

# Ο ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΙΣΤΟΡΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ Ε.Μ.Π.

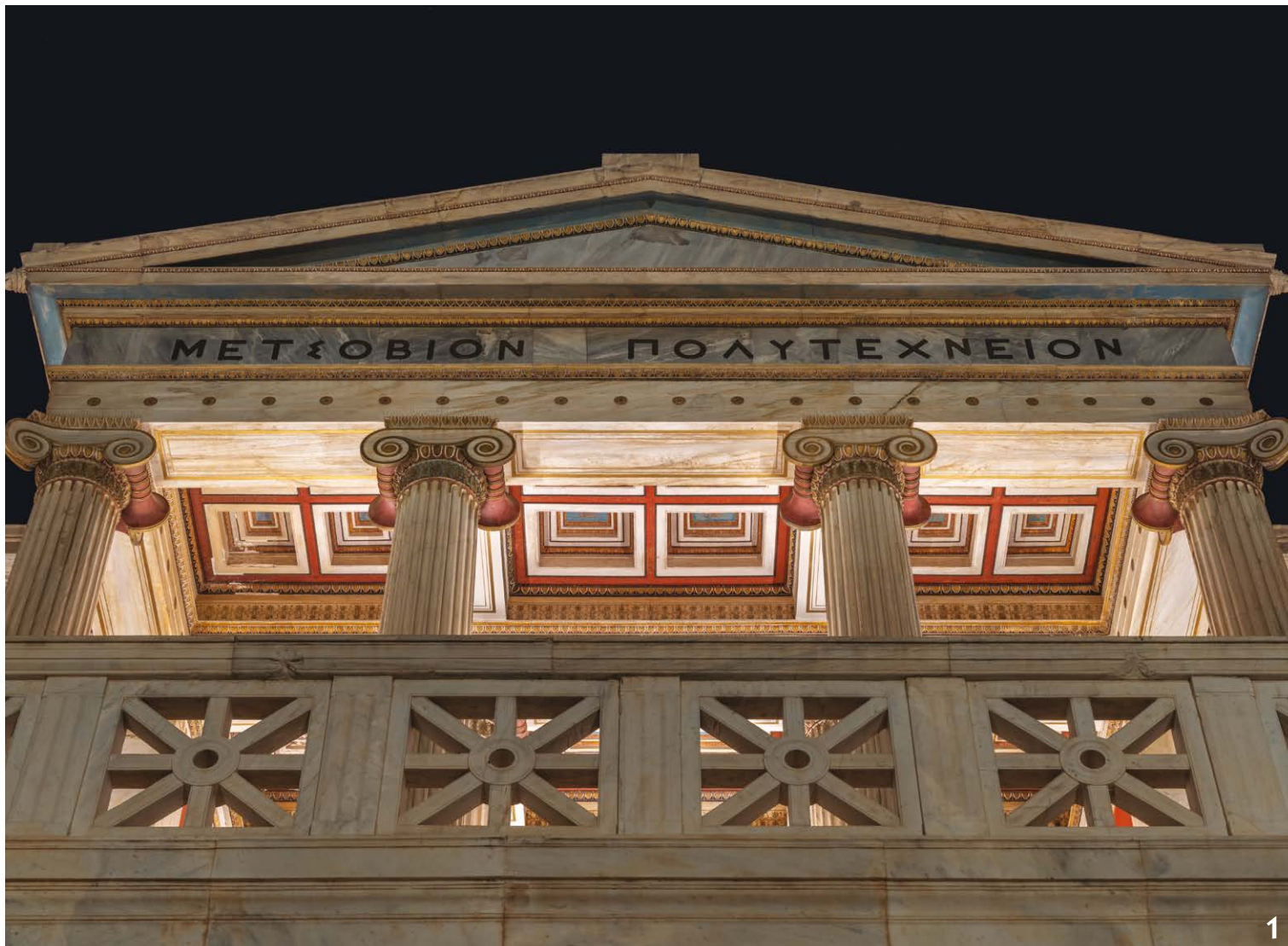
**ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΑΠΛΟΤΗΤΑΣ  
Η ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΕΙΚΝΥΕΙ ΤΟ ΜΝΗΜΕΙΟ  
ΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**



Ο χώρος του ιστορικού συγκροτήματος του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, επί της οδού Πατησίων, αποτελεί τοπίο, σύμβολο αντίστασης και δημοκρατίας, καθώς την περίοδο της εξέγερσης κατά της δικτατορίας αποτέλεσε το επίκεντρο της σπουδαστικής εξέγερσης, επισπεύδοντας το τέλος του καθεστώτος. Έχει κηρυχθεί διατηρητέο μνημείο και το 2012 κέρδισε το βραβείο Europa Nostra για την αναστήλωσή του.

Χαρακτηριστικό κτίριο του συγκροτήματος και ένα από τα ωραιότερα νεοκλασικά κτίρια της Ελλάδας, αποτελεί το διώροφο κτίριο "Αβέρωφ" που ολοκληρώθηκε το 1878. Φέρει λειτουργική αξία, στεγάζοντας τη Σχολή Αρχιτεκτονικής και των Καλών Τεχνών αλλά και ισχυρή συμβολική αξία. Μαζί με τα δύο συμμετρικά μονώροφα κτίρια που το πλαισιώνουν συγκροτούν την τριλογία του συγκροτήματος του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Η διοίκηση του πανεπιστημίου, με πρωτοστάτες τους Ιωάννη Χατζηγεωργίου, πρότανη του Ε.Μ.Π. και Παναγιώτη Τουρνικιώτη, κοσμήτορα της Αρχιτεκτονικής Σχολής του Ε.Μ.Π., επιδιώκοντας τη

Άρθρο του ΛΑΜΠΡΟΥ ΔΟΥΛΟΥ, αναπληρωτή καθηγητή φωτισμού  
Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου, ALight-Lighting Experts, PhD, MSc.  
Φωτογραφίες του ΓΑΒΡΙΗΛ ΠΑΠΑΔΙΩΤΗ.



1

δημιουργία μιας περισσότερο φιλικής και ασφαλούς περιοχής, αποφάσισε να φωτίσει το συγκρότημα.

Οι προκλήσεις του έργου ήταν πολλές με κύρια την προστασία του μνημείου. Η μελέτη εγκρίθηκε από τη Διεύθυνση Προστασίας και Αναστήλωσης Νεωτέρων και Σύγχρονων Μνημείων του Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού και από το Κεντρικό Συμβούλιο Νεωτέρων Μνημείων. Λόγω νομοθετικών περιορισμών, πραγματοποιήθηκε κατάλληλη επιλογή τεχνικών φωτισμού και φωτιστικών σωμάτων, προκειμένου να παραμείνουν ανέπαφα τα κελύφη των κτιρίων, χωρίς να μειώνεται η αξία και οι στόχοι της μελέτης φωτισμού.

Στόχος της μελέτης φωτισμού ήταν η ανάδειξη της αρχιτεκτονικής του μνημείου στο σύνολό της και η δημιουργία αισθήματος ασφάλειας στις εγκαταστάσεις του συγκροτήματος. Οι προτεινόμενες επεμβάσεις ήταν ήπιες και δεν προκλήθηκαν ζημιές στο μνημείο ή στους περιμετρικούς χώρους. Συγκεκριμένα, τα φωτιστικά σώματα για την ανάδειξη τοποθετήθηκαν σε ειδικές βάσεις στήριξης, αφήνοντας αλώβητα τα μάρμαρα των ιστορικών κτιρίων, ενώ τα φωτιστικά σώματα για τον λειτουργικό

φωτισμό τοποθετήθηκαν σε υφιστάμενες θέσεις και σε ιστούς. Επιπλέον, επιλέχθηκε ένα σύστημα επικοινωνίας των φωτιστικών σωμάτων με ασύρματο έλεγχο (Bluetooth-Casambi), προκειμένου να χρησιμοποιηθούν λιγότερα καλώδια στη διαδικασία της εγκατάστασης.

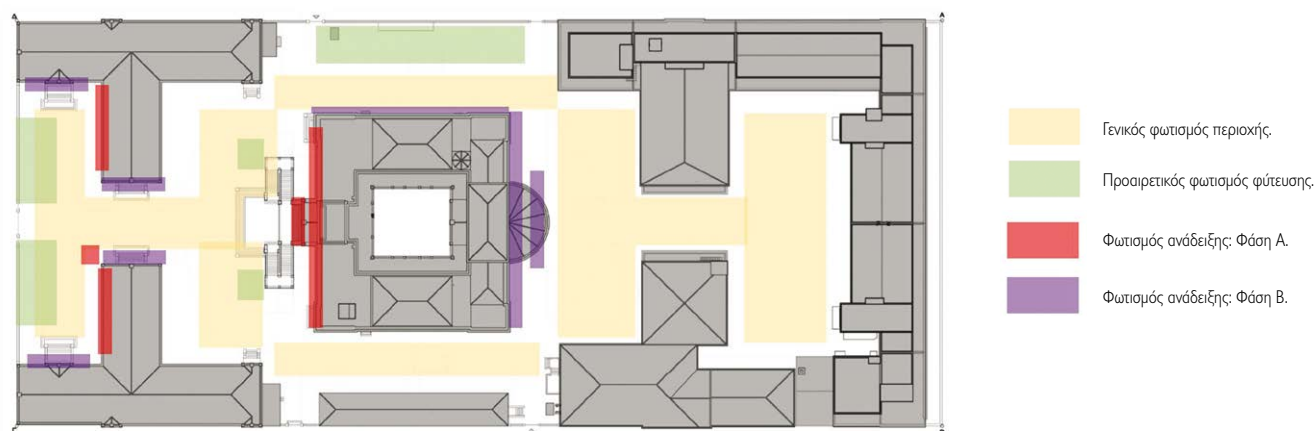
Η πρόταση φωτισμού αποτελείται από δύο "στρώσεις φωτισμού": του λειτουργικού φωτισμού και του φωτισμού ανάδειξης.

### Λειτουργικός φωτισμός

Οι βασικοί στόχοι του λειτουργικού φωτισμού ήταν:

- α. να καθοριστούν τα επίπεδα φωτισμού σύμφωνα με το πρότυπο EN 12464-2 και τη νέα Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021 "Τεχνητός και φυσικός φωτισμός κτιρίων" και
- β. ο φωτισμός να προσπίπτει μόνο στις οριζόντιες επιλεγμένες επιφάνειες, αφήνοντας "σκοτεινές" τις όψεις των ιστορικών κτιρίων. Αυτό ήταν θεμιτό, καθώς ορισμένες από αυτές είχαν επιλεγεί για το φωτισμό ανάδειξης και έπρεπε να αποφευχθεί ο "αδέσποτος" φωτισμός. Επιπλέον, αποφεύχθηκε η λωριδοποίησή των όψεων, η δημιουργία

1. Φωτισμός του πρόπυλου "εκ των έσω" μέσω τεχνικής φωτισμού σιλουέτας.



Διάγραμμα φωτισμού του ιστορικού κτιριακού συγκροτήματος.  
 Πηγή: Λάμπρος Δούλος.

αφύσικων σκιών και άρα η αλλοίωση της μορφολογίας του μνημείου.

Τα επίπεδα του οριζώντιου φωτισμού καθορίστηκαν στα 10 lx (ENI2464-2, 2014) για 100% λειτουργία του συστήματος φωτισμού μέχρι την 22:00 ώρα. Κατόπιν πραγματοποιείται σταδιακή μείωση των επιπέδων φωτισμού στο 50% μέχρι την 23:00 ώρα και λειτουργία σε επίπεδο φωτισμού 5 lx μέχρι την ανατολή του ηλίου. Αυτό πραγματοποιείται με χρήση τεχνολογίας ασύρματης δικτύωσης μικρών αποστάσεων (bluetooth) και προγραμματισμού στα φωτιστικά σώματα, όπου υπάρχει και δυνατότητα παράκαμψης ακόμη και με χρήση κινητού τηλεφώνου.

Στην προηγούμενη εγκατάσταση υπήρχαν 70 φωτιστικά σώματα με συμβατικούς λαμπτήρες ατμών νατρίου συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 21 kW, τα οποία αντικαταστάθηκαν με 53 φωτιστικά σώματα τεχνολογίας φωτιοδιόδων (LED) (40 W έκαστο) συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 2,12 kW. Σημαντικές παράμετροι στη μελέτη φωτισμού ήταν:

α. η αφαίρεση των μη απαραίτητων φωτιστικών σωμάτων και όχι αντικατάσταση 1 προς 1, όπως συνηθίζεται στα μεγάλα έργα οδοφωτισμού (μείωση κόστους αγοράς και εγκατάστασης 24%),

β. η μείωση της εγκατεστημένης ισχύος κατά 90% με τη χρήση κατάλληλων δεσμών και αποδοτικών φωτιστικών σωμάτων,

γ. η χρήση τριών διαφορετικών κατανομών φωτισμού ανά περιοχή κάλυψης για να αποφευχθεί ο "αδέσποτος" φωτισμός,

δ. η χρήση λευκού φωτισμού θερμής απόχρωσης 3.000 K με σκοπό την αποφυγή της φωτορύπανσης και την εναρμόνιση με τις ευρωπαϊκές τεχνικές οδηγίες, τις οποίες η χώρα έχει υποχρέωση να εφαρμόζει.

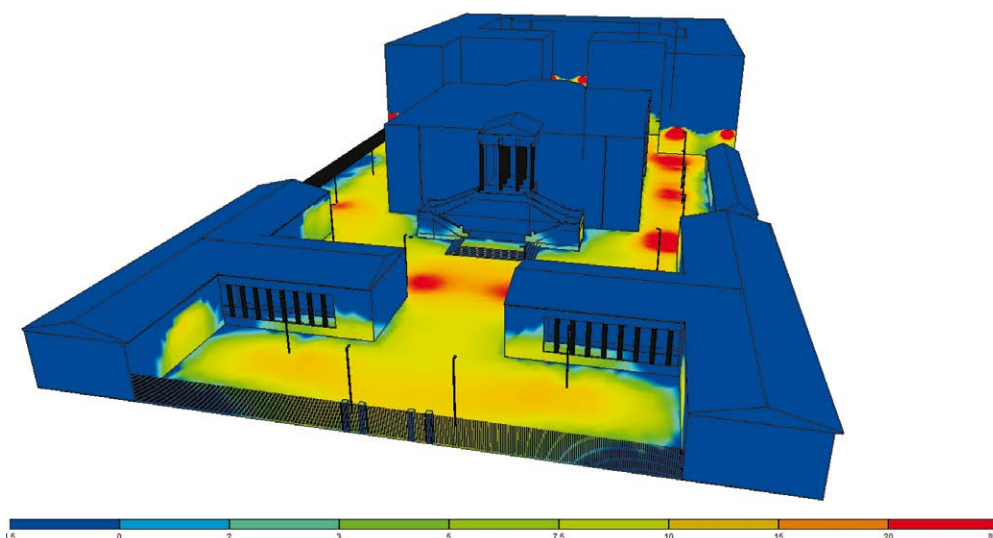
## Φωτισμός ανάδειξης

### Η έμπνευση

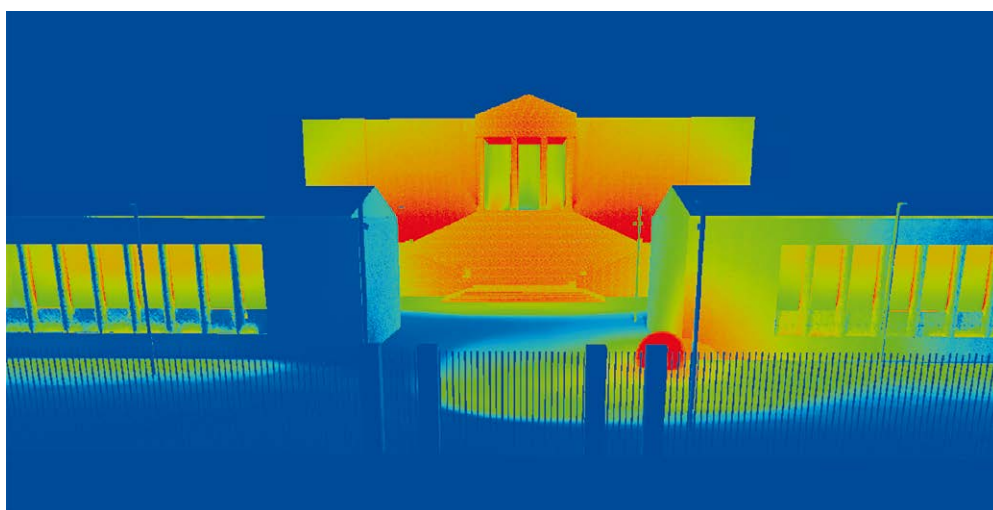
Η ιδέα του φωτισμού για την πρόσοψη "Αβέρωφ" και τα διπλανά μονώροφα κτίρια στοχεύει στην ανάδειξη της δομής του κτιρίου και όχι των επί μέρους χαρακτηριστικών αυτών. Το κτιριακό συγκρότημα είναι μια δυναμική σύνθεση όγκων, μείγμα αναγεννησιακών στοιχείων και αρχαίων ρυθμών. Στον κεντρικό όγκο κυριαρχεί το μαρμαρίνο κλιμακοστάσιο και το αετωματικό πρόπυλο με κίνους ιωνικού ρυθμού. Κατά

2. Για τον φωτισμό ανάδειξης τοποθετήθηκαν συνολικά 52 φωτιστικά. Τα γραμμικά φωτιστικά ασύμμετρης δέσμης, τοποθετήθηκαν στις στοές των πρόπυλων και στις πλαϊνές όψεις.

Φωτομετρικά αποτελέσματα του λειτουργικού φωτισμού. Στόχος ήταν η χρήση κατάλληλων δεσμών φωτισμού, ώστε οι όψεις των ιστορικών κτιρίων να παραμείνουν "σκοτεινές", για τον φωτισμό ανάδειξης. Πηγή: Λάμπρος Δούλος.



Φωτομετρικοί υπολογισμοί για την επίτευξη της προτεινόμενης ιδέας φωτισμού. Πηγή: Λάμπρος Δούλος.



βάση χρησιμοποιήθηκε η κύρια έννοια της θεωρίας της "απλότητας": απλότητα στο να εστιάζει κάποιος την προσοχή στο μνημείο και όχι στον φωτισμό. Η ιδέα αποτελείται από τέσσερις "στρώσεις" φωτισμού:

1. Φωτισμός της εμβληματικής σκάλας, η οποία έρχεται στο προσκήνιο μέσω τεχνικής φωτισμού όγκου. Γίνεται χρήση δύο υφιστάμενων ιστών του συγκροτήματος.
2. Φωτισμός του πρόπυλου "εκ των έσω" μέσω τεχνικής φωτισμού σιλουέτας (silhouette lighting).
3. Δημιουργία ενός ομοιόμορφου φωτισμένου φόντου στην όψη του διώροφου κτιρίου "Αβέρωφ" δεξιά και αριστερά από το πρόπυλό του με τεχνική ασύμμετρου φωτισμού "wall - washing". Η τεχνική φωτισμού "wall - washing" εφαρμόζεται στην πρόσοψη του κτιρίου Αβέρωφ με υψηλότερες τιμές έντασης φωτισμού σε σχέση με το μπροστινό κλιμακοστάσιο, έτσι ώστε να δημιουργείται οπτικό βάθος και να αποκολλάται το κλιμακοστάσιο από την πρόσοψη, όταν το κτίριο παρατηρείται από μπροστά.
4. Ο φωτισμός ανάδειξης του συγκροτήματος ολοκληρώνεται με τον φωτισμό των δυο μονώροφων κτιρίων, που συμμετρικά

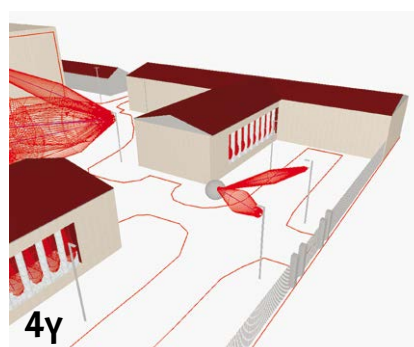
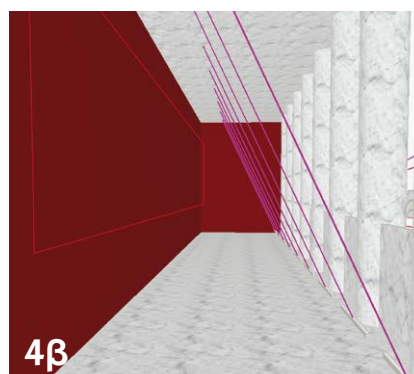
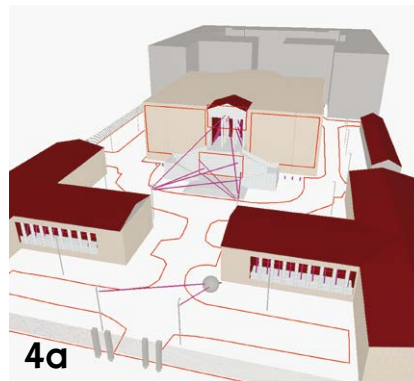
πλασιώνουν το κτίριο "Αβέρωφ". Η τεχνική φωτισμού σιλουέτας (silhouette lighting) χρησιμοποιείται στο εσωτερικό των στοών. Με τον φωτισμό στο πίσω μέρος των κίωνων, που πλασιώνουν τις στοές, παράγεται ρυθμός και "καδράρεται" το κτίριο "Αβέρωφ".

Οι τέσσερις στρώσεις φωτισμού δημιουργούν το κατάλληλο οπτικό βάθος για την παρατήρηση, κάνοντας χρήση του ελάχιστου δυνατού αριθμού φωτιστικών σωμάτων.

#### Τεχνικά χαρακτηριστικά

Για τον φωτισμό ανάδειξης τοποθετήθηκαν συνολικά 52 φωτιστικά σώματα σε όλα τα κτίρια. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν:

- α. 42 γραμμικά φωτιστικά σώματα ασύμμετρης δέσμης, τοποθετημένα στις στοές των πρόπυλων των δύο μονώροφων κτιρίων, που συμμετρικά πλασιώνουν το κτίριο "Αβέρωφ", στο πρόπυλο και στις πλαϊνές όψεις του κτιρίου "Αβέρωφ",
- β. 10 φωτιστικά σώματα τύπου σποτ μεσαίας και στενής δέσμης με στόχευση στα δύο σύμβολα της αντίστασης των φοιτητών στην είσοδο του συγκροτήματος, στην κύρια πρόσοψη και στο κλιμακοστάσιο του κτιρίου "Αβέρωφ".



Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για τον φωτισμό ανάδειξης στο κτιριακό συγκρότημα είναι  $1,4 \text{ W/m}^2$ . Η νέα Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021 "Τεχνητός και φυσικός φωτισμός κτιρίων", αναπόσπαστο μέρος του Κ.Εν.Α.Κ., θέτει ως όριο αυτήν την τιμή για τις περιοχές που βρίσκονται στο κέντρο μεγάλων πόλεων. Στο σενάριο πλήρους λειτουργίας του φωτισμού ανάδειξης η μέση ένταση φωτισμού είναι περίπου  $40 \text{ lx}$  για τις πλευρικές προσόψεις και  $30 \text{ lx}$  για την κύρια πρόσοψη του κτιρίου "Αβέρωφ", ενώ ο λειτουργικός φωτισμός στο κτιριακό συγκρότημα είναι  $10 \text{ lx}$ . Οι αναλογίες φωτισμού ανάμεσα στις εξεταζόμενες περιοχές δίνουν τις βέλτιστες τιμές αντιθέσεων, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ο τονισμός, χωρίς να υπάρχει δυσφορία από τη συνεχή προσαρμογή του ματιού σε περιβάλλον μεγάλων αντιθέσεων. Όλα τα φωτιστικά σώματα ανάδειξης είναι τεχνολογίας φωτιοδιόδων (LED), με ειδικές απαιτήσεις στην απόδοση χρωμάτων ( $\text{CRI} > 90$ ) εξαιτίας των χρωματικών λεπτομερειών στα περιστώλια και θερμή απόχρωση λευκού χρώματος  $3.000 \text{ K}$  για δυο λόγους:

α. Για την ανάδειξη των γήινων χρωμάτων της πρόσοψης των κτιρίων και

β. για την καταπολέμηση της φωτορύπανσης.

Όλα τα φωτιστικά σώματα είτε είχαν κατάλληλα προστατευτικά καλύμματα και αντιθαμβωτικό εξοπλισμό για την καταπολέμηση της φωτορύπανσης είτε τοποθετήθηκαν μέσα στα περιστώλια, δίνοντας επιπλέον οπτική άνεση στους παρατηρητές, αφού οι φωτεινές πηγές δεν διακρίνονται από τον παρατηρητή και η προσαρμογή του ματιού είναι σταθερή. Επιπλέον, όλα τα φωτιστικά σώματα ελέγχονται μέσω ασύρματου συστήματος επικοινωνίας (Bluetooth - Casambi), επιτρέποντας τη δυνατότητα δημιουργίας διαφορετικών σεναρίων ελέγχου για καθημερινές και Σαββατοκύριακα.

Με τη χρήση του ασύρματου πρωτοκόλλου επικοινωνίας δημιουργήθηκαν ποικίλα σενάρια φωτισμού, με στόχο κυρίως τη φιλικότητα του έργου προς το περιβάλλον αλλά και την εναρμόνισή του με τους νέους κανονισμούς της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Η λειτουργία του φωτισμού ανάδειξης στο 100% προβλέπεται μόνο για ειδικές περιπτώσεις και για λειτουργία κατά βούληση για λίγες ώρες μέσα σε ένα χρόνο.

Επιλέχθηκαν τρία σενάρια για κάθε μέρα λειτουργίας με αυτοματοποιημένη χρήση.

3. Κτίριο "Αβέρωφ". Δυναμική σύνθεση όγκων, μείξη αναγεννησιακών στοιχείων και αρχαίων ρυθμών.

4. Κατανομή του φωτός (4α), θέσεις και στοχεύσεις των φωτιστικών σωμάτων (4β,γ) για την επίτευξη του στόχου της μελέτης του λειτουργικού φωτισμού, χωρίς να φωτίζονται οι όψεις του ιστορικού συγκροτήματος. Πηγή: Λάμπρος Δούλος.



5.  
Πρώτο καθημερινό  
σενάριο στο 80%  
της μέγιστης  
απόδοσης φωτισμού  
από τη δύση του ηλίου  
έως τις 23:00.

6.  
Δεύτερο καθημερινό  
σενάριο 25%  
της μέγιστης  
απόδοσης φωτισμού  
από 23:00 έως 1:00.

7.  
Το τρίτο σενάριο  
περιλαμβάνει μόνο  
τον φωτισμό  
της κύριας άνω  
μαρκίζας,  
των περιστευλιών  
και του μνημείου  
αντίστασης από  
τη 1:00 έως  
την ανατολή του ηλίου  
(25%) και μόνο  
για τα Σαββατοκύριακα.





8

- Το κύριο καθημερινό σενάριο είναι στο 80% της μέγιστης απόδοσης φωτισμού των φωτιστικών σωμάτων από τη δύση του ηλίου έως τις 23:00. Επιπλέον, η επιλογή λειτουργίας στο 80% της μέγιστης απόδοσης φωτισμού θα δώσει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής στα φωτιστικά σώματα LED, καθώς θα λειτουργούν με λιγότερη ισχύ, λιγότερη κατανάλωση ενέργειας, λιγότερη θερμότητα.
- Το δεύτερο καθημερινό σενάριο εναρμονίζεται με τους κανονισμούς και λειτουργεί στο 25% της μέγιστης απόδοσης φωτισμού από τις 23:00 έως τη 1:00, μειώνοντας κατά 75% την κατανάλωση ενέργειας.
- Τις καθημερινές μετά τη 1:00 το σύστημα φωτισμού απενεργοποιείται. Στα Σαββατοκύριακα όμως υπάρχει και τρίτο σενάριο φωτισμού που περιλαμβάνει μόνο το φωτισμό της κύριας μαρκίζας και του περιστυλίου στο

κεντρικό κτίριο "Αβέρωφ", καθώς και των συμβόλων της αντίστασης κατά της δικτατορίας που βρίσκονται στην είσοδο του κτιριακού συγκροτήματος, από τη 1:00 έως την ανατολή του ηλίου.

### Επίλογος

Ο φωτισμός στο σύνολο του κτιριακού συγκροτήματος συνδυάζει δύο έξυπνα συστήματα φωτισμού, του λειτουργικού και του φωτισμού ανάδειξης. Κύριο μέλημα της πρότασης φωτισμού ήταν η προστασία του μνημείου και η ανάδειξη της αρχιτεκτονικής του με τον πλέον βιώσιμο τρόπο - εξοικονόμηση ενέργειας, αποφυγή φωτορύπανσης με τον μικρότερο δυνατό αριθμό φωτιστικών σωμάτων.

Η συνολική εγκατάσταση αποτελεί ένα παράδειγμα σχεδιασμού και υλοποίησης γενικού σχεδίου φωτισμού πόλης

**8.** Ειδικές απαιτήσεις απόδοσης χρωμάτων CRI > 90, 3.000 K για τονισμό των χρωματικών λεπτομερειών. Το έργο είχε ως στόχο να δημιουργηθεί χώρος χωρίς φωτορύπανση. Όλα τα φωτιστικά είτε είχαν προστατευτικά καλύμματα είτε ήταν τοποθετημένα μέσα στο περιστύλιο.



9.  
 Η ιδέα φωτισμού χρησιμοποιεί ως κύρια έννοια τη θεωρία της "απλότητας"- απλότητα στο να εστιάζεις την προσοχή στο μνημείο και όχι στον φωτισμό. Η απόδοση φωτισμού στο 100% χρησιμοποιείται μόνο για ειδικές περιπτώσεις.

(light masterplan). Το ιστορικό συγκρότημα του Ε.Μ.Π. θα λειτουργήσει ως ένα "ζωντανό εργαστήριο", ένας χώρος επίδειξης, ο οποίος θα συνδυάζει υπερασύγχρονα φωτιστικά, ασύρματο έλεγχο και ποικίλες τεχνικές φωτισμού. Οι χρήστες και οι επισκέπτες του χώρου θα μπορούν να γνωρίσουν από κοντά ένα έργο υψηλής ποιότητας και να βιώσουν τα οφέλη του. Αυτό το ζωντανό εργαστήριο θα προσελκύει τόσο τους προπτυχιακούς φοιτητές της Αρχιτεκτονικής Σχολής Ε.Μ.Π. που στεγάζονται στο κτιριακό συγκρότημα, όσο και τους μεταπτυχιακούς φοιτητές του μεταπτυχιακού προγράμματος "Σχεδιασμός φωτισμού" του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου (Ε.Α.Π.) αλλά και φοιτητές από άλλα ελληνικά πανεπιστήμια. Η μελέτη φωτισμού πραγματοποιήθηκε από τον Λάμπρο Δούλο, Allight - Lighting Experts και η εγκατάσταση έγινε από την εταιρεία REDEX.

Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες για την ψυχική του έργου προστονκ. Ιωάννη Χατζηγεωργίου, πρότανη Ε.Μ.Π. και προστους κ.κ. Παναγιώτη Τουρνικιώτη, κοσμήτορα Αρχιτεκτονικής Ε.Μ.Π., Τηλέμαχο Ανδριανόπουλο αναπληρωτή καθηγητή Ε.Μ.Π. και Φραγκίσκο Τοπαλή, ομότιμο καθηγητή Ε.Μ.Π.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021 "Τεχνητός και φυσικός φωτισμός κτιρίων".
- EN 12464-2 Light and lighting. Lighting of work places. Outdoor work places.
- Donatello S., et al., **revision of the EU green public procurement criteria for road lighting and traffic signals**, EUR 29631 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-79-99077-9, doi:10.2760/372897, JRC115406.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΤΟ "ΚΤΙΡΙΟ"

- **Ο φωτισμός ανάδειξης στο κτίριο γραφείων "ORBIT"**. Τεύχος 1/2021, σελ. 98.
- **Ο φωτισμός ως οργανικό τμήμα του τοπίου. Η πλατεία Νυμφών στη Βουλιαγμένη**. Τεύχος 4/2022, σελ. 98.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ & ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΑΡΘΡΑ

στην ιστοσελίδα [www.ktirio.gr](http://www.ktirio.gr)