



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΑΣ

Καινοτόμο σύστημα αξιοποίησης φυσικού
φωτισμού με αισθητήρες στο επίπεδο εργασίας



Ευάγγελος-Νικόλαος Δ. Μαδιάς
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχανικός Υπολογιστών, MSc
Υποψήφιος Διδάκτωρ

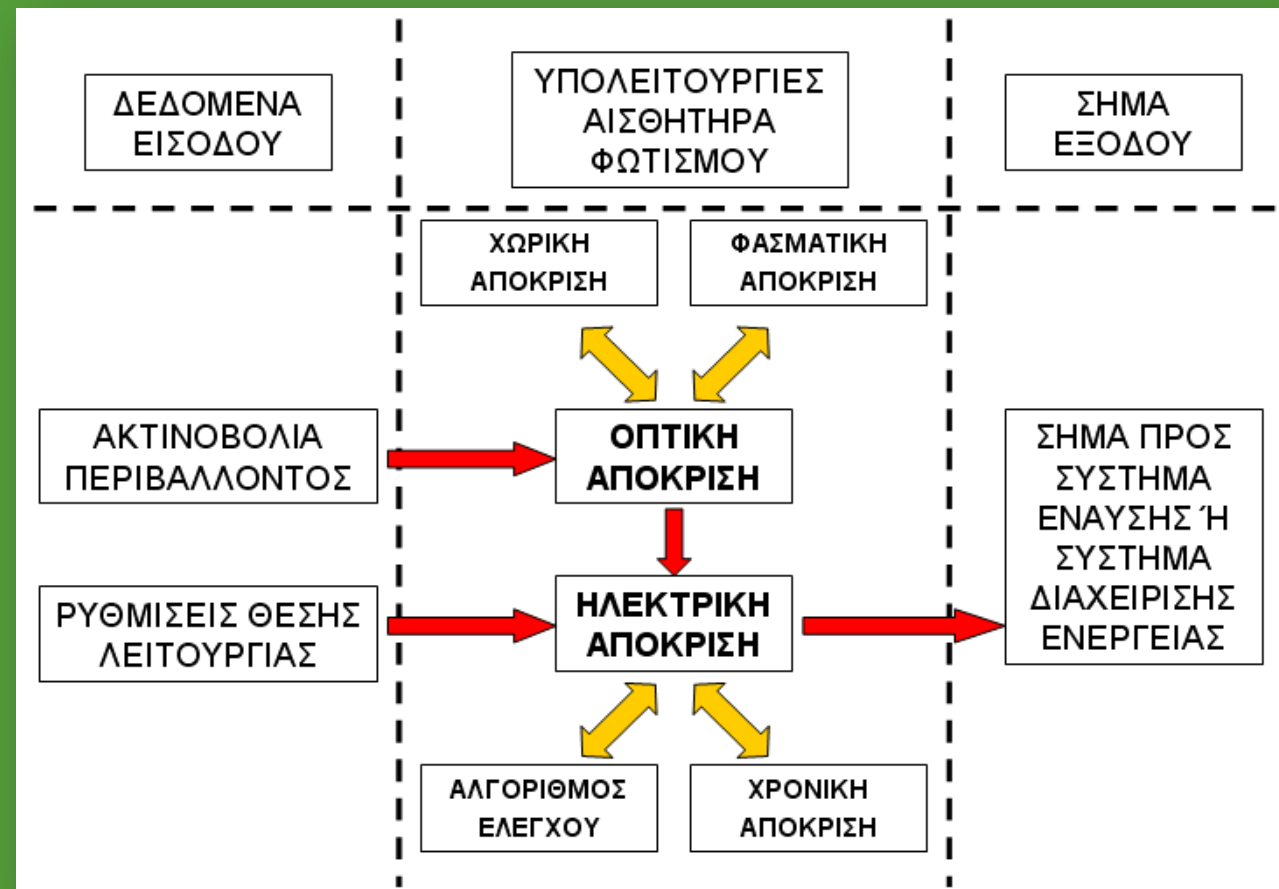
Φωτισμός και εξοικονόμηση ενέργειας

- Φωτισμός : αποτελεί 25-35% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια του τριτογενούς τομέα
- Στην Ε.Ε. η ενέργεια που καταναλώνεται για το φωτισμό των κτιρίων του τριτογενούς τομέα ήταν 164 TWh το 2007 (21.57%)
- Οι τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας δύνανται να επιτύχουν μια αξιόλογη μείωση της τάξεως 40-50% στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Αισθητήρας φωτισμού (photosensor)

- Προσαρμόζει την ένταση τεχνητού φωτισμού ανάλογα με το επίπεδο φυσικού φωτισμού
- Πλήρης μονάδα ελέγχου: ειδικοί φακοί για την είσοδο του φωτισμού, φωτοκύτταρο και ηλεκτρικό κύκλωμα για την παραγωγή του σήματος ελέγχου του συστήματος φωτισμού
- Φωτοκύτταρο: φωτοδίοδοι (Si) ή φωτοαγώγιμες αντιστάσεις (CdS)
- Τα δεδομένα εισόδου μετατρέπονται σε ένα σήμα εξόδου, το οποίο ελέγχει τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας των φωτιστικών.
- Το σήμα εξόδου κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 0-10 V DC

Λειτουργία αισθητήρα φωτισμού



Οπτικές λειτουργίες

Οι οπτικές λειτουργίες εξυπηρετούν δύο κύριους σκοπούς:

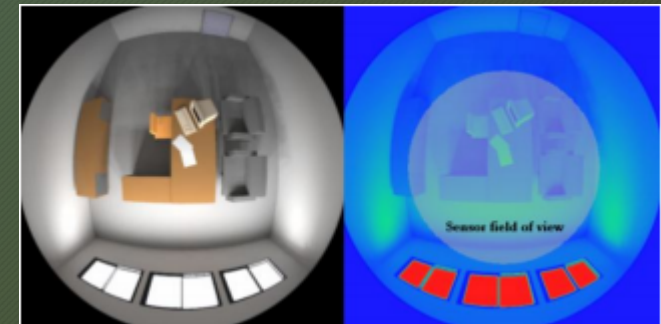
- Συλλέγουν την προσπίπτουσα φωτεινή ακτινοβολία από το περιβάλλον και την κατευθύνουν στο φωτοκύτταρο (χωρική απόκριση)
- Προσδιορίζουν τη φασματική απόκριση

Η ηλεκτρική λειτουργία διακρίνεται σε:

- Απόκριση σταθερής κατάστασης (steady-state response), δηλαδή ο αλγόριθμος ελέγχου του αισθητήρα φωτισμού.
- Χρονική απόκριση (temporal response), η οποία ελέγχει τη συχνότητα και την καθυστέρηση ενεργοποίησης και απενεργοποίησης του τεχνητού φωτισμού.

Χωρική απόκριση

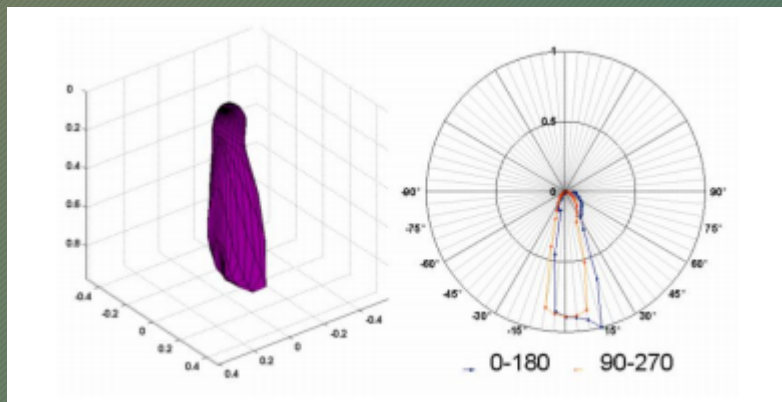
- Περιγράφει την ευαισθησία του αισθητήρα στην προσπίπτουσα σε αυτόν ακτινοβολία από διαφορετικές κατευθύνσεις του χώρου
- Πληροφορεί ποιες περιοχές του χώρου αντιλαμβάνεται ο αισθητήρας φωτισμού
- Καθορίζεται μέσω γωνιοφωτομέτρησης
- Σχετικό μέγεθος [0-1]
- Ανάλογα με τη χωρική απόκριση οι αισθητήρες χωρίζονται σε αισθητήρες στενής και ευρείας δέσμης



Χωρική απόκριση

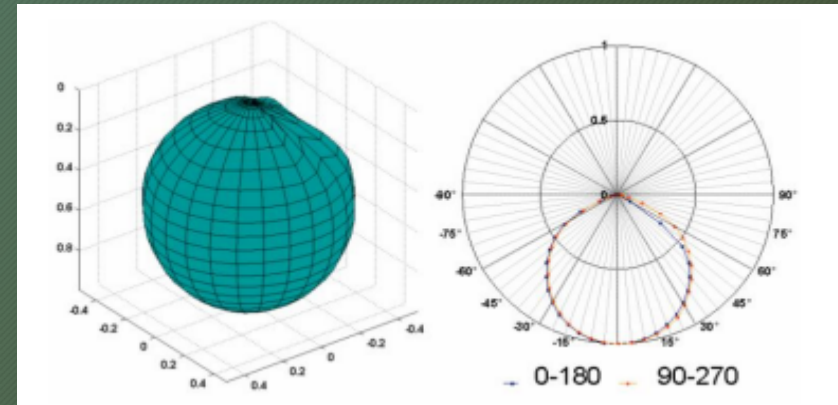
Αισθητήρες στενής δέσμης

- Καλύτερη απόκριση στις μεταβολές της έντασης φωτισμού της επιφάνειας που στοχεύει
- Μικρότερο οπτικό πεδίο



Αισθητήρες ευρείας δέσμης

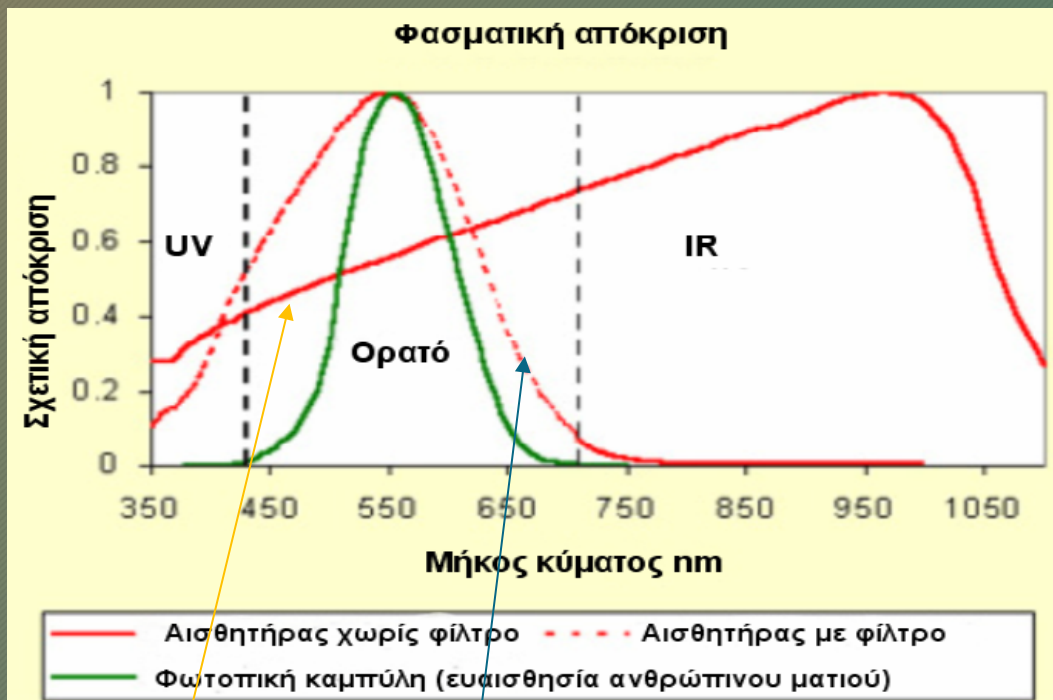
- Πιο αντιπροσωπευτικό οπτικό σήμα του αισθητήρα φωτισμού
- Εσφαλμένη συσχέτιση επιπέδων φωτισμού επιφάνειας εργασίας και οροφής



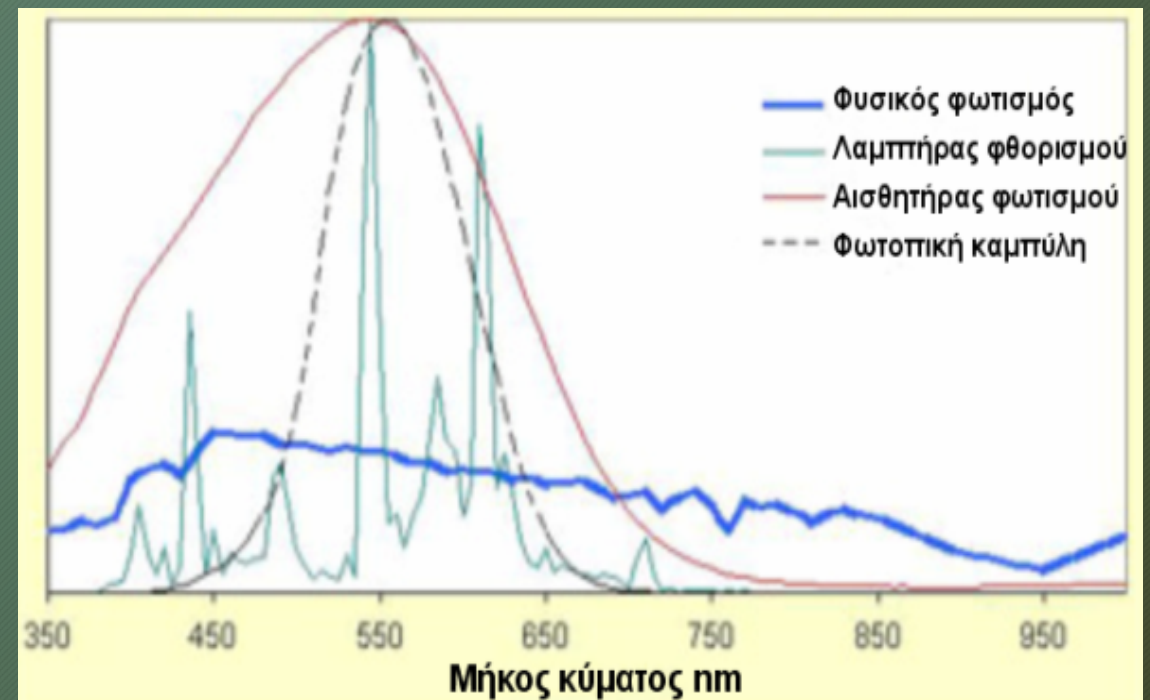
Φασματική απόκριση

- Περιγράφει την ευαισθησία του αισθητήρα φωτισμού στην προσπίπτουσα ακτινοβολία διαφορετικών μηκών κύματος
- Τα φωτοκύτταρα αποκρίνονται τόσο σε τμήματα του φάσματος της υπεριώδους όσο και της υπέρυθρης ακτινοβολίας
- Η μεγαλύτερη ποσότητα υπεριώδους και υπέρυθρης ακτινοβολίας του φυσικού φωτισμού καθιστά τους περισσότερους αισθητήρες φωτισμού πιο ευαίσθητους στο φως της ημέρας
- Μεγαλύτερη ευαισθησία στο φυσικό φωτισμό σημαίνει ότι ένας αισθητήρας φωτισμού αντιδρά σαν να υπάρχει περισσότερος φωτισμός από ότι πραγματικά υπάρχει, με αποτέλεσμα ο αισθητήρας να μειώνει τα επίπεδα τεχνητού φωτισμού περισσότερο από τα επιθυμητά.

Φασματική απόκριση



Εσφαλμένη και ορθή φασματική απόκριση
αισθητήρα φωτισμού

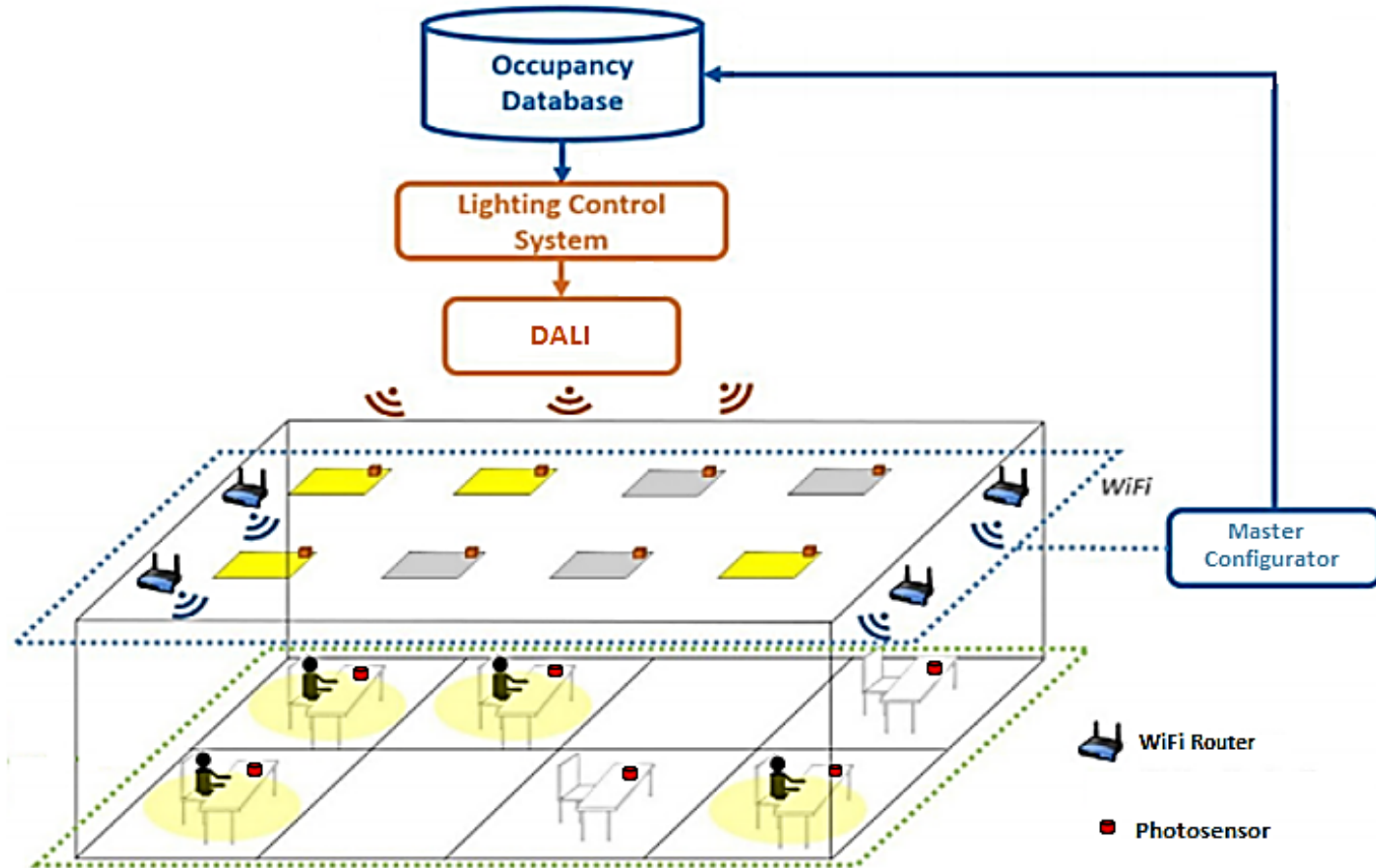


Φασματική κατανομή φυσικού φωτισμού, λαμπτήρα φθορισμού
και τυπική φασματική απόκριση αισθητήρα φωτισμού

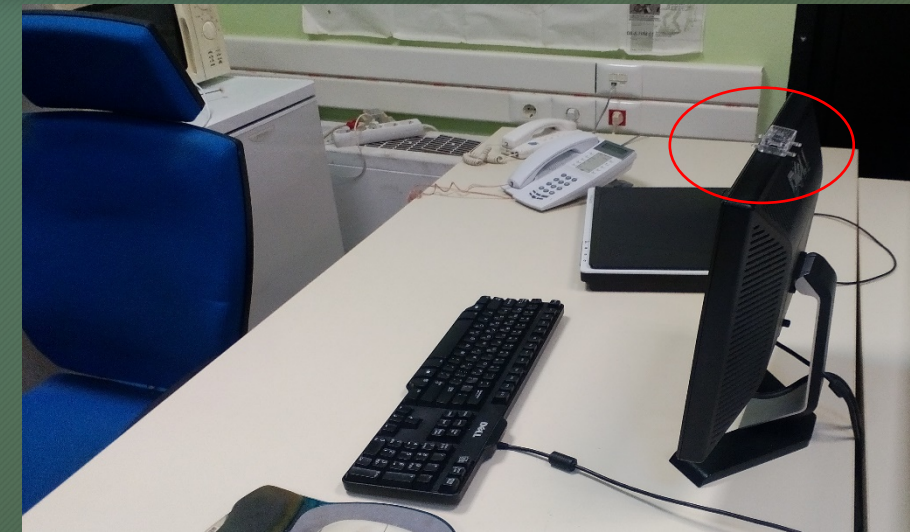
Μειονεκτήματα των συμβατικών αισθητήρων φωτισμού

- Ένας συμβατικός αισθητήρας φωτισμού αντιμετωπίζει το φωτισμό αθροιστικά δημιουργώντας ένα σήμα ελέγχου προερχόμενο από όλα τα σημεία του οπτικού του πεδίου
- Η φασματική τους απόκριση είναι ευρύτερη από αυτήν της ευαισθησίας του ανθρώπινου ματιού περιλαμβάνοντας τμήματα υπέρυθρης (IR) και υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) κοντά στο ορατό φάσμα
- Τοποθέτηση του αισθητήρα (εσφαλμένη συσχέτιση έντασης φωτισμού οροφής-επιπέδου εργασίας)
- Τα ανωτέρω προβλήματα έχουν οδηγήσει σε πειραματική διερεύνηση άλλων μεθόδων για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, όπως οι αισθητήρες εικόνας (CCD, CMOS)

Καινοτόμο σύστημα αξιοποίησης φυσικού φωτισμού με αισθητήρα στο επίπεδο εργασίας



Καινοτόμο σύστημα αξιοποίησης φυσικού φωτισμού με αισθητήρα στο επίπεδο εργασίας



Solar Cell



Photosensor



Wireless Router



Σχέδιο υλοποίησης

- Διακρίβωση των αισθητήρων του προτεινόμενου συστήματος
- Φωτοτεχνική μελέτη του χώρου
- Εγκατάσταση του συστήματος σε χώρο γραφείων
- Εγκατάσταση μετρητή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας
- Σχεδιασμός αλγορίθμου ελέγχου κλειστού βρόχου
- Δοκιμές, μετρήσεις και αξιολόγηση του προτεινόμενου συστήματος

Πλεονεκτήματα του προτεινόμενου συστήματος

- Εξάλειψη μειονεκτημάτων των συμβατικών αισθητήρων
- Ανεξάρτητο από το χώρο εγκατάστασης
- Ανάπτυξη ενός νέου αλγορίθμου κλειστού βρόχου για τον έλεγχο των φωτιστικών (εντοπισμός σφαλμάτων των χρηστών του χώρου)
- Ενεργειακή αυτονομία αισθητήρων
- Χρήση σύγχρονων πρωτοκόλλων ελέγχου των φωτιστικών (DALI)
- Χαμηλό κόστος
- Βέλτιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και εξοικονόμηση ενέργειας

Wen et al (2011):
εξοικονόμηση 60%

Caicedo et al (2013):
εξοικονόμηση 70%

Rossi et al (2011):
εξοικονόμηση 45%



Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

Ευάγγελος-Νικόλαος Δ. Μαδιάς
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχανικός Υπολογιστών, MSc
Υποψήφιος Διδάκτωρ
madias@mail.ntua.gr