

Iceland  
Liechtenstein  
Norway grants



ΔΗΜΟΣ  
ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ  
ΚΑΜΑΤΕΡΟΥ

## Π.2.1.7: 1ος Θεματικός Οδηγός Αξιοποίησής Αποτελεσμάτων - Ενεργειακή Αναβάθμιση Κτιριακών Υποδομών

Έργα Α.Π.Ε. και Ενεργειακή Αναβάθμιση σε δημοτικά κτίρια της Δ.Κ. Αγ. Αναργύρων»

Ημερομηνία υποβολής: Αύγουστος 2023,  
1<sup>η</sup> έκδοση



## Πίνακας Περιεχομένων

<b>Εισαγωγή – Σκοπός Παραδοτέου</b>	5
<b>Ενότητα 1: Μεθοδολογία του Παραδοτέου</b>	7
<b>Ενότητα 2: Ανασκόπηση Δράσεων ΑΠΕ-ΕΞΕ σε Εκπαιδευτικά Ιδρύματα</b>	8
2.1. Ενεργειακή Πιστοποίηση Κτιριακού Αποθέματος – Απαραίτητο Στοιχείο Επενδύσεων	8
2.1.1 Βασικές Έννοιες του ΠΕΑ	8
2.1.2 Λοιπά Εργαλεία Πιστοποίησης	11
2.1.3 Εφαρμογές ΠΕΑ	20
<b>Ενότητα 3: Οδηγίες για Γρήγορες Αποφάσεις για τις ΑΠΕ και ΕΞΕ σε Κτιριακές Υποδομές</b>	32
3.1 Ενεργειακή Απόδοση Μικρής Κλίμακας	32
3.2 Ενεργειακή Απόδοση Μεγάλης Κλίμακας	33
3.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	34
3.5 Μελέτη οικολογικών κτιρίων	35
<b>Ενότητα 4: ΑΠΕ και ΕΞΕ σε Εκπαιδευτικά Ιδρύματα: Τάσεις και Εφαρμογές</b>	37
4.1 Συνθήκες Άνεσης	37
4.2 Ηλιασμός - Ηλιοπροστασία	38
4.3 Φυσικός Φωτισμός	39
4.4 Φυσικός Αερισμός	40
4.5 Οικοδομικά Υλικά	40
4.6 Παραδείγματα Βιοκλιματικών Σχολείων	43
4.7 Μελέτη Περίπτωσης: Ενεργειακή Αναβάθμιση Σχολικών Κτιρίων Δήμου Διονύσου	45
4.8 Καλές πρακτικές αειφορικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων- παραδείγματα από το εξωτερικό	47
4.9 Καλές Πρακτικές Εκσυγχρονισμού Σχολικών Κτιρίων («RENEW SCHOOL»)	58
4.10 Σχολεία Καθαρής Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης	66
4.11 Πανεπιστήμια Καθαρής Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης	71
4.12 Καλή Πρακτική σε Κτίριο Ιστορικής Αξίας στην Βόρεια Ελλάδα	74



## Εισαγωγή – Σκοπός Παραδοτέου

Η Πράξη του Δήμου Αγίων Αναργύρων - Καματερού (Δ.ΑΓ.ΑΝ.Κ.) με τίτλο «Έργα Α.Π.Ε. και Ενεργειακή Αναβάθμιση σε δημοτικά κτίρια της Δ.Κ. Αγ. Αναργύρων» υλοποιείται στο πλαίσιο του Προγράμματος ΧΜ ΕΟΧ 2014-2021 «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Ενεργειακή Αποδοτικότητα, Ενεργειακή Ασφάλεια» / GR-Energy και συγχρηματοδοτείται από τις χώρες του ΕΟΧ-ΕΖΕΣ (Ισλανδία, Λιχτενστάιν και Νορβηγία) (75%) και από το Πρόγραμμα Δημοσίων Επενδύσεων της Ελληνικής Δημοκρατίας (25%).

Το παρόν παραδοτέο έχει τίτλο «Π. 2.1.7: 1ος Θεματικός Οδηγός Αξιοποίησής Αποτελεσμάτων - Ενεργειακή Αναβάθμιση Κτιριακών Υποδομών» και εντάσσεται στο πλαίσιο της υλοποίησης του υποέργου 3 με τίτλο: «Παροχή Εξειδικευμένων Υπηρεσιών Υποστήριξης για την αποδοτική υλοποίηση της Πράξης». Ο Δήμος Αγίων Αναργύρων στο πλαίσιο της παρούσας σύμβασης υποστηρίζεται στην υλοποίηση του φυσικού και οικονομικού αντικειμένου της Πράξης

Το παρόν παραδοτέο εντάσσεται στην Ενότητα Εργασίας 2 και στην Δράση 2.1.

στην υποστήριξη είναι η παροχή ολοκληρωμένων υπηρεσιών στον Φορέα Υλοποίησής για να ανταποκριθεί με το καλύτερο δυνατό τρόπο στις ανάγκες για αποτελεσματική κεφαλαιοποίηση και μεγιστοποίησή των εξαγομένων αποτελεσμάτων της Πράξης.

Η δραστηριότητα αφορά σε:

**Η Ομάδα του Συμβούλου παρέχει συνεχή υποστήριξη ώστε ο Φορέας Υλοποίησης να ανταποκρίνεται με το καλύτερο δυνατό τρόπο στις ανάγκες διαχείρισης της Πράξης του.**

**Οι υπηρεσίες που θα προσφέρονται συνοψίζονται:**

- Εξειδικευμένο πλάνο κεφαλαιοποίησης των αποτελεσμάτων της Πράξης με βάση τις ανάγκες και τα χαρακτηριστικά του Φορέα Υλοποίησης.
- Συλλογές πληροφοριών για την επιλογή και τεκμηρίωση των ομάδων στόχου της Φορέα Υλοποίησης.
- Ανάπτυξη κατάλληλων επιστημονικών εγχειριδίων κεφαλαιοποίησης για κάθε βασική ομάδα στόχου του Φορέα Υλοποίησης (Νέοι και Ενεργοί Πολίτες, Εξειδικευμένοι Επαγγελματίες, Γυναίκες, ΑμΕΑ).
- Διαμόρφωση περιεχομένου θεματικών επιστημονικών οδηγιών για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων με στόχο την ενδυνάμωση του Φορέα Υλοποίησης (Ενεργειακή Αναβάθμιση Κτιριακών Υποδομών, Χρήση ΑΠΕ για τις Υποδομές, Ηλεκτροκίνηση με ΑΠΕ, Υδρογόνο).
- Υποστήριξη για την κεφαλαιοποίηση των αποτελεσμάτων και την σύνδεση τους με έξυπνη χρηματοδότηση.
- Υποστήριξη στην διεξαγωγή συναντήσεων με τις εμπλεκόμενες υπηρεσίες του Προγράμματος για την κεφαλαιοποίηση των αποτελεσμάτων της Πράξης.



## Ενότητα 1: Μεθοδολογία του Παραδοτέου

---

Στα πλαίσια της υλοποίησης του παραδοτέου ακολουθήθηκαν μια σειρά βημάτων αναζήτησης και σύνθεσης πληροφοριών. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση από αξιόπιστες πηγές (πχ. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Διεθνείς Οργανισμοί για την Ενέργεια, ΡΑΕ, ΥΠΕΝ, ΚΑΠΕ, κλπ.) με στόχο την κατανόηση των σύγχρονων εννοιών για τις τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας και ΑΠΕ σε κτιριακές υποδομές. Πιο συγκεκριμένα, συλλέχθηκαν πληροφορίες για την υπάρχουσα κατάσταση και τις δράσεις που απαιτούνται. Στη συνέχεια αναλύθηκαν πληροφορίες για τα υπάρχοντα χρηματοδοτικά εργαλεία επενδύσεων ΑΠΕ-ΕΞΕ, που είναι απαραίτητο εργαλείο στην επίτευξη της ενεργειακής αποδοτικότητας στα κτίρια και την επίτευξη των αλλαγών στους στόχους για την ενέργεια και το κλίμα.

Σε αυτό το πλαίσιο πραγματοποιήθηκε μια αντιπροσωπευτική ανάλυση για τις τάσεις και τις υφιστάμενες εφαρμογές ΑΠΕ και ΕΞΕ σε εκπαιδευτικά ιδρύματα και δόθηκαν χαρακτηριστικά παραδείγματα προερχόμενα από το διεθνές, ευρωπαϊκό και ελλαδικό χώρο.

## Ενότητα 2: Ανασκόπηση Δράσεων ΑΠΕ-ΕΞΕ σε Εκπαιδευτικά Ιδρύματα

---

Παρακάτω παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της ανασκόπησης σχετικά με τις βέλτιστες πρακτικές ενεργειακής βιωσιμότητας και πραγματικών εφαρμογών ΑΠΕ-ΕΞΕ σε κτιριακές υποδομές.

### 2.1. Ενεργειακή Πιστοποίηση Κτιριακού Αποθέματος – Απαραίτητο Στοιχείο Επενδύσεων

#### 2.1.1 Βασικές Έννοιες του ΠΕΑ

Από το 2015 ο θεσμός των πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης έχει ενσωματωθεί από το σύνολο των κρατών μελών, σε κάποια περισσότερο και σε κάποια λιγότερο. Ενδεικτικά, από τα κράτη μέλη εκδίδονται κάθε χρόνο 6 εκατομμύρια ΠΕΑ, στα οποία το Ηνωμένο Βασίλειο συμβάλει με το μεγαλύτερο ποσοστό. Τα δεδομένα που παρέχονται όμως από κάθε κράτος δεν έχουν συλλεχθεί ούτε παραχθεί με τον ίδιο τρόπο. Οπότε δεν μπορούν να συγκριθούν καθώς η κάθε χώρα έχει διαφορετικά βασικά στοιχεία ή βρίσκεται σε διαφορετικό στάδιο της συμμόρφωσης με την οδηγία. Ένα παράδειγμα που παρουσιάζει το πρόβλημα είναι το ποσοστό υψηλής κλάσης ΠΕΑ (Α και Β). Σλοβακία, Ολλανδία και Πορτογαλία είναι οι χώρες με τα μεγαλύτερα ποσοστά ΠΕΑ υψηλής ενεργειακής κλάσης. Το συμπέρασμα όμως που πιθανώς μπορεί να αναχθεί είναι παραπλανητικό καθώς στα δεδομένα της Σλοβακίας περιέχονται πιστοποιητικά κυρίως νέα κτίρια.

Εξ αρχής η Οδηγία έθετε υπεύθυνο το κάθε κράτος να εισάγει ένα δικό του ανεξάρτητο σύστημα πιστοποίησης των ενεργειακών ελεγκτών, χωρίς όμως να κάνει λόγο για τη διασφάλιση της ποιότητας των ΠΕΑ. Για να επιτευχθεί η διασφάλιση ποιότητας απαιτείται ένα οργανωμένο σύστημα που θα περιέχει εκπαίδευση επιθεωρητών, ποιοτικό έλεγχο στο software έκδοσης πιστοποιητικών και έλεγχο της ορθότητας των ΠΕΑ.

#### Case study: Ο κύκλος διασφάλισης ποιότητας της Πορτογαλίας

Η διαδικασία χωρίζεται σε δύο φάσεις, μία πριν την δημιουργία του πιστοποιητικού και μία μετά.

**Α φάση:** Ο επιθεωρητής επισκέπτεται το κτίριο και συλλέγει πληροφορίες, έπειτα περνάει τα στοιχεία στο πρόγραμμα και τα ανεβάζει στο σύστημα.

**Β φάση:** Ο ιδιοκτήτης του κτηρίου εκφράζει την ικανοποίησή του μέσα από μια φόρμα/ερωτηματολόγιο που συμπληρώνει. Έπειτα, έρχεται το στάδιο όπου τα στοιχεία που έχουν κατατεθεί στην πλατφόρμα ελέγχονται και πιστοποιούνται. Τέλος, υπάρχει ο έλεγχος από ειδικούς ελεγκτές που είτε ξανατρέχουν την διαδικασία από την αρχή για να



εξακριβώσουν την ορθότητα του ΠΕΑ, είτε παραβρίσκονται στη φάση συλλογής δεδομένων ώστε να ελέγξουν την ποιότητα της δουλειάς του επιθεωρητή (τυχαία διαδικασία). Αν διαπιστωθούν προβλήματα, τότε υπάρχει επικοινωνία με τον υπεύθυνο του ΠΕΑ.

Όλα τα κράτη μέλη διεξάγουν τυχαίους ελέγχους στα ΠΕΑ ακολουθώντας την οδηγία. Τα λάθη που βρίσκονται κατά τον έλεγχο οφείλονται σε παράλειψη της ορισμένης μεθοδολογίας, σε λάθη των επιθεωρητών ή σε λάθη της ίδιας της μεθοδολογίας.

Σύμφωνα με την Οδηγία κάθε μέλος δημιουργεί το δικό του αυτόνομο σύστημα ελέγχου των ΠΕΑ. Οι αρχές που θα ορίζονται από αυτό το σύστημα ελέγχου πρέπει να ελέγχουν έναν αριθμό τυχαίων πιστοποιητικών ο οποίος θα προκύπτει από στατιστικό μοντέλο. Κατά τον έλεγχο υπάρχουν οι παρακάτω τρεις επιλογές επαλήθευσης.

- Να ελέγχονται τα δεδομένα του κτηρίου που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και τα αποτελέσματα του πιστοποιητικού.
- Να ελέγχονται τα δεδομένα και να επαληθεύονται τα αποτελέσματα, συμπεριλαμβανομένων των προτάσεων που έγιναν.
- Πλήρης έλεγχος και επαλήθευση των στοιχείων και των αποτελεσμάτων ακόμη και με αυτοψία στο εξεταζόμενο κτίριο αν θεωρηθεί αναγκαία.

#### **Έλεγχοι σε κάθε χώρα**

Η Δανία ελέγχει το 0,25% των ΠΕΑ βάζοντας μια ανεξάρτητη πιστοποιημένη εταιρεία να κάνει αυτοψίες. Η εταιρεία έπειτα παραθέτει τα αποτελέσματα στην αρμόδια αρχή της Δανίας κ αυτή αποφασίζει.

Η Εσθονία πραγματοποιεί τυχαίους ελέγχους τους οποίους σε περίπτωση που υπάρξουν υποψίες παρατυπιών τους εντατικοποιεί.

Στην Ελλάδα διενεργείται τυχαίους ελέγχους στο 5% κατά την καταγραφή των πρώτων στοιχείων στο σύστημα σύμφωνα με τη νομοθεσία. Επίσης, γίνονται αυτοψίες στα κτίρια στα οποία απαιτούνται.

Στην Ιταλία ο έλεγχος διαφέρει ανάλογα την περιφέρεια. Άλλες περιφέρειες ελέγχουν τυχαία, ενώ άλλες ελέγχουν κάθε νέο κτίριο. Κάποιες περιφέρειες ελέγχουν μόνο στις περιπτώσεις που βρίσκουν ανησυχητικά αποτελέσματα ή σε κτίρια με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση.

Στη Ρουμανία έχει οριστεί μια αρχή η οποία πραγματοποιεί τυχαίους ελέγχους στο 10% των ετήσιων πιστοποιητικών. Αδυνατούν όμως να καλύψουν το ποσοστό αυτό και έτσι συμφώνησαν με την ένωση ενεργειακών ελεγκτών να τους βοηθήσουν.

Η Σκωτσέζικη κυβέρνηση έχει ηλεκτρονικό σύστημα το οποίο ψάχνει για ασυμφωνίες και κενά στα εισαγόμενα δεδομένα. Αναπτύσσει σύστημα το οποίο θα μπορεί να αναγνωρίσει και λάθος παραμέτρους.

Η Αυστρία χρησιμοποιεί ένα σύστημα το οποίο ελέγχει την μαθηματική ορθότητα των υπολογισμών των ΠΕΑ. Αν βρεθούν λάθη τότε πρέπει να διορθωθούν σύντομα χρονικά, διαφορετικά αποστέλλεται ειδοποίηση από την κυβέρνηση.

## Ποινές

Σύμφωνα με μελέτη του Ευρωπαϊκού Ινστιτούτου Απόδοσης Κτιρίων σε 15 από το 28 κράτη μέλη προβλέπονται ποινές για τους επιθεωρητές, που δεν συμμορφώνονται με την οδηγία. Οι ποινές περιέχουν από απλή προειδοποίηση μέχρι και ανάκληση πιστοποίησης. Κατά κύριο λόγο συμβαίνει επίσημη προειδοποίηση.

Η Αυστρία δεν έχει ποινές παρά μόνο ένα σύστημα ενημέρωσης.

Στην Δανία ως ποινή έχουν το κόστος επανυποβολής του ΠΕΑ διορθωμένο.

Στο Βέλγιο υπάρχει χρηματικό πρόστιμο από 250€ έως 5000€ για αυτούς που είτε δεν έχουν τις απαραίτητες πιστοποιήσεις ή δεν ακολουθούν πιστά τη μέθοδο που έχει οριστεί.

Στην Ελλάδα για περιπτώσεις μη συμμόρφωσης έχουν οριστεί διοικητικές ποινές όπως αναστολή της άδειας και χρηματικό πρόστιμο 500-20.000€ για επιθεωρητές και ιδιοκτήτες κτιρίων.

Το εθνικό δίκαιο της Ιταλίας ορίζει πως τα πρόστιμα σε περίπτωση ουσιαστικών παρατυπιών θα κυμαίνονται από 700-4.200€.

Στην Πολωνία δεν υπάρχουν κυρώσεις για μικρές παρατυπίες και σε σφάλματα που φτάνουν το 10%.

Στην Πορτογαλία υπάρχουν διαφορετικές κατηγορίες ποινών ανάλογα με την παρατυπία. Για έλλειψη πιστοποίησης από 750-7500€ και για μη συμμόρφωση με την μεθοδολογία από 500-7000€.

Στη Ρουμανία υπάρχουν ποινές από 250 έως 2000€ αλλά οι έλεγχοι είναι σπάνιοι.

## Πιστοποίηση Ενεργειακών Επιθεωρητών

Στην Ελλάδα υπάρχουν τρεις κατηγορίες επιθεωρητών. Η πρώτη κατηγορία μπορεί να διεκπεραιώνει ΠΕΑ σε κτίρια έως 250m<sup>2</sup> ή συστήματα ψύξης-θέρμανσης έως 50 kW. Αφού πραγματοποιήσουν 30 πιστοποιητικά οι επιθεωρητές μπαίνουν στην δεύτερη κατηγορία στην οποία μπορούν να επιθεωρήσουν κτίρια έως 1000 m<sup>2</sup> ή συστήματα ψύξης-θέρμανσης έως 400kW. Στην τρίτη κατηγορία αναβαθμίζονται επιθεωρητές μετά τα 10 χρόνια εμπειρίας και τους επιτρέπεται να διεκπεραιώσει ΠΕΑ σε όλα τα κτίρια.

Στις περισσότερες χώρες πραγματοποιούνται εξετάσεις για την ανάδειξη πιστοποιημένων επιθεωρητών, συνήθως έπειτα από μια αντίστοιχη απαραίτητη εκπαίδευση από την

εξουσιοδοτημένη αρχή. Επίσης, στις περισσότερες χώρες είναι απαραίτητο ένα πτυχίο μηχανικού ή αρχιτέκτονα.

Στη Δανία η απαιτούμενη εκπαίδευση για τον πιστοποίηση του ενεργειακού επιθεωρητή αποκτάται μέσα από μεταπτυχιακό πρόγραμμα το οποίο το πληρώνει ο ενδιαφερόμενος.

Στο Βέλγιο υπάρχει μια βασική εκπαίδευση για να γίνει κάποιος επιθεωρητής όμως κάθε χρόνο υπάρχουν επιπλέον μαθήματα. Για νέα κτίρια απαραίτητη είναι επίσης η κτήση πτυχίου μηχανικού ή αρχιτέκτονα.

Στην Ιταλία η δυνατότητα ενεργειακών επιθεωρήσεων δίνεται με την κτήση πτυχίου αρχιτέκτονα ή μηχανικού. Για άλλες ειδικότητες υπάρχει εκπαίδευση 80 ωρών με τελική εξέταση.

Για να έχει την δυνατότητα κάποιος στη Λιθουανία να διεκπεραιώνει ΠΕΑ χρειάζεται να είναι πτυχιούχος μηχανικός με 3ετή εμπειρία στον κτιριακό τομέα, να παρακολουθήσει 48 ώρες μαθημάτων και να δώσει μια εξέταση.

Οι επιθεωρητές στην Πορτογαλία πρέπει να είναι πτυχιούχοι μηχανικοί ή αρχιτέκτονες και να έχουν τουλάχιστον 5 χρόνια εμπειρία ώστε να μπορούν να δώσουν εξετάσεις για να εγκριθούν.

Στην Πολωνία οι εγκεκριμένοι επιθεωρητές πρέπει να είναι πτυχιούχοι τεχνικών επαγγελμάτων ή να έχουν επαγγελματική εμπειρία στα κτίρια.

Στην Ρουμανία οι επιθεωρητές αναγνωρίζονται έπειτα από μαθήματα 80 ωρών, επιτυχία σε δύο εξετάσεις και πραγματοποίηση ενός project σε αληθινό κτίριο. Η αναγνώριση ανανεώνεται κάθε 5 χρόνια εφόσον ο επιθεωρητής επιδεικνύει ποιοτικό έργο και συνεχή δουλειά.

Στη Σκωτία οι επιθεωρητές περνάνε ένα 5ήμερο εκπαιδευτικό σεμινάριο το οποίο το πληρώνουν οι ίδιοι από 800 έως 1500€. Τα σεμινάρια αυτά πραγματοποιούνται από ιδιωτικούς οργανισμούς.

### 2.1.2 Λοιπά Εργαλεία Πιστοποίησης

Η Περιβαλλοντική Πιστοποίηση Κτιρίου είναι μια διαδικασία κατά την οποία αξιολογείται και επιβεβαιώνεται η βιώσιμη απόδοση ενός κτιρίου, και παρέχεται εξασφάλιση ποιότητας. Η Περιβαλλοντική Πιστοποίηση Κτιρίου μπορεί να γίνει με μια ή περισσότερες μεθόδους. Οι πλέον γνωστές και παγκοσμίως αναγνωρισμένες μέθοδοι είναι οι ακόλουθες:

1. LEED Certification (Leadership in Energy and Environmental Design)
2. BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)
3. ESTIDAMA – αποτελεί βασική πτυχή του κινήματος «Abu Dhabi Vision 2030» για την κατασκευή του εμιράτου του Αμπού Ντάμπι σύμφωνα με τα καινοτόμα πρότυπα. Το «Estidama» είναι η αραβική λέξη για την αειφορία.

4. Πιστοποίηση κατά Κ.Εν.Α.Κ. (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων)
5. GSAS- Global Sustainability Assessment System
6. DGNB- German Sustainable Building Council
7. HQE- French Certification

Τα συστήματα περιβαλλοντικής πιστοποίησης κτιρίων (Green Building Certification Systems) τείνουν να διαμορφώσουν μια νέα περιβαλλοντική κουλτούρα στην αγορά ακινήτων και οικονομίας (Zero Energy Buildings).

**Πίνακας 1: Οφέλη της Περιβαλλοντικής Πιστοποίησης Κτιρίων**

Οικονομικά	Περιβαλλοντικά	Εταιρική κοινωνική ευθύνη
Αύξηση εμπορικής αξίας του ακινήτου και της επιχείρησης	Μείωση του οικολογικού και ενεργειακού αποτυπώματος κτιρίου	Ενίσχυση τοπικής αγοράς και οικονομίας
Αύξηση πελατών λόγω βελτίωσης των συνθηκών του εσωτερικού χώρου	Εξοικονόμηση απαιτούμενης κατανάλωσης ενέργειας και πόσιμου νερού	Βελτίωση της εργασιακής κουλτούρας χρηστών
Μείωση λειτουργικών εξόδων κτιρίου και αύξηση αξίας ενεργητικού	Μείωση αποβλήτων που καταλήγουν στους ΧΥΤΑ	Δημιουργία υγιούς και ασφαλούς εσωτερικού περιβάλλοντος
Βελτίωση παραγωγικότητας των εργαζομένων	Μείωση επιβλαβών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου	Ενίσχυση εταιρικής εικόνας και περιβαλλοντικής πολιτικής
Αναγνωρισιμότητα κτιρίου		Απόδειξη εταιρικής δέσμευσης για ορθή περιβαλλοντική διαχείριση

#### 2.2.2.1 Μέθοδος πιστοποίησης LEED

Η μέθοδος L.E.E.D (Leadership in Energy and Environmental Design) αποτελεί ένα διεθνώς αναγνωρισμένο σύστημα περιβαλλοντικής πιστοποίησης/αξιολόγησης κτιρίων και οικισμών. Το L.E.E.D. ενθαρρύνει και επιταχύνει την υιοθέτηση πρακτικών για βιώσιμα και πράσινα κτίρια και οικισμούς σε διεθνές επίπεδο μέσω δημιουργίας και εφαρμογής διεθνώς κατανοητών και αποδεκτών κριτηρίων αναφοράς, τα οποία περιλαμβάνουν υφιστάμενα και νέα πρότυπα, εργαλεία και κριτήρια απόδοσης.

#### Σχήμα 1: Βασικές Θεματικές Ενότητες του LEED



**Οι βασικές κατηγορίες/παράγοντες βαθμολόγησης λειτουργιών και χαρακτηριστικών με τις οποίες ασχολείται σε ένα έργο η μέθοδος LEED είναι οι ακόλουθες:**

- **Θέση του Ακινήτου και Μεταφορικά Μέσα:** Πριμοδοτούνται θέσεις στα κέντρα των πόλεων με επαρκείς υποδομές, ευρεία πρόσβαση σε πολλά μέσα μαζικής μεταφοράς. Δεν ενθαρρύνεται έτσι η επέκταση των πόλεων και η συνεπαγόμενη ανάγκη για νέα έργα υποδομών, καθώς και η χρήση του συμβατικού Ι.Χ. αυτοκινήτου για την πρόσβαση των ενοίκων του κτιρίου σε αυτό.
- **Υλικά και φυσικοί πόροι:** Στόχος αυτής της κατηγορίας είναι η ελαχιστοποίηση της χρήσης φυσικών πόρων. Ενθαρρύνεται η ανακύκλωση, η επιλογή υλικών που βρίσκονται σε μικρή απόσταση από το έργο και η επιλογή ανακυκλωμένων υλικών.
- **Ορθολογική Χρήση Νερού:** Τίθεται περιορισμός στη μέγιστη κατανάλωση νερού ενός κτιρίου. Δίνονται βαθμολογικά κίνητρα π.χ. για την επιλογή και χρήση αποδοτικών μπαταριών και καζανακιών, για την επιλογή φυτών με μηδενικές ανάγκες άρδευσης κ.α.
- **Ενέργεια και Ατμόσφαιρα:** Τίθεται περιορισμός στη μέγιστη κατανάλωση ενέργειας. Δίνονται και εδώ βαθμολογικά κίνητρα για ένα ενεργειακά αποδοτικό κέλυφος καθώς και για την επιλογή μηχανημάτων υψηλής απόδοσης. Ενθαρρύνεται η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, π.χ. με φωτοβολταϊκά συστήματα επί του κτιρίου ή του οικοπέδου. Απαιτείται commissioning (λειτουργική παραλαβή συστημάτων) έτσι ώστε να κλείσει η ψαλίδα μεταξύ των καλών προθέσεων των μελετητών και του τελικού παραδοτέου.
- **Αειφόρος Χωροθέτηση:** Ένα κτίριο σε οικόπεδο περιοχής με υψηλή πιθανότητα πλημμυρών δεν μπορεί να πιστοποιηθεί κατά LEED. Ενθαρρύνεται η καλή διαχείριση του βρόχινου νερού και οι βέλτιστες πρακτικές για την αποφυγή του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.

- Ποιότητα του Εσωτερικού Περιβάλλοντος του Κτιρίου: Ένα κτίριο για να πιστοποιηθεί κατά LEED πρέπει να πληροί ελάχιστες προδιαγραφές της ποιότητας του εσωτερικού αέρα. Ενθαρρύνεται η χρήση υλικών με μηδενική ή πολύ χαμηλή εκπομπή Πτητικών Οργανικών Ενώσεων. Επίσης, δίνονται κίνητρα για την επίτευξη επαρκούς φυσικού φωτισμού σε όλους τους κύριους χώρους του κτιρίου.
- Καινοτομία: Δίνονται βαθμολογικά κίνητρα για την εφαρμογή καινοτόμων αειφόρων πρακτικών.
- Προτεραιότητες ανάλογα με τη Γεωγραφική Θέση του Ακινήτου: Το σύστημα θέτει προτεραιότητες ανάλογα με την γεωγραφική θέση ενός κτιρίου. Για παράδειγμα, η βαρύτητα της βαθμολογίας ενός κτιρίου στην Αφρική ως προς την Ορθολογική Χρήση Νερού είναι μεγαλύτερη, για ευνόητους λόγους, από ένα κτίριο στην Αγγλία.

Εάν η διαδικασία ακολουθηθεί χωρίς παρέκκλιση, τότε εκτός από τα καλά αποτελέσματα σε επίπεδο βιωσιμότητας, θα διατηρηθεί το κόστος του κτιρίου σε χαμηλά επίπεδα.

**Το LEED διαθέτει πλήθος υποσυστημάτων (Rating Systems) για την πιστοποίηση κτιρίων ανάλογα με το σημείο που αυτά βρίσκονται στον κύκλο ζωής τους και ανάλογα με την χρήση τους. Αυτά είναι τα ακόλουθα:**

- LEED for New Construction (Νέες κατασκευές και ριζικές ανακαινίσεις): Συμπεριλαμβάνει μελετητικές και κατασκευαστικές διαδικασίες που αναφέρονται:
  - στα νεόδμητα κτίρια
  - σε ριζικές ανακαινίσεις υφιστάμενων κτιρίων οι οποίες περιλαμβάνουν: τροποποιήσεις κτιριακού κελύφους, βελτιώσεις των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού (HVAC) και επεμβάσεις στον εσωτερικό χώρο.
- LEED for Existing Buildings (Υφιστάμενα Κτίρια): Αφορά υφιστάμενα κτίρια και αναφέρεται στην εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των σημαντικότερων εν εξελίξει κτιριακών δραστηριοτήτων, όπως: κτιριακός καθαρισμός και τις κτιριακές μετατροπές με προϊόντα και διαδικασίες φιλικές προς το περιβάλλον, ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος, χρήση νερού και ενέργειας, βιώσιμες πολιτικές προμηθειών, προγράμματα συντήρησης του κτιριακού περιβάλλοντα χώρου, διαχείριση υδάτινων αποβλήτων.
- LEED for Core & Shell (Κέλυφος Κτιρίου): Απευθύνεται σε κατασκευαστές/ developers, οι οποίοι ανεγείρουν ένα κτίριο. Εξετάζει το κέλυφος του κτιρίου και τα κοινόχρηστα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα.
- LEED for Commercial Interiors (Εσωτερικές Ανακαινίσεις): Αναφέρεται σε επαγγελματικούς εσωτερικούς χώρους κτιρίων.
- LEED for Retail (Επαγγελματικοί Χώροι Λιανικής Πώλησης): Αναφέρεται σε επαγγελματικούς εσωτερικούς χώρους πώλησης αγαθών και υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων των τραπεζών, εστιατορίων, πολυκαταστημάτων και καταστήματα ειδών ένδυσης και ηλεκτρονικών συσκευών.
- LEED for Homes (Κατοικίες): Αναφέρεται σε κτίρια κατοικιών. Η αξιολόγηση με την μέθοδο LEED ενισχύει την εμπορική αξία της κατοικίας διασφαλίζοντας ένα υγιές και

βιώσιμο περιβάλλον διαμονής και μειώνοντας την απαιτούμενη ενέργεια χρήσης κατά 20-30%.

- LEED for Neighborhood Development (Ολόκληρες Γειτονιές): Αναφέρεται σε οικισμούς, συνοικίες ή τμήματα συνοικιών χωρίς κανένα περιορισμό (ελάχιστο ή μέγιστο) στην έκταση ή το μέγεθος του έργου. Το πρότυπο LEED for ND συνδυάζει τις αρχές:
  - της Πράσινης Οικοδόμησης (Green Buildings)
  - της Έξυπνης Ανάπτυξης (Smart Growth)
  - της Νέας Πολεοδομίας (New Urbanism)
  - της Αειφόρου Ανάπτυξης
- LEED for Schools (Σχολικές Μονάδες): Αναφέρεται σε σχολικές εγκαταστάσεις και διασφαλίζει ένα υγιές, άνετο και βιώσιμο περιβάλλον, αναγνωρίζοντας τις ιδιαιτερότητες ενός τέτοιου χώρου.
- LEED for Healthcare (Κτίρια Υγειονομικής Περίθαλψης): Αναφέρεται σε εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης, τα κτίρια των οποίων διέπονται από αυστηρούς κανονισμούς που δεν καλύπτονται από το LEED for New Construction.

Για την πιστοποίηση ενός κτιρίου, πρέπει να πληρούνται όλα τα προαπαιτούμενα, να επιτυγχάνει δηλαδή ορισμένες ελάχιστες προδιαγραφές. Η μέγιστη βαθμολογία είναι το 100. Το ελάχιστο όριο για να πιστοποιηθεί κατά LEED ένα κτίριο, είναι αφού επιτύχει όλα τα προαπαιτούμενα να φτάσει τους 40 βαθμούς για να πιστοποιηθεί ως certified που είναι το μικρότερο επίπεδο πιστοποίησης.

**Πίνακας 2: Κλίμακα Αξιολόγησης Πιστοποίησης Κτιρίου κατά LEED**

Βαθμίδες	Βαθμοί
Πιστοποιημένο κτίριο	Certified: 40-49 βαθμοί
Ασημένιο	Silver: 50-59 βαθμοί
Χρυσό	Gold: 60-79 βαθμοί
Πλατινένιο	Platinum: 80-100 βαθμοί

Η μέθοδος LEED υπερέχει σε σχέση με άλλες μεθόδους αξιολόγησης κυρίως λόγω του ότι αποτελεί διεθνώς αναγνωρισμένο σύστημα, ενισχύει τη βιώσιμη ανάπτυξη σε περιφερειακό και πολεοδομικό επίπεδο και του εύρους των παραμέτρων εξέτασης της βιωσιμότητας του κτιρίου.

Μέχρι και σήμερα καταγράφονται έργα με πιστοποίηση LEED σε περισσότερες από 150 χώρες, εκπροσωπώντας όλες τις ηπείρους εκτός από την Ανταρκτική. Το LEED χρησιμοποιείται σε πολύ ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες και πρόσφατα σε αναπτυσσόμενες και με αυτόν τον τρόπο σε παγκόσμιο επίπεδο αποδεικνύεται η πολύ μεγάλη δύναμη και οι προοπτικές της αναδυόμενης πράσινης οικονομίας.



Οι 10 κορυφαίες χώρες που χρησιμοποιούν το σύστημα αξιολόγησης LEED αντιπροσωπεύουν 7 από τις 20 μεγαλύτερες ανεξάρτητες εθνικές οικονομίες του κόσμου (Κίνα, Γερμανία, Βραζιλία, Ινδία, Καναδάς, Νότια Κορέα και Τουρκία), και 6 από τις 11 κορυφαίες σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Κίνα, Ινδία, Γερμανία, Νότια Κορέα, Καναδά και Βραζιλία).

## Σχήμα 2: Χάρτης των Κορυφαίων 10 Χωρών με Σύστημα Πιστοποίησης LEED

(Τα ακαθάριστα τ.μ. αναφέρονται σε εκατ.)



Πηγή: <https://www.usgbc.org>

## Κτίρια στην Ελλάδα με Πιστοποίηση LEED:

### Σχήμα 3: Κτίριο Anangel Maritime



Πηγή: [usgbc.org](https://www.usgbc.org)

Το κτίριο που εδρεύουν τα κεντρικά γραφεία του εφοπλιστικού ομίλου Anangel Maritime Group είναι το πρώτο στην Ελλάδα που έλαβε πιστοποίηση LEED Platinum. Το κτίριο ολοκληρώθηκε τον 08/2017 και βρίσκεται στην Καλλιθέα ([usgbc.org](https://www.usgbc.org)).



**Σχήμα 4: Κτίριο COSMOTE e-value Κεραμικός**



Πηγή: [usgbc.org](http://usgbc.org)

Στον Κεραμικό βρίσκεται το contact center της COSMOTE e-value όπου ξεκίνησε να λειτουργεί με τη σημερινή του μορφή το 2017. Είναι πιστοποιημένο με LEED Gold.

**Σχήμα 5: Συγκρότημα GreenPlaza**



Πηγή: [usgbc.org](http://usgbc.org)

Το Green Plaza είναι το πρώτο έργο στην Ελλάδα που πιστοποιείται με την έκδοση LEED for Core & Shell (βαθμίδα Gold). Το κτίριο ανήκει στην Grivalia Properties και πιστοποιήθηκε τον 02/2017 ([usgbc.org](http://usgbc.org)).

**Σχήμα 6: Συγκρότημα Karela Office Park**



Πηγή: [usgbc.org](http://usgbc.org)

Το Karela Office Park είναι το πρώτο κτίριο που έλαβε πιστοποίηση LEED (βαθμίδα Gold) στην Ελλάδα. Το κτίριο βρίσκεται στην Παιανία, ανήκει στην Εθνική Πανγαία, μισθώνεται από τον όμιλο ΟΤΑ και πιστοποιήθηκε τον 03/2013 ([usgbc.org](http://usgbc.org)).

#### Σχήμα 7: Stavros Niarchos Foundation Cultural Center



Πηγή: [snf.org](http://snf.org)

Το Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος (ΚΠΙΣΝ) κατέκτησε την πλατινένια Πιστοποίηση LEED ως πράσινο κτίριο σύμφωνα με το Αμερικανικό Συμβούλιο Πράσινων Κτιρίων (U.S. Green Building Council – USGBC). Η πλατινένια διάκριση που απέσπασε οφείλεται στην υψηλή απόδοση σε δείκτες, όπως η επιλογή τοποθεσίας, η πρόληψη της ρύπανσης κατασκευαστικής δραστηριότητας, η εξυγίανση μολυσμένης έκτασης, η βελτίωση

της οικιστικής πυκνότητας και η διασύνδεση με τον κοινωνικό ιστό, η ύπαρξη αποδυτηρίων, η χρήση οχημάτων χαμηλής κατανάλωσης και εκπομπής ρύπων, η δυνατότητα στάθμευσης, η προστασία και αποκατάσταση του οικιστικού περιβάλλοντος, η μεγιστοποίηση ανοιχτού χώρου, η διαχείριση των ομβρίων υδάτων, η μείωση θερμονησίδας και φωτορύπανσης, η χαμηλή σε απαιτήσεις νερού αρχιτεκτονική τοπίου, η χρήση καινοτόμων τεχνολογιών για διαχείριση λυμάτων, η εξοικονόμηση νερού, η ολοκληρωμένη πιστοποίηση ενεργειακών συστημάτων, η βέλτιστη ενεργειακή απόδοση, η ύπαρξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εντός του χώρου, η αποθήκευση και συλλογή ανακυκλώσιμων υλικών, η διαχείριση αποβλήτων από την κατασκευαστική δραστηριότητα, η χρήση ανακυκλωθέντων υλικών, η χρήση τοπικών υλικών, η χρήση πιστοποιημένης ξυλείας, η περιβαλλοντική ποιότητα εσωτερικών χώρων και η καινοτομία στο σχεδιασμό.

Το LEED προτιμάται στην Ελλάδα σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους αξιολόγησης ενεργειακής απόδοσης κτιρίων μετά την ΤΕΕ- ΚΕΝΑΚ. Η ελληνική νομοθεσία αναγνωρίζει το LEED, γεγονός που αναφέρεται ρητά στην Νέο Οικοδομικό Κανονισμό (Ν.4067/2012).

#### 2.2.2.2 Μέθοδος Πιστοποίησης BREEAM

Η Βρετανική πιστοποίηση BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) εγκαινιάστηκε για πρώτη φορά από το Ηνωμένο Βασίλειο το 1990. Μέχρι σήμερα έχουν καταγραφεί 2,2 εκατομμύρια κτίρια και έχουν απονεμηθεί πάνω από 500.000 πιστοποιητικά. Βραβευμένα έργα με πιστοποίηση BREEAM για το 2018 για την περίπτωση της Ευρώπης βρίσκονται στην Αγγλία, την Ισπανία, την Ολλανδία, την Ρουμανία και την Πολωνία. Ένα εντυπωσιακά πράσινο κτίριο πιστοποιημένο με BREEAM στην Ελλάδα είναι το κτίριο που ανήκει στην Grivalia Properties και είναι στο μεγαλύτερο βαθμό εκμισθωμένο σε μεγάλους πολυεθνικούς ομίλους (usgbc.org)

**Σχήμα 8: Κτίριο Γραφείων – Βασιλίσσης Σοφίας**



Πηγή: usgbc.org

### 2.3.2.3 Μέθοδος Πιστοποίησης ESTIDAMA

Το εμιράτο του Αμπού Ντάμπι εισήγαγε πρόσφατα το δικό του σύστημα αξιολόγησης «Estidama» για τις κοινότητες, τα νέα κτίρια και τις βίλες. Το Estidama αναπτύσσεται ως επί το πλείστον χρησιμοποιώντας στοιχεία από τα LEED και BREEAM, ενώ εφαρμόζει το σύστημα στις μοναδικές τοπικές ανάγκες και το περιβάλλον.

### 2.3.2.4 Μέθοδος Πιστοποίησης GSAS

Το 2009 ιδρύθηκε από τον Οργανισμό Έρευνας και Ανάπτυξης του Κόλπου (GORD) στο Κατάρ. Το παγκόσμιο σύστημα αξιολόγησης της βιωσιμότητας (GSAS) βασίστηκε στις βέλτιστες πρακτικές των πιο καθιερωμένων παγκόσμιων συστημάτων ενεργειακής αξιολόγησης που περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, το BREEAM (Ηνωμένο Βασίλειο), το LEED (Ηνωμένες Πολιτείες), το GREEN GLOBES (Καναδάς), το CEPAS, το CASBEE (Ιαπωνία) και το διεθνές SBTOOL. Η HSAS έχει 8 κατηγορίες και μπορεί να επιτευχθεί η πιστοποίηση έως και 16 αστέρων.

## 2.1.3 Εφαρμογές ΠΕΑ

### 2.1.3.1 Καινοτόμος Χρήση Δεικτών στα ΠΕΑ

Το ΠΕΑ περιλαμβάνει συνήθως μια σήμανση της Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΑ), καταγράφοντας το επίπεδο Ενεργειακής Απόδοσης του κτιρίου και γενικές πληροφορίες για το κτίριο (παλαιότητα, κλίμα κ.λπ.) μαζί με συστάσεις για τον τρόπο βελτίωσης της ΕΑ του κτιρίου. Οι Δείκτες ΠΕΑ αποτελούν ισχυρό εργαλείο σε ορισμένες χώρες όπου το πιστοποιητικό αναγνωρίζεται από την αγορά ακινήτων. Παρά τις προφανείς δυνατότητες, η εισαγωγή νέων δεικτών έχει περιοριστεί.

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει μια εκτίμηση της τρέχουσας κατάστασης των πέντε καινοτόμων δεικτών για τα ΠΕΑ που προέκυψαν από το έργο «X-tendo» του Horizon 2020. Η κενή οριζόντια στήλη υποδηλώνει ότι ο δείκτης απέχει πολύ από την ευρεία εφαρμογή, ενώ η πλήρης οριζόντια στήλη δείχνει ότι ο δείκτης εφαρμόζεται ήδη σε ορισμένα κράτη μέλη. Ενώ κανένας από τους παρακάτω δείκτες δεν έχει εφαρμοστεί ευρέως στην αγορά ΠΕΑ, η «Άνεση» δείχνει τη μεγαλύτερη πρόοδο, καθώς καλύπτεται από πολλές ιδιωτικές πιστοποιήσεις κτιρίων (WELL, BREEAM κ.λπ.). Ο δείκτης έξυπνης ετοιμότητας αναπτύσσεται ακόμη από την ΕΕ και δεν έχει εφαρμοστεί ακόμη σε καμία αγορά.

**Σχήμα 9: Τρέχουσα Κατάσταση των 5 Καινοτόμων Δεικτών για τα ΠΕΑ του X-tendo**





### **Έξυπνη ετοιμότητα (Smart readiness)**

Ο στόχος του δείκτη είναι να παράσχει μια κοινή μεθοδολογία για την αξιολόγηση της ικανότητας ενός κτιρίου να χρησιμοποιεί τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών. Καθώς και ηλεκτρονικά συστήματα για να προσαρμόσει τη λειτουργία του στις ανάγκες των ενοίκων και του δικτύου και να βελτιώσει την ενεργειακή του απόδοση και τη συνολική του απόδοση. Η τροποποιημένη Οδηγία EPBD (2018/844) πρόβαλε την ανάγκη για ένα κοινό ευρωπαϊκό σχέδιο για την αξιολόγηση της έξυπνης ετοιμότητας των κτιρίων (δηλαδή τον «δείκτη έξυπνης ετοιμότητας»). Η μεθοδολογία είναι ακόμη υπό ανάπτυξη και δεν υπάρχουν πραγματικά παραδείγματα στην ΕΕ.

### **Άνεση (Comfort)**

Υπάρχουν πολλά υπάρχοντα συστήματα διαβάθμισης και αξιολόγησης κτιρίων (π.χ. WELL και active house) σε όλο τον κόσμο που λαμβάνουν την άνεση των ενοίκων ως σημαντική πτυχή. Η μεγαλύτερη άνεση τείνει να αποτελεί σημαντικότερο στόχο για τους ενοίκους από την εξοικονόμηση ενέργειας και ως εκ τούτου, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα ισχυρό κίνητρο ανακαίνισης. Κανένα από τα κράτη μέλη δεν συμπεριέλαβε εκτίμηση της άνεσης ως μέρος της μεθοδολογίας υπολογισμού των ΠΕΑ.

### **Μελέτη Περίπτωσης: Παράμετροι άνεσης στα ελληνικά ΠΕΑ**

Ενώ η άνεση αποτελεί ένα από τα μειονεκτήματα που εντοπίζονται στο ελληνικό ΠΕΑ, το πρότυπό τους διαθέτει στοιχεία για την άνεση και άλλες παραμέτρους ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος (π.χ. θερμική άνεση, ακουστική, φωτισμός και ποιότητα αέρα). Συγκεκριμένα, για την θερμική άνεση, τα καθορισμένα στοιχεία για τη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου και τις ποσότητες καθαρού αέρα ορίζονται στο επίσημο λογισμικό, τα οποία ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου. Οι παρεχόμενες πληροφορίες περιλαμβάνονται μόνο σε ένα κουτί τσεκαρίσματος, που εναπόκειται στην υποκειμενική αξιολόγηση του ενεργειακού επιθεωρητή.

Η αξιολόγηση βασίζεται στον εξοπλισμό που καταχωρείται, στην ορατή κατάσταση λειτουργίας και σε μια συνέντευξη με τον ένοικο. Η παράμετρος «άνεση» δεν λαμβάνεται υπόψη στη μεθοδολογία υπολογισμού για την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου.

### **Πραγματική Κατανάλωση Ενέργειας (Real energy consumption)**

Η ενσωμάτωση δεδομένων πραγματικής κατανάλωσης ενέργειας στα ΠΕΑ μπορεί να προσφέρει προστιθέμενη αξία στις υπάρχουσες μεθόδους αξιολόγησης της ενεργειακής απόδοσης ή μπορεί να χρησιμεύσει ως βάση για εναλλακτικές μεθόδους αξιολόγησης, που αναφέρονται με το όρο αξιολόγηση λειτουργίας. Η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να ληφθεί από λογαριασμούς ενέργειας, ενεργειακούς μετρητές ή συστήματα παρακολούθησης ενέργειας κτιρίων. Αυτά ποικίλλουν στα επίπεδα λεπτομέρειας όσον αφορά την χρονική ανάλυση, τις θέσεις των υποσυστημάτων μέτρησης και τις παραμέτρους παρακολούθησης.

Τα δεδομένα από έξυπνους μετρητές μπορούν να συμπληρωθούν από δεδομένα άλλων παραμέτρων όπως γεωμετρικά χαρακτηριστικά κτιρίου και καιρικές συνθήκες, που λαμβάνονται από διάφορες πηγές - π.χ. διαδικτυακές βάσεις δεδομένων ή εξοπλισμούς IoT.

Τουλάχιστον τρία κράτη μέλη χρησιμοποιούν τις μετρήσεις κατανάλωσης ενέργειας ως μία από τις μεθοδολογίες έκδοσης των ΠΕΑ:

Σουηδία: η προσέγγιση αποτελεί μέρος του υποχρεωτικού συστήματος αξιολόγησης για την έκδοση ΠΕΑ, αν και είναι επίσης δυνατή η επαλήθευση με θεωρητικό υπολογισμό.

Ηνωμένο Βασίλειο: η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης με βάση τη μετρούμενη ενεργειακή κατανάλωση είναι υποχρεωτική για δημόσια κτίρια και μπορεί να εφαρμοστεί και σε μη δημόσια κτίρια προαιρετικά.

Φλάνδρα, Βέλγιο: η διαδικασία που βασίζεται στη μετρούμενη κατανάλωση ενέργειας είναι υποχρεωτική για υπάρχοντα μεγάλα δημόσια κτίρια. Το ΠΕΑ με βάση τη μετρούμενη κατανάλωση ενέργειας πρέπει να αναρτάται σε δημόσια και ορατή θέση στο κτίριο.

### **Εξωτερική Ρύπανση του Αέρα (Outdoor air pollution)**

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι καθοριστικός παράγοντας για την ευημερία και τη μακροπρόθεσμη υγεία. Αν και είναι σημαντικός παράγοντας για πολλούς δυνητικούς αγοραστές ακινήτων, η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν καλύπτεται από κανένα ΠΕΑ. Οι διαθέσιμες πληροφορίες (π.χ. κοντινές βιομηχανίες και ενεργειακές ανάγκες και πηγές) καθιστούν τεχνικά εφικτό τον υπολογισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε επίπεδο περιοχής.

### **Αλληλεπίδραση με Σύστημα Τηλεθέρμανσης (Interaction with district energy systems)**

Βασικές πληροφορίες για το σύστημα τηλεθέρμανσης περιλαμβάνονται σε ορισμένα ΠΕΑ. Ωστόσο, οι πληροφορίες που περιλαμβάνονται, εάν υπάρχουν, είναι πολύ γενικές για να προκύψουν πραγματικά οφέλη. Δεν περιλαμβάνονται πληροφορίες σχετικά με την καταλληλότητα του κτιρίου για τηλεθέρμανση, όπως οι θερμοκρασίες ροής και επιστροφής του συστήματος διανομής θερμότητας στο κτίριο.

Σάλτσμπουργκ, Αυστρία: Η περιοχή σχεδιάζει να ενσωματώσει την απόσταση μεταξύ του κτιρίου και του υπάρχοντος δικτύου τηλεθέρμανσης σε ένα από τα πιστοποιημένα προγράμματα λογισμικού για έκδοση ΠΕΑ.

Κάτω Χώρες: Υπάρχει τρόπος να ληφθούν υπόψη περιφερειακά μέτρα, όπως τηλεθέρμανση/ψύξη και ζεστό νερό οικιακής χρήσης σε συλλογική κλίμακα (εκτός κτιρίου), ηλιακή και αιολική ενέργεια μεγάλης κλίμακας (μέσω NEN 7125 (2017) και της συμπλήρωσης A1 NEN 7120 (γενική μέθοδος καθορισμού ΠΕΑ)). Η χρήση απορριπτόμενης θερμότητας,

συνδυασμένης θερμότητας και ηλεκτρισμού, βιοαερίου ή βιοκαυσίμων μπορεί επίσης να υπολογιστεί.

Ρουμανία: Το ΠΕΑ έχει υποχρεωτικό παράρτημα όπου αναφέρονται οι τύποι, η παλαιότητα και το μέγεθος των διαφόρων εγκαταστάσεων/εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένης της σύνδεσης με το δίκτυο τηλεθέρμανσης και της παρουσίας ενός βαθμονομημένου μετρητή.

### 2.1.3.2 Καινοτόμος Χρήση Δεδομένων ΠΕΑ

Αρκετά κράτη μέλη χρησιμοποιούν ήδη το ΠΕΑ και τα σχετικά δεδομένα τους με καινοτόμους τρόπους. Το παρακάτω Σχήμα δείχνει μία εκτίμηση για την τρέχουσα κατάσταση των πέντε καινοτόμων χρήσεων δεδομένων των ΠΕΑ του X-tendo (πλήρης πράσινη στήλη: η δυνατότητα έχει ήδη διερευνηθεί ευρέως, στήλη χωρίς πράσινο: δεν έχει εξεταστεί καθόλου). Ενώ τα περισσότερα κράτη μέλη χρησιμοποιούν τη βάση δεδομένων ΠΕΑ που διαθέτουν για αυτόματους ελέγχους σχετικά με τη συμμόρφωση στους κανονισμούς και τον εντοπισμό λαθών, ορισμένες χώρες αναζητούν επίσης συνδέσμους για ημερολόγια κτιρίων (Φλάνδρα και Πορτογαλία), προσαρμοσμένες συστάσεις (Γερμανία και Φλάνδρα) και ενσωμάτωση οικονομικών επιλογών (Δανία και Σκωτία). Η Πορτογαλία διερευνά αυτήν τη στιγμή τη δυνατότητα σύνδεσης του συστήματος ΠΕΑ με ένα δημόσιο one-stop shop.

**Σχήμα 10: Τρέχουσα Κατάσταση για τις Χρήσεις των Δεδομένων των ΠΕΑ του X-tendo**



Βάσεις Δεδομένων ΠΕΑ (EPC databases for improved data-mining, quality and compliance control)

Οι βάσεις δεδομένων ΠΕΑ προσφέρουν ευκαιρίες για την αξιοποίηση του αντικτύπου και της αντιληπτής χρησιμότητας των ΠΕΑ. Ορισμένα κράτη μέλη (π.χ. Βουλγαρία, Γερμανία, Ελλάδα, Φινλανδία) διαθέτουν μητρώα ΠΕΑ που αποθηκεύουν τα δεδομένα εισαγωγής που χρησιμοποιούνται για την έκδοση των ΠΕΑ, ενώ σε άλλα (π.χ. Δανία, Εσθονία, Ιρλανδία, Κάτω Χώρες, Πορτογαλία) τα δεδομένα είναι διαθέσιμα στο κοινό. Η Δανία δημοσίευσε τη βάση δεδομένων της το 1997 και το εύρος, η ποιότητα και η προσβασιμότητα της βάσης δεδομένων ΠΕΑ της Δανίας αποτέλεσαν παράδειγμα για άλλες χώρες και περιφέρειες. Αυτά τα προηγμένα εθνικά μητρώα συμβάλλουν επίσης στη βελτίωση του ποιοτικού ελέγχου των ΠΕΑ, καθώς και σε στατιστικές αναλύσεις του κτιριακού αποθέματος. Οι βάσεις δεδομένων

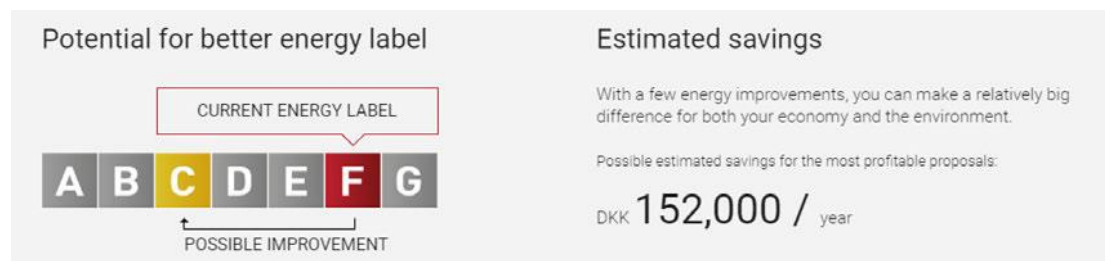
ΠΕΑ μπορούν επίσης να αποτελέσουν χρήσιμη πηγή πληροφοριών για ανάλυση και ανεξάρτητη έρευνα και ανάπτυξη πολιτικής.

### Μελέτη Περίπτωσης: Η καινοτόμος βάση δεδομένων ΠΕΑ της Δανίας

Η Δανία διαθέτει δύο προηγμένα μητρώα: ένα για πληροφορίες ΠΕΑ και ένα μητρώο κτιρίων. Όλα τα ΠΕΑ είναι καταχωρημένα σε μια δημόσια διαθέσιμη βάση δεδομένων που διαχειρίζεται ο Δανικός Οργανισμός Ενέργειας (DEA). Η βάση δεδομένων περιλαμβάνει τα δεδομένα που εισάγονται από τον ενεργειακό επιθεωρητή, καθώς και τη συνοδευτική έκθεση για τον ιδιοκτήτη του κτιρίου. Αυτές οι πληροφορίες περιλαμβάνουν πλήρεις πληροφορίες για τα ΠΕΑ, καθώς και άλλες δημόσιες πληροφορίες, όπως αξία ακινήτου και γης. Διατίθενται και επιπλέον δεδομένα και μια αναφορά δεδομένων ιδιοκτησίας με πρόσθετες πληροφορίες (π.χ. παροχή νερού και μόλυνση του εδάφους), αλλά η πρόσβαση πρέπει να ζητηθεί και διατεθεί από τον DEA.

Με την εισαγωγή μιας διεύθυνσης, ο χρήστης μπορεί να ανακτήσει πληροφορίες για την τρέχουσα κατάσταση του κτιρίου (κατηγορία ΠΕΑ, πηγή ενέργειας και εκτίμηση κατανάλωσης), προτεινόμενα μέτρα ανακαίνισης και εξοικονόμηση που προκύπτει (όπως φαίνεται παρακάτω).

**Σχήμα 11: Η Εφαρμογή της Δανίας**



### Ημερολόγια Καταγραφής (Building logbooks)

Τα ημερολόγια καταγραφής έχουν αναγνωριστεί και αναπτυχθεί σε ορισμένες χώρες ως ένας τρόπος για να προσελκύσουν ιδιοκτήτες κτιρίων και να μεγιστοποιήσουν την αξία των δεδομένων ΠΕΑ για αυτούς. Το έργο X-tendo προσδιορίζει πώς τα μητρώα και τα συστήματα ΠΕΑ μπορούν να υποστηρίξουν την ανάπτυξη ημερολογίων καταγραφής.

Το ψηφιακό ημερολόγιο καταγραφής κτιρίων είναι μια νέα ιδέα/έννοια που έχει τραβήξει την προσοχή της ΕΕ1 και αρκετών κρατών μελών της. Ένα ημερολόγιο καταγραφής συνήθως περιγράφεται ως ένα ψηφιακό αρχείο, όπου όλες οι πληροφορίες που σχετίζονται με το κτίριο (π.χ. ιδιοκτησία, σχεδιασμός κτιρίου, υλικά κατασκευής, δομή, εγκαταστάσεις,

1 The European Commission has commissioned a study on “digital building logbooks” delegated by Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises (EASME).



συστήματα, προσαρμογές, επενδύσεις, λειτουργικά έξοδα και κόστος συντήρησης, υγεία και ασφάλεια, δείκτες απόδοσης, πιστοποιήσεις) μπορούν να συλλεχθούν και να επικαιροποιηθούν όταν είναι απαραίτητο. Η συγκέντρωση και η βελτιστοποίηση της χρήσης των δεδομένων θα μπορούσε να επηρεάσει την αποτελεσματικότητα των πολιτικών, να απλοποιήσει τις διοικητικές διαδικασίες και να συμβάλει σε ισχυρότερη σύνδεση μεταξύ της ενεργειακής απόδοσης και της αξίας των κτιρίων.

Τα ημερολόγια καταγραφής θεωρούνται ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο για την ενίσχυση της διαθεσιμότητας πληροφοριών σε ένα ευρύ φάσμα παραγόντων της αγοράς, όπως ιδιοκτήτες, εταιρείες ακινήτων και διαχειριστές εγκαταστάσεων, μεταξύ άλλων. Οι καλύτερες ροές πληροφοριών συμβάλλουν στη βελτίωση του συστήματος διασφάλισης ποιότητας των κτιρίων και του κατασκευαστικού κλάδου συνολικά. Τα ημερολόγια καταγραφής έχουν αναγνωριστεί - και αναπτυχθεί σε ορισμένες χώρες της ΕΕ - ως ένας τρόπος για να προσελκύσουν ιδιοκτήτες κτιρίων και ενδιαφερόμενα μέρη για να μεγιστοποιήσουν την αξία και την προσβασιμότητα στα δεδομένα των ΠΕΑ. Έργα όπως το iBRoad και το ALDREN έχουν διερευνήσει τα πιθανά οφέλη από τα ημερολόγια καταγραφής σε όλη την ΕΕ. Χώρες όπως το Βέλγιο (Φλάνδρα) σχεδιάζουν να αναπτύξουν πλήρως ημερολόγια καταγραφής κτιρίων ως μέρος ενός «διαβατηρίου ανακαίνισης κτιρίου», ενώ η Γαλλία περιλαμβάνει ένα ψηφιακό ημερολόγιο καταγραφής για την παρακολούθηση και τη συντήρηση κτιρίων ως μέρος του συστήματος ΠΕΑ.

### **Μελέτη Περίπτωσης: Το φλαμανδικό Woningpas πρωτοπορεί**

Ο Φλαμανδικός Οργανισμός Ενέργειας (VEA), σε συνεργασία με ένα ευρύ δίκτυο ενδιαφερομένων, σχεδίασε και εφάρμοσε το «Σύμφωνο Ανακαίνισης» (2014-2018) με στόχο τη βελτίωση του κτιριακού αποθέματος της περιοχής. Η Φλάνδρα (Βέλγιο) θέσπισε έως το 2050 τα υπάρχοντα κτίρια να είναι ενεργειακά αποδοτικά με τις ισχύουσες απαιτήσεις για νέα κτίρια (E608). Μία από τις κύριες δράσεις του Συμφώνου Ανακαίνισης είναι η ανάπτυξη του «Woningpas», ενός ημερολογίου καταγραφής, καθώς και του «EPC+», το οποίο είναι μια πιο φιλική προς το χρήστη έκδοση του ΠΕΑ, που περιλαμβάνει μια σαφή επισκόπηση των μέτρων, κατά σειρά προτεραιότητας, που απαιτούνται για την επίτευξη του στόχου του 2050.

Το Woningpas είναι ένας μοναδικός ολοκληρωμένος ψηφιακός φάκελος κάθε κτιρίου. Ο φάκελος μπορεί να ανακτηθεί από τον ιδιοκτήτη του κτιρίου και από άτομα που έχουν δικαίωμα πρόσβασης. Το ημερολόγιο καταγραφής περιλαμβάνει ενεργειακές επιδόσεις, συμβουλές ανακαίνισης, ποιότητα κατοικίας (όπως σταθερότητα, υγρασία, ασφάλεια) και δεδομένα για το περιβάλλον. Στο μέλλον θα συμπεριληφθούν και άλλες κτιριακές πτυχές όπως η ανθεκτικότητα, το νερό, οι εγκαταστάσεις και οι οικοδομικές άδειες. Το Woningpas καθιστά δυνατή την παρακολούθηση της εξέλιξης του κάθε κτιρίου. Η πρώτη έκδοση του εργαλείου ξεκίνησε το 2018.

### **Εξατομικευμένες συστάσεις (Tailored recommendations)**

Οι περιορισμοί κόστους και χρόνου οδηγούν συχνά σε ΠΕΑ με ελλιπείς συστάσεις. Οικονομικά αποδοτικές προσεγγίσεις για την παροχή εξατομικευμένων συστάσεων ανακαίνισης, ιδίως με τη μορφή μεμονωμένων διαβατηρίων ανακαίνισης κτιρίων, μπορούν να βοηθήσουν στην υπέρβαση αυτού του φραγμού.

Παρέχονται εξατομικευμένες συστάσεις ανακαίνισης για κτίρια κατοικίας και εμπορικές εγκαταστάσεις από χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, την Αυστρία και τη Δανία ως επιπλέον συμβουλές που συνοδεύουν τις εκθέσεις των ΠΕΑ. Στις περισσότερες περιπτώσεις, παρέχονται τυποποιημένες συστάσεις για τη μείωση του κόστους μιας εξατομικευμένης προσέγγισης. Ωστόσο, οι εξατομικευμένες συστάσεις εστιάζουν περισσότερο σε νέες πρωτοβουλίες που σχετίζονται με τα διαβατήρια ανακαίνισης κτιρίων. Στη Γερμανία, οι σύμβουλοι ενέργειας παρέχουν ήδη εξατομικευμένες πληροφορίες στους ιδιοκτήτες ακινήτων με τη μορφή χαρτών πορείας ανακαίνισης.

### **Μελέτη Περίπτωσης: Ο γερμανικός Χάρτης Ανακαίνισης εξατομικεύει Μακροπρόθεσμες Συστάσεις Ανακαίνισης**

Το γερμανικό individualueller Sanierungsfahrplan (iSFP) είναι ένας χάρτης ανακαίνισης για μεμονωμένα κτίρια, σχεδιασμένος ως εργαλείο ενεργειακού ελέγχου, που εφαρμόζεται από πιστοποιημένους ενεργειακούς ελεγκτές. Το iSFP έχει σχεδιαστεί για να είναι φιλικό προς το χρήστη, περιλαμβάνοντας τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα μέτρα ανακαίνισης και προτείνοντας τρόπους αποφυγής αποτρεπτικών αποτελεσμάτων. Αυτό είναι σημαντικό, καθώς περίπου το 85% των μέτρων ενεργειακής ανακαίνισης που χρηματοδοτούνται στη Γερμανία αφορούν μόνο ένα κτιριακό στοιχείο, το iSFP δίνει μεγάλη έμφαση στη σταδιακή ανακαίνιση και τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των σταδίων. Το iSFP περιλαμβάνει μια περίληψη οκτώ σελίδων και ένα λεπτομερές φυλλάδιο με περιγραφή όλων των μέτρων και πακέτων ανακαίνισης, στο οποίο περιλαμβάνονται, όπου είναι απαραίτητο, φωτογραφίες, σκίτσα, γραφικά και περαιτέρω πληροφορίες για τους προμηθευτές/εργολάβους ή τους σχεδιαστές. Ενώ το iSFP έχει αναπτυχθεί εκτός του γερμανικού καθεστώτος ΠΕΑ, αρκετά κράτη μέλη (π.χ. Ιρλανδία, Γαλλία, Φλάνδρα) διαβλέπουν τον χάρτη πορείας ανακαίνισης ως φυσική εξέλιξη του ΠΕΑ.

### **ΠΕΑ και Επιλογές Χρηματοδότησης (EPCs and financing options)**

Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι οι χρήστες επιθυμούν πληροφορίες στο ΠΕΑ για πιθανές επιλογές χρηματοδότησης. Οι πληροφορίες σχετικά με την οικονομική υποστήριξη, παράλληλα με τις συστάσεις του ΠΕΑ, μπορούν να πείσουν τους χρήστες των κτιρίων να υλοποιήσουν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. Ο αντίκτυπος θα ήταν ακόμη ισχυρότερος εάν μειωνόταν η ταλαιπωρία από την διαδικασία αίτησης δανείου ανακαίνισης, συμπεριλαμβάνοντας πληροφορίες για προγράμματα χρηματοδοτικής στήριξης.

Οι νέες τεχνολογίες και η βελτιωμένη συλλογή δεδομένων, δίνουν νέες δυνατότητες. Το ΠΕΑ θα μπορούσε να ενημερώσει τον ιδιοκτήτη του κτιρίου για επιλογές χρηματοδότησης (π.χ. πράσινα δάνεια, κίνητρα, φορολογικές πιστώσεις κ.λπ.), ενώ μια βάση δεδομένων θα βοηθούσε στη διαδικασία αίτησης χωρίς προβλήματα. Η στενότερη σύνδεση των ΠΕΑ με τις επιλογές χρηματοδότησης είναι σημαντική από δύο τουλάχιστον προοπτικές:

Παροχή πληροφοριών στους ιδιοκτήτες κατοικιών σχετικά με τις επιλογές χρηματοδότησης, τη διαφάνεια των εξόδων και τους χρόνους αποπληρωμής.

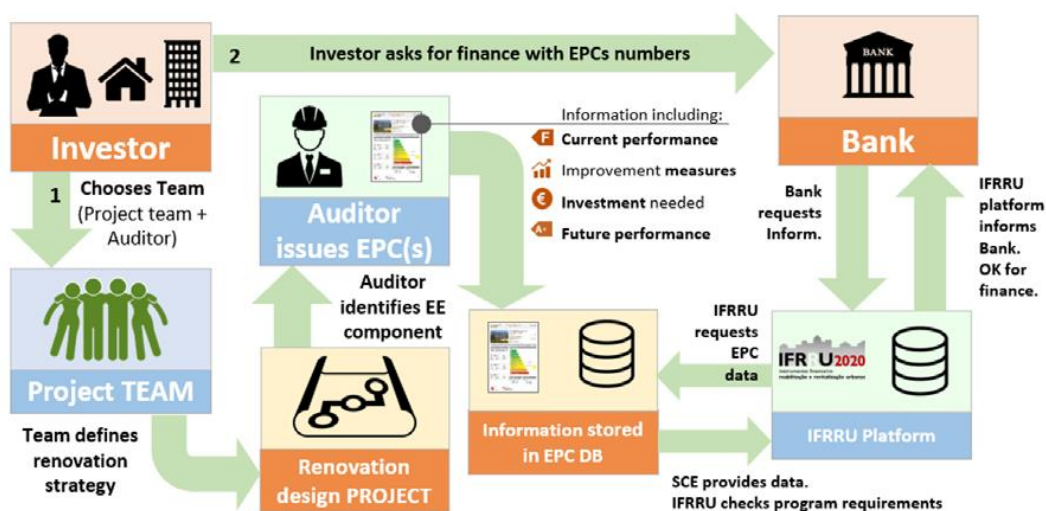
Παροχή σχετικών πληροφοριών σε χρηματοπιστωτικά ιδρύματα σχετικά με την ποιότητα του υποκείμενου κτιρίου (δηλαδή περιουσιακού στοιχείου).

Αρκετές χώρες (π.χ. Βουλγαρία, Πορτογαλία, Σκωτία) χρησιμοποιούν το ΠΕΑ ως προϋπόθεση δανείου. Οι Σκωτσέζοι ιδιοκτήτες κατοικιών μπορούν, για παράδειγμα, να έχουν πρόσβαση σε άτοκο δάνειο για ενεργειακές παρεμβάσεις, εάν υποβάλουν αίτηση για επεμβάσεις που προτείνονται από μία «αποδεκτή ενεργειακή έκθεση». Μία τέτοια έκθεση αποτελεί το ΠΕΑ. Επιπλέον, υπάρχει απαίτηση για έκδοση ΠΕΑ μετά τις παρεμβάσεις για όλες τις κατοικίες που λαμβάνουν δάνεια, ώστε να υπάρχει ένδειξη της ενεργειακής βελτίωσης που έχει επιτευχθεί στην κατοικία. Ένα άλλο παράδειγμα είναι το πρόγραμμα JESSICA στη Λιθουανία, το οποίο προσέφερε δάνεια χαμηλού επιτοκίου, άνω των 10 και 20 ετών, υπό τον όρο ότι ο ιδιοκτήτης του κτιρίου «απεδείκνυε μέσω του ΠΕΑ ότι το ανακαινισμένο ακίνητο αντιστοιχεί τουλάχιστον στην ενεργειακή κατηγορία C».

**Μελέτη Περίπτωσης: Το ΠΕΑ στην Πορτογαλία είναι αναπόσπαστο συστατικό των χρηματοπιστωτικών της μέσων.**

Τα ΠΕΑ στην Πορτογαλία υποστηρίζουν εθνικές πολιτικές μέσω χρηματοδοτικών μέσων όπως το Urban Rehabilitation, που αποτελεί μέσο για τις αστικές αναπλάσεις (IFRRU 2020), το Ταμείο Ενεργειακής Απόδοσης (FEE) Portugal 2020 και το επιχειρησιακό πρόγραμμα για τη βιωσιμότητα και την αποτελεσματική χρήση των πόρων (POSEUR).

**Σχήμα 12: Η προσέγγιση του POSEUR**



### **Σύνδεση ΠΕΑ με one-stop-shops (Linking EPCs to one-stop-shops for deep energy retrofits)**

Τα one-stop-shops παρέχουν ολοκληρωμένες πληροφορίες στους ιδιοκτήτες κατοικιών και ακινήτων σχετικά με πακέτα ανακαίνισης, παροχές, προγράμματα υποστήριξης, τεχνικές λύσεις, τεχνίτες κ.λπ. Θεωρούνται ως βασικό μέσο για τη μείωση των εμποδίων και του κόστους των συναλλαγών. Αυτές οι λειτουργικότητες θα μπορούσαν και πρέπει να συνδεθούν με τα ΠΕΑ.

Οι ανακαινίσεις ενεργειακής απόδοσης συνιστούν πολύ περίπλοκες διαδικασίες και αυτός είναι ένας ακόμη κύριος λόγος που οι ιδιοκτήτες κατοικιών είναι διστακτικοί στην υλοποίηση ενεργειακών αναβαθμίσεων. Ωστόσο, τα one-stop-shops έχοντας επικοινωνία με ολόκληρη την αλυσίδα αξίας του κλάδου ανακαίνισης, μπορούν να ξεπεράσουν τα εμπόδια του κατακερματισμού της αγοράς τόσο από την πλευρά της ζήτησης όσο και από την πλευρά της προσφοράς.

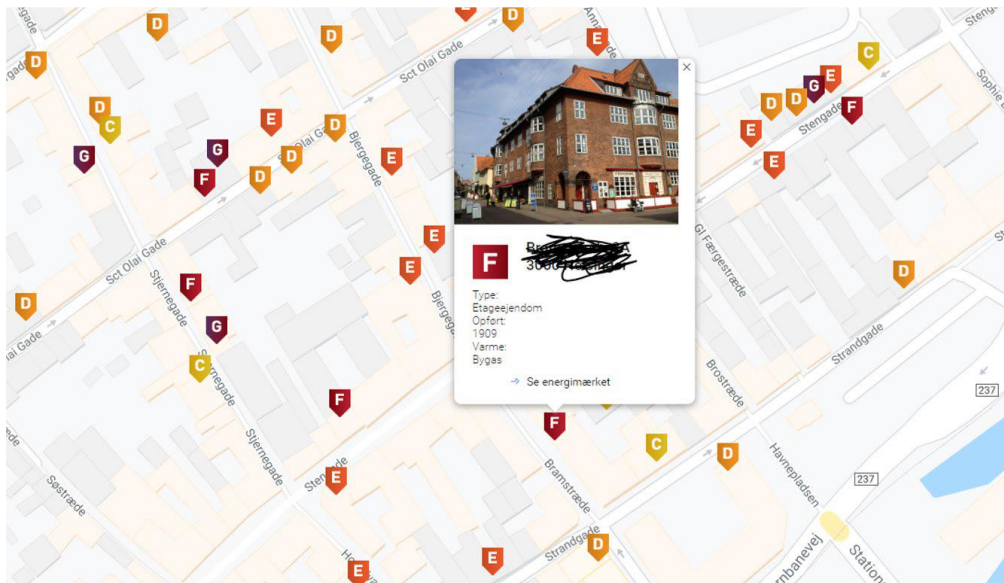
Πολλά one-stop-shops χρησιμοποιούν ήδη δεδομένα ΠΕΑ στα επιχειρηματικά τους μοντέλα, αλλά μεγάλο μέρος των δυνατοτήτων είναι ακόμα ανεκμετάλλευτο. Τα one-stop-shops χρειάζονται καλές πληροφορίες για να εντοπίσουν την κατάλληλη ομάδα-στόχο και να της προσφέρουν ένα πειστικό προϊόν. Επιπλέον, η διασφάλιση ποιότητας μετά την ανακαίνιση είναι ένα ουσιαστικό, αλλά δύσκολο, στάδιο σε πολλά από αυτά τα επιχειρηματικά μοντέλα. Τα καθεστώτα ΠΕΑ θα μπορούσαν να βοηθήσουν παρέχοντας αυτές τις πληροφορίες, αλλά, εκτός κάποιων εξαιρέσεων, προς το παρόν δεν το κάνουν.

### **Μελέτη Περίπτωσης: Η διαθεσιμότητα δεδομένων στην Δανία δίνει δυνατότητες σε one-stop-shops**

Το BedreBolig είναι ένα δημόσιο one-stop-shop στη Δανία που καθοδηγεί τους ιδιοκτήτες κτιρίων στη διαδικασία ανακαίνισης. Οι ενδιαφερόμενοι λαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα χρήσιμων πληροφοριών και καθοδήγησης. Ο ιδιοκτήτης κτιρίου μπορεί να βρει την ενεργειακή ετικέτα κτιρίου στον ιστότοπο και να συγκρίνει μεταβλητές, όπως η ενεργειακή απόδοση και το κόστος, με τους γείτονες. Ο παρακάτω χάρτης δείχνει τη δανική πόλη Elsinore. Όλες οι ενεργειακές ετικέτες είναι δημόσια διαθέσιμες και ο χρήστης θα λάβει την πλήρη αναφορά κάνοντας κλικ στο συγκεκριμένο κτίριο/ετικέτα.

Η καλύτερη χρήση των δεδομένων μπορεί να συμβάλει σε ακριβέστερες πολιτικές και μέτρα και ταχύτερη πρόοδο στις κατασκευαστικές τεχνικές και την καινοτομία. Τα διαθέσιμα και συγκρίσιμα δεδομένα κτιρίων, που αφορούν σύγχρονες τεχνικές, μπορούν να αυξήσουν την ευαισθητοποίηση και τη ζήτηση για μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.

### **Σχήμα 13: Χάρτης ΠΕΑ Δανίας**



Πηγή: Bedrebolig

### Μελέτη Περίπτωσης: ΠΕΑ για την υποστήριξη παροχής συμβουλών στη Σκωτία

Το Energy Saving Trust διαχειρίζεται το πρόγραμμα Home Energy Scotland (HES) για λογαριασμό της κυβέρνησης της Σκωτίας. Το HES είναι μια ολοκληρωμένη υπηρεσία παροχής συμβουλευτικών υπηρεσιών που προσφέρει βοήθεια και υποστήριξη και ένα «ενιαίο σημείο επαφής» για όλα τα νοικοκυριά στη Σκωτία, ιδιαίτερα στους ανθρώπους που δυσκολεύονται με τους λογαριασμούς ενέργειας. Παρέχει δωρεάν, αντικειμενικές συμβουλές σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τις βιώσιμες μεταφορές και την πρόληψη των αποβλήτων. Για παράδειγμα, το 2016-17, το HES διαχειρίστηκε 300.000 τηλεφωνικές και προσωπικές κλήσεις, που ισοδυναμεί με το 6% του πληθυσμού της Σκωτίας. Οι σύμβουλοι HES είναι σε θέση να έχουν πρόσβαση στο ΠΕΑ κάθε αιτούντος και να συζητήσουν βάσει των συστάσεων που περιέχει.

### Χρήση της βάσης δεδομένων ΠΕΑ για τον σχεδιασμό προγραμμάτων και στρατηγικών ενεργειακών αναβαθμίσεων

Με βάση τα δεδομένα ΠΕΑ, το Energy Saving Trust ανέπτυξε το Home Analytics, το οποίο παρέχει δεδομένα σε επίπεδο διεύθυνσης σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των σκωτσέζικων κατοικιών. Χρησιμοποιώντας τεχνικές στατιστικής μοντελοποίησης, το Home Analytics είναι σε θέση να παρουσιάσει μια ένδειξη της ενεργειακής απόδοσης ακόμη και εκείνων των σκωτσέζικων κατοικιών που δεν διαθέτουν ακόμη ΠΕΑ. Και συνδέοντας με δεδομένα απογραφής και άλλα σύνολα δεδομένων, το Home Analytics μπορεί να παρέχει δεδομένα σχετικά με πιθανά χαρακτηριστικά του νοικοκυριού (π.χ. πιθανότητα χαμηλού

εισοδήματος). Μια διαδικτυακή πύλη GIS (χαρτογράφησης) καθιστά δυνατή την οπτικοποίηση δεδομένων.

#### *2.1.3.3 Τα ΠΕΑ ως Εργαλείο για την Απεξάρτηση από τις Εκπομπές Άνθρακα*

Το ΠΕΑ είναι ένα από τα κυριότερα διαθέσιμα μέσα της ΕΕ για την αντιμετώπιση των εκπομπών άνθρακα του κτιριακού αποθέματος, αν και λίγες μόνο χώρες διερευνούν τις δυνατότητές τους αυτές. Η Σκωτία (όπως η Αγγλία και η Ουαλία) χρησιμοποιεί το ΠΕΑ για να καθορίσει ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης για τα υπάρχοντα κτίρια, ενώ η Πορτογαλία ενσωματώνει το ΠΕΑ σε μια σειρά πολιτικών και μέσων.

#### **Τα ΠΕΑ παρέχουν τις ελάχιστες προδιαγραφές ενεργειακής απόδοσης στη Σκωτία**

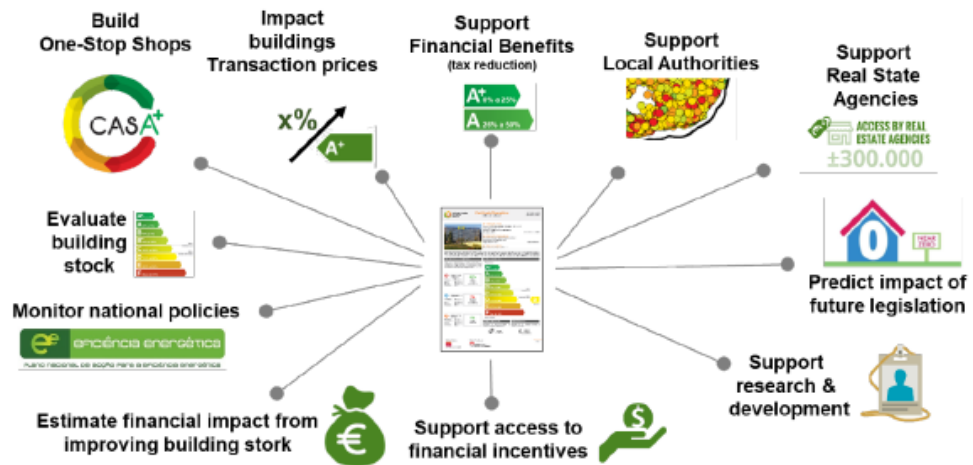
Στη Σκωτία, τα ΠΕΑ χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της επικοινωνιακής γλώσσας σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων κατοικίας. Η κυβέρνηση της Σκωτίας σχεδιάζει να θεσπίσει κανονισμούς σύμφωνα με τους οποίους όλες οι κατοικίες από το 2020 θα πρέπει να πληρούν το πρότυπο ΠΕΑ «Ε» προτού να ενοικιαστούν, και μέχρι το 2022 αυτό το πρότυπο θα φτάσει στο D. Η κυβέρνηση εξετάζει επί του παρόντος για ένα ελάχιστο πρότυπο C που οι ιδιοκτήτες κατοικίας θα πρέπει να πληρούν πριν πουλήσουν το σπίτι τους από το 2024 (σε όλες τις περιπτώσεις θα ισχύουν εξαιρέσεις όταν είναι πολύ ακριβό, τεχνικά δύσκολο ή δεν υπάρχει στόχος να πληροί το πρότυπο C). Στόχος είναι όλες οι κατοικίες να επιτύχουν τουλάχιστον ένα πρότυπο ΠΕΑ C έως το 2040, όπου αυτό είναι τεχνικά εφικτό και οικονομικά αποδοτικό.

#### **Η καινοτόμος χρήση των ΠΕΑ στην Πορτογαλία πέρα από την ενεργειακή δήλωση**

Η ευρύτερη χρήση των ΠΕΑ και των πληροφοριών τους περιλαμβάνει την υποστήριξη των τοπικών αρχών, των μεσιτικών γραφείων και των ερευνητικών δραστηριοτήτων. Το ΠΕΑ δίνει επίσης στους ιδιοκτήτες κατοικίας πρόσβαση σε δημόσιες επιχορηγήσεις και δάνεια χαμηλού επιτοκίου. Επιπλέον, το ΠΕΑ χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση πολιτικών και για την ανάπτυξη μελλοντικών πολιτικών με μεγαλύτερη επιρροή. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει μερικές από τις λειτουργίες που επιτελεί το ΠΕΑ.

#### **Σχήμα 14: Ο Ρόλος του ΠΕΑ στην Πληροφόρηση**





Πηγή: ADENE

## Ενότητα 3: Οδηγίες για Γρήγορες Αποφάσεις για τις ΑΠΕ και ΕΞΕ σε Κτιριακές Υποδομές

---

### 3.1 Ενεργειακή Απόδοση Μικρής Κλίμακας

Προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας, οι κεντρικές εγκαταστάσεις μπορούν να εφαρμόσουν αναβαθμίσεις χαμηλότερου κόστους και στρατηγικές ευαισθητοποίησης σχετικά με τη χρήση ενέργειας καθώς και τακτικές αλλαγής συμπεριφοράς που προσφέρουν την ευκαιρία για αυξημένη συμμετοχή των πολιτών.

#### **Διαγωνισμός Ενέργειας «Go Cold Turkey»**

Στις εστίες του Πανεπιστημίου του Χάρβαρντ, οι φοιτητές έκλεισαν τους υπολογιστές, τα φώτα, τις συσκευές και τη θέρμανση πριν φύγουν από την πανεπιστημιούπολη για την γιορτή των Ευχαριστιών. Οι μαθητές εξοικονόμησαν περίπου 329.000 κιλοβατώρες ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο είναι ισοδύναμο με την ποσότητα που απαιτείται για την τροφοδοσία 5,5 εκατομμυρίων τυπικών λαμπτήρων πυρακτώσεως 60-watt για μία ώρα.

#### **Πρωώθηση της εξοικονόμησης ενέργειας**

Το Πανεπιστήμιο Έμπορι διοργάνωσε μια εκδήλωση όπου όλα τα βασικά κτίρια έκλεισαν όλα τα φώτα τους για μισή ώρα ώστε να ενημερώσουν το κοινό για την εξοικονόμηση ενέργειας. Εκτός από το να σβήνουν τα φώτα στους πανεπιστημιακούς χώρους, οι απόφοιτοι της Emory σε όλο τον κόσμο ενθαρρύνονται να σβήσουν τα φώτα τους ταυτόχρονα για μισή ώρα.

#### **Πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας από υπολογιστές**

Το Πανεπιστήμιο του Οχάιο χρησιμοποιεί λογισμικό διαχείρισης υπολογιστών που τερματίζει τη λειτουργία υπολογιστών όταν δεν χρησιμοποιούνται. Έχει εξοικονομήσει 15.150.000 κιλοβατώρες και 15.000 τόνους CO<sub>2</sub>, που αποτελούν το 45% της συνολικής χρήσης ενέργειας υπολογιστών. Το Πανεπιστήμιο Κάρνεγκι Μέλον συμμετέχει στο πρόγραμμα διαχείρισης ενέργειας που ονομάζεται «Ο ύπνος είναι καλός!», το οποίο θέτει τους υπολογιστές σε κατάσταση sleep/standby. Το Πανεπιστήμιο Mount Holyoke έχει ενεργοποιήσει τις δυνατότητες διαχείρισης ενέργειας σε 2.800 υπολογιστές, εξοικονομώντας 574.000 kWh και 411 τόνους εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

#### **Λογισμικό EZ GPO από την Energy Star**

Το EZ GPO χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των ρυθμίσεων διαχείρισης ενέργειας των υπολογιστών εντός ενός δικτύου και στη συνέχεια θέτει τις κατάλληλες ρυθμίσεις εξοικονόμησης ενέργειας για κάθε οθόνη σταθμού εργασίας. Το Κολέγιο Pomona κατάφερε να εξοικονομήσει 66 δολάρια ανά υπολογιστή, ενώ ταυτόχρονα μειώνονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά σχεδόν μισό τόνο CO<sub>2</sub> ετησίως ανά υπολογιστή. Τα πανεπιστήμια μπορούν να απαιτήσουν από τους μαθητές να εγκαταστήσουν αυτό το



λογισμικό στους προσωπικούς τους υπολογιστές, προκειμένου να αποκτήσουν πρόσβαση στο δίκτυο του σχολείου.

### **Αυτόματοι πωλητές**

Οι αυτόματοι πωλητές απενεργοποιούν τα φώτα της μηχανής όταν δεν είναι σε χρήση, ενώ κρατούν τα ποτά κρύα. Οι αυτόματοι πωλητές μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας στο μισό στα μηχανήματα πώλησης ποτών. Εγκαταστάθηκαν από το Πανεπιστήμιο Tufts (MA) σε 90 μηχανήματα, εξοικονομώντας περίπου 17.000 και 100 τόνων CO<sub>2</sub> ετησίως.

### **Αντικατάσταση λαμπτήρων**

Η αντικατάσταση των παραδοσιακών λαμπτήρων πυρακτώσεως με CFLs μπορεί να μειώσει το κόστος φωτισμού έως και 75%. Το Πανεπιστήμιο του Τενεσί αγόρασε 1.760 CFLs για να αντικαταστήσει τους λαμπτήρες των γραφείων των σπουδαστών, εξοικονομώντας 4.190 δολάρια και 60 τόνους CO<sub>2</sub> σε ένα μόνο εξάμηνο.

### **Ενεργειακή απόδοση στα πλυντήρια**

Η χρήση πλυντηρίων εμπρόσθιου φορτωτή παρέχει σημαντική εξοικονόμηση νερού. Το Πανεπιστήμιο Tufts έχει εγκαταστήσει πάνω από 100 πλυντήρια εμπρόσθιου φορτωτή που εξοικονομούν στο πανεπιστήμιο περίπου 23.000 δολάρια και 17.000 γαλόνια νερού τον χρόνο. Μειώνουν επίσης τις εκπομπές άνθρακα πάνω από 30 τόνους τον χρόνο.

## **3.2 Ενεργειακή Απόδοση Μεγάλης Κλίμακας**

Σε μια προσπάθεια να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στις εγκαταστάσεις, οι πανεπιστημιούπολεις έχουν εφαρμόσει αναβαθμίσεις υψηλότερης αποδοτικότητας κόστους. Αν και απαιτούν μεγαλύτερη αρχική χρηματοδότηση, τα έργα αυτά έχουν μεγαλύτερες μακροπρόθεσμες επιπτώσεις.

### **Μέτρηση κτιρίου**

Τόσο το Πανεπιστήμιο της Βιρτζίνια όσο και το Κολέγιο του Όμπερλιν έχουν εγκαταστήσει μετρητές σε όλα τα κτίρια των πανεπιστημιούπολεων τους. Χρησιμοποιούνται τα δεδομένα κατανάλωσης για την παρακολούθηση των ροών ηλεκτρικής ενέργειας, νερού, παγωμένου νερού και ατμού και επιτρέπουν στα σχολεία να καθορίσουν τις μη αποδοτικές περιοχές. Η διεξαγωγή σχετικών διαγωνισμών μεταξύ εστίων μπορούν να βοηθήσουν στην προώθηση της βιώσιμης χρήσης των πόρων μεταξύ των μαθητών.

### **Συμπαραγωγή**

Το Πανεπιστήμιο Bucknell μετέτρεψε το 1998 τη συμβατική μονάδα θέρμανσης με καύση άνθρακα σε μια εγκατάσταση συμπαραγωγής που τροφοδοτείται από φυσικό αέριο. Με την

παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, η συνολική απόδοση αυξήθηκε σε 75-80% και οδήγησε σε μεγάλες μειώσεις εκπομπών - περίπου 44% κάτω από τα επίπεδα του 1990 με βάση την απογραφή των εκπομπών του 2006. Το Κολέγιο Smith αντικατέστησε το καλοκαίρι του 2007 τον εξηντάχρονο ατμοκίνητο σταθμός με σύστημα CHP μονού λέβητα 3,5 MW, εξοικονομώντας 1,8 εκατομμύρια δολάρια τον χρόνο και μειώνοντας τις εκπομπές στο μισό.

### ***Συμβάσεις επιδόσεων***

Το έργο για την εξοικονόμηση ενέργειας του Κολεγίου Bridgewater State είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση κατά 25% της χρήσης ενέργειας και την εξάλειψη 6.230 τόνων CO<sub>2</sub> ετησίως. Υπάρχουν 22 διαφορετικές πρωτοβουλίες στο έργο που κυμαίνονται από την αλλαγή λαμπτήρων φθορισμού σε όλη την πανεπιστημιούπολη και την εγκατάσταση ενός νέου συστήματος θέρμανσης για όλες τις αίθουσες και τα γραφεία. Το έργο χρηματοδοτήθηκε από ιδιωτικό φορέα που συνεργάζεται με την κατασκευαστική εταιρεία. Το Κολέγιο Frederick Community εισήλθε σε μια σύμβαση ενεργειακής απόδοσης για την προμήθεια ενός σημαντικού συστήματος HVAC, την εγκατάσταση μηχανημάτων αυτόματης πώλησης, την προσθήκη φωτισμού, την μετεγκατάσταση με ελέγχους αισθητήρα πληρότητας, τη βελτίωση της ακεραιότητας κελύφους κτιρίου, και την αύξηση της ενέργειας ευαισθητοποίησης. Το συνολικό προβλεπόμενο ετήσιο όφελος ήταν της τάξης των 66.172 δολαρίων.

## **3.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**

Σε μια προσπάθεια να μειωθεί το σημαντικό ενεργειακό κόστος της ενέργειας που παράγεται σήμερα από μη ανανεώσιμες πηγές όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο ή τον άνθρακα, τα δημόσια κτίρια εξαρτώνται όλο και λιγότερο από τα ορυκτά καύσιμα και στρέφονται όλο και περισσότερο σε ενεργειακούς πόρους όπως η αιολική, ηλιακή ενέργεια καθώς και η ενέργεια με τη χρήση βιομάζας.

### ***Αιολική ενέργεια***

Οι πανεπιστημιούπολεις έχουν αρχίσει να εφαρμόζουν και να χρησιμοποιούν τόσο μικρής κλίμακας όσο και εμπορικά συστήματα αιολικής ενέργειας. Η Ναυτική Ακαδημία της Μασαχουσέτης εγκατέστησε έναν στρόβιλο 660 kW τον Ιούνιο του 2006 που παράγει πάνω από 1 εκατομμύριο kWh ετησίως και εξοικονομεί στο σχολείο 160.000 δολάρια ετησίως. Κατά τους πρώτους δεκαπέντε μήνες λειτουργίας του, αποφεύχθηκαν 690 τόνοι CO<sub>2</sub>. Μια ηλεκτρονική οθόνη δείχνει τα καθημερινά, μηνιαία και ετήσια σύνολα παραγόμενης ισχύος.

### ***Βιομάζα***

Το Κολέγιο του Μίντλμπερι πρόκειται να ξεκινήσει ένα εργοστάσιο βιομάζας αξίας 11 εκατομμυρίων δολαρίων, το οποίο θα μειώσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά περίπου 12.500 τόνους

ετησίως. Παρομοίως, το Πανεπιστήμιο της Νότιας Καρολίνας ξεκινά μία μονάδα υψηλής τεχνολογίας ενέργειας βιομάζας της τάξεως των 19 εκατομμυρίων η οποία υπολογίζεται να καταναλώνει ετησίως 57.000 τόνους αποβλήτων δέντρων εξοικονομώντας 2 εκατομμύρια δολάρια τον χρόνο ενεργειακού κόστους.

### ***Ηλιακή/ φωτοβολταϊκή ενέργεια***

Αν και το αρχικό κόστος των ηλιακών έργων είναι συνήθως υψηλό, υπάρχουν κρατικές ή εταιρικές επιδοτήσεις διαθέσιμες για την αντιστάθμιση του κόστους της αρχικής επένδυσης. Χάρη σε μια επιδότηση της τάξεως των 2,8 εκατομμυρίων δολαρίων, το Κρατικό Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, Fresno σε συνεργασία με την εταιρεία Chevron Energy Solutions ολοκλήρωσε ένα μεγάλης κλίμακας «ηλιακό πάρκινγκ» στο πανεπιστήμιο, το οποίο θα παρέχει το 20% της ετήσιας ενεργειακής ζήτησης. Παρέχεται σκιασμένος χώρος στάθμευσης και μια θέση για 3.872 φωτοβολταϊκά πάνελ που παράγουν 1,1 μεγαβάτ.

### ***Μείγμα βιομάζας με ορυκτά καύσιμα***

Μια λιγότερο δαπανηρή εναλλακτική λύση σε ένα σύστημα βιομάζας ή σύστημα ορυκτών καυσίμων χρησιμοποιεί ένα μείγμα καυσίμου βιομάζας με παραδοσιακά ορυκτά καύσιμα, όπως ο άνθρακας, που μπορεί να καίγεται σε υφιστάμενο λέβητα. Το Πανεπιστήμιο της Αϊόβα χρησιμοποιεί τα απόβλητα από το κοντινό εργοστάσιο Quaker Oats (κέλυφος βρώμης) για να αναμιχθεί με τον άνθρακα πριν την καύση του. Χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο ρευστοποιημένης κλίνης κυκλοφορίας, τα κελύφη βρώμης αντικαθιστούν το μισό του άνθρακα σε ένα λέβητα, εξοικονομώντας 750.000 δολάρια σε έξοδα καυσίμων και 20.000 τόνους εκπομπές CO<sub>2</sub> ετησίως.

### ***Πιστοποιητικά ανανεώσιμης ενέργειας***

Τα πιστοποιητικά ανανεώσιμης ενέργειας (RECs) είναι εμπορεύσιμα περιβαλλοντικά αγαθά που αντιπροσωπεύουν απόδειξη ότι 1 μεγαβατώρα (MWh) ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από επιλέξιμη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Τα πιστοποιητικά του Κολεγίου του Κονέκτικατ αντιπροσωπεύουν το 22% της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του κολεγίου, το οποίο θεωρείται ως το μεγαλύτερο ποσοστό αιολικής ενέργειας που αγοράστηκε από οποιοδήποτε κολέγιο ή πανεπιστήμιο των ΗΠΑ.

## **3.5 Μελέτη οικολογικών κτιρίων**

Προκειμένου να μειωθούν σχεδόν αμέσως οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, οι πανεπιστημιούπολεις επενδύουν στην ενεργειακή απόδοση των υφιστάμενων και των νέων κτιρίων.

### ***Λευκές στέγες***

Στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, Davis όλες οι εστίες με επίπεδες στέγες έχουν αναβαθμιστεί σε ανακλαστικές λευκές στέγες, για τη μείωση της αύξησης της ηλιακής θερμότητας και τη μείωση της ζήτηση για ψύξη.

### **Φωτισμός ημέρας**

Φωτισμός ημέρας είναι η πρακτική της τοποθέτησης παραθύρων, ή άλλων διαφανών μέσων, και ανακλαστικών επιφανειών στα κτίρια έτσι ώστε, κατά τη διάρκεια της ημέρας, το φυσικό φως να παρέχει αποτελεσματικό εσωτερικό φωτισμό στους χρήστες των κτιρίων. Έτσι, τα κολέγια και τα πανεπιστήμια μεγιστοποιούν τη χρήση του φωτισμού ημέρας στα νέα τους κτίρια προκειμένου να ενισχυθεί το εσωτερικό περιβάλλον για τη μάθηση, μειώνοντας παράλληλα την ενεργειακή κατανάλωση.

## Ενότητα 4: ΑΠΕ και ΕΞΕ σε Εκπαιδευτικά Ιδρύματα: Τάσεις και Εφαρμογές

---

Στην ενότητα αυτή θα αναλυθούν διεξοδικά οι επιμέρους άξονες ενός βιοκλιματικού σχεδιασμού, μέσα από το παράδειγμα των δημόσιων κτιρίων στον ελλαδικό χώρο. Τα βασικά στοιχεία – εργαλεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού χρησιμοποιούν τις φυσικές πηγές, όπως τον ήλιο και τον αέρα, για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και τη μετατροπή της σε θερμική, για την αποθήκευση της θερμικής αυτής ενέργειας, τη διατήρηση και τη διανομή της στο εσωτερικό του κελύφους. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μέσω των παθητικών ηλιακών συστημάτων που παρουσιάζονται παρακάτω.

### 4.1 Συνθήκες Άνεσης

Για την πραγματοποίηση ενός ορθού βιοκλιματικού σχεδιασμού μίας σχολικής δομής απαραίτητο στοιχείο αποτελεί η εξασφάλιση συνθηκών άνεσης, δηλαδή θερμικής, οπτικής και ηχητικής άνεσης, των χρηστών του κτιρίου, όπως μαθητών και διδασκόντων, αυξάνοντας την ικανότητα μάθησης και διδασκαλίας αντίστοιχα. Οι συνθήκες άνεσης εξαρτώνται από τα επιμέρους στοιχεία του κτιριακού κελύφους και τα παθητικά ηλιακά συστήματά του, βοηθώντας ουσιαστικά τους χρήστες να αισθάνονται ευχάριστα και άνετα κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στο κτίριο ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον.

Γενικότερα, όταν διαπιστώνεται ισορροπία μεταξύ των θερμικών κερδών ενός κτιρίου και των αντίστοιχων απωλειών του στο περιβάλλον, τότε διακρίνεται το αίσθημα της θερμικής άνεσης των χρηστών του. Το γεγονός αυτό επιτυγχάνεται μέσω της κατάλληλης διαχείρισης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο κέλυφος, της θερμότητας που εκπέμπουν οι χρήστες μέσω του σώματός τους, καθώς και της θερμότητας που αποδίδει ο τεχνικός εξοπλισμός των σχολικών κτιρίων, όπως μηχανές προβολής, φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, ηλεκτρονικοί υπολογιστές κ.ά. Με βάση τα στοιχεία αυτά πραγματοποιείται μία συνοπτική περιγραφή των παραμέτρων που διαμορφώνουν τις επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες άνεσης των χώρων ενός σχολικού κτιρίου, όπως είναι η θερμοκρασία του χώρου, η σχετική υγρασία, ο νωπός αέρας (για χώρους μη καπνιζόντων), η στάθμη φωτισμού και τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από τους χρήστες και τον εξοπλισμό, καθώς και τις ενδεικνυόμενες εσωτερικές συνθήκες που πρέπει να έχουν οι χώροι αυτοί.

Συμπεραίνεται ότι για να επιτευχθεί θερμική άνεση των εργαζομένων θα πρέπει η θερμοκρασία των χώρων κατά τη χειμερινή περίοδο να έχει ένα μέσο όρο 20°C περίπου, ενώ κατά τη θερινή περίοδο η θερμοκρασία δε πρέπει να ξεπερνά τους 26°C. Επίσης, η σχετική υγρασία θα πρέπει να κυμαίνεται από 35% έως 45%, έτσι ώστε να υπάρχει ένα ευχάριστο αίσθημα άνεσης.

Ένας ακόμη παράγοντας, που συμβάλλει στις συνθήκες άνεσης των χώρων ενός κτιρίου, είναι η ηχητική άνεση. Ουσιαστικά, πρόκειται για την εξασφάλιση καλής ποιότητας ήχων και τον περιορισμό των ενοχλητικών ήχων, που προέρχονται είτε από το εσωτερικό του κτιρίου, είτε

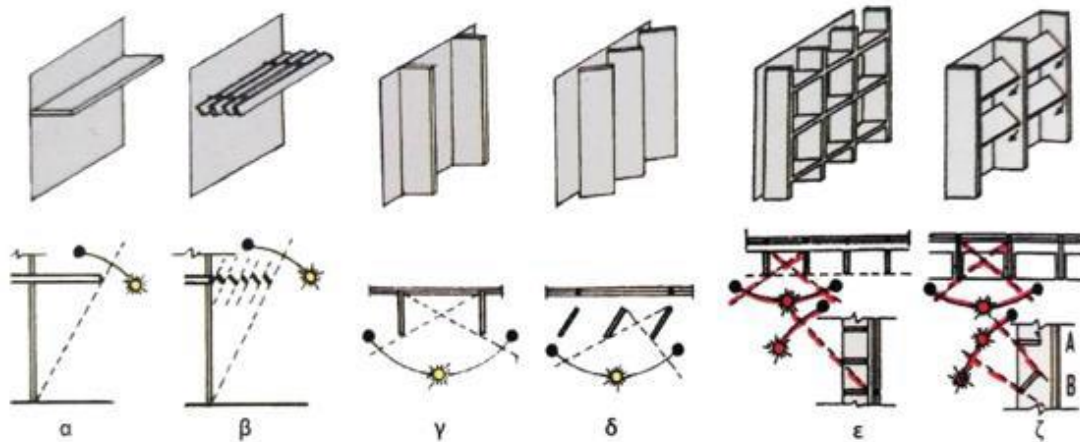
από το εξωτερικό περιβάλλον. Γενικά, υπάρχουν αντικρουόμενα στοιχεία μεταξύ της διαμόρφωσης ηχητικής άνεσης σε ένα χώρο και του παθητικού σχεδιασμού αυτού. Για παράδειγμα, η χρήση βαρέων υλικών σε επιφάνειες για την δημιουργία θερμικής μάζας προκαλεί μείωση της ηχητικής απορρόφησης, οδηγώντας σε φαινόμενα αντήχησης στο χώρο, με αποτέλεσμα την αύξηση των επιπέδων του θορύβου και την καταληπτότητα των ήχων. Επίσης, οποιοσδήποτε σχεδιασμός για το φυσικό αερισμό των χώρων, μέσω ανοιγόμενων παραθύρων και ειδικών κατασκευών, μπορεί τελικά να μην εφαρμοστεί στην πράξη λόγω δυσμενών εξωτερικών συνθηκών. Οι εξωτερικοί θόρυβοι, όπως έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση, άσκηση υπαίθριων εργασιών και παραγωγικών δραστηριοτήτων, προέρχονται από διάφορες πηγές και έχουν την ικανότητα να διαπερνούν τα δομικά στοιχεία του κελύφους των κτιρίων, μέσω του αέρα, οδηγώντας σε πολλαπλασιασμό του θορύβου στο εσωτερικό.

Επομένως, για την εξασφάλιση ηχητικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους απαιτείται η ακουστική διόρθωση των χώρων, μέσω της γεωμετρίας και της υφής των εσωτερικών επιφανειών τους. Εάν τα ίδια τα στοιχεία της κατασκευής δεν είναι σε θέση να καλύψουν αποτελεσματικά τις απαιτήσεις αυτές, τότε πραγματοποιούνται ειδικές κατασκευές και επενδύσεις, κυρίως ελαφριές, στις εσωτερικές επιφάνειες. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ηχοαπορροφητικά, όπως υφάσματα, ξυλόμαλλες πλάκες και ελαστικά δάπεδα, περιορίζοντας σημαντικά το φαινόμενο της ανάκλασης των ήχων.

## 4.2 Ηλιασμός - Ηλιοπροστασία

Ο ηλιασμός και η ηλιοπροστασία, δηλαδή η σκίαση, ενός σχολικού κελύφους αποτελούν δύο άρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους στοιχεία, ιδιαίτερα σε θερμές χώρες όπως είναι η Ελλάδα, έτσι ώστε από τη μία πλευρά να εξασφαλίζεται ο περιορισμός της υπερθέρμανσης των χώρων, και από την άλλη να εξασφαλίζονται οι επιθυμητές συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Ουσιαστικά, με τον ορθό σχεδιασμό του ηλιασμού και της ηλιοπροστασίας επιτυγχάνεται ο φυσικός φωτισμός των χώρων καθώς και η αύξηση των θερμικών κερδών, μειώνοντας την περαιτέρω ανάγκη κατανάλωσης ενέργειας. Για παράδειγμα, κατά τη χειμερινή περίοδο ο ηλιασμός των εσωτερικών χώρων είναι απαραίτητος για την άμεση θέρμανσή τους, ενώ κατά τη θερινή περίοδο κρίνεται απαραίτητη η αντίστοιχη ηλιοπροστασία τους, έτσι ώστε να αποφευχθεί η υπερθέρμανσή τους.

**Σχήμα 15: Μορφές Ηλιοπροστασίας Ανάλογα με τον Προσανατολισμό της Όψης (όπου α και β η νότια όψη, γ και δ η δυτική όψη, ε και ζ η νοτιοανατολική ή νοτιοδυτική όψη).**



Πηγή: Ανδρεαδάκη – Χρονάκη, 1985

Για να υπάρξει ο κατάλληλος ηλιασμός και η ηλιοπροστασία των χώρων χρησιμοποιούνται, σε πληθώρα συνδυασμών, πρόβολοι και διαφόρων ειδών σκίαστρα, όπως οριζόντια ή κατακόρυφα, σταθερά ή κινητά, εσωτερικά ή εξωτερικά. Στα σταθερά στοιχεία υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της ηλιοπροστασίας μόνο εποχιακά, ενώ στα κινητά η δυνατότητα αυτή είναι καθημερινή, με τη διαφορά όμως ότι απαιτείται η προσωπική απασχόληση των χρηστών. Συγκεκριμένα, όταν απαιτείται ηλιοπροστασία των χώρων, κυρίως τη θερινή περίοδο, προτιμάται η ηλιακή ακτινοβολία να μην εισέρχεται από τους υαλοπίνακες των όψεων έτσι ώστε να αποφεύγεται ο περαιτέρω εγκλωβισμός της στους εσωτερικούς χώρους. Για το λόγο αυτό, ανάλογα με τον προσανατολισμό των όψεων απαιτούνται διαφορετικές μορφές ηλιοπροστασίας, με βάση και την παρακάτω απεικόνιση.

Σύμφωνα με την απεικόνιση αυτή παρατηρείται ότι για νότιο προσανατολισμό των όψεων, τα σκίαστρα που χρησιμοποιούνται είναι οριζόντια έτσι ώστε οι χώροι να ωφελούνται το χειμώνα από την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ το καλοκαίρι να εμποδίζεται η κατακόρυφη διέλευσή της στο εσωτερικό. Τα σκίαστρα που τοποθετούνται έχουν τη μορφή προβόλων, ανακλαστικών ραφιών ή περσίδων. Για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό των όψεων προτιμάται η κατακόρυφη σκίαση, διότι οι δέσμες φωτός βρίσκονται χαμηλά στον ορίζοντα, στον αντίστοιχο άξονα ανατολή – δύση. Γι' αυτούς τους προσανατολισμούς συνίσταται η τοποθέτηση κινητών εξωτερικών πετασμάτων, αλλά λόγω υψηλού κόστους κατασκευής και συντήρησης, προτιμάται η τοποθέτηση σταθερών εξωτερικών στοιχείων σε συνδυασμό με εσωτερικές κινητές περσίδες. Σε όψεις με νοτιοανατολικό ή νοτιοδυτικό προσανατολισμό χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων στοιχείων για την καλύτερη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

#### 4.3 Φυσικός Φωτισμός

Η εξασφάλιση κατάλληλου και επαρκούς φυσικού φωτισμού σε ένα κτίριο επιτυγχάνεται μέσω της ορθής εκμετάλλευσής του, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση άνετων συνθηκών λειτουργίας και παραμονής μαθητών και διδασκόντων στο εσωτερικό του κτιρίου. Ένας



σωστός σχεδιασμός συστήματος φυσικού φωτισμού δίνει τη δυνατότητα περιορισμού της αντίστοιχης χρήσης συστήματος τεχνητού φωτισμού, έχοντας ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας έως και 80% της ενέργειας που απαιτείται για τη κάλυψη του φωτισμού του σχολικού κτιρίου κατά τη διάρκεια χρήσης του, η οποία κατεξοχήν γίνεται έως το μεσημέρι.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ο βέλτιστος σχεδιασμός των ανοιγμάτων δεν εξαρτάται μόνο από τον προσανατολισμό και το μέγεθός τους, αλλά και από τη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου και του γειτνιάζοντα δομημένου περιβάλλοντος του κτιρίου. Επίσης, βάσει των παραπάνω στοιχείων κρίνεται απαραίτητη η παράθεση της απαιτούμενης ποιότητας του παρεχόμενου φωτισμού των σχολικών χώρων, έτσι ώστε να διαμορφώνονται οι επιθυμητές συνθήκες άνεσης, κατατάσσοντάς την σε πολύ σημαντική, σημαντική και μερικώς σημαντική.

#### 4.4 Φυσικός Αερισμός

Η εξασφάλιση του φυσικού αερισμού πραγματοποιείται με δύο τρόπους, το διαμπερή αερισμό και το φυσικό ελκυσμό, λαμβάνοντας όμως υπόψη την τοπογραφία και τους τοπικούς ανέμους της περιοχής. Ο διαμπερής αερισμός δημιουργείται μέσω της εισόδου του αέρα από τα ανοίγματα της προσήνεμης πλευράς και της εξόδου του από τα ανοίγματα της απάνεμης πλευράς ενός χώρου, που σε ιδανικές συνθήκες οι δύο αυτές πλευρές πρέπει να βρίσκονται αντικριστά. Επίσης, η προτεινόμενη διάταξη των ανοιγμάτων είναι η τοποθέτησή τους σε διαφορετικές στάθμες, έτσι ώστε να αποφεύγεται ο εισερχόμενος αέρας να προσπεράσει το χώρο διδασκαλίας.

Στο χώρο διδασκαλίας ο αέρας θερμαίνεται από εσωτερικά θερμικά φορτία, όπως είναι οι μαθητές, τα φώτα και η θέρμανση, έχοντας ως αποτέλεσμα την άνοδό του προς τα επάνω, αφού ο θερμός αέρας λόγω θερμοκρασίας και πυκνότητας είναι ελαφρύτερος από το ψυχρό, και την έξοδό του από τα ανοίγματα της οροφής. Το γεγονός αυτό δημιουργεί φυσικό ελκυσμό, προσφέροντας ανανέωση και αερισμό στο χώρο. Η επίτευξη του φαινομένου του ελκυσμού γίνεται όταν η εσωτερική θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο κτίριο είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος, γεγονός που πραγματοποιείται, ως επί τον πλείστον, κατά τους χειμερινούς μήνες, όπου η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του θερμού εσωτερικού αέρα και του ψυχρού εξωτερικού είναι μεγάλη. Όσον αφορά τους θερινούς μήνες, ο φυσικός ελκυσμός μπορεί να γίνει μόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπου ο συσσωρευμένος θερμός αέρας της ημέρας διαφεύγει ευκολότερα.

#### 4.5 Οικοδομικά Υλικά

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των βιοκλιματικών σχολικών κτιρίων είναι κοινά οικοδομικά υλικά φιλικά προς το περιβάλλον, τα οποία επιλέγονται ανάλογα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε έργου, λαμβάνοντας υπόψη τη θέση και τις κλιματολογικές συνθήκες της αντίστοιχης περιοχής. Τα υλικά αυτά, με τον κατάλληλο σχεδιασμό και συνδυασμό τους, έχουν την ικανότητα να συλλέγουν, να αποθηκεύουν και να μεταφέρουν το απαιτούμενο ποσό προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κελύφους,



επηρεάζοντας αισθητικά και βιοκλιματικά στο σύνολό τους την ποιότητα των ανεγερθέντων σχολικών δομών.

Βασικό στοιχείο της κατασκευής αποτελεί η κατάλληλη μόνωση του κελύφους, η οποία τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά, προσφέροντας τόσο προστασία του κελύφους όσο και προστασία από φθορές και βλάβες της κατασκευής, λόγω διάφορων καιρικών συνθηκών, ενώ καλύπτεται κυρίως με επίχρισμα, έτσι ώστε να αποφεύγεται αντίστοιχη φθορά. Ένας άλλος τρόπος μόνωσης είναι η έμμεση μόνωση, μέσω της κατασκευής διπλών τοίχων με κενό, στο οποίο επιτρέπεται η κυκλοφορία του αέρα. Η μόνωση έχει την ιδιότητα να περιορίζει την εισχώρηση θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου αποτρέποντας την υπερθέρμανσή του, επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση ενέργειας έως και 40%. Επίσης, κατά ένα μεγάλο ποσοστό, για την καλύτερη μόνωση του κελύφους σημαντικό ρόλο παίζει η επιλογή των υαλοστασίων των ανοιγμάτων, αφού τα ανοίγματα καταλαμβάνουν αρκετή επιφάνεια των όψεων. Προτιμάται η τοποθέτηση διπλών υαλοστασίων χαμηλής εκπεμψιμότητας (low – e) με θερμοδιακοπή και ξύλινα ή ξύλου-αλουμινίου πλαίσια, ώστε να επιτυγχάνονται τα βέλτιστα θερμικά αποτελέσματα.

Επίσης, αξιόλογο δομικό υλικό είναι το ξύλο, το οποίο είναι ελαφρύ υλικό που χαρακτηρίζεται από καλή αντισεισμική συμπεριφορά και χρησιμοποιείται για την κατασκευή στεγών, δαπέδων, περγκολών και περσίδων. Οι ξύλινες αυτές κατασκευές διακρίνονται για το αισθητικό τους αποτέλεσμα και τη «ζεστασιά» που εκπέμπουν, στοιχείο απαραίτητο για τους σχολικούς χώρους όπου ζουν και κινούνται παιδιά για αρκετό διάστημα της ημέρας.

Στο βιοκλιματικό σχεδιασμό των σχολείων γίνεται προσπάθεια χρήσης υλικών, τα οποία δημιουργούν συνθήκες άνετης παραμονής, όπως ψυχρά υλικά με ανοιχτά χρώματα και ανακλαστικές επιφάνειες, αποτρέποντας την υπερθέρμανση. Για το λόγο αυτό, κυρίως στον περιβάλλοντα χώρο, αποφεύγεται η χρήση πολύ σκληρών οικοδομικών επιφανειών, και τοποθέτηση αρκετού πρασίνου ώστε να εμποδίζονται φαινόμενα θάμβωσης και ταυτόχρονα να μειώνεται η άμεση απορροή του νερού της βροχής και γενικότερα του θορύβου.

Γενικότερα, είναι σημαντική η επιλογή δομικών υλικών φιλικών στο περιβάλλον, τα οποία προέρχονται από ανανεώσιμους φυσικούς πόρους, έχουν την ικανότητα να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν και διακρίνονται για την έλλειψη τοξικότητας. Η χρήση τους εξασφαλίζει υγιεινότερο περιβάλλον στους χρήστες, βελτιώνοντας ταυτόχρονα το μικροκλίμα της περιοχής. Για το λόγο αυτό στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται η προτίμηση στη χρήση ορισμένων υλικών κατασκευής καθώς και η αντίστοιχη αποφυγή κάποιων άλλων.

**Πίνακας 3: Ενδεικτική Προτίμηση Δομικών Υλικών**

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	1 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	2 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	3 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	ΔΕ ΣΥΝΙΣΤΑΤΑΙ
Μόνωση τοίχων	Φελλός Κυτταρίνη Ξυλόμαλλο Biofiber	Πετροβάμβακας	Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) Υαλοβάμβακας	Εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) Πολυουρεθάνη

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	1 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	2 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	3 <sup>η</sup> ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	ΔΕ ΣΥΝΙΣΤΑΤΑΙ
	(βιοπολυμερές από καλαμπόκι)			
Εσωτερικοί αγωγοί αποχέτευσης	Κεραμικοί σωλήνες	Πολυαιθυλένιο (PE) Πολυπροπυλένιο (PP)	-	PVC
Σωληνώσεις νερού	Πολυαιθυλένιο (PE) Πολυπροπυλένιο (PP) Πολυβουτυλένιο	Ανοξείδωτο ατσάλι	Χαλκός	PVC
Εξωτερικές πόρτες	Πιστοποιημένη ανθεκτική ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Ξυλεία κωνοφόρων χωρίς συντηρητικά	Ξυλεία κωνοφόρων με εμφυτεύματα βορικών αλάτων Κόντρα πλακέ από ξυλεία αειφορικής διαχείρισης	Αλουμίνιο Ξυλεία κωνοφόρων με συντηρητικά	Μη πιστοποιημένη τροπική ξυλεία PVC
Εσωτερικές πόρτες	Πιστοποιημένη ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Κυψελοειδής μοριοσανίδα	Ευρωπαϊκή ξυλεία κωνοφόρων	Κόντρα πλακέ από ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Νοβοπάν	Μη πιστοποιημένη τροπική ξυλεία
Πλακάκια και κάλυψη πατωμάτων	Λινόλαιο Πιστοποιημένη ανθεκτική ξυλεία αειφορικής διαχείρισης Φελλός	Κεραμικά πλακάκια (κατά προτίμηση με οικολογική σήμανση) Ξυλεία επεξεργασμένη με συντηρητικά	Καουτσούκ	PVC Φελλός με επίστρωση PVC ή πολυουρεθάνης
Επιστέγαστρα και διαφανή συστήματα επικαλύψεων	Γυάλινα	Πολυανθρακικά	Ακρυλικά (Plexiglas)	PVC

Σε συνδυασμό με όλα τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σχολικών μονάδων, καθώς και οποιουδήποτε άλλου κτιρίου, επιτυγχάνει την προστασία του περιβάλλοντος, τη σωστή διαχείριση των υλικών και του νερού και γενικότερα τη χρήση λιγότερο ενεργοβόρων μεθόδων, έχοντας ως αποτέλεσμα τη μείωση των δαπανών και την κάλυψη των λειτουργικών αναγκών της εκπαίδευσης με το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Εν συντομία, οι βιοκλιματικές σχολικές δομές αποτελούν μέρος της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και ενημέρωσης των παιδιών, διαμορφώνουν την περιβαλλοντική τους συνείδηση, η οποία θα αποτελεί εφαλτήριο για όλη την μετέπειτα πορεία τους.

#### 4.6 Παραδείγματα Βιοκλιματικών Σχολείων

Υπάρχουν αρκετά σχολικά συγκροτήματα στο εξωτερικό, αλλά και μερικά στην Ελλάδα, τα οποία ακολουθούν τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Στην συνέχεια παρατίθεται δύο παραδείγματα σχολικών κτιρίων, ένα από το Παρίσι και ένα από την Κοζάνη.

Στην πόλη του Παρισιού, και συγκεκριμένα στην περιοχή των δυτικών προαστίων στην Boulogne Billancourt, κατασκευάστηκε το 2014 από το αρχιτεκτονικό γραφείο Chartier Dalix ένας καινοτόμος τύπος σχολείου.

**Σχήμα 16: α) και β) Βιοκλιματικό σχολικό κτίριο στο Παρίσι**



Πηγή: Chartier Dalix, 2016

Ουσιαστικά πρόκειται για προσομοίωση ενός αυτόνομου οικοσυστήματος, με θέα τα γύρω κτίρια, δημιουργώντας ένα πλούσιο πεδίο ανακάλυψης και εξερεύνησης των παιδιών. Το κέλυφός του χαρακτηρίζεται από «ζωή», φιλοξενώντας μεγάλη ποικιλία από την τοπική χλωρίδα και πανίδα καθώς και διάφορα είδη δέντρων και φυτών, προωθώντας τη σημασία της βιοποικιλότητας. Για τη πολύπλοκη αυτή κατασκευή επιλέχθηκε μία απλή, κατά τα άλλα, αρχιτεκτονική, που συνδέει τους όγκους και τις λειτουργίες του κτιρίου σε ένα ρευστό σχήμα. Η τεχνητή αυτή τοπογραφία δημιουργεί χώρους μονοπατιών και προστατευόμενων περιοχών, ενώ η όλη κατασκευή αποτελεί μέρος και συνέχεια του εδάφους. Οι λειτουργίες του σχολείου αναπτύσσονται σε επίπεδα, με το καθένα να απαρτίζεται από παιδική χαρά και δέντρα, ενώ τα ανοίγματα των όψεων έχουν τη δυνατότητα να φιλοξενήσουν διάφορα είδη βλάστησης αλλά και πτηνά. Περιλαμβάνει δεκαοχτώ (18) αίθουσες διδασκαλίας και ένα αθλητικό κέντρο, τα οποία αγκαλιάζουν τους προαύλειους χώρους και τις περιοχές με βλάστηση, αυξάνοντας την ικανότητα της επαφής των παιδιών με το περιβάλλον.

Ένα παράδειγμα σχολικού κτιρίου στην Ελλάδα, το οποίο συμβαδίζει με τα πρότυπα του βιοκλιματικού σχεδιασμού, είναι το Σχολείο Δημοτικού και Νηπιαγωγείου στη Ζώνη Ενεργού Πολεοδομίας (ΖΕΠ) της Κοζάνης που κατασκευάστηκε το 2016 από τον Ο.Σ.Κ., καλύπτοντας επιφάνεια 4.200 τετραγωνικών μέτρων. Ο προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 9.123.000€ ευρώ και εντάσσεται στο πρόγραμμα «Επιδεικτικά Βιοκλιματικά Σχολεία» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη» του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΚΑ). Το κτίριο διατάσσεται σε 3 επίπεδα, εφαρμόζοντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, ενώ η δυναμικότητά του φτάνει τους 350 μαθητές. Περιλαμβάνει αίθουσες διδασκαλίας, βιβλιοθήκη, τραπεζαρία, κυλικείο και αίθουσα εκδηλώσεων.

**Σχήμα 17: Βιοκλιματικό Σχολικό Κτίριο στην Κοζάνη**



Πηγή: ΔΕΠΕΠΟΚ, 2016

Στο σχολείο τοποθετούνται μονάδες φυσικού και τεχνητού αερισμού και φωτισμού, ενεργειακά υαλοστάσια και ενισχυμένες μονώσεις μειώνοντας τις λειτουργικές δαπάνες σε ποσοστό 75%. Οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου για θέρμανση, κλιματισμό και ηλεκτρική



ενέργεια εξασφαλίζονται από τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μέσω ενός αλληλοσυμπληρούμενου συστήματος ηλιακής ενέργειας, γεωθερμίας και τηλεθέρμανσης, το οποίο ελέγχεται από ένα κεντρικό σύστημα που είναι αυτόνομο, αφού αρχικά δοθούν ορισμένες ρυθμίσεις από το χρήστη. Υπολογίζεται ότι με την εφαρμογή όλων των παραπάνω στοιχείων εξοικονομείται πρωτογενής ενέργεια σε ποσοστό 45% σε σύγκριση με τα συμβατικά σχολικά κτίρια αντίστοιχου μεγέθους.

#### 4.7 Μελέτη Περίπτωσης: Ενεργειακή Αναβάθμιση Σχολικών Κτιρίων Δήμου Διονύσου

Το κτίριο έχει δύο επίπεδα (ισόγειο, και α' όροφο) και συνολική στεγασμένη επιφάνεια 1.780,31 m<sup>2</sup>. Το κτίριο δεν προσφέρει επαρκείς συνθήκες θερμικής άνεσης, καθώς δεν φέρει επαρκή θερμομόνωση στις τοιχοποιίες, και έχει κουφώματα παλαιού τύπου. Το υφιστάμενο κεντρικό σύστημα θέρμανσης αποτελείται από έναν λέβητα πετρελαίου συνολικής ονομαστικής ισχύος 255 kW. Η ετήσια κατανάλωση ανέρχεται σε 78.624 kWh. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης, συμπεριλαμβανομένου και των απωλειών του συστήματος, όπως υπολογίσθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, ανέρχεται σε 70%.

**Σχήμα 18: Γυμνάσιο Άνοιξης**



Το κτίριο δεν διαθέτει κεντρικό σύστημα κλιματισμού. Διαθέτει δύο κλιματιστικές μονάδες διαιρούμενου τύπου (split-units) στο γραφείο καθηγητών και στην αίθουσα πληροφορικής. Η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται σε 45.279 kWh. Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της κατανάλωσης οφείλεται στο φωτισμό του κτιρίου, η εγκατεστημένη ισχύς του οποίου ανέρχεται σε 11,77 kW. Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό ανέρχεται σε 28.080 kWh. Τα συστήματα φωτισμού δεν διαθέτουν κάποιο σύστημα εξοικονόμησης ενέργειας.

**Σχήμα 19: Γυμνάσιο Δροσιάς**



Το κτίριο έχει τέσσερα επίπεδα (υπόγειο, ισόγειο, α' όροφο & β' όροφο) και συνολική στεγασμένη επιφάνεια 1.600,00 m<sup>2</sup>. Το υφιστάμενο κεντρικό σύστημα θέρμανσης αποτελείται από έναν λέβητα πετρελαίου συνολικής ονομαστικής ισχύος 203 kW. Η ετήσια κατανάλωση ανέρχεται σε 47.829 kWh. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης, συμπεριλαμβανομένου και των απωλειών του συστήματος, όπως υπολογίσθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, ανέρχεται σε 67%.

Το κτίριο δεν διαθέτει σύστημα κλιματισμού. Η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται σε 41570 kWh. Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της κατανάλωσης οφείλεται στο φωτισμό του κτιρίου, η εγκατεστημένη ισχύς του οποίου ανέρχεται σε: 10,5 kW. Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό ανέρχεται σε 25.680 kWh.

Οι εργασίες ενεργειακής αναβάθμισης που προτείνονται για τα δύο σχολικά κτίρια είναι οι ακόλουθες:

#### **Γυμνάσιο Άνοιξης**

- Αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα συστήματα χαμηλού συντελεστή θερμοπερατότητας.
- Παρεμβάσεις στο σύστημα θέρμανσης του κτιρίου (αλλαγή λέβητα, κυκλοφορητή και τοποθέτηση συστήματος αντιστάθμισης)
- Αντικατάσταση συμβατικών λαμπτήρων με λαμπτήρες εξοικονόμησης (LED)

#### **Γυμνάσιο Δροσιάς**

- Αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα συστήματα χαμηλού συντελεστή θερμοπερατότητας.
- Τοποθέτηση συστήματος εξωτερικής θερμοπρόσοψης.
- Θερμομόνωση δώματος.
- Αντικατάσταση Λέβητα.
- Αντικατάσταση συμβατικών λαμπτήρων με λαμπτήρες εξοικονόμησης (LED).

Τα οφέλη της ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων είναι πολλαπλά και συνοψίζονται παρακάτω:

- **Προθέσεις του Δήμου Διονύσου - Περιβαλλοντική Ευαισθητοποίηση:** Η πρόταση του Δήμου Διονύσου για την ενεργειακή αναβάθμιση σχολικών κτιρίων έχει σκοπό να

εκπληρώσει κάποιους από τους στρατηγικούς στόχους του Δήμου. Πιο συγκεκριμένα, η εξοικονόμηση ενέργειας σε δημοτικά κτίρια και η ευαισθητοποίηση της νεολαίας σε περιβαλλοντικά θέματα αποτελούν διαρκείς στόχους της δημοτικής αρχής. Ο Δήμος Διονύσου προκρίνει τα σχολικά κτίρια έναντι άλλων δημοσίων κτιρίων, στα πλαίσια των προθέσεων του για περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των νέων. Η εφαρμογή τεχνικών και τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στο χώρο καθημερινής διαβίωσης των μαθητών τους εξοικειώνει και πρακτικά/βιωματικά με περιβαλλοντικά ζητήματα, τα οποία θίγονται μόνο θεωρητικά στο πλαίσιο των μαθημάτων.

- **Συνθήκες Άνεσης και Εντατική Χρήση του Κτιρίου:** Καίριο ζήτημα για κάθε κτίριο πολύωρης καθημερινής χρήσης από σταθερό πληθυσμό (όχι διερχόμενους, δηλαδή), όπως τα σχολικά κτίρια, είναι να εξασφαλίζει συνθήκες άνεσης για τους χρήστες του. Η εξασφάλιση τέτοιων συνθηκών αποτελεί στοιχείο εξοικείωσης των μαθητών με το σχολικό περιβάλλον, και επηρεάζει θετικά τις διαθέσεις, τις μαθητικές επιδόσεις και διευκολύνει την παρουσία παιδιών και διδασκόντων στο χώρο για περισσότερες των υποχρεωτικών δραστηριοτήτων. Νέα οικοδομικά υλικά και κατασκευαστικές τεχνικές, που μπορούν να ενσωματωθούν στις υφιστάμενες δομές, δίνουν τη δυνατότητα να βελτιωθούν οι επιθυμητές συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων αυτών.
- **Εξοικονόμηση Ενέργειας – Κόστος Λειτουργίας:** Η ενεργειακή αναβάθμιση των δημοτικών σχολικών κτιρίων συνεπάγεται εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση των λειτουργικών τους εξόδων για θέρμανση, ψύξη και άλλες ενεργοβόρες λειτουργίες. Το κέρδος της αναβάθμισης είναι διπλό, αφενός το κτίριο θα καταστεί φιλικότερο προς το περιβάλλον, και αφετέρου θα υπάρξουν οικονομικά οφέλη για τον δημοτικό προϋπολογισμό.
- **Ήπιες Επεμβάσεις - Βιωσιμότητα:** Οι προτεινόμενες επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης των σχολικών κτιρίων ακολουθούν τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Είναι οι ελάχιστες δυνατές ώστε να πληρούνται οι σχετικές προδιαγραφές, επομένως δεν αλλοιώνεται το κέλυφος και η υφιστάμενη γεωμετρία των κτιρίων. Ως εκ τούτου, η αιτούμενη δαπάνη είναι η ελάχιστη αναγκαία για τον εκσυγχρονισμό των εγκαταστάσεων.

#### 4.8 Καλές πρακτικές αειφορικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων- παραδείγματα από το εξωτερικό

Συνοπτικά παρουσιάζονται κάποια επιτυχημένα παραδείγματα βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων, με τα ειδικά χαρακτηριστικά τους (ενσωμάτωση παθητικών και ενεργητικών συστημάτων στην κατασκευή τους) που τους προσδίδουν την ιδιαίτερη ενεργειακή τους ταυτότητα.

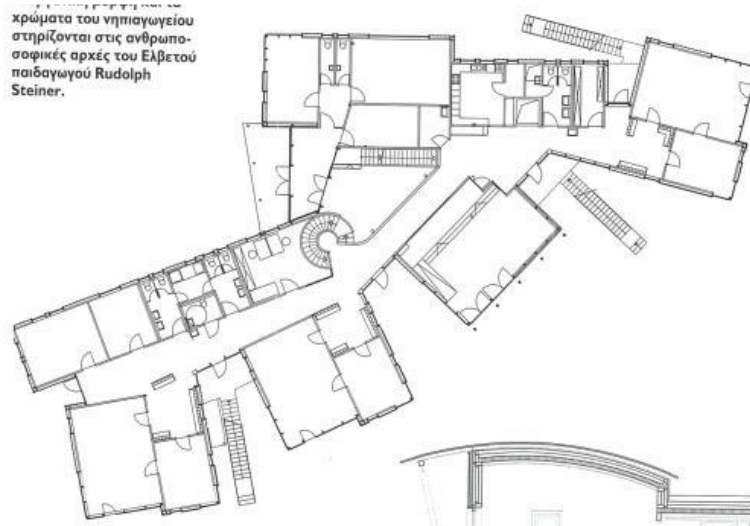
##### **Νηπιαγωγείο στην κοινότητα Heumaden της Στουτγκάρδης, Γερμανία, 1998, JoachimEble**

Η κάτοψη του κτιρίου είναι επιμήκης με έναν κεντρικό διάδρομο και τις τάξεις να αναπτύσσονται εκατέρωθεν του (παρακάτω Εικόνα). Τοποθετήθηκε μέσα σε ένα πράσινο οικόπεδο, ενώ ο φέροντας οργανισμός του κατασκευάστηκε από ολόσωμο καρφωτό ξύλο ερυθρελάτης (επιτόπια παραγόμενη ξυλεία). Τα υλικά επιλέχθηκαν στο σύνολο τους από



επιχειρήσεις της περιοχής, έγινε ενεργητική χρήση της ηλιακής ενέργειας, τοποθετήθηκαν ηλιακοί συλλέκτες για την παραγωγή θερμού νερού για τις εγκαταστάσεις υγιεινής και προβλέφθηκε σύστημα ανάκτησης των νερών της βροχής. Το θερμομονωτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε μεταξύ της ολόσωμης ξυλείας και των ινοσανίδων από μαλακή ξυλεία, πάχους 19 mm, αποτελούνταν από ίνες κυτταρίνης πάχους 16 mm.

**Σχήμα 20: Κάτοψη της γενικής διάταξης των χώρων του Νηπιαγωγείου**

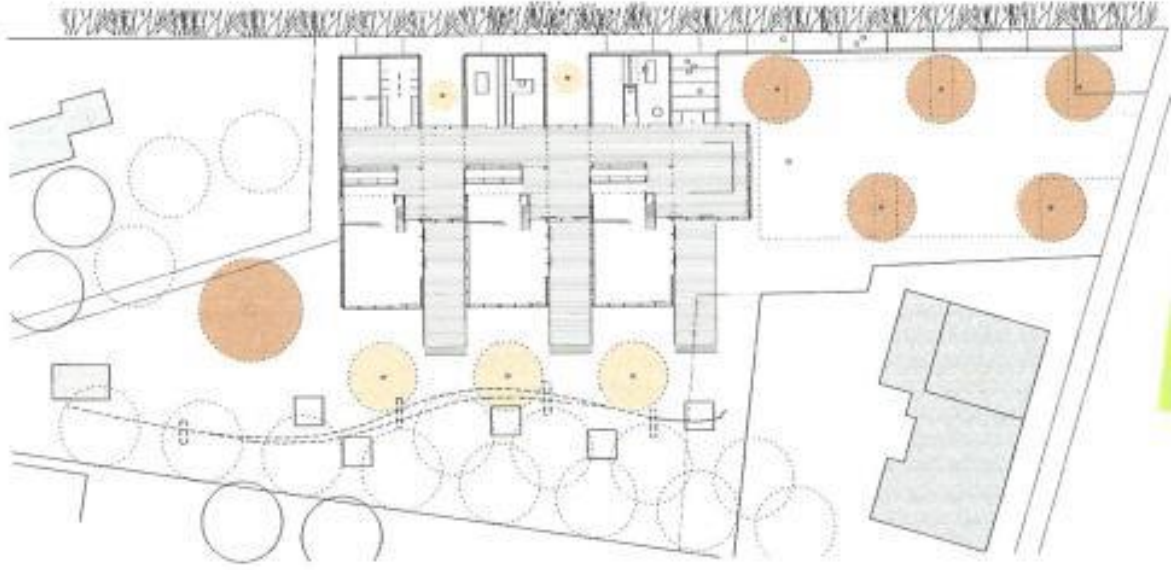


Πηγή: Οικολογική Αρχιτεκτονική, 2003

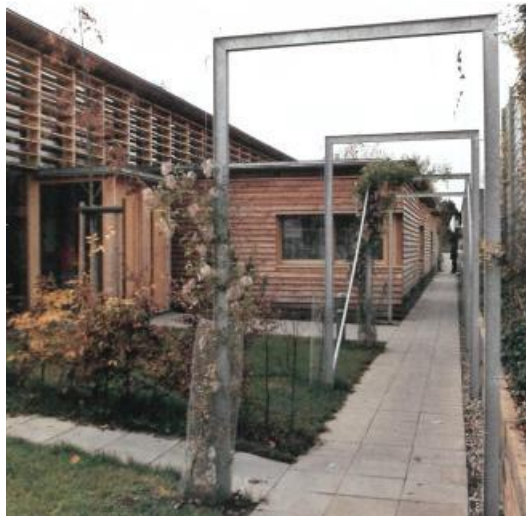
#### **Νηπιαγωγείο στο Pliezhausen, Γερμανία, 1999, D'Inka+ Scheible**

Στην περίπτωση αυτή, οι τρεις αίθουσες προσανατολίστηκαν στο νότο, ενώ οι βοηθητικοί χώροι στο βορρά. Στο πλάι κάθε τάξης εκτείνεται μια υπερυψωμένη εσωτερική βεράντα που οδηγεί μέσω μιας σκάλας τα παιδιά στην αυλή- κήπο- οπωρώνα. Η πρόσβαση στο οικόπεδο του σχολείου γίνεται από τον Βορρά μέσω ενός δρόμου που σκιάζεται από πέργκολα (παρακάτω Εικόνες). Έγινε χρήση της παθητικής και ενεργητικής χρήσης των ηλιακών κερδών.

**Σχήμα 21: Κάτοψη της διαμόρφωσης κτιρίου- περιβάλλοντος**



Σχήμα 22: Διαδρομή με πέργκολα



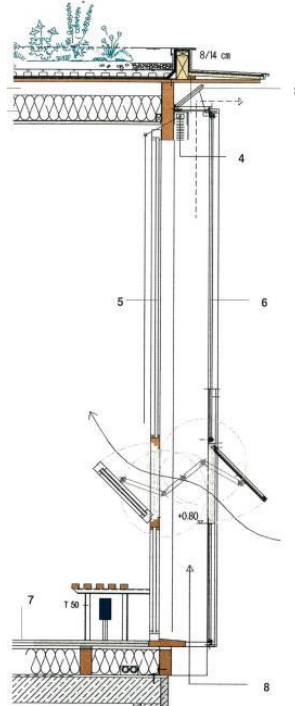
Πηγή: Οικολογική Αρχιτεκτονική, 2003

Η νότια όψη κατασκευάστηκε από δικέλυφο αεριζόμενο υαλοπέτασμα, με διάκενο αέρα 10 cm μεταξύ των δύο υαλοστασίων και ενσωματωμένα εσωτερικά κινητά σκίαστρα αλουμινίου. Για τον φυσικό εξαερισμό διαμορφώθηκαν στο κάτω άκρο του υαλοπετάσματος, μικρά ανοιγόμενα υαλοστάσια (παρακάτω Εικόνες).

Τοποθετήθηκε ενισχυμένη θερμομόνωση από διπλό στρώμα πετροβάμβακα πάχους 18 cm μεταξύ των στύλων και 5 cm μπροστά από την κατασκευή, από την εξωτερική πλευρά. Ο φέρων οργανισμός, όπως και παραπάνω, κατασκευάστηκε από ολόσωμο καρφωτό ξύλο ερυθρελάτης. Στο σύνολο της κατασκευής επιλέχθηκαν υλικά υγιεινά και ανακυκλώσιμα. Η μόνωση της στέγης επιτυγχάνεται τόσο από τη φύτευση της (κάλυψη από εκτεταμένη βλάστηση sedum), όσο και από την εφαρμογή στρώσης, 18 cm, πετροβάμβακα. Το

μικροκλίμα ενισχύθηκε επίσης από την φύτευση διάφορων ειδών φυτικών, βιώσιμων δένδρων στον αύλειο χώρο του σχολείου. Ηλιακοί συλλέκτες τοποθετήθηκαν στη στέγη, σε επιφάνεια 20 μ<sup>2</sup>, για την εξασφάλιση θερμού νερού.

**Σχήμα 23: Τομή αεριζόμενου υαλοπετάσματος**



**Σχήμα 24: Νότια όψη νηπιαγωγείου**



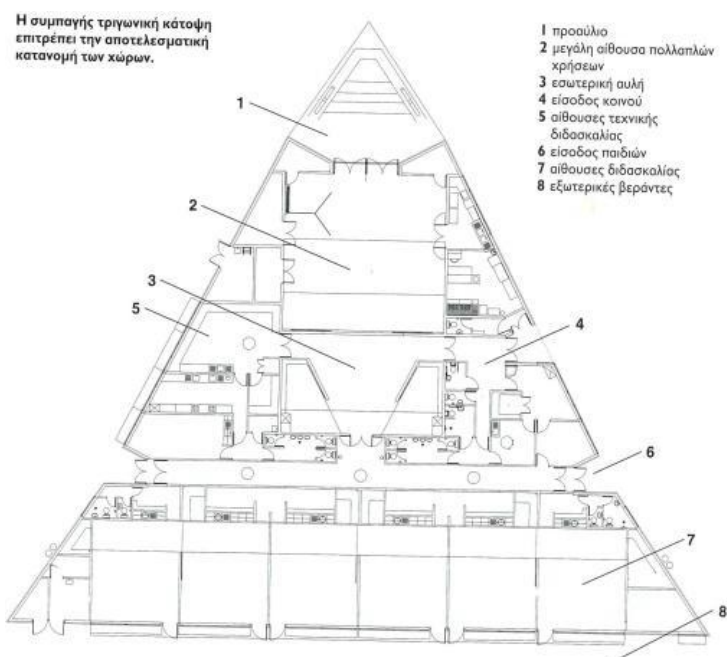
**Σχήμα 25: Ανοιγόμενα υαλοστάσια**



Επίσης στην στέγη εγκαταστάθηκαν φωτοβολταϊκές κυψέλες, σε επιφάνεια 5 μ<sup>2</sup>, για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο σχολείο. Οι ενέργειες εξοικονόμησης συμπληρώθηκαν από το σύστημα ανάκτησης των νερών της βροχής που περιλαμβάνει δεξαμενή για την συγκέντρωση του και μικρή αντλία για την επανάχρηση του στις τουαλέτες και στο πότισμα. Η υπερχειλίση της δεξαμενής τροφοδοτεί ένα βιότοπο, που λειτουργεί και ως στοιχείο της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης των μαθητών.

**Δημοτικό σχολείο στο Notley Green, Ηνωμένο Βασίλειο, 1999, Allford Hall Monaghan Morris**

**Σχήμα 26: Κάτοψη δημοτικού σχολείου**



Πηγή: Οικολογική Αρχιτεκτονική, 2003

**Σχήμα 27: Τομή διαμόρφωσης πριονωτής στέγης**



Η κάτοψη του κτιρίου έχει το σχήμα ισοσκελούς τριγώνου, με την μεγάλη πλευρά του προσανατολισμένη νοτιοανατολικά, όπου και αναπτύχθηκαν κατά μήκος όλες οι αίθουσες διδασκαλίας. Με το συγκεκριμένο σχήμα επιτεύχθηκαν η βελτιστοποίηση του λόγου της ωφέλιμης επιφάνειας προς την επιφάνεια του περιβλήματος και μειώθηκαν έτσι οι θερμικές απώλειες καθώς και επιτεύχθηκε η καλύτερη ένταξη στο φυσικό περιβάλλον. Μεταξύ των αιθουσών και της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων μεσολαβεί εσωτερική αυλή και κεντρικός διάδρομος, που εξασφαλίζει φυσικό φωτισμό και εξαερισμό στην καρδιά του κτιρίου (παρακάτω Εικόνα). Ο φυσικός φωτισμός και εξαερισμός επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό των ανοιγμάτων της πρόσοψης με τους φεγγίτες της οροφής. Η φυτεμένη στέγη ανασηκώνεται και διαμορφώνεται πριονωτή ώστε να φέρνει φωτισμό από τον Βορρά στις αίθουσες των τάξεων (παρακάτω Εικόνες). Για την σκίαση των νότιων και δυτικών ανοιγμάτων και τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας κατασκευάστηκαν μεταλλικά αλεξήλια και εσωτερικά παραπετάσματα.

**Σχήμα 28: Φυτεμένη στέγη**



Χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό ανακυκλώσιμα υλικά, μονωτικά υλικά κυτταρίνης, με βάση παλιές εφημερίδες (Warmcell) και επίστρωση δαπέδου εισόδου με υλικό που είχε ως βάση παλιά λάστιχα αυτοκινήτων. Στις επενδύσεις των τοίχων χρησιμοποιήθηκε ανακυκλωμένο πολυαιθυλένιο από παλιές φιάλες (MadeofWaste). Οι αίθουσες θερμαίνονται με σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης και εφαρμόστηκε καινοτόμο σύστημα εξαερισμού.



### **Κολέγιο στη Mader, Αυστρία, 1998, Baumschlager+ Eberle**

Το κτίριο εδώ έχει την μορφή συμπαγή κύβου, αποτελούμενου από διπλοκέλυφο υαλοπέτασμα. Όλες οι αίθουσες αναπτύσσονται περιμετρικά ενός κεντρικού χώρου αναψυχής, που φωτίζεται από τα φρεάτια φωτισμού της οροφής και από τα υαλοστάσια στα υπέρθυρα, που στέφουν τα χωρίσματα του. Οι εξωτερικοί υαλοπίνακες του διπλοκέλυφου υαλοπετάσματος είναι κατακόρυφοι και σταθεροί, υπερκαλυπτόμενοι μεταξύ τους στα άκρα με διάκενο 8 cm για να εξασφαλίζεται ο φυσικός αερισμός. Μεταξύ των δύο υαλοπετασμάτων διαμορφώθηκε διάκενο 53 cm, όπου και τοποθετήθηκαν ανασυρόμενα στόρια από λευκό βαμβακερό ύφασμα, που λειτουργούν αυτόματα και εξασφαλίζουν την άνεση κατά το θέρος (παρακάτω Εικόνες).

Το διπλοκέλυφο υαλοπέτασμα αποτελεί τα δύο τρίτα της όψης του κτιρίου, ενώ το εσωτερικό του αποτελείται από κούφωμα από αγριόπευκο με τριπλό μονωτικό υαλοπίνακα. Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου κατασκευάστηκε από ξύλο, καθώς και το τμήμα της πρόσοψης που αποτελείται από το πλήρες πέτασμα, από επικολλητή ξυλεία αγριόπευκου. Ως θερμομονωτικό υλικό των τοίχων του ξύλινου σκελετού επιλέχθηκαν δύο στρώσεις πετροβάμβακα 14 και 12 cm. Επιλέχθηκαν υλικά ώστε να έχουν βιοκλιματικά χαρακτηριστικά, όπως σωληνώσεις πολυουρεθάνης, ηλεκτρικά καλώδια χωρίς PVC, βαφές και κόλλες χωρίς διαλύτες.

**Σχήμα 29: Διπλοκέλυφο υαλοπέτασμα**



**Σχήμα 30: Σκίαση με ανασυρόμενα στόρια**



Πηγή: Οικολογική Αρχιτεκτονική, 2003

Στην κατασκευή του κτιρίου αυτού έγινε παθητική και ενεργητική χρήση της ηλιακής ενέργειας. Συγκεκριμένα, σχετικά με τις ειδικές εγκαταστάσεις, για την θέρμανση, κατασκευάστηκε καναδικό φρέαρ, εξαερισμού διπλής ροής με εναλλάκτη θερμότητας, ώστε να λειτουργεί συμπληρωματικά του κεντρικού σταθμού παραγωγής θερμότητας που καίει βιομάζα. Όσον αφορά την λειτουργία του, ο εξωτερικός αέρας, θερμαίνεται με φυσικό τρόπο μέσα στα 837 μ του καναδικού φρέατος, διασχίζει τον εναλλάκτη εξαερισμού διπλής ροής με ανάσχεση θερμότητας και εισέρχεται μέσα στις τάξεις. Στην στέγη του τοποθετήθηκαν ηλιακοί συλλέκτες, επιφάνειας 28 μ<sup>2</sup> και συνδέθηκαν με μια δεξαμενή 3.000 l, ώστε να εξασφαλίζουν το 50% περίπου των ετήσιων αναγκών σε θερμό νερό για τις εγκαταστάσεις υγιεινής. Επίσης στη στέγη εγκαταστάθηκαν 90μ<sup>2</sup> φωτοβολταϊκά στοιχεία για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, περίπου 10.000 KWh ετησίως, για τις ανάγκες του σχολείου. Για την βελτιστοποίηση της κατανάλωσης της ενέργειας, τοποθετήθηκε σύστημα ηλεκτρονικής διαχείρισης της θέρμανσης, του εξαερισμού και του ηλεκτρικού φωτισμού. Συγκεκριμένα ο φωτισμός και ο εξαερισμός ρυθμίζονται από υπολογιστή χάρη σε ανιχνευτές παρουσίας ατόμων, τοποθετημένους σε κάθε αίθουσα.

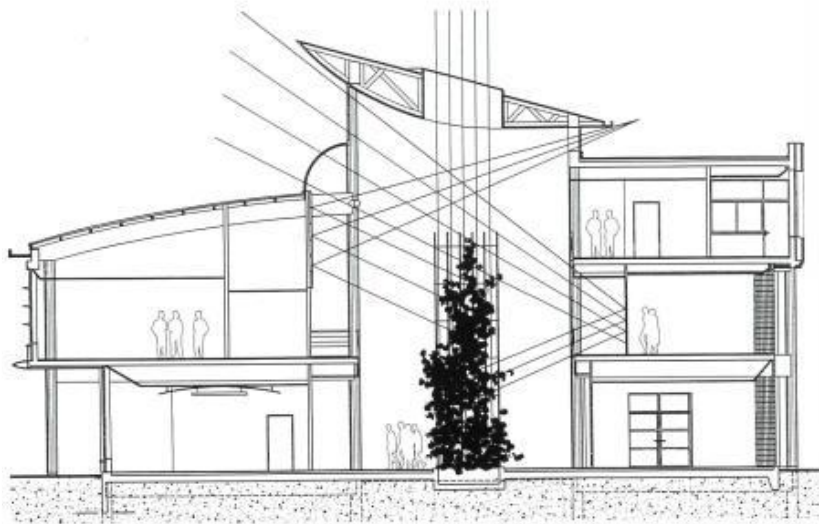
#### **Λύκειο Leonard- De Vinci στο Καλέ, Γαλλία, 1998, Isabelle Colas et Fernand Soupey**

Η χωροθέτηση του κτιρίου έγινε με κριτήριο την προστασία του από τους ανέμους, καθώς και την βελτιστοποίηση του φυσικού φωτισμού. Για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκαν τοπικά υλικά και ευρωπαϊκή ξυλεία.



Τοποθετήθηκαν μονωτικοί υαλοπίνακες, ασθενούς ικανότητας εκπομπής. Η διάχυση του φυσικού φωτισμού επιτεύχθηκε με τα φρέατα φωτισμού, τον κατάλληλο προσανατολισμό των υαλοστασίων, τον ανάλογο χρωματισμό των τοίχων, της διαμόρφωσης των ψευδοροφών και των αντανάκλασεων τους (παρακάτω Εικόνες).

**Σχήμα 31: Τομή στην εσωτερική οδό**



**Σχήμα 32: Άποψη φυτεμένης εσωτερικής οδού**



*Πηγή: Οικολογική Αρχιτεκτονική, 2003*

Έγινε χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η στέγη του λυκείου φυτεύτηκε με ένα στρώμα 20 cm γκαζόν. Ο περιβάλλον χώρος διαμορφώθηκε με κανάλια και λίμνες. Τα νερά της βροχής ανακτώνται από τα 3.000 μ<sup>2</sup> της στέγης με συγκέντρωση τους σε μια συλλεκτήρια λεκάνη που περιζώνει το κύριο κτίριο (παρακάτω Εικόνες). Το νερό αυτό που

αντιπροσωπεύει έναν ετήσιο όγκο 2.000 μ<sup>3</sup>, επανεισάγεται με αντλία στο μη πόσιμο κύκλωμα του νερού και καλύπτει την κατανάλωση στα καζανάκια και στο πότισμα.

**Σχήμα 33: Συγκέντρωση του νερού της βροχής σε συλλεκτήρια περιμετρική λεκάνη**



**Σχήμα 34: Συγκέντρωση του νερού της βροχής σε συλλεκτήρια περιμετρική λεκάνη**

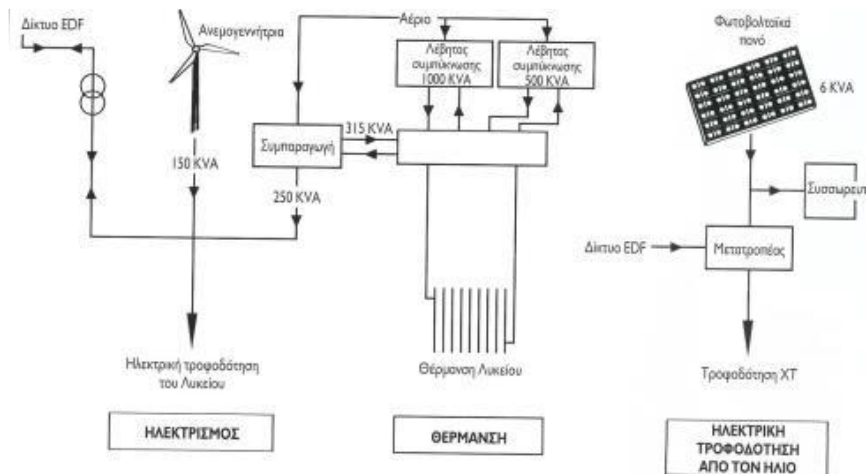


*Πηγή: Οικολογική Αρχιτεκτονική, 2003*

Οι ειδικές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν προγραμματισμό θέρμανσης και κλιματισμού, εξαερισμό διπλής ροής με εναλλάκτη θερμότητας, συμπαραγωγή με καύση φυσικού αερίου(παρακάτω Εικόνα), λέβητα αερίου με συμπυκνωτή, ηλιακούς συλλέκτες (σύστημα

Heliopac) για το θερμό νερό των εγκαταστάσεων υγιεινής και των κουζινών, φωτοβολταϊκά πανό και ανεμογεννήτρια (παρακάτω Εικόνα).

**Σχήμα 35: Διάγραμμα συμπαραγωγής ενέργειας**



**Σχήμα 36: Άποψη της ανεμογεννήτριας**



Πηγή: Οικολογική Αρχιτεκτονική, 2003

Τρεις λέβητες αερίου υψηλής απόδοσης και χαμηλής εκπομπής NOx, εκ των οποίων ο ένας με συμπυκνωτήρα, εξασφαλίζουν την θέρμανση. Η τροφοδότηση σε ηλεκτρική ενέργεια εξασφαλίζεται μερικώς από μια ανεμογεννήτρια, η οποία στην περίπτωση πλεονάσματος μεταπωλείται σε εταιρεία ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή μέσω της αιολικής ενέργειας συμπληρώνεται από συμπαραγωγή με χρήση αερίου ισχύος 165 kW. Χάρη στους εναλλάκτες θερμότητας, από την ψύξη του κινητήρα με νερό και από τα καπναέρια εξασφαλίζεται ανάκτηση ενέργειας που χρησιμοποιείται από το δίκτυο θέρμανσης του λυκείου. Το ποσό που ανακτάται με αυτό τον τρόπο αντιπροσωπεύει το 1/5 των ενεργειακών αναγκών. Η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών, επιφάνειας 75 μ<sup>2</sup>, καλύπτει της ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια χαμηλής τάσης, που προορίζεται για τα συστήματα κινδύνου και το φωτισμό ασφαλείας. Το σύνολο όλων των παραπάνω ενεργειών είχε ως αποτέλεσμα τον περιορισμό κατά 30% των δαπανών λειτουργίας σε ενέργεια και νερό.

#### 4.9 Καλές Πρακτικές Εκσυγχρονισμού Σχολικών Κτιρίων («RENEW SCHOOL»)

Ακολουθούν μερικές καλές πρακτικές του έργου «RENEW SCHOOL» της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που στοχεύει στον εκσυγχρονισμό ενός μεγάλου αριθμού σχολικών κτιρίων των μελών της, στο πρότυπο Nearly Zero Energy Building (nZEB). Το έργο πρόκειται, μέσω της ανακαίνισης 18 τυπικών σχολικών κτιρίων στην Ευρώπη, να προωθήσει- αυξήσει την ενεργειακή αποδοτικότητα και την χρήση των όψεων προκατασκευασμένης ξυλείας. Το έργο απευθύνεται στους δήμους, στους ιδιοκτήτες/ στους χρηματοδότες και στις επιχειρήσεις προσφέροντας τις κατάλληλες τεχνικές, λύσεις και δυνατότητες ανταλλαγής τεχνογνωσίας.

##### Περιγραφή των τεχνολογιών προηγμένης ανακαίνισης του έργου «RENEW SCHOOL»

Οι ολοκληρωμένες και πολυλειτουργικές λύσεις των τεχνολογιών προηγμένης ανακαίνισης του έργου «RENEW SCHOOL» βασίζονται σε:

- Όψεις προκατασκευασμένης ξυλείας (με ενσωματωμένες εγκαταστάσεις).
- Μηχανικό ή υβριδικό εξαερισμό για την βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα.
- Ευφυές φως ημέρας/ ελεγχόμενη σκίαση.
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (στο έργο ή στην ευρύτερη περιοχή του).

##### **Όψεις προκατασκευασμένης ξυλείας**

Οι προσόψεις πρέπει να είναι ανθεκτικές στην υγρασία των εσωτερικών (υπό μορφή ατμού από τις πηγές υγρασίας των εσωτερικών χώρων) και εξωτερικών χώρων (υπό μορφή βροχής) και από την υγρασία που παγιδεύεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής (επειδή οι τοίχοι είναι υγροί όταν τοποθετούνται τα ξύλινα στοιχεία).

Οι **αεριζόμενες προσόψεις** χρησιμοποιούν την αρχή της στεγανοποίησης που βασίζεται σε ένα αεριζόμενο διάκενο αέρα μεταξύ της εξωτερικής επένδυσης και του κελύφους του κτιρίου. Το κενό αέρα διατηρεί την κατασκευή στεγνή αφαιρώντας οποιοδήποτε νερό έχει διεισδύσει στην εξωτερική επένδυση λόγω του ανέμου και της βροχής.

Οι **μη αεριζόμενες προσόψεις** χρησιμοποιούν την αρχή της σφράγισης που βασίζεται σε ένα υδατοστεγή εξωτερικό φράγμα υδρατμών. Ο σχεδιασμός βασίζεται στην ικανότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών να διαχέουν την υγρασία, ώστε η κατασκευή να παραμένει επαρκώς στεγνή.

Είναι καλή πρακτική σχεδίασης να εφαρμόζεται **ένα συμπιεσμένο στρώμα** στο κέλυφος, που καλύπτει τις παρατυπίες της υπάρχουσας πρόσοψης.

##### **Αερισμός**

Παρέχεται πάντοτε εξαερισμός, υβριδικός ή μηχανικός, με χωρητικότητα που καλύπτει τα μέγιστα φορτία και με ικανότητα εξαερισμού κατά τη διάρκεια της νύχτας. Διακρίνονται οι ακόλουθες επιλογές:

**Α. Μηχανικός αερισμός:** ο εξωτερικός αέρας οδηγείται στη μονάδα επεξεργασίας αέρα,



όπου φιλτράρεται και θερμαίνεται / ψύχεται και παραδίδεται στην τάξη μέσω ανεμιστήρα. Ο «χρησιμοποιημένος» αέρας απομακρύνεται από την τάξη επίσης μέσω ανεμιστήρα (ανάκτηση ενέργειας από τον χρησιμοποιημένο αέρα).

Το κεντρικό σύστημα εξυπηρετεί πολλές αίθουσες διδασκαλίας και απαιτεί τα εξής:

- Εξισορρόπηση.
- Χώρο για αγωγούς.
- Τακτικό καθαρισμό αγωγών και συστημάτων, και αλλαγή φίλτρου.
- Έλεγχο του CO<sub>2</sub> σε επίπεδο κλάσης για την αντιμετώπιση της ζήτησης.

**Το αποκεντρωμένο σύστημα** εξυπηρετεί μια τάξη και απαιτεί τα εξής:

- Αισθητικές λύσεις και χώρο.
- Έλεγχος θορύβου και κραδασμών.
- Διαχωρισμό της κύριας εισαγωγής αέρα και της εξάτμισης για την αποφυγή βραχυκυκλώματος και μόλυνσης.
- Δεν απαιτεί αγωγούς, ούτε πρόσθετο έλεγχο καθώς προσαρμόζεται στις απαιτήσεις.

**Β. Υβριδικός (μικτός) αερισμός:** συνδυάζει σε ένα σύστημα το φυσικό σύστημα, χρησιμοποιώντας τις φυσικές δυνάμεις του αέρα, την ταχύτητα και την πίεση, και το μηχανικό σύστημα εξαερισμού. Χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα:

- Μειωμένο κόστος λειτουργίας.
- Απαιτεί ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα που πληροί τους κανονισμούς και ότι δεν υπάρχουν ισχυρές εξωτερικές πηγές θορύβου.
- Δύσκολη ανάκτηση ενέργειας.
- Ελάχιστες ανάγκες συντήρησης.
- Ιδιαίτερα πλεονεκτικός σε κοινόχρηστους χώρους.

**Γ. Νυκτερινός εξαερισμός (ελεύθερη ψύξη):** εκμεταλλεύεται την χαμηλή θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα της νύχτας και την παροχή με εντατικό ρυθμό της ροής του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου, για την αφαίρεση της θερμότητας που συσσωρεύεται στη δομή του κτιρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας. Χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα:

- Απαιτείται η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού αέρα > 3K.
- Πρέπει να αντιμετωπιστούν θέματα ασφάλειας.
- Μπορεί να αντικαταστήσει τη μηχανική ψύξη.

### 3.2.1.3 Φυσικός Φωτισμός

Ο καλός σχεδιασμός του φωτισμού της ημέρας στοχεύει στη μεγιστοποίηση των κερδών του φωτός της ημέρας τις νεφώδεις ημέρες και την διέλευση του διάχυτου φωτός του ουρανού και του περιβάλλοντος μέσω σκίασης ακόμη και κατά τις ηλιόλουστες μέρες. Ο παράγοντας φωτισμού ημέρας (DF) είναι μια απλή και καλά προσδιορισμένη μέτρηση για να περιγράψει το φως της ημέρας. Θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 2-5% κατά μέσο όρο στο δωμάτιο, για

να παρέχεται επαρκές φως της ημέρας.

**A. Ο σχεδιασμός των παραθύρων** θα πρέπει να επιτρέπει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη θέα στον ουρανό του ζενίθ, ώστε να επιτυγχάνεται DF άνω του 2% (μέσος όρος). Αυτό μπορεί να τεκμηριωθεί με προσομοίωση, αλλά στη φάση του σχεδιασμού παρέχονται οι ακόλουθες κατευθυντήριες οδηγίες:

- Αναλογία επιφάνειας παραθύρων προς επιφάνεια δαπέδου πάνω από 18% (σε μια τάξη αυτό αντιστοιχεί σε αναλογία ανοιγμάτων πρόσοψης 42%).
- Οι υαλοπίνακες με ηλιακή επίστρωση απαιτούν υψηλότερες αναλογίες παραθύρων προς δάπεδο,
- Τα υψηλά παράθυρα είναι καλύτερα από τα χαμηλά.
- Δεν υπάρχει προεξοχή (πρόβολος)
- Φεγγίτες οροφής και ειδικότερα με κλίση ως προς τον ήλιο, που παρέχουν φως της ημέρας χωρίς να υπερθερμαίνουν τους χώρους.

**B. Τα συστήματα σκίασης** πρέπει να εφαρμόζονται για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση σε ηλιόλουστες μέρες. Η σκίαση θα πρέπει να εμποδίζει την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, αλλά ακόμη να επιτρέπει στο διάχυτο φως από τον ουρανό και το περιβάλλον να εισέλθουν στην τάξη για να αποφευχθεί η ενεργοποίηση του τεχνητού φωτισμού.

Αυτό επιτυγχάνεται με την συμμόρφωση με τα ακόλουθα κριτήρια:

- Η σκίαση πρέπει να τοποθετηθεί εξωτερικά. Η εσωτερική σκίαση πίσω από καλά μονωτικά τζάμια έχει πολύ μικρή επίδραση στην υπερθέρμανση, καθώς η θερμότητα δεν μπορεί να βγει.
- Η σκίαση πρέπει να είναι ρυθμιζόμενη ώστε να εμποδίζει μόνο το άμεσο φως του ήλιου και όχι το διάχυτο.
- Οι περσίδες σε φωτεινό ή γκρι χρώμα επιτρέπουν την είσοδο περισσότερου διάχυτου φωτός από τις σκοτεινές περσίδες.
- Οι προεξοχές (πρόβολοι πάνω από ανοίγματα) δεν εμποδίζουν την υπερθέρμανση όταν ο ήλιος είναι χαμηλά στον ουρανό.
- Ο κίνδυνος θάμβωσης πρέπει να αντιμετωπιστεί με εσωτερικές χειροκίνητα ρυθμιζόμενες οθόνες/ περσίδες.

### **Πηγές ενέργειας- Α.Π.Ε.**

Τα ολοκληρωμένα συστήματα επιτρέπουν την αποτελεσματική χρήση της ενέργειας και την ανταπόκριση στις απαιτήσεις αιχμής. Η χαμηλή πλέον απαίτηση ενέργειας, λόγω της αναβάθμισης επιτρέπει την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στοιχείων μικρότερου μεγέθους.

#### **A. Αντλίες θερμότητας και γεωθερμικά συστήματα:**

- Παρέχουν ενέργεια για θέρμανση και ψύξη.
- Χαμηλής θερμοκρασίας θέρμανση είναι εφικτή επιτρέποντας τον υψηλό συντελεστή

απόδοσης (COP) ανεξάρτητα από την εποχή.

- Τα αντιστρεπτά συστήματα αντλίας θερμότητας επιτρέπουν τόσο τη θέρμανση όσο και την ψύξη.
- Η σύνδεση με γεωθερμικές πηγές θερμότητας επιτρέπει τη βέλτιστη εποχιακή απόδοση.
- Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας μπορούν να ενσωματωθούν στην κάλυψη του σχολείου/ σχολικής αυλής.

#### **Β. Φωτοβολταϊκά συστήματα:**

- Υποστηρίζουν την παραγωγή ενέργειας για θέρμανση και ζεστό νερό οικιακής χρήσης.
- Απαιτείται μια αξιολογή αρχιτεκτονική ενσωμάτωση και καλή αισθητική άποψη για την ένταξη τους στο περιβάλλον.
- Εγκαθίστανται στην οροφή, ενσωματώνονται στις προσόψεις ή ως σταθερά εξαρτήματα σκίασης.

#### **Γ. Συστήματα βιομάζας:**

- Παρέχουν ενέργεια για θέρμανση χώρων και ζεστό νερό οικιακής χρήσης.
- Ενδείκνυται για τοποθεσίες όπου η ξυλεία και άλλη πηγή βιομάζας είναι άμεσα διαθέσιμες και διαχειρίσιμες με βιώσιμο τρόπο.
- Απαιτείται αποθήκευση βιομάζας με πρόσβαση στον αέρα για καύση αλλά να εξασφαλίζεται η αεροστεγανότητα.

#### **Δ. Λέβητες αερίου:**

- Χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλα θερμικά συστήματα για την αντιμετώπιση των φορτίων αιχμής.
- Επιτρέπουν τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας σε σταθερό φορτίο (υψηλή COP).
- Λειτουργούν συνήθως σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος κάτω των 0°C.
- Απαιτούν θερμομόνωση όλων των εξαρτημάτων τους (συμπεριλαμβανομένων σωλήνων και βαλβίδων).
- Πρέπει να λειτουργούν με αντλίες υψηλής απόδοσης ηλεκτρονικά ελεγχόμενες.
- Ακολουθούν μερικά παραδείγματα σχολείων που ανακαινίστηκαν στα πλαίσια του παραπάνω προγράμματος.

#### **Δημοτικό σχολείο στο Søreide, Bergen, Νορβηγία, 2013, Asplan Viak AS**

Το σχολείο (παρακάτω Εικόνα) χτίστηκε το 2012/13 ως σύμπραξη δημόσιου και ιδιωτικού τομέα και συγχρηματοδοτήθηκε από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα ευφυούς ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μια ιδιωτική εταιρεία ανέλαβε την κατασκευή και την λειτουργία του κτιρίου για 25 χρόνια πριν το παραδώσει στο Δήμο του Bergen. Οι 13 μεγαλύτερες πόλεις της Νορβηγίας θέσπισαν μέτρα μέσω του προγράμματος "Πόλεις του μέλλοντος" για τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και για να κάνουν τις πόλεις καλύτερες περιοχές για να ζήσουν.



Οι κύριοι ενεργειακοί στόχοι ήταν η υιοθέτηση των παθητικών συστημάτων θέρμανσης, η χρήση προκατασκευασμένης ξυλείας στις όψεις και η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Όσον αφορά τις ειδικές εγκαταστάσεις τοποθετήθηκαν αντλία θερμότητας και ηλιακό θερμικό σύστημα καθώς και σύστημα μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας. Μεγάλη έμφαση δόθηκε στην εσωτερική ποιότητα του αέρα. Στην ταξινόμηση BREEAM NOR, έλαβε τον χαρακτηρισμό "πολύ καλό". Το σχολείο σχεδιάστηκε ως παθητικό, με υπολογισμένη τελική ζήτηση ενέργειας 45 kWh / m<sup>2</sup>a TFA. Η ζήτηση θέρμανσης είναι 5,6 kWh / m<sup>2</sup>a TFA, η οποία βρίσκεται πολύ κοντά στο όριο του παθητικού κτιρίου των 15 kWh/m<sup>2</sup>a. Το σχολείο θερμαίνεται με άμεση ηλεκτρική ενέργεια, ηλιακό θερμικό σύστημα και αντλία θερμότητας. Η αντλία θερμότητας καλύπτει το 80% της θερμότητας που απαιτείται για τη θέρμανση και τον αερισμό του χώρου και το 60% του θερμού νερού. Το ηλιακό θερμικό σύστημα καλύπτει κατά 30% τις ανάγκες σε ζεστό νερό. Το υπόλοιπο 10% καλύπτεται από την άμεση ηλεκτρική ενέργεια.

Η συνολική ετήσια εκπομπή σε CO<sub>2</sub> είναι 10,2 kg / m<sup>2</sup>. Εφαρμόστηκε μόνωση 30 cm στους εξωτερικούς τοίχους και επιτεύχθηκε μέση τιμή θερμοχωρητικότητας τους: U= 0,13 W/m<sup>2</sup>K. Ένα ισορροπημένο σύστημα εξαερισμού με περιστρεφόμενο εναλλάκτη θερμότητας και ανάκτηση θερμότητας 83% εγκαταστάθηκε στο κτίριο. Χρησιμοποιήθηκαν υλικά και προϊόντα με τεκμηριωμένα χαμηλές εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων και άλλων χημικών ουσιών/ ενώσεων ενώ επιτεύχθηκαν κατάλληλα επίπεδα θερμικής άνεσης.

**Σχήμα 37: Όψη του Δημοτικού σχολείου στο Søreide, Bergen της Νορβηγίας**



Πηγή: <https://www.renew-school.eu/en/category/best-practices-database/>

#### **Νηπιαγωγείο στο Kalmthout, Βέλγιο, 2014, B-architecten**

Στη μέση μιας πράσινης περιοχής χτίστηκε το 2014 το νέο νηπιαγωγείο (Εικόνα 24) για να αντικαταστήσει το παλιό προκατασκευασμένο. Το σχέδιο επελέγη από τη φλαμανδική κυβέρνηση ως ένα από τα 25 πιλοτικά σχέδια για την κατασκευή παθητικών σχολείων. Η κάτοψη έχει ένα συμπαγές ορθογώνιο σχήμα, προσανατολισμένο κατά μήκος του άξονα βορρά – νότου και περιλαμβάνει στο ισόγειο 4 αίθουσες διδασκαλίας, γύρω από μια είσοδο και τις τουαλέτες. Στο πρώτο επίπεδο διαμορφώθηκε μια τάξη για το δημοτικό σχολείο, η

τραπεζαρία και μια αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.

Οι στόχοι κι εδώ ήταν η υιοθέτηση των προτύπων των παθητικών κτιρίων, η χρήση προκατασκευασμένης ξυλείας στις όψεις, μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας και υγρασίας κατά 83%, ελεγχόμενος με χρονοδιακόπτη, και εναλλάκτης θερμότητας γης-αέρα (EAHX). Η υπολογισμένη τελική ζήτηση θέρμανσης του νηπιαγωγείου είναι 13,34 kWh/m<sup>2</sup>GFAa. Για ψύξη (εάν κριθεί απαραίτητη) θα χρησιμοποιούνται μόνο 2,01 kWh/m<sup>2</sup>GFAa. Ο αέρας τροφοδοτείται από έναν εναλλάκτη θερμότητας εδάφους-αέρα μέσω 6 σωλήνων μήκους 45m και διαμέτρου 300mm. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα ένας μικρός θερμαντήρας συμπίκνωσης φυσικού αερίου εξασφαλίζει ότι όλες οι αίθουσες είναι ζεστές. Η υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού εμποδίζεται από τον μεγάλο πρόβολο της οροφής, στη νότια πλευρά του κτιρίου, παρέχοντας και καταφύγιο από τη βροχή κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η καλυμμένη περιοχή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως παιδική χαρά κατά τις κακές καιρικές συνθήκες. Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου είναι κατασκευασμένος από κολώνες σκυροδέματος και οι εξωτερικοί τοίχοι από διπλές γυψοσανίδες με μόνωση από ορυκτοβάμβακα 5 cm και επένδυση ξύλου εξωτερικά. Τα παράθυρα στη νότια πλευρά είναι σκιασμένα από τον πρόβολο ενώ σε ένα παράθυρο της δυτικής πλευράς τοποθετήθηκαν εξωτερικά σκίαστρα.

**Σχήμα 38: Όψη του Νηπιαγωγείου στο Kalmthout του Βέλγιου**



Πηγή: <https://www.renew-school.eu/en/category/best-practices-database/>

#### **Γυμνάσιο στο Rostock, Γερμανία, 2014, Institut für Gebäude + Energie + Licht Planung**

Στα πλαίσια του παραπάνω προγράμματος προβλέφθηκε η ενεργειακή ανακαίνιση του υφιστάμενου σχολικού κτιρίου, η επέκταση του με κατασκευή νέας κτιριακής μονάδας παράλληλα σε αυτό και η κατασκευή μιας ακόμη, νέας, κτιριακής μονάδας στο δυτικό τους μέτωπο, ώστε να στεγάσει το δημοτικό. Όλο το σχολικό συγκρότημα (παρακάτω Εικόνα) σχεδιάστηκε ώστε να παράγει περισσότερη ενέργεια από τις ανάγκες του, σε θέρμανση, φωτισμό, παραγωγή ζεστού νερού και λειτουργία των τεχνικών συστημάτων του. Ενισχυμένη θερμομόνωση προβλέφθηκε για τους εξωτερικούς τοίχους του υφιστάμενου κτιρίου, που αποτελείται από ξύλινα στοιχεία και προσαρμόζεται στην εξωτερική του όψη. Όσον αφορά τα τεχνικά του χαρακτηριστικά, γίνεται χρήση της θέρμανσης της περιοχής, εγκαταστάθηκε κεντρικό, ισορροπημένο σύστημα εξαερισμού που λειτουργεί με ανάκτηση θερμότητας, δύο αιολικοί σταθμοί, 3,5 kW ο καθένας και φωτοβολταϊκό σύστημα 138 kW. Η εκπομπή θερμότητας στους χώρους παρέχεται από συστήματα θέρμανσης τοίχου και οροφής. Πάνω από τα παράθυρα τοποθετήθηκαν φωτοβολταϊκές μονάδες που λειτουργούν και ως σκίαστρα.

Η κατασκευή πριν από την ανακαίνιση είχε συντελεστή θερμοπερατότητας,  $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  και αποτελούνταν από πλινθοδομή 43 cm, με επίχρισμα και στις δύο πλευρές. Μετά την ανακαίνιση επιτεύχθηκε συντελεστής θερμοπερατότητας,  $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ , με την ξύλινη εξωτερική επένδυση και την μόνωση αφενός μεταξύ των στύλων ξυλείας με στρώση από ορυκτό μαλλί 24cm και αφετέρου με την μόνωση του τοίχου 1,6cm. Η τελική ζήτηση ενέργειας πριν από την ανακαίνιση ήταν  $203,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  και μετά την ανακαίνιση  $71,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (ενώ η απαίτηση σε ενέργεια για τη θέρμανση του χώρου, τον εξαερισμό, την ψύξη, την παραγωγή θερμού νερού, την βοηθητική ηλεκτρική ενέργεια για τις τεχνικές εγκαταστάσεις των κτιρίων και τον φωτισμό είναι  $71 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ). Η κατανάλωση αυτή της ενέργειας καλύπτεται από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση και τα δύο αιολικά πάρκα. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις φωτοβολταϊκές μονάδες τροφοδοτεί πλήρως το

δημόσιο δίκτυο, ενώ όλη η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τους αιολικούς σταθμούς τροφοδοτεί το σχολικό συγκρότημα. Η θερμότητα παράγεται από συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Ο κεντρικός σταθμός εξαερισμού ρυθμίζεται από σύστημα ελέγχου που ανταποκρίνεται στη ζήτηση. Κάθε χώρος ελέγχεται, επειδή κάθε αίθουσα είναι εφοδιασμένη με αισθητήρα CO<sub>2</sub>. Ο αέρας τροφοδοτείται μέσω υφασμάτων εύκαμπτων σωλήνων, που μειώνουν τον θόρυβο ροής. Ο χρησιμοποιημένος αέρας από τις τάξεις περνάει στο μη θερμαινόμενο διάδρομο (σχολικό σοκάκι), που βρίσκεται ανάμεσα στα δύο κτίρια. Το καλοκαίρι, όταν οι θερμοκρασίες του εσωτερικού αέρα είναι υψηλές, λειτουργεί το σύστημα του εξαερισμού όλη τη νύχτα για να αποφορτιστεί το υψηλό θερμικό φορτίο, ενώ τα παράθυρα παραμένουν κλειστά για λόγους ασφάλειας.

### Σχήμα 39: Όψη του Γυμνασίου του Rostock στη Γερμανία



Πηγή: <https://www.renew-school.eu/en/category/best-practices-database/>

### **Λύκειο στο Neumarkt/Steiermark, Αυστρία, 2011, Gerhard Kopeinig, ARCH+MORE ZT**

Πρόκειται για την ανακαίνιση ενός σχολείου που κατασκευάστηκε το 1978, με κύριο στόχο την ενεργειακή του αναβάθμιση και την μετατροπή του σε nZEB, (σχεδόν μηδενικού ενεργειακού κτιρίου). Με την εξωτερική του επένδυση με προκατασκευασμένα στοιχεία πρόσοψης ξύλου (παρακάτω Εικόνες), στόχος ήταν να εκμηδενιστούν όλες οι θερμογέφυρες. Επιπλέον εγκαταστάθηκε ένα κεντρικό σύστημα μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας (80% αποκατάσταση θερμότητας και υγρασίας) και έγινε χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (βιομάζα και φωτοβολταϊκά στην ευρύτερη περιοχή) για θέρμανση και προετοιμασία ζεστού νερού χρήσης. Εξωτερικές περσίδες που ελέγχονται αυτόματα τοποθετήθηκαν στα κουφώματα. Η ζήτηση της θέρμανσης ήταν πριν από την αναβάθμιση 160 kWh / M<sup>2</sup>GFAa, και μετά 14 kWh / m<sup>2</sup>GFAa, που αντιστοιχεί σε μείωση κατά 91%. Το 75% της απαιτούμενης ζήτησης ενέργειας καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ το υπόλοιπο συμπληρώνεται από ηλεκτρική θέρμανση. Για τη μείωση της θερμοκρασίας το καλοκαίρι και τη βελτίωση της ποιότητας περιβάλλοντος χώρου, εγκαταστάθηκε μηχανισμός



νυχτερινού αερισμού στο αίθριο. Ανεμιστήρες εξαερισμού με κινητήρα ανοίγουν αυτόματα την περίοδο από τα μέσα Μαρτίου έως τα τέλη Σεπτεμβρίου.

**Σχήμα 40: Όψεις Λυκείου του Neumarkt/Steiermark στην Αυστρία**



**Σχήμα 41: Όψεις Λυκείου του Neumarkt/Steiermark στην Αυστρία**



#### 4.10 Σχολεία Καθαρής Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης

Μία από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες τάσεις στο σχολικό σχεδιασμό είναι τα σχολεία μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης ή μηδενικών εκπομπών (Net Zero Energy Buildings:

nZEB). Για να χαρακτηριστεί ένα κτίριο με αυτό τον όρο, προϋποθέτει κατά κύριο λόγο να είναι ενεργειακά αποδοτικό και κατά δεύτερο λόγο να χρησιμοποιεί ΑΠΕ. Σε ετήσια βάση να μην απαιτεί περισσότερη ενέργεια από αυτή που παράγουν οι ανανεώσιμες πηγές του. Οι χρήστες και οι σχεδιαστές των NZEB πρέπει πρώτα να κάνουν χρήση όλων των διαθέσιμων μεθόδων και τεχνολογιών για τη μέγιστη ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου και μετά να εφαρμόσουν τις Α.Π.Ε., δίνοντας προτεραιότητα στις ενεργειακές πηγές που είναι διαθέσιμες πολύ κοντά ή επάνω στο ίδιο το κτίριο. Μ' αυτό τον τρόπο ελαχιστοποιούνται το κόστος και οι απώλειες που προκύπτουν από τη μεταφορά και τη μετατροπή της ενέργειας. Επίσης πρέπει πάντοτε να εξετάζεται εάν εξασφαλίζεται η διαθεσιμότητα των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών σε όλη τη διάρκεια ζωής του κτιρίου. Η διαβάθμιση των κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι η ακόλουθη:

- ZEB A: ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εντός του κτιριακού κελύφους
- ZEB B: ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην περιοχή του
- ZEB C: παράγεται ανανεώσιμη ενέργεια επιτόπου από εξωτερικούς πόρους
- ZEB D: παράγεται ανανεώσιμη ενέργεια από εξωτερικούς πόρους

Σε γενικές γραμμές, τα σχολεία μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης κατατάσσονται στην κατηγορία A ή B και η κατάταξη αυτή εξαρτάται από την ανανεώσιμη ενέργεια που χρησιμοποιούν. Η τεχνολογία αυτή των ΑΠΕ είναι εγκατεστημένη είτε στην οροφή είτε επάνω στο έδαφος. Μερικά σχολεία, κατατάσσονται στην κατηγορία Δ καθώς χρησιμοποιούν την αιολική ενέργεια που παράγεται από την ευρύτερη περιοχή. Ενώ ένα σχολείο που χρησιμοποιεί ξυλώδη βιομάζα ανήκει στην κατηγορία Γ.

Τα σχολεία είναι δεκτικά στην εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, επειδή έχουν μεγαλύτερο μέγεθος και έχουν μεγάλες περιοχές στέγης σε σχέση με το συνολικό εμβαδόν του δαπέδου τους, με μακροπρόθεσμο επενδυτικό ορίζοντα. Ωστόσο η επιλογή των ΑΠΕ θα πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη και άλλους παράγοντες, όπως τους οικοδομικούς κανονισμούς, το τοπικό κλίμα, και τους οικονομικούς περιορισμούς, όπως τη διαθεσιμότητα των επιστροφών. Έτσι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων επιδιώκεται σε ηλιόλουστα κλίματα και οι ανεμογεννήτριες σε περιοχές πλούσιες σε ανέμους. Τα σχολικά συγκροτήματα της υπαίθρου ενδείκνυται για χρήση ΑΠΕ, καθώς οι μεγάλες τοποθεσίες τους, επιτρέπουν την ανάπτυξη τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας. Πολλές φορές τα σχολεία αυτά λειτουργούν και ως τοπικά πολιτιστικά κέντρα (βιβλιοθήκες, χώροι συνεδριάσεων-συγκεντρώσεων, πολιτιστικών εκδηλώσεων, εργαστηρίων) διευρύνοντας το ωράριο, τις συνθήκες λειτουργίας τους, και τις ενεργειακές ανάγκες τους. Μια άλλη επίσης μορφή ανανεώσιμης ενέργειας που είναι δημοφιλής στα ηλιόλουστα κλίματα είναι ο προθερμασμένος αέρας εξαερισμού. Πάνελ προσαρτημένα σε ανατολικούς και νότιους τοίχους αποδίδουν τον προθερμασμένο αέρα στο σύστημα HVAC ή το εξαγωγή απευθείας κατά την εποχή ψύξης.

Και στην περίπτωση των κτιρίων μηδενικής κατανάλωσης ακολουθείται η βασική στρατηγική του ορθού προσανατολισμού για την εκμετάλλευση του φωτισμού της ημέρας αλλά και όλων των βιοκλιματικών κριτηρίων σχεδιασμού. Ως ΑΠΕ τα φωτοβολταϊκά πάνελ είναι τα πιο διαδεδομένα. Ο συνδυασμός της κατάλληλης μόνωσης του κελύφους, της ενσωμάτωσης

συστημάτων HVAC και των σύγχρονων τεχνολογιών τεχνητού φωτισμού είναι δυνατόν να συμβάλει στην επίτευξη του στόχου της κατασκευής ενός συνεργατικού σχολικού κτιρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

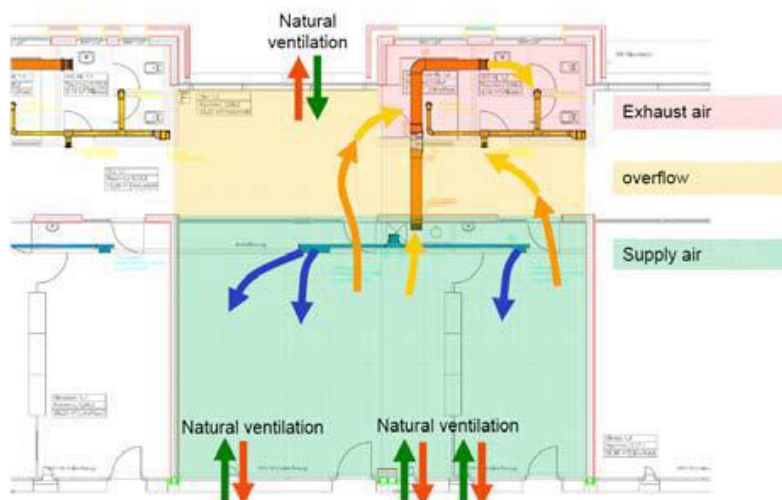
Ως παράδειγμα καλής πρακτικής αναφέρεται το σχολείο του Hohen Neuendorf στο Βερολίνο(παρακάτω Εικόνα), το οποίο σχεδιάστηκε με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας στο χώρο παραγωγής και με συνολικές μηδενικές ενεργειακές εκπομπές, από τους IBUS Architekten und Ingenieure (ολοκλήρωση κατασκευής το 2011). Ο κύριος στόχος ήταν ο σχεδιασμός ενός δημοτικού σχολείου που να παρέχει καλές συνθήκες μάθησης και διδασκαλίας με χαμηλό λειτουργικό κόστος για την κοινότητα. Το διώροφο κτιριακό συγκρότημα περιλαμβάνει ένα δημοτικό σχολείο και μια αθλητική αίθουσα, συνολικού εμβαδού 7.400 m<sup>2</sup>. Το δημοτικό σχολείο έχει σχεδιαστεί για 540 μαθητές και 18 αίθουσες διδασκαλίας. Η κύρια δομή του κτιρίου αποτελείται από τσιμεντένιους τοίχους και οροφές, στέγες από σκυρόδεμα για το σχολικό κτίριο, καθώς και μια κατασκευή ξύλινης στέγης για την αθλητική αίθουσα. Οι συντελεστές θερμοπερατότητας  $U[W/(m^2K)]$  που προβλέφθηκαν για καθένα από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου είναι: για τους εξωτερικούς τοίχους 0,15 και 0,13, για το δάπεδο 0,10, για την οροφή 0,11 και για τα παράθυρα 0,80.

**Σχήμα 42: Το σχολείο του Hohen Neuendorf στο Βερολίνο**



Πηγή: <http://sbchallenge.iisbe.org/projects/BP109SE/main.html#/2/>

**Σχήμα 43: Άποψη του υβριδικού συστήματος εξαερισμού**





Στο σχεδιασμό του εφαρμόστηκαν οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού (βελτιστοποιημένη στρατηγική για την εκμετάλλευση του φωτός της ημέρας- σκίαση, νυκτερινός αερισμός, υβριδικό σύστημα εξαερισμού που χρησιμοποιεί μηχανικά ανοιγόμενα παράθυρα για φυσικό αερισμό κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων των μαθημάτων και που συνεργάζεται με το μηχανικό σύστημα εξαερισμού (παρακάτω Εικόνες)), ενσωματώθηκαν νέα- καινοτόμα δομικά στοιχεία (διάφοροι τύποι καινοτόμων υαλοπινάκων, ηλεκτροχρωμικά υαλοστάσια, φώτα LED, φίλτρα και ελεγχόμενο σύστημα εξαερισμού και αυτοματισμοί ελέγχου του φωτισμού) και τέλος έγινε χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, βιομάζα (ξύλινα πέλετ) για θέρμανση, και μια ολοκληρωμένη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, 55 kWp, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού με βιομάζα (πέλετς ξύλου).

**Σχήμα 44: Φυσικός εξαερισμός**



**Σχήμα 45: Μηχανικός εξαερισμός**



Πηγή: <http://sbchallenge.iisbe.org/projects/BP109SE/main.html#/2/>

Ο συνδυασμός των παραπάνω μέτρων οδήγησε σε πολύ χαμηλή ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας για το κτίριο. Η υπολογιζόμενη ετήσια ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και συσκευές είναι πλέον 23 kWh/ m<sup>2</sup>. Η ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου έδειξε ότι υπάρχει έλλειμμα 6 kWh πρωτογενούς ενέργειας/m<sup>2</sup> ετησίως, το οποίο αντιστοιχεί σε 2 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> ετησίως. Εάν η κατανάλωση ενέργειας στο κτίριο δεν μειωθεί, το έλλειμμα πρέπει να αντισταθμιστεί με επιπλέον παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά 16 kWp. Το κόστος λειτουργίας του σχολικού κτιρίου είναι κατά 70% μικρότερο από το κόστος

λειτουργίας ενός κτιρίου ίδιου μεγέθους.

### **Το πρόγραμμα ZEMedS για την ανακαίνιση των σχολικών κτηρίων της Μεσογείου**

Το πρόγραμμα ZEMedS επικεντρώνεται στην ανακαίνιση των σχολείων της Μεσογείου ώστε να γίνουν σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (nZEB). Η περιοχή ενδιαφέροντος αντιπροσωπεύει το 17% του πληθυσμού της ΕΕ και αντιστοιχεί περίπου σε 87.000 σχολεία. Στα τέλη του Νοεμβρίου του 2012, σύμφωνα με την αναφορά της Επιτροπής σχετικά με την πρόοδο των Κρατών Μελών σχετικά με το σχεδιασμό των εθνικών δράσεων για την παραγωγή πολιτικών και τη λήψη μέτρων, όπως η καθιέρωση στόχων για τη μετατροπή των κτηρίων που ανακαινίζονται σε Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης, μόνο 9 κράτη μέλη (BE, DK, CY, FI, LT, IE, NL, SE and UK) παρουσίασαν όπως είχε ζητηθεί τα αντίστοιχα σχέδια τους στην ΕΕ. Σε ότι αφορά στους πρακτικούς ορισμούς των nZEBs, μόνο πέντε κράτη μέλη (BE, CY, DK, IE and LT), παρουσίασαν έναν ορισμό, ο οποίος και περιείχε τόσο ένα αριθμητικό στόχο όσο και ένα μερίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Δεκαπέντε κράτη μέλη (BE, CZ, DK, EE, FI, DE, GR, HU, IE, LV, LT, SL, SE, NL and UK) παρουσίασαν ενδιάμεσους στόχους για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των νέων κτηρίων έως το 2015, με τους περισσότερους να εστιάζουν στην ενδυνάμωση των κανονισμών των κτηρίων ή/και στο πιστοποιητικό της ενεργειακής απόδοσης. Ο όρος των nZEBs αφήνει ένα περιθώριο στα Κράτη Μέλη να ακολουθήσουν διαφορετικές προσεγγίσεις και να υποστηρίξουν διαφορετικά πρότυπα, ώστε να εκπληρώσουν την Οδηγία. Η οικονομική κρίση έχει πλήξει την πλειοψηφία των Μεσογειακών Χωρών, και έχει οδηγήσει στον περιορισμό της αυτοχρηματοδότησης ενώ υπογραμμίζεται η σπουδαιότητα άλλων χρηματοδοτικών μηχανισμών, όπως τα κεφάλαια του προέρχονται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης ERDF.

Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού, σε έρευνα που έλαβε χώρα σε 354 ισπανικά σχολικά κτίρια, διαπιστώθηκε ότι η μέση κατανάλωση ενέργειας τους κυμαίνεται μεταξύ 68-122kWh/m<sup>2</sup>/έτος, και η θερμική συνεισφορά αντιστοιχεί στο 60-90% ενώ οι εσωτερικοί χώροι τους δεν πληρούν τα ελάχιστα πρότυπα (χαμηλοί ρυθμοί εξαερισμού, υπερθέρμανση, προβλήματα με την αντανάκλαση κλπ.). Όσον αφορά τα ιταλικά σχολικά κτίρια περισσότερο από το 60% εξ αυτών κατασκευάστηκαν πριν από το 1976, δηλαδή χωρίς την ισχύουσα ρύθμιση την σχετική με την ενέργεια, και λιγότερο από 10% χτίστηκαν μετά την έγκριση του νόμου του 1991, ο οποίος είναι ο πρώτος κανονισμός στην Ιταλία που εισάγει σαφείς περιορισμούς όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση. Η έλλειψη της κατάλληλης ενεργειακής τους διαχείρισης, έχει ως συνέπεια, ακόμη και κατά τη διάρκεια των ήπιων εποχών, το σύστημα θέρμανσης να εξακολουθεί να λειτουργεί αλλά οι χρήστες του σχολείου να ανοίγουν τα παράθυρα. Η μεγάλη πλειοψηφία των σχολείων είναι δημόσια, χωρίς δυνατότητες για σημαντικές ανακαινίσεις, λόγω της οικονομικής κρίσης των τελευταίων χρόνων ενώ η σεισμική τους ενίσχυση κρίνεται μεγαλύτερης προτεραιότητας από την ενεργειακή τους αναβάθμιση. Στη Γαλλία, έχει ήδη οριστεί ένας αριθμός στόχων για το περιβάλλον που εφαρμόζεται από το 2009. Τα δημόσια κτίρια πρόκειται να ανακαινιστούν για να επιτευχθεί μια ελάχιστη μείωση της 40% στην ενέργεια και 50% στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου εντός 8 ετών (French NREAP, 2010). Τα πρώτα παραδείγματα επιτυχούς

ενεργειακής ανακαίνισης γίνονται στο Languedoc-Roussillon. Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού, αναπτύχθηκε μια τεχνική και χρηματοοικονομική εργαλειοθήκη, που περιέχει λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τα οφέλη, τεχνικές στρατηγικές, διαθέσιμες τεχνολογίες, περιφερειακές προοπτικές, δημόσιους και ιδιωτικούς μηχανισμούς χρηματοδότησης και καλύτερες Πρακτικές σχετικά με την ανακαίνιση των σχολείων του nZEB. Διαμορφώθηκαν ορισμένες απαιτήσεις που σχετίζονται με το ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο, το μερίδιο των ΑΠΕ και τα θέματα IEQ για την ανακαίνιση των σχολείων MED:

- Απαίτηση 1:  $CPE-ProdRES \leq 0$  Η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (για θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ζεστό νερό, μαγείρεμα, φωτισμό και συσκευές) θα πρέπει να εξισορροπηθεί από την τοπική παροχή ΑΠΕ.
- Απαίτηση 2:  $CFE \leq 25 kWh/m^2y$  Η ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας (FE) (για όλες τις χρήσεις εκτός των ζεστού νερού χρήσης & μαγειρέματος) για την κλιματιζόμενη περιοχή πρέπει να είναι μικρότερη από  $25 kWh/m^2y$ 
  - Για θέρμανση / ψύξη και εξαερισμό:  $CHVAC \leq 20 kWh/m^2y$
  - Για Φωτισμό: Φωτισμός  $\leq 5 kWh/m^2y$
- Απαίτηση 3: Πρέπει να διασφαλίζεται η ποιότητα του εσωτερικού αέρα (με  $CO_2 \leq 1000$  ppm) και ο αριθμός ωρών με εσωτερική θερμοκρασία πάνω από  $28^\circ C$  πρέπει να είναι μικρότερος από 40 ώρες, ετησίως κατά τη διάρκεια της χρήσης.

#### 4.11 Πανεπιστήμια Καθαρής Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης

Τα Πανεπιστήμια θεωρούνται διεθνώς ως ιδανικές περιπτώσεις υλοποίησης επιδεικτικών και καινοτομικών παρεμβάσεων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), καθώς αυτές συνοδεύονται από άμεσα, έμμεσα και πολλαπλασιαστικά οφέλη τα οποία συνοψίζονται ως εξής:

- ✚ Μείωση του λειτουργικού κόστους για την κατανάλωση ενέργειας.
- ✚ Μείωση εκπομπών  $CO_2$  και άλλων αερίων ρύπων.
- ✚ Βελτίωση της ποιότητας ζωής των μελών της πανεπιστημιακής κοινότητας.
- ✚ Αναβάθμιση εκπαιδευτικών και ερευνητικών οικονομικών δραστηριοτήτων: επιδεικτικές παρεμβάσεις ΑΠΕ προσδίδουν προστιθέμενη αξία στις παρεχόμενες υπηρεσίες των ιδρυμάτων, αναβαθμίζοντας έτσι την οικονομία των δραστηριοτήτων αυτών. Η χρήση της ηλιακής ενέργειας, της βιομάζας κ.λ.π. λειτουργεί επιδεικτικά ως καλή πρακτική στην πανεπιστημιακή τοπική κοινωνία, καταδεικνύοντας κατευθύνσεις και ευκαιρίες ανάπτυξης και της τοπικής οικονομίας (νέες ειδικότητες, μορφές απασχόλησης, νέες καλλιέργειες κλπ.).
- ✚ Δημιουργία νέας επιχειρηματικότητας και θέσεων εργασίας: Ο αειφόρος και επιδεικτικός χαρακτήρας επεμβάσεων ΑΠΕ μπορεί να λειτουργήσει ενισχυτικά στον τομέα της πράσινης επιχειρηματικότητας καθώς δημιουργείται ένα ιδανικό περιβάλλον ανάπτυξης.
- ✚ Ανάπτυξη «ενεργειακής αειφορίας»: δίνεται η δυνατότητα στους φοιτητές για

συμμετοχή σε ένα καινοτόμο μοντέλο «Αειφόρου Κοινότητας», το οποίο πέραν των ενεργειακών χαρακτηριστικών περιλαμβάνει ευκαιρίες πολιτισμικής ανάπτυξης, ισότητα των φύλων, φιλικές γειτονιές και ιδιαίτερη ταυτότητα.

🚦 Επανεπένδυση πόρων: οι πόροι που εξοικονομούνται θα επαναπενδυθούν π.χ. για να στηριχτεί η εκπαιδευτική διαδικασία των ιδρυμάτων.

Είναι χαρακτηριστικό ότι πολλά Πανεπιστημιακά ιδρύματα έχουν εντάξει επιδεικτικές παρεμβάσεις ΑΠΕ στις εγκαταστάσεις τους. Ενδεικτικά παραδείγματα επιδεικτικών έργων ΑΠΕ σε καταξιωμένα Πανεπιστήμια φαίνεται παρακάτω :

**Σχήμα 46: Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών στο Κτίριο του Frick Chemistry Laboratory, Princeton University**



**Σχήμα 47: Στέγαστρο φωτοβολταϊκών στο Κτίριο του Spilker Engineering & Applied Sciences, Stanford University**





**Σχήμα 48: Σταθμός φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων στο Harvard University**



**Σχήμα 49: Φωτοβολταϊκό Σύστημα στο Κτίριο του sports centre, University of Cambridge**



#### 4.12 Καλή Πρακτική σε Κτίριο Ιστορικής Αξίας στην Βόρεια Ελλάδα

Η κλιματική αλλαγή και η ταχεία εξάντληση των φυσικών πόρων του πλανήτη οδηγεί σε λήψη δραστικών αποφάσεων που αποφέρουν στην εξοικονόμηση ενέργειας και την μείωση των εκπομπών άνθρακα. Μία από αυτές τις αποφάσεις επηρεάζουν τον τομέα των κτιρίων και την ενέργεια που πρέπει να καταναλώνουν. Απαιτείται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας των υφιστάμενων κτιρίων και σχεδιασμός των νέων κτιρίων με τέτοιο τρόπο ώστε να καταναλώνουν ελάχιστη ενέργεια. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας κυρίως είναι η θέρμανση, η ψύξη και ο αερισμός του κτιρίου και αυτοί είναι οι τομείς στους οποίους γίνονται οι επεμβάσεις.

Οι επεμβάσεις αφορούν κυρίως την μόνωση του κτιρίου, εσωτερική και εξωτερική, τα κουφώματα, τα συστήματα σκίασης και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις ψύξης, θέρμανσης και αερισμού. Οι πιο βασικές επεμβάσεις αφορούν το κέλυφος του κτιρίου μειώνοντας της απώλειες θερμότητας προσθέτοντας μόνωση και αναβαθμίζοντας τα κουφώματα. Η προσθήκη μόνωσης σε υπάρχοντα κτίρια γίνεται είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά για διαφορετικούς λόγους.

Η εξωτερική μόνωση εφαρμόζεται σε κτίρια που έχουν την απαίτηση η θέρμανση να παραμένει και μετά το πέρας της διακοπής λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, όπως είναι, για παράδειγμα, οι μόνιμες κατοικίες. Με τη διατήρηση της θερμότητας στο εσωτερικό για περισσότερες ώρες εξοικονομούνται χρήματα και ενέργεια από τη μειωμένη χρήση του συστήματος θέρμανσης. Πρόκειται για μία επέμβαση που δεν επηρεάζει την λειτουργία του κτιρίου κατά την φάση της τοποθέτησης.

Η προσθήκη εσωτερικής μόνωσης χρησιμοποιείται κυρίως σε κτίρια που έχουν ανάγκη για άμεση θέρμανση ή ψύξη, χωρίς να ενδιαφέρει ο χρόνος παραμονής της θερμότητας, ή της



δροσιάς, αντίστοιχα. Τέτοιοι χώροι είναι τα γραφεία, οι σχολικές μονάδες, οι κινηματογράφοι και τα φροντιστήρια. Αποτελεί οικονομικότερη λύση από την εξωτερική θερμομόνωση, ωστόσο, κατά τη φάση των εργασιών δεν μπορούν εντός του κτιρίου να πραγματοποιούνται δραστηριότητες, γεγονός το οποίο αποτελεί μειονέκτημα, ενώ μειώνεται σημαντικά κάποιες φορές και το ωφέλιμο εμβαδόν των εσωτερικών χώρων.

Η αναβάθμιση των κουφωμάτων είναι η πιο εύκολα πραγματοποιήσιμη και πιο οικονομική επέμβαση για υφιστάμενα κτίρια. Λόγω της άμεσης επαφής τους με το εξωτερικό περιβάλλον, τα κουφώματα αποτελούν σημαντική δίοδο, μέσω της οποίας οι εξωτερικές καιρικές συνθήκες καταφέρνουν να επηρεάζουν το εσωτερικό του κτιρίου· ειδικότερα όταν η συναρμογή των κουφωμάτων είναι κακή, επιτρέπεται η απρόσκοπτη διείσδυση του αέρα. Είναι πολύ σημαντικό σε υφιστάμενα κτίρια τα κουφώματα να αντικαθίσταται από νέα, χαμηλότερης θερμοπερατότητας και μεγαλύτερου βαθμού αεροστεγανότητας.

Τα συστήματα σκίασης, εφόσον μπορούν να εφαρμοστούν είναι σημαντική επέμβαση για τη μείωση των φορτίων ψύξης καθώς περιορίζουν την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται το κτίριο και προσφέρουν δροσισμό. Μπορούν να αποτελούν σταθερή ή κινητή κατασκευή.

Η βελτίωση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτιρίου όπως τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης επηρεάζει πολύ την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου καθώς τα σύγχρονα συστήματα καταφέρνουν να έχουν πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης. Ακόμη, η αντικατάσταση των συμβατικών φωτιστικών από LED μειώνει στο μισό την κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό.

Υπάρχουν μεγάλες προοπτικές και πληθώρα επεμβάσεων με σκοπό την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας των υφιστάμενων παλαιών κτιρίων. Στην Ελλάδα όμως, μία χώρα με πολλά ιστορικά και διατηρητέα κτίρια, παραδοσιακούς οικισμούς και ιστορικά κέντρα πόλεων δημιουργείται το ερώτημα για το αν αυτές οι επεμβάσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν. Τα κτίρια αυτά βασίζονται στην παραδοσιακή ελληνική αρχιτεκτονική η οποία εμπεριέχει αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού ακόμα και αν όταν αυτά κατασκευάζονταν δεν υπήρχε η σημερινή τεχνολογία.

Η πλειονότητα των κτιρίων έχουν κατασκευαστεί έτσι ώστε να εκμεταλλεύονται τον προσανατολισμό του κτιρίου προς θερμικό όφελος. Ακόμη, σε ψυχρές περιοχές υπάρχουν βαριές κατασκευές κτιρίων με μικρά ανοίγματα, σε αντίθεση με τις θερμές όπου παρατηρούνται πιο ελαφριές κατασκευές με πολλά ανοίγματα για φυσικό αερισμό. Η σκίαση αυτών των κτιρίων δημιουργείται από εσοχές και προβόλους, ακόμη και από στοιχεία βλάστησης.

Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική κατά ένα μεγάλο βαθμό ακολουθεί τις σύγχρονες αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού όμως ο χρόνος, η κλιματική αλλαγή και οι φθορές των κτιρίων δημιουργούν την ανάγκη για εκσυγχρονισμό και επεμβάσεις ενεργειακού χαρακτήρα. Ο πολιτισμικός χαρακτήρας όμως που έχουν αυτά τα κτίρια, η αισθητική και η νομοθεσία που τα προστατεύει, δεν αφήνουν πολλά περιθώρια για επεμβάσεις.

Στην πόλη της Θεσσαλονίκης και συγκεκριμένα στην συνοικία των Εξοχών βρίσκονται πολλά κτίρια ιστορικής αξίας καθώς κατά τον 19<sup>ο</sup> αιώνα εγκαταστάθηκαν οικογένειες υψηλής τάξεως με οικονομική επιφάνεια. Συνολικά υπήρξαν εκεί 500 οικήματα από τα οποία 20

παραμένουν ακόμα και σήμερα. Ένα από αυτά τα κτίρια είναι και η Σχολή Τυφλών το οποίο βρίσκεται επί της λεωφόρου Βασιλίσσης Όλγας. Το κτίριο κατασκευάστηκε το 1907 με σχέδια του Ξενοφώντα Παιονίδη όταν και πέρασε το ακίνητο στην ιδιοκτησία του Χασάν Μπέη. Κατά τη διάρκεια των ετών εκτός από κατοικία της οικογένειας Μπέη, φιλοξενήθηκε στο κτίσμα η Σχολή Κωνσταντινίδη και αργότερα το βρεφοκομείο «Άγιος Στυλιανός». Κατά τη διάρκεια της κατοχής το κτίριο επιτάχθηκε από τον Γερμανικό στρατό μέχρι το 1944 όταν και στέγασε «ανταρτόπληκτους έως το 1948. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας περιόδου έγιναν καταστροφές στο κτίριο καθώς αφαιρέθηκαν παράθυρα, πόρτες, πατώματα, κεραμίδια και γύψινα διακοσμητικά, ενώ το εσωτερικό του καταστράφηκε από πυρκαγιά. Το 1961 παραχωρήθηκε στον «Οίκο και Σχολή Τυφλών Θεσσαλονίκης» όταν και ανακατασκευάστηκε διατηρώντας όμως τα χαρακτηριστικά του και την διαρρύθμισή του.

Το κτίριο της Σχολής Τυφλών σήμερα χαρακτηρίζεται ως έργο τέχνης που χρήζει ειδικής προστασίας σύμφωνα με την υπ' αριθμό Γ. 2784/68035/04-02-1980 Απόφαση του Υπουργού Δημήτριου Νιάνια τον Φεβρουάριο του 1980, η οποία δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 277Β/20-03-1980. Ο νόμος 3028/2002 (ΦΕΚ 153Α/28-06-2002) απαγορεύει να γίνει στο ακίνητο οποιαδήποτε ενέργεια η οποία δύναται να επιφέρει στο ακίνητο καταστροφή, βλάβη, ή αλλοίωση της μορφής του. Ακόμη, από το 1985 η Σχολή Τυφλών εμπίπτει στο άρθρο 52 του νόμου 5351/1932 (ΦΕΚ 275Α/24-08-1932) που αναφέρει πως η επισκευή ή καθ' οιονδήποτε τρόπο μετασκευή γίνεται μόνο μετά από έγκριση του Υπουργείου Παιδείας με γνωμοδότηση του αρχαιολογικού συμβουλίου.

Παρά τον διατηρητέο χαρακτήρα του κτηρίου, σήμερα παρουσιάζει αρκετά προβλήματα εξωτερικά αλλά και εσωτερικά. Παρατηρούνται αποφλοιώσεις και αποκολλήσεις επιχρισμάτων σε όλες τις όψεις, φθορές των κουφωμάτων και φυτοφυία σε ορισμένα σημεία. Εσωτερικά λόγω υγρασίας και ιδιαίτερα στο ημιυπόγειο έχει δημιουργηθεί αποσάθρωση όλων των δομικών στοιχείων και αποκόλληση των πλακιδίων. Τα δομικά στοιχεία του κτιρίου τόσο από την πυρκαγιά του 1947, όσο και από τον σεισμό του 1978 έχουν επηρεαστεί. Συγκεκριμένα η φέρουσα τοιχοποιία και ο σκελετός από οπλισμένο σκυρόδεμα έχει υποστεί φθορές λόγω ενανθράκωσης και οξείδωσης του οπλισμού.

Προκειμένου να μελετηθεί το κτίριο και να βρεθούν οι βέλτιστες επεμβάσεις που μπορούν να γίνουν, χρησιμοποιήθηκαν δύο λογισμικά το KENAK 7000 και το TEE-KENAK σύμφωνα με τους κανονισμούς και τις οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος.

Στο κτίριο της Σχολής Τυφλών το μεγαλύτερο ποσοστό ενεργειακών απωλειών οφείλονται στη θέρμανση λόγω ελλιπούς θερμομονωτικής προστασίας. Είναι απαραίτητη η τοποθέτηση θερμομόνωσης ώστε να μειωθούν οι θερμικές απώλειες του κτιρίου, κυρίως τον χειμώνα, αλλά και για να εμποδιστεί η υπερθέρμανση του εσωτερικού χώρου κατά τη θερινή περίοδο. Οι πραγματοποιούμενες επεμβάσεις πρέπει να είναι χρηστικές, φιλικές προς το κτίριο και πάντοτε συμβατές με το Νομικό Πλαίσιο που διέπει ένα διατηρητέο μνημείο.

Οι προτεινόμενες επεμβάσεις που μελετώνται περιέχουν:

1. Προσθήκη θερμομόνωσης στα κατακόρυφα και οριζόντια δομικά στοιχεία.
2. Αναβάθμιση των κουφωμάτων.
3. Αλλαγή του συστήματος θέρμανσης.

Λόγω της ιδιομορφίας του κτιρίου και των τεράστιων απωλειών θερμότητας που προκύπτει από την τοιχοποιία, κρίνεται απαραίτητη η προσθήκη εσωτερικής θερμομόνωσης. Ακόμα θερμομόνωση μπορεί να προστεθεί και στις στέγες οι οποίες είναι εντελώς αμόνωτες και δεν επηρεάζεται η όψη του κτιρίου. Εξίσου σημαντικές απώλειες θερμότητας δημιουργούνται και από τα κουφώματα τα οποία όμως δεν μπορούν να αλλαχθούν λόγω του διατηρητέου χαρακτήρα του κτιρίου. Μπορούν ωστόσο να εγκατασταθούν δεύτερα κουφώματα από την εσωτερική πλευρά των παραθύρων. Ακόμη, θα εξεταστεί η αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης με λέβητα, από αντλία θερμότητας υψηλής απόδοσης.

Για τις ανάγκες της μελέτης δημιουργήθηκαν 4 σενάρια. Το σενάριο 0 το οποίο παρουσιάζει την υφιστάμενη κατάσταση, το σενάριο 1, το σενάριο 2 και το σενάριο 3.

Κατά το σενάριο 0 η υφιστάμενη κατάσταση των δομικών στοιχείων του κτιρίου είναι η εξής:

**Πίνακας 4: Συντελεστές θερμοπερατότητας υφιστάμενων δομικών στοιχείων (σύμφωνα με τον πίνακα της TOTEE 20701-1/2017)**

Δομικό Στοιχείο	U (W/m <sup>2</sup> ·K) (πίνακας 3.5β)	U <sub>max</sub> (W/m <sup>2</sup> ·K) (πίνακας 4.5β)
Αργολιθοδομή επιχρισμένη και από τις 2 όψεις σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3.85	0.45
Μπατική Οπτοπλινθοδομή επιχρισμένη και από τις 2 όψεις σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2.2	0.45
Δρομική Οπτοπλινθοδομή επιχρισμένη και από τις 2 όψεις σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	3.05	0.45
Δάπεδο σε επαφή με έδαφος	3.1	0.75
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης ξύλινης στέγης	4.25	0.4

Στο σενάριο 1 γίνεται τοποθέτηση εσωτερικής θερμομόνωσης σε όλους τους εξωτερικούς τοίχους, στα δύο τμήματα της στέγης και του δαπέδου του ημιυπογείου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος. Η χρήση του κτιρίου για τη στέγαση αιθουσών διδασκαλίας αλλά κυρίως ο διατηρητέος χαρακτήρας του κτιρίου που δεν επιτρέπει την αλλοίωση του εξωτερικού κελύφους οδηγούν στην τοποθέτηση εσωτερικής μόνωσης. Τα οφέλη της εσωτερικής σε σχέση με την εξωτερική μόνωση είναι το χαμηλότερο κόστος, οι εργασίες γίνονται ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών και δεν υπάρχει κανένας περιορισμός στα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν. Ως βασικό μονωτικό υλικό επιλέχθηκε ο πετροβάμβακας σε μορφή πλακών.

Για το σενάριο αυτό τα κουφώματα παραμένουν ίδια με την υπάρχουσα κατάσταση, δηλαδή ξύλινες πόρτες και ξύλινα παράθυρα με μονό υαλοπίνακα.

Κατά το σενάριο 1 οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων διαμορφώνονται ως εξής:

**Πίνακας 5: Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων κατά το σενάριο 1 (σύμφωνα με τον πίνακα της TOTEE 20701-1/2017)**

Δομικό Στοιχείο	U (W/m <sup>2</sup> ·K)	U <sub>max</sub>	Πάχος Θερμομόνωσης
Αργολιθοδομή επιχρισμένη και από τις 2 όψεις σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0.305	0.400	0.100
Μπατική Οπτοπλινθοδομή επιχρισμένη και από τις 2 όψεις σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0.310	0.400	0.100
Δρομική Οπτοπλινθοδομή επιχρισμένη και από τις 2 όψεις σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0.314	0.400	0.100
Δάπεδο σε επαφή με έδαφος	0.524	0.650	0.050
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης ξύλινης στέγης	0.319	0.350	0.100

Στο σενάριο 2 γίνεται τοποθέτηση εσωτερικής θερμομόνωσης όπως στο σενάριο 1 και επιπλέον τοποθετούνται νέα ενεργειακά κουφώματα στην εσωτερική πορεία των ανοιγμάτων. Έτσι ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας U των κουφωμάτων από 4 (W/m<sup>2</sup>·K) μειώνεται σε 1,9 (W/m<sup>2</sup>·K).

Στο σενάριο 3 εφαρμόζονται οι επεμβάσεις του σεναρίου 1 και 2 και ακόμη πραγματοποιείται αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης από κεντρική αερόψυκτη αντλία θερμότητας. Η αντλία θερμότητας διαστασιολογείται βάσει των υπόλοιπων επεμβάσεων.

**Πίνακας 6. Αντικατάσταση λέβητα φυσικού αερίου από αντλία θερμότητας.**

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	Β. Απ.* (-)	COP (-)
► 1	Λέβητας	Φυσικό αέριο	420	0.96	1.0
* 2				1	1

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	Β. Απ.* (-)	COP (-)
1	Κεντρική αερόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	92.11	1.0	3.85
►* 2				1	1

Έπειτα από την εισαγωγή όλων των σεναρίων στο λογισμικό TEE-KENAK εξήχθησαν αποτελέσματα για την ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου, την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, την ενεργειακή κατανάλωση και τις εκπομπές CO<sub>2</sub>.

Στην υφιστάμενη κατάσταση το κτίριο κατατάσσεται στην ενεργειακή Κλάση Ε', με κατανάλωση 220.5kWh/m<sup>3</sup>.

Στο κτίριο που εξετάζεται, οι πηγές ενέργειας είναι το φυσικό αέριο και ο ηλεκτρισμός. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ανήκει στο φυσικό αέριο (89%), έναντι του ηλεκτρισμού.

Σε ό,τι αφορά στη συμμετοχή των δύο πηγών ενέργειας στις εκπομπές CO<sub>2</sub>, το φυσικό αέριο κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής (59%).

Στο Σενάριο 1 με τις επεμβάσεις που γίνονται, το κτίριο βελτιώνει την ενεργειακή κατάταξή του σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση από Ε σε Γ.

Οι απαιτήσεις θέρμανσης του Σεναρίου 1 (55,8 kWh/m<sup>2</sup>) είναι μειωμένες στο μισό σε σχέση με το υπάρχον κτίριο (127,4 kWh/m<sup>2</sup>), αλλά παραμένουν σχεδόν 5 φορές μεγαλύτερες από αυτές του κτιρίου αναφοράς (10.3 kWh/m<sup>2</sup>).

Όπως στο υφιστάμενο κτίριο, έτσι και στο 1ο Σενάριο, το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης σε καύσιμα ανήκει στο φυσικό αέριο (79%), έναντι του ηλεκτρισμού. Η συμμετοχή των δύο πηγών ενέργειας στις εκπομπές CO<sub>2</sub>, όμως άλλαξε. Η μείωση των αναγκών θέρμανσης οδήγησε σε μείωση της κατανάλωσης φυσικού αερίου και το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπής CO<sub>2</sub> ανήκει στον ηλεκτρισμό.

Με τις επεμβάσεις που γίνονται στο Σενάριο 2, δηλαδή με την προσθήκη των επιπλέον κουφωμάτων, το κτίριο βελτιώνει την ενεργειακή κατάταξή του σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση από Ε σε Β+.

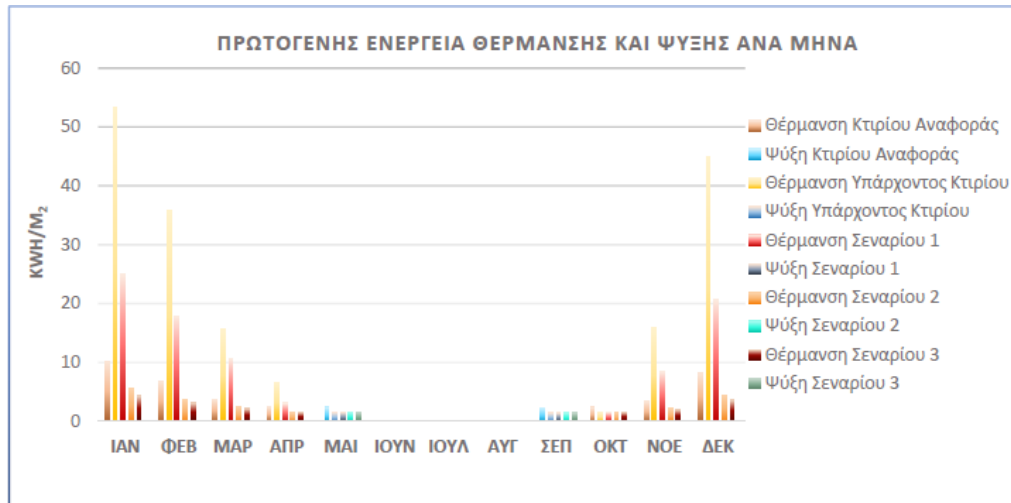
Στο 3<sup>ο</sup> Σενάριο γίνεται εφαρμογή όλων των επεμβάσεων, δηλαδή του σεναρίου 2 με επιπλέον επέμβαση την αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης από αντλία θερμότητας.

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν συγκριτικά τα αποτελέσματα του κάθε σεναρίου.

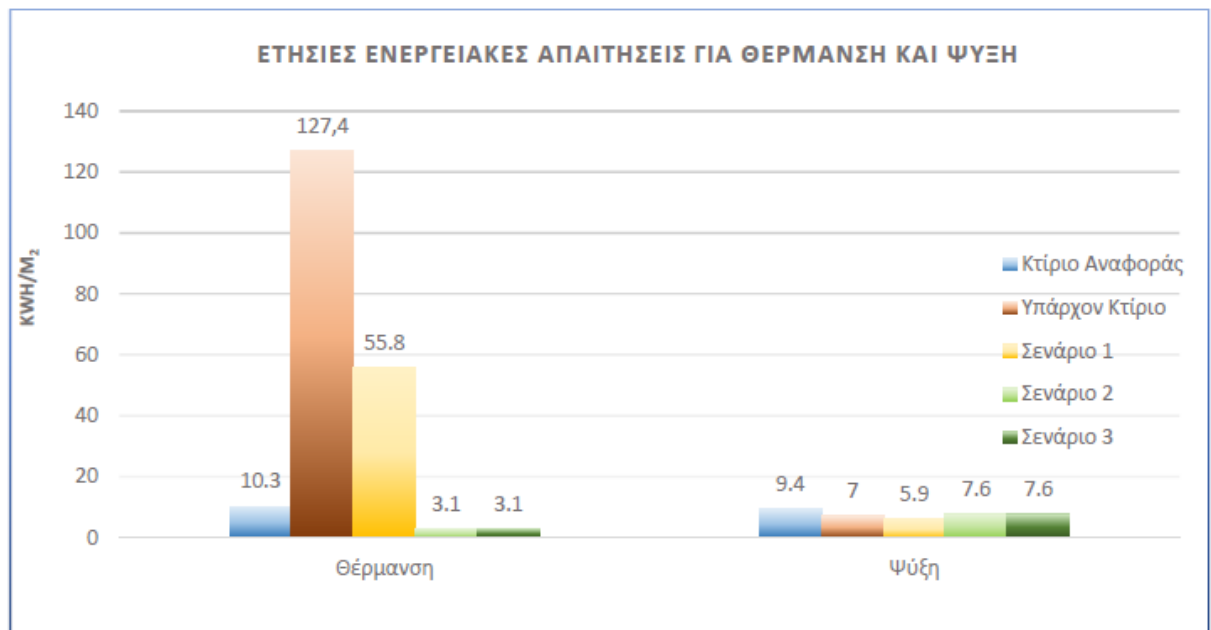
**Πίνακας 7. Πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας σε κάθε σενάριο**

Πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας kWh/m <sup>2</sup>				
Τελική Χρήση	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Θέρμανση	37.1	174	21.8	18.3
Ψύξη	4.6	3.1	3.1	3.1
ΖΝΧ	0	0	0	0
Φωτισμός	69.5	43.4	43.4	43.4
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0	0	0	0
Σύνολο	111.3	220.5	68.3	64.9
Κατάταξη	-	Ε	Β+	Β+

**Σχήμα 50: Πρωτογενής ενέργεια θέρμανσης – ψύξης ανά μήνα για κάθε σενάριο**



Σχήμα 51: Ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη για κάθε σενάριο



Πίνακας 8. Ειδική κατανάλωση καυσίμων για κάθε σενάριο

Κατανάλωση Καυσίμων (kWh/m²)					
Πηγή Ενέργειας	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Ηλεκτρισμός	33.5	21.6	21.6	24	26,6
Πετρέλαιο	19.1				
Φυσικό Αέριο		155.4	73.1	10.4	0
Σύνολο	50.2	175.1	92.9	30.2	26,6

Πίνακας 9. Ετήσιο λειτουργικό κόστος σε κάθε σενάριο



Κόστος	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Ετήσιο Λειτουργικό Κόστος	10140.9	17930.1	11040.6	6329.9	6046.8

Για τον σκοπό της εύρεσης του καλύτερου συνδυασμού επεμβάσεων και επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού προϋπολογισμού και αποτελέσματος δημιουργήθηκε ένας αλγόριθμος. Ο αλγόριθμος αυτός λαμβάνει ως δεδομένα εισόδου λίστες excel με το κόστος κάθε επέμβασης και ο σύνολο του προϋπολογισμού. Έπειτα, το πρόγραμμα υπολογίζει, με τη χρήση αναδρομικής συνάρτησης, όλους τους δυνατούς συνδυασμούς επεμβάσεων. Οι επεμβάσεις ταξινομούνται βάσει κόστους με αύξουσα σειρά. Με τον τρόπο αυτό αυτομάτως παραλείπονται οι επεμβάσεις εκτός προϋπολογισμού.

Η έξοδος του προγράμματος αποτελείται από τους δυνατούς συνδυασμούς επεμβάσεων που μπορούν να πραγματοποιηθούν. Για κάθε συνδυασμό παρουσιάζονται τα ονόματα των επεμβάσεων μαζί με το κόστος της κάθε μίας, καθώς και το συνολικό ποσό του συνδυασμού. Τα αποτελέσματα ταξινομούνται κατά φθίνουσα σειρά με βάση το συνολικό ποσό.

Το κάθε σενάριο δεν αρκεί να μελετηθεί μόνο ενεργειακά αλλά και οικονομικά, τόσο για το κόστος της επέμβασης όσο και για την απόσβεση του κόστους αυτού.

Το συνολικό κόστος του **Σεναρίου 1** που προέκυψε από τον αλγόριθμο ανέρχεται στα **42.587,35€** και περιλαμβάνει την μόνωση του ημιυπογείου, την εσωτερική μόνωση της τοιχοποιίας όλων των ορόφων και την μόνωση της κεραμοσκεπής.

Το συνολικό κόστος του **Σεναρίου 2** που προέκυψε από τον αλγόριθμο ανέρχεται **93.899,75€** και περιλαμβάνει εκτός από τις επεμβάσεις του σεναρίου 1 και την τοποθέτηση νέων κουφωμάτων κόστους 51.312,5€.

Το συνολικό κόστος του **Σεναρίου 3** που προέκυψε από τον αλγόριθμο ανέρχεται **174.211,66€** και περιλαμβάνει εκτός από τις επεμβάσεις του σεναρίου 2 και την τοποθέτηση αντλίας θερμότητας κόστους 80.311,8€.

Με σκοπό την επιλογή της βέλτιστης λύσης συγκρίνονται τα σενάρια βάσει των κριτηρίων της ενεργειακής κατάταξης, της πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας, των ενεργειακών καταναλώσεων, των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και του λειτουργικού κόστους. Ακόμη σε δεύτερη φάση η επιλογή γίνεται και με κριτήριο το κόστος επέμβασης και τον χρόνο απόσβεσης.

Αρχικά, αναφορικά με την ενεργειακή κλάση του κτιρίου, αυτή καθορίζεται από την πρωτογενή ενέργεια κατανάλωσης. Στην υφιστάμενη κατάσταση η ενεργειακή κλάση του κτιρίου είναι Ε', του Σεναρίου 1 είναι Γ', του Σεναρίου 2 B+ και του Σεναρίου 3 B+. Με την εφαρμογή του σεναρίου 2 υπάρχει μεγάλη μείωση στην κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με το σενάριο 1. Αυτό δείχνει πως το σενάριο 1 και η θερμομόνωση από μόνη της δεν αρκεί.

#### Πίνακας 10. Ποσοστό μείωσης πρωτογενούς ενέργειας κατανάλωσης

Ποσοστό μείωσης πρωτογενούς ενέργειας κατανάλωσης σε σχέση με το υπάρχον κτίριο	
Σενάριο 1	39.18%
Σενάριο 2	69.02%
Σενάριο 3	70.57%

Μεταξύ του Σεναρίου 2 και 3 παρατηρείται μικρή διαφορά στην μείωση της πρωτογενή κατανάλωση ενώ από το σενάριο 1 στο σενάριο 2 είναι αισθητή η μείωση. Εφόσον οι ενεργειακές απαιτήσεις οδήγησαν σε ίσα αποτελέσματα για τα Σενάρια 2 και 3, οι ενεργειακές καταναλώσεις είναι αυτές που θα οδηγήσουν σε ασφαλέστερη επιλογή μεταξύ των 2. Από τα παρακάτω προκύπτει ότι το Σενάριο 3 κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης και στις καταναλώσεις.

**Πίνακας 11. Ποσοστό μείωσης ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης σεναρίων**

Ποσοστό μείωσης ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης σε σχέση με το υπάρχον κτίριο	
Σενάριο 1	46.94%
Σενάριο 2	82.75%
Σενάριο 3	87.21%

Τέλος, το λειτουργικό κόστος του κτιρίου μειώνεται σημαντικά από σενάριο σε σενάριο. Η μεγαλύτερη μείωση παρατηρείται και πάλι στο Σενάριο 3, όμως η διαφορά του από το Σενάριο 2 δεν είναι ιδιαίτερα αξιόλογη.

**Πίνακας 12. Ποσοστό μείωσης λειτουργικού κόστους σεναρίων σε σχέση με το υπάρχον κτίριο**

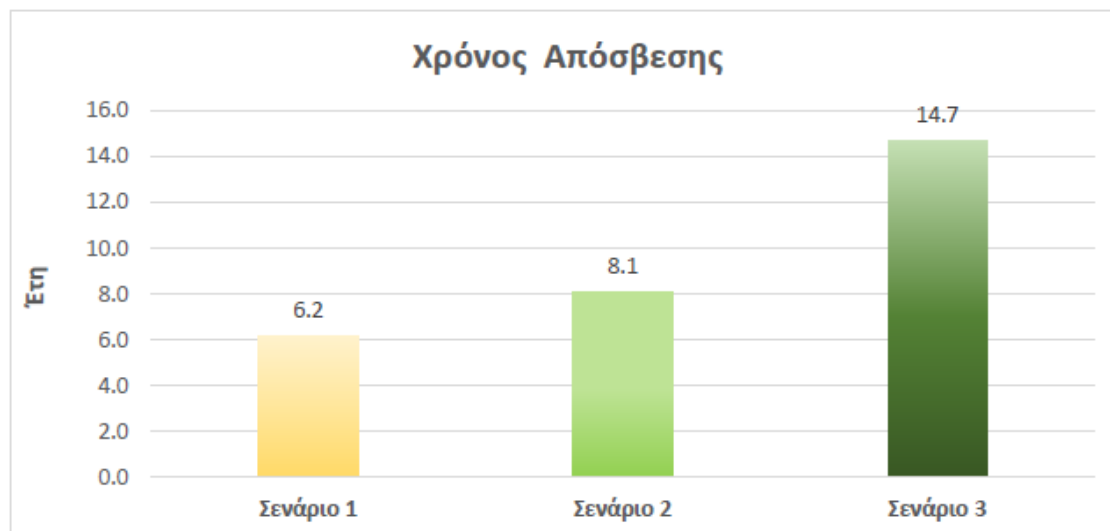
Ποσοστό μείωσης λειτουργικού κόστους σε σχέση με το υπάρχον κτίριο	
Σενάριο 1	38.42%
Σενάριο 2	64.70%
Σενάριο 3	66.28%

Από ενεργειακή άποψη το σενάριο 3 είναι εκείνο που υπερτερεί. Ωστόσο, για την επιλογή πρέπει να υπολογισθεί το κόστος της επένδυσης και ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης του

κάθε σεναρίου. Το Σενάριο 3 είναι με διαφορά το πιο ακριβό με 17421,55€ και ακολουθεί το Σενάριο 2 με 93899,75€ και το Σενάριο 1 με 42587,25€.

Σύμφωνα με την οικονομοτεχνική ανάλυση που εξήχθη από το λογισμικό του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, δημιουργήθηκε το παρακάτω διάγραμμα που παρουσιάζει το χρόνο απόσβεσης κάθε Σεναρίου.

**Σχήμα 52: Χρόνος απόσβεσης σεναρίων**



Με ενεργειακά κριτήρια, η επιλογή του Σεναρίου 3 θα έμοιαζε ιδανική, όμως το κόστος της σε συνδυασμό με τον μεγάλο χρόνο απόσβεσης κάνουν πιο σωστή επιλογή το Σενάριο το οποίο κοστίζει 2 93.899,75€ αντί για 174.211,55€ και όσο αφορά την ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου καταφέρνει εξίσου την ίδια κατηγορία B+.

Εκτός από αυτές τις επεμβάσεις που μελετήθηκαν θα είχε ενδιαφέρον και η περεταίρω μελέτη και άλλων επεμβάσεων όπως η αντικατάσταση των λαμπτήρων και η εγκατάσταση ηλιακού συλλέκτη.

Συμπερασματικά, η φύση του κτιρίου και ο διατηρητέος χαρακτήρας του περιορίζουν σε αρκετά μεγάλο βαθμό τις επεμβάσεις που μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτό και αυξάνουν σημαντικά το κόστος των επεμβάσεων, σε σχέση με την εφαρμογή τους σε ένα συμβατικό κτίριο. Παρ' όλα αυτά, τόσο η σπουδαιότητα της χρήσης του, όσο και η ιστορική του σημασία καθιστούν επιτακτική την ανάγκη το κτίριο να συμβαδίσει με τις ανάγκες της εποχής μας και των χρηστών του.