



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Δημιουργία ενός διαδικτυακού εργαλείου αξιολόγησης δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στο κτιριακό τομέα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννης Λύρας

Επιβλέπων: Φίλιππος Σερέπας
Αναστάσιος Καραμάνεας



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Δημιουργία ενός διαδικτυακού εργαλείου αξιολόγησης δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στο κτιριακό τομέα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννης Λύρας

Επιβλέπων: Φίλιππος Σερέπας
Αναστάσιος Καραμάνεας

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

Ιωάννης Λύρας

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών ΕΜΠ

Copyright © Ιωάννης Λύρας, 2025

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Η εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα αποτελεί βασικό μοχλό μετριασμού της κλιματικής αλλαγής και μείωσης του ενεργειακού κόστους των νοικοκυριών. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η ανάπτυξη και τεκμηρίωση ενός διαδικτυακού εργαλείου αξιολόγησης δράσεων εξοικονόμησης, προσανατολισμένου στον οικιακό χρήστη. Το εργαλείο επιτρέπει τη διαμόρφωση «βασικού σεναρίου» και πολλαπλών σεναρίων παρεμβάσεων (π.χ. θερμομόνωση, αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης με αντλία θερμότητας, εγκατάσταση φωτοβολταϊκών), την εισαγωγή ελάχιστων αλλά κρίσιμων τεχνικών και οικονομικών παραμέτρων, και τον ποσοτικό υπολογισμό τόσο των ενεργειακών οφελών (kWh) όσο και των οικονομικών δεικτών όπως Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ/NPV), Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR) και Χρόνος Αποπληρωμής (PP). Η εργασία συνοδεύεται από πλήρες εγχειρίδιο χρήσης που καθοδηγεί βήμα-βήμα τον χρήστη (ροή: Κτίριο → Δράσεις → Οικονομικά → Αποτελέσματα) και διασφαλίζει διαφάνεια στις παραδοχές και στους τύπους. Η λειτουργικότητα επιδεικνύεται μέσω μελέτης περίπτωσης πραγματικής κατοικίας, όπου συγκρίνονται εναλλακτικοί συνδυασμοί παρεμβάσεων και εκτελείται ανάλυση ευαισθησίας σε τιμές ενέργειας, αποδόσεις συστημάτων και προεξόφληση. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι συνδυαστικές λύσεις (μείωση ζήτησης + υψηλή απόδοση + αυτοπαραγωγή) είναι οι πιο ανθεκτικές οικονομικά, προσφέροντας ουσιαστική υποστήριξη στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Λέξεις-κλειδιά

Εξοικονόμηση ενέργειας, Κτιριακός τομέας, Οικιακά κτίρια, Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ), IRR, Χρόνος αποπληρωμής, Φωτοβολταϊκά, Αντλία θερμότητας, Θερμομόνωση, Web εφαρμογή, Εγχειρίδιο χρήσης.

Abstract

Energy efficiency in buildings is a key lever for climate-change mitigation and for lowering household energy costs. This thesis presents the design, development and documentation of a web-based decision-support tool that evaluates residential energy-saving actions. The tool enables baseline and intervention scenarios (e.g., insulation, heat-pump replacement, rooftop PV), requires only essential technical and economic inputs, and quantifies both energy savings (kWh) and economic performance using Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Payback Period (PP). A comprehensive User Manual accompanies the platform, guiding users through the workflow (Building → Measures → Economics → Results) with transparent assumptions and formulas. A case study on a real dwelling demonstrates the functionality and includes sensitivity analysis on energy prices, system efficiencies and discount rate. Results indicate that combined solutions (demand reduction + high-efficiency supply + self-generation) provide the most robust outcomes, offering practical support for well-informed investment decisions.

Keywords

Energy efficiency, Residential buildings, Net Present Value (NPV), IRR, Payback, Photovoltaics, Heat pump, Insulation, Web application, User manual.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στους επιβλέποντες καθηγητές μου για την εμπιστοσύνη, την καθοδήγηση και τον χρόνο που αφιέρωσαν σε αυτή τη διπλωματική εργασία. Ευχαριστώ θερμά τους γονείς μου για τη σταθερή στήριξη σε κάθε βήμα και την κοπέλα μου για την υπομονή, την ενθάρρυνση και τη βοήθειά της στις πιο απαιτητικές στιγμές. Η συμβολή όλων υπήρξε καθοριστική για την ολοκλήρωση αυτού του έργου. Η εργασία αφιερώνεται στην κόρη μου, στην κοπέλα μου και στην οικογένειά μου.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	12
1.1 Ευρύτερο πλαίσιο.....	12
1.2 Κίνητρο και πρόβλημα που αντιμετωπίζεται.....	12
1.3 Σκοπός και στόχοι της διπλωματικής.....	12
1.4 Δομή του τόμου.....	13
2. Θεωρητικό Υπόβαθρο και Δεδομένα Αναφοράς.....	14
2.1 Ενεργειακή απόδοση και κτιριακός τομέας.....	14
2.2 Θερμική συμπεριφορά δομικών στοιχείων και συντελεστής θερμοπερατότητας (U)..	14
2.3 Κλιματικές ζώνες και κλιματικά δεδομένα.....	15
2.4 Ηλιακή ακτινοβολία και ρόλος της σε ενεργειακές εφαρμογές.....	15
2.5 Θερμοφυσικές ιδιότητες υλικών και αρχικοποίηση βάσης δεδομένων υλικών στο BEMAT.....	15
2.6 Οικονομική αξιολόγηση παρεμβάσεων.....	17
2.7 Σύνοψη κεφαλαίου.....	17

1. Εισαγωγή

1.1 Ευρύτερο πλαίσιο

Η κλιματική αλλαγή, η αυξημένη αβεβαιότητα στις αγορές ενέργειας και η ανάγκη για ενεργειακή ασφάλεια και προσιτό κόστος καθιστούν επιτακτική την ορθολογική χρήση των ενεργειακών πόρων. Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί μια από τις αποτελεσματικότερες και άμεσα εφαρμόσιμες επιλογές, καθώς κάθε μονάδα ενέργειας που δεν καταναλώνεται οδηγεί σε αντίστοιχη μείωση εκπομπών και δαπανών. Στο πλαίσιο αυτό, ο κτιριακός τομέας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, αφού η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια—ιδίως στον οικιακό τομέα—συνδέεται άμεσα με βασικές ανάγκες, όπως θέρμανση/ψύξη χώρων, ζεστό νερό χρήσης και ηλεκτρικά φορτία.

Παράλληλα, τα νοικοκυριά και οι ιδιοκτήτες κατοικιών βρίσκονται αντιμέτωποι με πληθώρα τεχνικών επιλογών για ενεργειακή αναβάθμιση: θερμομόνωση, αντικατάσταση κουφωμάτων, αναβάθμιση συστημάτων θέρμανσης/ψύξης (π.χ. αντλίες θερμότητας), βελτιώσεις στον φωτισμό, καθώς και εγκατάσταση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά. Κάθε παρέμβαση έχει διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά, κόστος, ωφέλιμη διάρκεια ζωής και επίπεδο αβεβαιότητας. Επομένως, η επιλογή των κατάλληλων μέτρων δεν είναι προφανής και απαιτεί τεκμηριωμένη αξιολόγηση τόσο της ενεργειακής επίδρασης όσο και του οικονομικού αποτελέσματος.

1.2 Κίνητρο και πρόβλημα που αντιμετωπίζεται

Στην πράξη, η λήψη απόφασης για ενεργειακές παρεμβάσεις συχνά δυσκολεύεται από δύο βασικούς παράγοντες. Πρώτον, η πληροφορία που αφορά την ενεργειακή απόδοση, τα κόστη και τα οφέλη είναι συνήθως διάσπαρτη ή παρουσιάζεται με μη συγκρίσιμο τρόπο. Δεύτερον, ακόμη και όταν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα, η σύνδεση μεταξύ τεχνικών επιλογών (π.χ. πάχος μόνωσης, συντελεστής θερμοπερατότητας, απόδοση συστήματος) και οικονομικών δεικτών (π.χ. καθαρή παρούσα αξία, χρόνος αποπληρωμής) δεν είναι εύκολη για τον μη ειδικό. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει ανάγκη για εργαλεία που να μετατρέπουν με συστηματικό και διαφανή τρόπο τα δεδομένα εισόδου σε μετρήσιμα αποτελέσματα και να επιτρέπουν τη σύγκριση εναλλακτικών σεναρίων.

1.3 Σκοπός και στόχοι της διπλωματικής

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός διαδικτυακού εργαλείου (BEMAT) που υποστηρίζει την αξιολόγηση δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στον οικιακό κτιριακό τομέα, τόσο ενεργειακά όσο και οικονομικά. Το εργαλείο επιτρέπει στον χρήστη να καταχωρήσει

βασικά στοιχεία του κτιρίου και να εξετάσει διαφορετικές παρεμβάσεις, εκτιμώντας την επίδρασή τους σε επίπεδο κατανάλωσης ενέργειας και χρηματικού οφέλους. Παράλληλα, πραγματοποιείται οικονομική αξιολόγηση με χρήση καθιερωμένων δεικτών (όπως η Καθαρή Παρούσα Αξία και ο χρόνος αποπληρωμής), ώστε ο χρήστης να μπορεί να συγκρίνει ρεαλιστικά εναλλακτικές επενδύσεις.

Οι επιμέρους στόχοι της εργασίας συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Σχεδιασμός και υλοποίηση μιας διαδικτυακής πλατφόρμας με δομημένη ροή εισαγωγής δεδομένων κτιρίου.
- Υποστήριξη ενός συνόλου τυπικών παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας για κατοικίες.
- Υπολογισμός ενεργειακής εξοικονόμησης και οικονομικών δεικτών για κάθε σενάριο.
- Παρουσίαση των αποτελεσμάτων με τρόπο που διευκολύνει τη σύγκριση και την ιεράρχηση των σεναρίων.
- Εφαρμογή του εργαλείου σε πραγματική κατοικία, με ανάλυση και ερμηνεία αποτελεσμάτων.

1.4 Δομή του τόμου

Ο τόμος οργανώνεται σε έξι κεφάλαια, ώστε να καλύπτεται τόσο το θεωρητικό πλαίσιο όσο και η πρακτική υλοποίηση και αξιολόγηση του εργαλείου:

- **Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή:** Παρουσιάζεται το ευρύτερο πλαίσιο, το κίνητρο της εργασίας, ο σκοπός και οι στόχοι, καθώς και η δομή του τόμου.
- **Κεφάλαιο 2 – Ανάλυση πτυχών του πλαισίου:** Αναλύονται βασικές έννοιες ενεργειακής απόδοσης και χαρακτηριστικά του κτιριακού τομέα, καθώς και τεχνολογικές επιλογές που σχετίζονται με την ανάπτυξη λογισμικού (π.χ. τεχνολογίες, αρχές σχεδιασμού).
- **Κεφάλαιο 3 – Παρουσίαση της πλατφόρμας:** Περιγράφονται αναλυτικά οι λειτουργίες του εργαλείου, η ροή χρήσης και βασικά στοιχεία υλοποίησης του frontend και του backend.
- **Κεφάλαιο 4 – Μελέτη περίπτωσης:** Παρουσιάζεται μια πραγματική εφαρμογή του εργαλείου σε κατοικία επιλογής, με καταχώριση δεδομένων, εκτέλεση σεναρίων και ανάλυση των αποτελεσμάτων.
- **Κεφάλαιο 5 – Συμπεράσματα:** Συνοψίζονται τα κύρια συμπεράσματα, αξιολογείται η χρησιμότητα του εργαλείου και αναφέρονται περιορισμοί και προτάσεις μελλοντικής επέκτασης.
- **Κεφάλαιο 6 – Επίλογος:** Παρέχεται συνοπτικός απολογισμός της εργασίας και τοποθέτηση της συμβολής της στο ευρύτερο πλαίσιο ενεργειακής μετάβασης.

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο και Δεδομένα Αναφοράς

2.1 Ενεργειακή απόδοση και κτιριακός τομέας

Η ενεργειακή απόδοση στον κτιριακό τομέα συνδέεται άμεσα με τη μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για την παροχή ίδιων ή βελτιωμένων ενεργειακών υπηρεσιών (θερμική άνεση, ζεστό νερό χρήσης, φωτισμός και λοιπά ηλεκτρικά φορτία). Ιδιαίτερα στα κτίρια κατοικίας, η ζήτηση ενέργειας επηρεάζεται σημαντικά από τα θερμικά χαρακτηριστικά του κελύφους, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, την αποδοτικότητα των συστημάτων θέρμανσης/ψύξης και τις συνήθειες χρήσης.

2.2 Θερμική συμπεριφορά δομικών στοιχείων και συντελεστής θερμοπερατότητας (U)

Κεντρική ποσότητα στην εκτίμηση θερμικών απωλειών/κερδών μέσω του κελύφους είναι ο **συντελεστής θερμοπερατότητας** U $W/(m^2 \cdot K)$, ο οποίος εκφράζει το ρυθμό μετάδοσης θερμότητας ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα θερμοκρασιακής διαφοράς.

Για ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, ο U υπολογίζεται ως το αντίστροφο της συνολικής θερμικής αντίστασης. Σε μορφή που χρησιμοποιείται ευρέως σε τεχνικές οδηγίες, ισχύει:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{al} + R_a} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

όπου:

- d [m]: Το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου
- λ [$W/(m^2 \cdot K)$]: Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης
- d/λ : η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η συγκεκριμένη στρώση (αντίσταση θερμοδιαφυγής)
- R_{al} [$m^2 \cdot K/W$]: Η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου

- R_i [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$], R_a [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]: Η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό και εξωτερικό χώρο, αντίστοιχα, προς το δομικό στοιχείο

Οι επιφανειακές αντιστάσεις (π.χ. για τοίχους/οροφές) λαμβάνονται από οδηγούς/τεχνικές προδιαγραφές και αποτελούν σημαντική παράμετρο ώστε ο υπολογισμός να είναι συμβατός με καθιερωμένες πρακτικές.

https://helios.ntua.gr/pluginfile.php/2027/course/section/4782/%CE%94%CE%95%CE%A0%CE%A0_KENAK.pdf?time=1765032453204

https://helios.ntua.gr/pluginfile.php/2027/course/section/4782/%CE%94%CE%95%CE%A0%CE%A0_KENAK.pdf?time=1765032453204

2.3 Κλιματικές ζώνες και κλιματικά δεδομένα

Η ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου εξαρτάται έντονα από το τοπικό κλίμα. Για την Ελλάδα, χρησιμοποιείται ευρέως η ταξινόμηση σε **κλιματικές ζώνες** και η χρήση τυπικών κλιματικών παραμέτρων (θερμοκρασίες αναφοράς, βαθμοημέρες, κ.λπ.) στο πλαίσιο τεχνικών οδηγιών και μελετών ενεργειακής απόδοσης. Τα αντίστοιχα δεδομένα και πίνακες (π.χ. θερμοκρασίες για υπολογισμούς) περιλαμβάνονται στην TOTEE 20701-3. Tee Portal

<https://portal.tee.gr/portal/page/portal/tpree/totee/TOTEE-20701-3-Final-TEE%203nd%20Edition.pdf>

Στο BEMAT, η πληροφορία αυτή αξιοποιείται ως υπόβαθρο για την εκτίμηση θερμικών απωλειών/κερδών (σε επίπεδο σεναρίων), με στόχο ο χρήστης να συγκρίνει παρεμβάσεις σε ένα συνεκτικό πλαίσιο παραδοχών.

2.4 Ηλιακή ακτινοβολία και ρόλος της σε ενεργειακές εφαρμογές

Για σενάρια που σχετίζονται με φωτοβολταϊκά ή/και με την επίδραση της ηλιακής συνιστώσας σε ενεργειακές ροές, η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί καθοριστική είσοδο. Σε τεχνικά κείμενα/παραρτήματα κλιματικών δεδομένων χρησιμοποιούνται τυπικές τιμές/πίνακες για την ελληνική επικράτεια (μέσες τιμές, ανά περιοχή/ζώνη ή ανά μήνα). Στην παρούσα εργασία, οι παραδοχές ηλιακής ακτινοβολίας τεκμηριώνονται μέσω του αντίστοιχου υλικού κλιματικών δεδομένων που χρησιμοποιείται στο πλαίσιο TOTEE.

<https://portal.tee.gr/portal/page/portal/tpree/totee/TOTEE-20701-3-Final-TEE%203nd%20Edition.pdf>

2.5 Θερμοφυσικές ιδιότητες υλικών και αρχικοποίηση βάσης δεδομένων υλικών στο BEMAT

Για να υποστηριχθούν υπολογισμοί τύπου U και να υλοποιηθούν σενάρια θερμομόνωσης (τοιχοποιίας/οροφής), το BEMAT ενσωματώνει μια αρχική λίστα δομικών υλικών με τις τιμές λ . Οι τιμές προέρχονται από τεχνικές οδηγίες και πίνακες θερμοφυσικών ιδιοτήτων, με σκοπό να αποτελέσουν λειτουργική αρχικοποίηση της εφαρμογής και να είναι επεκτάσιμες (προσθήκη νέων υλικών/ενημέρωση τιμών).

https://helios.ntua.gr/pluginfile.php/2027/course/section/4782/%CE%94%CE%95%CE%A0%CE%A0_KENAK.pdf?time=1765032453204
https://www.kalivis.gr/uploads/20161019article_H_Shmasia_Tis_Thermomonosis_Ton_Ktirion/ODI_GOS%20THERMOMONOSIS%20KTIRION_DEC2007.pdf

Πίνακας 2.1: Ενδεικτικές τιμές θερμικής αγωγιμότητας λ για υλικά που χρησιμοποιούνται στο BEMAT

Κατηγορία	Υλικό	λ (W/m·K)
Τοιχοποιία	Τούβλο	0.727
Τοιχοποιία	Γυψοσανίδα	0.42
Τοιχοποιία	Πέτρα	0.87
Σκυρόδεμα	Οπλισματό Σκυρόδεμα	1.731
Σκυρόδεμα	Απλό Σκυρόδεμα	2.10
Σκυρόδεμα	Γαρμπιλοσκυρόδεμα	0.64
Επιχρίσματα	Ασβεστοκονίαμα	0.87
Επιχρίσματα	Γύψος	0.43
Μονωτικά υλικά	Υαλοβάμβακας	0.045
Μονωτικά υλικά	Πολυουρεθάνη	0.031
Μονωτικά υλικά	Πετροβάμβακας	0.044
Μονωτικά υλικά	Διογκωμένη Πολυστερίνη	0.035
Μονωτικά υλικά	Εξηλασμένη Πολυστερίνη	0.033
Πετρώματα	Γρανίτης	3.50
Πετρώματα	Μάρμαρο	3.50
Μέταλλα	Χάλυβας	1.80
Μέταλλα	Αλουμίνιο	200.00
Μέταλλα	Χαλκός	372.00
Υλικά δαπέδων	Άμμος	0.33

Υλικά δαπέδων	Άσφαλτος	0.74
Υλικά δαπέδων	Γυαλί	1.00
Υλικά οροφής	Κεραμίδια	0.7

2.6 Οικονομική αξιολόγηση σεναρίων

Η ενεργειακή εξοικονόμηση ενός σεναρίου δεν αρκεί από μόνη της για τη λήψη απόφασης: απαιτείται και οικονομική αξιολόγηση σε όρους παρούσας αξίας. Στην παρούσα εργασία, υιοθετούνται κλασικοί δείκτες αξιολόγησης επενδύσεων:

- **Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ/NPV):** διαφορά μεταξύ προεξοφλημένων οφελών και κόστους επένδυσης. Θετική ΚΠΑ υποδηλώνει οικονομικά συμφέρουσα επένδυση υπό τις συγκεκριμένες παραδοχές.
- **Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR):** το επιτόκιο προεξόφλησης που μηδενίζει την ΚΠΑ.
- **Περίοδος αποπληρωμής** (απλή ή/και προεξοφλημένη): χρόνος που απαιτείται ώστε τα σωρευτικά οφέλη να καλύψουν το αρχικό κόστος.

Οι παραπάνω δείκτες χρησιμοποιούνται ευρέως σε αξιολογήσεις ενεργειακών επενδύσεων και παρουσιάζονται συστηματικά σε τεχνικούς οδηγούς/εργαλεία ανάλυσης.

Στο BEMAT, οι δείκτες αυτοί υπολογίζονται ανά σενάριο με βάση:

- αρχικό κόστος επένδυσης,
- ωφέλιμη διάρκεια ζωής,
- ετήσια οικονομικά οφέλη (π.χ. από μείωση κατανάλωσης kWh και τιμή ενέργειας),
- ετήσια λειτουργικά/συντηρήσεις όπου εφαρμόζεται,
- επιτόκιο αναγωγής (προεξόφλησης).

2.7 Σύνοψη κεφαλαίου

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάστηκε το θεωρητικό πλαίσιο που απαιτείται για την κατανόηση των υπολογισμών του BEMAT: ο συντελεστής θερμοπερατότητας U και οι συνιστώσες του, η σημασία των κλιματικών δεδομένων (κλιματικές ζώνες/θερμοκρασίες), η χρήση ενδεικτικών θερμοφυσικών ιδιοτήτων υλικών και, τέλος, οι βασικοί οικονομικοί δείκτες (ΚΠΑ/IRR/αποπληρωμή). Τα παραπάνω αποτελούν το υπόβαθρο πάνω στο οποίο στηρίζεται η ανάλυση σεναρίων και η παρουσίαση αποτελεσμάτων στα επόμενα κεφάλαια.