

# ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΛΗΨΕΩΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

## EUROPEAN METHODOLOGIES AND DECISION MAKING SOFTWARE TOOLS FOR THE ASSESSMENT OF BUILDING REFURBISHMENT STRATEGIES

**Κ. ΜΠΑΛΑΡΑΣ**  
**Ε. ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ**  
**Π. ΔΡΟΥΤΣΑ**  
**Σ. ΚΟΝΤΟΓΙΑΝΝΙΔΗΣ**

Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται νέες μεθοδολογίες λήψης αποφάσεων για την ανακαίνιση κτιρίων και τα σχετικά λογισμικά που έχουν αναπτυχθεί πρόσφατα στο πλαίσιο ευρωπαϊκών προγραμμάτων. Στις μεθοδολογίες αυτές η αξιολόγηση στρατηγικών επέμβασης γίνεται με έμφαση στην εκμετάλλευση δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας και τη βελτίωση της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος. Τα πακέτα EPIQR και INVESTIMMO αναφέρονται σε κατοικίες, ενώ τα TOBUS και XENIOS σε γραφεία και ξενοδοχεία αντίστοιχα.

### ABSTRACT

This paper presents an overview of a new generation of decision-aid tools for selecting building refurbishment strategies. The related methodologies are based on the deterioration of the building and its installations, functional obsolescence of the

building services, related cost and financial aspects, taking account of the potential for energy conservation and the improvement of indoor environmental quality. The tools have been prepared within the framework of several European projects. EPIQR and INVESTIMMO are for residential buildings TOBUS and XENIOS are for office and hotel buildings respectively.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

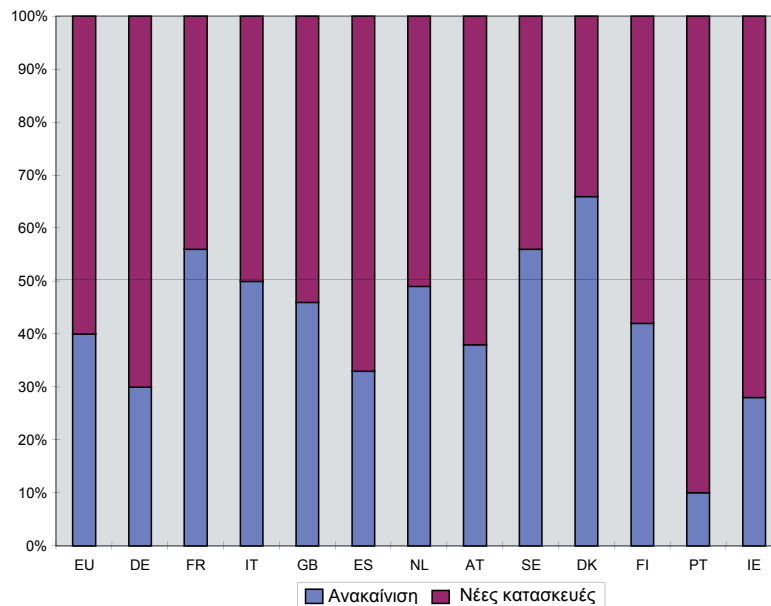
Ο κτιριακός τομέας καταναλώνει 30-40% της συνολικής ενέργειας που παράγεται στην Ευρώπη σήμερα, ενώ ευθύνεται για το 40-45% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Κατά τα τελευταία χρόνια η αυξημένη ευαισθητοποίηση σε θέματα σχετικά με το περιβάλλον έχει οδηγήσει σε ενεργειακά αποδοτικές και φιλικές προς το περιβάλλον κατασκευές κτιρίων. Παρ' όλα αυτά, τα νεόκτιστα κτίρια αποτελούν ένα μικρό ποσοστό του συνόλου των κτιρίων στην Ευρώπη. Συνεπώς, η ουσιαστική συμβολή στην προστασία του περιβάλλοντος και τη διατήρηση των ενεργειακών πόρων προέρχεται από επεμβάσεις σε υπάρχοντα κτίρια.

Κατά τη δεκαετία 1980-1990 η ανακαίνιση υπαρχόντων κτιρίων απέκτησε μεγάλο ενδιαφέρον. Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας ο ρυθμός κατασκευής νέων κτιρίων είναι ισοδύναμος με το ρυθμό ανακαίνισης παλαιών (Σχήμα 1).

Επεμβάσεις με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, τη βελτιστοποίηση της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος και την ελάττωση της συμβολής του κτιρίου στη ρύπανση του περιβάλλοντος μπορούν να ενσωματωθούν στο γενικότερο πλάνο ανακαίνισης ενός κτιρίου. Η σύγκριση του κόστους και των επιμέρους επιπτώσεων από την εφαρμογή των παραπάνω επεμβάσεων με το συνολικό κόστος της ανακαίνισης αποτελεί ένα πολύ σημαντικό βήμα στη διαδικασία θέσεως προτεραιοτήτων στην αντίστοιχη επένδυση.

Μια νέα γενιά μεθοδολογιών και λογισμικών αναπτύσσεται τα τελευταία χρόνια μέσα από Κοινοτικά προγράμματα με στόχο τη διευκόλυνση της πρώτης εκτίμησης για την υπάρχουσα κατάσταση στο κτίριο και το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Παράλληλα, οι νέες μεθοδολογίες παρέχουν τη δυνατότητα υπολογισμού του συνολικού κόστους για συνδυασμούς επεμβάσεων στο κτίριο. Οι συνδυασμοί περιλαμβάνουν μέτρα βελτίωσης του κτιρίου τόσο από άποψη αισθητικής, όσο και από άποψη ενεργειακής συμπεριφοράς

και περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία του. Στην παρούσα εργασία γίνεται μία συνοπτική περιγραφή των παραπάνω μεθοδολογιών.



**Σχήμα 1:** Ποσοστά ανακαινιζόμενων και νεόκτιστων κτιρίων στις χώρες της Ευρώπης

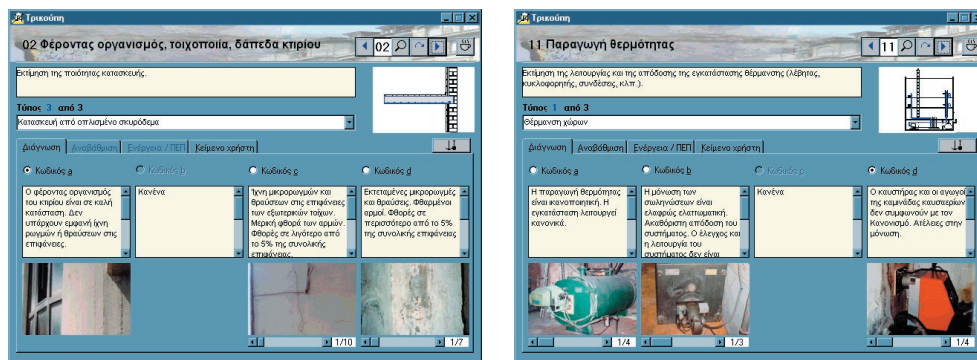
## 2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ

Οι μεθοδολογίες που παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους στηρίζονται στη μεθοδολογία EPIQR, η οποία αναπτύχθηκε για κατοικίες. Οι μεθοδολογίες TOBUS και XENIOS είναι προσαρμοσμένες σε κτίρια γραφείων και ξενοδοχείων αντίστοιχα. Η μεθοδολογία INVESTIMMO επεκτείνει τη μεθοδολογία EPIQR ενσωματώνοντας κοινωνικές, πολιτιστικές και οικονομικές παραμέτρους στα κριτήρια επιλογής ενός επενδυτικού προγράμματος για ανακαίνιση κατοικιών.

### 2.1. Η μεθοδολογία EPIQR (energy performance and indoor environmental quality retrofit)

Η μεθοδολογία EPIQR και το αντίστοιχο λογισμικό απευθύνονται σε αρχιτέκτονες, μηχανικούς και άλλους επαγγελματίες που ασχολούνται με την ανακαίνιση κτιρίων κατοικιών [1]. Σύμφωνα με τη μεθοδολογία γίνεται καταμερισμός του κτιρίου σε διακριτά στοιχεία (elements) όπως: φέρων σκελετός, ανοίγματα, τελειώματα προσόψεων, οροφή, σύστημα θέρμανσης και ψύξης, ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις κ.ά. Κάθε στοιχείο περιλαμβάνει διαφορετικούς τύπους (types). Κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης ενός δεδομένου κτιρίου γίνεται διάγνωση του βαθμού φθοράς για κάθε στοιχείο και τύπο. Η

διάγνωση για την υπάρχουσα κατάσταση γίνεται αποδίδοντας έναν κωδικό a, b, c ή ' , που χαρακτηρίζει την κατάσταση στην οποία βρίσκεται σε κάθε στοιχείο και τύπο. Για τη διευκόλυνση του χρήστη στον παραπάνω χαρακτηρισμό το λογισμικό EPIQR είναι εφοδιασμένο με περίπου 500 φωτογραφίες, σχήματα και κείμενα, όπου γίνεται λεπτομερής περιγραφή των καταστάσεων που αντιστοιχούν στους τέσσερις κωδικούς. Για κάθε κωδικό το λογισμικό [2] παρέχει την περιγραφή της αντίστοιχης φθοράς, τις απαραίτητες εργασίες και κόστος για επισκευή ή πιθανή αναβάθμιση, καθώς και τις σχετικές οδηγίες και κανονισμούς σε εθνικό επίπεδο.

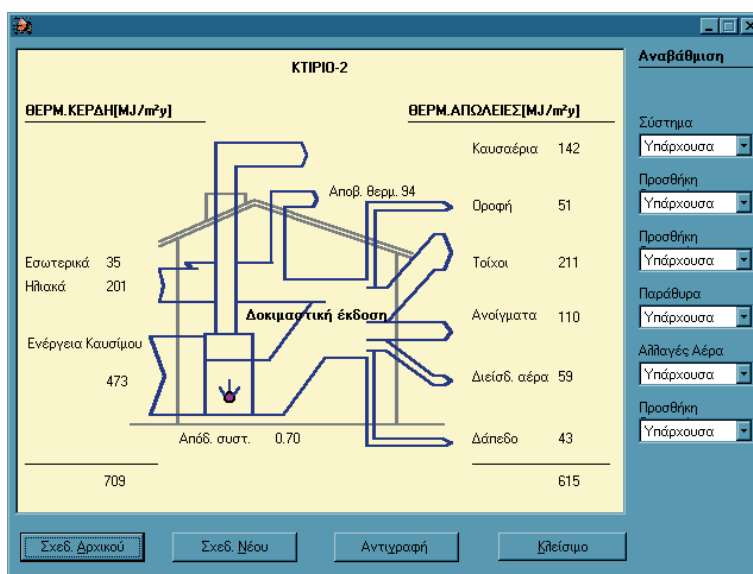


**Σχήμα 2:** Παραδείγματα από το λογισμικό EPIQR για τη διάγνωση της φθοράς φέροντος οργανισμού (αριστερά) και συστήματος παραγωγής θερμότητας (δεξιά)

Το λογισμικό είναι εφοδιασμένο με αλγορίθμους για τον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου του κτιρίου και την εκτίμηση του δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό χώρων καθώς και για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Επίσης, διαθέτει κλιματικά δεδομένα για διαφορετικές περιοχές της Ευρώπης. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει κατάλληλες τιμές για τις θερμικές ιδιότητες δομικών στοιχείων από μια εκτενή βάση δεδομένων, που περιλαμβάνει τυπικές κατασκευές τοίχων, δαπέδων και οροφών και η οποία είναι ενσωματωμένη στο λογισμικό. Οι υπολογισμοί των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση γίνονται με βάση τη μέθοδο EN-832 [3]. Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζονται οι επιμέρους απώλειες θερμότητας για το υπό μελέτη κτίριο (Σχήμα 3) με βάση τις οποίες ο χρήστης οδηγείται στην επιλογή επεμβάσεων με το υψηλότερο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Οι υπολογισμοί των ενεργειακών απαιτήσεων για ψύξη γίνονται με βάση τη μέθοδο balance point [4].

Με τους αλγορίθμους που είναι ενσωματωμένοι στο λογισμικό EPIQR είναι δυνατή η αξιολόγηση επεμβάσεων στο κτιριακό κέλυφος, στο σύστημα θέρμανσης και φωτισμού ή

μέτρων που αφορούν στον σκιασμό του κτιρίου, στη μείωση της διείσδυσης αέρα καθώς και την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών και ανεμιστήρων οροφής. Για καθεμία από τις παραπάνω επεμβάσεις το λογισμικό παρέχει αποτελέσματα για την αρχική ετήσια κατανάλωση ενέργειας και την αναμενόμενη ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh και %) καθώς και το τυπικό κόστος και την αντίστοιχη περίοδο αποπληρωμής. Αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα από εφαρμογή της μεθοδολογίας EPIQR σε ελληνικά κτίρια παρατίθενται στην αναφορά [4].



**Σχήμα 3:** Ενεργειακό ισοζύγιο για θέρμανση κτιρίου. Η απεικόνιση του ενεργειακού ισοζυγίου ψύξης είναι παρόμοια.

Η μεθοδολογία EPIQR περιλαμβάνει και ένα ερωτηματολόγιο που μοιράζεται στους ενοίκους των κατοικιών με στόχο τη συλλογή δεδομένων για την ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος [5]. Με στατιστική ανάλυση των απαντήσεων το λογισμικό αναδεικνύει πιθανά προβλήματα και παρέχει οδηγίες για την αντιμετώπισή τους.

Η συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών για την εφαρμογή της μεθοδολογίας EPIQR σε κτίριο κατοικίας είναι δυνατό να ολοκληρωθεί σε μισή ημέρα. Η ανάλυση των δεδομένων και η τελική τεχνική έκθεση γίνεται στη συνέχεια από το λογισμικό. Στα αποτελέσματα της ανάλυσης γίνεται συνοπτική περιγραφή της φθοράς των διαφορετικών στοιχείων του κτιρίου συνοδευόμενη από το αντίστοιχο κόστος επισκευής. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ένα συνδυασμό επεμβάσεων και να εκτιμήσει την επίδραση που θα είχε η εφαρμογή τους στο συνολικό κόστος επισκευής του κτιρίου.

Το λογισμικό EPIQR διατίθεται σε επτά διαφορετικές εκδόσεις (Γαλλική, Γερμανική,

Δανέζικη, Αγγλική, Ελληνική, Ιταλική και Πολωνική). Οι διαφορές μεταξύ των παραπάνω εκδόσεων αφορούν, εκτός από τη γλώσσα, την περιγραφή των εργασιών επισκευής και το αντίστοιχο κόστος που είναι προσαρμοσμένα στις τρέχουσες συνθήκες κάθε χώρας.

## **2.2. Η μεθοδολογία TOBUS (a decision-making tool for selecting office building upgrading solutions)**

Η μεθοδολογία TOBUS αναφέρεται σε ανακαίνιση κτιρίων γραφείων. Η φιλοσοφία της είναι βασισμένη σε εκείνη της μεθοδολογίας EPIQR, όπου όμως έχουν προστεθεί επιπλέον στοιχεία για την περιγραφή και αξιολόγηση των μηχανολογικών εγκαταστάσεων, που είναι περιπλοκότερες στα κτίρια γραφείων. Στα νέα στοιχεία περιλαμβάνονται ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, όπως κεντρική θέρμανση, κλιματισμός και μηχανικός αερισμός, πυροπροστασία και δίκτυα χαμηλών ρευμάτων.

Το λογισμικό είναι εφοδιασμένο με επιπλέον αλγορίθμους για την εκτίμηση της εξοικονόμησης ενέργειας, που προκύπτει από την εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου σε κλιματιστικές μονάδες, από χρήση συστημάτων ανάκτησης θερμότητας, από την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και από τον εξοπλισμό χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης [4].

Το λογισμικό TOBUS διατίθεται σήμερα μόνο στην Ελβετική έκδοση, μια και οι βάσεις δεδομένων του είναι προς το παρόν πλήρεις για τα δεδομένα της Ελβετίας [6]. Η δομή του λογισμικού επιτρέπει την εύκολη προσαρμογή του σε δεδομένα και άλλων χωρών.

## **2.3. Η μεθοδολογία INVESTIMMO (a decision-making tool for long-term efficient investment strategies in housing maintenance and refurbishment)**

Η μεθοδολογία αναπτύσσεται στα πλαίσια του ομώνυμου Ευρωπαϊκού προγράμματος, το οποίο βρίσκεται σήμερα σε εξέλιξη και πρόκειται να ολοκληρωθεί στο τέλος του 2003. Απευθύνεται σε ιδιοκτήτες μεγάλου αριθμού κτιρίων κατοικιών, οι οποίοι επιθυμούν να αποφασίσουν σε ποιες ομάδες κτιρίων και σε ποια στοιχεία συμφέρει επενδυτικά να δοθεί η προτεραιότητα για ανακαίνιση, καθώς και σε ποιες περιπτώσεις η συγκεκριμένη επένδυση γίνεται βέλτιστη.

Η μεθοδολογία INVESTIMMO επεκτείνει τη μεθοδολογία EPQR με επιπλέον κριτήρια αξιολόγησης μεταξύ των οποίων είναι: η ποιότητα εξωτερικού περιβάλλοντος στην ευρύτερη περιοχή του κτιρίου, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ο κύκλος ζωής των δομικών

υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή του, καθώς και το δυναμικό συντήρησης και αναβάθμισής του σε συνάρτηση με την εξέλιξη των απαιτήσεων στον τομέα της ενοικίασης κατοικιών. Με την προσέγγιση αυτή ενσωματώνονται ποσοτικές και ποιοτικές παράμετροι στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, ώστε να επιτυγχάνεται η βελτιστοποίηση της επένδυσης. Η μεθοδολογία προωθεί οικονομικά αποδοτικότερες επεμβάσεις, οι οποίες επιτυγχάνουν τη βέλτιστη διαχείριση περιβαλλοντικών πόρων.

#### **2.4. Η μεθοδολογία XENIOS**

Η μεθοδολογία αναπτύσσεται στα πλαίσια του ομώνυμου Ευρωπαϊκού προγράμματος, το οποίο βρίσκεται σήμερα σε εξέλιξη και πρόκειται να ολοκληρωθεί στο τέλος του 2003. Βασίζεται στη μεθοδολογία EPIQR προσαρμοσμένη σε κτίρια του ξενοδοχειακού τομέα. Η μεθοδολογία XENIOS προωθεί την εφαρμογή τεχνικών ορθολογικής χρήσης ενέργειας καθώς και την ενσωμάτωση συστημάτων εκμετάλλευσης των ήπιων μορφών ενέργειας σε ξενοδοχεία.

Το αντίστοιχο λογισμικό διαθέτει ειδικούς αλγορίθμους για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας από επεμβάσεις στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του ξενοδοχείου, την ενσωμάτωση ηλιακών συστημάτων παραγωγής ενέργειας και την εφαρμογή συστημάτων ανάκτησης θερμότητας.

Στην τελική μορφή του το λογισμικό θα έχει τη μορφή προγράμματος πολυμέσων, θα διαθέτει οδηγίες για τη βελτίωση της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος στα ξενοδοχεία και συστάσεις για τη λήψη μέτρων για την προστασία του περιβάλλοντος.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Jaggs M., and J. Palmer (2000). "Energy performance indoor environmental quality retrofit - A European diagnosis and decision making method for building refurbishment", **Energy & Buildings**, Vol. 31, pp. 97-101.
2. Flourentzou, F, K. Droutsas, K.B. Wittchen.(2000). "EPIQR Software" **Energy & Buildings**, Vol. 31, pp. 129-136.
3. Wittchen K.B., and Aggerholm S. (2000) "Calculation of building heating demand in EPIQR" **Energy & Buildings**, Vol. 31, pp. 137-141.

4. Balaras C.A., K. Droutsas, A.A. Argiriou and D.N. Asimakopoulos (2000) "Potential for energy conservation in apartment buildings" **Energy & Buildings**, Vol. 31, pp. 143-154.
5. Bluysen P.M. (2000) "EPIQR and IEQ: indoor environment quality in European apartment buildings" **Energy & Buildings**, Vol. 31, pp. 103-110.
6. Flourentzou F., J.L. Genre and C.-A. Roulet (2002) "TOBUS software \_\_ an interactive decision aid tool for building retrofit studies" **Energy & Buildings**, Vol. 34, pp. 193-202.

### **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Οι μεθοδολογίες EPIQR, TOBUS, INVESTIMMO και XENIOS αναπτύχθηκαν στα πλαίσια ομώνυμων έργων τα οποία διεξήχθησαν με τη μερική χρηματοδότηση Ευρωπαϊκής Κοινότητας.

Η χρηματοδότηση των έργων EPIQR και TOBUS (<http://tobus.cstb.fr>) έγινε από τη Γενική Διεύθυνση Έρευνας στα πλαίσια του προγράμματος JOULE (JOR3-CT96-0044 και JOR3-CT98-0235 αντίστοιχα). Το έργο INVESTIMMO (<http://investimmo.cstb.fr>) είναι σε εξέλιξη και χρηματοδοτείται από τη Γενική Διεύθυνση Έρευνας στα πλαίσια του προγράμματος GROWTH (G1RD-CT-2000-00371). Το έργο XENIOS (<http://www.meteo.noa.gr/xenios>) συντονίζεται από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και χρηματοδοτείται από τη Γενική Διεύθυνση Ενέργειας και Μεταφορών στα πλαίσια του προγράμματος ALTENER (AL-135/2001).