

Σχέδιο Δράσης της ΠΔΜ για την βελτίωση της Ενεργειακής Απόδοσης των Δημοσίων Κτιρίων

Δρ Κώττας Θεόδωρος, Δρ Στημονιάρης Δημήτριος
Κοιλανίτης Θεόδωρος MSc.

E-mail: {tkottas,dstim} @teiwm.gr

Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών και Έξυπνων Δικτύων

www.sem-lab.gr

Dept. of Dept of Electrical Engineering
Western Macedonia University of Applied Sciences



Western Macedonia University of Applied Sciences
Kozani GR 50100, Greece

Εισαγωγή

- **καταγραφή** των ενεργοβόρων κτιρίων παιδείας της Περιφέρειας (532 σχολικές μονάδες – 476 κτίρια)
- **αποτύπωση** της ενεργειακής κατάστασής τους (με χρήση λογισμικού προσομοίωσης κτιρίων)
- **εναρμόνιση** της Περιφερειακής Πολιτικής για την ενέργεια με τους Κοινοτικούς Κανονισμούς και Οδηγίες
- παρουσίαση ενός **Σχεδίου Δράσης** για την Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας



Οδικός Χάρτης 2050

- **Μείωση** των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 60%-70% έως το 2050 ως προς το 2005
- Σημαντική **μείωση** της κατανάλωσης πετρελαιοειδών
- Ανάπτυξη μονάδων αποκεντρωμένης παραγωγής και **έξυπνων δικτύων**
- Σημαντικά **βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση** για το σύνολο του κτιριακού αποθέματος και μεγάλη διείσδυση των εφαρμογών ΑΠΕ στον κτιριακό τομέα



Στόχοι της ΕΕ στον τομέα της ενέργειας

Στόχοι για το 2020:

- μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά **τουλάχιστον 20%** σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990
- **άντληση του 20%** της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές
- βελτίωση της **ενεργειακής απόδοσης κατά 20%**.



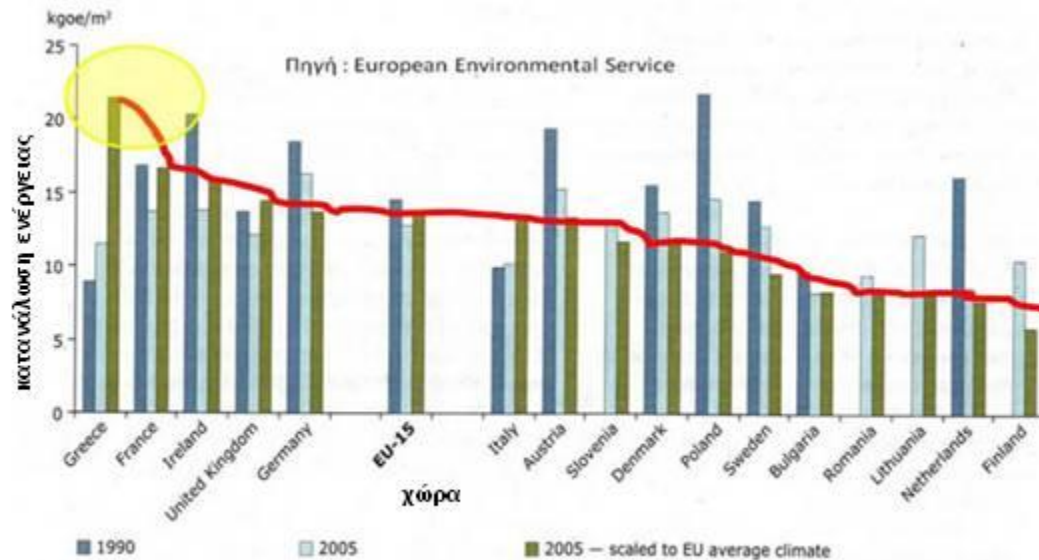
Χαρακτηρισμός του κτιριακού τομέα

Τα ελληνικά δημόσια κτίρια παρουσιάζουν υψηλή ενεργειακή κατανάλωση με αποτέλεσμα:

- την ασφυκτική διόγκωση του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας
- την αύξηση της ενεργειακής ένδειας της χώρας
- Η μεγάλη πλειοψηφία (σχεδόν το 65%) των κτιρίων παιδείας της Περιφέρειας κατασκευάστηκαν πριν το 1980 και δεν είναι θερμομονωμένα, συνεπώς απαιτούν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας για να εξασφαλίσουν τις, με τα σημερινά επίπεδα, αποδεκτές συνθήκες άνεσης το χειμώνα.



Χαρακτηρισμός του κτιριακού τομέα



Πηγή: European Environmental Service, 2005

Κλιματικά ανοιγμένη κατανάλωση ενέργειας νοικοκυριών για θέρμανση στην Ελλάδα και στις λοιπές χώρες της Ε.Ε.

Χαρακτηρισμός του κτιριακού τομέα

Κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας

Τομέας	Κατανάλωση Ενέργειας (MWh/έτος)
Οικιακή χρήση	410.438 (42,1%)
Εμπορική χρήση	270.744 (27,8%)
Βιομηχανική χρήση	112.759 (11,6%)
Γεωργική χρήση	79.196 (8,1%)
Δημόσιες και Δημοτικές αρχές	75.733 (7,8%)
Φωτισμός οδών	26.334 (2,7%)
Σύνολο	975.203 (100%)

Πηγή ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ, 2014

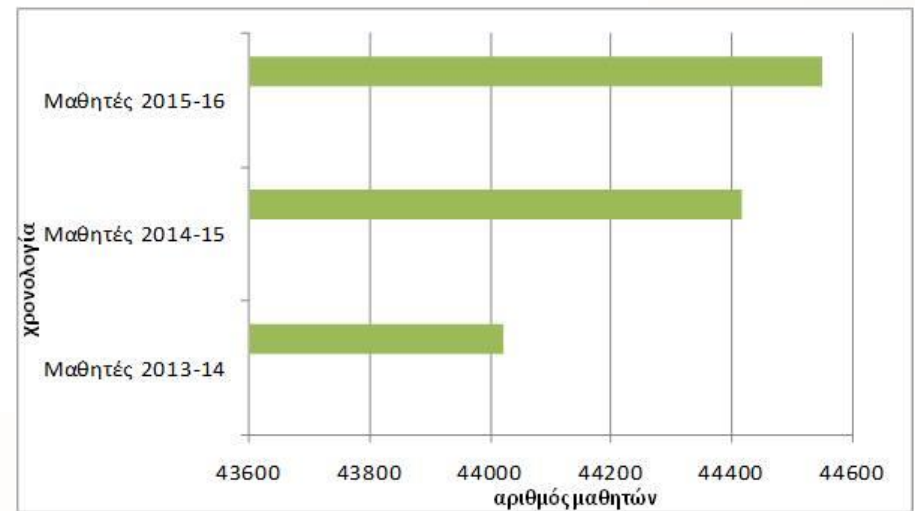
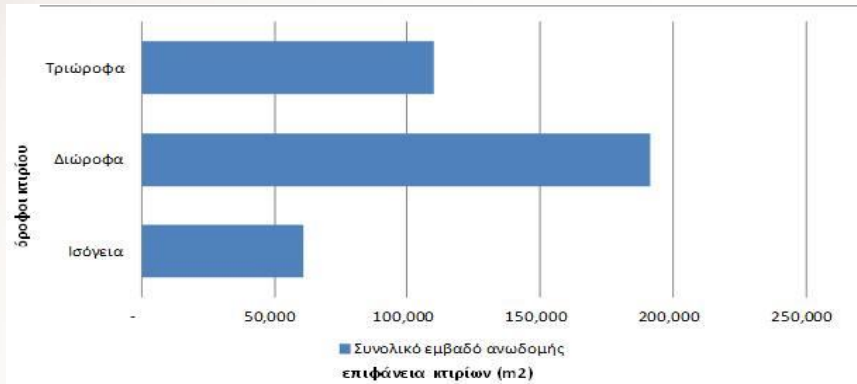


Χαρακτηρισμός του τομέα παιδείας

- Ο συνολικός αριθμός των τετραγωνικών των κτιρίων ανέρχεται σε 362.607,12 m²
- Ο αριθμός των μαθητών ανέρχεται σε 44.500
- Αντιστοιχούν 8,15 m² ανά μαθητή



Χαρακτηρισμός του τομέα παιδείας



Ενεργειακή αποτύπωση κτιρίων παιδείας

- Συντριπτική έλλειψη σχεδίων των κτιρίων
- Δημιουργήθηκε μοντέλο προσομοίωσης εξωτερικών όψεων στηριζόμενο σε δείγμα 55 κτιρίων από τα 476 (ποσοστό 11.6%)
- Αξιοποιήθηκαν στοιχεία από την πλατφόρμα του Υπουργείου Παιδείας “MySchool” στην οποία είναι καταχωρημένα επικαιροποιημένα στοιχεία του συνόλου των σχολικών μονάδων της Χώρας (αριθμός μαθητών, τετραγωνικά χώρων κα)
- Δημιουργήθηκε ηλεκτρονική πλατφόρμα στην οποία, οι χρήστες κλήθηκαν να συμπληρώσουν κατασκευαστικά στοιχεία των σχολικών μονάδων



Ενεργειακή αποτύπωση κτιρίων παιδείας

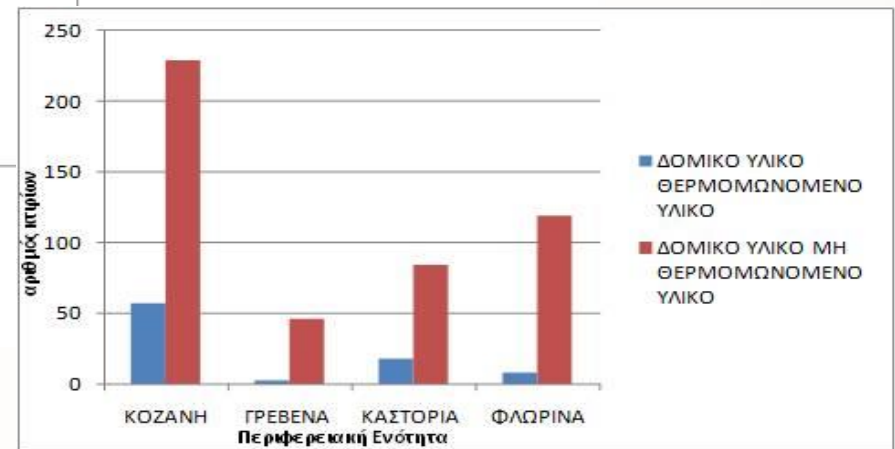
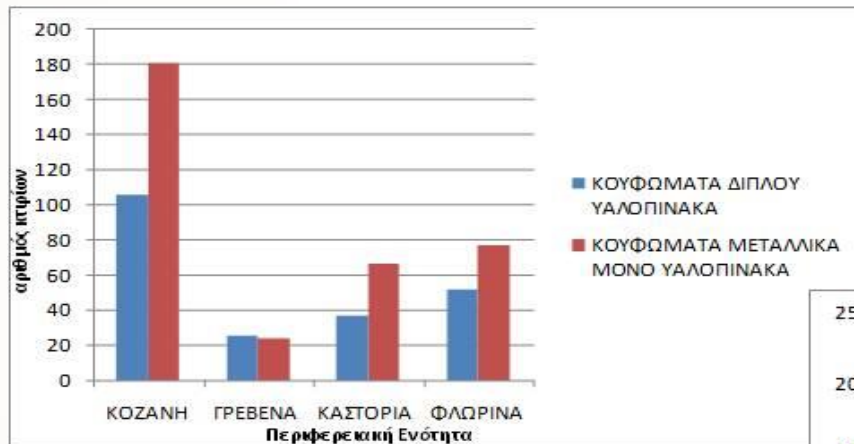
Με βάση την εμπειρία και την πλατφόρμα συλλογής δεδομένων η μελέτη κατέληξε στις παρακάτω κατασκευαστικές παραδοχές έτσι ώστε να προσομοιώσει ενεργειακά το σύνολο των κτιρίων

- Το μοντέλο **ελέγχθηκε** για την ορθότητα εξαγωγής δεδομένων ενεργειακής κατάστασης και κατάταξης σε **67 κτίρια**.
- Η ακρίβεια του μοντέλου άγγιξε το ποσοστό του 85% (**84,73%**) σε σχέση με την πραγματική δομική κατάσταση και ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου

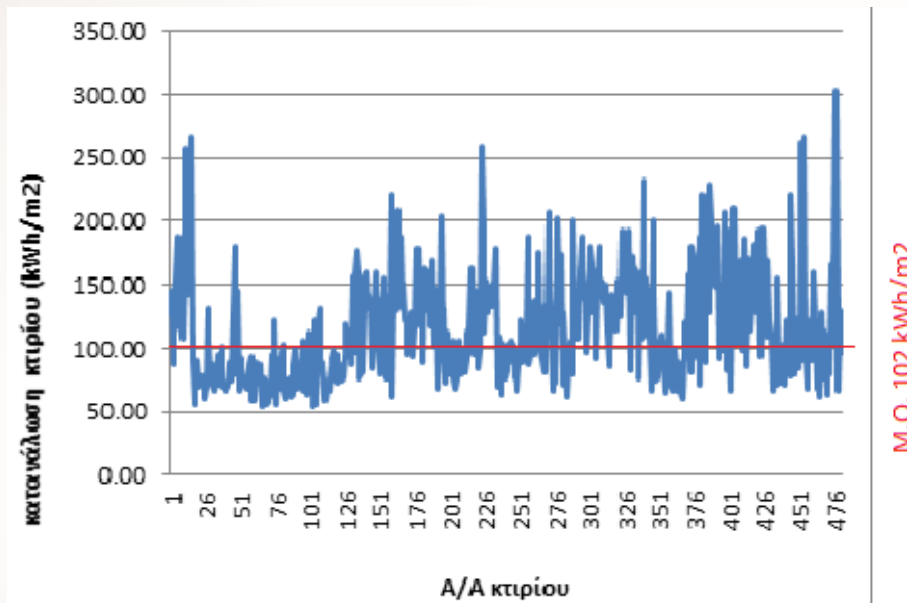


Ενεργειακή αποτύπωση κτιρίων παιδείας

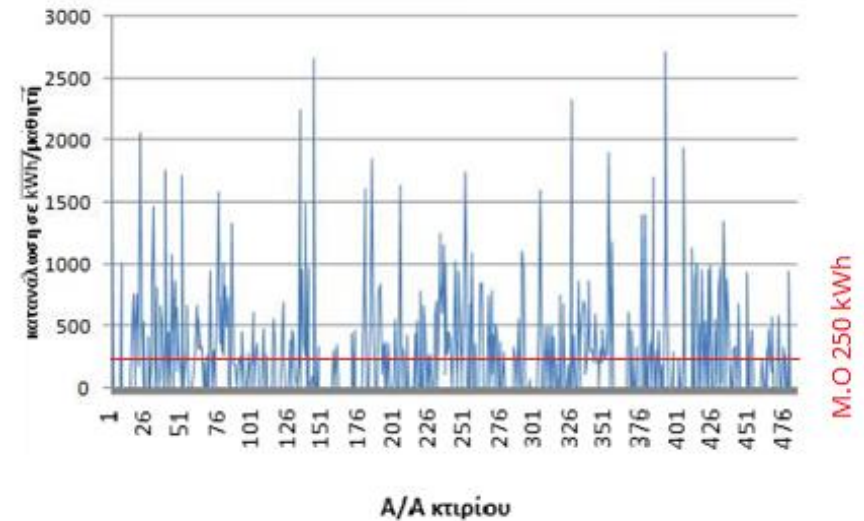
Στο σύνολο τους τα κτίρια καταναλώνουν περίπου 30 GWh/έτος και καταλαμβάνουν ένα μερίδιο περίπου 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Περιφέρεια



Ενεργειακή αποτύπωση κτιρίων παιδείας



kWh/m²

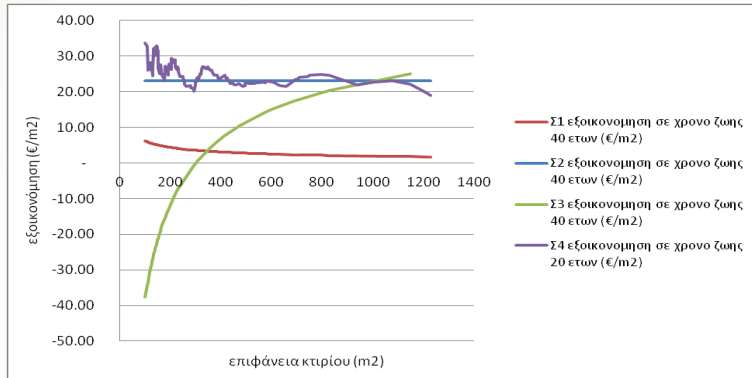


kWh/μαθητή

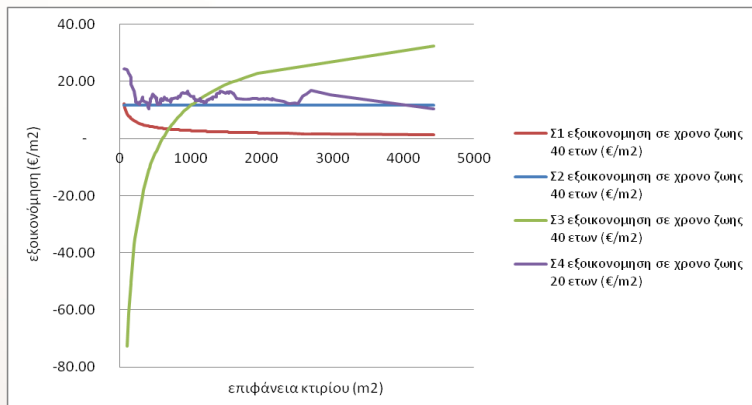


Ενεργειακή απόδοση παρεμβάσεων

Οικονομική απόδοση παρεμβάσεων σε €/m²

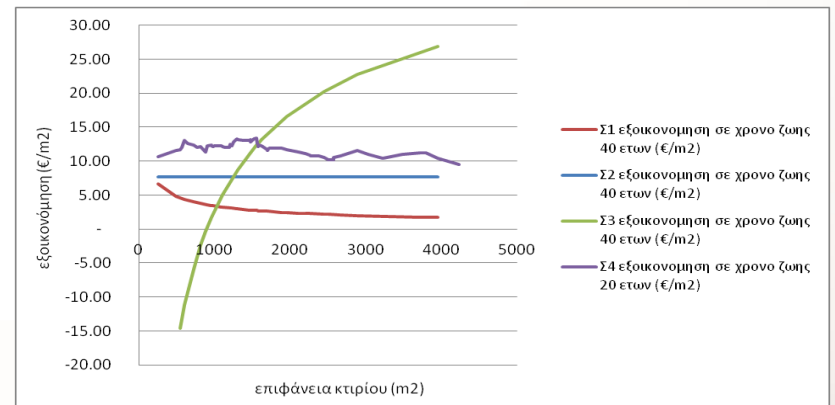


Ισόγεια κτίρια



Δώροφα κτίρια

- **Σ1:** τοποθέτηση μόνωσης κελύφους
- **Σ2:** τοποθέτηση μόνωσης οροφής,
- **Σ3:** τοποθέτηση κουφωμάτων,
- **Σ4:** τοποθέτηση αυτοματισμών θέρμανσης και φωτισμού



Τριώροφα κτίρια

Οι βασικές αρχές της Περιφέρειας

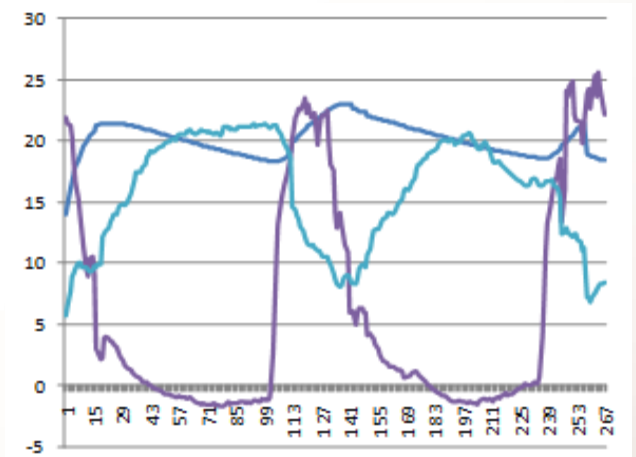
1. Εισαγωγή του όρου «ενεργειακή απαίτηση κτιρίου».

Ο όρος υιοθετήθηκε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας ως δείκτης αποδοτικότητας στα προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης

2. Βελτίωση της απαίτησης σε ενέργεια των κτιρίων μέσω της θωράκισης τους από τις επιρροές που αυτά δέχονται από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην νευραλγική περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας,

3. Βελτίωση της απόδοσης της παρεχόμενης θερμικής ενέργειας και λήψη μέτρων αποφυγής απωλειών της διάθεσης της εντός των κτιρίων, για τον εξορθολογισμό της συμπεριφοράς των κτιρίων απέναντι στην παραγόμενη ενέργεια από οιοδήποτε μέθοδο αυτή παράγεται.

4. Μείωση του κόστους παραγωγής της παραγόμενης θερμικής ενέργειας των κτιρίων μέσω της προώθησης των ΑΠΕ.



Οι στρατηγικοί στόχοι

ΣΣ1: «Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης δημοσίων κτιρίων»

- ΕΣ1: Βελτίωση ενεργειακής απαίτησης υφιστάμενων κτιρίων
(Βελτιωτικά μέτρα για το κέλυφος των υφιστάμενων κτιρίων)
- ΕΣ2: Διείσδυση των ΑΠΕ στην παραγωγή θερμικής ενέργειας

ΣΣ2: «Ενίσχυση της ενεργειακής συνείδησης της κοινωνίας»

- ΕΣ1: Δημιουργία δράσεων Περιβαλλοντικής συνείδησης από τα ΚΠΕ στον τομέα της εκπαίδευσης
- ΕΣ2: Διαδραστικότητα των χρηστών των κτιρίων στην ενεργειακή λειτουργία αυτών
- ΕΣ3: Διαφημιστικά σποτ σε τηλεόραση και εφημερίδες
- ΕΣ4: Ημερίδες ενημέρωσης από Εκπαιδευτικά Ιδρύματα



Δείκτες

	κατανάλωση ενέργειας σε MWh/έτος
	έτος 2020
Ποσοστό μείωσης ετήσιας κατανάλωσης στον τομέα της εκπαίδευσης και υγείας στην Περιφέρεια	15,00%
ποσοστό μείωσης ετήσιας κατανάλωσης στον τομέα των δημοσίων κτιρίων της Περιφέρειας	8,30%
	στόχος παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ (kW)
Σχολικές μονάδες	1800
Κτίρια υγείας	740

Δείκτες αποτελεσμάτων

Δείκτες εκροών

Κόστος επένδυσης €/kWh	1,5
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας ανά αναβαθμισμένο κτίριο	50%
Ενεργειακή εξοικονόμηση ανα m2 (kWh/m2)	51
Δείκτης €/toe	9.000 €
Μείωση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας των Δημοσίων κτιρίων (kWh/έτος)	5.300.000
Εκτιμώμενη ετήσια μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (tCO ₂ ή toe/έτος)	1399



Ιεράρχηση προτεραιοτήτων

ΕΠΠΑΜ 2014-2020

- Με βάση τα στατιστικά στοιχεία που συλλέχθηκαν τα σχολικά κτίρια απαιτούν περί τα 2,8 εκ. € ανά έτος λειτουργίας, ενώ τα κτίρια υγείας περί τα 1 εκ. €.
- Το μεγαλύτερο πρόβλημα εντοπίζεται στην έλλειψη θερμομονωτικής επάρκειας στα κτίρια και στην έλλειψη στοιχείων αυτοματισμού διαχείρισης ενέργειας σε αυτά.

Άξονας προτεραιότητας 1.: «Βελτίωση Ενεργειακής Απόδοσης Δημοσίων Κτιρίων»

Ειδικός Στόχος 1.1.:
«Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης
υφισταμένων κτιρίων»

Προτεραιότητα Α

Δράση 1.1.1.
«Δράσεις Βελτίωσης της
Ενεργειακής Απαίτησης
υφισταμένων κτιρίων»

Δράσεις:
1. Τοποθέτηση μόνωσης οροφής
2. Τοποθέτηση μόνωσης κελύφους
3. Αντικατάσταση κουφωμάτων ή υαλοπινάκων

Προτεραιότητα Β

Δράση 1.1.2.
«Βελτίωση απόδοσης υφισταμένων
συστημάτων παραγωγής και διανομής
θέρμου μέσου»

Δράσεις:
Διαχωρισμός συστημάτων θέρμανση και
φωτισμού αισθουσών με χρήση συστημάτων
Αυτομάτου Ελέγχου

Ειδικός Στόχος 1.2.:
«Διείσδυση των ΑΠΕ στην
παραγωγή θερμικής ενέργειας»

Προτεραιότητα Γ

Δράση 1.2.1.
«Διείσδυση των ΑΠΕ στην θέρμανση
χώρων»

Δράσεις:
1. Τοποθέτηση αντλιών θερμότητας
2. Προώθηση της χρήσης μικρών μονάδων τηλεθέρμανσης



Κόστος Αναβαθμίσεων

Κατά την κοστολόγηση των παρεμβάσεων έτσι ώστε τα κτίρια να τεθούν σε εξοικονόμηση 50% (κατηγορία κτιρίου **B** βάσει ΚΕΝΑΚ) παρατηρήθηκε μία σημαντική διαφορά στην αναλογία κόστους παρεμβάσεων ανά εξοικονομούμενη kWh (€/kWh) ανάμεσα στα κτίρια με τηλεθέρμανση και σε αυτά χωρίς τηλεθέρμανση.

Η αναλογία αυτή ανέρχεται σε **1.5€/kWh για τα κτίρια χωρίς τηλεθέρμανση**

και σε **2,6€/kWh για τα κτίρια με τηλεθέρμανση**

Προτάθηκε και υιοθετήθηκε:

1. Ορίζεται σταθερή τιμή μονάδας για κάθε παρέμβαση μείωσης της ενεργειακής απαίτησης των κτιρίων έτσι ώστε να παραχθεί ο δείκτης οικονομικής απόδοσης για κάθε παρέμβαση.
2. Τα κτίρια σε πρώτη φάση κατατάσσονται σύμφωνα με την **ενεργειακή** τους απόδοση που προκύπτει μετά τις προτεινόμενες παρεμβάσεις, μέσω του δείκτη €/kWh_{πρωτογενούς ενέργειας} και αφορούν στην εξοικονόμηση της απαιτούμενης ενέργειας παραγόμενη από κάθε μορφή.
3. Στην συνέχεια τα κτίρια κατατάσσονται σύμφωνα με την **περιβαλλοντική** τους απόδοση μέσω του δείκτη €/ktoe



Κόστος Αναβαθμίσεων

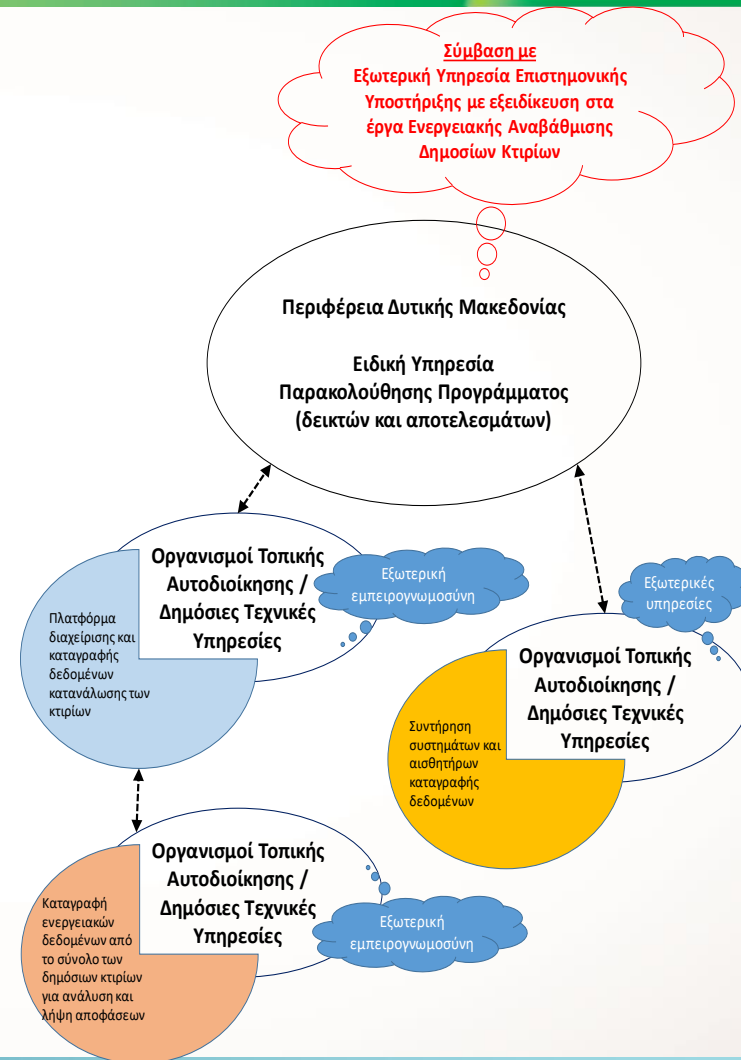
Βασική αιτία δημιουργίας των ανωτέρω προτάσεων είναι:

	Σύνολο Π/Υ	ΕΠΠΑΜ 2014-2020	ΕΠΑΝΕΚ	ΥΜΕΠΕΡΑΑ	ΤΠΑ	Άλλοι πόροι
Συμβατικά κτίρια						
ΕΣ1.1 Βελτίωση ενεργειακής κατανάλωσης υφισταμένων κτιρίων						
Δ 1.1.1 – Δράση βελτίωσης της ενεργειακής απαίτησης υφισταμένων κτιρίων	11.756.027,00€	X	X	X		X
Δ 1.1.2 - Βελτίωση απόδοσης υφιστάμενων συστημάτων παραγωγής θέρμανσης – Τοποθέτηση αυτοματισμών	5.151.000,00€	X	X	X		X
ΕΣ1.2 Διεύθυνση των ΑΠΕ στην παραγωγή θερμικής ενέργειας						
Δ 1.2.1 - Διεύθυνση των ΑΠΕ στη θέρμανση χώρων και ΖΝΧ	5.515.258,00€	X	X	X		X
Κτίρια με τηλεθέρμανση						
ΕΣ1.1 Βελτίωση ενεργειακής κατανάλωσης υφισταμένων κτιρίων						
Δ 1.1.1 - Ενίσχυση κελύφους σε υφιστάμενα κτίρια	6.420.556,00€	X	X	X	X	X
Δ 1.1.2 - Βελτίωση απόδοσης υφιστάμενων συστημάτων παραγωγής θέρμανσης – Τοποθέτηση αυτοματισμών	2.569.500,00€	X	X	X	X	X
Κτίρια Υγείας						
ΕΣ1.1 Βελτίωση ενεργειακής κατανάλωσης υφισταμένων κτιρίων						
Δ 1.1.1 - Ενίσχυση κελύφους σε υφιστάμενα κτίρια	3.257.658,00€	X	X	X		X
Δ 1.2.1 - Βελτίωση απόδοσης υφιστάμενων συστημάτων παραγωγής θέρμανσης – Τοποθέτηση αυτοματισμών	2.786.502,00€	X	X	X		X
ΕΣ1.2 Διεύθυνση των ΑΠΕ στην παραγωγή θερμικής ενέργειας						
Δ 1.2.1 - Διεύθυνση των ΑΠΕ στη θέρμανση χώρων και ΖΝΧ	1.787.384,00€	X	X	X		X
Σύνολο Π/Υ άξονα προτεραιότητας 1:	38.743.886 €	10.000.000,00 €				



Σύστημα Σχεδιασμού

- Προτείνεται ένα Σύστημα Σχεδιασμού, Υλοποίησης Παρακολούθησης και Αξιολόγησης των Παρεμβάσεων για την αποτελεσματική υλοποίηση του σχεδίου
- Σκοπός του διοικητικού συστήματος είναι η **συστηματική και αξιόπιστη παρακολούθηση** της πορείας της **ενεργειακής αναβάθμισης** των κτιρίων που θα βελτιωθούν με την υλοποίηση της συγκεκριμένης δράσης αλλά και η δυνατότητα ένταξης στο σύστημα κάθε δημόσιου κτιρίου που θα αναβαθμίζεται ενεργειακά στο μέλλον

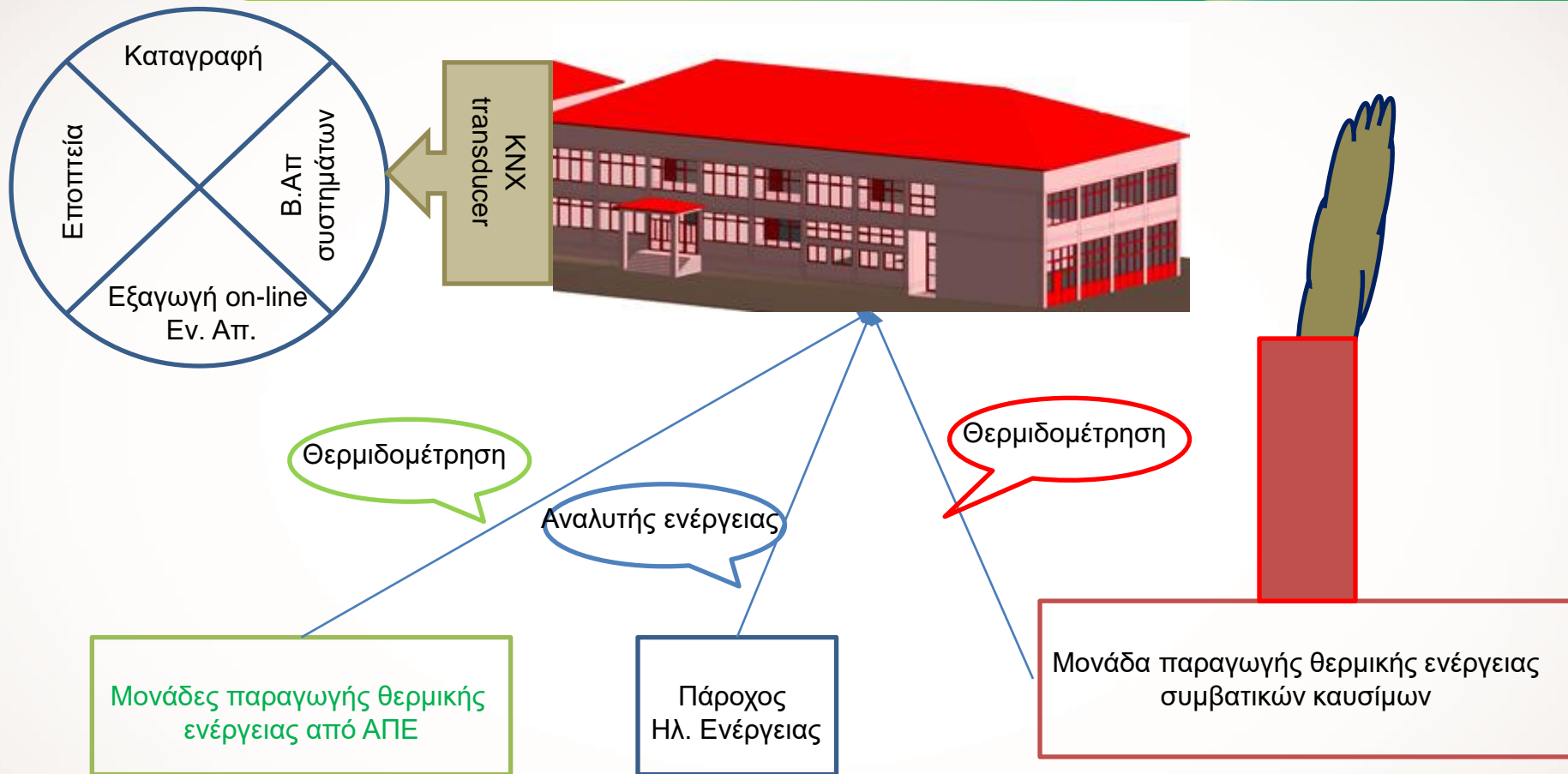


Σύστημα Παρακολούθησης

- Αρωγός στην προσπάθεια των υπηρεσιών θα είναι η τοποθέτηση μηχανολογικών και ηλεκτρονικών συστημάτων παρακολούθησης διαχείρισης και ελέγχου της ενέργειας τόσο της παραγόμενης όσο και της καταναλισκόμενης των κτιρίων που θα ενταχθούν αρχικά στο πρόγραμμα
- Επίσης η ανάπτυξη και εγκατάσταση ηλεκτρονικής πλατφόρμας, για την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, όσο και την οπτικοποίηση της ενεργειακής κατάστασης των κτιρίων και των δικτύων που θα δημιουργηθούν κρίνεται επιβεβλημένη υποδεικνύοντας εάν το κτίριο είναι ενεργειακά:
 - **πράσινο** – λειτουργία με κατανάλωση μικρότερη από το 125%
 - **πορτοκαλί** – λειτουργία με κατανάλωση μικρότερη από το 200% και μεγαλύτερη από το 125%
 - **κόκκινο** – λειτουργία με κατανάλωση μεγαλύτερη από το 200%
- Η πλατφόρμα θα ενημερώνει τον υπεύθυνο διαχειριστή (ενεργειακό μηχανικό, υπεύθυνο ενεργειακής κατανάλωσης) του κτιρίου για τυχόν υπερβάσεις της κατανάλωσης ενέργειας.



Σύστημα Εποπτείας



Ευχαριστώ πολύ



Αλγόριθμος βαθμονόμησης

1. Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης	Εξοικονόμηση ενέργειας (A11) - σε σχέση με το στοιχείο (A), δεν έχει εφαρμοστεί καμία προηγούμενη παρέμβαση	.....(kWh)
	Τετραγωνικά κελύφους (A12)	..... m ²
	Πάχος θερμομόνωσης (A13)	.....cm
	Κόστος σε € (AY11) $AY11 = A12 * (50€ / m^2) * (1 - 0.02 * (10 - A13))$	.....
	Εξοικονόμηση ενέργειας σε € (AY12) $AY12 = X * A11 * H * 40$	.....
	Απόδοση παρέμβασης (Π1) $\Pi1 = \frac{AY12}{AY11}$	.....

1. Τοποθέτηση μόνωσης οροφής	Εξοικονόμηση ενέργειας (A21) - σε σχέση με το στοιχείο (A), δεν έχει εφαρμοστεί καμία προηγούμενη παρέμβαση	.....(kWh)
	Τετραγωνικά μόνωσης οροφής (A22)	..... m ²
	Πάχος θερμομόνωσης (A23)	.....cm
	Κόστος σε € (AY21) $AY21 = A22 * (35€ / m^2) * (1 - 0.02 * (10 - A23))$	.....
	Εξοικονόμηση ενέργειας σε € (AY22) $AY22 = X * A21 * H * 40$	.....
	Απόδοση παρέμβασης (Π2) $\Pi2 = \frac{AY22}{AY21}$	.....

$$M1 = \frac{\Pi1 * AY11 + \Pi2 * AY21 + \Pi3 * AY31}{AY11 + AY21 + AY31} > 1$$

1. Τοποθέτηση κουφωμάτων	Εξοικονόμηση ενέργειας (A31) - σε σχέση με το στοιχείο (A), δεν έχει εφαρμοστεί καμία προηγούμενη παρέμβαση	.....(kWh)
	Τετραγωνικά κουφωμάτων (A32)	..... m ²
	Πάχος υαλοπίνακα (A33)	.....mm
	Κόστος σε € (AY31) $AY31 = A32 * (250€ / m^2) * (1 - 0.05 * (16 - A33))$	.....
	Εξοικονόμηση ενέργειας σε € (AY32) $AY32 = X * A31 * H * 40$	.....
	Απόδοση παρέμβασης (Π3) $\Pi3 = \frac{AY32}{AY31}$	.....

1. Εγκατάσταση συστημάτων αυτομάτου ελέγχου θέρμανσης ή και φωτισμού	Εξοικονόμηση ενέργειας (A41) - σε σχέση με το στοιχείο (A), δεν έχει εφαρμοστεί καμία προηγούμενη παρέμβαση	.....(kWh)
	Χρήση αυτοματισμών στην θέρμανση και στον φωτισμό (A42)	.....
	Κόστος σε € (AY41) $AY41 = B * (20 - 2 * \Delta)$	.....
	Εξοικονόμηση ενέργειας σε € (AY42) $AY42 = X * A41 * H * 20$	.....
	Απόδοση παρέμβασης (Π4) $\Pi4 = 1 + 1 / \left(\frac{AY42}{AY41} \right)$	.....

$$M = \frac{\Pi1 * AY11 + \Pi2 * AY21 + \Pi3 * AY31 + \Pi4 * AY41}{AY11 + AY21 + AY31 + AY41} > 1$$

