγωγή.



Εικόνα 4.24: Οροφή νερού – Roof Pond με κινητή μόνωση. Πηγή: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626191501168X#b0095>

Έχοντας ως δεδομένο ότι η οροφή λειτουργεί ως στοιχείο ανταλλαγής θερμότητας, η ψύξη της λίμνης οροφής δεν αυξάνει το ποσοστό της υγρασίας στον εσωτερικό χώρο. Στα θετικά χαρακτηριστικά της ηλιακής οροφής νερού μπορεί να προστεθεί το γεγονός ότι σε αντίθεση

<sup>107</sup> K.C.K. Vijaykumar, P.S.S. Srinivasan, S. Dhandapani A performance of hollow clay tile (HCT) laid reinforced cement concrete (RCC) roof for tropical summer climates Energy Build, 39 (2007), pp. 886-892.

με πολλά άλλα παθητικά συστήματα ο προσανατολισμός του κτηρίου δεν επηρεάζει την απόδοση του συστήματος. Ακόμη για τη λειτουργία συστημάτων ψύξης των λιμνών οροφής υπάρχουν πολλές μελέτες και ειδικευμένες γνώσεις. Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγεται το γεγονός ότι αυτό το παθητικό σύστημα υποστηρίζεται καλύτερα στα ξηρά κλίματα για ψύξη κατά κύριο λόγο όπου η διαθεσιμότητα νερού αποτελεί σοβαρό πρόβλημα. Επιπλέον, οι οροφές νερού αυξάνουν το βάρος του κτηρίου και η πρόσβαση στη στέγη είναι αδύνατη. Τέλος, το χειμώνα η διαστρωμάτωση του νερού είναι μη αποτελεσματική καθώς το ζεστό νερό βρίσκεται στην επιφάνεια της λίμνης νερού και όχι στο πυθμένα ώστε είναι σε άμεση επαφή με την οροφή με αποτέλεσμα να υπάρχουν αυξημένες απώλειες. Από την άλλη πλευρά κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού αποδεικνύεται πλεονέκτημα διότι το ψυχρό νερό βρίσκεται στο πάτο των υδατοστεγών σακουλιών και επομένως πιο κοντά στο εσωτερικό χώρο.<sup>105</sup>

#### 4.9 ΣΚΙΑΣΗ

Όπως έχει προαναφερθεί η αναγκαιότητα μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και η αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι κρίσιμη. Για την αποτελεσματική αξιοποίηση της θερμικής και οπτικής άνεσης σε ένα κτήριο με κύριο άξονα τη κατανάλωση -όσο το δυνατόν- λιγότερης συμβατικής ενέργειας σημαντικό στοιχείο αποτελεί η ύπαρξη σκίασης. Τα συστήματα σκίασης μπορούν να είναι είτε εξωτερικά, είτε εσωτερικά, είτε να περιλαμβάνονται στα υαλοστάσια. Εκτός από την σκίαση του κτηρίου κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες για να μην υπάρχει υπερθέρμανση, τα συστήματα σκίασης προστατεύουν τους εσωτερικούς χώρους από το φαινόμενο της θάμβωσης, τη διευκόλυνση της εισροής του φυσικού φωτός όπως και την ανακατεύθυνση του για μέγιστη απόδοση.

Τα εξωτερικά συστήματα σκίασης αποτελούν μέρος της όψης των κτηρίων και εμποδίζουν τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας στο κέλυφος του κτηρίου. Η εξωτερική σκίαση αυξάνει το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας σε σχέση με τα εσωτερικά συστήματα <sup>108</sup>όπως κουρτίνες, στόρια κ.α. Τα εξωτερικά συστήματα μπορούν να αποτελούνται:

- από προβόλους και αρχιτεκτονικές προεξοχές (εικόνα 4.25), οι οποίοι αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο του κτηρίου οπότε η ηλιοπροστασία πραγματοποιείται μόνο εποχιακά. Απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός ώστε να επιτευχθεί η σωστή σκίαση αλλά και ο απαραίτητος φωτισμός στο εσωτερικό του κτηρίου.

---

<sup>108</sup> H. Alzoubi, A.H. Al-Zoubi Assessment of building façade performance in terms of daylighting and the associated energy consumption in architectural spaces: vertical and horizontal shading devices for southern exposure façades Energy Convers. Manag., 51 (2010), pp. 1592-1599.





Εικόνα 4.25: Σπίτι στο Σίδνεϋ από Marston Architects. Πηγή : @\_Archidesignhome\_

- από εξωτερικά συστήματα σκίασης ( οριζόντιες ή κάθετες περσίδες) σταθερές ή κινητές. Το υλικό κατασκευής τους μπορεί να είναι ξύλο, γυαλί, αλουμίνιο με επένδυση από φωτοβολταϊκά συστήματα, συμπαγή ή διάτρητα. Τα συστήματα κάθετης σκίασης παρέχουν φυσικό φως και ορατότητα από το εσωτερικό του κτηρίου και δεν επιτρέπουν τη διείσδυση της θερμότητας καθώς προσαρμόζονται ανάλογα με τις διακυμάνσεις του ήλιου.<sup>109</sup>



Εικόνα 4.26: Σπίτι στη Κηφισιά με κάθετη-κινητή σκίαση 1998, Kouvelas Architects.

<sup>109</sup> Διπλωματική εργασία «Αξιολόγηση διαφόρων μεθόδων σκίασης σε κτήρια διοίκησης με κριτήρια την αξιοποίηση φυσικού φωτισμού και την εξοικονόμηση ενέργειας», Α. Αναγνώστου, Σ.Πάτρα, Σεπτέμβριος 2020.

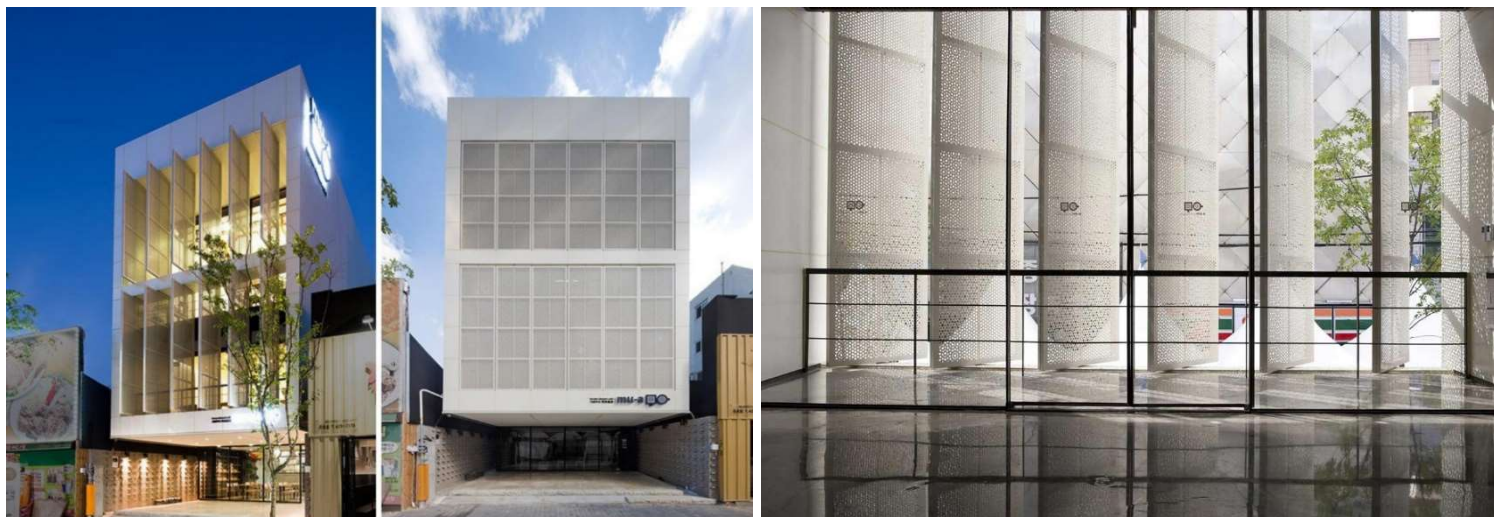


Εικόνα 4.27: Κάθετη, σταθερή σκίαση από ξύλο. Γραφεία στο Πειραιά, Αθήνα 2012 «Σκίαση σαν πανιά» από Agnes Kouvelas Architects.

Επιπλέον στην ίδια φιλοσοφία με τις οριζόντιες και κάθετες περσίδες ανήκουν και τα μεταλλικά σταθερά ή κινούμενα διάτρητα πετάσματα. Αυτό το σύστημα τοποθετείται στην όψη του κτηρίου και με αισθητήρες ρυθμίζεται η θερμική άνεση στο εσωτερικό του



κτηρίου.<sup>110</sup> Η παρακάτω εικόνα 4.28 αποτελεί σύστημα από κινούμενα διάτρητα πετάσματα σε εστιατόριο στη Κορέα χωρίς να εμποδίζεται η θέα από το εσωτερικό.



Εικόνα 4.28: Διάτρητα πετάσματα στην όψη του κτηρίου, Ktirio.gr, φωτογραφίες: Jae Yoon Kim

Ακόμη τεχνοτροπίες με σταθερά πετάσματα αντλούμε και από τα παλάτια της οθωμανικής αυτοκρατορίας όπου χρησιμοποιούνταν στα χαρέμια με σκοπό αφενός μεν το φυσικό φωτισμό και αφετέρου την ελεύθερη θέα από το εσωτερικό του παλατιού προς τα έξω και όχι αντίστροφα (εικόνα 4.29).

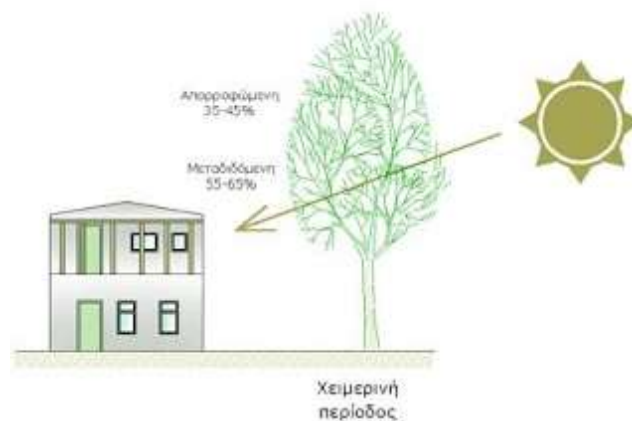
---

<sup>110</sup> 1st International Conference on Optimization-Driven Architectural Design (OPTARCH 2019)  
Bioclimatic building design theory and application Agnes Couvelas Couvelas-Kouvelas Architects,  
Dyrrachiou St.3, Athens 15669, Greece, <http://couvelas.net/>

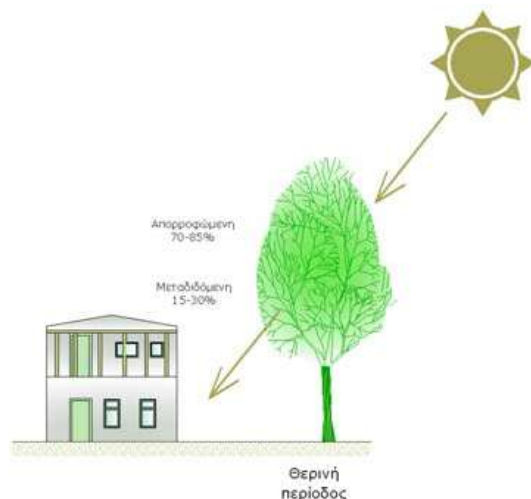


Εικόνα 4.29: "The harem", John Frederick Lewis, 1876, Birmingham Museum and Art Gallery. Πηγή: Google Arts & Culture.

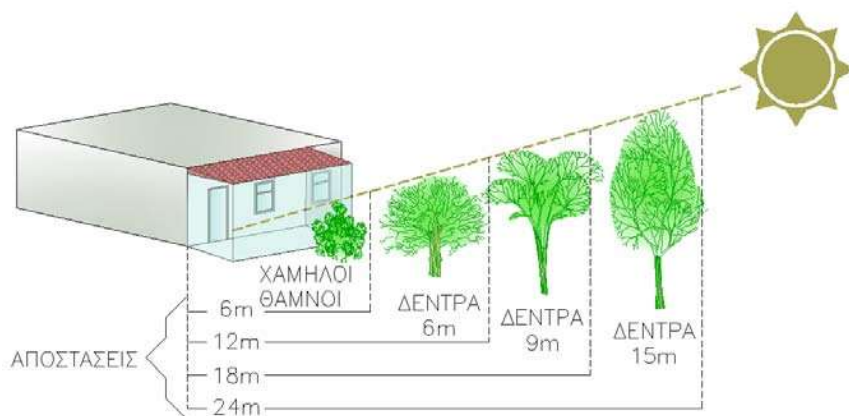
Τέλος, στα εξωτερικά συστήματα σκίασης μπορούν να συμπεριληφθούν και τα δέντρα. Ως το πιο οικολογικό στοιχείο, τα φυλλοβόλα δέντρα προσφέρουν όχι μόνο σκίαση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και ηλιασμό το χειμώνα αλλά και δροσισμό. Η τοποθέτησή τους γίνεται στη νότια πλευρά του κτηρίου, με αυτό το τρόπο προστατεύουν τους θερινούς μήνες το κτήριο από την ηλιακή ακτινοβολία ενώ δεν εμποδίζουν το χαμηλό χειμερινό ήλιο (εικόνα 4.30).



Εικόνα 4.30: Χρήση φυλλοβόλου δέντρου κατά τη χειμερινή περίοδο για ηλιασμό. Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros--mikroklima--photismos-periballon-choros---mikroklima>



Εικόνα 4.31: Ηλιοπροστασία του κτηρίου μέσω του φυλλοβόλου δέντρου. Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros--mikroklima--photismos-periballon-choros---mikroklima>

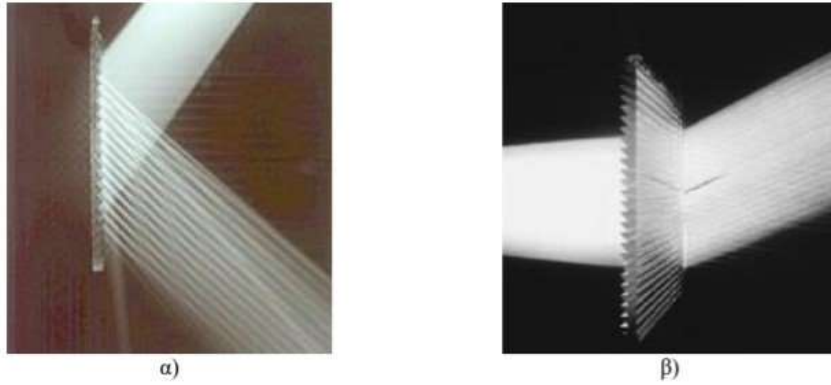


Εικόνα 4.32: Προτεινόμενα ύψη δέντων για το νότιο προσανατολισμό κτηρίου. Πηγή: <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/4-periballon-choros--mikroklima--photismos-periballon-choros---mikroklima>

Όσον αφορά τα υαλοστάσια και τα συστήματα σκίασης που περιλαμβάνονται στο εσωτερικό του κτηρίου, τα πρισματικά υαλοστάσια είναι μια μέθοδος που συνδυάζει και τη σκίαση αλλά και την αξιοποίηση στο μέγιστο του φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό του σπιτιού ιδίως τη χειμερινή περίοδο. Ο συνδυασμός αυτός επιτυγχάνεται με την ανακατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω δύο φυσικών φαινόμενο τη διάθλαση και την ολική ανάκλαση του φωτός. Η κατασκευή αυτών των πρισμάτων γίνεται από λεπτές, επίπεδες, πριονωτές διατάξεις από ακρυλικό<sup>109</sup> και μπορεί να εφαρμοσθεί είτε σε μεταλλικό φύλλο είτε σε τζάμι<sup>111</sup>. Το 1996 ο Christoffers ερεύνησε ένα πρισματικό τζάμι με τη χρήση διαθλαστικών επιφανειών και

<sup>111</sup> D. Christoffers Seasonal shading of vertical south-facades with prismatic panes, Solar Energy Volume 57, Issue 5, November 1996, Pages 339-343.

αναφέρει μείωση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας κατά 90% τον Ιούλιο και μόνο κατά 10% το χειμώνα.<sup>112</sup>



Εικόνα 4.33: Πρισματικοί υαλοπίνακες: α)Με ανάκλαση φωτός β)Με ανακατεύθυνση φωτός. Πηγή : ΙΕΑ,2000 όπ.αναφ. στο Μαρέση 2010.[109]

---

<sup>112</sup> B. Sourek, V. Jirka, V. Shemelin, T. Matuska, Experimental characterization of glazing with glass prisms, Solar Energy Volume 158, December 2017, Pages 440-447.

#### 4.10 ΦΥΤΕΥΣΗ

Τα φυτά έχουν σημαντική επίδραση στο κλίμα κάθε τόπου. Οι πράσινοι χώροι συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας μετριάζοντας τις θερμοκρασίες στις πόλεις και προσφέροντας δροσιά. Οι θερμοκρασίες στις πυκνοκατοικημένες περιοχές είναι υψηλότερες σε σχέση με αυτές των προαστίων και των αγροτικών περιοχών<sup>113 114</sup>. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται θερμική νησίδα και θεωρείται ως το πιο τεκμηριωμένο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής(Σανταμούρης,2001). Με έρευνες που έχουν διεξαχθεί τις τελευταίες δεκαετίες αποδεικνύεται ότι οι πράσινοι τοίχοι και οι πράσινες οροφές μπορούν να συμβάλλουν στην ενίσχυση και αποκατάσταση του αστικού περιβάλλοντος και στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.<sup>115</sup> Πιο αναλυτικά, σε κλίμακα πόλης οι πράσινες στέγες και οι πράσινοι τοίχοι εντάσσουν την βλάστηση στο αστικό περιβάλλον χωρίς να καταλαμβάνουν χώρο από το επίπεδο του δρόμου. Επιπλέον, τα συστήματα αυτά συντελούν στη καλύτερη ποιότητα αέρα, τη διαχείριση των όμβριων υδάτων, στην αστική βιοποικιλότητα, στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς τα δέντρα φιλτράρουν τους ρύπους και καλύπτουν το θόρυβο, αλλά δημιουργούν και ψυχική ευεξία στους κατοίκους καθώς μέσω της βλάστησης βελτιώνεται η εικόνα των πόλεων. Σε κτιριακή κλίμακα, τα συστήματα φύτευσης μπορούν να λειτουργήσουν και ως παθητικά συστήματα συμβάλλοντας στη βελτίωση του μικροκλίματος τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι αλλά και στη θερμική άνεση των κατοίκων στον εσωτερικό χώρο των κτηρίων. Το χειμώνα λειτουργούν ως μονωτικό στρώμα και το καλοκαίρι προσφέρουν σκιά αλλά και δροσισμό. Ο πράσινος τοίχος και τα φυτεμένα δώματα είναι μέθοδοι που χρησιμοποιούνταν και στην αρχαιότητα. Από τα γνωστά ιστορικά είναι οι Κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας και από κατασκευές στη Ρωμαϊκή και Ελληνική Αυτοκρατορία καθώς και το ηλιακό σπίτι του Σωκράτη όπου ήταν ευρέως γνωστή η χρήση κληματαριάς στη νότια πρόσοψη του σπιτιού. Η κληματαριά συνήθως χρησιμοποιούνταν σε

---

<sup>113</sup> D. Kolokotsa, M. Santamouris, S.C. Zerefos Green and cool roofs' urban heat island mitigation potential in European climates for office buildings under free floating conditions, Solar Energy Volume 95, September 2013, Pages 118-130.

<sup>114</sup> M. Santamouris, C. Pavlou, P. Doukas, G. Mihalakakou, A. Synnefa, A. Hatzibiros, P. Patargias Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece. Energy Volume 32, Issue 9, September 2007, Pages 1781-1788.

<sup>115</sup> Maria Manso, João Castro-Gomes, Green wall systems: A review of their characteristic, Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 41, January 2015, Pages 863-871.



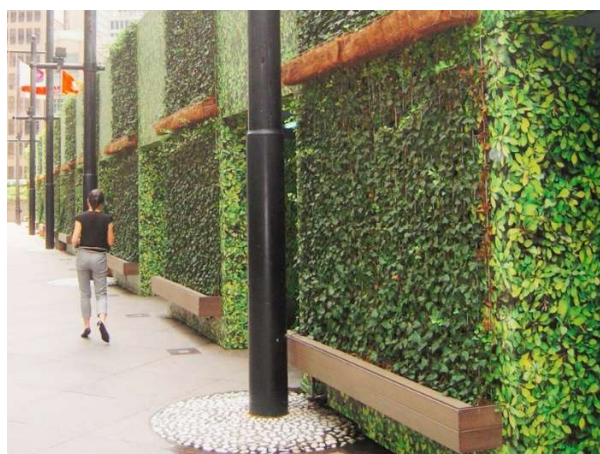
πέργκολες με σκοπό να δημιουργούν σκιά ή σε τοίχους κτηρίων ώστε να δροσίζεται το εσωτερικό κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

#### 4.11 ΠΡΑΣΙΝΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Οι πράσινοι τοίχοι μπορούν να υποδιαιρεθούν σε δύο κύρια συστήματα, τις πράσινες προσόψεις και τους ζωντανούς τοίχους.<sup>116</sup> <sup>117</sup> Οι πράσινες προσόψεις ουσιαστικά αποτελούνται από αναρριχώμενα φυτά που αναπτύσσονται πάνω στη κάθετη επιφάνεια του τοίχου. Τα φυτά μπορούν να αναπτυχθούν είτε προς τα πάνω στη κάθετη επιφάνεια, όπως και στα κλασσικά παραδείγματα, είτε από πάνω προς τα κάτω στη περίπτωση που κρεμαστούν στο ανάλογο ύψος. Ακόμη τα φυτά στις πράσινες προσόψεις μπορούν να έχουν άμεση επαφή με τον τοίχο η ακόμη και έμμεση, δηλαδή να περιλαμβάνουν μια δομή στήριξης ανάμεσα στο τοίχο και τη βλάστηση.<sup>115</sup>



Εικόνα 4.34: Άμεση πράσινη πρόσοψη, ιδιωτική κατοικία στη Golega, Πορτογαλία[115].

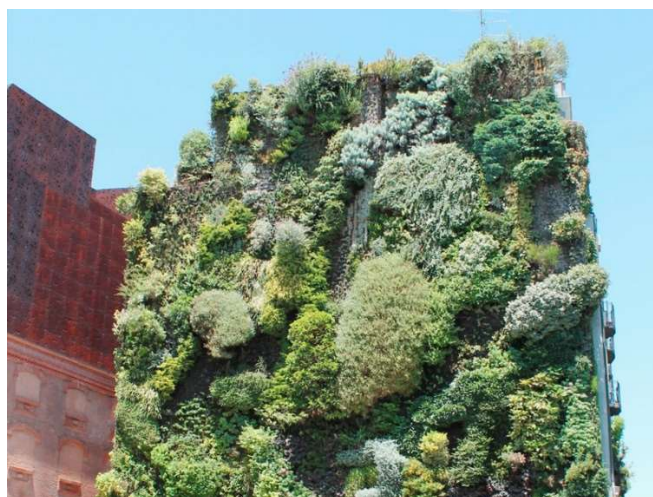


Εικόνα 4.35: Έμμεση πράσινη πρόσοψη[115].

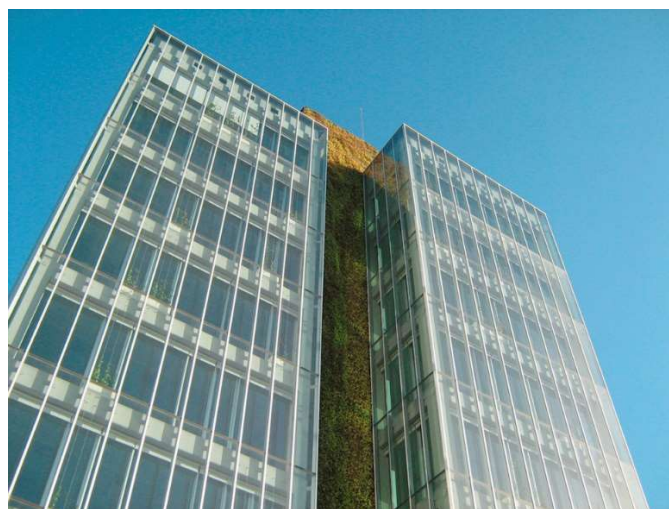
<sup>116</sup> M. Kohler Green facades – a view back and some visions Urb Ecosyst, 11 (2008), pp. 423-426.

<sup>117</sup> N.Dunnett, N. Kingsbury Planting green roofs and living walls, Timber Press, Portland/London (2008).

Οι ζωντανοί τοίχοι αποτελούν ένα αρκετά πρόσφατο και καινοτόμο σύστημα φύτευσης. Το σύστημα αυτό προέκυψε από την ανάγκη δημιουργίας πράσινων τοίχων και σε ψηλά κτήρια. Οι ζωντανοί τοίχοι επιτρέπουν τη ταχεία και ομοιόμορφη κάλυψη μεγάλων επιφανειών κατά μήκος της κάθετης επιφάνειας. Επιπλέον, σε αυτό το σύστημα μπορούν να ενσωματωθούν μια πληθώρα φυτικών ειδών.<sup>115</sup> Οι ζωντανοί τοίχοι συνήθως περιλαμβάνουν ένα πλαίσιο ώστε να στηρίζονται τα φυτά. Με αυτό το πλαίσιο ανάμεσα στο τοίχο και στο σύστημα φύτευσης δημιουργείται ένα κενό ώστε να προστατεύεται ο τοίχος από την υγρασία. Τα συστήματα αυτά μπορούν να ταξινομηθούν ως συνεχή (Continuous Living Wall Systems) (εικόνα 4.36), ή αρθρωτά (Modular LWS) (εικόνα4.37) Οι συνεχείς ζωντανοί τοίχοι (LWS) αποτελούνται από ένα μεταλλικό πλαίσιο στερεωμένο στο τοίχο. Αυτό το πλαίσιο έχει ένα πάνελ βάσης το οποίο με τη σειρά του είναι καλυμμένο με σήτες διαπερατές, εύκαμπτες και προστατευτικές των ριζών (εικόνα4.38).<sup>115</sup>



Εικόνα 4.36: Σύστημα συνεχούς ζωντανού τοίχου, Caixa, Μαδρίτη, Ιούνιος 2013.[115]



Εικόνα 4.37:Σύστημα αρθρωτού ζωντανού τοίχου (Modular Living Wall System),Natura Towers, Λισαβόνα, Αύγουστος 2012[115].





Εικόνα 4.38: Μεταλλικό πλαίσιο συγκράτησης συνεχούς ζωντανού τοίχου.[115]

Τα Continuous LWS είναι επίσης γνωστά με τον όρο Vertical Gardens, όνομα που εφευρέθηκε από τον Γάλλο βοτανολόγο Patrick Blanc. Ο Patrick Blanc διέδωσε την εφαρμογή αυτού του συστήματος παγκοσμίως και υιοθετείται από πολλούς διάσημους αρχιτέκτονες.<sup>115</sup> Οι αρθρωτοί ζωντανοί τοίχοι (Modular LWS) δομούνται από διάφορες μορφές στήριξης όπως δίσκοι, δοχεία, πλακάκια ζαρντινέρας κ.α. Το σύστημα αποτελείται από πολλά αλληλοσυνδεδεμένα μέρη κατασκευασμένα από υλικά όπως πλαστικό ή μεταλλικά φύλλα. Ακόμη μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ένα κάλυμμα ως πλέγμα ώστε να αποτρέπεται η πτώση φυτών (εικόνα[4.39]).



Εικόνα 4.39 Δομή στήριξης αρθρωτών συστημάτων ζωντανού τοίχου[115].



Εικόνα 4.40: Αρθρωτός ζωντανός τοίχος με βιώσιμα φυτά Πηγή: Jetson Green. Lush Edible Living Wall in Los Angeles. [www.jetsongreen.com/2010/08/edible-living-wall-los-angeles.html](http://www.jetsongreen.com/2010/08/edible-living-wall-los-angeles.html)

Για την απορροή των υγρών στους πράσινους τοίχους χρησιμοποιούνται γεφυράσματα όπου οδηγούν την αποστράγγιση κατά μήκος της διαπερατής μεμβράνης και συνάμα αποτρέπουν τον πολλαπλασιασμό των ριζών. Για την άρδευση αυτών των φυτών απαιτείται εγκατάσταση σωλήνων με συνεχής παροχή. Εκτός από σωλήνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σύνδεσμοι από πλαστικό, θερμοπλαστικό, καουτσούκ κ.α. Τα οποία να παρέχουν και διαφορετικές εξόδους όπως σταγόνες, ψεκαστήρες κ.α. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένα αναρριχώμενα φυτά είναι πιθανόν να βλάψουν την επιφάνεια του κτηρίου με τις ρίζες τους εισχωρώντας σε κενά και ρωγμές.

#### 4.12 ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

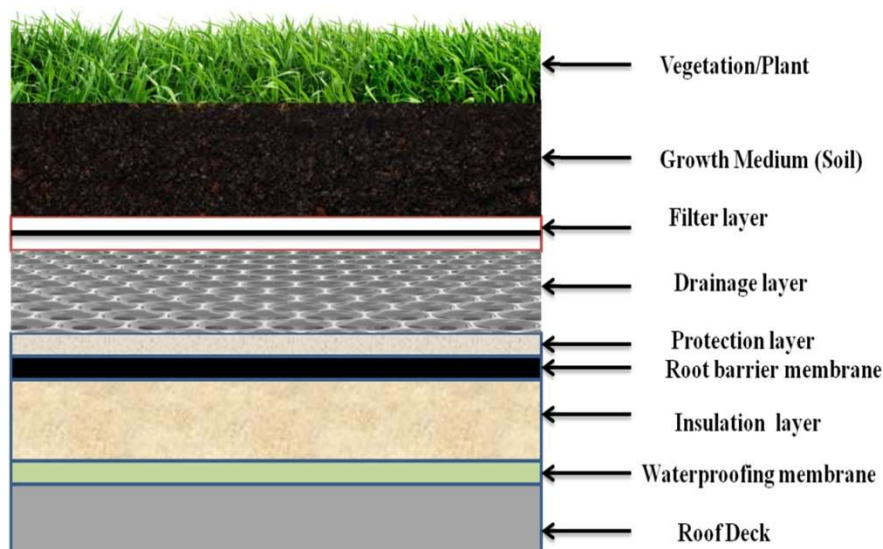
Τα φυτεμένα δώματα αναφέρονται και με τους όρους πράσινες στέγες, οικολογικές στέγες, στέγες διαβίωσης ή και στέγες με βλάστηση.<sup>118</sup> Ουσιαστικά αναφέρονται στη τοποθέτηση και ανάπτυξη διαφορετικών τύπων βλάστησης στη κορυφή του κτηρίου. Μία πράσινη στέγη συνήθως αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία, αδιάβροχη μεμβράνη, μόνωση, μεμβράνη φραγμού ριζών, προστατευτικό στρώμα, στρώμα αποστράγγισης, μεμβράνη φίλτρου, χώμα,

---

<sup>118</sup> Maria Manso, Inês Teotónio, Cristina Matos Silva, Carlos Oliveira Cruz, Green roof and green wall benefits and costs: A review of the quantitative evidence, Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 135, January 2021.



και τέλος τα φυτά <sup>119</sup> (εικόνα4.41). Αξίζει να σημειωθεί ότι για τη βέλτιστη απόδοση μακροπρόθεσμα, είναι σημαντικό να επιλεγθεί ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και η κατάλληλη σειρά και ποιότητα στοιχείων.



Εικόνα 4.41: Τυπική απεικόνιση στοιχείων για το φυτεμένο δώμα[7].

Ο Mobasheri <sup>120</sup> αναφέρει τα εξής είδη φυτών ανάλογα με το επιθυμητό βάθος εδάφους:

- Για βάθος 0-5 cm : Βρύα και λειχήνες.
- Για βάθος 5-10 cm: Μικρά αγριολούλουδα, παχύφυτα, χόρτα, φυτά με μικρούς βολβούς, ανθεκτικά στην υγρασία κ.α.
- Για βάθος 10-20cm: Μια ποικιλία από χαμηλά έως μεσαία φυτά, χόρτα, αγριολούλουδα αλλά και ανθεκτικούς θάμνους.

<sup>119</sup> Muhammad Shafique, Reeho Kim, Muhammad Rafiq, Green roof benefits, opportunities and challenges – A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 90, July 2018, Pages 757-773.

<sup>120</sup> Mobasheri M. Green roofs-construction and functional requirements for four buildings on the IST campus; 2014.



Εικόνα 4.42: FUKUOKA PREFECTURAL INTERNATIONAL HALL, JAPAN, Αρχιτέκτονας Emilio Ambasz. Πηγή: <https://www.goodnet.org/articles/5-impressive-green-roofs-from-across-globe>



Εικόνα 4.43: NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY, SINGAPORE, SCHOOL OF ART DESIGN AND MEDIA, Αρχιτεκτονική εταιρεία CPG Consultants. Πηγή: <https://www.goodnet.org/articles/5-impressive-green-roofs-from-across-globe>





Εικόνα 4.44: VANCOUVER CONVENTION CENTRE, CANADA, LMN Architects. Πηγή <https://www.goodnet.org/articles/5-impressive-green-roofs-from-across-globe>

Σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα του συνεδριακού κέντρου στο Vancouver, η πράσινη στέγη στο δυτικό κτήριο είναι έξι στρέμματα και είναι η μεγαλύτερη στον Καναδά και η μεγαλύτερη μη βιομηχανική στέγη διαβίωσης στη Βόρεια Αμερική. Διαθέτει περισσότερα από 400.000 αυτόχθονα φυτά και χόρτα και επιπλέον φιλοξενεί 4 κυψέλες με ευρωπαϊκές μέλισσες οι οποίες συμβάλουν στη επικονίαση των φυτών και στη παραγωγή και προσφορά μελιού. Στις ανεπτυγμένες πόλεις, οι περιοχές στέγης αποτελούν το 40-50% των αδιαπέραστων επιφανειών.<sup>121</sup> Αν όλες οι τυπικές στέγες άλλαζαν σε φυτεμένες τα οφέλη θα ήταν πολλαπλά και θα μειωνόντουσαν οι αρνητικές επιπτώσεις της αστικοποίησης.<sup>119</sup> Στη παρακάτω εικόνα[4.45] παρουσιάζεται πως θα ήταν η μετασκευή όλων των οροφών μιας πόλης σε πράσινα φυτεμένα δώματα.



Roofs areas account of about 40- 50% of total impermeable areas of developed city [36].



**For sustainable and resilience to climate city, we should replace all rooftop with green roofs**

Εικόνα 4.45:Μετασκευή οροφών πόλης σε φυτεμένα δώματα [119].

<sup>121</sup> V. Stovin, G. Vesuviano, H. Kasmin The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions J Hydro, 414 (2012), pp. 148-161.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι οι πράσινοι τοίχοι έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης δεδομένου ότι στα αστικά κέντρα η έκταση του πράσινου της πρόσοψης μπορεί να είναι διπλάσια από την επιφάνεια της οροφής.<sup>122</sup>

#### 4.13 ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Ο δροσισμός του κτηρίου αποτελεί επιτακτική ανάγκη για την υγεία του ανθρώπου αλλά και την υγιεινή του κτηρίου. Σε παγκόσμιο επίπεδο τα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού έχουν το πιο σημαντικό ποσοστό (40-60%) της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στο κτηριακό τομέα.<sup>123 124</sup> Επομένως, ο φυσικός δροσισμός του κτηρίου έναντι των τεχνικών μέσων είναι αναγκαίος. Αν και η απόδοση του φυσικού δροσισμού εξαρτάται από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Ελλάδα όπου σύμφωνα με το Κ.Α.Π.Ε, 2004 ο δροσισμός που προέρχεται από τον αερισμό κατά τη θερινή περίοδο μειώνει την ανάγκη για ψύξη από 75% έως και 100% για κτήρια με επαρκή ηλιοπροστασία. Ο φυσικός αερισμός πραγματοποιείται μέσω των ανοιγμάτων και του κελύφους του κτηρίου.<sup>125</sup> Σημαντικό ρόλο όμως έχει και η βλάστηση περιμετρικά από το κτήριο και η ορθή τοποθέτηση τους. Τα κύρια μειονεκτήματα του φυσικού δροσισμού είναι η εισχώρηση σκόνης και ο θόρυβος.<sup>126</sup> Τα οφέλη από το φυσικό αερισμό είναι η απομάκρυνση της θερμικής ενέργειας από το εσωτερικό του κτηρίου από το κέλυφος και τα δομικά στοιχεία αλλά και από το ανθρώπινο σώμα. Οι τεχνικές φυσικού αερισμού είναι ο διαμπερής αερισμός που βασίζεται στις πιέσεις γύρω από το κτήριο και επιτρέπει τη διαμήκης κίνηση του αέρα στο κτήριο μέσω των πλευρικών ανοιγμάτων(εικόνα4.46) και δεύτερον ο κατακόρυφος φυσικός αερισμός, ο οποίος προκαλείται από τη μεταφορά του θερμού αέρα στο υψηλότερο σημείο του χώρου δημιουργώντας ρεύμα ροής. Με τη χρήση ενός ανοίγματος στην οροφή του κτηρίου, σε κλιμακοστάσια και φωταγωγούς κυρίως, επιτυγχάνεται η απομάκρυνση του θερμού αέρα

<sup>122</sup> M. Kohler Green facades – a view back and some visions Urb Ecosyst, 11 (2008), pp. 423-426.

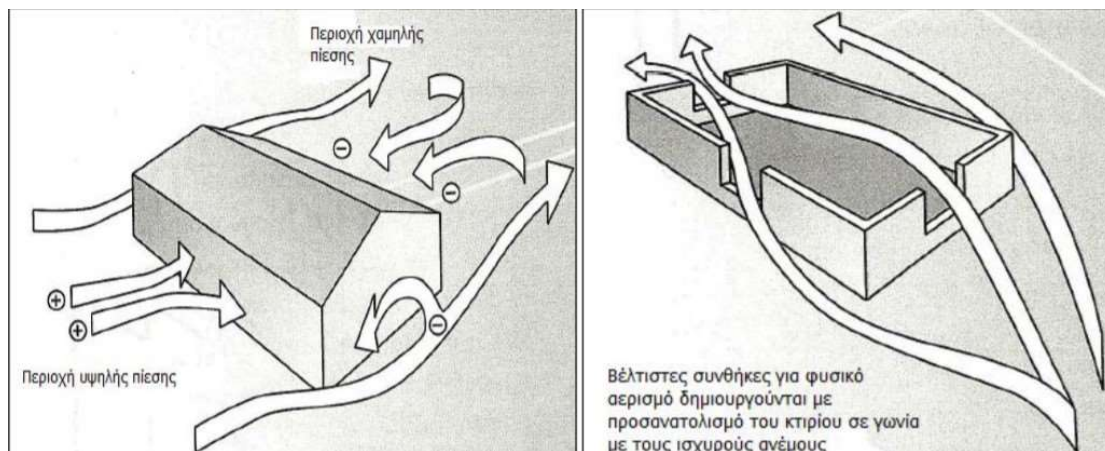
<sup>123</sup> M.J.E. Orme, Buildings Estimates of the energy impact of ventilation and associated financial expenditures 33 (2001), pp. 199-205.

<sup>124</sup> L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, C. Pout A review on buildings energy consumption information Energy Build, 40 (2008), pp. 394-398.

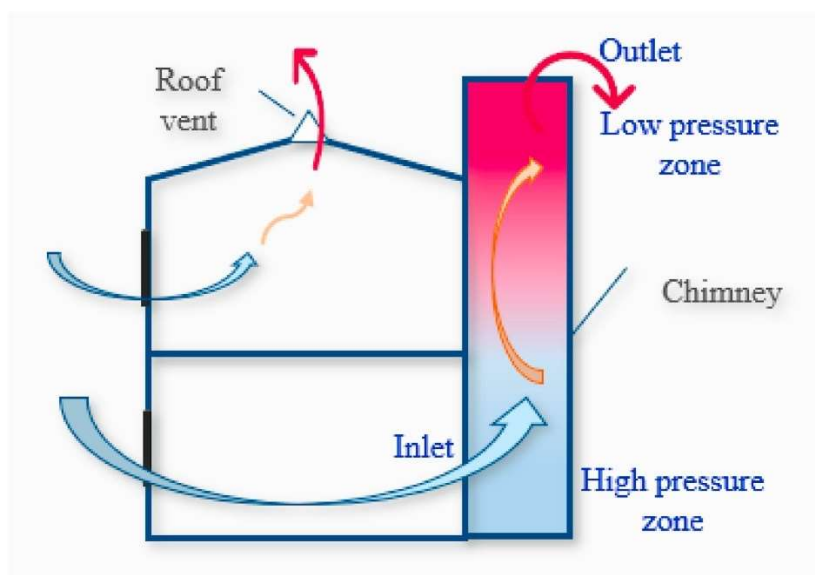
<sup>125</sup> Διπλωματική εργασία «Εξοικονόμηση ενέργειας από το βιοκλιματικό σχεδιασμό κτηρίων», Κ.Μπουζάνης, Χ.Νεζερίτης, ΤΕΙ Πειραιά.

<sup>126</sup> Διπλωματική εργασία «Δυνατότητες εφαρμογής παθητικών συστημάτων στο αστικό περιβάλλον», Μαρία-Ελισάβετ Χατζηνώτα, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ιούλιος 2012.

από το κτήριο και η εισροή του φρέσκου και δροσερού αέρα (εικόνα4.47). Και, τέλος από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους είναι η ηλιακή καμινάδα που αναφέρθηκε παραπάνω.



Εικόνα 4.46: Διαμπερές φυσικός αερισμός Πηγή: Design Handbook: Passive Solar Architecture for Mediterranean Aegea, 1994 [126].

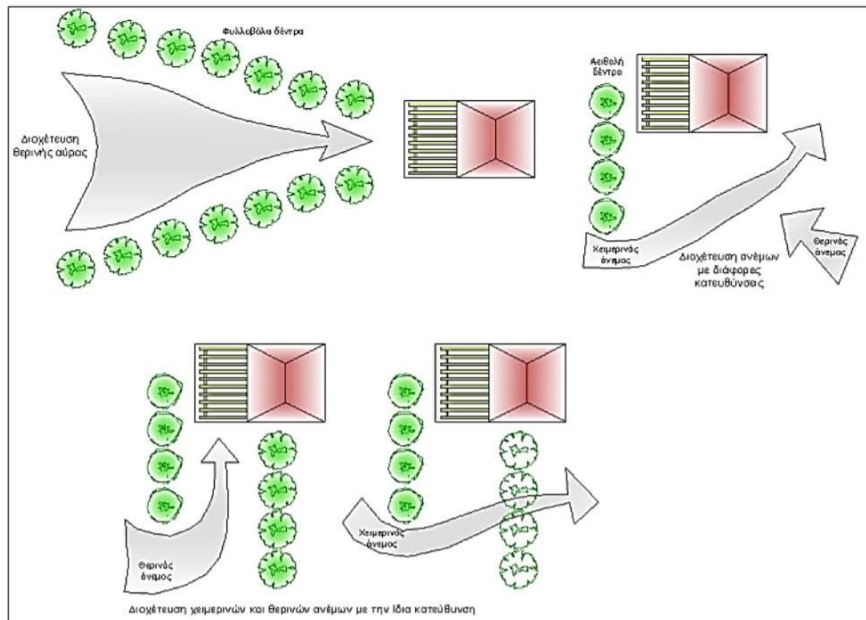


Εικόνα 4.47: Κατακόρυφος φυσικός δροσισμός και χρήση ηλιακής καμινάδας σύμφωνα με τις πιέσεις. Πηγή: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121000903#bib1> A critical review of combined natural ventilation techniques in sustainable buildings Authors: Haihua Zhang, Dong Yang, Vivian W.Y. Tam, Yao Tao, Guomin Zhang, Sujeeva Setunge, LongShia.

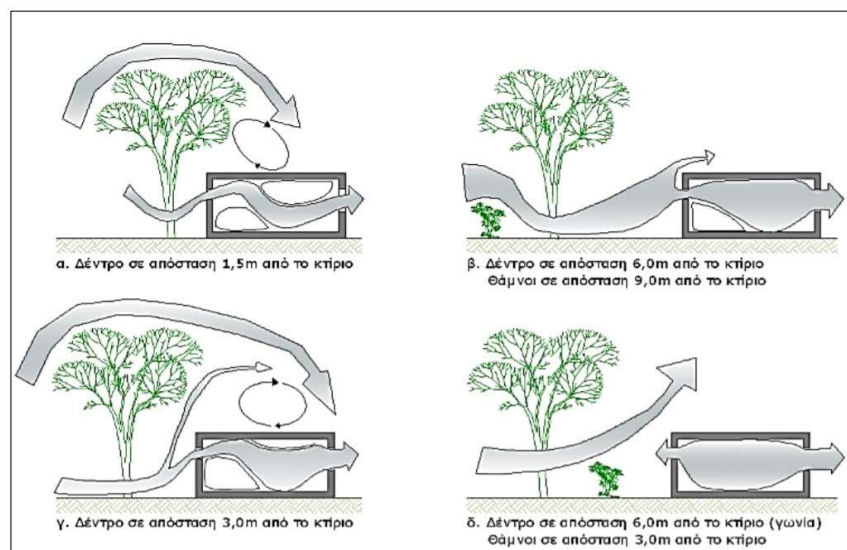
Όσον αφορά τη φύτευση, η ορθή τοποθέτηση δένδρων και θάμνων συμβάλει στη διείσδυση του αέρα ή την εκτροπή του ανάλογα την εποχή (εικόνα 4.48). Ταυτόχρονα, η σωστή απόσταση της βλάστησης από το κτήριο επιτρέπει τη διέλευση του δροσερού αέρα στο



εσωτερικό του με τη χειραγώγηση της ροής αλλά και με τον συνδυασμό της σκίαση τους καλοκαιρινούς μήνες(εικόνα4.49).<sup>127</sup>



Εικόνα 4.48: Διέλευση ή αποτροπή του ανέμου με τη χρήση βλάστησης.[127]



Εικόνα 4.49: Φυσικός αερισμός κτηρίου και η χειραγώγηση της ροής του ανέμου ανάλογα με την απόσταση των δένδρων.[127]

Τέλος, ακόμη και οι αρχιτεκτονικές προεξοχές μπορούν να συμβάλουν στη ανακατεύθυνση της ροής του ανέμου ανάλογα με τις ανάγκες των κατοίκων. Όπως στη παρακάτω εικόνα όπου στο λεγόμενο «Σπίτι των Ανέμων» στη Σαντορίνη έχουν κατασκευαστεί χοάνες στο

<sup>127</sup> Διπλωματική εργασία «Φυσικός αερισμός και φυσικός δροσισμός κτηρίου», Στελιουδάκης Μάριος- Εμμανουήλ, ΤΕΙ Κρήτης, 2017

βορειοανατολικό μέρος του κτηρίου μέσα στη μάζα του περιβλήματος ώστε να ανακατευθύνουν τον ισχυρό άνεμο με την ίδια δύναμη που προήλθε προστατεύοντας τα αντίστοιχα ανοίγματα.<sup>128</sup>



Εικόνα 4.50: Σπίτι των Ανέμων στη Σαντορίνη 1994, Αρχιτέκτονας Agnes Couvelas.

#### 4.14 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ

Η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί μια πηγή ενέργειας φιλική προς το περιβάλλον, ανθεκτική και αξιόπιστη. Η ενέργεια αυτή δεν εξαρτάται ούτε από το καιρό ούτε από το κλίμα της εκάστοτε περιοχής οπότε και έχει χρήση σε πολλά μέρη του κόσμου. Μπορεί να παρέχει ηλεκτρισμό και θερμότητα σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους<sup>129</sup>. Οι γεωθερμικοί εναλλάκτες προσροφούν ή αποβάλλουν θερμότητα από μια πηγή όπως το έδαφος ή κάποιο υγρό στοιχείο(λίμνη, θάλασσα κ.α). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με τη κυκλοφορία νερού ή κάποιου άλλου υγρού δια μέσου σωληνώσεων προσφέροντας είτε θερμότητα είτε ψύξη. Οι γεωθερμικοί εναλλάκτες διακρίνονται σε κλειστά ή ανοικτά κυκλώματα. Τα κλειστά κυκλώματα μπορούν να έχουν οριζόντια, κάθετη ή σπειροειδής διάταξη. Η διάταξη εξαρτάται από το διαθέσιμο χώρο στο οικοπέδο του κτηρίου. Στο οριζόντιο σύστημα (εικόνα4.51) οι σωλήνες τοποθετούνται σε χαντάκια βάθους από δύο έως τρία μέτρα και στο κάθε χαντάκι

<sup>128</sup> Agnes Couvelas, Bioclimatic building design theory and application, Procedia Manufacturing Volume 44, 2020, Pages 326-333.

<sup>129</sup> M.Soltani, FarshadM. Kashkooli, A.R.Deighani-Sanij, A.R.Kazemi, N.Bordbar, M.J.Farshchi, M.Elmi, K.Gharali, MauriceB. Duseault, A comprehensive study of geothermal heating and cooling systems, Sustainable Cities and Society Volume 44, January 2019, Pages 793-818

εγκαθίστανται ένας έως έξι σωλήνες.<sup>130</sup> Το ζεστό νερό κυκλοφορεί μεταφέροντας θερμότητα στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου μέσω της ενδοδαπέδιας διάταξης ή μέσω αεραγωγών. Η εγκατάσταση σωλήνων δαπέδου είναι μια από τις πιο δημοφιλείς επιλογές για σύστημα θέρμανσης στις νέες κατοικίες.<sup>129</sup> Τα κύρια πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι υπάρχει η δυνατότητα χρήσης νερού χαμηλής θερμοκρασίας 30°C, η παροχή ομοιόμορφης θέρμανσης στο εσωτερικό του κτηρίου και η επιλογή των χώρων αυτών. Η επιλογή χώρων δίνει την δυνατότητα χρήσης σε γκαράζ ή ακόμη και σε δρόμους και πεζοδρόμια με σκοπό το λιώσιμο του χιονιού ή του πάγου).<sup>129</sup>



Εικόνα 4.51:Οριζόντια διάταξη κλειστού τύπου εναλλάκτη. Anonymus (2018d).  
<http://www.dominc.ca/geothermal.html>



Εικόνα 4.52:Κάθετη διάταξη κλειστού τύπου εναλλάκτη. Anonymus (2018e).  
<https://www.mvb.cz/domacnosti/tepelna-cerpadla/voda-voda/>

Οι γεωθερμικοί εναλλάκτες ανοικτού κυκλώματος (εικόνα4.53) αντλούν ενέργεια από επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα προσφέροντας θέρμανση ή ψύξη. Τα ύδατα ως πηγή θέρμανσης ή ψύξης μπορούν να είναι λίμνες, πηγάδια, θάλασσα ή και ποτάμι. Στα θετικά στοιχεία αυτού του συστήματος συγκαταλέγεται το γεγονός ότι είναι πιο οικονομικός από το σύστημα κλειστού τύπου και ευκολότερη η εγκατάσταση του καθώς εκλείπουν παράγοντες όπως αντιψυκτικό, κρυμμένες διαρροές κ.α.

<sup>130</sup> Διπλωματική εργασία «Σύγχρονες μέθοδοι άντλησης και αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας» Δασκαλάκη Α. Διονυσία, Καβάλα Απρίλιος 2009, Τ.Ε.Ι. Καβάλας.



Εικόνα4.53: Ανοικτό κύκλωμα γεωθερμικού εναλλάκτη Πηγή: zeon.com.gr

#### Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας

Οι γεωθερμικές αντλίες συναρμολογήθηκαν και κατασκευάστηκαν το 1940 από το Robert Webber<sup>131</sup>, για να συμβάλλουν στη ανταλλαγή θερμότητας των συστημάτων. Όμως η εμπορική χρήση τους έγινε μετά τη πετρελαϊκή κρίση το 1973.<sup>132</sup> Η αρχή λειτουργίας των αντλιών θερμότητας βασίζεται στο ψυκτικό κύκλο (Reverse Carnot Circle).<sup>129</sup> Δηλαδή, η θερμότητα μεταφέρεται από τη θερμό χώρο στο ψυχρό. Το καλοκαίρι ορίζουμε ως θερμό χώρο το εσωτερικό του κτηρίου κι ως ψυχρό το υπέδαφος. Επομένως, η αντλία αποβάλλει στο έδαφος τη θερμότητα μέσω του γεωεναλλάκτη. Το χειμώνα το σύστημα λειτουργεί αντίθετα. Τα ανώτατα στρώματα του εδάφους( 10-15m) επηρεάζονται από την ηλιακή ακτινοβολία και τις καιρικές συνθήκες, ενώ κάτω από αυτά τα στρώματα η θερμοκρασία του εδάφους είναι σε μεγάλο βαθμό σταθερή.<sup>133</sup> Στην Ευρώπη αυτή η θερμοκρασία κυμαίνεται από 10-15 °C ενώ στις τροπικές περιοχές περίπου 20-25 °C<sup>134</sup>. Η γεωθερμική αντλία

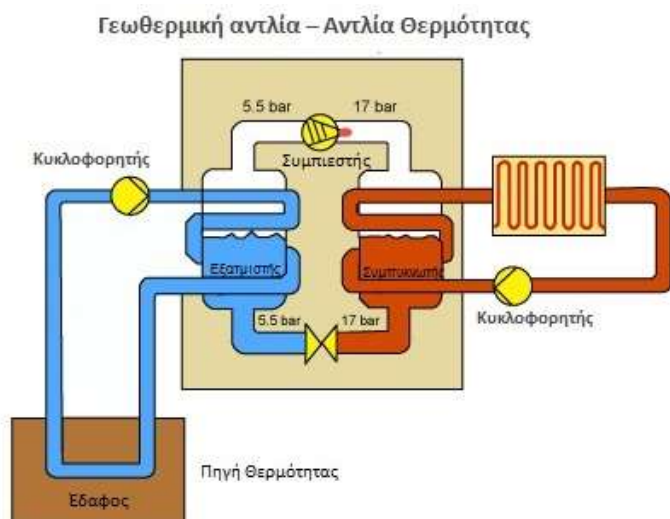
<sup>131</sup> A.K. Sani, R. Martand, T. Amis, I. Cavarretta A review on the performance of geothermal energy pile foundation , its design process and applications *Renew Sustain Energy Rev*, 106 (2019), pp. 54-78.

<sup>132</sup> R.H.D. Rawlings, J.R. Sykulski Heat pumps : a technology *Proc CIBSE A Build Serv Eng Res Technol*, 20 (3) (1999), pp. 119-129.

<sup>133</sup> R.P.CunhaP., J.Bourne-Webb A critical review on the current knowledge of geothermal energy piles to sustainably climatize buildings, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 158, April 2022

<sup>134</sup> F.A. Loveridge, W. Powrie The average temperature of energy piles *Geotech Spec Publ* (2016), p. 166, 10.1061/9780784480137.017 2016-Janua.

απαρτίζεται από το συμπιεστή, την πηγή θερμότητας, το συμπυκνωτή και το μειωτή πίεσης.<sup>130</sup> Ουσιαστικά εκτελεί την ίδια διαδικασία με τις οικιακές συσκευές (ψυγείο, κλιματιστικό) απλά η θερμότητα που προσφέρει ή αποβάλλει δεν αντλείται από τον εξωτερικό αέρα αλλά από τη θερμότητα που περικλείει το έδαφος, και τα ύδατα, αναλόγως με την υποκείμενη εγκατάσταση.



Εικόνα 4.54: Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας Πηγή: [gtherm.gr](http://gtherm.gr)

#### 4.15 ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ

Εξαιτίας της ενεργειακής κρίσης τη περίοδο του 1970, ήταν επιτακτική ανάγκη να διερευνηθούν και να εφαρμοσθούν στρατηγικές για την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απωλειών στο κτηριακό τομέα.<sup>135</sup> Σε εθνικό επίπεδο καθιερώθηκαν νομοθετικές ενέργειες για την αντιμετώπιση της αύξησης τιμών του πετρελαίου με σκοπό τη μείωση της ενεργειακής ζήτησης των κτηρίων.<sup>135</sup> Μέχρι το 1995 το φαινόμενο της ροής της θερμότητας από τα κτήρια και οι θερμογέφυρες δεν είχαν εξεταστεί εις βάθος έως ότου το Ευρωπαϊκό ISO 10211-1:1995 παρείχε έναν αποδεκτό τρόπο υπολογισμού του φαινομένου των θερμογέφυρων.<sup>136</sup> Στην Ελλάδα, το 40% των κατοικιών κατασκευάστηκε μεταξύ του 1980 και 2010 κατά τη περίοδο ισχύος του Κανονισμού της Θερμομόνωσης.<sup>137</sup> Ωστόσο, η πλειοψηφία

<sup>135</sup> S.Kotti, D.Teli, P.A.B.James, Quantifying Thermal Bridge Effects and Assessing Retrofit Solutions in a Greek Residential Building, *Procedia Environmental Sciences* Τόμος 38, 2017, Σελίδες 306-313.

<sup>136</sup> British Standards Institution. BS ISO 10211-1:1995 Thermal Bridges in Building Construction -- Heat Flows and Surface Temperatures -- Part 1: General Calculation Methods. London: BSI; 1995.

<sup>137</sup> C.A. Balaras, A.G. Gaglia, E. Georgopoulou, Y. Sarafidis, D. Lalas, S. Mirasgedis European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings *Build Environ.*, 42 (3) (2007), pp. 1298-1314.

των κτηρίων δεν συμμορφώνεται με αυτό το κανονισμό.<sup>137</sup> Σημαντικό είναι το γεγονός ότι η μονωτική στρώση στο φέροντα οργανισμό έχει εισαχθεί μόνο τα τελευταία 30 χρόνια.<sup>137</sup> Τα κύρια χαρακτηριστικά των κατοικιών της Μεσογείου με σκοπό να καλύψουν τις κλιματικές και κοινωνικές ανάγκες της υπαίθρου είναι οι πρόβολοι, οι προεξοχές, οι ισόγειοι ανοιχτοί χώροι στάθμευσης (pilotis), οι ημιυπαίθριοι χώροι και οι επίπεδες στέγες. Τα στοιχεία αυτά έχουν πρωταρχικό ρόλο στις ανεπιθύμητες θερμικές ροές.

Οι θερμογέφυρες είναι στοιχεία του κτηριακού ιστού όπου παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές της θερμικής ροής, και αυτομάτως διακόπτεται το θερμικό φράγμα του κελύφους του κτηρίου.<sup>135</sup> Σύμφωνα με το ISO 10211 το φαινόμενο αυτό δημιουργείται όταν δύο υλικά με διαφορετική θερμική αγωγιμότητα αλλά και διαφορετικό πάχος ή γεωμετρία διατομής δημιουργούν διαφοροποίηση στη θερμική αντίσταση του κτηριακού κελύφους (Tsikaloudaki, et.al., 2014)<sup>138</sup>. Οι θερμογέφυρες θεωρούνται ως τα «ασθενή» σημεία του κτηριακού κελύφους καθώς έχουν αρνητική επίδραση στη θερμική του προστασία. Ως αποτέλεσμα οι θερμογέφυρες αυξάνουν τις απώλειες θερμότητας το χειμώνα και τα κέρδη θερμότητας το καλοκαίρι.<sup>139</sup> Η τοπική μείωση της θερμοκρασίας επηρεάζει την ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου συμβάλλοντας στην συμπύκνωση των υδρατμών και την ανάπτυξη μούχλας και μικροοργανισμών (Αραβαντινός, 2013).<sup>140</sup> Όλα αυτά συνεπάγονται σε αλλοίωση των δομικών στοιχείων, μείωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα αλλά και της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του κτηρίου.<sup>139</sup> Μελέτες αποδεικνύουν ότι οι θερμογέφυρες αυξάνουν κατά μέσο όρο 5% έως 30% τη πραγματική ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με τη θεωρητικά υπολογιζόμενη.<sup>141</sup> Οι κύριες περιπτώσεις εμφάνισης θερμογεφυρών είναι:

- κατασκευαστικοί λόγοι: όταν δεν υφίσταται συνεχόμενη στρώση θερμομόνωσης και

---

<sup>138</sup> Tsikaloudaki k., Theodosiou T., Aravantinos D., Kontoleon K. N., Bikas D., (2014), Quantifying the thermal bridging effect with regard to the facades configuration, 15<sup>th</sup> International academic conference, Places and technologies 2014, pp. 720-727.

<sup>139</sup> G.Evola, G.Margani, L.Marletta. Energy and cost evaluation of thermal bridge correction in Mediterranean climate, Energy and Buildings Volume 43, Issue 9, September 2011, Pages 2385-2393.

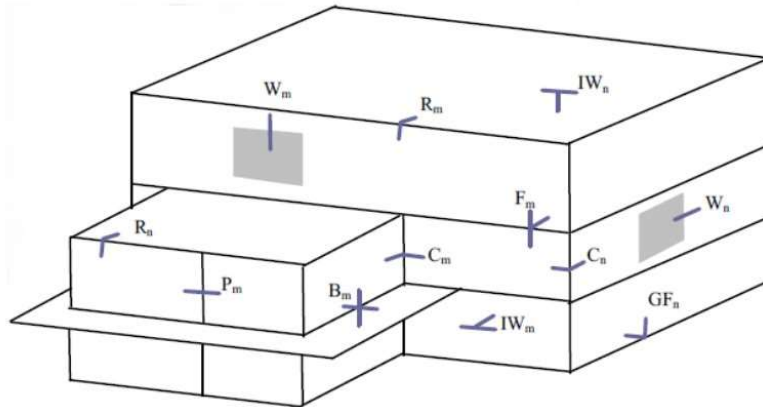
<sup>140</sup> Αραβαντινός Δ. (2013). Η θερμομόνωση των κτηρίων και τα θερμομονωτικά υλικά, Διδακτικό εγχειρίδιο για το μάθημα «Οικοδομική II», Εργαστήριο Οικοδομικής και Φυσικής των Κτηρίων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ.

<sup>141</sup> Διπλωματική εργασία «Στατική ανάλυση θερμικών ροών από αντιπροσωπευτικές θερμογέφυρες του κτηριακού κελύφους» Ε. Αβραμίδου, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Πολυτεχνική Σχολή, Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2016.



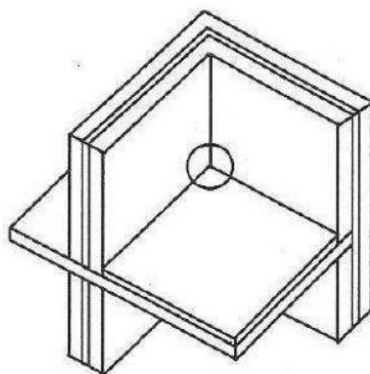
•γεωμετρικοί λόγοι: όταν δημιουργείται γωνία που δεν είναι εφικτή η ολική θερμομόνωση ή υπάρχει σχηματική διαφοροποίηση του δομικού στοιχείου.

Σύμφωνα με το ISO 14683 υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες θερμογέφυρων οι γραμμικές και οι σημειακές. Οι γραμμικές εμφανίζονται ομοιόμορφα κατά μήκος μιας επιφάνειας, έχουν δηλαδή μονοδιάστατη διεύθυνση. Σε αυτά τα σημεία συνενώνονται διάφορα δομικά στοιχεία όπως λόγω χάρη ένωση δαπέδου με τοίχο (εικόνα 4.55).



Εικόνα 4.55: Τύποι γραμμικών θερμογεφυρών και οι θέσεις τους στο κτηριακό κέλυφος. Πηγή Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010

Από την άλλη πλευρά οι σημειακές θερμογέφυρες εικόνα[4.56] παρουσιάζονται στις ενώσεις των γραμμικών θερμογεφυρών. Η εμφάνιση τους είναι τοπική και δεν υφίσταται ομοιογένεια στη ροή της θερμότητας όπως συμβαίνει στις γραμμικές. Για τον λόγο αυτό η θερμικές τους ανταλλαγές θεωρούνται αμελητέες και δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς σύμφωνα με το ΚΕΝΑΚ.<sup>142</sup>

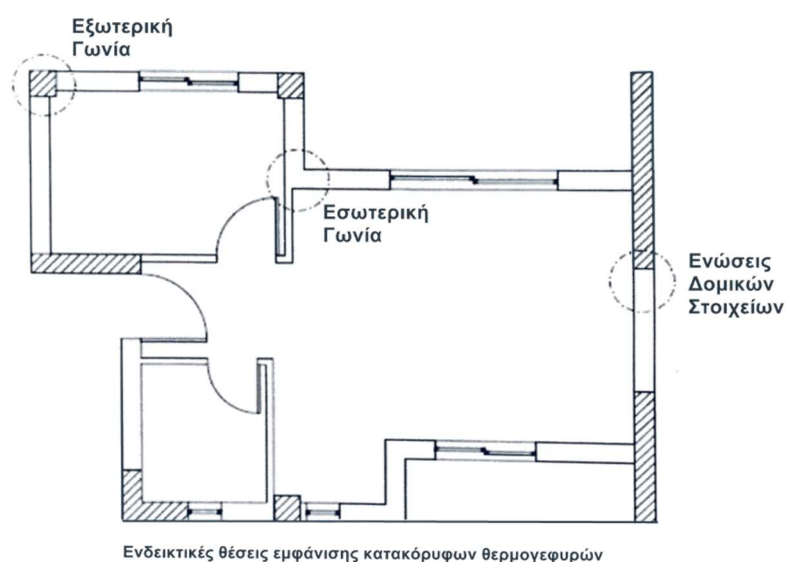


Εικόνα 4.56: Σημειακή θερμογέφυρα στην ένωση κατακόρυφων δομικών στοιχείων με τη πλάκα δαπέδου. Πηγή: ΕΛΟΝ EN ISO 10211

<sup>142</sup> Ενημερωτική ημερίδα-Σύλλογος Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων Βορείου Ελλάδος(ΣΜΗΒΕ). Δημήτριος Αναστασέλος Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός.

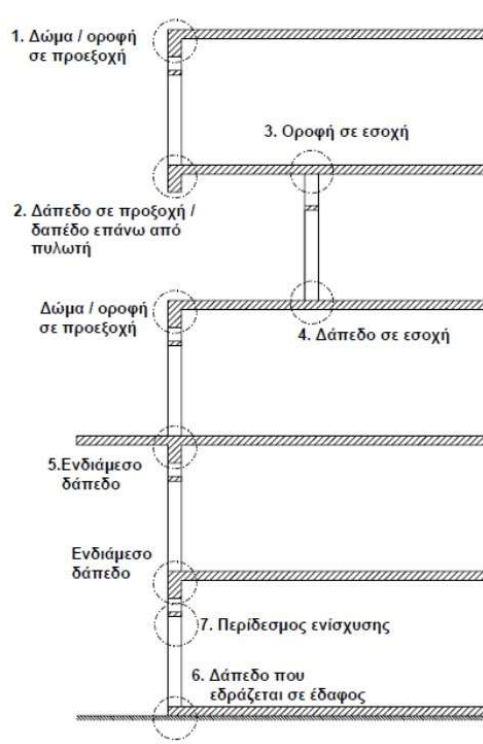


Σημαντικό είναι οι θέσεις των θερμογεφυρών να προσδιορίζονται από την αρχή σε ένα κτήριο ώστε να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα κατά τη διάρκεια της κατασκευής τους και όχι εκ των υστέρων. Πρακτικά, δεν είναι εφικτό να κατασκευαστεί ένα συμβατικό κτήριο χωρίς να δημιουργηθούν θερμογέφυρες διότι κάποιο σημείο ή τμήμα του δομικού στοιχείου λόγω κατασκευής ή θέσης θα παρουσιάσει υψηλότερες θερμικές απώλειες χωρίς να υπάρχει δυνατότητα αντιμετώπισης του φαινομένου.<sup>143</sup>

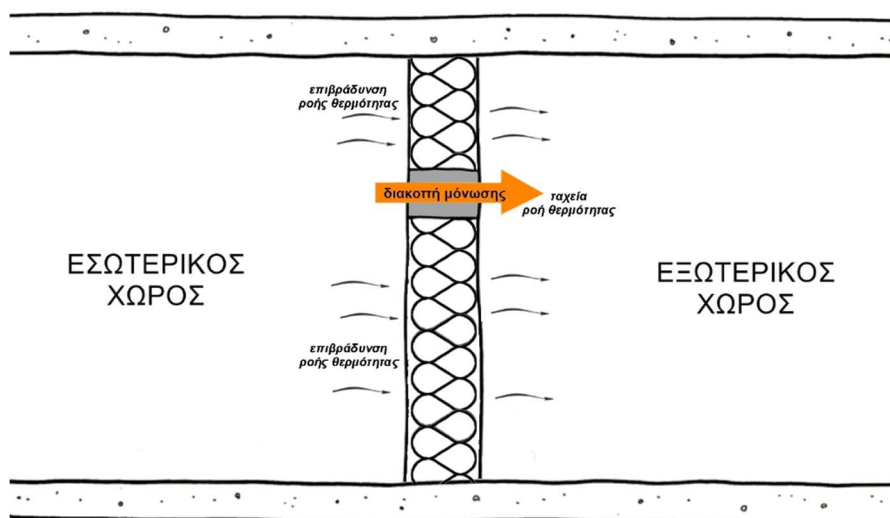


Εικόνα 4.57: Ενδεικτικές θέσεις εμφάνισης κατακόρυφων θερμογεφυρών. Πηγή: Monodomiki.gr

<sup>143</sup> Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών-Εργαστήριο Οικοδομικής και Φυσικής Κτηρίων, Σημειώσεις για το σεμινάριο του τμήματος Κεντρικής Μακεδονίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτηρίων. Θέμα: Επίδραση θερμογέφυρων στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Προβλήματα και τρόποι αντιμετώπισης τους. Δημήτρης Αραβαντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2009.



Εικόνα4.58:Ενδεικτικές θέσεις εμφάνισης οριζόντιων θερμογεφυρών<sup>142</sup>.

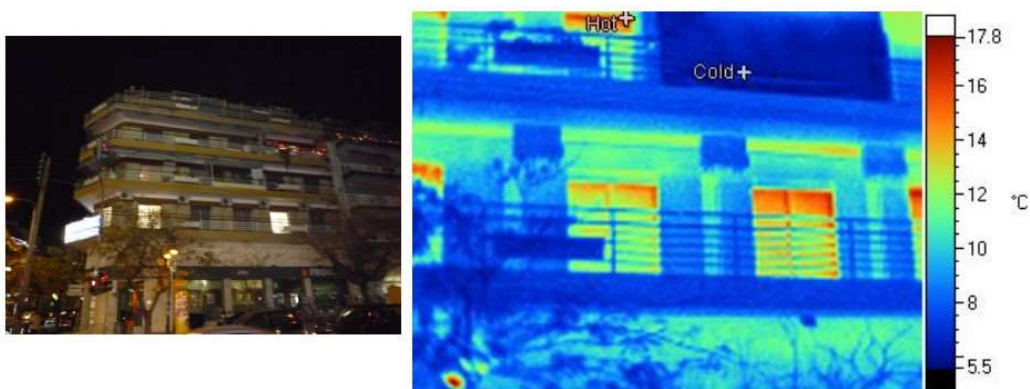


Εικόνα4.59: Διακοπή της ροής θερμότητας. Πηγή: Monodomiki.gr

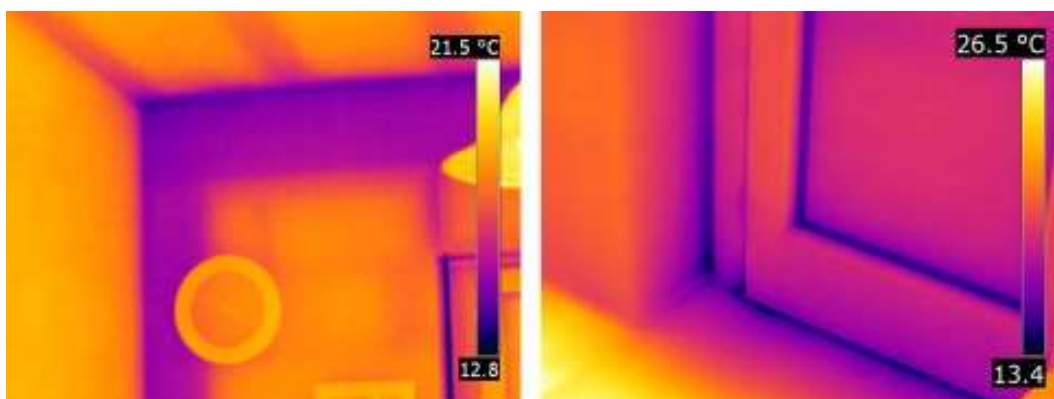
Ο αποτελεσματικότερος τρόπος προσδιορισμού των θερμικών ροών είναι η χρήση της θερμοφωτογράφισης. Η θερμοφωτογράφιση επιτυγχάνεται με τη χρήση μιας θερμοκάμερας, μιας κάμερας δηλαδή που μέσω ενός ευαίσθητου αισθητήρα ανιχνεύει την εκπεμπόμενη υπέρυθη ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αυτή καταγράφεται και μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα και ανάλογα με την ένταση του σήματος εμφανίζεται και το χρώμα στην οθόνη. Στη κλίμακα των χρωμάτων συνήθως ερμηνεύεται η θερμή περιοχή με βαθύ κόκκινο χρώμα και η ψυχρή με ιώδες(μοβ) χρώμα. Ενδιάμεσα σε αυτές τις περιοχές μεταξύ θερμής

και ψυχρής ακτινοβολίας αποδίδεται όλο το φάσμα της χρωματικής κλίμακας. Οι θερμοφωτογραφήσεις είναι πιο αποτελεσματικές όταν πραγματοποιούνται σε ψυχρή περίοδο και κατά τη διάρκεια της νύχτας καθώς λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του εξεταζόμενου σώματος και του περιβάλλοντα χώρου τα χρώματα είναι πιο ευκρινείς. Με τη χρήση της θερμοφωτογράφισης μπορούν να καταγραφούν:

- Προβλήματα υγρασίας που δεν έχουν εκδηλωθεί ακόμη
- Κάθε τύπος θερμογέφυρας
- Κατασκευαστικά λάθη και αβλεψίες θερμικής άνεσης.



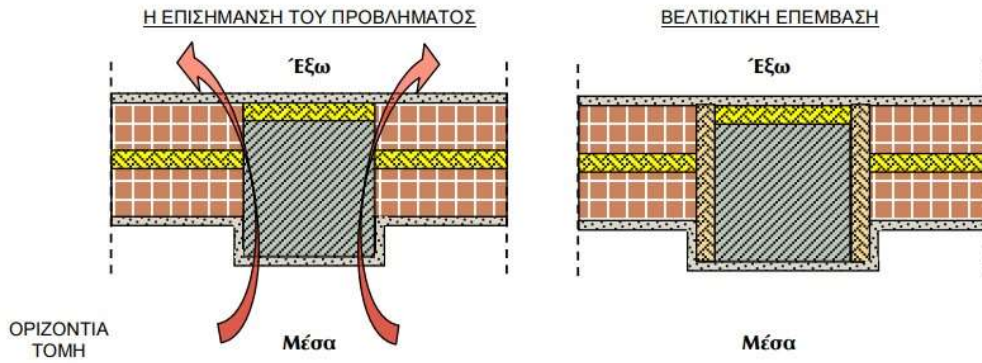
Εικόνα4.60: Θερμοφωτογράφιση κτηρίου.<sup>142</sup>



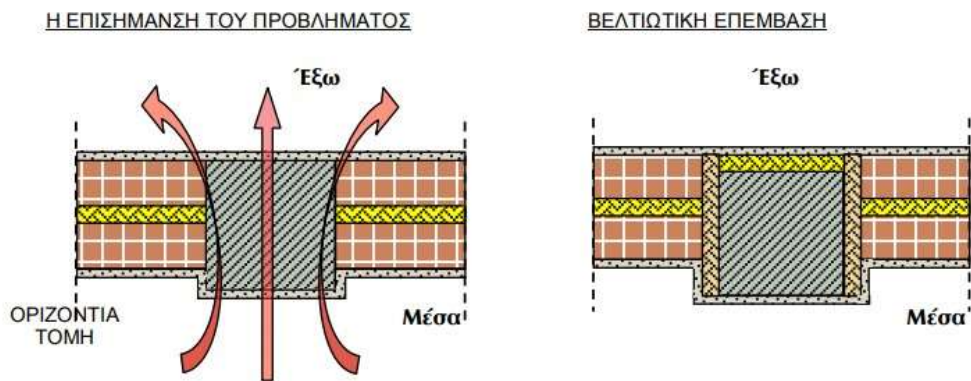
Εικόνα4.61: Θερμοφωτογράφιση εσωτερικού χώρου. Πηγή: Applied Energy Volume 97, September 2012, Pages 365-373. A quantitative methodology to evaluate thermal bridges in buildings. Francesco Asdrubali, Giorgio Baldinelli, Francesco Bianchi.

Τύποι θερμογεφυρών και λύσεις σύμφωνα με τον κ.Αραβαντίνο<sup>143</sup>:

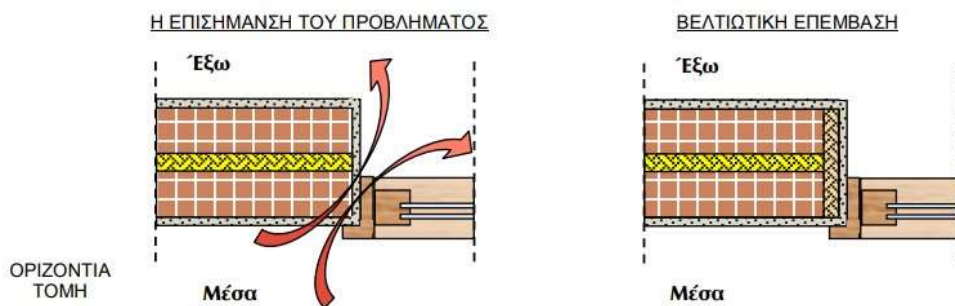
A) Θερμογέφυρα στο σημείο σύνδεσης του φέροντος οργανισμού (δοκάρια, υποστυλώματα, τοιχία) και της τοιχοποιίας πλήρωσης. Αντιμετώπιση με τη θερμομόνωση τους πλευρικά και όχι μόνο στη κύρια όψη.



Β) Απουσία θερμομόνωσης σε στοιχείο του φέροντος οργανισμού με αποτέλεσμα τη δημιουργία θερμογέφυρας.



Γ) Θερμογέφυρα περιμετρικά από τα κουφώματα. Η αντιμετώπιση της γίνεται με τη χρήση θερμομόνωσης περιμετρικά του ανοίγματος, δηλαδή στους παραστάδες (λαμπάδες), υπέρυθρα(πρέκια) και στις ποδιές των παραθύρων.



## 5.ZEB-NZEB (ZERO ENERGY BUILDING-NEARLY ZERO ENERGY BUILDING)

Ο κτηριακός τομέας όπως έχει αναφερθεί ξανά αντιμετωπίζει μεγάλες προκλήσεις σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας και είναι ένας από τους κύριους τομείς που έχουν σημαντικό ρόλο στη στρατηγική για τη μείωση των ρυπογόνων εκπομπών στο πλανήτη<sup>144</sup>. Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο κτηριακός τομέας ευθύνεται για το 40% περίπου της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης και για το 36% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.<sup>145</sup> Δεδομένου ότι το κτηριακό απόθεμα είναι αρκετά παλιό είναι λογικό και η ενεργειακή απόδοση να είναι εξίσου ελλιπής. Χαρακτηριστικά, περίπου το 49% των κατοικιών είναι άνω των 50 ετών<sup>146</sup> και το 75% σχεδόν του κτηριακού τομέα είναι ενεργειακά ατελέσφορο. Ακόμη το ποσοστό της ανακαίνισης των κτηρίων κυμαίνεται στο 0,4-1,2% ετησίως.<sup>147</sup> Λόγω των παραπάνω η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέσει στόχο την ανακαίνιση των υφιστάμενων κτηρίων έως το 2050 και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 80%<sup>148</sup>. Για την επίτευξη των μελλοντικών στόχων, για την αποδοτικότερη εξοικονόμηση ενέργειας και την βελτίωση του κλίματος τα κτήρια οφείλουν να σχεδιάζονται με τις βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού έτσι ώστε να δημιουργηθούν κτήρια μηδενικής ενέργειας (ZEB) ή σχεδόν μηδενικής ενέργειας(net Zero Energy Buildings-nZEB).

---

<sup>144</sup> Margarita-Niki Assimakopoulos, Rosa Francesca De Masi, Anastasia Fotopoulou, Dimitra Papadaki, Silvia Ruggiero, Giovanni Semprini, Giuseppe PeterVanoli. Holistic approach for energy retrofit with volumetric add-ons toward nZEB target: Case study of a dormitory in Athens. Energy and Buildings, Volume 207, 15 January 2020.

<sup>145</sup> Asam Ahmed, Tianshu Ge, Jinqing Peng, Wei-Cheng Yan, Boon Tuan Tee, Siming You. Assessment of the renewable energy generation towards net-zero energy buildings: A review. Energy and Buildings Volume 256, 1 February 2022.

<sup>146</sup> European Commission, EU Buildings Database, <https://ec.europa.eu/energy/en/eu-buildings-database>

<sup>147</sup> European Commission website available on line at <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>

<sup>148</sup> European Commission Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A Policy Framework for Climate and Energy in the Period from 2020 to 2030, Brussels, 22.1.2014 COM (2014).

Σύμφωνα με την αναδιατύπωση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου <sup>149</sup> το κτήριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης είναι ένα κτήριο το οποίο απαιτεί πολύ χαμηλή ή και σχεδόν μηδενική ενέργεια ή οποία οφείλει να καλύπτεται σε μεγάλο βαθμό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανόμενων αυτών που παράγονται επί τόπου ή πλησίον. Τα αποτελέσματα αυτών των εφαρμογών θα εκτιμηθούν με βάση τη πρωτογενή ενέργεια κατανάλωσης. Αυτός ο αριθμητικός δείκτης θα είναι εκφρασμένος σε kWh/m<sup>2</sup> ανά έτος και θα είναι βασισμένες σε εθνικές ή περιφερειακές μέσες τιμές με συντελεστές από τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα. <sup>150</sup> Το πρότυπο των nZEB είναι πιο εύκολο να υλοποιηθεί σε νέες κατασκευές καθώς για τα ήδη υπάρχοντα κτήρια απαιτείται ένα μεγάλο σύνολο παρεμβάσεων ανακαίνισης με τεχνικά και οικονομικά εμπόδια. <sup>144</sup>



Εικόνα 5.1: Χρονική Αναφορά των nZEB στην Ευρωπαϊκή Ένωση , Πηγή: BPIE

Τα κτήρια μηδενικής κατανάλωσης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν αναλόγως αν είναι συνδεδεμένα στο ηλεκτρικό δίκτυο σε <sup>151</sup> <sup>152</sup>:

<sup>149</sup> Οδηγία (ΕΕ) 2010/31 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 19ης Μαΐου 2010, για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων (αναδιατύπωση).

<sup>150</sup> Delia D'Agostino, Livio Mazzarella. What is a Nearly zero energy building? Overview, implementation and comparison of definitions. Journal of Building Engineering Volume 21, January 2019, Pages 200-212.

<sup>151</sup> Διπλωματική εργασία «Κτήρια Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας και Βιοκλιματικός Σχεδιασμός. Εξοικονόμηση Ενέργειας με Ηλιοθερμικά Συστήματα.» Δημήτριος Θ. Παπανδρέου. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

<sup>152</sup> Σχολή Θετικών επιστημών & τεχνολογίας Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και κτηρίων, Σπηλιόπουλος Μάριος Σχολικά κτήρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Η περίπτωση του 1ου Δημοτικού Σχολείου Πατρών.



- On-grid ZEB : Όπου σε αυτή τη περίπτωση το κτήριο είναι συνδεδεμένο με το τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και επιτρέπει την άντληση ενέργειας από αυτό τις ημέρες που αδυνατεί το κτήριο να παράγει την αναγκαία ενέργεια από τις ανανεώσιμες πηγές. Ακόμη τις ευνοϊκές ημέρες όπου το κτήριο παράγει όση ενέργεια χρησιμοποιεί την υπόλοιπη την εξάγει στο τοπικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής.
- Off-grid ZEB: Όπου το κτήριο δεν είναι συνδεδεμένο με το ηλεκτρικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής και λειτουργεί αυτόνομα. Το κτήριο αυτό οφείλει να καλύπτει τις ενεργειακές του ανάγκες αποκλειστικά από τις δικές του ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το κόστος για τη δημιουργία ενός off-grid ZEB είναι αρκετά υψηλό. Απαραίτητη είναι η χρήση ηλεκτρικών συσσωρευτών ώστε να αποθηκεύεται η ηλεκτρική ενέργεια και να τροφοδοτεί το κτήριο τη νύχτα ή σε περιόδους συννεφιασμένου καιρού.

Ακόμη υπάρχουν διαφορετικοί ορισμοί και είδη κτηρίων μηδενικής κατανάλωσης ανάλογα με την εκάστοτε παροχή ενέργειας.

- NZEB (Net Zero Energy Building – Κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης): Πρόκειται για κτήρια υψηλής ενεργειακής απόδοσης με απαίτηση χαμηλής ποσότητας ενέργειας και καλύπτεται σε σημαντικό βαθμό από επί τόπου ενέργεια ή κοντινές ανανεώσιμες πηγές.<sup>153</sup>
- NZSoEB (Net Zero Source Energy Building– Κτήρια μηδενικής ενέργειας από τη πηγή): Αναφέρεται στη πηγή της πρωτογενής ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία και παράδοση της ενέργειας αυτής στο χώρο του κτηρίου. Το τελικό ισοζύγιο υπολογίζεται με βασικούς συντελεστές ώστε η ενέργεια που χρησιμοποιείται να είναι ίση με την ενέργεια που παράγεται<sup>152, 153</sup>.
- NZEC (Net Zero Energy Cost Building- Κτήρια μηδενικού κόστους ενέργειας): Το χρηματικό ποσό που πληρώνει ο ιδιοκτήτης ενός κτηρίου για την ενέργεια που καταναλώνει ισούται με την ενέργεια που εξάγει στο ηλεκτρικό δίκτυο κατά τη διάρκεια ενός έτους.<sup>154</sup>
- NZEE (Net Zero Energy Emissions- Κτήρια καθαρής ενέργειας με μηδενικές εκπομπές): Πρόκειται για κτήρια τα οποία εξισορροπούν τις εκπομπές διοξειδίου

<sup>153</sup> EU, Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Union, 2012.

<sup>154</sup> P. Torcellini, S. Pless, M. Deru, D. Crawley, Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, National Renewable Energy Laboratory and Department of Energy, US, 2006.

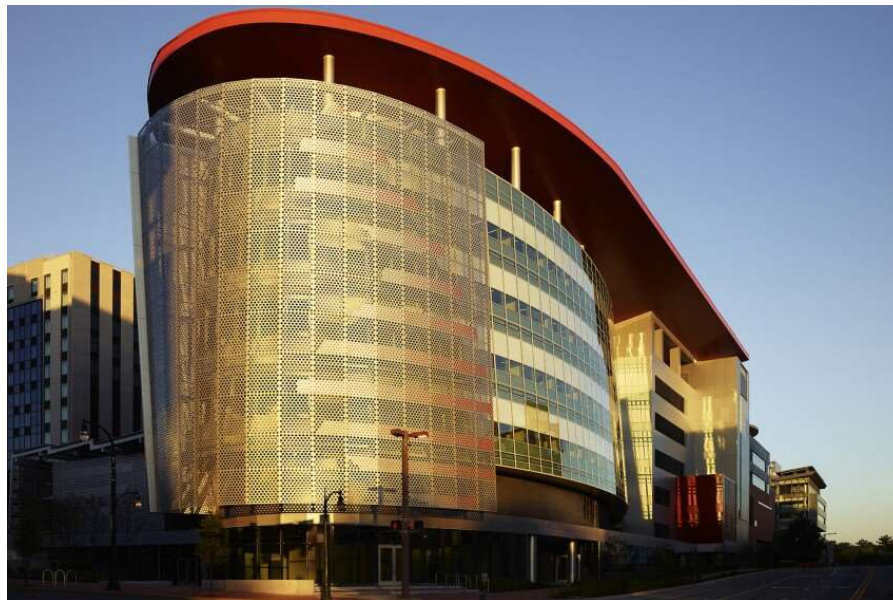


του άνθρακα που παράγονται κατά τη χρήση ενέργειας από το τοπικό δίκτυο με την ενέργεια που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας επί τόπου.<sup>152, 153</sup>

Οι περισσότερες χώρες ορίζουν τη χρήση της πρωτογενούς ενέργειας για κτήρια κατοικίας μικρότερη από 50 kWh/m<sup>2</sup>/έτος. Στις περιοχές όμως με ψυχρά κλίματα όπως λόγω χάρη Γαλλία, Ρουμανία έχουν τεθεί υψηλότερες τιμές. Οι τιμές μπορούν ακόμη να διαφέρουν και ανάλογα με το τύπο της κατοικίας όπως μονοκατοικία η διαμέρισμα. Για τα κτήρια του τριτογενούς τομέα, οι τιμές μπορούν να μεταβάλλονται αναλόγως με τη χρήση του κάθε κτηρίου ακόμα και εντός του ίδιου κράτους. Η μέγιστη τιμή πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται μεταξύ 0-270 kWh/m<sup>2</sup>/έτος.<sup>155</sup>

### 5.1 Κτήρια Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας:

#### 1. The Unisphere Net Zero, Maryland, U.S.A



Εικόνα 5.2: Φωτοβολταϊκά Πάνελ του Unisphere. Πηγή: [utunisphere.com](http://utunisphere.com)

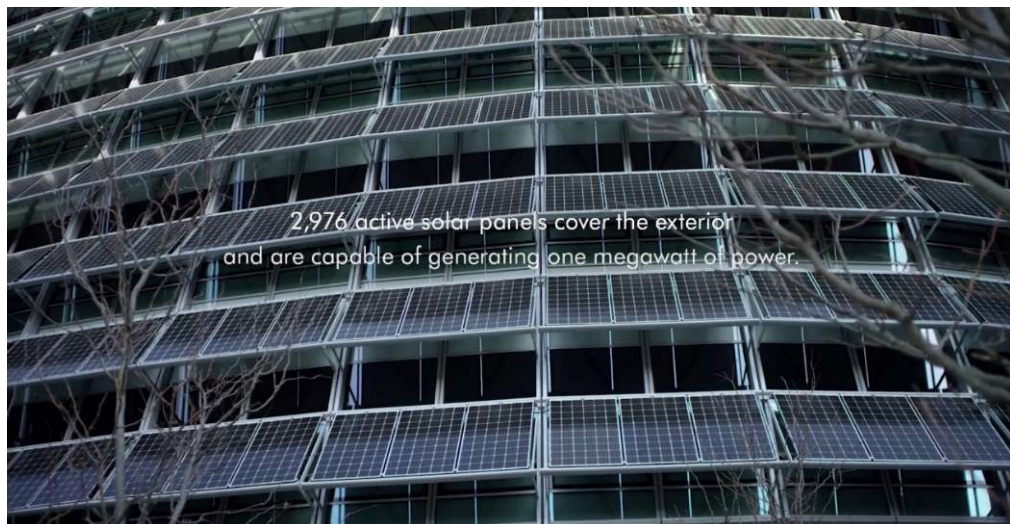
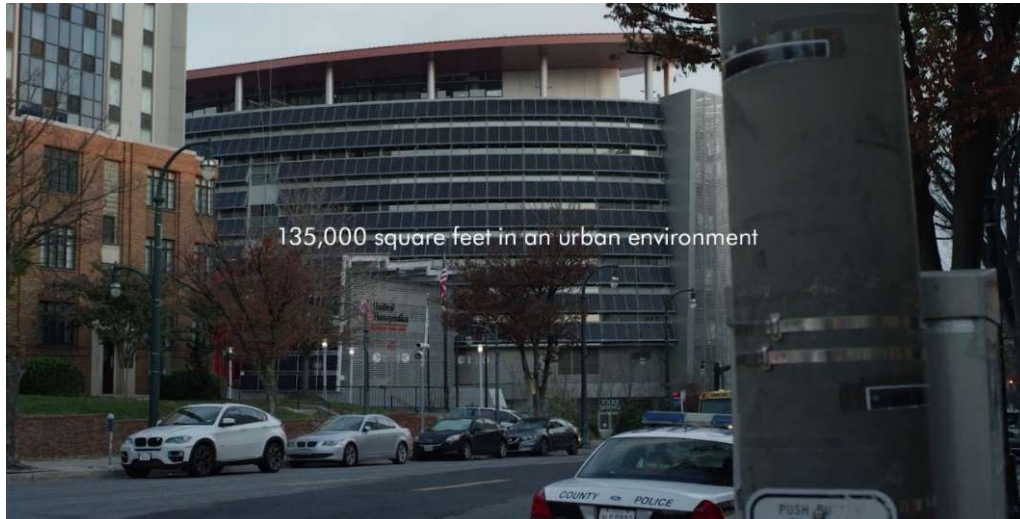
Το κτήριο αποτελεί έδρα μιας εταιρείας βιοτεχνολογίας η οποία αναπτύσσει νέες τεχνολογίες για τη κατασκευή οργάνων και τη θεραπεία της πνευμονικής νόσου. Φιλοσοφία και όραμα της εταιρείας για τη δημιουργία ενός κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης αποτελεί το γεγονός ότι εφόσον η αποστολή τους είναι να σώζουν ζωές θα πρέπει και το αντίκτυπο τους στο περιβάλλον να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο.

Το σχεδιασμό του κτηρίου επιμελήθηκε η εταιρεία Ewing Cole και η Whiting-Turner Contracting Company. Το Unisphere αποτελεί το μεγαλύτερο κτήριο γραφείων στις Ηνωμένες

<sup>155</sup> Διπλωματική εργασία «Σχεδιασμός Κτηρίων Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (nZEB) – Μελέτη Περίπτωσης: Αναβάθμιση Υφιστάμενου Ξενοδοχειακού Συγκροτήματος» Σ. Τίγκας, Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών: Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων & Κτηρίων, Πάτρα, Ιούλιος 2019.

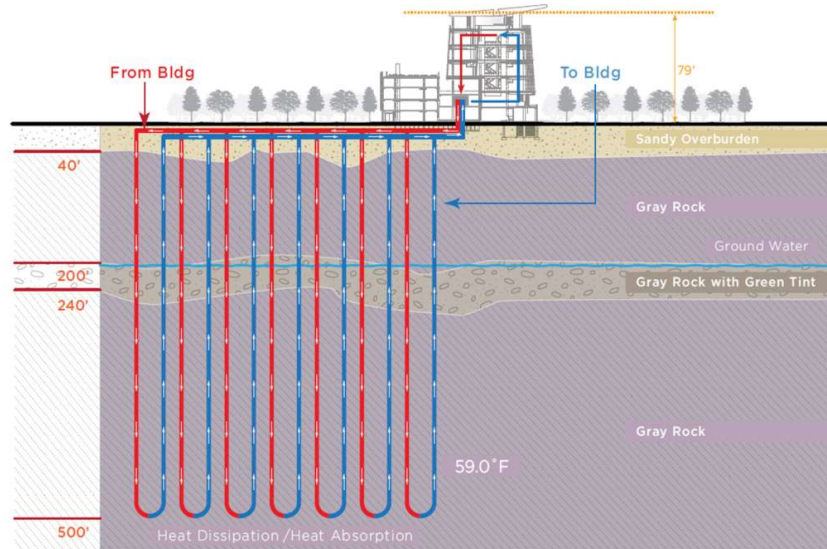
Πολιτείες με καθαρή μηδενική ενέργεια. Έχει έκταση 135.000 τετραγωνικά πόδια (περίπου 12.541 m<sup>2</sup>). Οι στρατηγικές για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι οι ακόλουθες:

- 3.000 ηλιακοί και φωτοβολταϊκοί συλλέκτες οι οποίοι παράγουν άνω του 1 MWH ενέργειας κάθε χρόνο, ενέργεια αρκετή για να τροφοδοτήσει 100 σπίτια (εικόνα5.3).



Εικόνα 5.3: Φωτοβολταϊκά Πάνελ του Unisphere. Πηγή: [utunisphere.com](http://utunisphere.com)

- 52 γεωθερμικές γεωτρήσεις κλειστού βρόχου, διπλού κυκλώματος γεωεναλλαγής στα 500 ft(152,4m). Το σύστημα αυτό ανακυκλώνει το ζεστό και κρύο νερό αναλόγως την εποχή ώστε να θερμαίνει και να ψύχει το κτήριο (εικόνα5.4).



Εικόνα5.4:Γεωθερμικό σύστημα Unisphere. Πηγή: utunisphere.com

- Ακόμη για θέρμανση ή ψύξη έχει κατασκευαστεί ένας υπόγειος λαβύρινθος από σκυρόδεμα μήκους ενός τετάρτου του μιλίου (περίπου 402m) στα 12 πόδια βάθους(περίπου 4m) για προθέρμανση ή προψύξη του αέρα (εικόνα 5.5).



Εικόνα 5.5: Υπόγειος λαβύρινθος του Unisphere. Πηγή: utunisphere.com

- Φυσικός αερισμός με 3 λειτουργίες: αυτόματη, χειροκίνητη και μηχανική υποβοήθηση. Όταν οι εξωτερικές καιρικές συνθήκες είναι ευνοϊκές τα παράθυρα



κάτω από το δάπεδο στη περίμετρο του κτηρίου και στην οροφή ανοίγουν ώστε να διαπερνάει εγκάρσια η ροή του αέρα (εικόνα5.6). Επιπλέον, το αίθριο του κτηρίου λειτουργεί ως ηλιακή καμινάδα ώστε να υπάρχει ροή του αέρα.



Εικόνα5.6: Φυσικός αερισμός του κτηρίου. Πηγή: [utunisphere.com](http://utunisphere.com)

- Η αυξημένη μόνωση, οι τριπλοί υαλοπίνακες και τα ηλεκτροχρωμικά τζάμια βελτιώνουν τη θερμική άνεση κατά 25% σε σχέση με τις ελάχιστες θερμικές τιμές τους. Οι ηλεκτροχρωμικοί υαλοπίνακες μεταβάλλουν την απόχρωσή τους με βάση την εποχή, τη θέση του ηλίου, τα σύννεφα και γενικότερα τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν (εικόνα5.7).



Εικόνα5.7:Υψηλής απόδοσης ηλεκτροχρωματικός υαλοπίνακας. Πηγή: [utunisphere.com](http://utunisphere.com)

- Και τέλος, η ιαματική πισίνα (εικόνα5.8) η οποία σε συνδυασμό με το γεωθερμικό σύστημα συμβάλει στην εξισορρόπηση της απόδοσης του κτηρίου μειώνοντας το φορτίο της γεωθερμικής ενέργειας αλλά χρησιμεύει και ως πηγή εξάτμισης της ψύξης και απόρριψης της θερμότητας.



Εικόνα5.8:Ιαματική πισίνα στο κεντρικό αίθριο του κτηρίου. Πηγή: [utunisphere.com](http://utunisphere.com)

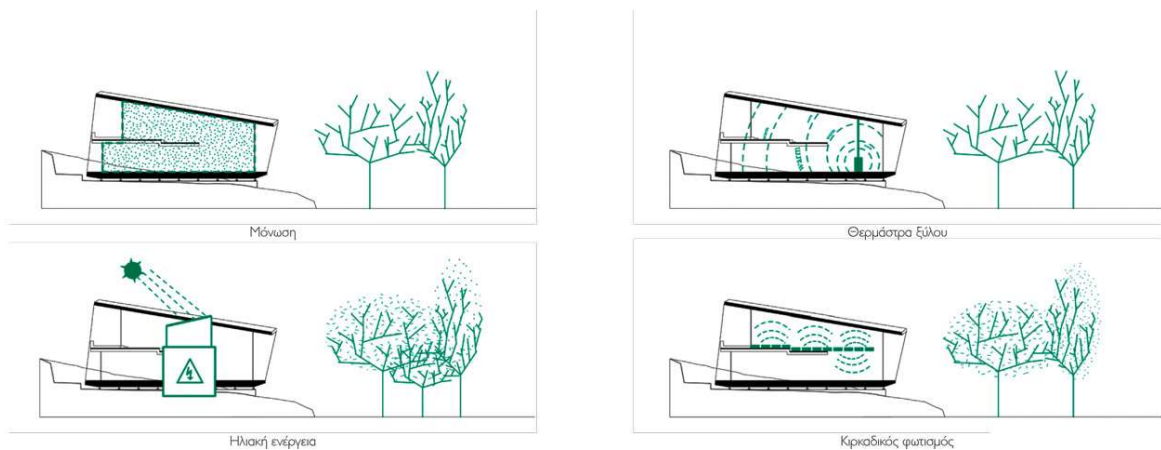
## 2.Αρχιτεκτονικό γραφείο TVZEB, Ιταλία

Το παρόν αποτελεί πειραματικό κτήριο μηδενικής κατανάλωσης το οποίο συμμορφώνεται πλήρως στις Ευρωπαϊκές οδηγίες. Κατασκευάστηκε από το αρχιτεκτονικό γραφείο Traverso-Vighy Architetti σε συνεργασία με το τμήμα Εφαρμοσμένης Φυσικής του πανεπιστημίου της Padova και είναι κτισμένο στη Vicenza.



Εικόνα5.9: Αρχιτεκτονικό γραφείο TVZEB, Vicenza, Italy. Πηγή: [ktirio.gr](http://ktirio.gr)

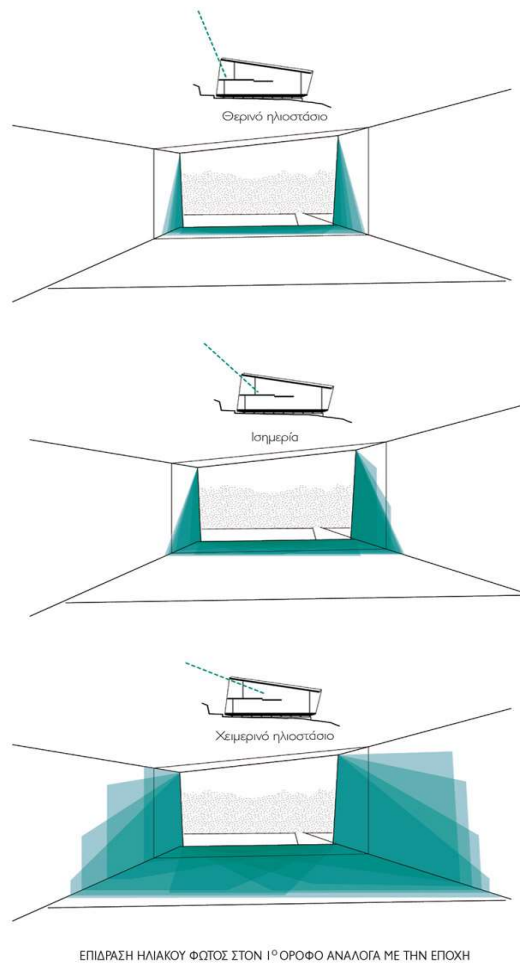
Ο σχεδιασμός του κτηρίου παρομοιάζεται με μια «χοάνη φυσικού φωτός» καθώς προσφέρει άφθονο φυσικό φωτισμό και οπτική άνεση<sup>156</sup>. Όλα τα δομικά μέρη της κατασκευής προκατασκευάστηκαν από μικρές βιοτεχνίες της τοπικής περιοχής και συναρμολογήθηκαν στο εργοτάξιο. Τα εξωτερικά στοιχεία του κτηρίου επιλέχθηκαν με γνώμονα το φυσικό περιβάλλον ώστε να υπάρχει σχέση αρμονίας μεταξύ τους. Το κτήριο είναι ενεργειακά αυτόνομο με χρήση της ηλιακής και γεωθερμικής ενέργειας και τη καύση ξύλου. Η συνολική ενεργειακή απόδοση ανέρχεται στις 10.200 kWh/έτος.



Εικόνα5.10: Συστήματα για τη βέλτιστη ενεργειακή απόδοση. Πηγή: ktirio.gr

<sup>156</sup> <https://www.utunisphere.com>





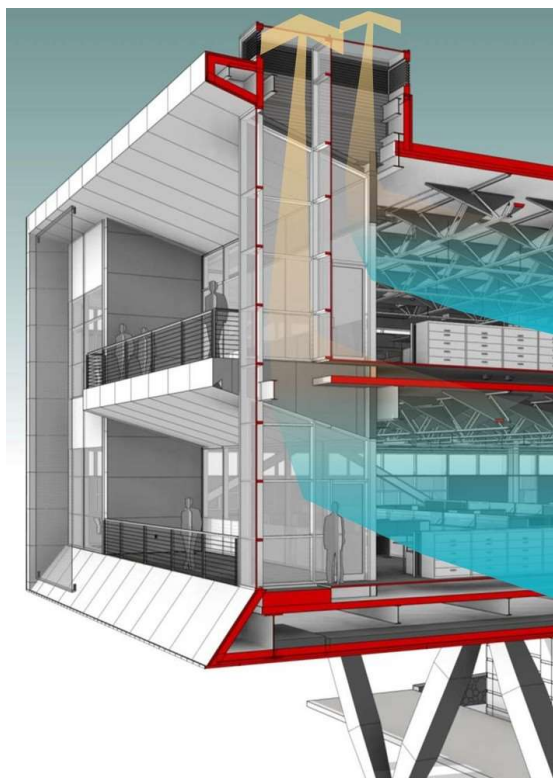
Εικόνα5.11:TVZEB: Η επίδραση του ηλιακού φωτός ανάλογα με την εποχή. Πηγή: ktirio.gr

### 3.Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (NREL), Κολοράντο, Η.Π.Α



Εικόνα5.12:Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Κολοράντο, Η.Π.Α. Πηγή: archdaily.com

Στα περισσότερα κτήρια της πανεπιστημιούπολης του NREL έχουν υλοποιηθεί υπερσύγχρονες εγκαταστάσεις για τη βέλτιστη ενεργειακή απόδοση. Αυτό το συγκρότημα κτηρίων είναι ένα on-grid κτήριο μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας με σήμανση LEED(Leadership in Energy and Environmental Design). Το κτήριο εδρεύει σε έκταση 362.055 ft<sup>2</sup> (περίπου 33.636 m<sup>2</sup>). Περιλαμβάνει ένα συνδυασμό από φωτοβολταϊκά συστήματα, συστήματα σκίασης αλλά και συστήματα εξοικονόμησης νερού. Το κτήριο σχεδιάστηκε από το Smith Group JJR σε συνεργασία με το JE Dunn. Τα περισσότερα υλικά κατασκευής του συγκροτήματος αποτελούνται από ανακυκλώσιμα υλικά και χαμηλών εκπομπών.



Εικόνα5.13: Σύστημα ηλιακής καμινάδας του NREL. Πηγή : [archdaily.com](http://archdaily.com)

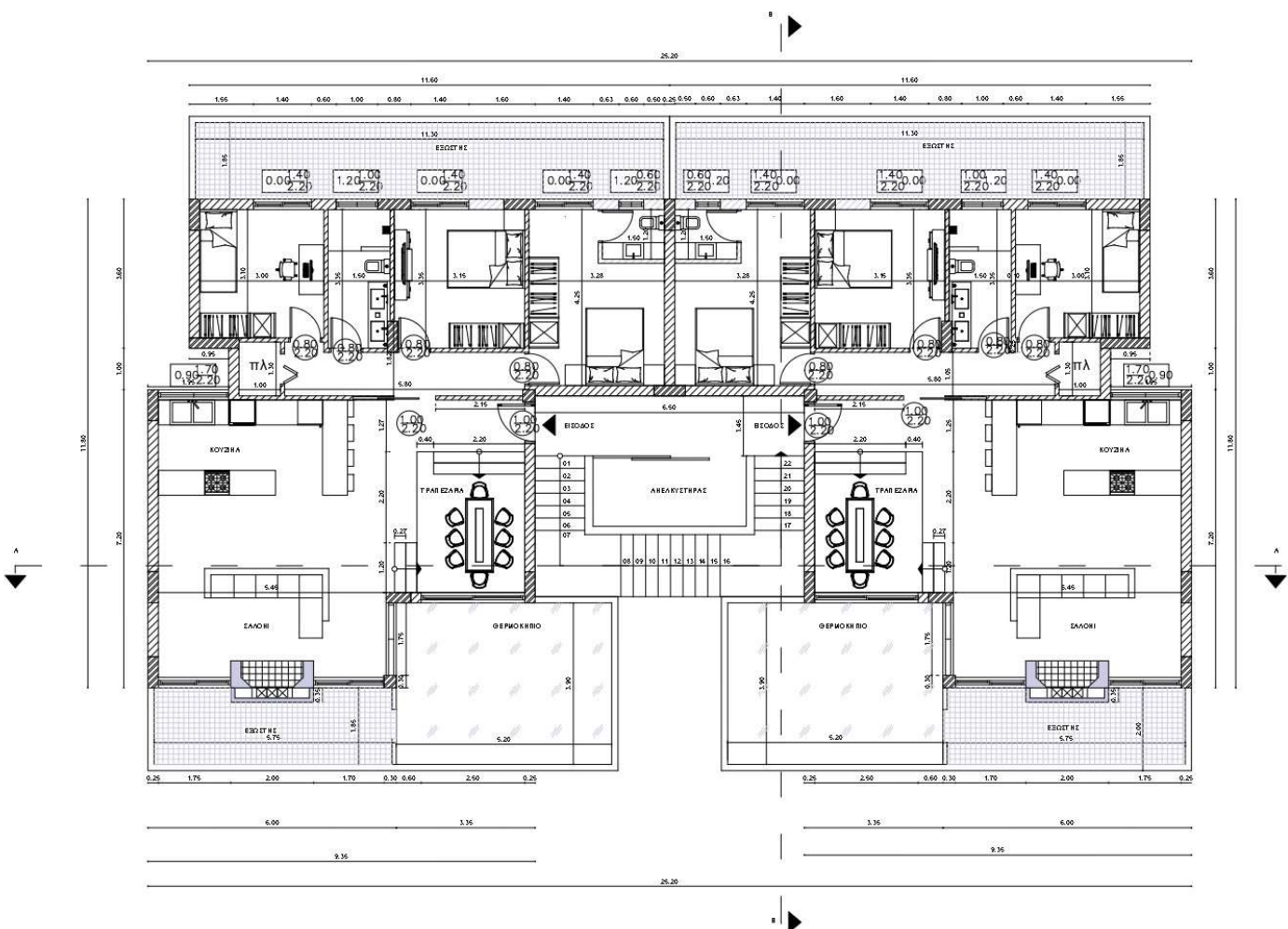


Εικόνα 5.14: Εξωτερική όψη εργαστηρίου. Πηγή: [archdaily.com](http://archdaily.com)

## 6. ΠΡΟΤΑΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΝΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ ΜΕ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Παρακάτω παρουσιάζεται μια πιλοτική πρόταση σχεδιασμού μιας πολυκατοικίας με βιοκλιματικά στοιχεία. Το κτήριο αποτελεί τριώροφη πολυκατοικία με pilotis και δώμα. Ο κάθε όροφος στεγάζει δύο ανεξάρτητα διαμερίσματα με εμβαδόν 112,54 τ.μ. το κάθενα. Τα διαμερίσματα τυπικού ορόφου αποτελούνται από ενιαίο σαλόνι, κουζίνα και ευδιάκριτη σε επίπεδο πλατφόρμα για χώρο τραπεζαρίας, διάδρομο, δύο υπνοδωμάτια και ένα μάστερ υπνοδωμάτιο με wc. Επιπλέον το κάθε διαμέρισμα εκτός από τον εξώστη έχει και ξεχωριστό χώρο θερμοκηπίου με φωτοβολταϊκές περσίδες για σκίαση. Τα διαμερίσματα είναι διαμπερή με μεγάλα ανοίγματα και φυσικό δροσισμό. Το δώμα είναι φυτεμένο με σκοπό την ενίσχυση του πρασίνου στη περιοχή και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου καθώς και την αντιμετώπιση της θερμικής νησίδας. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αρχιτεκτονικά σχέδια καθώς και φωτορεαλιστικές αποικονίσσεις του κτηρίου.

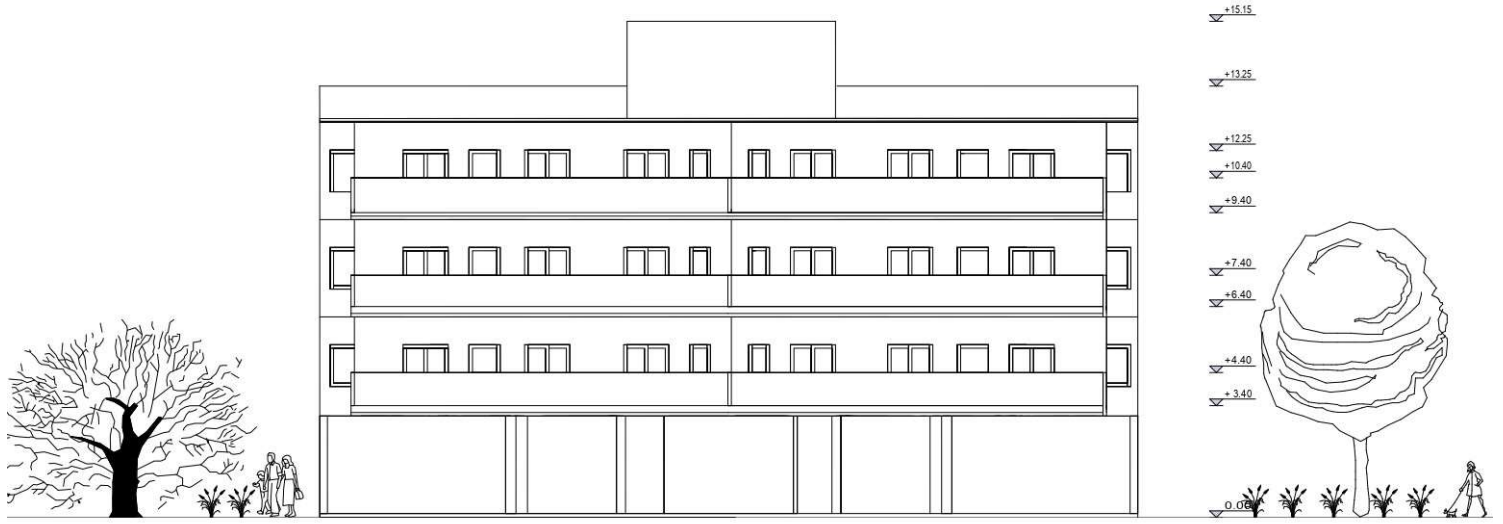
Κάτοψη τυπικού ορόφου



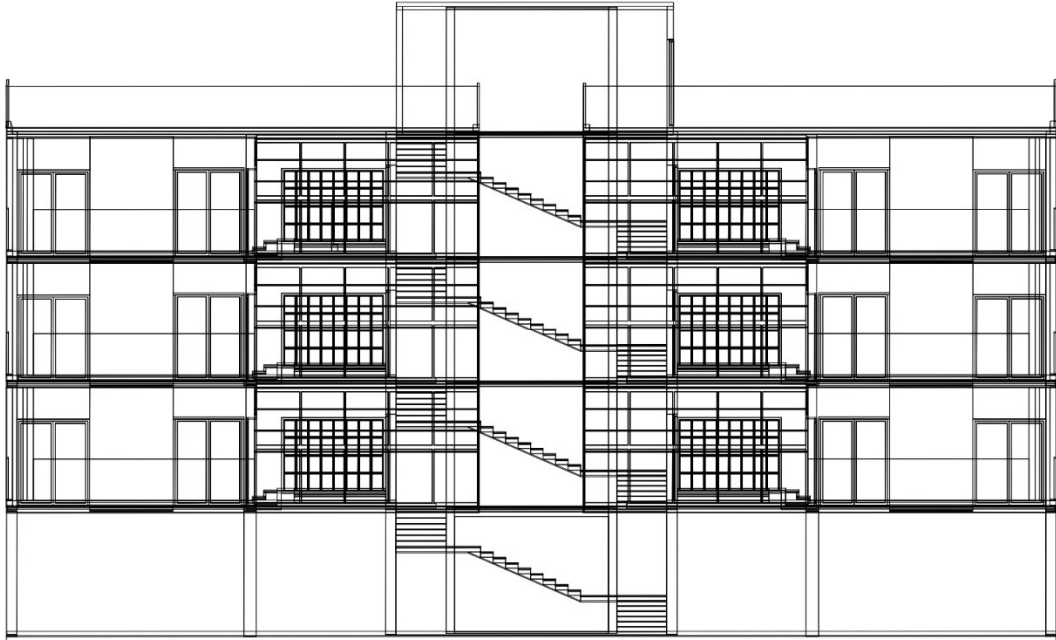
# ΠΡΟΣΩΠΗ ΚΤΙΡΙΟΥ



# ΠΙΣΩ ΟΨΗ

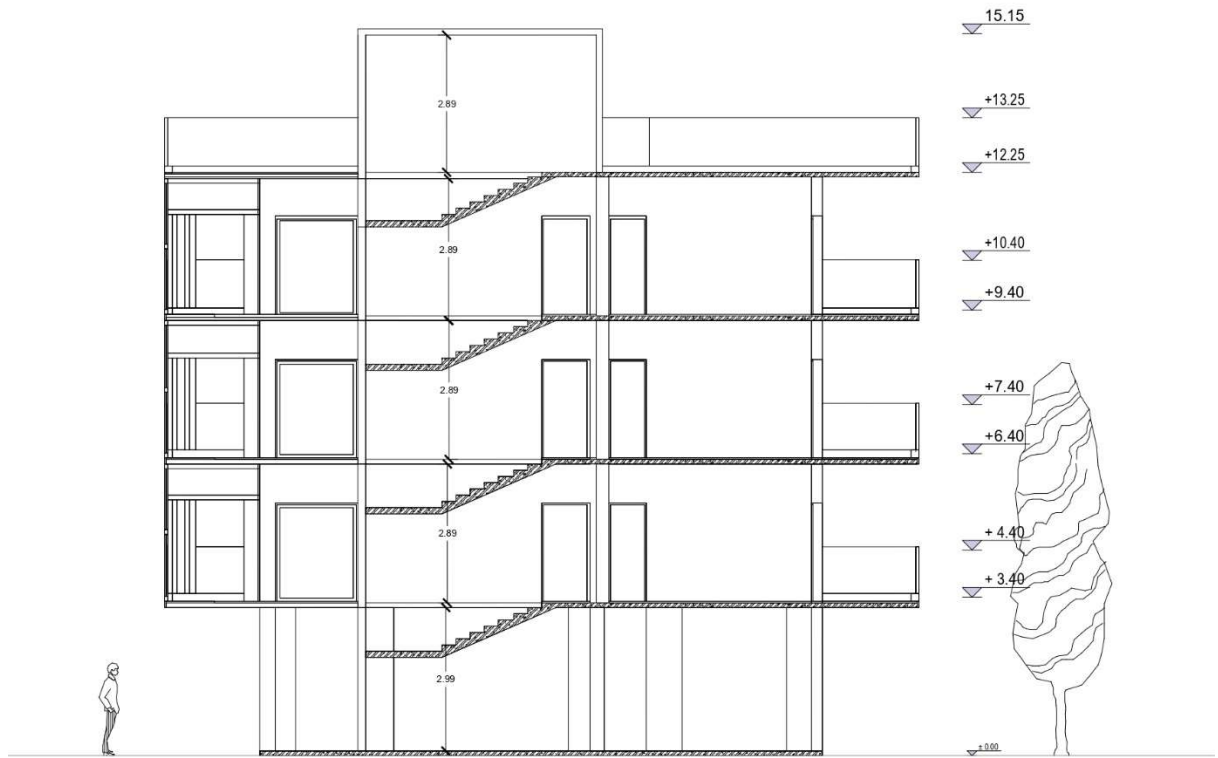


TOMH A-A





# TOMH B-B



**ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΡΟΣΟΨΗΣ**



**ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΛΑΓΙΑΣ ΟΨΗΣ**



**ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΙΣΩ ΟΨΗΣ**

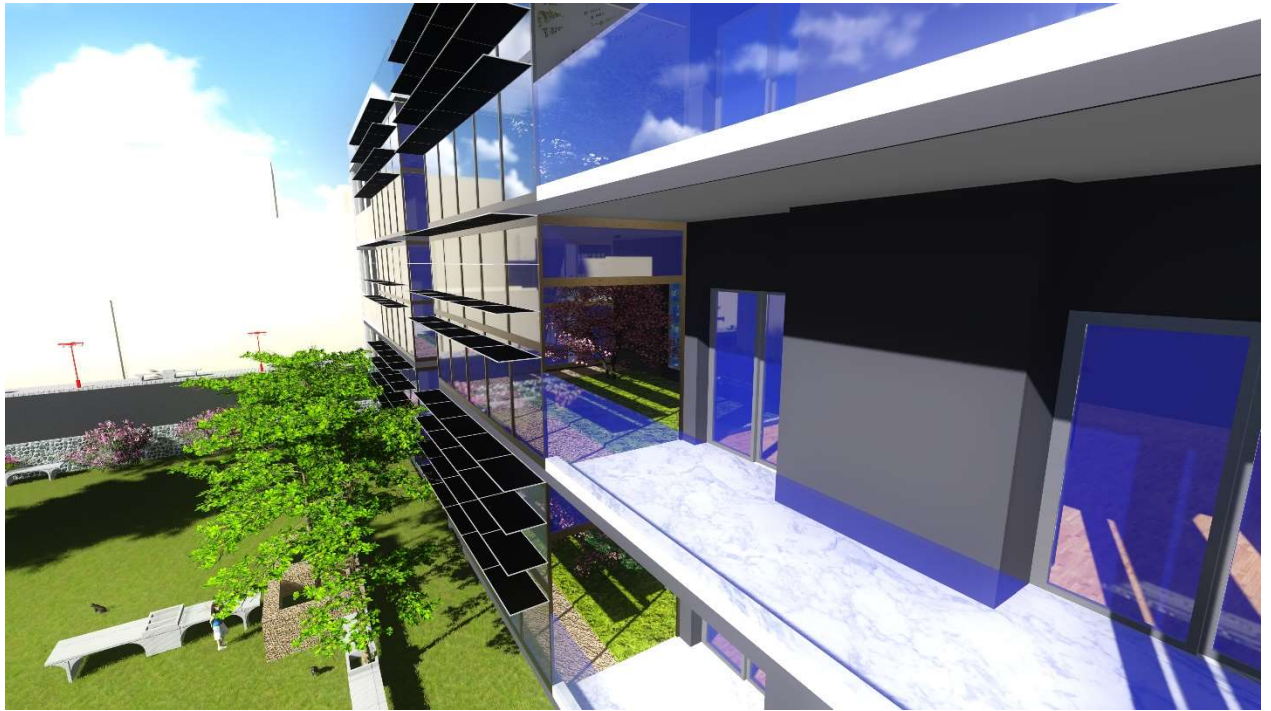


**ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΛΑΓΙΑΣ ΟΨΗΣ**





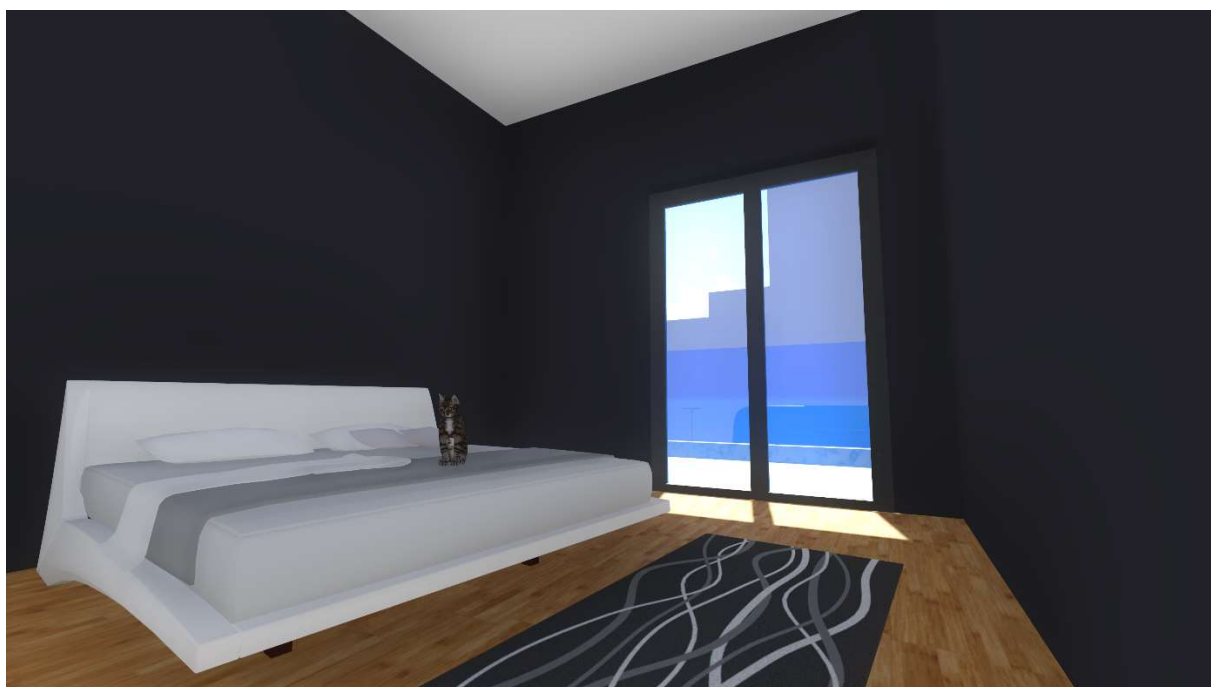
## ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ



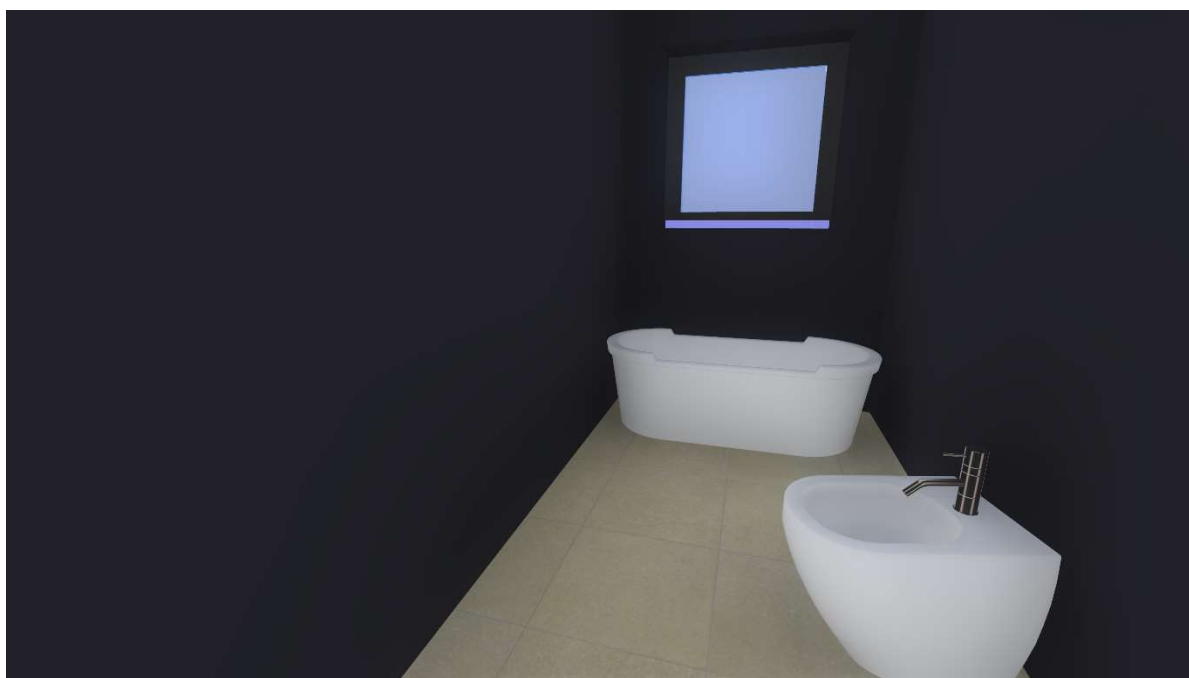
## ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ



**ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ**



**ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ**



**ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ**



**ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ**





## ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΦΩΤΟΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ



## ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Στο πιλοτικό μοντέλο της πολυκατοικίας με βιοκλιματικά στοιχεία εκτελέστηκε και στατικός έλεγχος μέσω του προγράμματος Fesra με τα κάτωθι αποτελέσματα.

### Γενικοί έλεγχοι δομήματος.

**nv Ευρωκώδικα για την επιλογή q**

**Υπολογισμός nv βάσει: όλων των τοιχωμάτων**

**Ποσοστό τέμνουσας δύναμης τοιχωμάτων §5.1.2**

<b>nvX</b>	<b>nvZ</b>
0,000	0,000

**nvG για απαίτηση ικανοτικού**

**Υπολογισμός nvG βάσει: όλων των τοιχωμάτων με μήκος lw >= 1,50**

**Ποσοστό τέμνουσας δύναμης τοιχωμάτων §5.1.2 & §4.4.2.3(4) Ελληνικό Ε.Π. §3.2**

<b>nvGx</b>	<b>nvGz</b>
0,000	0,000

\* Όταν nvG > 0.50: Δεν απαιτείται ικανοτικός σχεδιασμός υποστυλωμάτων

**Μέγιστο ανηγμένο αξονικό φορτίο υποστυλωμάτων**

Οροφος [/]	Υποστώλωμα [/]	Φόρτιση [/]	vd [/]
0	K18	ΣΣ:-z	-0,32

$$\text{Σκυρόδεμα: } v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad - \quad \text{Χάλυβας: } v_d = \frac{N_{Ed}}{N_{plRd}}$$

**Σημείωση**

\* Το υψόμετρο βάσης του κτηρίου είναι: H= 0,00

\* Ο υπολογισμός του (nv) γίνεται στους στύλους του ορόφου: 0

## Κριτήρια κανονικότητας σε κάτοψη - EC8-1 §4.2.3.2

### Ελεγχος στρεπτικής δυσκαμψίας ορόφων - EC8-1 §5.2.2.1(4)P {r > Is}

Επίπεδο [l]	Υψόμετρο οροφής [m]	rI [m]	>	Is [m]	rII [m]	>	Is [m]
3	9,00	10,14	>	8,89	9,33	>	8,89
2	6,00	10,14	>	8,89	9,30	>	8,89
1:nv	3,00	10,14	>	8,89	9,30	>	8,89

■ Το δόμημα είναι στρεπτικά δύσκαμπτο.

### Ελεγχος περιορισμού στατικής εκκεντρότητας - EC8-1 §4.2.3.2(6) {0.30\*r > |eo|}

Επίπεδο [l]	Υψόμετρο οροφής [m]	0.30*rI [m]	>	eoI  [m]	0.30*rII [m]	>	eoII  [m]
3	9,00	3,04	>	0,05	2,80	?	3,34
2	6,00	3,04	>	0,05	2,79	?	3,27
1:nv	3,00	3,04	>	0,05	2,79	?	3,27

■ Το δόμημα δεν είναι κανονικό σε κάτοψη.

\* ==> όπου: ? = μη πληρούμενο κριτήριο

### Ελεγχος δύο πρώτων σημαντικών Ιδιομορφών αν είναι κυρίως μεταφορικές: (PM1>Is), (PM2>Is)

Επίπεδο	Is	Μετ.Μάζας [+X]		Μετ.Μάζας [+Z]		Μετ.Μάζας [-X]		Μετ.Μάζας [-Z]	
		PM1	PM2	PM1	PM2	PM1	PM2	PM1	PM2
3	8,89	11,87	32,86	9,95	99,99	11,48	34,74	11,21	93,66
2	8,89	11,55	32,49	9,52	99,99	11,15	34,50	10,73	94,01
1:nv	8,89	11,01	31,59	8,81?	99,99	10,56	33,86	9,91	93,84

\* ==> όπου: ? = μη πληρούμενο κριτήριο

### Πλαστιμότητα καρπυλοτήτων μφ - EC8-1 §5.2.3.4(3)

Διεύθυνση σεισμού [-]	Βασική τιμή συντ. συμπεριφοράς qo	Θεμελιώδης Ιδιοπερίοδος T1 [sec]	Δράση μάζα [%]	Φορέας [l]	Πλαστιμότητα μφ [l]	Επιταχύνσεις ελαστ. φάσμ. Se(T1) [m/s <sup>2</sup> ]
Z	3,300	0,501	64,319	3	5,600	4,703
X	3,300	0,512	48,508	4	5,600	4,601

### Φαινόμενα 2ας τάξης EC8-1 §4.4.2.2(2) - Σεισμικός αρμός EC8-1 §4.4.2.7

#### Σχετική παραμόρφωση ορόφου EC8-1 §4.4.3.2 - Ποσοστό δυσκαμψίας Δευτερευόντων Σεισμικών μελών EC8-1 §4.2.2(4)

Επίπεδο [l]	Θήτα [l]	ds (X) [cm]	ds (Z) [cm]	Μέσο(drX*v)/h [l]	Μέσο(drZ*v)/h [l]	Κ-ΔΣΜ(X) [%]	Κ-ΔΣΜ(Z) [%]
3	0,018	4,05	4,70	0,0012	0,0014	0,00	0,00
2	0,032	3,08	3,64	0,0018	0,0024	0,00	0,00
1:nv	0,039	1,50	1,83	0,0015	0,0024	0,00	0,00

#### Σημείωση

\* Τα Θ, dr, ds έχουν υπολογιστεί με d = q \* de ( qx = 3,30/ qz = 3,30 ). Συντελεστής μείωσης v = 0,50

\* (ds: Απόλυτες μετακινήσεις, dr: Σχετικές μετακινήσεις).

\* ΚΔΣΜ: Ακαμψία Δευτερευόντων μελών <=15.0%

### Επίδραση τοιχοπληρώσεων - ης (ΣΠΕΜ) Υποστυλωμάτων EC8-1 §4.3.6.3.2

Οροφος [l]	ΔVRwX [kN]	ΔVRwZ [kN]	ΣVEdX [kN]	ΣVEdz [kN]	ΣΠΕΜ ης_X	qx [-]	ΣΠΕΜ ης_Z	qz [-]
2	0,00	0,00	467,54	635,53	1,000	3,300	1,000	3,300
1	0,00	0,00	647,00	927,43	1,000	3,300	1,000	3,300
0	0,00	0,00	711,31	1025,79	1,000	3,300	1,000	3,300

$$\eta_c = 1 + \frac{\Delta V_{Rw}}{\Sigma V_{Ed}} \leq q$$

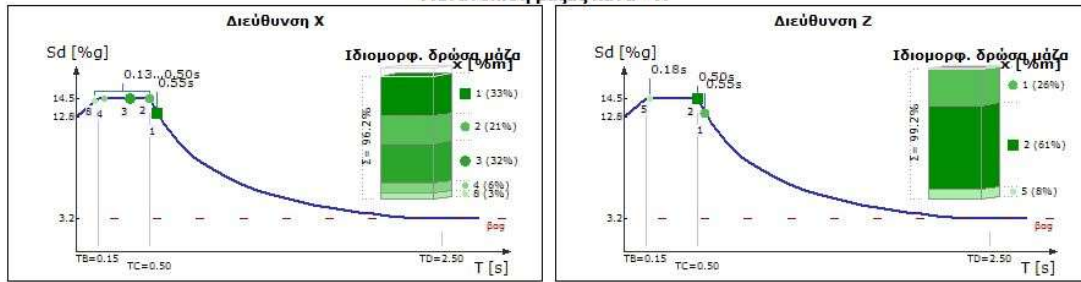
### Συνοπτικά δεδομένα μελέτης

Οροφος [l]	Υψόμετρο οροφής [m]	ΣΠΕΜ Δοκών nb	Συντ. Συνδυασμών ψ2	Συντ. μεταβλ. δράσεων Φ	Συντ. εκκ/τας X Lz	Συντ. εκκ/τας Z Lx
2	9,00	1,000	0,300	0,500	0,050	0,050
1	6,00	1,000	0,300	0,500	0,050	0,050
0	3,00	1,000	0,300	0,500	0,050	0,050
-1	0,00	1,000	0,300	0,500	0,050	0,050

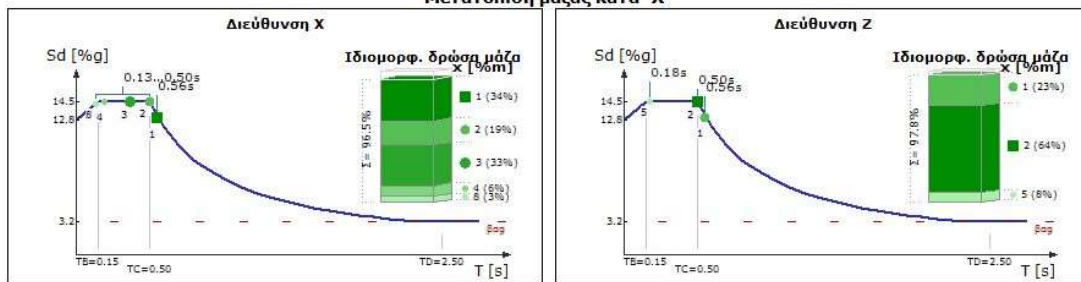
Σεισμική ανάλυση

Φάσμα σχεδιασμού [EC8-1 §3.2.2.5] - Ιδιοπερίοδοι

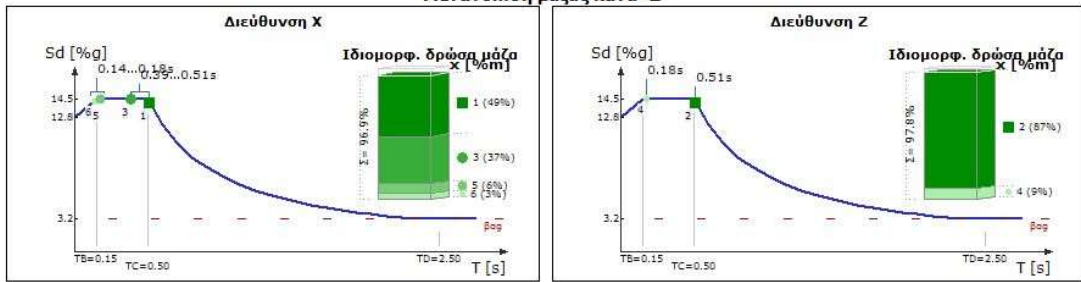
Μετατόπιση μάζας κατά +X



Μετατόπιση μάζας κατά -X



Μετατόπιση μάζας κατά -Z



$$S_d (T_B \leq T \leq T_C) = \frac{a_g \cdot S \cdot 2.5}{q} = 14.5\%g \quad a_x = 3.30$$

$$S_d (T_B \leq T \leq T_C) = \frac{a_g \cdot S \cdot 2.5}{q} = 14.5\%g \quad a_z = 3.30$$

Τέμνουσα βάση [EC8-1 §4.3.3.3.1(3), §4.3.3.3.2(3)P]

$$F_b = CQC(F_{bk}), \quad F_{bk} = Sd(T_k) \cdot m_k$$

Διεύθυνση σεισμού [μετατόπιση μάζας κατά]	Fb [kN]
X [+Z]	Demo
X [-Z]	Demo
Z [+X]	Demo
Z [-X]	Demo

### Βάρος κτιρίου

Φόρτιση [/]	W [kN]
Μόνιμα φορτία	Demo
Κινητά φορτία	Demo
Μόνιμα φορτία + Κινητά φορτία	Demo

### Κριτήρια κανονικότητας καθ' ύψος [EC8-1 §4.2.3.3 (3)]

Επίπεδο i [/]	Υψόμετρο ορόφης [m]	Ύψος ορόφου [m]	Δυσκαμψία ΚΟί [kN/m]	Μεταβολή καθ' ύψος [%]	Δυσκαμψία ΚΖί [kN/m]	Μεταβολή καθ' ύψος [%]	Μάζα mi [ton]	Μεταβολή καθ' ύψος [%]
3	9.00	3.00	0.17770E+06		0.16952E+06		0.20582E+03	
2	6.00	3.00	0.19623E+06	-9%	0.17413E+06	-3%	0.21780E+03	-6%
1:βάση	3.00	3.00	0.26113E+06	-25%	0.19898E+06	-12%	0.21780E+03	0%

### Σημειώσεις:

Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ των ορόφων μετρώνται από τη βάση προς την κορυφή του κτιρίου.  
Το κριτήριο κανονικότητας καθ' ύψος ορίζει πως η οριζόντια δυσκαμψία και η μάζα θα πρέπει να είναι σταθερές καθ' ύψος, ή να μειώνονται (αρνητική μεταβολή).

### Γενικοί έλεγχοι δομήματος.

#### nV Ευρωκώδικα για την επιλογή q

Υπολογισμός nV βάσει: όλων των τοιχωμάτων

Ποσοστό τέμνουσας δύναμης τοιχωμάτων §5.1.2

nvX	nvZ
0,000	0,000

#### nVG για απαίτηση ικανοτικού

Υπολογισμός nVG βάσει: όλων των τοιχωμάτων με μήκος lw >= 1,50

Ποσοστό τέμνουσας δύναμης τοιχωμάτων §5.1.2 & §4.4.2.3(4) Ελληνικό Ε.Π. §3.2

nvGx	nvGz
0,000	0,000

\* Όταν nVG > 0.50: Δεν απαιτείται ικανοτικός σχεδιασμός υποστύλων.

#### Μέγιστο ανηγμένο αξονικό φορτίο υποστύλων

Ορόφος [/]	Υποστώλιμα [/]	Φόρτιση [/]	vd [/]
0	K18	ΣΣ:-x	-0,33

$$\text{Σκυρόδεμα: } v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} - \text{Χάλυβας: } v_d = \frac{N_{Ed}}{N_{plRd}}$$

#### Σημείωση

- \* Το υψόμετρο βάσης του κτιρίου είναι: H= 0,00
- \* Ο υπολογισμός του (nv) γίνεται στους στύλους του ορόφου: 0



## Κριτήρια κανονικότητας σε κάτοψη - EC8-1 §4.2.3.2

### Ελεγχος στρεπτικής δυσκαμψίας ορόφων - EC8-1 §5.2.2.1(4)P {r > Is}

Επίπεδο [/]	Υψόμετρο οροφής [m]	rI [m]	>	Is [m]	rII [m]	>	Is [m]
3	9,00	10,27	>	8,89	10,17	>	8,89
2	6,00	10,27	>	8,89	10,14	>	8,89
1:nv	3,00	10,27	>	8,89	10,14	>	8,89

■ Το δόμημα είναι στρεπτικά δύσκαμπτο.

### Ελεγχος περιορισμού στατικής εκκεντρότητας - EC8-1 §4.2.3.2(6) {0.30\*r > |eo|}

Επίπεδο [/]	Υψόμετρο οροφής [m]	0.30*rI [m]	>	eoI  [m]	0.30*rII [m]	>	eoII  [m]
3	9,00	3,08	>	0,05	3,05	?	3,57
2	6,00	3,08	>	0,05	3,04	?	3,50
1:nv	3,00	3,08	>	0,05	3,04	?	3,50

■ Το δόμημα δεν είναι κανονικό σε κάτοψη.

\* ==> όπου: ? = μη πληρούμενο κριτήριο

### Ελεγχος δύο πρώτων σημαντικών Ιδιομορφών αν είναι κυρίως μεταφορικές (PM1>Is), (PM2>Is)

Επίπεδο	Is	Μετ.Μάζας [+X]		Μετ.Μάζας [+Z]		Μετ.Μάζας [-X]		Μετ.Μάζας [-Z]	
		PM1	PM2	PM1	PM2	PM1	PM2	PM1	PM2
3	8,89	13,34	80,75	12,15	99,99	13,03	84,26	14,45	99,99
2	8,89	12,92	79,43	11,72	99,99	12,62	83,05	13,93	99,99
1:nv	8,89	12,78	79,03	11,59	99,99	12,46	83,01	13,77	99,99

\* ==> όπου: ? = μη πληρούμενο κριτήριο

### Πλαστιμότητα καμπυλοτήτων μφ - EC8-1 §5.2.3.4(3)

Διεύθυνση σεισμού [-]	Βασική τιμή συντ. συμπεριφοράς q0	Θεμελιώδης Ιδιοπερίοδος T1 [sec]	Δράση μάζα [%]	Φορέας [/]	Πλαστιμότητα μφ [/]	Επιταχύνσεις ελαστ. φάσμ. Se(T1) [m/s <sup>2</sup> ]
Z	3,300	0,573	75,501	3	5,600	4,109
X	3,300	0,605	62,204	4	5,600	3,890

Χαρακτηριστική Περίοδος Tc = 0,500 [sec]

### Φαινόμενα 2ας τάξης EC8-1 §4.4.2.2(2) - Σεισμικός αρμός EC8-1 §4.4.2.7

#### Σχετική παραμόρφωση ορόφου EC8-1 §4.4.3.2 - Ποσοστό δυσκαμψίας Δευτερευόντων Σεισμικών μελών EC8-1 §4.2.2(4)

Επίπεδο [/]	Θήτα [/]	ds (X) [cm]	ds (Z) [cm]	Μέσο(drX*v)/h [/]	Μέσο(drZ*v)/h [/]	Κ-ΔΣΜ(X) [%]	Κ-ΔΣΜ(Z) [%]
3	0,025	4,90	5,51	0,0015	0,0017	0,00	0,00
2	0,040	3,73	4,21	0,0021	0,0026	0,00	0,00
1:nv	0,053	1,95	2,21	0,0022	0,0029	0,00	0,00

#### Σημείωση

\* Τα Θ, dr, ds έχουν υπολογιστεί με d = q \* de ( qx = 3,30/ qz = 3,30 ). Συντελεστής μείωσης v = 0,50

\* (ds: Απόλυτες μετακινήσεις, dr: Σχετικές μετακινήσεις).

\* ΚΔΣΜ: Ακαμψία Δευτερευόντων μελών <=15.0%

### Επίδραση τοιχοπληρώσεων - ης (ΣΠΕΜ) Υποστυλωμάτων EC8-1 §4.3.6.3.2

Οροφος [/]	ΔVRwX [kN]	ΔVRwZ [kN]	ΣVEdX [kN]	ΣVEdZ [kN]	ΣΠΕΜ ης_X	qx [-]	ΣΠΕΜ ης_Z	qz [-]
2	0,00	0,00	469,77	600,22	1,000	3,300	1,000	3,300
1	0,00	0,00	599,12	841,07	1,000	3,300	1,000	3,300
0	0,00	0,00	725,19	1015,95	1,000	3,300	1,000	3,300

$$\eta_c = 1 + \frac{\Delta V_{Rw}}{\Sigma V_{Ed}} \leq q$$

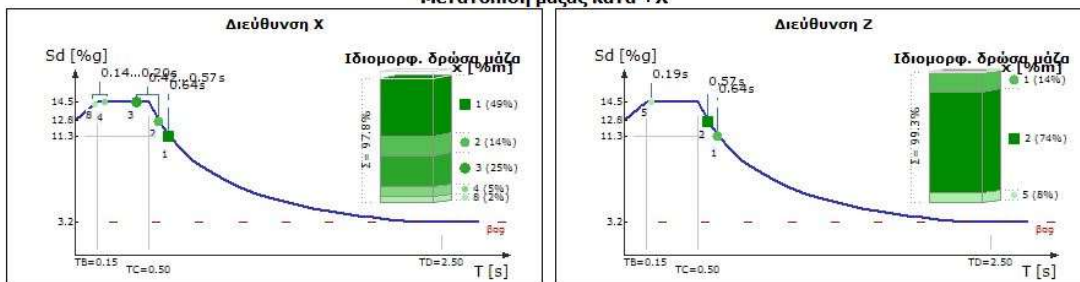
### Συνοπτικά δεδομένα μελέτης

Οροφος [/]	Υψόμετρο οροφής [m]	ΣΠΕΜ Δοκών nb	Συντ. Συνδυασμών ψ2	Συντ. μεταβλ. δράσεων Φ	Συντ. εκκ/τας X Lz	Συντ. εκκ/τας Z Lx
2	9,00	1,000	0,300	0,500	0,050	0,050
1	6,00	1,000	0,300	0,500	0,050	0,050
0	3,00	1,000	0,300	0,500	0,050	0,050
-1	0,00	1,000	0,300	0,500	0,050	0,050

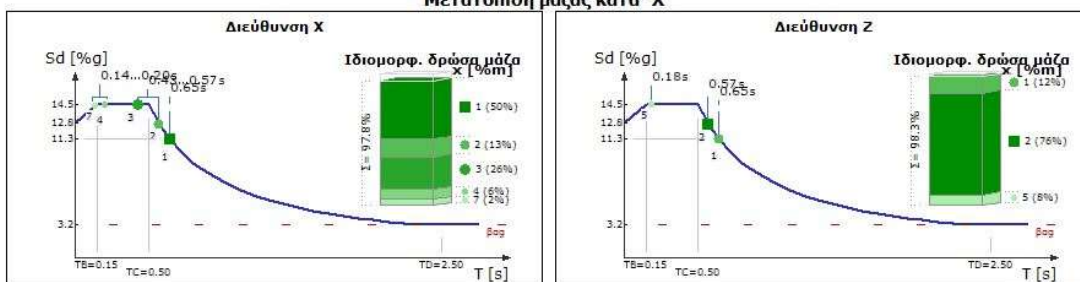
Σεισμική ανάλυση

Φάσμα σχεδιασμού [EC8-1 §3.2.2.5] - Ιδιοπερίοδοι

Μετατόπιση μάζας κατά +X



Μετατόπιση μάζας κατά -X



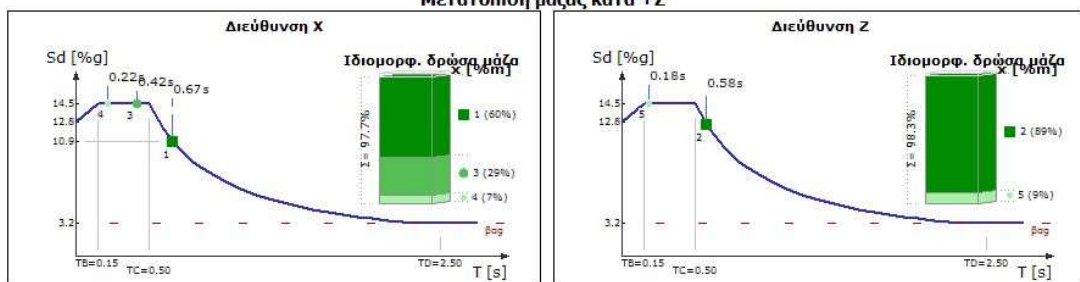
$$S_d (T_B \leq T \leq T_C) = \frac{\alpha_p \cdot S \cdot 2.5}{q} = 14.5\%g$$

$$\alpha_x = 3.30$$

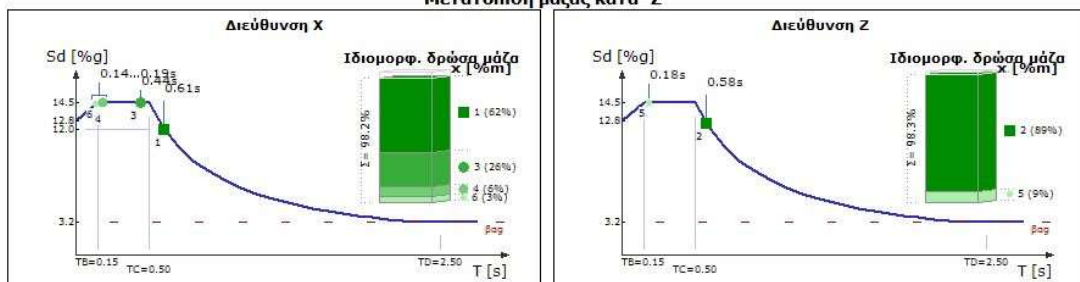
$$S_d (T_B \leq T \leq T_C) = \frac{\alpha_p \cdot S \cdot 2.5}{q} = 14.5\%g$$

$$\alpha_z = 3.30$$

Μετατόπιση μάζας κατά +Z



Μετατόπιση μάζας κατά -Z



$$S_d (T_B \leq T \leq T_C) = \frac{a_p \cdot S \cdot 2.5}{q} = 14.5\%g$$

$$q_x = 3.30$$

$$S_d (T_B \leq T \leq T_C) = \frac{a_p \cdot S \cdot 2.5}{q} = 14.5\%g$$

$$q_z = 3.30$$

Τέμνουσα βάση [EC8-1 §4.3.3.3.1(3), §4.3.3.3.2(3)P]

$$F_b = CQC(F_{bk}), \quad F_{bk} = Sd(T_k) \cdot m_k$$

Διεύθυνση σεισμού [μετατόπιση μάζας κατά]	Fb [kN]
X [+Z]	Demo
X [-Z]	Demo
Z [+X]	Demo
Z [-X]	Demo

Βάρος κτιρίου

Φόρτιση [/]	W [kN]
Μόνιμα φορτία	Demo
Κινητά φορτία	Demo
Μόνιμα φορτία + Κινητά φορτία	Demo

Κριτήρια κανονικότητας καθ' ύψος [EC8-1 §4.2.3.3 (3)]

Επίπεδο i [/]	Υψόμετρο οροφής [m]	Ύψος ορόφου [m]	Δυσκαμψία ΚΚi [kN/m]	Μεταβολή καθ' ύψος [%]	Δυσκαμψία ΚΖi [kN/m]	Μεταβολή καθ' ύψος [%]	Μάζα mi [ton]	Μεταβολή καθ' ύψος [%]
3	9.00	3.00	0.16182E+06	-7%	0.15687E+06	-2%	0.20582E+03	-6%
2	6.00	3.00	0.17364E+06	-1%	0.15974E+06	-2%	0.21780E+03	0%
1:βάση	3.00	3.00	0.17586E+06		0.16225E+06		0.21780E+03	

Σημειώσεις:

Οι ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ των ορόφων μετρώνται από τη βάση προς την κορυφή του κτιρίου.

Το κριτήριο κανονικότητας καθ' ύψος ορίζει πως η οριζόντια δυσκαμψία και η μάζα θα πρέπει να είναι σταθερές καθ' ύψος, ή να μειώνονται (αρνητική μεταβολή).

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Έντυπη

- Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων-© Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Εκπαιδευτικό Σχολικό Σύγγραμμα-Φυσική Γ' Γυμνασίου-Έτος 2001
- Βαγγέλης Πρατικάκης, Φως στη σκοτεινή ύλη, Το Βήμα, 3 Απριλίου 2012
- Γελεγένης Ι., Αζαόπουλος Ι., 2005, «Πηγές ενέργειας», Εκδόσεις: Σύγχρονη Εκδοτική
- Χασικίδη Ειρήνη – Φωτεινή 2010, «Αιολική ενέργεια σε Ελλάδα και Ευρώπη», Πάτρα, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών
- E. Hau, "Wind Turbines : Fundamentals, Technologies, Application, Economics", Berlin Heidelberg: Springer - Verlag, 2013.
- Πέττας Αντώνιος- Γενναίος, 2020 «Ανάπτυξη μεθοδολογίας αξιολόγησης των προγνωστικών μοντέλων στην αιολική ενέργεια», Αθήνα, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών.
- «Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα», Τομέας Βιομάζας, ΚΑΠΕ, 1998
- Fridleifsson I.B. (2001). Geothermal energy for the benefit of the people. Renewable and Sustainable Energy Reviews, V. 5
- Υβριδικά Συστήματα παραγωγής ενέργειας βασιζόμενα σε συνδυασμό δύο διαφορετικών μορφών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, την αιολική και την υδροηλεκτρική ενέργεια, Σπυρίδων Τζιβάρας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- ΤΕΕ, 1ο Πανελλήνιο συνέδριο μεγάλων φραγμάτων 2008. Ι.Γ Αργυράκης «Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί της ΔΕΗ Α.Ε και η συμβολή τους στη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας. Ι.Γ Αργυράκης»
- Daniel Moscovici, Richardson Dilworth, Jerry Mead & Sheng Zhao (2015) Can sustainability plans make sustainable cities? The ecological footprint implications of renewable energy within Philadelphia's Greenworks Plan, Sustain Sci Pract Pol, 11 (1) (2015).
- ΚΑΠΕ, ΕΡΓΟ: RES DISSEMINATION, Ένωση Διπλωματούχων Ελληνίδων Μηχανικών(ΕΔΕΜ), Ένωση Γυναικών Ελλάδας(ΕΓΕ), Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας(ΚΑΠΕ) και από την Ισπανία το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Καταlogίας(ΙCT)
- Sustainable Design for Renewable Processes Principles and Case Studies 2022, Pages 397-439. Chapter 10 - Photovoltaic solar energy, Author CésarRamírez-Márquez, MarianoMartín.
- ΣΕΒ ( Σύλλογος Ελλήνων Βιομηχάνων), Οικονομία & Επιχειρήσεις, Special Report Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία. Τεύχος 62, 28 Ιανουαρίου 2021.
- ΕΕ, Οικοδόμηση και Ανακαίνιση, Δεκ. 2019 και Ανακοίνωση της Επιτροπής COM(2020) 662 final: A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives
- Wang et al., 2015 : Wang S.J., Moriarty P., Ji Y.M., Chen Z. A new approach for reducing urban transport energy Energy Procedia, 75 (2015), pp. 2910-2915
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Εθνικό σχέδιο για την ενέργεια και το κλίμα. Αθήνα, Δεκέμβριος 2019.

- ΙΔΡΥΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ & ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ FOUNDATION FOR ECONOMIC & INDUSTRIAL RESEARCH , Svetoslav Danchev και Γιώργος Μανιάτης, Μάιος 2014.
- Περί αρχαίας ιατρικής, περί αερίων, υδάτων, τόπων. Ιπποκράτης ο Κώος π.Χ. 460-377.
- Πτυχιακή Εργασία « Διερεύνηση βιοκλιματικών στοιχείων μέσα από την μελέτη ιστορικών κατασκευών», Καρτάλης Γεώργιος, Σταθοπούλου Καλλιόπη, Πειραιάς 2010, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά.
- Πτυχιακή εργασία «Ηλιακά και Παθητικά Συστήματα Και Άλλοι Τρόποι Εξοικονόμησης Ενέργειας», Ειρήνη Φλώρου, Αθήνα 2013, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά.
- Διπλωματική Εργασία «Δυνατότητες Εφαρμογής Παθητικών Συστημάτων Στο Αστικό Περιβάλλον». Μαρία-Ελισάβετ Χατζηνώτα, Θεσσαλονίκη Ιούλιος 2012, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 49, September 2015, Pages 736-755. Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort Authors Francisco Manzano-Agugliaro, Francisco G.Montoya, Andrés Sabio-Ortega, Amós García-Cruza.
- Πτυχιακή Εργασία «Φωτοβολταϊκά συστήματα», Κασουρι Μάριος, Μιχαλι Τζουλιου- Αλέξανδρος, Σερρες 2017.
- Διπλωματική Εργασία «Μελέτη Φωτοευαίσθητων Υλικών με σκοπό την Ενεργειακή Αναβάθμιση Κτηρίων και την Φωτοκαταλυτική Αποδόμηση Οργανικών Ρυπαντών», Καρακώστα Λαμπρινή, Πάτρα 2015.
- Διπλωματική Εργασία «Σημασία των Υλικών στον Βιοκλιματικό Σχεδιασμό», Κόντης Π. Χρήστος, Αθήνα 2012.
- Διπλωματική Εργασία «Εφαρμογές των Νανοϋλικών στο Πεδίο του Πολιτικού Μηχανικού», Γκιςγκίνη Ειρήνη, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
- Bhushan B. (2003) Handbook of Nanotechnology
- Chen J., Poon C. (2009) Photocatalytic construction and building materials: From fundamentals to applications
- Greßler S., Fiedeler U., Simkó M. et al. (2010) Self-cleaning, dirt and water-repellent coatings on the basis of nanotechnology.
- Demeestere, K., Dewulf, J., De Witte, B., Beeldens, A., Van Langenhove, H. (2008). Heterogeneous photocatalytic removal of toluene from air on building materials enriched with TiO<sub>2</sub>. Build Environ, vol. 43, pp. 406-416.
- Fujishima, A., Hashimoto, K., Watanabe, T. (1999). TiO<sub>2</sub> photocatalysis, fundamentals and applications. BKC Inc., Tokyo.
- Ramirez, A. Maury, Demeestere, K., De Belie, N., Mantyla, T., Levanen, E. (2010). Titanium dioxide coated cementitious materials for air purifying purposes: Preparation, characterization and toluene removal potential. Building and Environment, vol. 45, pp. 832–838.
- TEE (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας), Ηλεκτρονική Καθημερινή Ενημέρωση, Τεύχος 876, 2015 [https://portal.tee.gr/portal/page/portal/INFO\\_TEE/INFO\\_2015/05\\_15/NEWSLETTER20150519.pdf](https://portal.tee.gr/portal/page/portal/INFO_TEE/INFO_2015/05_15/NEWSLETTER20150519.pdf)
- Gopalakrishnan K. , Birgisson B., Taylor P. et al. (2011) Nanotechnology in Civil Infrastructure A Paradigm Shift.
- Daczko J. A. (2012) Self-Consolidating Concrete Applying What We Know.



- History and case study on light transmitting concrete, H.B.Valambhiya, T.J.Tuvar, V.Rajjada, January 2017, Volume 4, Issue 01
- LITRACON: A STATE-OF-THE-ART REVIEW, Kusuma Sahithi, Pulletikurti Mouunica, International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, 2019 Vol. 3, Issue 12, ISSN No. 2455-2143, Pages 119-122
- Suleymanova L, Maliukova M, Pogorelova I, Yakovleva E and Koryakina A 2016 Decorative elements as a way of esthetic understanding of space. The Bulletin of BSTU V. G. Shukhov
- TPA: TPA Society for quality assurance and innovation Μέρος του ομίλου Strabag SE. Ευρωπαϊκός Όμιλος τεχνολογίας για κατασκευαστικές υπηρεσίες ( άσφαλτος, σκυρόδεμα, χωματουργικές εργασίες κ.α)
- Πανεπιστήμιο Πατρών, Ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα, Ήπιες Μορφές Ενέργειας Ενότητα 2: Ηλιακή Ενέργεια Ελευθέρως Αμανατίδης Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Χημικών Μηχανικών.
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών Εκπαιδευτικό Υλικό, Α.Επιθεώρηση κτηρίων, Θεματική Ενότητα ΔΕ3, Κλίμα και εσωτερικό περιβάλλον. Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων, Αθήνα, Ιούνιος 2011
- Bioclimatic design strategies: A guideline to enhance human thermal comfort in Cfa climate zones, Abdollah Baghaei Daemei, Seyed Rahman Eghbali, Elham Mehrinejad Khotbehsara, Journal of Building Engineering, Volume 25, September 2019.
- Διπλωματική εργασία «Μελέτη, τρισδιάστατη μοντελοποίηση και κατασκευή μακέτας βιοκλιματικής» Ανδρεουλιάκης Γ., Ανδρεουλιάκης Σ., Κύρκας Ν., ΤΕΙ Κρήτης, Χανιά 2010.
- Διπλωματική εργασία «Εξοικονόμηση ενέργειας από το βιοκλιματικό σχεδιασμό κτηρίων», Μπουζάνης Κ. , Νεζερίτης Χ. Τμήμα Μηχανολογίας ΤΕΙ Πειραιά.
- Διπλωματική εργασία «Εκτίμηση θερμοχωρητικότητας τυπικών κατασκευών με διαφορετικά συστήματα δόμησης», Albayyounk Mousa, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2017.
- R. De. Lieto Vollaro, C. Guattari, L. Evangelisti, G. Battista, E. Carnielo, P. Gori Building energy performance analysis: a case study Energy Build, 87 (2015), pp. 87-94, 10.1016/j.enbuild.2014.10.080
- F. Kurtz, M. Monzón, B. López-Mesa Energy and acoustics related obsolescence of social housing of Spain's post-war in less favoured urban areas. The case of Zaragoza Inf La Constr, 67 (2015), p. m021, 10.3989/ic.14.062
- Prada, F. Cappelletti, P. Baggio, A. Gasparella On the effect of material uncertainties in envelope heat transfer simulations Energy Build, 71 (2014), pp. 53-60, 10.1016/j.enbuild.2013.11.083
- C. Peng, Z. Wu In situ measuring and evaluating the thermal resistance of building construction Energy Build, 40 (2008), pp. 2076 - 2082, 10.1016/j.enbuild.2008.05.012
- Διπλωματική εργασία «Ηλιακή θέρμανση κτηρίων με χρήση μείγματος συμβατικών δομικών υλικών και υλικών αλλαγής φάσης (PCM) στους εσωτερικούς τοίχους», Καλλινίκου Ζαφειρία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα 2011.
- S. Dan, C. Jing, Z. Zhao Energy and exergy analysis of different Trombe walls Energy Build, 126 (2016), pp. 517-523.
- Denzer The solar house: pioneering sustainable design Arts, 3 (2013), pp. 303-306.
- Denzer, P. Novikova-Kinney, T. Arthur Brown: Pioneer of passive solar architecture American Solar Energy Society (2010), pp. 1-7.
- O. Saadatian, K. Sopian, C. Lim, N. Asim, M. Sulaiman Trombe walls: a review of opportunities and challenges in research and development Renew Sustain Energy Rev, 16 (2012), pp. 6340-6351.

- Y. Liu, D. Wang, C. Ma, J. Liu A numerical and experimental analysis of the air vent management and heat storage characteristics of a Trombe Wall ,Sol Energy, 91 (2013), pp. 1-10.
- J. Khedari, C. Lertsatitthanakorn, N. Pratinthong, J. Hirunlabh ,The modified Trombe wall: a simple ventilation means and an efficient insulating material, Int J Ambient Energy, 19 (1998), pp. 104-110.
- H. Zhongting, L. Bingqing, H. Wei Experimental investigation of a novel Trombe wall with Venetian blind structure Energy Procedia, 70 (2015), pp. 691-698
- L. Zalewski, M. Chantant, S. Lassue, B. Duthoit Experimental thermal study of a solar wall of composite type Energy Build, 25 (1997), pp. 7-18.
- Z. Zrikem, E. Bilgen Theoretical study of a composite Trombe-Michel Wall solar collector system Sol Energy, 39 (1987), pp. 409-419.
- J. Shen, S. Lassue, L. Zalewski, D. Huang Numerical study on thermal behavior of classical or composite Trombe solar walls Energy Build, 39 (2007), pp. 962-974.
- Z. Hu, W. He, J. Ji, S. Zhang A review on the application of Trombe wall system in buildings Renew Sustain Energy Rev, 70 (2017), pp. 976-987
- L. Zalewski, A. Joulin, S. Lassue, Y. Dutil, D. Rousse Experimental study of small-scale solar wall integrating phase change material Sol Energy, 86 (2012), pp. 208-219.
- F. Demirbas Thermal energy storage and phase change materials: an overview Energy Sources, B1 (2006), pp. 85-95.
- M. Pomianowska, P. Heiselberga, Y. Zhang Review of thermal energy storage technologies based on PCM application in buildings Energy Build, 67 (2013), pp. 56-69.
- Ghazali, E. Salleh, L. Chin, K. Sopian, S. Mat Photovoltaic façade in Malaysia: the development and current issue Eng Technol, 13 (8) (2016), pp. 652-663.
- T. Chow, J. Hand, P. Strachan Building-integrated photovoltaic and thermal applications in a subtropical hotel building Appl Therm Eng, 23 (2003), pp. 2035-2049.
- D. Bainbridge Water wall solar design manual (2005).
- D. Lide CRC handbook of chemistry and physics (90th Edition), Taylor & Francis (2009).
- Simmons H. Olin's construction: principles, materials, and methods. John Wiley and Sons; 2011.  
N.R.E.L. Building A better Trombe wall National Renewable Energy Laboratory (2005), pp. 1-3
- O. Saadatian, L. Chin, K. Sopian, E. Salleh, N. Ludin Solar walls: the neglected components of passive designs Advanced in Environment, Biotechnology and Biomedicine (2012), pp. 120-126
- Bushov Space-planning solution and its impact on the energy efficiency and microclimate of the Academia building Architect Constr (2010), pp. 251-252
- J. Nayak Transwall versus Trombe wall: relative performance studies Energy Convers Manag, 4 (1987), pp. 389-393
- National Renewable Energy Laboratory Transpired collectors (solar preheaters for outdoor ventilation air) a DOE national laboratory (1998), pp. 1-24
- M. Tunç, M. Uysal Passive solar heating of buildings using a fluidized bed plus Trombe wall system Appl Energy, 38 (3) (1991), pp. 199-213
- P. Rusheljuk Heat transfer in circulating fluidized bed Doctoral school of energy and geotechnology (2006), pp. 167-174.

- M. Rabani, V. Kalantar, Ali A. Dehghan, Ahmadreza K. Faghieh Empirical investigation of the cooling performance of a new designed Trombe wall in combination with solar chimney and water spraying system Energy and Buildings Volume 102, 1 September 2015, Pages 45-57.
- R. Belarbi, C. Ghiaus, F. Allard Modeling of water spray evaporation: application to passive cooling of buildings Sol. Energy, 80 (2006), pp. 1540-1552.
- Διπλωματική εργασία «Αποθήκευση ενέργειας για θέρμανση κτηρίων» Δ. Μπιλανάκος, Φ.Τουλκερίδης, ΤΕΙ Καβάλας.
- Διπλωματική εργασία «Ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενου σχολικού συγκροτήματος. Μελέτη περίπτωσης 3ου ενιαίου λυκείου Κορυδαλλού» Π.Μαυρούδη, Α.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ. Δεκέμβριος 2017.
- Chandra, P., L.D. Albright and G.E. Wilson, 1981. Pressure drop of unidirectional air flow through rock beds. Transactions of the ASAE, pp: 1010-1013.
- Garzoli, K.V., 1989. Design of rock piles for greenhouse energy storage. Acta Hortic., 257: 21-28.
- Ayyoob Sharifi-Yoshiki Yamagata, Roof ponds as passive heating and cooling systems: A systematic review, Applied Energy 160 (2015), ELSEVIER, p.336-357.
- R. Tang, Y. Etzion Cooling performance of roof ponds with gunny bags floating on water surface as compared with a movable insulation Renew Energy, 30 (2005), pp. 1373-1385.
- K.C.K. Vijaykumar, P.S.S. Srinivasan, S. Dhandapani A performance of hollow clay tile (HCT) laid reinforced cement concrete (RCC) roof for tropical summer climates Energy Build, 39 (2007), pp. 886-892.
- H. Alzoubi, A.H. Al-Zoubi Assessment of building façade performance in terms of daylighting and the associated energy consumption in architectural spaces: vertical and horizontal shading devices for southern exposure façades Energy Convers. Manag., 51 (2010), pp. 1592-1599.
- Διπλωματική εργασία «Αξιολόγηση διαφόρων μεθόδων σκίασης σε κτήρια διοίκησης με κριτήρια την αξιοποίηση φυσικού φωτισμού και την εξοικονόμηση ενέργειας», Α. Αναγνώστου, Σ.Πάτρα, Σεπτέμβριος 2020.
- 1st International Conference on Optimization-Driven Architectural Design (OPTARCH 2019) Bioclimatic building design theory and application Agnes Couvelas Couvelas-Kouvelas Architects, Dyrrachiou St.3, Athens 15669, Greece, <http://couvelas.net/>
- D. Christoffers Seasonal shading of vertical south-facades with prismatic panes, Solar Energy Volume 57, Issue 5, November 1996, Pages 339-343.
- Sourek, V. Jirka, V. Shemelin, T. Matuska, Experimental characterization of glazing with glass prisms, Solar Energy Volume 158, December 2017, Pages 440-447.
- Kolokotsa, M. Santamouris, S.C. Zerefos Green and cool roofs' urban heat island mitigation potential in European climates for office buildings under free floating conditions, Solar Energy Volume 95, September 2013, Pages 118-130.
- M. Santamouris, C. Pavlou, P. Doukas, G. Mihalakakou, A. Synnefa, A. Hatzibiros, P. Patargias Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece. Energy Volume 32, Issue 9, September 2007, Pages 1781-1788.
- Maria Manso, João Castro-Gomes, Green wall systems: A review of their characteristic, Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 41, January 2015, Pages 863-871.
- M. Kohler Green facades – a view back and some visions Urb Ecosyst, 11 (2008), pp. 423-426.

- N.Dunnett, N. Kingsbury Planting green roofs and living walls, Timber Press, Portland/London (2008).  
Maria Manso, Inês Teotónio, Cristina Matos Silva, Carlos Oliveira Cruz, Green roof and green wall benefits and costs: A review of the quantitative evidence, Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 135, January 2021.
- Muhammad Shafique, Reeho Kim, Muhammad Rafiq, Green roof benefits, opportunities and challenges – A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 90, July 2018, Pages 757-773.
- Mobasheri M. Green roofs-construction and functional requirements for four buildings on the IST campus; 2014.
- V. Stovin, G. Vesuviano, H. Kasmin The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions J Hydro, 414 (2012), pp. 148-161.
- M. Kohler Green facades – a view back and some visions Urb Ecosyst, 11 (2008), pp. 423-426.
- M.J.E. Orme, Buildings Estimates of the energy impact of ventilation and associated financial expenditures 33 (2001), pp. 199-205.
- L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, C. Pout A review on buildings energy consumption information Energy Build, 40 (2008), pp. 394-398.
- Διπλωματική εργασία «Εξοικονόμηση ενέργειας από το βιοκλιματικό σχεδιασμό κτηρίων», Κ.Μπουζάνης, Χ.Νεζερίτης, ΤΕΙ Πειραιά.
- Διπλωματική εργασία «Δυνατότητες εφαρμογής παθητικών συστημάτων στο αστικό περιβάλλον», Μαρία-Ελισάβετ Χατζηνώτα, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ιούλιος 2012.
- Διπλωματική εργασία «Φυσικός αερισμός και φυσικός δροσισμός κτηρίου», Στελιουδάκης Μάριος-Εμμανουήλ, ΤΕΙ Κρήτης, 2017
- Agnes Couvelas, Bioclimatic building design theory and application, Procedia Manufacturing Volume 44, 2020, Pages 326-333.
- M.Soltani, FarshadM. Kashkooli, A.R.Dehghani-Sanij, A.R.Kazemi, N.Bordbar, M.J.Farshchi, M.Elmi, K.Gharali, MauriceB. Dusseault, A comprehensive study of geothermal heating and cooling systems, Sustainable Cities and Society Volume 44, January 2019, Pages 793-818.
- Διπλωματική εργασία «Σύγχρονες μέθοδοι άντλησης και αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας» Δασκαλάκη Α. Διονυσία, Καβάλα Απρίλιος 2009, Τ.Ε.Ι. Καβάλας.
- A.K. Sani, R. Martand, T. Amis, I. Cavarretta A review on the performance of geothermal energy pile foundation , its design process and applications Renew Sustain Energy Rev, 106 (2019), pp. 54-78.
- R.H.D. Rawlings, J.R. Sykulski Heat pumps : a technology Proc CIBSE A Build Serv Eng Res Technol, 20 (3) (1999), pp. 119-129.
- R.P.CunhaP., J.Bourne-Webb A critical review on the current knowledge of geothermal energy piles to sustainably climatize buildings, Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 158, April 2022
- F.A. Loveridge, W. Powrie The average temperature of energy piles Geotech Spec Publ (2016), p. 166, 10.1061/9780784480137.017 2016-Janua.
- S.Kotti,D.Teli,P.A.B.James, Quantifying Thermal Bridge Effects and Assessing Retrofit Solutions in a Greek Residential Building, Procedia Environmental Sciences Τόμος 38 , 2017 , Σελίδες 306-313.
- British Standards Institution. BS ISO 10211-1:1995 Thermal Bridges in Building Construction -- Heat Flows and Surface Temperatures -- Part 1: General Calculation Methods. London: BSI; 1995.

- C.A. Balaras, A.G. Gaglia, E. Georgopoulou, Y. Sarafidis, D. Lalas, S. Mirasgedis European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings Build Environ., 42 (3) (2007), pp. 1298-1314.
- Tsikaloudaki k., Theodosiou T., Aravantinos D., Kontoleon K. N., Bikas D.,(2014), Quantifying the thermal bridging effect with regard to the facades configuration, 1St International academic conference, Places and technologies 2014, pp. 720-727.
- G.Evola, G.Margani, L.Marletta. Energy and cost evaluation of thermal bridge correction in Mediterranean climate, Energy and Buildings Volume 43, Issue 9, September 2011, Pages 2385-2393.
- Αραβαντινός Δ. (2013). Η θερμομόνωση των κτηρίων και τα θερμομονωτικά υλικά, Διδακτικό εγχειρίδιο για το μάθημα «Οικοδομική ΙΙ» , Εργαστήριο Οικοδομικής και Φυσικής των Κτηρίων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ.
- Διπλωματική εργασία «Στατική ανάλυση θερμικών ροών από αντιπροσωπευτικές θερμογέφυρες του κτηριακού κελύφους» Ε. Αβραμίδου, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Πολυτεχνική Σχολή, Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2016.
- Ενημερωτική ημερίδα-Σύλλογος Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων Βορείου Ελλάδος(ΣΜΗΒΕ). Δημήτριος Αναστασέλος Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός.
- Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών-Εργαστήριο Οικοδομικής και Φυσικής Κτηρίων, Σημειώσεις για το σεμινάριο του τμήματος Κεντρικής Μακεδονίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτηρίων. Θέμα: Επίδραση θερμογέφυρων στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Προβλήματα και τρόποι αντιμετώπισης τους. Δημήτρης Αραβαντινός, Αναπληρωτής Καθηγητής Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2009.
- Margarita-Niki Assimakopoulos, Rosa Francesca De Masi, Anastasia Fotopoulou, Dimitra Papadaki, Silvia Ruggiero, Giovanni Semprini, Giuseppe PeterVanoli. Holistic approach for energy retrofit with volumetric add-ons toward nZEB target: Case study of a dormitory in Athens. Energy and Buildings, Volume 207, 15 January 2020.
- Asam Ahmed, Tianshu Ge, Jinqing Peng, Wei-Cheng Yan, Boon Tuan Tee, Siming You. Assessment of the renewable energy generation towards net-zero energy buildings: A review. Energy and Buildings Volume 256, 1 February 2022.
- European Commission Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A Policy Framework for Climate and Energy in the Period from 2020 to 2030, Brussels, 22.1.2014 COM (2014).
- Οδηγία (ΕΕ) 2010/31 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 19ης Μαΐου 2010, για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων (αναδιατύπωση).
- Delia D'Agostino, Livio Mazzarella. What is a Nearly zero energy building? Overview, implementation and comparison of definitions. Journal of Building Engineering Volume 21, January 2019, Pages 200-212.
- Διπλωματική εργασία «Κτήρια Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας και Βιοκλιματικός Σχεδιασμός. Εξοικονόμηση Ενέργειας με Ηλιοθερμικά Συστήματα.» Δημήτριος Θ. Παπανδρέου. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Σχολή θετικών επιστημών & τεχνολογίας Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και κτηρίων, Σπηλιόπουλος Μάριος Σχολικά κτήρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Η περίπτωση του 1ου Δημοτικού Σχολείου Πατρών.
- EU, Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Union, 2012.



- P. Torcellini, S. Pless, M. Deru, D. Crawley, Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, National Renewable Energy Laboratory and Department of Energy, US, 2006.
- Διπλωματική εργασία «Σχεδιασμός Κτηρίων Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (nZEB) – Μελέτη Περίπτωσης: Αναβάθμιση Υφιστάμενου Ξενοδοχειακού Συγκροτήματος» Σ. Τίγκας, Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών: Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων & Κτηρίων, Πάτρα, Ιούλιος 2019.

## Ηλεκτρονική

- [www.cres.gr/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/biomass_guide.pdf)
- [www.latomet.gr/geotherm/index.html](http://www.latomet.gr/geotherm/index.html)
- <https://www.utunisphere.com>
- <https://newatlas.com/tpaqi-glow-in-the-dark-bike-path-lidzbark-warminski-poland/45820/>
- <https://tripjaunt.com/glow-in-the-dark-bike-path-in-poland/>
- IOBE: [http://iobe.gr/docs/research/RES\\_05\\_C\\_27062014\\_REP\\_GR.pdf](http://iobe.gr/docs/research/RES_05_C_27062014_REP_GR.pdf)
- IOBE: [http://iobe.gr/docs/pub/RES\\_05\\_B\\_24102017\\_REP\\_GR.pdf](http://iobe.gr/docs/pub/RES_05_B_24102017_REP_GR.pdf)
- <http://www.allaboutenergy.gr/Intro12.html>
- Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat>
- <https://www.meteology.gr/statistika-iliofaneias-gia-tin-ellada>
- Ηλεκτρονικό περιοδικό Υδραυλικός, (22.02.2012), Καπνοδόχοι/Καπναγωγοί, Άρθρο διαθέσιμο στο: <https://ydravlikos.gr/kapnodochi-kapnagogi/>
- <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>
- [https://www.sev.org.gr/wp-content/uploads/2021/01/2021-01-28\\_SEV\\_SRGreenDeal\\_final.Pdf](https://www.sev.org.gr/wp-content/uploads/2021/01/2021-01-28_SEV_SRGreenDeal_final.Pdf)
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε οικιστικά σύνολα Res Dissemination, ΚΑΠΕ, <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας «Ηλιακή/ Φωτοβολταϊκά», <https://ypen.gov.gr/energeia/ape/technologies/iliaki-fotovoltaika/>

- Εταιρεία Ηλιοθερμική, Θερμοσυσσωρευτές, Άρθρο διαθέσιμο στο:  
<https://www.eliothermiki.gr/%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CF%83%CF%85%CF%83%CF%83%CF%89%CF%81%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%B5%CF%82>
- European Commission, EU Buildings Database, <https://ec.europa.eu/energy/en/eu-buildings-database>
- European Commission website available on line at <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>
- Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο «What is renewable energy ?» <https://audiovisual.ec.europa.eu/en/video/I-196320?lg=EN%2FEL>
- <https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/elfinalnecpmainel.Pdf>
- <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/14d7e768-1b50-11ec-b4fe-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-256620484>