



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού
Τμήμα Εσωτερικής Αρχιτεκτονικής
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα :
Αρχιτεκτονική Εσωτερικών Χώρων, Αειφορικός και Κοινωνικός Σχεδιασμός

Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία

Η διάσταση του ανθρωποκεντρικού φωτισμού στο κτιριακό περιβάλλον - Η περίπτωση των γραφείων

Πανουκλιά Δήμητρα

Επιβλέπων Καθηγητής: Λάμπρος Δούλος

Αθήνα 2023



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού
Τμήμα Εσωτερικής Αρχιτεκτονικής
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα :
Αρχιτεκτονική Εσωτερικών Χώρων, Αειφορικός και Κοινωνικός Σχεδιασμός

Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία

Η διάσταση του ανθρωποκεντρικού φωτισμού στο κτιριακό περιβάλλον - Η περίπτωση των γραφείων

Δήμητρα Πανουκλιά

Επιβλέπων Καθηγητής:
Λάμπρος Δούλος

Αθήνα 2023



University of West Attica
School of Applied Arts and Culture
Department of Interior Architecture
Title of Post Graduate Program:
MSc in Interior Architecture: Sustainable and Social Design

Diploma Thesis

The aspect of human-centric lighting in building environment - The case of office spaces

Dimitra Panouklia

Supervisor:
Lampros Doulos

Athens 2023



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού
Τμήμα Εσωτερικής Αρχιτεκτονικής
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα :
Αρχιτεκτονική Εσωτερικών Χώρων, Αειφορικός και Κοινωνικός Σχεδιασμός

Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία

Η διάσταση του ανθρωποκεντρικού φωτισμού στο κτιριακό περιβάλλον - Η περίπτωση των γραφείων

Μέλη εξεταστικής επιτροπής συμπεριλαμβανόμενου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι
Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	Δρ. Λάμπρος Δούλος	Αναπληρωτής Καθηγητής	
2	Δρ. Μάρω Σίνου	Αναπληρωτρια Καθηγήτρια	
3	Δρ. Σωκράτης Γιαννούδης	Αναπληρωτής Καθηγητής	

Η κάτωθι υπογεγραμμένη ΠΑΝΟΥΚΛΙΑ ΔΗΜΗΤΡΑ του ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ, με αριθμό μητρώου ssd19013 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ, ΑΕΙΦΟΡΙΚΟΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ του Τμήματος ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ της Σχολής ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα
ΠΑΝΟΥΚΛΙΑ ΔΗΜΗΤΡΑ



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Από την αυγή του ανθρώπινου πολιτισμού, το φως αποτελώντας απαραίτητο στοιχείο της ζωής, αναδύθηκε ως έννοια της θεϊκής ουσίας, λατρεύτηκε, αναζητήθηκε και, εν τέλει, επίδρασε καταλυτικά στην διαμόρφωση της αρχιτεκτονικής. Η επιστημονική τομή της ανακάλυψης του ηλεκτρισμού, με αέναη πλέον διαθεσιμότητα φυσικού και τεχνητού φωτός, προσέδωσε υλικότητα στο φως, μετατρέποντάς το σε κύριο δομικό χαρακτηριστικό του χώρου. Φως και σκιά προσδίδουν στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό εκφραστική δύναμη και διαφορετικές βιωματικές προσεγγίσεις, ενώ ταυτόχρονα συνδέουν τον αρχιτεκτονικό χώρο με τη δυναμική του φυσικού κόσμου.

Το αειφόρο φυσικό φως με την αστείρευτη μεταβλητότητά του και το ενεργοβόρο τεχνητό φως με την πολλαπλότητα εφαρμογών, συνδέουν τον άνθρωπο με το περιβάλλον μέσω της λειτουργίας της όρασης. Οι οπτικές και μη οπτικές (βιολογικές και συμπεριφορές) επιρροές του φωτός, η εξασφάλιση της ορατότητας και η ικανοποίηση σωματικών, νοητικών και συναισθηματικών αναγκών, είναι στο επίκεντρο του σχεδιασμού και της σύνθεσης των ποιοτήτων του ανθρωποκεντρικού φωτισμού. Το τεχνητό φως ιδιαίτερα, μπορεί να τροποποιηθεί σε χρόνο, ένταση, φάσμα και κατανομή, με δυναμικές εγκαταστάσεις και διακυμαινόμενες ισορροπίες ψυχρού και θερμού φωτισμού, μιμούμενο πλέον τη φασματική ποικιλότητα του φυσικού φωτός.

Συστήματα αξιολόγησης, όπως LEED και WELL Building Standard, θέτουν κριτήρια ποιότητας και προωθούν τη δημιουργία βέλτιστων συνθηκών προς την κατεύθυνση του ανθρωποκεντρικού φωτισμού. Η εφαρμογή τους μέσω μοντέλων, ειδικά στους χώρους γραφείων, όπου υπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις φωτισμού και συγχρόνως ανάγκη εξυπηρέτησης συγκεκριμένων οπτικών απαιτήσεων για τους εργαζόμενους, κρίνεται πλέον αναγκαία, καθώς μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση της αποδοτικότητας και της ικανοποίησης των εργαζόμενων με εφαρμογές ανθρωποκεντρικού φωτισμού, καθώς και στη ρύθμιση της έντασης και θερμοκρασίας χρώματος, προσφέροντας το κατάλληλο φως την κατάλληλη χρονική στιγμή.

Μέσω της ανάλυσης των κανονισμών και συνθηκών του γραφειακού φωτισμού αναζητείται περαιτέρω εμπέδωση της νέας ανθρωποκεντρικής

πραγματικότητας που συσχετίζει ανθρώπινη παρέμβαση, τεχνητό φωτισμό και τεχνολογία. Τις συγκεκριμένες αρχές φωτισμού, με παραδείγματα και πρακτικές εφαρμογές, αναζητεί, καταγράφει και μελετά η παρούσα εργασία.

Λέξεις κλειδιά:

Φως, Τεχνητός φωτισμός, Ανθρωποκεντρικός φωτισμός, Κιρκάδιος ρυθμός, Φωτισμός Γραφείων, δυναμικός φωτισμός, Σχεδίαση φωτισμού, Σενάρια φωτισμού

ABSTRACT

Since the dawn of human civilization, light, as an essential element of life, emerged as a concept of divine substance, was worshipped, sought after, and ultimately had a catalytic influence on the shaping of architecture. The scientific breakthrough of discovering electricity, with its constant flux of natural and artificial light, endowed light with materiality, transforming it into a primary structural characteristic of space. Light and shadow imbue architectural design with expressive power and different experiential approaches, simultaneously connecting architectural space with the dynamics of the natural world.

Sustainable natural light, with its inexhaustible variability, and energy-consuming artificial light, with its multitude of applications, connect humanity to the environment through the function of vision. The optical and non-optical (biological and behavioral) influences of light, ensuring visibility and satisfying physical, cognitive, and emotional needs, lie at the core of anthropocentric lighting design. Artificial light, in particular, can be modified in terms of time, intensity, spectrum, and distribution, with dynamic installations and fluctuating balances of cool and warm lighting, imitating the spectral diversity of natural light.

Assessment systems, such as LEED and WELL Building Standard, establish quality criteria and promote the creation of optimal conditions toward anthropocentric lighting. Its implementation through models, especially in office spaces, with increasing lighting demands and the need to meet specific visual requirements for employees, is now deemed necessary, further contributing to efficiently improvements and employee satisfactions using anthropocentric lighting applications, as well as regulating light intensity and color temperature, providing the appropriate light at the right moment.

Through the analysis of regulations and conditions of office lighting, further consolidation of the new anthropocentric reality, which correlates human intervention, artificial lighting, and technology, is sought. The presented thesis studies these specific lighting principles through examples and practical applications.

Keywords:

Light, Artificial Lighting, Human Centric Lighting, Circadian Rhythm, Office Lighting, Dynamic Lighting, Lighting Design, Lighting Scenarios

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	14
ΦΩΣ-ΑΝΘΡΩΠΟΣ-ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	14
1.1 ΦΩΣ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΠΑΡΞΗ	14
1.2 Η ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΤΟΥΣ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥΣ – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	15
1.2.1 Η ΛΑΤΡΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ	16
1.2.2 ΤΟ «ΙΕΡΟ» ΦΩΣ	19
1.2.3 ΤΟ ΦΩΣ ΜΕΤΑ ΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ	25
1.3 ΔΙΠΤΥΧΟ ΦΩΤΟΣ-ΣΚΙΑΣ	26
1.4 Η ΥΛΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ.....	28
1.5 Η ΠΟΛΥΕΠΙΠΕΔΗ ΥΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	31
ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ, ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΚΙΡΚΑΔΙΟΙ ΡΥΘΜΟΙ	31
2.1 Η ΑΕΝΑΗ ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΟΣ.....	31
2.2 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	33
2.2.1 Η ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	33
2.2.2 ΤΕΧΝΗΤΟ ΦΩΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ, ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΟΤΤΟ ΡΙΕΝΕ.....	34
2.3 ΦΥΣΙΚΟΣ-ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΕΙΦΟΡΙΑ	35
2.4 Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ.....	36
2.4.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	36
2.4.2 Ο ΛΕΟΝΑΡΔΟ ΔΑ ΒΙΝΤΣΙ ΚΑΙ Η ΕΡΕΥΝΑ ΤΟΥ.....	38
2.4.3 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ	39
2.5 ΚΙΡΚΑΔΙΟΙ ΡΥΘΜΟΙ.....	42
2.5.1 Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΓΑΓΓΛΙΑΚΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ ipRGCs.....	42
2.5.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΟΥΣ ΚΙΡΚΑΔΙΟΥΣ ΡΥΘΜΟΥΣ.....	44
2.5.3 ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΚΙΡΚΑΔΙΑΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	45
2.6 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΚΙΡΚΑΔΙΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	46
2.7 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟΚΕΝΤΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΝΘΡΩΠΟΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	50
3.1 ΑΝΘΡΩΠΟΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΟ ΦΩΣ	50
3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	51
3.3 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).....	55
3.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ LEED	55

3.3.2	LEED v.4	56
3.3.3	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ LEED ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ.....	57
3.3.4	LEED ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΣ.....	59
3.3.4.1	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (Interior Lighting).....	60
3.3.4.2	ΦΥΣΙΚΟ ΦΩΣ (Daylight).....	61
3.4	WELL Building Standard.....	62
3.4.1	Η ΙΔΡΥΣΗ ΤΟΥ WELL Building Standard	62
3.4.2	WELL v.2	63
3.4.3	Η ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ “ΦΩΤΙΣΜΟΣ” στο WELL v.2	64
3.4.4	ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	65
3.4.4.1	ΈΚΘΕΣΗ ΣΤΟ ΦΩΣ	65
	(L01 : Lighting Exposure)	65
3.4.4.2	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ.....	66
	(L02: Visual Lighting Design).....	66
3.4.5	ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	66
3.4.5.1	ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΙΡΚΑΔΙΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	66
	(L03: Circadian Lighting Design)	66
3.4.5.2	ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΑΜΒΩΣΗΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	67
	(L04: Electric Light Glare Control).....	67
3.4.5.3	ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	67
	(L05 : Lighting Design Strategies)	67
3.4.5.4	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	69
	(L06: Daylight Simulation)	69
3.4.5.5	ΟΠΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	69
	(L07: Visual Balance).....	69
3.4.5.6	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	70
	(L08: Electric Light Quality).....	70
3.4.5.7	ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ.....	71
	(L09: Occupant Lighting Control).....	71
3.4.6	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ του WELL v.2	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	74
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΓΡΑΦΕΙΩΝ	74
4.1	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΓΡΑΦΕΙΩΝ.....	75
4.2	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	80
4.2.1	ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1, DELOS HQ.....	82
4.2.2	ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2, ASID HQ.....	85

4.2.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 3, INNOGY ΗQ.....	88
4.2.4 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4, GYMSHARK ΗQ.....	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ - ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΧΩΡΩΝ ΓΡΑΦΕΙΟΥ.....	95
5.1 ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	95
5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	96
5.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΑΙΘΟΥΣΩΝ.....	98
5.4 ΠΡΩΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ – ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	100
5.4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	100
5.4.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1, ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ.....	101
5.4.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2, ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ.....	106
5.5 ΔΕΥΤΕΡΟ ΣΕΝΑΡΙΟ – ΑΝΘΡΩΠΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	110
5.5.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	110
5.5.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1, ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ.....	112
5.5.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2, ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ.....	117
5.6 ΤΡΙΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ – ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ.....	121
5.6.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	121
5.6.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1, ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ.....	122
5.6.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2, ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ.....	127
5.7 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	132
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	133
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	133
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	139
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	146
ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	146

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το φως ως απαραίτητο στοιχείο της ζωής απέκτησε θεμελιώδη ρόλο για την ανθρώπινη ύπαρξη, αποτελώντας βασική παράμετρο για την οπτική αντίληψη όλων των αντικειμένων που μας περιβάλλουν. Φυσικό και τεχνητό, μέσω της λειτουργίας της όρασης ορίζει το χώρο, αποκαλύπτει την πολυπλοκότητα στις φόρμες και δίνει διάσταση στις μορφές.

Ως προς το βιολογικό σκέλος, ο φωτισμός έχει επιβεβαιωθεί, από τις επιστημονικές μελέτες των τελευταίων δεκαετιών, πως αποτελεί κύριο παράγοντα για τον συγχρονισμό του κικκάδιου ρυθμού με το εξωτερικό περιβάλλον και εξελικτικά επηρεάζοντας τη φυσιολογική λειτουργία του ανθρώπου. Ο εγκέφαλος διαθέτει φωτοευαίσθητα γαγγλιακά κύτταρα στον αμφιβληστροειδή (ipRGCs) τα οποία επιδρούν σε βασικές λειτουργίες για την υγεία και την ποιότητα ζωής, όπως για παράδειγμα η ρύθμιση του ύπνου και ο συγχρονισμός του κικκάδιου ρολογιού με τις εναλλαγές ημέρας-νύχτας.

Στους χώρους γραφείων όπου οι απαιτήσεις φωτισμού είναι αυξημένες και ταυτόχρονα υπάρχει ανάγκη για την επίτευξη κατάλληλων οπτικών συνθηκών που επηρεάζουν άμεσα την υγεία, την ευημερία και την αποδοτικότητα των εργαζομένων, η συμβολή ενός κατάλληλου συστήματος φωτισμού διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο. Η διαρκώς μεταβαλλόμενη σχέση μεταξύ του φωτός και των χρηστών του χώρου είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του οικοσυστήματος του γραφείου, ορίζοντας τον τεχνητό φωτισμό ως δυναμική παραλλαγή του φυσικού φωτισμού.

Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία ανέδειξε λύσεις φωτισμού υψηλής ποιότητας, με τις ανθρωποκεντρικές εφαρμογές φωτισμού να πρωταγωνιστούν. Η ενσωμάτωση ανθρωποκεντρικών κριτηρίων και παραγόντων στους κανονισμούς ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, οι οποίοι κατευθύνουν νέες και υφιστάμενες εγκαταστάσεις ώστε να πληρούν τους ενεργειακούς όρους, αποτέλεσε σημαντικό βήμα προς αυτή την κατεύθυνση. Τα έξυπνα κτίρια έχουν εξελιχθεί στη νέα δυναμική πραγματικότητα, προσφέροντας στους χρήστες τη δυνατότητα να ελέγχουν λειτουργίες όπως ο τεχνητός φωτισμός και να τις προσαρμόζουν στις ανάγκες τους.

Η παρούσα μελέτη εξετάζει σε πολλαπλά επίπεδα ανάλυσης το σύνθετο ζήτημα της αντικατάστασης ενός συστήματος φωτισμού παλαιάς τεχνολογίας σε ένα κτίριο γραφείων, πάντα με γνώμονα ανθρωποκεντρικούς παράγοντες.

Η εργασία αποτελείται από δύο τμήματα, ένα "θεωρητικό" στο οποίο διεξάγεται βιβλιογραφική ανασκόπηση και αναλύονται παραδείγματα εφαρμογών, και ένα "πρακτικό" στο οποίο εξετάζεται η εγκατάσταση φωτισμού ενός κτιρίου γραφείων και μελετώνται διαφορετικές παραδοχές εσωτερικού φωτισμού.

Το πρώτο κεφάλαιο διερευνά τη σχέση του φωτός με την ανθρώπινη ύπαρξη και την αρχιτεκτονική. Μέσα από μια σύντομη ιστορική αναδρομή εξετάζονται οι διαφορετικοί ρόλοι και βιωματικές προσεγγίσεις που αποδόθηκαν στο φως, τόσο το φυσικό όσο και το τεχνητό, με την πάροδο των χρόνων. Επίσης, περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο το φως αποκαλύπτει την πολυπλοκότητα των μορφών και δίνει διάσταση στις μορφές και τις κινήσεις, τονίζοντας έτσι την αναπόφευκτη σχέση του με τον δομημένο κόσμο.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η δυναμική του φωτός και ο τρόπος με τον οποίο η μεταβλητότητά του έχει συμβάλει στις μελέτες για την ενίσχυση της ανθρώπινης σωματικής υγείας με την εφαρμογή κανόνων φωτοβιολογίας. Μέσω της ανάλυσης του ορισμού του φωτός και της φυσιολογίας του οφθαλμού προσεγγίζεται η ανακάλυψη των νέων γαγγλιακών κυττάρων ipRGCs και αναφέρονται χαρακτηριστικά οι τρόποι με τους οποίους το φως επηρεάζει το κερκάρδιο σύστημα και τον χρονοσμό των κερκάρδιων ρυθμών.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται λεπτομερώς η έννοια του ανθρωποκεντρικού φωτισμού και οι τρόποι με τους οποίους οι παράγοντες σχεδιασμού του επηρεάζουν τις εφαρμογές του τεχνητού φωτισμού. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στα διεθνή πρότυπα LEED και WELL Building Standard, με ιδιαίτερη έμφαση στη μέθοδο προσέγγισης του φωτισμού των εσωτερικών χώρων και την κατανόηση των υφιστάμενων κριτηρίων και προδιαγραφών που έχουν θέσει.

Το τέταρτο κεφάλαιο εστιάζει στην ιστορική αναδρομή της αρχιτεκτονικής γραφειακών χώρων, καθώς η αναγνώριση της αξίας των μορφών εργασιακού περιβάλλοντος που υιοθετούν ανθρωποκεντρικές αρχές αποτέλεσε σημαντικό σταθμό στην εξέλιξη του σχεδιασμού των γραφείων και τροποποίησε σημαντικά τη μορφή και τον τρόπο οργάνωσής τους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τέσσερα παραδείγματα εγκαταστάσεων φωτισμού σε πιστοποιημένα κτίρια γραφείων. Μέσα από τη διερεύνηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους εξετάζονται οι στρατηγικές φωτισμού που εφαρμόστηκαν και διερευνώνται οι μηχανισμοί που τις διέπουν.

Το δεύτερο και «πρακτικό» μέρος της μελέτης, το οποίο περιλαμβάνει το πέμπτο κεφάλαιο, συνιστά μία προσπάθεια προσέγγισης του φωτισμού των γραφείων που εξετάστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια μέσα από διαφορετικές προοπτικές. Αρχικά, περιγράφεται η επιλεγμένη περιοχή μελέτης και πιο συγκεκριμένα το κτίριο γραφείων της Διεύθυνσης Τεχνικών Έργων Π.Ε. Αρκαδίας. Μέσω της δημιουργίας τριών "σεναρίων" φωτισμού, διερευνάται ο βαθμός στον οποίο τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τεχνητού φωτισμού μπορούν να λειτουργήσουν συνδυαστικά με ενεργειακή, ανθρωποκεντρική και αισθητική προσέγγιση.

Τέλος, η εργασία ολοκληρώνεται με το έκτο κεφάλαιο, όπου και καταγράφονται τα συμπεράσματα της έρευνας έπειτα από τη συγκριτική θεώρηση και ανάλυση των αποτελεσμάτων των τριών «σεναρίων» φωτισμού.

*“Γεννιόμαστε από το φως.
Αισθανόμαστε τις εποχές μέσω του φωτός.
Αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο
μόνο όπως το φως μας τον αποκαλύπτει...”*

Louis Khan

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΦΩΣ-ΑΝΘΡΩΠΟΣ-ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

1.1 ΦΩΣ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΠΑΡΞΗ

Το φως είναι απαραίτητο στοιχείο της ανθρώπινης ύπαρξης, με βαθιές επιρροές στη ζωή μας και τον τρόπο που βιώνουμε τον κόσμο. Επηρεάζει τις δραστηριότητες του ανθρώπου και την ψυχική του κατάσταση.¹ Φυσικό και τεχνητό, ως μέσο ορίζει το χώρο, προβάλλει τα υλικά, κάνει δυνατή την αντίληψη των παραλλαγών στις χρωματικές αποχρώσεις. Αποκαλύπτει την πολυπλοκότητα στις φόρμες και δίνει διάσταση στις μορφές και τις κινήσεις του κόσμου και των υποκειμένων.²

Το ίδιο το φως δε γίνεται αντιληπτό, η παρουσία του όμως μας αγγίζει έμμεσα. Υπάρχει σε όλο το σύμπαν, από τα πιο μακρινά τμήματα του διαστήματος μέχρι και τα κοντινά μας τοπία. Όπως ανέφερε ο Γ. Γραμματικάκης: *“Μέσω του φωτός βλέπουμε τα αντικείμενα, τα χρώματα ή την κίνησή τους, όπως τα συνθέτει ο εγκέφαλος... Με κάποια έννοια ζούμε μέσα στο φως, δημιουργούμε υπό τη σκέπη του, υπάρχουμε χάρη σε αυτό.”*³ Το φως σαν έννοια δεν εγκλωβίζεται μόνο σ’ ένα καλούπι ούτε περιορίζεται στο ρόλο του απλού μέσου, καθώς είναι κάτι περισσότερο. Η ύπαρξη του ενεργοποιεί και μεταβάλλει τον κόσμο, μετατρέποντας το έτσι σε ενεργό συστατικό της κοινωνικής ζωής κάθε πολιτισμού.⁴

Αυτός ο αινιγματικός όρος αποτέλεσε αντικείμενο διαμάχης σε όλη την ιστορική διαδρομή της ανθρωπότητας και συνδέθηκε με πληθώρα εγγενών σημασιών, όπως το άπειρο του χώρου, το πέρασμα του χρόνου – παρελθόν, παρόν, μέλλον -, την κίνηση και την ενέργεια. Ήταν πάντα θέμα συζήτησης και συνεχών προβληματισμών για την τέχνη, τη φιλοσοφία, την αρχιτεκτονική και τις άλλες επιστήμες. Η πολύπλευρη φύση του οδήγησε σημαντικές προσωπικότητες, όπως οι Lucretius, Rene Descartes,

¹ M. Saleh Uddin, *“Simulation of Daylight in the Architecture of Louis I. Kahn: A Study of the Un-built Hurva Synagogue”*, ARCHITECTURE ‘in computro’ Integrating methods and techniques, Πρακτικά του 26ου συνεδρίου ‘Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe’, 2008, σ. 732

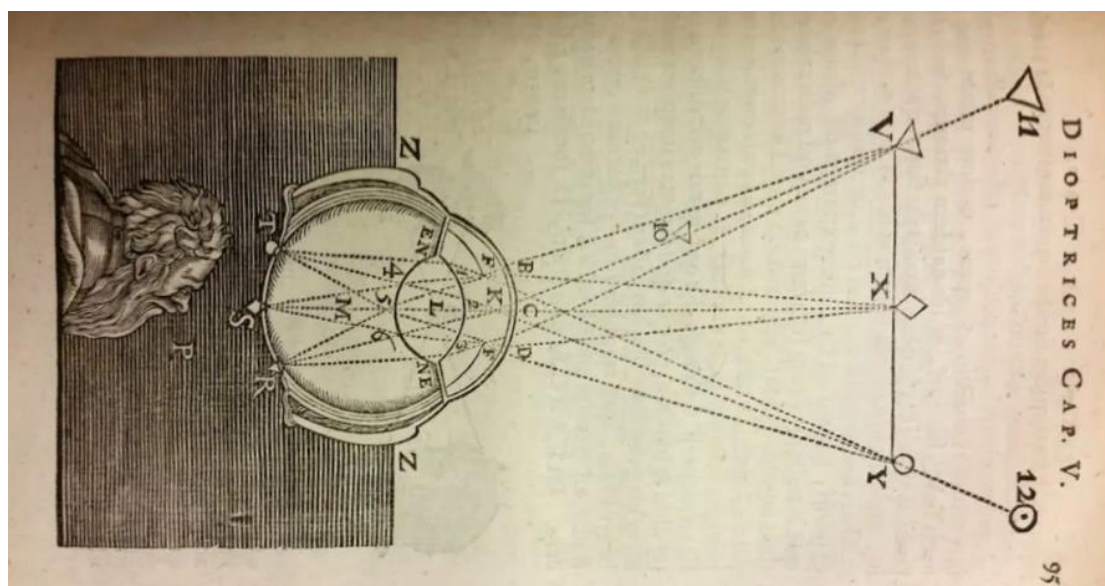
² Θεόδωρος Κοντορόγας, *“Φως και αρχιτεκτονική: Αρχιτεκτονικός Φωτισμός”*, Άνθρωπος και Χώρος Αρχιτεκτονικό Περιοδικό, site: www.akx.gr, λήμμα: αρχιτεκτονικός φωτισμός, Ημερ. Ανάκτησης: 12/08/2022

³ Γιώργος Γραμματικάκης, *“Η αυτοβιογραφία του φωτός”*, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, 2005, σ. 25

⁴ Mikkel Bille, Tim Flohr Sørensen, *“An Anthropology of Luminosity: The Agency of Light”*, Sage, Journal of Material Culture, Τόμος 12, No. 3, 2007, σ. 281

Maurice Merleau-Ponty⁵ να διερωτηθούν για τον ορισμό του φωτός και πώς το διαισθάνονται οι άνθρωποι.⁶

Οι διάφοροι επιστήμονες προσέγγισαν το φως με διαφορετικούς τρόπους, ανάλογα με το γνωστικό αντικείμενο και τις ειδικές τους γνώσεις. Οι ψυχολόγοι ενδιαφέρθηκαν για τη φυσιολογική και ψυχολογική απόκριση των ανθρώπων στο φως. Οι θετικές επιστήμες το αντιμετώπισαν ως ένα φυσικό φαινόμενο, ενώ οι βιολόγοι εστίασαν στις ακτίνες του ήλιου ως μια από τις βασικές προϋποθέσεις ύπαρξης ζωής στον πλανήτη.



Εικόνα 1.1 Σχέδιο από το βιβλίο του Descartes για την όραση «La Dioptrique» 1637, πηγή: circulatingnow.nlm.nih.gov

1.2 Η ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΤΟΥΣ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥΣ – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Πολύ πριν το φως γίνει αντικείμενο μελέτης των επιστημών, του αποδόθηκε θεϊκή υπόσταση. Ανάλογα με το σημείο που βρισκόμαστε και τον πολιτισμό με τον οποίο συνδεόμαστε, η ενδιαφέρουσα φύση του εμπνέει τη δημιουργία εικόνων και μύθων. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του φωτός σε διάφορες τοποθεσίες ανά τον κόσμο επηρεάζουν βαθιά τις κοσμογονίες και τις μυθολογίες των ανθρώπων που τις κατοικούν, δημιουργώντας έναν ιδιαίτερο δεσμό μεταξύ ανθρώπου, περιβάλλοντος και φωτός.⁷

⁵ *Lucretius* (95-55 π.Χ.): Ρωμαίος ποιητής και φιλόσοφος,
René Descartes (1596-1650 μ.Χ.): Γάλλος μαθηματικός, επιστήμονας και φιλόσοφος,
Maurice Merleau-Ponty (1908-1961 μ.Χ.): Γάλλος φαινομενολόγος

⁶ Mikkel Bille, Tim Flohr Sørensen, “*An Anthropology of Luminosity: The Agency of Light*”, σ. 265

⁷ Γιώργος Γραμματικάκης, “*Η αυτοβιογραφία του φωτός*”, σ. 30

1.2.1 Η ΛΑΤΡΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ

Η γνωστή αφήγηση του φυσικού φωτός ξεκινά με την πηγή του, τον ήλιο. Σ' όλη την ιστορική διαδρομή της ανθρωπότητας η έλλειψη του φωτός εκπροσωπούσε το κακό. Το σκοτάδι συνδέεται με φόβους, τον θάνατο και τις σκοτεινές δυνάμεις του εαυτού μας και της φύσης. Αντίθετα, το φως του ήλιου έγινε συνώνυμο της σοφίας και της αλήθειας. Το δίπολο φως-σκοτάδι πρωταγωνιστεί στις μυθολογικές και πολιτιστικές διαδρομές κάθε εποχής και τόπου.

Στην αρχαία Αίγυπτο, μια από τις πιο σημαντικές και ευρέως σεβαστές θεότητες αποτέλεσε ο Ra. Ήταν ο θεός δημιουργός, που γέννησε τα στοιχεία της Γης και τους υπόλοιπους θεούς. Θεωρήθηκε ότι ήταν ο ίδιος ο ήλιος και ενσάρκωνε τη δύναμή του. Ένας θεός που με τη φορηγίδα του περιόδευε στους ουραμούς όλη την ημέρα και κατέβαινε στον κάτω κόσμο μετά το ηλιοβασίλεμα.⁸ Αντίστοιχα, στην Ινδία, ο θεός του ήλιου ονομαζόταν Surya και αναφερόταν ως ο δημιουργός του σύμπαντος και πηγή κάθε ζωής. Σύμφωνα με τον μύθο, ο θεός ταξίδευε κάθε ημέρα στον ουρανό με το χρυσό του άρμα το οποίο έσερναν επτά άλογα και το οδηγούσε ο Aruna, η προσωποποίηση της Αυγής. Ο Surya εξακολουθεί να είναι μια σημαντική θεότητα στον Ινδουισμό ακόμα και σήμερα.⁹

Στον ελληνικό κόσμο, η λατρεία του Ήλιου συνδέθηκε με τον θεό Απόλλωνα. Ενώ στην αρχή της ελληνικής μυθολογίας ο Τιτάνας Ήλιος ήταν αυτός που οδηγούσε καθημερινά ένα άρμα από την ανατολή προς τη δύση κατά μήκος του ουρανού, σε μεταγενέστερους χρόνους ο Απόλλωνας πήρε τη θέση του. Αναφερόταν όλο και περισσότερο ως ο θεός του ήλιου και η αδερφή του η Άρτεμις περιγράφεται ως η Σελήνη. Ο Θεός Απόλλωνας ήταν πλέον αυτός που διέτρεχε κάθε μέρα τον ουρανό με το άρμα του, φέρνοντας φως στην οικουμένη.¹⁰

Ο ήλιος αποτελούσε την πηγή της ζωής και συντρόφευε τον φωτοτροπικό άνθρωπο από τη γέννηση μέχρι το θάνατό του, καθοδηγώντας και συντροφεύοντάς τον. Πάντα συνοδευόμενος από τη Σελήνη και τα αστέρια που δίνουν φως στη νύχτα, ο Ήλιος μέσα από τις μυθολογίες κάθε εποχής έγινε συνώνυμο του ίδιου του φωτός. Οι δύο αυτές έννοιες είναι αδιαίρετες πολιτισμικά και αρχιτεκτονικά, εξασφαλίζοντας έτσι τη συνεχή τους εμφάνιση στην πορεία των χρόνων ως έννοιες στην αρχιτεκτονική.

⁸ Karen Bryson, "Re: Sun King of the Egyptian Gods", Arce, American Research Center in Egypt, site: www.arce.org, λήμμα: Ra god of Egypt, Ημερ. Ανάκτησης: 22/08/2022

⁹ Mark Catwright, "Surya", World History Encyclopedia, 2016, site: www.worldhistory.org, λήμμα: Surya, Ημερ. Ανάκτησης: 22/08/2022

¹⁰ "Helios, Greek god", Britannica, site: www.britannica.com, λήμμα: Ήλιος, Ημερ. Ανάκτησης: 22/08/2022

Το φως του ήλιου μετατράπηκε σε ένα χωρικό μέσο αφήγησης έχοντας ως πρωταγωνιστή τον ίδιο τον άνθρωπο, με τους αρχιτέκτονες να προσπαθούν να στηριχτούν στις καθημερινές και ετήσιες κινήσεις του. Από το Stonehedge μέχρι τους ηλιακούς ναούς, η αρχιτεκτονική των αρχαίων πολιτισμών μνημειοποίησε τον ρόλο του ήλιου στην κοσμογονία τους, αποκαλύπτοντας την άμεση σχέση του με τον άνθρωπο και τη βαθιά γνώση των αστρονομικών γεγονότων και μοτίβων που κατείχαν οι λαοί.

Τα απλά γεωμετρικά σχήματα που χρησιμοποιούνταν στην Αιγυπτιακή Αρχιτεκτονική δε χρειαζόνταν κάποια πρόσθετη διακόσμηση πέρα από τα ανάγλυφα και τα ιερογλυφικά για να βρίσκονται σε ιδανική σχέση με το γύρω τοπίο. Οι ναοί της αρχαίας Αιγύπτου που προκαλούσαν δέος σχεδιάστηκαν για να ενισχύσουν τη σημασία των θεών και έρχονταν σε αντίθεση με την επίπεδη έρημο, του ορεινούς όγκους δίπλα από την κοιλάδα του ποταμού Νείλου και τον ουρανό. Αυτή η αισθητική σχέση που αναπτύχθηκε μεταξύ αρχιτεκτονικής και τοπίου ήταν συνειδητή, με τον Νείλο, τον ήλιο, τη σελήνη και τα άστρα με τις περιοδικές τροχιές τους να τοποθετούνται στο επίκεντρο.¹¹

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτέλεσαν οι δύο ναοί του Abu Simbel, που χτίστηκαν γύρω στα 1250 π.Χ., με τον μεγαλύτερο να έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε δύο φορές το χρόνο το φως να φτάνει για λίγες στιγμές μόνο στο ιερό. Είναι μια υπόσκαφη κατασκευή, ένας ολόκληρος ναός μέσα στο βουνό με τη μορφή τεχνητής σπηλιάς. Η είσοδος ανάμεσα στα δύο κεντρικά αγάλματα οδηγεί μέσω σειράς αιθουσών και δωματίων σε μια στενή εγκάρσια αίθουσα, στον πίσω τοίχο της οποίας βρίσκεται το κεντρικό ιερό.¹² Ο ήλιος λάμπει απευθείας στο ιερό δύο ημέρες το χρόνο. Αν και δεν υπάρχουν ιστορικές αναφορές που να το επιβεβαιώνουν, οι επιστήμονες πιστεύουν ότι αυτές οι δύο ημερομηνίες ήταν τα γενέθλια και η στέψη του βασιλιά, 21 Φεβρουαρίου και 22 Οκτωβρίου αντίστοιχα.¹³

¹¹ Robert Furneau-Jordan, *“Ιστορία της αρχιτεκτονικής”*, Εκδόσεις Υποδομή, 1981, Μετάφραση: Δημήτρης Ηλιάς, σ. 27

¹² Edward Bell, *“The architecture of Ancient Egypt, A Historical Outline”*, G. Bell and Sons, 1915, σσ. 150-151

¹³ Mosalam Shaltout, *“Astronomical interpretation for sun perpendicularity in Abu Simbel Temple Phenomenon”*, 2015

Εικόνα 1.2 Ναός Abu Simbel, πηγή: www.etltravel.com
Εικόνα 1.3 Ερέχθειον, πηγή: www.mixanitouxronou.gr



Στην Αρχαία Ελλάδα, οι ναοί υψώνονταν πάνω από τον γύρω περίβολό τους υπενθυμίζοντας συνεχώς στους ανθρώπους την ύπαρξη των θεών. Ως η κατοικία του θεού στον οποίο ήταν αφιερωμένοι στέγαζαν στο βάθος τους το λατρευτικό άγαλμα, με τους πιστούς να συγκεντρώνονται στον περιβάλλοντα χώρο έξω από το κτήριο του ναού για την προσφορά θυσιών και την άσκηση της λατρείας. Αν και οι ναοί ήταν σχεδιασμένοι να φαίνονται από μακριά, μόνο αν πλησίαζε ο επισκέπτης και έφτανε σε ένα συγκεκριμένο σημείο μπορούσε να τα δει όλα με μια ματιά, να κατανοήσει και να θαυμάσει το σύνολο, σε ένα παιχνίδι αρχιτεκτονικής σκηνοθεσίας.¹⁴ Η τοποθέτησή τους και η μορφολογία τους δεν ήταν τυχαίες, αλλά είχαν ως στόχο να συλλάβουν το φυσικό φως και να δημιουργήσουν τις κατάλληλες σκιές και αντιθέσεις. Αναδεικνύοντας κάποια βασικά στοιχεία του συνόλου κατάφεραν να αποφύγουν το σβήσιμο των όγκων του ναού κάτω από το έντονο μεσογειακό φως.

Οι αρχαίοι Έλληνες, όπως και οι Αιγύπτιοι, είχαν καταφέρει να καταγράψουν τις τροχιές των αστρικών σωμάτων και τις περιόδους τους, καθιερώνοντας ένα ακριβές ημερολόγιο που χρησιμοποιούσαν για τις πολλαπλές ανάγκες τους. Όσον αφορά τον προσανατολισμό των ναών, η περισσότερο αποδεκτή άποψη είναι ότι στην πλειοψηφία τους ήταν κτισμένοι με κατεύθυνση προς την ανατολή, ακολουθώντας την αλλαγή της τροχιάς και της θέσης του ήλιου.¹⁵ Παρόλα αυτά, μερικοί επιστήμονες αμφισβητούν το κατά πόσο αυτή η επιλογή ήταν ηθελημένη και η αστρονομία έπαιζε ρόλο στο αρχικό σχέδιο. Υποστηρίζουν ότι η ελληνική θρησκεία έχει ιδιαίτερα τοπικό χαρακτήρα με πολλούς εμπλεκόμενους παράγοντες για να μπορέσουμε να διατυπώσουμε επιχειρήματα σχετικά με τα γενικά πρότυπα προσανατολισμού, και γι' αυτό εντοπίζονται ναοί με φορά προς το βορρά, το νότο ή και ακόμα και τη δύση.¹⁶

1.2.2 ΤΟ «ΙΕΡΟ» ΦΩΣ

Το φως αναδύθηκε ως έννοια της θεϊκής ουσίας και ως τέτοιο λατρεύτηκε στις ιερές τελετουργίες και την αρχιτεκτονική πολλών πολιτισμών. Εξετάζοντάς το μέσα από το πρίσμα του τελετουργικού και αρχιτεκτονικού του ρόλου προσδιορίζονται και αποκαλύπτονται οι προθέσεις των διαφόρων εποχών. Ήταν και είναι ακόμα ένα πολύ αποτελεσματικό στοιχείο για τη δημιουργία μιας μυστηριακής, συμβολικής και

¹⁴ Robert Furneau-Jordan, *“Ιστορία της αρχιτεκτονικής”*, σσ. 45-48

¹⁵ *“Το μυστήριο πίσω από την τοποθεσία των ναών της Αρχαίας Ελλάδας”*, Η Καθημερινή, 2017, site: www.kathimerini.gr, λήμμα: ελληνικοί αρχαίοι ναοί, Ημερ. Ανάκτησης: 20/08/2022

¹⁶ Efrosyni Boutsikas, *“Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy”*, Κεφάλαιο: Greek Temples and Rituals, Springer, 2014, σσ. 1573–1581

σαγηνευτικής ατμόσφαιρας και ο χειρισμός του αποτέλεσε κύριο παράγοντα στη δημιουργία ιερών και θρησκευτικών κτιρίων.¹⁷

Στον χριστιανισμό το φως χρησιμοποιήθηκε ως μεταφορά, γεγονός που διαφοροποίησε τη φύση του χριστιανικού θεού, με τη λατρεία του ήλιου να απορρίπτεται από τους χριστιανούς ως συνδεδεμένη με πολυθεϊστικές παγανιστικές θρησκείες. Η συσχέτιση του φωτός με τον Θεό και την καλοσύνη έφερε πάλι στο προσκήνιο το δίπολο φωτός-σκιάς και δημιούργησε μια πίστη που το σκοτάδι συνδέεται με τον διάβολο και το κακό. Αυτές οι πεποιθήσεις διαμόρφωσαν τον εσωτερικό φωτισμό των εκκλησιών, ανέπτυξαν την εκφραστικότητα των κτιρίων και αποτέλεσαν ένα θεμελιώδες εργαλείο επικοινωνίας, καθιερώνοντας ένα έντονα συμβολικό λεξιλόγιο που χρησιμοποίησαν οι αρχιτέκτονες.¹⁸

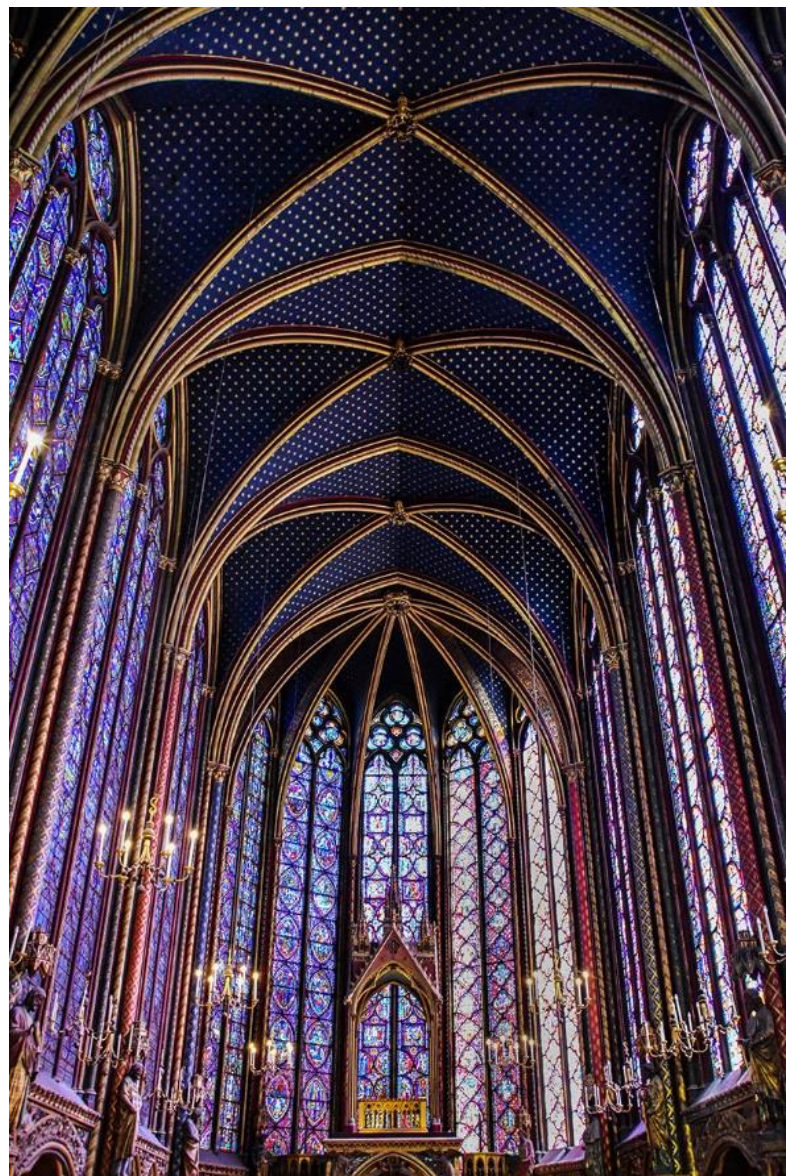
Η ιδιαίτερη ατμόσφαιρα των εκκλησιών δημιουργήθηκε κυρίως με τη βοήθεια της διάταξης των παραθύρων και του προσανατολισμού του κτιρίου. Οι εκκλησίες φωτίζονταν από τα παράθυρα με το φως να πέφτει από ψηλά -από τον ουρανό και τον ίδιο τον Θεό. Τα παράθυρα που κοσμούσαν τη βάση των τρούλων έφερναν στο εσωτερικό το φως του ήλιου, το οποίο με τη σειρά του διασκορπιζόταν στο χώρο και έκανε την εκκλησία να φαίνεται λες και έπλεε μέσα του. Το κατεύθυναν μέσα στο χώρο με τέτοιο τρόπο ώστε να μεγιστοποιηθεί ο αντίκτυπος που είχε στη θρησκευτική τελετουργία και να τονιστούν τα χωρικά σημεία που εξυπηρετούσαν την τελετή και αναπαριστούσαν τον Θεό.

Την κάθοδο της Ευρώπης στον Μεσαίωνα συνόδευσε μια μακρά διακοπή στην ανάπτυξη της αρχιτεκτονικής μορφής και γενικότερες αναταραχές. Η επανεμφάνιση της δόμησης ιερών κτιρίων συνέχισε την ανάπτυξη της αρχιτεκτονικής και της ιδιαίτερης σχέσης της με το φως, καθώς η Ευρώπη εισήλθε σε μια περίοδο σταθερότητας. Σε αυτό το κλίμα εμφανίστηκαν οι ρωμανικές εκκλησίες τον 11ο αιώνα μ.Χ., οι οποίες σχεδιάστηκαν με σαφή σκοπό τη χρήση του φωτός για τη μεγιστοποίηση του θρησκευτικού προγράμματος. Την αυγή το φως κατευθυνόταν προς την περιοχή της Αγίας Τράπεζας, φωτίζοντάς την από πίσω, ενώ το σούρουπο εστιαζόταν στον ιερέα με σκοπό να αναπαρασταθεί η παρουσία του Θεού. Μετά την είσοδό του στον εσωτερικό χώρο, το φως φιλτραριζόταν μέσω των πολλαπλών

¹⁷ Leland M. Roth, Amanda C. Roth Clark, *“Understanding Architecture, Its Elements, History, and Meaning”*, Routledge, 2018, σ. 87

¹⁸ İpek Fitoz, Genco Berkin, *“Space, Light and Beliefs: The use of daylighting in churches and mosques”*, Arkitekt, Τόμος 74, 2007, σσ. 3-6

κιονοστοιχιών και στοών, με τελικό του προορισμό τον γλυπτό διάκοσμο, πάνω στον οποίο έπεφτε και δημιουργούσε σκιάσεις κι αντανάκλασεις.¹⁹ Η επιθυμία των αρχιτεκτόνων της εποχής για την είσοδο περισσότερου φωτός στο κτίριο οδήγησε στη σταδιακή αύξηση του μεγέθους των παραθύρων, με τον θόλο της εκκλησίας να φτάνει όλο και πιο ψηλά, κοντά στον ουρανό.



Εικόνα 1.4 Καθεδρικός ναός ρωμανικού τύπου, πηγή: www.denis-laboure.fr
Εικόνα 1.5 Καθεδρικός ναός γοτθικού τύπου, πηγή: snippetsofparis.com

¹⁹ Robert G. Calkins, "Medieval Architecture in Western Europe: From A.D. 300 to 1500", Oxford University Press, 1998, σσ. 114-115

Παρά τις προσπάθειές της και τις καινοτομίες που εφαρμόστηκαν, η ρωμανική αρχιτεκτονική δεν κατάφερε να ανοιχθεί όσο επιθυμούσε στο φως. Στη νέα φάση στην οποία περνούσε όμως η μεσαιωνική αρχιτεκτονική, το κτίριο της εκκλησίας έπρεπε να γίνει διαφανές, και όταν το κατάφερε αυτό δεν ήταν πλέον ρωμανικό αλλά γοτθικό.²⁰ Η Μεσαιωνική αρχιτεκτονική μετά τον 12ο αιώνα μ.Χ. προερχόταν κυρίως από τη Γαλλία, και ονομάστηκε Γοτθική. Πρόκειται για μια γλυπτική αρχιτεκτονική που άνθισε για 400 χρόνια, μέχρι την αναγεννησιακή αναβίωση της κλασικής αρχαιότητας. Τα χαρακτηριστικά της ήταν το οξυκόρυφο τόξο, η επίστεγη ή μετέωρη αντηρίδα, η νεύρωση του θόλου και οι ραβδώσεις. Όλα τα παραπάνω οδήγησαν στη δημιουργία ενός συστήματος όπου δεν υπήρχαν ουσιαστικά καθόλου τοίχοι, παρά μόνο τεράστια παράθυρα ανάμεσα σε αντηρίδες, με πολλούς μικρούς υαλοπίνακες ώστε τα υαλογραφήματα να γίνουν το κυρίαρχο στοιχείο.²¹

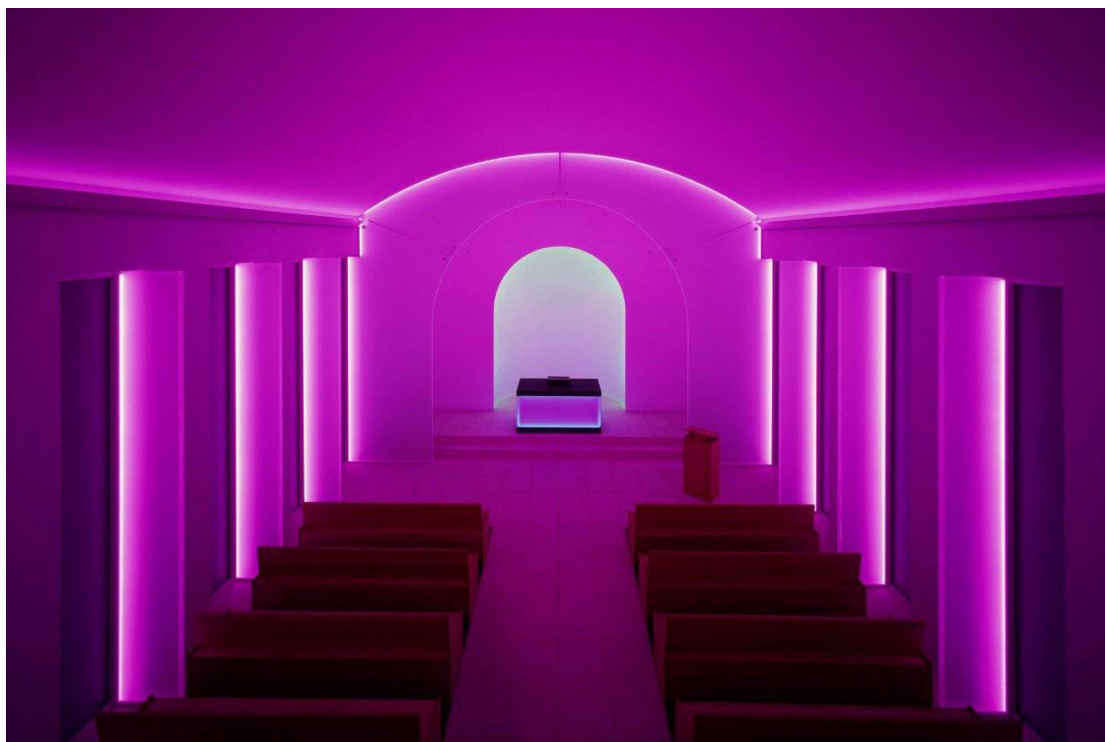
Τα παράθυρα πάντα οδηγούσαν στην καινοτομία, και αυτό μπορεί να φανεί στα υαλογραφήματα των μεγάλων γοτθικών καθεδρικών ναών, όπου ολόκληροι τοίχοι από γυαλί αφηγούνται τη χριστιανική ιστορία. Τα παράθυρα έγιναν οπτικά κηρύγματα βιβλικών ιστοριών και η ολοένα αυξανόμενη παρουσία τους στα ιερά κτίρια άλλαξε σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο ο γενικός πληθυσμός μάθαινε για τη θρησκεία. Το χρώμα που χρησιμοποιήθηκε στο γυαλί συνέβαλε στη δημιουργία μιας ισχυρότερης μυστικιστικής ατμόσφαιρας, με τους πιστούς να αισθάνονται ότι αιωρούνται μέσα στο εκθαμβωτικό αυτό φως.

Η μόνιμη εγκατάσταση φωτισμού του James Turrell στο παρεκκλήσι Kapelle Dorotheenstädtischer Friedhof που πραγματοποιήθηκε το 2015 στο Βερολίνο της Γερμανίας, θέτει επί τάπητος την έννοια των χρωματιστών υαλογραφημάτων των γοτθικών εκκλησιών. Συγκρινόμενο με τη γοτθική εκκλησιαστική αρχιτεκτονική, το παρεκκλήσι που φωτίζει ο Turrell είναι ξεχειλίζει φως και χρώμα, δίνοντας ζωή στην αρχιτεκτονική, συνδέοντας τον υλικό κόσμο με τις κοσμικές διαστάσεις και αφήνοντας πίσω την παραδοσιακή έννοια του φωτισμού. Η αρχιτεκτονική εμφανίζεται αποϋλοποιημένη, απαλλαγμένη από τη σοβαρότητά της και ο επισκέπτης βιώνει

²⁰ Leland M. Roth, Amanda C. Roth Clark, *“Understanding Architecture, Its Elements, History, and Meaning”*, σσ. 335-337

²¹ Robert Furneau-Jordan, *“Ιστορία της αρχιτεκτονικής”*, σσ. 167-169

αμέσως την παρουσία του έντονου καθαρού φωτός των LED. Η προέλευση του φωτός παραμένει πάντα κρυφή.²²



Εικόνα 1.6 Εγκατάσταση φωτισμού στο παρεκκλήσι Kapelle από τον James Turrell, πηγή: haeusler-contemporary.com

Στην Ευρώπη μετά τον αναγεννησιακό θρίαμβο της αρμονίας και της σταθερότητας της μορφής, προέκυψε ένας νέος καλλιτεχνικός κι αρχιτεκτονικός ρυθμός που έγινε γνωστός ως Μπαρόκ, με τον δικό του μοναδικό χειρισμό του φωτός. Η Μπαρόκ αρχιτεκτονική εμφανίζεται στις αρχές του 17ου αιώνα στην Ιταλία και γρήγορα εξαπλώνεται στην υπόλοιπη Ευρώπη. Δανείζεται το λεξιλόγιο της αναγεννησιακής αρχιτεκτονικής και το εμπλουτίζει με τη γλυπτική, τη ζωγραφική και μια έντονη διάθεση για διακόσμηση στο εσωτερικό των κτιρίων. Το φως του Μπαρόκ δεν έμοιαζε με τον φωτισμό της Αναγέννησης ούτε με την εκθαμβωτικό περιβάλλον που δημιουργούσαν τα βιτρό της γοθικής αρχιτεκτονικής. Ήταν ελεγχόμενο και σκηνοθετημένο. Το ίδιο το φως σχεδιάστηκε με σκοπό τη δημιουργία δραματικών αντιθέσεων με τη σκιά, για να προκαλέσει τον μέγιστο δυνατό συναισθηματικό αντίκτυπο. Ο φωτισμός είτε διοχετευόταν από πολλά «κρυφά» σημεία, είτε

²² Περιγραφή μόνιμης εγκατάστασης “*James Turrell, Kapelle Dorotheenstädtischer Friedhof*”, Hausler Contemporary, site: www.haeusler-contemporary.com, λήμμα: James Turrell chapel Berlin, Ημερ. Ανάκτησης: 22/08/2022

φιλτράρονταν μέσα από χρωματιστά γυαλιά μεταφέροντας στο εσωτερικό ένα πολύχρωμο φωτισμό, πολλαπλασίαζε τις αντανάκλασεις των πλούσιων υλικών.²³

Στρώση πάνω σε στρώση, τοποθετούνταν ξανά και ξανά τα διακοσμητικά στοιχεία, σε βαθμό που το βασικό δομικό σύστημα αποκρύπτεται και τα πάντα μετατρέπονται σε ένα περίπλοκο μοτίβο φωτός και σκιάς.²⁴ Ο παρατηρητής δεν χρειάζεται να γνωρίζει την πραγματική μορφή των αρχιτεκτονικών στοιχείων και την προέλευση του φωτός ούτε να κατανοήσει το πώς αυτό ρέει μέσα στο κτίριο. Το μόνο που πρέπει είναι να αισθανθεί την ατμόσφαιρα που δημιουργείται και να βιώσει τα εντυπωσιακά θεατρικά αποτελέσματα. Τα μελαγχολικά σχέδια του Ιταλού καλλιτέχνη Giovanni Battista Piranesi αντανάκλousαν αυτόν τον νέο τρόπο θέασης της αρχιτεκτονικής. Χρησιμοποιούσαν το φως για να παρουσιάσουν ένα κόσμο που γεννιέται από το σκοτάδι και τις σκιές.



Εικόνα 1.7 Σχέδιο του Giovanni Battista Piranesi, πηγή: www.archdaily.com

²³ Βασιλική Πετρίδου, Όλγα Ζιρώ, "Τέχνες και Αρχιτεκτονική από την Αναγέννηση έως τον 21ο αιώνα", ΣΕΑΒ, 2015, σ.56

²⁴ Leland M. Roth, Amanda C. Roth Clark, "Understanding Architecture, Its Elements, History, and Meaning", σ. 418

Το βαθύ κιαροσκούρο²⁵ των χαρακτηριστικών του δημιούργησε δραματικά περιβάλλοντα, γεμάτα συναίσθημα και κίνηση. Όπως και στην αρχιτεκτονική του Μπαρόκ, τα περιγράμματά είναι ασαφή προκειμένου να εκφραστεί μια αίσθηση του χώρου που προσεγγίζει το άπειρο μέσω των πολλαπλών τόνων του σκοταδιού.²⁶

1.2.3 ΤΟ ΦΩΣ ΜΕΤΑ ΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ

Μετά το Μπαρόκ, το *ιερό* φως άρχισε να φθίνει σηματοδοτώντας την εποχή που άλλαξε ριζικά η σχέση του ανθρώπου με το φυσικό φως. Τις προηγούμενες μυθολογίες διαδέχθηκε μια ανθρωποκεντρική κοσμοθεωρία που βασιζόταν στην επιστημονική μέθοδο και τη λογική. Η αρχή της σύγχρονης εποχής σηματοδότησε την έναρξη μακράς και αργής παρακμής της σημασίας του φωτός πέρα από τον χρηστικό του ρόλο ως φωτισμού.

Η τεχνολογική έκρηξη και βιομηχανική επανάσταση που επικράτησε στον δυτικό κόσμο του 19ου αιώνα, οδήγησε σε σημαντικές αλλαγές στην τεχνική κατασκευή με τα παραδοσιακά υλικά. Συνεχείς πειραματισμοί έχουν ως αποτέλεσμα την εξέλιξη καινούργιων υλικών αλλά και να δοθεί μια νέα πνοή στην εξέλιξη της αρχιτεκτονικής και του σχεδιασμού γενικότερα.²⁷ Μια σειρά νέων τύπων κτιρίων αναπτύχθηκε για να στεγάσει τις νέες εξελίξεις του αιώνα. Τα εργοστάσια, οι αποθήκες, οι τράπεζες, οι σιδηροδρομικοί σταθμοί, οι πολυκατοικίες και τα καταστήματα, ανέπτυξαν μορφές που δεν ήταν προκαθορισμένες, ωστόσο έγιναν αναγνωρίσιμες. Οι νέες απαιτήσεις για φωτισμό διαμορφώνουν τις νέες κατόψεις και τομές των κτιρίων. Η ανάπτυξη προσιτού και τελικά φθηνότερου σίδηρου, χάλυβα, γυαλιού και ηλεκτρισμού μεταμόρφωσε τις κατασκευές και τα οικοδομικά περιβάλλοντα - με αποκορύφωμα το εντυπωσιακό Crystal Palace του Joseph Paxton το 1851 - αλλά και τον τρόπο διαβίωσης των ανθρώπων.

Ένας από τους στόχους του μοντερνισμού τις δεκαετίες του 1920 και 1930 ήταν να προσπαθήσει να αναπτύξει μια νέα αρχιτεκτονική προσαρμοσμένη στον 20ο αιώνα, βασισμένη στα νέα υλικά, τις νέες τεχνικές κατασκευής και φωτισμού και την επανεξέταση του σχεδιασμού των κτιρίων. Το κίνημα του μοντερνισμού απέκτησε

²⁵ *Κιαροσκούρο*: ιταλικός όρος που χρησιμοποιείται στη ζωγραφική ή τη χαρακτηριστική για να περιγραφεί η χρήση έντονων αντιθέσεων μεταξύ φωτεινών και σκοτεινών ή φωτοσκιασμένων σημείων ενός πίνακα.

²⁶ Elisa Valero Ramos, *Light in Architecture: The Intangible Material*, RIBA Publishing, 2019, σ.192

²⁷ Βασιλική Πετρίδου, Όλγα Ζιρώ, *“Τέχνες και Αρχιτεκτονική από την Αναγέννηση έως τον 21ο αιώνα”*, σσ. 139-141

διεθνή χαρακτήρα προσπαθώντας να απελευθερώσει την αρχιτεκτονική από την εμμονή με το στυλ. Με τον τρόπο αυτό τα μοντέρνα κτίρια έχασαν κάθε σύνδεση που είχαν με το περιβάλλον τους.²⁸ Με τις μεγάλες γυάλινες επιφάνειές τους και τα γωνιακά παράθυρα προσπάθησαν να εκφράσουν μια ελεύθερη σχέση μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Ένα τέτοιο κτίριο θα μπορούσε να είναι τοποθετημένο είτε στη Γαλλία είτε στην Αμερική, χωρίς κανένα στοιχείο διαφοροποίησης που να υποδηλώνει ότι το τοπικό περιβάλλον επηρέασε τη σχεδιαστική σκέψη και προσέγγιση.

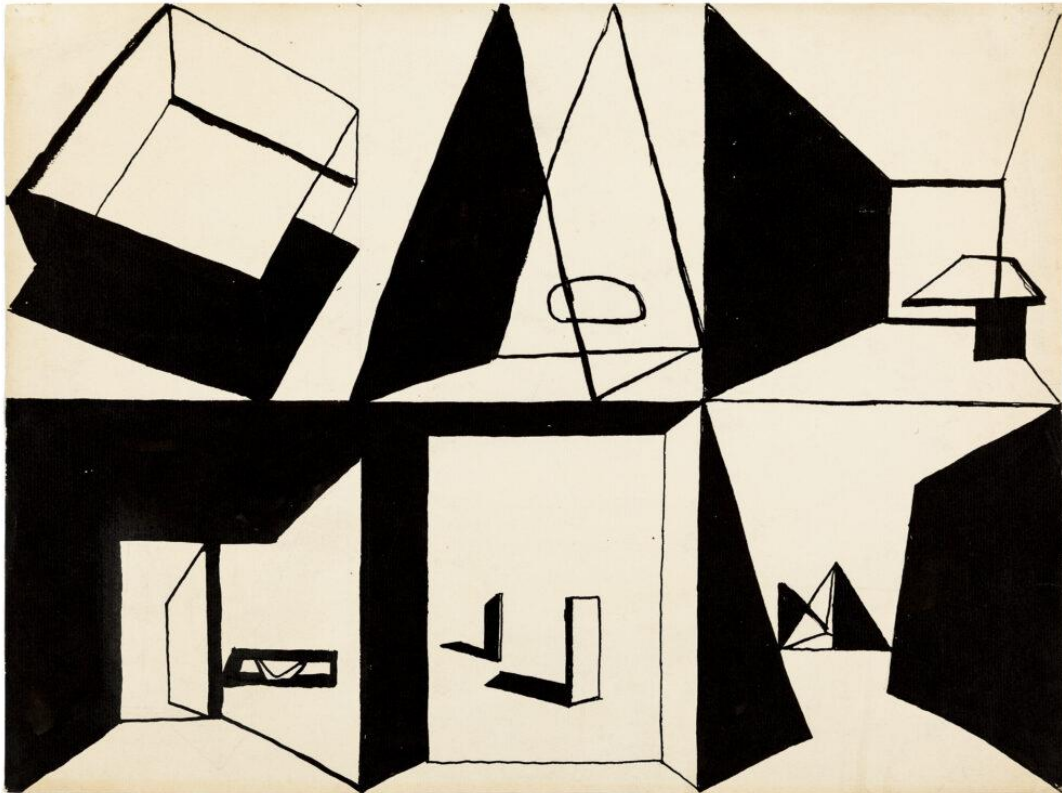
Το φως της ημέρας παρέμεινε το πρωταρχικό μέσο φωτισμού σε όλους τους τύπους κτιρίων μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, όταν ο πρωταγωνιστικός του ρόλος άρχισε να αμφισβητείται. Η αφθονία του ηλεκτρικού φωτός είχε ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση του ανθρώπου από τον κύκλο της ημέρας και την φυσική ροή του χρόνου. Για παράδειγμα, τα κατάφωτα κτίρια του τριτογενούς τομέα απέκτησαν υψηλά επίπεδα φωτισμού για να επιτευχθεί η οπτική οξύτητα που επιδίωκαν, χωρίς να υπάρχει μέριμνα για την ποιότητα του φωτισμού και των χώρων.

1.3 ΔΙΠΤΥΧΟ ΦΩΤΟΣ-ΣΚΙΑΣ

Από τη μοντέρνα έως τη σύγχρονη αρχιτεκτονική, είναι δυνατόν να εντοπιστούν διαφορετικές βιωματικές προσεγγίσεις και εξερευνήσεις σχετικά με το φως και τις σκιές, προκειμένου να καθοριστεί η μορφή, ο χώρος και η ύλη. Το φως έγινε το επίκεντρο στο έργο αρχιτεκτόνων όπως οι Wright, Le Corbusier, Kahn, Aalto, Luis Barragán, Aldo Van Eyck, οι οποίοι διαμόρφωσαν τον χαρακτήρα των εσωτερικών χώρων της αρχιτεκτονικής τους με βάση των άυλων ποιοτήτων του φωτός. Αμφισβήτησαν τον μέχρι τότε τρόπο προσέγγισης και δημιούργησαν σύνθετες στρατηγικές χειρισμού του φωτός.

Μερικοί εστίασαν στο ότι δεν υπάρχει φως ούτε μορφή χωρίς σκιά -ότι ο χώρος μπορεί να συλληφθεί στο σκοτάδι και να αποκαλυφθεί μέσω του φωτός. Στην ύστερη Μοντέρνα Περίοδο, ο Louis Kahn ήταν ένας από τους αρχιτέκτονες που χρησιμοποιούσε επιδέξια το φυσικό φως ως δημιουργικό μέσο στο σχεδιασμό των κτιρίων. Σε αντίθεση με την κενή φωτεινότητα πολλών μοντέρνων εσωτερικών χώρων ο Kahn ήξερε πώς να φέρει το φυσικό φως βαθιά μέσα στα κτίρια και πώς να κρατήσει

²⁸ Hazel Conway, Rowan Roenisch, *“Understanding Architecture: An introduction to architecture and architectural history”*, Routledge, 2005, σσ. 29-31



Εικόνα 1.8 Louis Kahn, Sketch of a mural, πηγή: www.hauserwirth.com

τον ήλιο μακριά όταν οι συνθήκες το απαιτούσαν. Για τον ίδιο, η σκιά δεν ήταν η απουσία του φωτός, αλλά το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασής του με τα υλικά. *"Μπορούμε να πούμε ότι το φως, ο δότης όλων των προσχημάτων, είναι ο δημιουργός ενός υλικού, και το υλικό φτιάχτηκε για να δημιουργεί σκιές, και η σκιά ανήκει στο φως".*²⁹ Το φως και η σκιά παρουσιάζονται ως τα βασικά μεγέθη της αρχιτεκτονικής στο "sketch of a mural" του 1951-52. Σε αυτό του το έργο, ο Louis Kahn μετατρέπει τις θεμελιώδεις μορφές του πρότυπου νηπιαγωγείου του Froebel στα πιο συνηθισμένα στοιχεία της αρχιτεκτονικής. Τα τοποθετεί μαζί με τα πιο μνημειώδη - το δωμάτιο και την πόρτα δίπλα στην πυραμίδα - μέσα σε ένα κατάφωτο τοπίο, δημιουργώντας ογκομετρικά μοτίβα.³⁰

Αντίθετα, μια διαφορετική προσέγγιση είναι η επιθυμία για διαφανή αρχιτεκτονική και η επιδίωξη των χώρων να πλημμυρίζουν με άφθονο φως. Η σύνδεση της λευκότητας και της υγιεινής με το μοντέρνο κίνημα είχε ως συνέπεια την καινοτομία των μεγάλων γυάλινων επιφανειών. Παρατηρείται, λοιπόν, μια διαφορετική αντίληψη στην αρχιτεκτονική που αποφεύγει τις σκιές και σιδήποτε

²⁹ Επιμέλεια Robert Twombly, *"Louis Kahn, Essential Texts"*, W. W. Norton and Company, 2003, σ. 236

³⁰ Niall Hobhouse, Nicholas Olsberg, *"Simplification, Work on paper Part II"*, Drawing Matter, 2011, site: www.drawingmatter.org, λήμμα: Kahn sketch Froebel, Ημερ. Ανάκτησης: 24/08/2022

δραματικό.³¹ Ο Ludwig Mies van der Rohe σχεδίασε το Farnsworth House το 1951, επιτρέποντας στη φύση να εισέλθει μέσα στο σπίτι. Η κατασκευή από χάλυβα και γυαλί προσδίδει στο κτίριο μια αδιάλειπτη θέα προς το περιβάλλον. Σχεδίασε έναν κόσμο όπου το φως είναι παρόν και ισχυρότερο από τις σκιές, αποκλείοντας κατά μεγάλο βαθμό το σκοτάδι των χώρων. Η αρχιτεκτονική του φωτός δεν βιώνεται μέσα από τον χρόνο και τις συνεχώς μεταβαλλόμενες σκιές, αλλά από τη ζωντάνια και την ενέργεια που μεταφέρουν οι διαφάνειες και αντανακλάσεις.

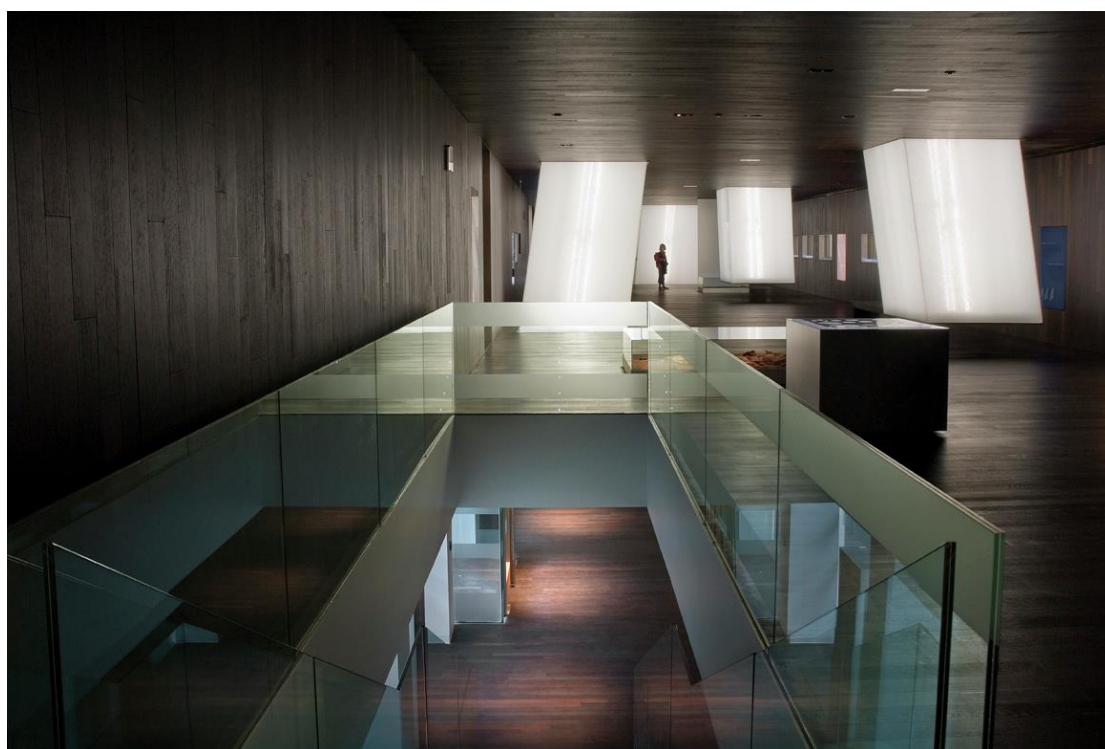
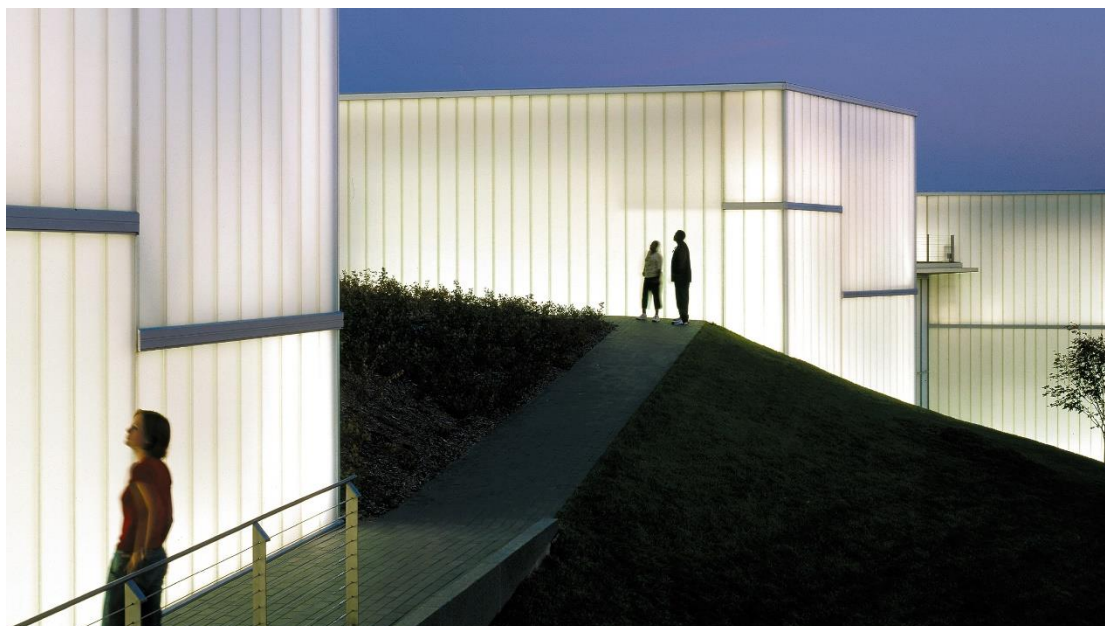
1.4 Η ΥΛΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ



Εικόνα 1.9 Farnsworth House, Ludwig Mies van der Rohe, πηγή: divisare.com

Τις τελευταίες δεκαετίες, η υλικότητα του φωτός υιοθετήθηκε από την τέχνη και την αρχιτεκτονική, μετατρέποντάς το σε κύριο δομικό χαρακτηριστικό του χώρου. Αυτός ο νέος ρόλος μετατρέπει το φως στην πρωταρχική δύναμη για την αρχική σύλληψη του κτιρίου. Ο Steven Holl, στα νέα κτίρια του μουσείου Nelson-Atkins το 1999 χρησιμοποιεί πολλαπλά στρώματα ημιδιαφανούς γυαλιού που συγκεντρώνουν,

³¹ Miguel Angel Calvo Salve, *“What Matters is Light - Light as Matter”*, The experience of the course: The Art & Craft of Building, Building with Natural Light για το πανεπιστήμιο School of Architecture Marywood University, 2019, σσ. 87-88



Εικόνα 1.10 Μουσείο Nelson-Atkins, Steven Holl, πηγή: arquitecturaviva.com

Εικόνα 1.11 Αρχαιολογικό μουσείο της Βιτόρια, Francisco Mangado, πηγή: www.archdaily.com

διαχέουν και διαθλούν το φως. Κατά τη διάρκεια της ημέρας αυτά τα στρώματα γυαλιού επιτρέπουν την είσοδο ποικίλων ποιοτήτων φωτός στις αίθουσες, ενώ τη νύχτα μετατρέπουν το ίδιο το κτίριο σε αξιοθέατο, σε ένα φωτεινό γλυπτό.³² Αντίστοιχα, στο Αρχαιολογικό Μουσείο της Βιτόρια στην Ισπανία, το οποίο σχεδίασε

³² Περιγραφή του “*The Nelson-Atkins museum of art*”, Steven Holl Architects, site: www.stevenholl.com, λήμμα: Nelson-Atkins Steven Holl, Ημερ. Ανάκτησης: 24/08/2022

το 2009 ο αρχιτέκτονας Francisco Mangado, πηγάδια φωτός περνούν μέσα από σκοτεινούς χώρους. Πρόκειται για γυάλινα πρίσματα που τραβούν φως από την οροφή κατά τη διάρκεια της ημέρας, και το διοχετεύουν σε όλο το κτίριο.³³ Το φως πλέον μετατρέπεται σε μια συμπαγή κατασκευή, αποκτά υπόσταση, είναι το όριο που διαχωρίζει και στηρίζει το κτίριο.

1.5 Η ΠΟΛΥΕΠΙΠΕΔΗ ΥΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Από τη λατρεία του ήλιου, στην μυστικότητα και τον συμβολισμό του ιερού φωτός και τέλος στο μοντέρνο φως, το φως και η σκιά προσδίδουν στους όγκους, τους χώρους και τις επιφάνειες τον χαρακτήρα και την εκφραστική τους δύναμη, συνδέοντας τον αρχιτεκτονικό χώρο με τη δυναμική του φυσικού κόσμου. Οι συνειρμοί που έχει αποκτήσει το φως σε παλαιότερες εποχές του επιτρέπουν να υπερβεί τη φυσική του υπόσταση, με όλες τις προηγούμενες ερμηνείες του να συνθέτουν την *παρακαταθήκη* του φωτός. Ένα λεξιλόγιο ποιητικών μεταφορών που εμπλέκουν τη φαντασία, την ιστορία και την αρχιτεκτονική προσέγγιση.

Η σχέση μεταξύ του φωτός και του κτιστού κόσμου είναι αναπόφευκτη, με το πρώτο να υιοθετεί το ρόλο του δημιουργού καθετί υπαρκτού, και με τη σειρά της η αρχιτεκτονική γίνεται ο σκηνοθέτης αυτού του φωτός-δημιουργού.

³³ David Basulto, "Archaeology Museum of Vitoria / Francisco Mangado", ArchDaily, 2009, site: www.archdaily.com, λήμμα: Fransisco Mangado Vitoria, Ημερ. Ανάκτησης: 24/08/2022

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ, ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΚΙΡΚΑΔΙΟΙ ΡΥΘΜΟΙ

2.1 Η ΑΕΝΑΗ ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΟΣ

Το φως, μέσα από τους πολλαπλούς ρόλους και ταυτότητες που υιοθέτησε, αποτέλεσε συστατικό στοιχείο της πορείας της ανθρώπινης ιστορίας. Οι ποικίλες όψεις που έχει παρουσιάσει φανερώνουν το βαθμό στον οποίο άγγιξε πνευματικές, ψυχολογικές, και κοινωνικές πτυχές της ίδιας της ζωής. Ένα ακόμα στοιχείο του υπαρξιακού χαρακτήρα του φωτός που αξίζει να τονιστεί είναι η ιδιαίτερη σύνδεσή του με έννοιες όπως η *κίνηση* και ο *χρόνος*.

Ο ίδιος ο ήλιος, από τη φύση του ως αστέρας του ηλιακού συστήματος, δεν είναι ποτέ ίδιος. Από τις ηλιακές κηλίδες που έχουν χαρακτηριστικά υψηλό ποσοστό μαγνητικής ενέργειας και εμφανίζονται για εβδομάδες στην επιφάνειά του, έως και τις μεγάλες ηλιακές εκρήξεις που μπορεί να διαρκέσουν από λεπτά έως ώρες, οι διαφοροποιήσεις του ήλιου τον καθιστούν συνεχώς ενδιαφέρον αντικείμενο μελέτης και παρατήρησης. Εξαιτίας των συστρεφόμενων μαγνητικών πεδίων στο εσωτερικό του οι αλλαγές που παρατηρούνται έχουν χρονική διάρκεια από χιλιοστά του δευτερολέπτου έως δισεκατομμύρια χρόνια.³⁴

Με αντίστοιχο τρόπο το φως του ήλιου, αυτή η δυναμική πηγή φωτός, ζωντανεύει το χρόνο στις αισθήσεις μας τονίζοντας ταυτόχρονα την εμπειρία κάθε στιγμής. Το φυσικό φως δε σταματάει να αλλάζει, ωστόσο παρατηρείται συνέπεια στις μεταβολές του. Η ανατολή και η δύση του ήλιου, οι εποχές, συντροφεύουν από την αρχή του κόσμου τον άνθρωπο και παρουσιάζουν ρυθμικότητα που παραλληλίζει τους βιολογικούς ρυθμούς του. Το φυσικό φως χρησιμοποιήθηκε από την αυγή της αρχιτεκτονικής με σκοπό να *κοσμήσει* το δομημένο περιβάλλον και να δημιουργήσει ιδιαίτερους χώρους. Κάθε ώρα της ημέρας το φως και οι σκιές συνδέουν τον υλικό χώρο με το δυναμικό χαρακτήρα της φύσης.

Με την πάροδο του χρόνου, οι άνθρωποι εξελίχθηκαν αρμονικά με τους φυσικούς ρυθμούς της Γης και τους κύκλους του φωτός. Προφανώς, δεν μπορεί

³⁴ "What drives the constant change we observe on our sun?", Nasa Science, Share the science, 2007, site:www.science.nasa.gov, λήμμα: variations of sun, Ημερ. Ανάκτησης: 28/08/2022



Εικόνα 2.1 Μουσείο του Λούβρου στο Abu Dhabi., πηγή: www.instagram.com, arcflydesign

κανείς να βιώσει στο σύνολό της την επιρροή του φωτός σε ένα κτίριο. Όσο κυλάει ο χρόνος, ο καιρός αλλάζει και οι εποχές εναλλάσσονται η μία την άλλη, κανένα δωμάτιο-χώρος δεν παραμένει ίδιο. Από την αυγή, τον καθαρό ουρανό το μεσημέρι, τα χρώματα του ηλιοβασιλέματος, μέχρι και τις ιδιαίτερες σκιές του λυκόφωτος, το φυσικό φως πάντα *κινείται* και παρουσιάζει διακριτές ποιότητες. Χαμηλά επίπεδα φωτός και χαμηλές θερμοκρασίες χρώματος³⁵ χαρακτηρίζουν τα πρωινά και τα

³⁵ Θερμοκρασία χρώματος: χρωματική θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin μιας φωτεινής πηγής είναι η θερμοκρασία σε απόλυτη κλίμακα που πρέπει να θερμανθεί ένα ιδανικό μαύρο σώμα, για να εκπέμψει φως ίδιου χρώματος με

απογεύματα, υψηλά επίπεδα και στα δύο μεγέθη χαρακτηρίζουν τα μεσημέρια και εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα τις νύχτες.³⁶

2.2 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

2.2.1 Η ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Στη διαδρομή των αιώνων η ανθρώπινη ζωή άρχισε να μεταβάλλεται και να διαφοροποιείται. Παλιότερα, η πορεία του ήλιου καθόριζε τις καθημερινές δραστηριότητες, ενώ από τις αρχές του 20ου αιώνα οι άνθρωποι απέκτησαν μια διαφορετική σχέση με την ηλιακή ενέργεια. Με την επικράτηση του ηλεκτρισμού και του τεχνητού φωτισμού μεγάλα τμήματα της σύγχρονης ζωής άρχισαν να λαμβάνουν χώρα στα εσωτερικά των κτιρίων. Η ανθρωπότητα δεν εξαρτιόταν μόνο από το φως του ήλιου και τις ρυθμικές μεταβολές του, αλλά και από τον τεχνητό φωτισμό ο οποίος άλλαξε τη μορφή των κτιρίων και της αρχιτεκτονικής. Χάρη στον ηλεκτρισμό, το φως έπαψε να αποτελεί πολυτέλεια, με τον νυχτερινό φωτισμό να δηλώνει την *κατάκτηση* της νύχτας και του σκότους από τον άνθρωπο. Αυτή η πληθωρικότητα στη χρήση του τεχνητού φωτισμού επέτρεψε στις διάφορες δραστηριότητες να επεκταθούν χρονικά, με τον άνθρωπο να μπορεί πλέον να δει, να εργαστεί, να ζήσει και τις νυχτερινές ώρες.

Αυτό το φαινόμενο είχε συχνά ως αποτέλεσμα τη δημιουργία “κενών” υπέρλαμπρων χώρων όπου η ποιότητα και η ποσότητα του φωτισμού δεν έχει μελετηθεί εκ των προτέρων. Επικράτησε μια ολοένα και αυξανόμενη απομάκρυνση από την κατανόηση του φυσικού χρόνου. Σημαντικές προσωπικότητες της αρχιτεκτονικής και καλλιτεχνικής κοινότητας, όπως ο Louis Kahn, αμφισβήτησαν την υπερβολή αυτής της ταχέως μεταβαλλόμενης κοινωνίας και την αποξένωση της αρχιτεκτονικής προσέγγισης από το φυσικό φως: *“Με το άγγιγμα ενός δακτύλου τους σε έναν διακόπτη, (οι αρχιτέκτονες) αρκούνται στο στατικό φως και ξεχνάνε τις ατελείωτα μεταβαλλόμενες ιδιότητες του φυσικού φωτός, με τη χρήση του οποίου ένα*

την ελεγχόμενη φωτεινή πηγή. Είναι ένας τρόπος για να περιγράψουμε τον χρωματισμό φωτός που παράγεται από μια πηγή φωτισμού. Μετράται σε βαθμούς Κέλβιν (Κ).

³⁶ Συνέντευξη του Henry Plummer από τον Thomas Schielke, “*Light Matters: Heightening The Perception Of Daylight With Henry Plummer*”, Part 1, 2015, ArchDaily, site:www.archdaily.com, λήμμα: Henry Plummer, Ημερ. Ανάκτησης: 24/08/2022

δωμάτιο είναι διαφορετικό κάθε δευτερόλεπτο της ημέρας.”³⁷

2.2.2 ΤΕΧΝΗΤΟ ΦΩΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ, ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΟΤΤΟ ΡΙΕΝΕ

Μια ποικιλομορφία προσεγγίσεων υπέδειξε ότι ο τεχνητός φωτισμός με την κατάλληλη μεταχείριση μπορεί να αποδεσμευτεί από τη στατικότητα του και να αποκτήσει γλυπτικό και πλαστικό χαρακτήρα. Δεν ήταν λίγοι αυτοί που δε συμβιβάστηκαν με τους τυπικούς περιορισμούς της εποχής για τον τεχνητό φωτισμό. Ο Otto Piene, ένας Γερμανοαμερικανός καλλιτέχνης που ειδικευόταν στην κινητική τέχνη με τεχνολογικά μέσα, ήταν ένας από αυτούς τους οραματιστές. Ως πρωτοπόρος καλλιτέχνης του 20ού αιώνα, δημιούργησε πειραματικά έργα τέχνης που βασίστηκαν στις ιδιότητες αντισυμβατικών υλικών, όπως το φως.

Εικόνα 2.2 “Μπαλέτο Φωτός, Otto Piene”, πηγή: www.galleriesnow.net



³⁷ Επιμέλεια Robert Twombly, “*Louis Kahn Essential Texts*”, W.W. Norton and Company, 2003, Κεφάλαιο 15: Silence and Light (1968,1969), σσ 231-232

Χρησιμοποίησε το τεχνητό φως για να δημιουργήσει μια αίσθηση γλυπτικού χώρου στα φωτισμένα περιβάλλοντα που προκαλούσαν την προοπτική και τις αντιληπτικές ιδιότητες κάθε ανθρώπου. Η μεταχείριση του φωτός από τον Otto Piene άρχισε να εξελίσσεται στα τέλη της δεκαετίας του 1950, όταν και άρχισε να πραγματοποιεί πειράματα με κεριά που φώτιζαν το περιβάλλον μέσα από τρύπες σε φύλλα χαρτιού. Αυτή η υποτυπώδης εγκατάσταση εξελίχθηκε το 1960-61, σε ένα σύνθετο “κολάζ” από ανακλαστικά και διαθλαστικά υλικά, σιδερένια εξαρτήματα, κινητήρες και περιστρεφόμενα ηλεκτρικά φώτα.

Με τα έργα του να παίρνουν τη μορφή ενός “Μπαλέτου Φωτός”, ο Piene υιοθέτησε το ρόλο του χορογράφου και ανάγκασε το φως να “χορεύει” στο δωμάτιο με την πρόθεση να το μετατρέψει σε μέσο ζωγραφικής. Η μοναδική πηγή φωτός κατακερματίζεται σε πολλαπλές ψηφίδες που αλλάζουν μέγεθος ανάλογα με το πόσο μακριά βρίσκεται ο λαμπτήρας από τις διάτρητες επιφάνειες. Δεν είναι ξεκάθαρο από που προέρχεται το φως καθώς αυτό κινείται από τον ένα τοίχο στον άλλο. Με τη χρήση χρονοδιακοπών για να σβήνουν τα φώτα οι εγκαταστάσεις του κυμαίνονταν από σκοτεινά δωμάτια έως και χώρους με πολλαπλές πηγές φωτός. Δημιούργησε πληθώρα από ατμοσφαιρικά περιβάλλοντα, σκηνοθετώντας κάθε φορά νέους χώρους που μπορούσε να βιώσει ο θεατής.³⁸

2.3 ΦΥΣΙΚΟΣ-ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΕΙΦΟΡΙΑ

Τις τελευταίες δεκαετίες άρχισε να αμφισβητείται η υπερβολική χρήση του τεχνητού φωτισμού, η κοινή αντίληψη συνειδητοποίησε ότι οι πηγές ενέργειας είναι στην πλειοψηφία τους μη ανανεώσιμες και τα ορυκτά καύσιμα από τα οποία εξαρτώνται είναι περιορισμένα. Με την ενεργειακή κρίση του 1973 αναζητήθηκαν τρόποι μείωσης του ηλεκτρικού φορτίου στα κτίρια και ένας από τους πιο προφανείς ήταν η επιστροφή στη χρήση του φυσικού φωτός. Η εκμετάλλευση του φωτός του ήλιου βοηθάει κυρίως στον φωτισμό των κτιρίων, αλλά και στη μείωση των αναγκών για θέρμανση και ψύξη.³⁹

Η μεταβλητότητα που παρουσιάζει το φυσικό φως ως προς την ποσότητα και την κατεύθυνσή του -ανάλογα με την ώρα της ημέρας, την εποχή και τις καιρικές

³⁸ Περιγραφή εγκατάστασης “Light Ballet” του Otto Piene, Sprüth Magers, 2017, site:www.spruethmagers.com, λήμμα: light ballet, Ημερ. Ανάκτησης: 10/09/2022

³⁹ Derek Phillips, “Daylighting, Natural Light in Architecture”, Architectural Press, Elsevier, 2004, σσ. 4-6

συνθήκες- καθιστά περίπλοκη τη χρήση του. Εντούτοις, η εφαρμογή του ως κύρια πηγή φωτισμού τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί λόγω της ανάγκης του ανθρώπου να σχεδιάσει αιεφόρα κτίρια, υψηλής ενεργειακής απόδοσης.⁴⁰ Επιστήμη και θεωρία προσπαθούν να επιτύχουν τα επιθυμητά αποτελέσματα μέσω της εφαρμογής φυσικού και τεχνητού φωτισμού στο δομημένο περιβάλλον, όπως η κάλυψη των οπτικών αναγκών, η ενίσχυση της αρχιτεκτονικής μορφής και, πιο πρόσφατα, η ενίσχυση της σωματικής υγείας ιδίως με την εφαρμογή κανόνων φωτοβιολογίας.^{41, 42}

2.4 Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ

Ο ρόλος του φωτός, φυσικού και τεχνητού, είναι ουσιαστικός για τις ανθρώπινες λειτουργίες, καθώς αποτελεί βασικό μέσο αντίληψης και παρέχει στον άνθρωπο τη δυνατότητα να βλέπει και να εκτελεί τις διάφορες δραστηριότητες. Η όραση είναι ένας από τους πιο σημαντικούς μηχανισμούς που διαθέτουμε για να αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο, με την πλειοψηφία των πληροφοριών που λαμβάνει ο άνθρωπος να προέρχονται από αυτήν. Συνδέει το περιβάλλον με τον άνθρωπο μέσω της σύνθετης διάδρασης του ματιού με τον εγκέφαλο και τη μεταφορά εικόνων. Από τις πληροφορίες που επεξεργάζεται κάθε τμήμα του οπτικού συστήματος προκύπτουν οι εντυπώσεις και αντιλήψεις για το γύρω περιβάλλον, από τις οποίες και ο άνθρωπος χτίζει τον ατομικό του κόσμο. Προφανώς η ερμηνεία εξαρτάται από τις ατομικές εμπειρίες, τις γνώσεις και την ψυχολογία που έχει κάποιος τη δεδομένη στιγμή, αλλά πάντα επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το φωτεινό περιβάλλον.^{43, 44}

2.4.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Όταν γίνεται αναφορά στην έννοια του φωτός στην ουσία πρόκειται για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που μπορεί να ανιχνεύσει ο ανθρώπινος οφθαλμός. Αν και η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αποτελείται από ένα ευρύ φάσμα ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που διαδίδονται στο χώρο με διαφορετικές συχνότητες

⁴⁰ David L. DiLaura, Kevin W. Houser, Richard G. Mistrick, Gary R. Steffy, *“Illuminating Engineering, The Lighting Handbook”*, Tenth Edition: Reference and Application, Illuminating Engineering Society of North America, 2011, σ.7.1

⁴¹ Φωτοβιολογία: κλάδος της βιολογίας που μελετά την επίδραση του φωτός πάνω στα ζωντανά όντα

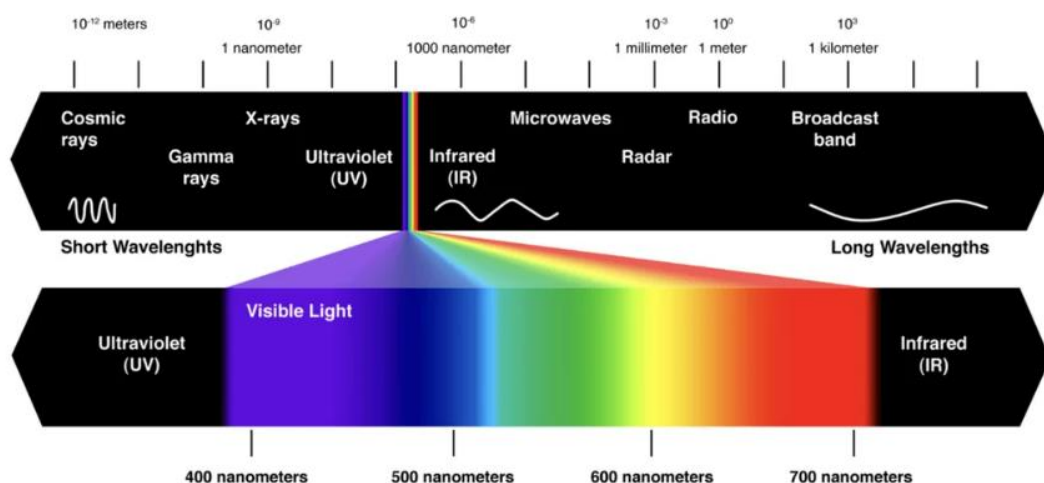
⁴² Kevin Houser, Peter R. Boyce, Jamie Zeitzer, Michael Herf, *“Human-centric lighting: Myth, magic or metaphor?”*, Lighting Research & Technology, Τόμος 53, 2020, σ. 2

⁴³ David L. DiLaura, Kevin W. Houser, Richard G. Mistrick, Gary R. Steffy, *“Illuminating Engineering, The Lighting Handbook”*, σ. 2.1

⁴⁴ Α. Τσαγκρασούλης, *“Φυσικός Φωτισμός”*, ebook, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2016, σσ. 10-11

(f) και μήκη κύματος (λ), μόνο ένα μικρό τμήμα της γίνεται αντιληπτό από τον άνθρωπο. Η κατανομή των συχνοτήτων είναι συνεχής, χωρίς να μπορούν να καθοριστούν αυστηρά τα όρια κάθε περιοχής του φάσματος. Ωστόσο, έχουν επικρατήσει πιο γενικά ενδεικτικά όρια στα μήκη κύματος, τις συχνότητες και την ενέργεια που εξυπηρετούν στη διάκριση των περιοχών. Το ορατό φως περιέχει μήκη κύματος που κυμαίνονται από 380 έως 680 νανόμετρα (nm) περίπου, με τις υποπεριοχές αυτού του φάσματος να δημιουργούν την αίσθηση κάποιου

Εικόνα 2.3 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, πηγή: *armaghplanet.com*



συγκεκριμένου χρώματος (π.χ. τα 500-560nm αντιστοιχούν στο πράσινο χρώμα). Κάτω από τα 400 nm, με μικρότερα μήκη κύματος, βρίσκονται οι ακτίνες X και η υπεριώδης ακτινοβολία, ενώ πάνω από τα 700nm συναντώνται τα μεγάλα μήκη κύματος της υπέρυθρης ακτινοβολίας, των μικροκυμάτων και των ραδιοκυμάτων.⁴⁵

Το φως, η ηλεκτρομαγνητική δηλαδή ακτινοβολία που εισέρχεται στο μάτι περιέχει τεράστιο όγκο οπτικών πληροφοριών. Για να κατανοηθεί καλύτερα ο βιολογικός μηχανισμός που παρέχει την όραση -η γενική αυτή δομή που λαμβάνει, επεξεργάζεται και μεταδίδει τις πληροφορίες-, πρέπει το μάτι και ο εγκέφαλος να θεωρηθούν ως μια ενότητα.⁴⁶ Η δομή του ματιού και η ιδιαίτερη σχέση του με τον εγκέφαλο δεν έπαψαν ποτέ να συναρπάζουν τους επιστήμονες και τους ερευνητές κάθε εποχής.

⁴⁵ Π. Καρκαλούσος, Ζ. Γεωργίου, Χ. Κρούπης, Α. Παπαϊωάννου, Π. Πλαγεράς, Β. Σπυρόπουλος, Γ. Τσότσου & Χ. Φούντζουλα, "Βασικές αρχές φωτομετρίας και χρωματομετρικών αναλύσεων", Κεφάλαιο 1 στο *Εργαστηριακές ασκήσεις κλινικής χημείας*, Εργαστηριακός Οδηγός, Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις, 2015, σσ. 1-2

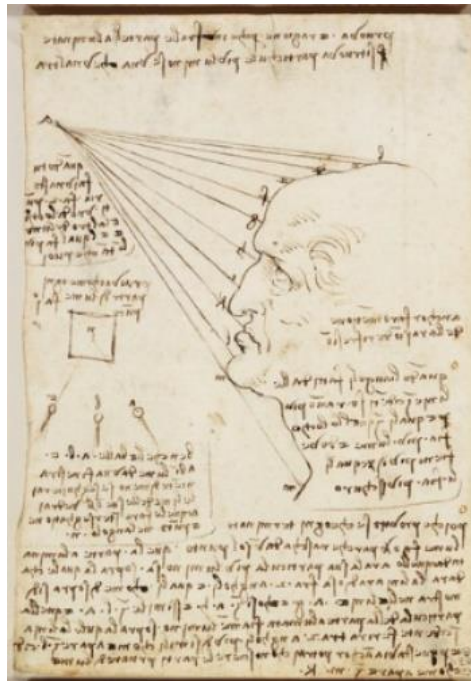
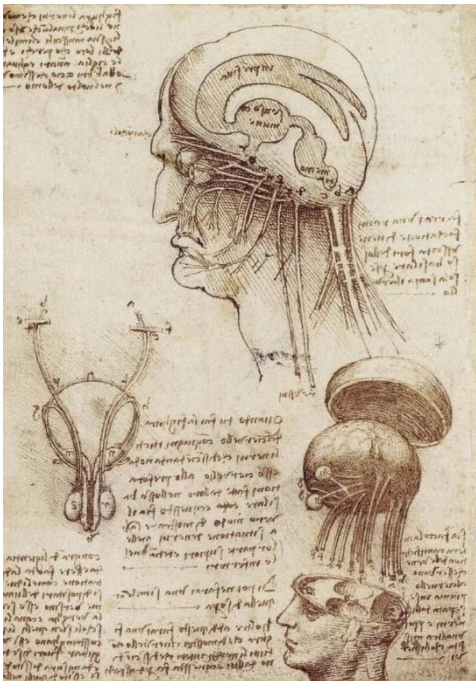
⁴⁶ David L. DiLaura, Kevin W. Houser, Richard G. Mistrick, Gary R. Steffy, "Illuminating Engineering, The Lighting Handbook", σ. 2.1

2.4.2 Ο LEONARDO DA VINCI ΚΑΙ Η ΕΡΕΥΝΑ ΤΟΥ

Ο Leonardo da Vinci, καλλιτέχνης, μηχανικός και πειραματιστής της περιόδου της Αναγέννησης, συνδύασε στην επιστημονική του έρευνα στοιχεία από την οπτική, την ανατομία και την νευροεπιστήμη για να διερευνήσει τη φυσιολογία του ματιού. Η διαδικασία που ακολουθούσε ήταν να τεμαχίζει προσεκτικά τον βολβό του ματιού και τους σχετικούς μύες και νεύρα, εφαρμόζοντας την ίδια εμπειρική μέθοδο που χρησιμοποιούσε και στις άλλες έρευνές του που σχετίζονταν με τη φύση. Κατάφερε να ξεπεράσει τις θεωρίες της εποχής του, εμπλουτίζοντάς τες με πολλές λεπτομέρειες σχετικά με την ανατομία του ματιού και τις οδούς της οπτικής αντίληψης.⁴⁷

Μερικά από τα σημαντικότερα έγγραφα της αναγεννησιακής γραφής είναι τα σημειωματάρια του Leonardo da Vinci, ωστόσο οι επιστημονικές του πραγματείες δεν δημοσιεύτηκαν ποτέ, παραμένοντας κρυμμένες για αιώνες και αποσυνδεδεμένες από την ανάπτυξη της επιστήμης. Ήδη γύρω στο 1490, ένα από τα πρώτα σχέδιά του παρουσίαζε τον εγκέφαλο και το μάτι του ανθρώπου να αποτελούνται από πολλαπλές στρώσεις.

Εικόνες 2.4, 2.5, 2.6 Σχέδια του Leonardo da Vinci, πηγή: arthive.com

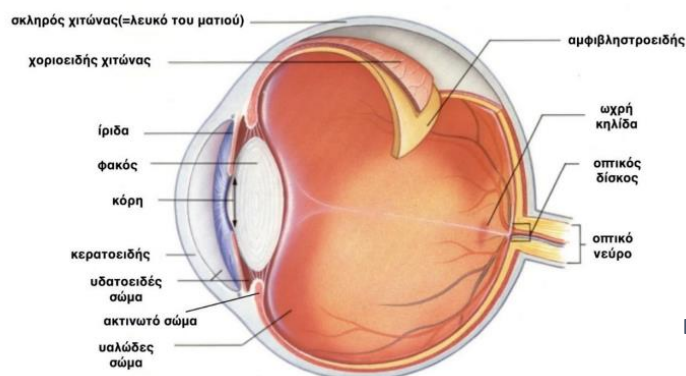


⁴⁷ Fritjof Capra, "The Science of Leonardo: Inside the Mind of the Great Genius of the Renaissance", Κεφάλαιο 9, "The Eye, The Senses and the Soul", Anchor, 2008

2.4.3 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

Στην πραγματικότητα, το μάτι είναι ένας στρογγυλός βολβός με διάμετρο περίπου 24mm και ένα τοίχωμα που αποτελείται από τρία ομόκεντρα στρώματα. Το εξωτερικό στρώμα που ονομάζεται σκληρός χιτώνας προστατεύει το μάτι και βοηθάει να διατηρήσει το σχήμα του υπό πίεση. Είναι λευκός, γεμάτος με αιμοφόρα αγγεία, ενώ στο μπροστινό μέρος του ματιού διογκώνεται και γίνεται διαφανής. Η περιοχή αυτή είναι το σημείο εισόδου του φωτός στο μάτι και ονομάζεται κερατοειδής χιτώνας.⁴⁸

Το δεύτερο στρώμα του ματιού είναι μία λεπτή σκούρα στρώση που ονομάζεται χοριοειδής χιτώνας. Καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του πίσω τμήματος του ματιού, απορροφά το φως που δεν μετατρέπεται σε σήματα και φέρνει τα αιμοφόρα αγγεία προς το εσωτερικό του ματιού, τον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Η ίριδα είναι το δισκοειδές διάφραγμα που βρίσκεται μεταξύ του κερατοειδή χιτώνα και του φακού, στο κέντρο του οποίου συναντάται το στρογγυλό άνοιγμα της κόρης. Η ίριδα συστέλλεται και διαστέλλεται επηρεάζοντας το μέγεθος της κόρης. Αυτή η αλλαγή μεγέθους εξαρτάται από την ποσότητα φωτός που εισέρχεται στο μάτι, αλλά επηρεάζεται επίσης από το μέγεθος και την απόσταση του αντικειμένου θέασης, την ηλικία του παρατηρητή αλλά και τη συναισθηματική του κατάσταση.⁴⁹ Ακριβώς πίσω από την ίριδα βρίσκεται ο φακός, το τμήμα του ματιού που δημιουργεί τον ακριβή εστιασμό των φωτεινών ακτινών επάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Ο φακός του ματιού προβάλλει μια ανεστραμμένη εικόνα της σκηνής θέασης στη θέση του αμφιβληστροειδούς όπου βρίσκεται το βοθρίο.⁵⁰



Εικόνα 2.7 Ανατομία ματιού,
πηγή: Υποψήφιος διδάκτορας Μασαούτης Παναγιώτης,
Διδακτορική διατριβή με τίτλο «Ο ΑΥΤΟΦΘΟΡΙΣΜΟΣ
ΒΥΘΟΥ ΣΕ ΠΑΘΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΟΥΣ», 2016

⁴⁸ "The SLL Lighting Handbook", The Society of Light and Lighting, 2009, σ. 17

⁴⁹ David L. DiLaura, Kevin W. Houser, Richard G. Mistrick, Gary R. Steffy, "Illuminating Engineering, The Lighting Handbook", σσ. 2.1-2.3

⁵⁰ Wout van Bommel, "Interior Lighting Fundamentals, Technology and Application", Springer, 2019, σσ. 5-6

Ο αμφιβληστροειδής είναι ένας πολύ λεπτός πολυστρωματικός χιτώνας, πάχους 0.1-0.3 mm ο οποίος εξαιτίας της δομής, της λειτουργίας και της πολυπλοκότητας που εμφανίζει, δεν αποτελεί περιφερειακό όργανο αλλά θεωρείται μέρος του κεντρικού νευρικού συστήματος, ένα τμήμα του εγκεφάλου που φιλοξενείται στο μάτι. Ο αμφιβληστροειδής βρίσκεται στο βάθος του βολβού του οφθαλμού και συγκροτείται από τρεις στιβάδες κυττάρων, τους φωτοϋποδοχείς που απορροφούν φωτόνια και μετατρέπουν το φωτεινό ερέθισμα σε ηλεκτρικά σήματα, τα οριζόντια-αμακρινικά-διπολικά κύτταρα τα οποία λειτουργούν ως επεξεργαστές των σημάτων και τέλος, τα γαγγλιακά κύτταρα που σχηματίζουν το οπτικό νεύρο και άγουν αυτά τα σήματα στον εγκέφαλο.⁵¹

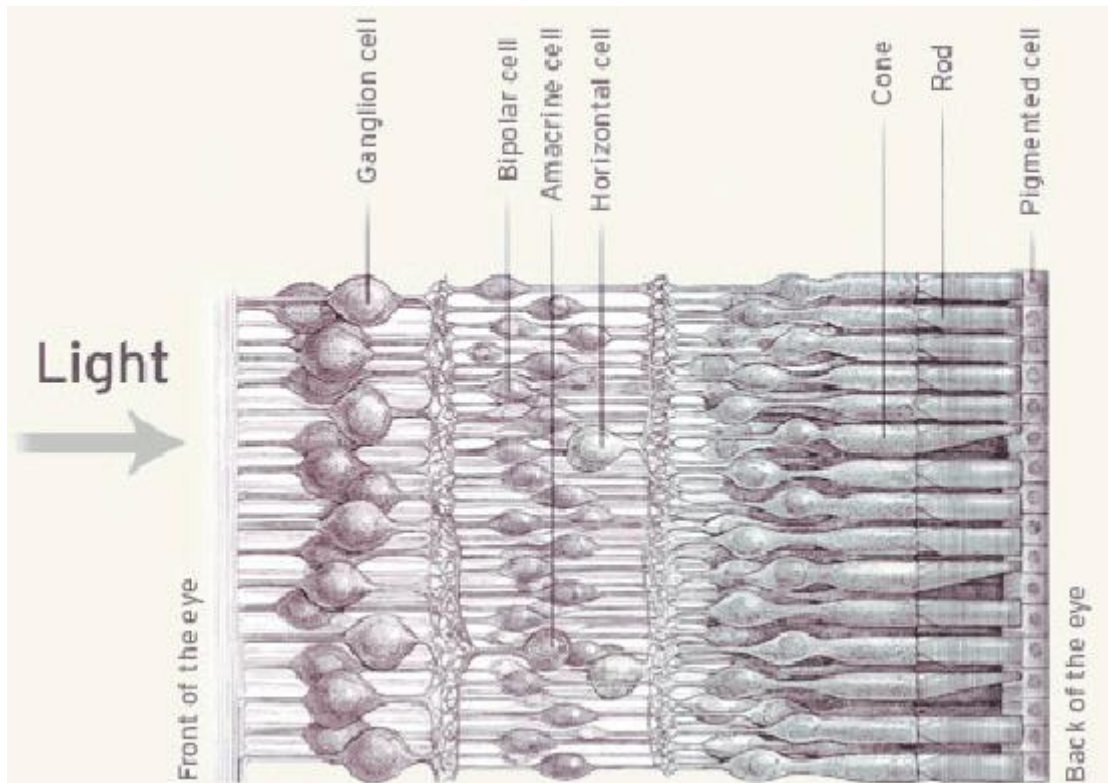
Οι φωτοϋποδοχείς, τα φωτοευαίσθητα δηλαδή κύτταρα του αμφιβληστροειδούς χιτώνα, διακρίνονται σε κωνία και ραβδία. Κάθε μάτι περιέχει 6-7 εκατομμύρια κωνία και 100-125 εκατομμύρια ραβδία. Αυτοί οι δύο τύποι φωτοευαίσθητων κυττάρων δεν διαφέρουν μόνο στο σχήμα τους, αλλά κυρίως όσον αφορά τη λειτουργία. Τα ραβδία είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στο φως, γι' αυτό και λειτουργούν σε συνθήκες μικρών τιμών λαμπρότητας. Παρέχουν μικρή οπτική ανάλυση χωρίς να διακρίνουν τα χρώματα, αλλά προσφέρουν στον ανθρώπινο οργανισμό τη σκοτοπική όραση.⁵² Σε αντίθεση, τα κωνία λειτουργούν κυρίως στο φως της ημέρας σε υψηλές τιμές λαμπρότητας. Είναι υπεύθυνα για την ανάλυση των χρωμάτων και μπορούν να διακριθούν σε τρεις υποκατηγορίες που παρουσιάζουν ευαισθησία σε διαφορετικά μήκη κύματος: τα L κωνία που είναι ευαίσθητα στα μεγάλα μήκη κύματος και κυρίως στο κόκκινο χρώμα, τα M κωνία που είναι ευαίσθητα στο πράσινο χρώμα και τα S κωνία που έχουν ευαισθησία στα μικρά μήκη κύματος και στο μπλε χρώμα. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση των κωνίων παρατηρείται στο *κεντρικό βοθρίο*, το κεντρικό μέρος δηλαδή της *ωχράς κηλίδας*. Πρόκειται για μια μικρή περιοχή του αμφιβληστροειδούς όπου η πυκνότητα των φωτοϋποδοχέων είναι μεγαλύτερη και κατά συνέπεια επιτρέπει την αξιολόγηση και ανάλυση των λεπτομερειών των εικόνων. Τα κωνία είναι υπεύθυνα για την φωτοπική όραση, με την ενδιάμεση κατάσταση⁵³,

⁵¹ Σ. Πλαϊνής, Μ. Κ. Τσιλιμπάρης, Ι. Γ. Παλλήκαρης, "Νευροφυσιολογία του αμφιβληστροειδή και οπτικών οδών", Οφθαλμολογία, Τόμος 19, Νο. 4, 2007, σσ. 269 - 283

⁵² **Σκοτοπική Όραση:** είναι η όραση του ματιού κάτω από επίπεδα χαμηλού φωτισμού.
Φωτοπική Όραση: η όραση του ματιού κάτω από συνθήκες καλού φωτισμού.

Μεσοπική Όραση: μερικές φορές ονομάζεται και όραση λυκόφωτος, είναι ένας συνδυασμός φωτοπικής και σκοτοπικής όρασης κάτω από συνθήκες χαμηλού φωτισμού (αλλά όχι απαραίτητα σκοτεινού).

⁵³ V. Surdin, "Η τέχνη του οράν τα άορατα", Περιοδικό Quantum, Τόμος 7, Τεύχος 2, σ. 27



Εικόνα 2.8 Γαγγλιακά κύτταρα και φωτοϋποδοχείς, πηγή: lavage.pl

μεταξύ της φωτοπικής και της σκοτοπικής όρασης να χαρακτηρίζεται ως μεσοπική.⁵⁴

Η λειτουργία των ραβδίων και των κωνίων βασίζεται στη μετατροπή των φωτονίων που προσπίπτουν πάνω τους σε νευρικό ερέθισμα, με τις μεταβολές στην ποσότητα του φωτός που φτάνει στους φωτοϋποδοχείς να παρέχουν τα απαραίτητα σήματα στα γαγγλιακά κύτταρα μέσω του δικτύου των συλλεκτικών κυττάρων. Τα γαγγλιακά κύτταρα, από τα οποία ξεκινούν οι νευρικές ίνες που σχηματίζουν το οπτικό νεύρο, μεταδίδουν τις πληροφορίες στον οπτικό φλοιό του εγκεφάλου που τις επεξεργάζεται.⁵⁵ Ο αμφιβληστροειδής, με τον αδιαμφισβήτητα πρωταγωνιστικό ρόλο του στη διαδικασία της όρασης αναπόφευκτα έγινε πολλές φορές συνώνυμος με το ίδιο το μάτι και την όραση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι απόψεις του Marcel Duchamp,⁵⁶ ο οποίος είχε θεμελιώδη επιρροή στην τέχνη του 20ου με έμφαση στην ανάπτυξη της εννοιολογικής τέχνης. Ο ίδιος είχε απορρίψει το έργο πολλών καλλιτεχνών της εποχής του αναφερόμενος στην τέχνη τους ως “τέχνη του

⁵⁴ Α. Τσαγκρασούλης, “Φυσικός Φωτισμός”, ebook, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2016, σσ. 11-13

⁵⁵ “The SLL Lighting Handbook”, The Society of Light and Lighting, 2009, σ. 19-23

⁵⁶ Marcel Duchamp (1887-1968): μία από τις σημαντικότερες φυσιογνωμίες στην πρωτοπορία της τέχνης του 20ού αιώνα. Καλλιτέχνης, θεωρητικός και συμβολιστής, αποτέλεσε έναν από τους εισηγητές του ντανταϊσμού. Θεωρείται ότι ετοιμάσε το δρόμο για το μέλλον μαζί με καλλιτέχνες όπως ο Καντίνσκι και ο Μοντριάν.

αμφιβληστροειδούς” (*retinal art*), μια τέχνη για το μάτι δηλαδή με μοναδικό σκοπό να είναι ελκυστική.⁵⁷

2.5 ΚΙΡΚΑΔΙΟΙ ΡΥΘΜΟΙ

Η ανατομία του ματιού περιλαμβάνει τμήματα που καθορίζουν και διατηρούν το σχήμα του, ρυθμίζουν την ποσότητα της οπτικής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο μάτι, λαμβάνουν σήματα και τα οποία αποκωδικοποιούν σε εικόνες.⁵⁸ Ωστόσο, σχετικά πρόσφατες ανακαλύψεις επισήμαναν ότι η ακτινοβολία που εισέρχεται στο μάτι όχι μόνο πυροδοτεί την όραση, αλλά και ρυθμίζει τους καθημερινούς ρυθμούς και επηρεάζει τη βιολογία των ζώων και του ανθρώπου.

2.5.1 Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΩΝ ΓΑΓΓΛΙΑΚΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ ipRGCs

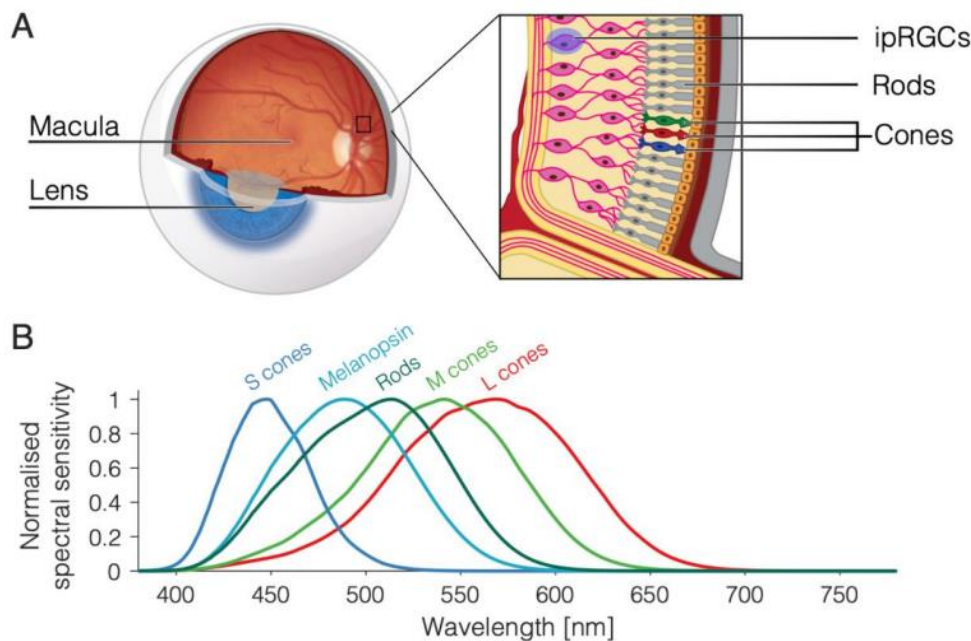
Το 1923 ο Clyde Keeler, μεταπτυχιακός φοιτητής του Χάρβαρντ, πραγματοποίησε μια σειρά πειραμάτων σε ποντίκια που είχαν εκ γενετής χάσει τους φωτοϋποδοχείς τους. Μερικά χρόνια αργότερα δημοσίευσε την έρευνά του με τίτλο “Κινήσεις της ίριδας σε τυφλά ποντίκια”, στην οποία ανέλυσε πως αν και τα ποντίκια είχαν χάσει την όρασή τους και δεν διέθεταν φωτοϋποδοχείς, συνέχιζαν να αποκρίνονται στο φως και να εμφανίζουν συστολές στην κόρη τους.

Οι προβλέψεις του Keeler επιβεβαιώθηκαν από τον David Berson και τους συνεργάτες του το 2002, οι οποίοι εντόπισαν έναν μικρό υποπληθυσμό γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς που αποκρίνονταν με άμεσο τρόπο στο φως.⁵⁹ Αυτός ο ασυνήθιστος νέος τύπος γαγγλιακών κυττάρων που αντιπροσωπεύει το 1-3% του συνόλου ονομάστηκε ipRGCs (**i**ntrinsically **p**hotosensitive **r**etinal **g**anglion **c**ells-εγγενώς φωτοευαίσθητα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς) και παρουσιάζει ορισμένα φυσιολογικά χαρακτηριστικά φωτοϋποδοχέων, ενώ ταυτόχρονα διαφέρει ριζικά από τα ραβδία και τα κωνία. Τα ipRGCs είναι εγγενώς ευαίσθητα στο φως και λειτουργούν λαμβάνοντας σήματα από τα κωνία/ραβδία. Μπορούν όμως να λειτουργήσουν και αυτόνομα από το οπτικό σύστημα, καθώς

⁵⁷ Nan Rosenthal, “*Marcel Duchamp (1887–1968)*”, στο *Heilbrunn Timeline of Art History*, New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000, ανάκτηση από site: www.metmuseum.org, λήμμα: Marcel Duchamp, Ημερ. Ανάκτησης: 01/09/2022

⁵⁸ David L. DiLaura, Kevin W. Houser, Richard G. Mistrick, Gary R. Steffy, “*Illuminating Engineering, The Lighting Handbook*”, σσ. 2.1-2.3

⁵⁹ Russell N. Van Gelder, “*Non-Visual Photoreception: Sensing Light without Sight*”, *Current Biology*, Τόμος 18, No 1, 2008, σσ. 38-39



Εικόνα 2.9 ipRGCs, πηγή: www.biorxiv.org

χρησιμοποιούν μια μοναδική χρωστική, την μελανοψίνη.⁶⁰

Από τον αμφιβληστροειδή, οι πληροφορίες μεταδίδονται σε πολλαπλούς προορισμούς στον ανθρώπινο εγκέφαλο μέσω δύο κύριων οδών. Η οπτική οδός χρησιμοποιεί τα κωνία και τα ραβδία, το οπτικό νεύρο και το οπτικό χίασμα για να μεταφέρει τις πληροφορίες στις δομές που τις ερμηνεύουν με σκοπό το σχηματισμό της εικόνας. Η δεύτερη οδός είναι η αμφιβληστροειδοϋποθαλαμική και είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά πληροφοριών από τον αμφιβληστροειδή στους υπερχιασματικό πυρήνα του υποθαλάμου. Σε αυτήν την οδό παρατηρείται η σύνδεση των ipRGCs με τους βιολογικούς ρυθμούς και την έκκριση ορμονών του οργανισμού, καθώς ο υπερχιασματικός πυρήνας περιλαμβάνει το κερκαδιανό ρολόι των θηλαστικών.⁶¹ Πρόκειται για το κεντρικό ρολόι του οργανισμού που λειτουργεί ως κεντρικός βηματοδότης και συγχρονίζει τα "περιφερειακά ρολόγια" που βρίσκονται στο στομάχι, το συκώτι, τους πνεύμονες, τον μυϊκό ιστό, ακόμη και τον ίδιο τον αμφιβληστροειδή χιτώνα.⁶²

⁶⁰ Σ. Πλαΐνης, Μ. Κ. Τσιλιμπάρης, Ι. Γ. Παλλήκαρης, "Νευροφυσιολογία του αμφιβληστροειδή και οπτικών οδών", σσ. 269 - 283

⁶¹ Céline Vetter, P. Morgan Pattison, Kevin Houser, Michael Herf, Andrew J. K. Phillips, Kenneth P. Wright, Debra J. Skene, George C. Brainard, Diane B. Boivin & Gena Glickman, "A Review of Human Physiological Responses to Light: Implications for the Development of Integrative Lighting Solutions", LEUKOS, The Journal of the Illuminating Engineering Society, Τόμος 17, 2021, σσ. 2-4

⁶² Wout van Bommel, "Interior Lighting Fundamentals, Technology and Application", Springer, 2019, σ. 143

2.5.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΟΥΣ ΚΙΡΚΑΔΙΟΥΣ ΡΥΘΜΟΥΣ

Η λέξη "κirkάδιος"(circadian), από τις λατινικές λέξεις "circa", που σημαίνει "περίπου" και "dies" που σημαίνει "ημέρα", αναφέρεται σε ρυθμικούς βιολογικούς κύκλους και αλλαγές στη συμπεριφορά που επαναλαμβάνονται περίπου κάθε 24 ώρες. Σημαντική προσωπικότητα για την ιστορία της κirkάδιας φυσιολογίας αποτελεί ο Γάλλος αστρονόμος Jean-Jacques de Mairan, ο οποίος το 1729 παρατήρησε ότι το φυτό μιμόζα, ένα φυτό που ανοίγει τα φύλλα του κατά τη διάρκεια της ημέρας και τα διπλώνει τη νύχτα, συνέχισε να πραγματοποιεί τις ίδιες διεργασίες ακόμη κι όταν το τοποθέτησαν σε πλήρες σκοτάδι.⁶³

Το γεγονός ότι ο ημερήσιος ρυθμός αναδίπλωσης των φύλλων του φυτού δεν επηρεάστηκε από την απώλεια του ημερήσιου κύκλου φωτός-σκιάς σηματοδότησε την πρώτη ένδειξη ύπαρξης ενός μηχανισμού εσωτερικού ρολογιού στους ζωντανούς οργανισμούς που παράγει ρυθμούς. Τη δεκαετία του 1930 ο ερευνητής Erwin Bünning υποστήριξε ότι οι κirkάδιοι ρυθμοί καθοδηγούνται από ένα ενδογενές ρολόι το οποίο ρυθμίζεται από εξωγενή σήματα. Υπέθεσε επίσης ότι αυτή η διακοπή του φυσιολογικού κύκλου φωτός-σκοταδιού και η έκθεση σε έντονο φως νωρίς τη νύχτα θα μετατόπιζε τη χρονική φάση του εσωτερικού ρολογιού.⁶⁴



Εικόνα 2.10 Το φύλλωμα της μιμόζας ανοιχτό και κλειστό, πηγή: adbscience.com

Σήμερα, είναι κοινά αποδεκτό ότι οι κirkάδιοι ρυθμοί είναι φυσικές διεργασίες που επηρεάζουν τα περισσότερα έμβια όντα, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων, των ζώων, των φυτών και των μικροβίων, σε κυτταρικό, φυσιολογικό και

⁶³ Roberto Refinetti, "Circadian Physiology", Δεύτερη Έκδοση, Taylor & Francis Group, 2006, σσ. 4-5

⁶⁴ Peter R. Boyce, "Human Factors in Lighting", Τρίτη Έκδοση, CRC PressTaylor & Francis Group, 2014. σ. 93

συμπεριφορικό επίπεδο. Οι ρυθμοί αυτοί ανταποκρίνονται κυρίως στο φως και το σκοτάδι, αλλά και στη θερμοκρασία και σε άλλους εξωγενείς παράγοντες που υποδηλώνουν την κίνηση του χρόνου. Στα θηλαστικά, μια ευρεία ποικιλία φυσιολογικών και συμπεριφορικών γεγονότων εμφανίζουν κίρκαδική ρυθμικότητα, που κυμαίνεται από τον προφανή κύκλο ύπνου-αφύπνισης έως τις πιο κρυφές αλλαγές στη θερμοκρασία, την αρτηριακή πίεση και τα επίπεδα ορμονών.⁶⁵

2.5.3 ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΚΙΡΚΑΔΙΑΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Από τους κίρκαδιους ρυθμούς, εκτενέστερα έχει μελετηθεί ο κύκλος ύπνου-αφύπνισης του ανθρώπου, οι περίοδοι ύπνου κατά τη διάρκεια της νύχτας και εγρήγορσης κατά τη διάρκεια της ημέρας, με βάση τα επίπεδα της ορμόνης που διευκολύνει τον ύπνο και ονομάζεται μελατονίνη. Το σύστημα χρονισμού ξεκινά από το μάτι, αλλά σε αντίθεση με το οπτικό σύστημα, δεν μεταδίδει πληροφορίες απευθείας στον οπτικό φλοιό αλλά στην επίφυση. Η τελευταία συνθέτει και εκκρίνει την ορμόνη μελατονίνη κατά τη σκοτεινή φάση του 24ωρου κύκλου φωτός-σκοταδιού. Στη συνέχεια, η μελατονίνη μεταφέρεται σε όλο το σώμα μέσω της κυκλοφορίας του αίματος. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, υψηλά επίπεδα μελατονίνης εκκρίνονται τη νύχτα και χαμηλά επίπεδα εκκρίνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας, ρυθμίζοντας έτσι τις ημερήσιες διακυμάνσεις μεταξύ εγρήγορσης και ύπνου. Ωστόσο, η συνεχής χρήση ηλεκτρικού φωτός μετά τη δύση του ήλιου και κατά τη διάρκεια της νύχτας καταστέλλει τη σύνθεση της μελατονίνης και μπορεί να συνδεθεί με την αυξημένη βραδινή κόπωση και την κακή ποιότητα ύπνου.

Ο βαθμός καταστολής καθορίζεται από τη διάρκεια έκθεσης στο φως και την ποσότητα της ακτινοβολίας που φτάνει στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Την επηρεάζει ιδίως το μπλε φως που συμπεριλαμβάνεται στο ορατό φάσμα και χαρακτηρίζεται από μικρά μήκη κύματος, περίπου στα 450-495 nm.⁶⁶ Οι συσκευές τεχνολογίας που χρησιμοποιούνται καθημερινά από μεγάλη πλειοψηφία των ανθρώπων (π.χ. οθόνες υπολογιστών, smartphone, tablet) συνήθως εκπέμπουν μπλε φως, με τις σύγχρονες συσκευές να περιλαμβάνουν και “Λειτουργία Νυκτός” στις ρυθμίσεις τους. Με αυτόν τον τρόπο μεταβάλλουν την ένταση και την απόχρωση της οθόνης κατά τις βραδινές

⁶⁵ David L. DiLaura, Kevin W. Houser, Richard G. Mistrick, Gary R. Steffy, *“Illuminating Engineering, The Lighting Handbook”*, σ. 3.5

⁶⁶ Peter R. Boyce, *“Human Factors in Lighting”*, Τρίτη Έκδοση, CRC PressTaylor & Francis Group, 2014. σ. 94-106

ώρες για να καταπολεμηθούν τα προβλήματα που σχετίζονται με τον ύπνο λόγω του μπλε φωτός.

Ενώ η κirkάδια διαδικασία είναι καθολική, ο ελεύθερος ρυθμός του βιολογικού ρολογιού διαφέρει στους περισσότερους ανθρώπους από την κλασική 24ωρη ημέρα, καθώς το βιολογικό ρολόι του καθενός αλλάζει ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τον χρονότυπό του. Για να επιτευχθεί ο συγχρονισμός του βιολογικού ρολογιού με το 24ωρο, πρέπει να αξιοποιηθούν εξωγενή ερεθίσματα αλλιώς θα γίνει χρονική μετατόπιση της φάσης του. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής χαρακτηρίζεται από αναντιστοιχία μεταξύ κirkάδιων και κοινωνικών ρολογιών (πχ. εργασία, σχολείο). Η κατάσταση αυτή είναι γνωστή ως “κοινωνικό τζετ λαγκ” και μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και στην ποιότητα ζωής.⁶⁷ Άλλο παράδειγμα χρονικής μετατόπισης αποτελεί η αλλαγή των βιολογικών ρυθμών κάποιου που ταξιδεύει σε μια διηπειρωτική πτήση και εισέρχεται σε διαφορετική ζώνη ώρας.^{68,69} Συνέπεια ενός τέτοιου ταξιδιού αποτελεί το τζετ λαγκ, ο αποσυγχρονισμός δηλαδή του βιολογικού ρολογιού εξαιτίας των γρήγορων εναλλαγών στους κirkάδιους ρυθμούς.

2.6 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΚΙΡΚΑΔΙΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Το διεθνές αεροδρόμιο του Oslo για να καταπολεμήσει το φαινόμενο του τζετ λαγκ επένδυσε έναν από τους χώρους αναμονής του με ρυθμιζόμενα φώτα LED, για να βοηθήσουν τους ταξιδιώτες είτε να χαλαρώσουν είτε να αποκτήσουν ενέργεια, ανάλογα με τις ανάγκες τους. Ο χώρος αναμονής διαθέτει εννέα διακριτά φωτισμένους χώρους, σχεδιασμένους για να εξυπηρετούν διαφορετικά σενάρια φωτισμού.⁷⁰

⁶⁷ Charikleia Papatsimpa, Jean-Paul Linnartz, “Personalized office lighting for circadian health and improved sleep”, *Sensors (Basel)*, Τόμος 20, 2020, σ. 15

⁶⁸ Wout van Bommel, “Interior Lighting Fundamentals, Technology and Application”, Springer, 2019, σσ. 144-147

⁶⁹ Cristiano L. Guarana, Christopher M. Barnes, Wei Jee Ong, “The effects of blue-light filtration on sleep and work outcomes”, *Journal of Applied Psychology*, Τόμος 106, 2020, σ.3

⁷⁰ Mark Halper, “Jet-lagged? Stop by the circadian lighting lounge at Oslo Airport”, άρθρο στο *LEDs Magazine*, 2017, site: www.ledsmagazine.com, λήμμα: Oslo Airport Circadian Lighting, Ημερ. Ανάκτησης: 08/09/22



Εικόνες 2.11, 2.12 Χώρος καταπολέμησης τζετ λαγκ στο αεροδρόμιο Όσλο, πηγή: www.ledsmagazine.com

Αντίστοιχα, η παγκόσμια ξενοδοχειακή αλυσίδα IHG ξεκίνησε να ενσωματώνει ειδικά σχεδιασμένο φωτισμό για τις ανάγκες του κιρκάδιου ρυθμού των ανθρώπων. Σκοπός είναι η βελτίωση της ποιότητας της διαμονής τους, μέσω ενός επιτραπέζιου φωτιστικού που επιτρέπει στον ίδιο τον χρήστη να επιλέξει τις συνθήκες φωτισμού που επιθυμεί ανάλογα με τις ανάγκες του. *“Το να προσφέρουμε φωτισμό για τον κιρκάδιο ρυθμό ο οποίος μπορεί να ελέγχεται χειροκίνητα από τους επισκέπτες για να εκπέμπει το φάσμα του φωτός που απαιτείται για τα επιθυμητά οφέλη, είναι αναμφίβολα η επόμενη μεγάλη τάση για τις μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες... Κάθε δωμάτιο απαιτεί φωτισμό, αλλά δεν χρειάζεται πλέον αυτός να έρχεται σε αντίθεση με τις επιθυμίες των επισκεπτών.”⁷¹*

2.7 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟΚΕΝΤΡΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ

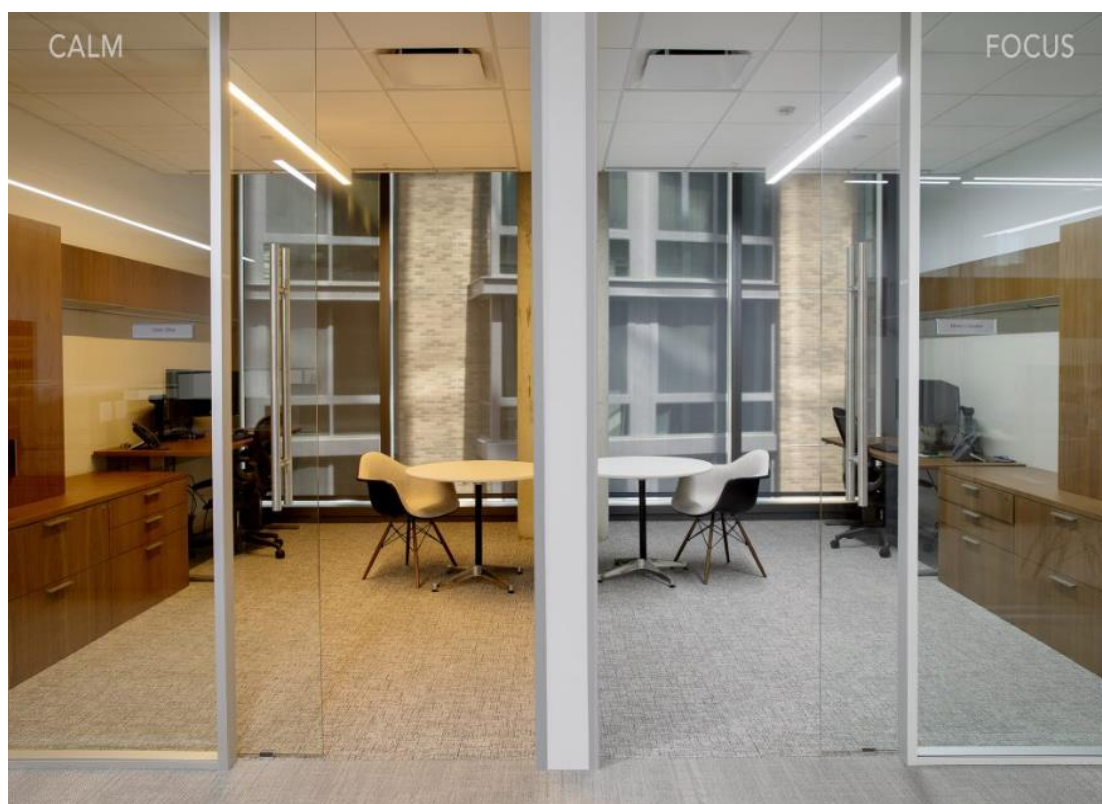
Και τα δύο αυτά παραδείγματα αποτελούν πρώιμες εφαρμογές ανθρωποκεντρικού φωτισμού (HCL-Human Centric Lighting). Δεν υπάρχει μόνο ένας ορισμός για τον ανθρωποκεντρικό φωτισμό, εξαιτίας των πολλαπλών παραγόντων που εμπλέκονται. Ορισμένες ερμηνείες εστιάζουν στο πώς συνδέεται με τον κιρκάδιο ρυθμό, ενώ άλλες αναλύουν κυρίως την επίδρασή του στην εμπειρία (σε σχέση με το φωτισμό) του χρήστη.⁷² Ορθότερη προσέγγιση αποτελεί η ολιστική, που λαμβάνει υπόψη ότι ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός αναφέρεται τόσο στις οπτικές όσο και στις μη οπτικές επιδράσεις του φωτός στον άνθρωπο. Συμπεριλαμβάνει όλες τις πτυχές

⁷¹ Valerie Dennis Craven, “Circadian Lighting Helps Hotel Guests Get a Good Night’s Sleep”, άρθρο στο I & S Design with Purpose, 2019, site: www.iands.design, λήμμα: Circadian Lighting, Ημερ. Ανάκτησης: 08/09/22

⁷² Peter Boyce, “Editorial: Exploring human-centric lighting”, *Lighting Research and Technology*, Τόμος 48, 2016

αυτών των επιρροών, από τον την οπτική άνεση και απόδοση ενός χώρου, μέχρι τον τρόπο που επηρεάζεται η ευημερία των χρηστών του δομημένου περιβάλλοντος, η ποιότητα του ύπνου τους, η εγρήγορση, η παραγωγικότητα και η διάθεσή τους.⁷³

Μπορεί το φως του ήλιου να είναι αυτό που παρέχει με φυσικό τρόπο στον ανθρώπινο οργανισμό την επιθυμητή εναλλαγή φωτός-σκοταδιού, όμως ο ηλεκτρικός φωτισμός παίζει κι αυτός κρίσιμο ρόλο, δεδομένου ότι η συντριπτική πλειοψηφία των ανθρώπων περνάει το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους. Η συνδυαστική χρήση αρχιτεκτονικής, ανοιγμάτων και κατάλληλων φωτιστικών δύναται να διατηρήσει σε ισορροπία τους βιορυθμούς του ανθρώπου.⁷⁴ Οι τεχνολογίες φωτισμού γίνονται ολοένα και πιο εξελιγμένες και αυτοματοποιημένες, αποκτώντας μια ευελιξία στη χρήση μέσω της εφαρμογής έξυπνων συστημάτων. Σταδιακά έρχεται στο προσκήνιο των εφαρμογών η προσωπική παρέμβαση των χρηστών στην ποιότητα του φωτισμού, καθώς είναι πολύ σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η εμπειρία του χρήστη ως μέρος του σχεδιασμού.⁷⁵



Εικόνα 2.13 Συγκριτική παράθεση δύο σεναρίων φωτισμού πηγή: arc.currentlighting.com

⁷³ Sarah Kloepple, "What you need to know about human-centric lighting", 2019, άρθρο στο *Buildings*, site: www.buildings.com, λήμμα: *Human Centric Lighting*, Ημερ. Ανάκτησης: 14/09/2022

⁷⁴ Kevin W. Houser, Tony Esposito, "Human-centric lighting: Foundational considerations and a Five-Step Design Process", *Frontiers in Neurology*, Τόμος 12, 2021

⁷⁵ Sarah Kloepple, "What you need to know about human-centric lighting", 2019, άρθρο στο *Buildings*, site: www.buildings.com, λήμμα: *Human Centric Lighting*, Ημερ. Ανάκτησης: 14/09/2022

Πρόκειται για μια σχετικά σύγχρονη εξέλιξη στον τομέα του φωτισμού, όπου το συμβατικό τεχνητό φως με τις ενιαίες και ομοιόμορφες εφαρμογές αναβαθμίζεται, αποκτά δυναμικότητα και πλέον μιμείται τη φασματική ποικιλότητα του φυσικού φωτός. Φύση κι επιστήμη συνδυάζονται και μαζί προσφέρουν στον άνθρωπο το κατάλληλο φως την κατάλληλη χρονική περίοδο. Με αναπροσαρμογή της θερμοκρασίας χρώματος και της έντασης φωτισμού, μπορούν να προσομοιωθούν οι επιθυμητές ώρες της ημέρας, από την αυγή μέχρι το ηλιοβασίλεμα. Ένα ουδέτερο ή ψυχρό φως το πρωί μπορεί να δώσει ενέργεια και να στηρίξει τη σωστή λειτουργία των κινησικών ρυθμών. Όσο πλησιάζει το απόγευμα το θερμό λευκό φως μπορεί να αντικαταστήσει το ψυχρό που είχε επιλεγεί για την αρχή της ημέρας. Ένα θερμότερο και πιο σκοτεινό τεχνητό φως είναι επίσης η καλύτερη επιλογή για το βράδυ, καθώς είναι χαλαρωτικό και δεν καταστέλλει την παραγωγή της μελατονίνης.⁷⁶

Ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός, αυτός ο κατά κάποιο τρόπο πλεονασματικός όρος μιας και ο φωτισμός πάντα αφορούσε τον άνθρωπο και τον είχε στο επίκεντρό του, δεν αποτελεί μια απλή διαδικασία ή δεύτερη σκέψη αλλά ξεκινά από τη σωστή ιεράρχηση των στόχων του σχεδιασμού. Είναι αποτέλεσμα συγκροτημένων προσπαθειών και ορθής λήψης αποφάσεων σε κάθε στάδιο, μέσω αρχιτεκτονικών επεμβάσεων και προσεκτικών εφαρμογών της τεχνολογίας.⁷⁷

⁷⁶ "Ανθρωποκεντρικός φωτισμός", άρθρο στο Ledvance, site: www.ledvance.gr, λήμμα: Ανθρωποκεντρικός Φωτισμός, Ημερ. Ανάκτησης: 14/09/2022

⁷⁷ Kevin W. Houser, Tony Esposito, "Human-centric lighting: Foundational considerations and a Five-Step Design Process", *Frontiers in Neurology*, Τόμος 12, 2021

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΝΘΡΩΠΟΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

3.1 ΑΝΘΡΩΠΟΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΟ ΦΩΣ

Από τον κενό γυάλινο λαμπτήρα του Τόμας Έντισον έως και τις σύγχρονες εφαρμογές LED που ελέγχονται από την τεχνητή νοημοσύνη, οι συνεχείς εξελίξεις εκατοντάδων ετών επηρέασαν τα διάφορα στάδια εφαρμογής του φωτισμού έως να συντάξουν αυτό που σήμερα γνωρίζουμε ως τεχνητό φωτισμό. Μέσα από τις εξελίξεις επικράτησε ένας τρόπος ζωής «αφιερωμένος» σε κλειστούς χώρους, με μοναδική πηγή φωτός το σταθερό τεχνητό φως καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.⁷⁸ Ωστόσο, με την πορεία των ερευνών γνωρίζουμε πλέον ότι ο τεχνητός φωτισμός δεν περιορίζεται μόνο στον οπτικό τομέα. Με την έννοια του ανθρωποκεντρικού φωτισμού, η κατανόηση της ποιότητας του φωτός διευρύνθηκε ώστε να συμπεριλάβει όλες τις πτυχές της σχέσης του με τον άνθρωπο. Αφενός την εξασφάλιση της ορατότητας και αφετέρου την ικανοποίηση σωματικών, νοητικών και συναισθηματικών αναγκών.

Ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός δεν καθορίζεται από τα επιμέρους τεχνικά χαρακτηριστικά ενός φωτιστικού σώματος αλλά από μια ιδιαίτερη προσέγγιση του φαινομένου του φωτός. Πρόκειται για μια σχετικά σύγχρονη εξέλιξη στον τομέα του φωτισμού (η ονομασία Human Centric Lighting διαδόθηκε ευρέως το 2013), όπου το συμβατικό τεχνητό φως με τις ενιαίες και ομοιόμορφες εφαρμογές αναβαθμίζεται,



Εικόνα 3.1 Concept Ανθρωποκεντρικού Φωτισμού της Erco, πηγή: www.press.erco.com, Press release 07.05.2019

⁷⁸ Camilla Ghisleni, "What is Human Centric Lighting (HCL)?", Μετάφραση: Diogo Simões, Archdaily, 2023, site: www.archdaily.com, λήμμα: human centric lighting, Ημερ. Ανάκτησης: 25/04/2023

αποκτά δυναμικότητα και πλέον μιμείται τη φασματική ποικιλότητα του φυσικού φωτός. Φύση κι επιστήμη συνδυάζονται και μαζί προσφέρουν το κατάλληλο φως την κατάλληλη χρονική περίοδο, επιδρώντας στον άνθρωπο τόσο στην οπτική όσο και στην μη οπτική αντίληψη του φωτός.⁷⁹

Με την επίτευξη της οπτικής άνεσης σε έναν χώρο διατηρούνται τα κατάλληλα επίπεδα φωτισμού και μειώνεται η θάμβωση, παρέχοντας έτσι φωτισμό υψηλής ποιότητας για την ανθρώπινη όραση (visual effects). Με την εξέλιξη και εξάπλωση του Ανθρωποκεντρικού Φωτισμού, έρχονται στο προσκήνιο μεγέθη όπως το φάσμα της ακτινοβολίας, η συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος, η ένταση του φωτισμού και η κατεύθυνση του φωτός, τα οποία συμβάλλουν στην εξασφάλιση ισορροπημένων ανθρώπινων βιορυθμών, εγρήγορση κατά τη διάρκεια της ημέρας και χαλάρωση τις βραδινές ώρες, αισθητή αύξηση των επιδόσεων και βελτιωμένη συγκέντρωση (non visual effects). Αυτές οι παράμετροι αναλαμβάνουν έναν νέο ρόλο στο σχεδιασμό φωτισμού, ικανοποιώντας ταυτόχρονα οπτική άνεση, ενεργειακή απόδοση και καλύτερη βιολογική λειτουργία.⁸⁰

Οι τεχνικές καινοτομίες ήταν καθοριστικές για την εξέλιξη του ανθρωποκεντρικού φωτισμού, χάρη στη σύγκλιση της επανάστασης των LED, του ευφυούς ελέγχου και των προηγμένων φωτιστικών σωμάτων υψηλότερων επιδόσεων. Ο συνδυασμός της τεχνολογίας LED με τις μεταβλητές θερμοκρασίες χρώματος και την ψηφιακή διασύνδεση κατέστησε εφικτό τον ευέλικτο και μεταβλητό φωτισμό που υποστηρίζει καλύτερα τους κερκάρδιους ρυθμούς.⁸¹

3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

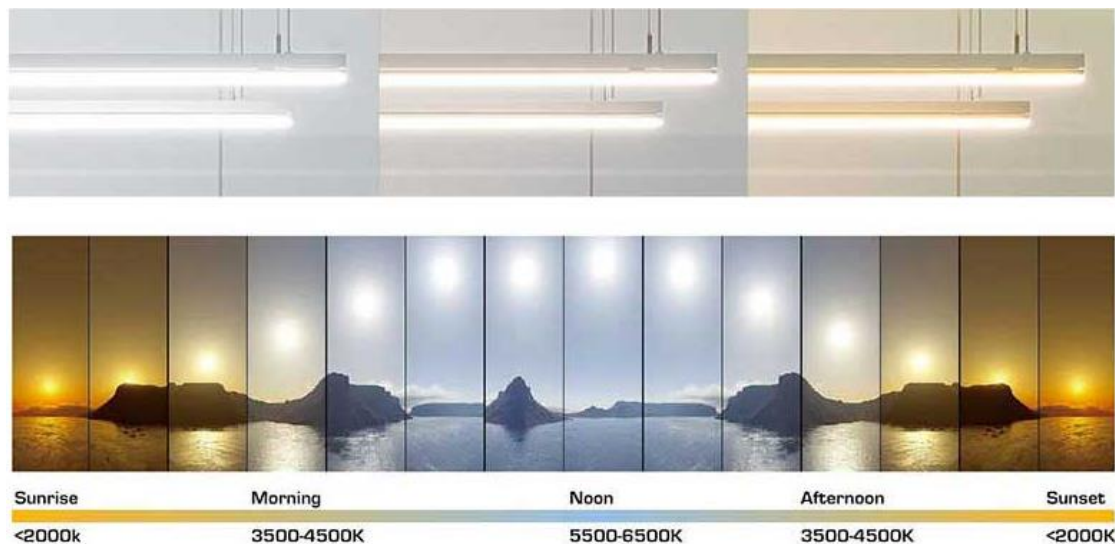
Στα βασικά χαρακτηριστικά της μη οπτικής αντίληψης συγκαταλέγονται τέσσερις πτυχές του φωτός: χρόνος, ένταση, φάσμα και κατανομή. Επειδή αυτές οι παράμετροι επηρεάζουν τον κερκάρδιο ρυθμό σε διαφορετικό βαθμό, είναι επιθυμητό ο σχεδιασμός να ξεκινάει με τη ιεράρχηση των στόχων.

Οι δυναμικές εγκαταστάσεις φωτισμού προσφέρουν τη δυνατότητα αξιοποίησης περισσότερων επιλογών από ένα στατικό σύστημα φωτισμού που έχει μόνο δύο λειτουργίες, on και off. Το δυναμικό σύστημα λειτουργεί μέσω της

⁷⁹ Erco, "Human Centric Lighting", White paper, 2022, σ. 9

⁸⁰ ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021, "ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ", Σχέδιο για Διαβούλευση, Α Έκδοση, 2021, σσ. 91-96

⁸¹ "Human Centric Lighting, Smartlighting", Ekinex, site: www.ekinex.com, λήμμα: human centric lighting, Ημερ. Ανάκ: 20/04/2023



Εικόνα 3.2 "Tunable white" τεχνολογία φωτισμού, πηγή: www.ledynamics.com

ενσωμάτωσης πολλαπλών πηγών και της μεταβολής των χαρακτηριστικών του παρεχόμενου φωτισμού. Πιο συγκεκριμένα, μεταβάλλεται η εκπεμπόμενη φωτεινή ροή επηρεάζοντας την ένταση φωτισμού και την αντίστοιχη ατμόσφαιρα και δημιουργούνται διακυμαινόμενες ισορροπίες ψυχρού και θερμού φωτισμού.⁸² Ο όρος "tunable white" τεχνολογία φωτισμού καθιερώθηκε το 2015, περιγράφοντας τη μέθοδο αλλαγής του φάσματος των φωτιστικών σωμάτων κατά μήκος της καμπύλης Planck' ορίζοντας τη δυνατότητα ελέγχου του φάσματος εκπομπής μιας φωτεινής πηγής με δυνατότητα μεταβολής της θερμοκρασίας χρώματος από ψυχρή σε θερμή ή και αντίθετα.

Σε συμφωνία με τους κιρκάδιους ρυθμούς, με αναπροσαρμογή του φάσματος και ως επακόλουθο της συσχετισμένης θερμοκρασίας χρώματος και της έντασης φωτισμού μπορούν να προσομοιωθούν οι επιθυμητές ώρες της ημέρας, από την αυγή μέχρι το ηλιοβασίλεμα. Ένα ουδέτερο ή ψυχρό φως με φάσμα που περιέχει βιολογικά αποτελεσματικό μπλε φως το πρωί, μπορεί να δώσει ενέργεια και να στηρίξει τη σωστή λειτουργία των κιρκάδιων ρυθμών. Όσο πλησιάζει το απόγευμα το θερμό λευκό φως (<3.300K) μπορεί να αντικαταστήσει το ψυχρό (4.500-6.500K) που είχε επιλεγεί για την αρχή της ημέρας. Ένα θερμότερο και πιο σκοτεινό τεχνητό φως με μειωμένα επίπεδα φωτισμού είναι επίσης η καλύτερη επιλογή για το βράδυ, καθώς είναι χαλαρωτικό και δεν καταστέλλει την παραγωγή της μελατονίνης.⁸³

⁸² ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021, "ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ", σσ. 91-96

⁸³ "Ανθρωποκεντρικός φωτισμός", άρθρο στο Ledvance, site: www.ledvance.gr, λήμμα: Ανθρωποκεντρικός Φωτισμός, Ημερ. Ανάκτησης: 14/09/2022

Ωστόσο, ο ρυθμιζόμενος "tunable white" λευκός φωτισμός αφορά μία μόνο παράμετρο της ολιστικής μεθόδου σχεδιασμού και δεν πρέπει να εξισώνεται με τον Ανθρωποκεντρικό Φωτισμό. Αποτελεί μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται στα συστήματα για τη ρύθμιση του φάσματος και της έντασης των LED, αλλά είναι εξίσου σημαντική με λοιπούς παράγοντες όπως ο χρόνος και η ανθρώπινη συνιστώσα. Με τη χρήση της τεχνολογίας αισθητήρων, των ασύρματων επικοινωνιών και των εφαρμογών λογισμικού, τα ανθρωποκεντρικά έξυπνα συστήματα διαχείρισης είναι περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένα και άμεσα ελέγξιμα από τον χρήστη.⁸⁴ Ο έλεγχος του φωτισμού σύμφωνα με τις επιμέρους συνθήκες εργασίας καθώς και τις ατομικές ανάγκες υποστηρίζει την ευημερία, τη δημιουργικότητα και μπορεί να προσαρμοστεί βέλτιστα στις ατομικές συνήθειες και απαιτήσεις οπτικής οξύτητας.

Ο καλύτερος φωτισμός παρέχει οπτική άνεση και βασίζεται τόσο στην ισορροπία μεταξύ της φωτεινής έντασης και της θερμοκρασίας χρώματος του φωτός, όσο και στον τρόπο με τον οποίο το φως προσπίπτει οριζόντια, κάθετα και έμμεσα στις επιφάνειες, το πάτωμα, τους τοίχους και την οροφή. Η διάχυση και η κατεύθυνση του φωτισμού είναι ιδιαίτερα σημαντικά χαρακτηριστικά. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι προδιαγραφές που χρησιμοποιούνται συνήθως και είναι σύμφωνες με το EN 12464-1 αφορούν την επιφάνεια εργασίας και συχνά έχουν ως κριτήριο την οριζόντια ένταση φωτισμού. Σε αντίθεση, οι προδιαγραφές του ανθρωποκεντρικού φωτισμού εστιάζουν στην κατακόρυφη ένταση φωτισμού. Για να επιτευχθεί η κατάλληλη πρόσπτωση του φωτός στους σωστούς φωτουπόδοχούς του ματιού, θα πρέπει να εισέρχεται στο μάτι από ψηλά και μπροστά. Γι' αυτό οι σχεδιαστικές επιλογές και τα φωτιστικά σώματα που θα τοποθετηθούν θα πρέπει να δίνουν έμφαση στον κάθετο φωτισμό στο ύψος του ματιού, χωρίς να υποσκελίζεται ο οριζόντιος φωτισμός στη σχεδιαστική ιδέα.

Όπου είναι δυνατόν, πρέπει να επιτυγχάνεται η διάχυση του φωτισμού σε μεγάλο βαθμό από μεγάλες επιφάνειες. Μπορεί να επιλεγούν φωτιστικά σώματα με μεγάλες επίπεδες επιφάνειες που έχουν δυνατότητα να δημιουργήσουν φωτεινές οροφές, κρεμαστά φωτιστικά που εκπέμπουν μέχρι 30% του φωτισμού προς την οροφή ή προς το πάνω μέρος των τοίχων, φωτιστικά που δημιουργούν wallwash.⁸⁵

⁸⁴ "Human Centric Lighting (HCL): What Is It and How Does It Work", άρθρο στο Lighting Manufacturer, site: www.manufacturer.lighting, λήμμα: hcl, Ημερ. Ανάκτησης: 07/03/2023

⁸⁵ **Wallwash**: Τεχνική φωτισμού κατά την οποία ο κάθετος, έμμεσος φωτισμός τοποθετείται στην οροφή ή στο δάπεδο σε μεγαλύτερη απόσταση από τον τοίχο. Με αυτόν τον τρόπο, το φως προσπίπτει στον τοίχο με ομοιόμορφο και ομαλό τρόπο.



Εικόνα 3.3 Wallwash, πηγή: www.starfirelighting.com

Επιπλέον, όλο και περισσότερα φωτιστικά παρουσιάζουν πλέον εκδοχές με εξαρτήματα άμεσου και εμμέσου φωτισμού που εναλλάσσονται ανεξάρτητα. Με την ενσωμάτωση τέτοιων φωτιστικών επιλογών στην αρχιτεκτονική οι χώροι μπορούν να φωτιστούν ανάλογα με τη λειτουργία τους, δημιουργώντας αντιληπτικές ιεραρχίες και δίνοντας έμφαση σε συγκεκριμένα αρχιτεκτονικά στοιχεία.

Τέλος, για τη δημιουργία ενός ευχάριστου περιβάλλοντος το οποίο θα ελκύει τους χρήστες, ο κατάλληλος φωτισμός πρέπει να συνοδεύεται από προσεκτική επιλογή χρωμάτων και υλικών χωρίς να μεταβάλλεται η φασματική σύνθεση. Ορισμένα χαρακτηριστικά των ίδιων των φωτιστικών όπως οι περσίδες, το κάλυμμα και ο διαχύτης ενδέχεται να μειώσουν τη μπλε συνιστώσα του λευκού φωτισμού της φωτεινής πηγής. Από την άλλη, η χρωματική παλέτα που χρησιμοποιείται στον χώρο, επηρεάζει ποια μέρη του εκπεμπόμενου ορατού φάσματος ανακλώνται και ποια απορροφώνται. Για παράδειγμα, τα σκούρα χρώματα αντανακλούν λιγότερο φως από τα ανοιχτά. Αυτές οι επιλογές αποτελούν το τελευταίο layer στο σχεδιασμό του φωτισμού, το κάτι παραπάνω. Μία ποικιλία ποιοτήτων, χρωμάτων και υφών που επιδρούν στην αύρα και την ατμόσφαιρα των χώρων.⁸⁶

⁸⁶ ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021, “ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ”, σσ. 91-96

3.3 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

3.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ LEED

Από τη στιγμή της ίδρυσής του στα τέλη της δεκαετίας του 1990 από το Συμβούλιο Πράσινων Κτιρίων των ΗΠΑ (USGBC, U.S. Green Building Council),⁸⁷ το σύστημα διεθνούς πιστοποίησης LEED έχει αναδειχθεί ως ένα παγκοσμίως αναγνωρισμένο σύμβολο επιτευγμάτων βιωσιμότητας για το δομημένο περιβάλλον. Ως το πιο διαδεδομένο σύστημα αξιολόγησης και πιστοποίησης πράσινων κτιρίων σε διεθνές επίπεδο, δημιούργησε κατάλληλο πλαίσιο εκμετάλλευσης των διαθέσιμων πηγών, προωθώντας την εφαρμογή προτύπων βιωσιμότητας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των κτιρίων. Από το σχεδιασμό και την κατασκευή τους, έως και την κατεδάφισή τους, πρόκειται για ένα ολιστικό πλαίσιο που εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο ένα κτίριο επηρεάζει το περιβάλλον.⁸⁸

Το LEED άρχισε να εφαρμόζεται πιλοτικά το 1998 και εφαρμόστηκε επίσημα ως σύστημα αξιολόγησης το 2000. Η πιλοτική του έκδοση (LEED New Construction (NC) v1.0) αποτέλεσε ένα εθελοντικό πρότυπο απευθυνόμενο μόνο σε νέες κατασκευές, με στόχο τη σύνθεση του βέλτιστου δυνατού αιεφόρου κτιρίου σύμφωνα με την κτιριακή τεχνολογία της εποχής. Καθώς όμως το πρόγραμμα άρχισε να αναπτύσσεται και να εξελίσσεται, μετατράπηκε σε ένα σύνολο αλληλένδετων προτύπων συμπεριλαμβάνοντας πλέον και διαδικασίες πιστοποίησης για υφιστάμενα κτίρια. Η διαδικασία τόσο για τα νεόδμητα (Building Design and Construction – BD+C) όσο και για τα υφιστάμενα κτίρια (Building Operations and Maintenance - O+M) είναι στο σύνολό της παρόμοια και καλύπτει ένα μεγάλο εύρος της κατασκευαστικής διαδικασίας και ανάπτυξης.⁸⁹

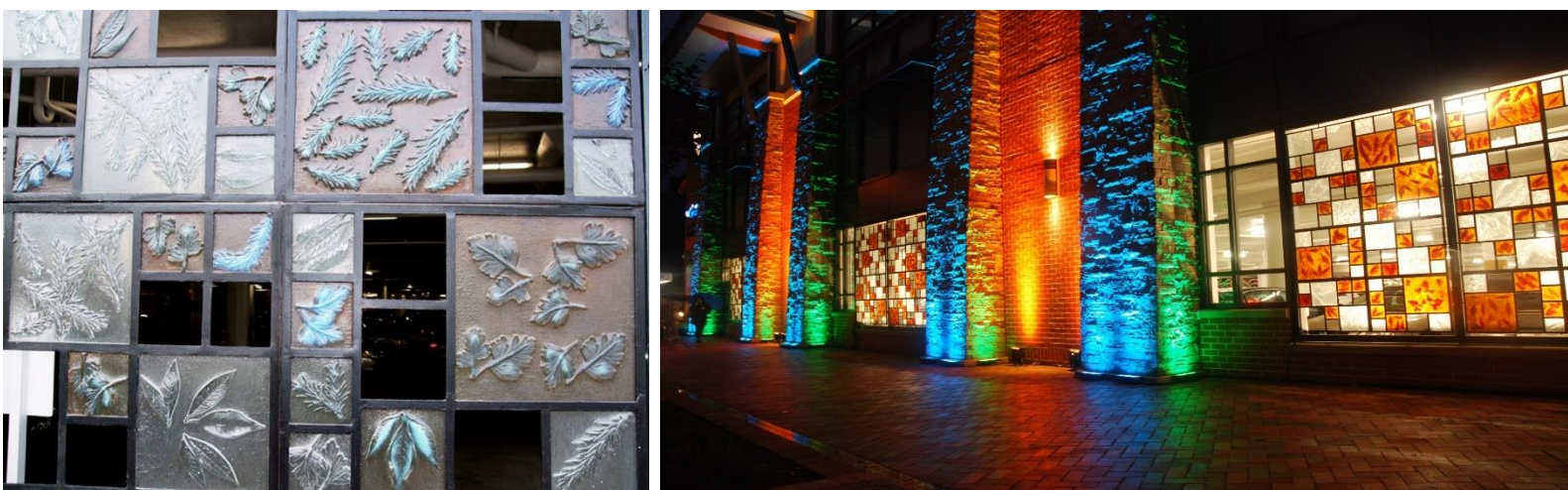
Ο οδηγός δεν εγκλωβίζεται στην δομική υπόσταση του κτιρίου, αλλά αγγίζει και το άυλο, το αισθητικό, προωθώντας έργα τέχνης που προσεγγίζουν με ενσυναίσθηση την αιεφορία. Ενδεικτική περίπτωση αποτελεί το σούπερ μάρκετ Safeway στην πόλη Bethesda των ΗΠΑ. Το 2011, η εταιρεία Safeway ανέθεσε στο Washington Glass Studio να σχεδιάσει και να ενσωματώσει στην αρχιτεκτονική πρόσοψη ένα έργο τέχνης που δημιουργήθηκε με βάση τον αιεφόρο σχεδιασμό. Με διαστάσεις 12x3 μέτρα, το μεγάλης κλίμακας έργο τέχνης χαρακτηρίζεται από το

⁸⁷ United States Green Building Council (USGBC): Επίσημο μέλος του World Green Building Council. Ιδρύθηκε το 1993 και εδρεύει στην Washington DC. Σήμερα αριθμεί περισσότερα από 12.000 μέλη.

⁸⁸ "LEED rating system", Usgbc, site: www.usgbc.org, λήμμα: leed, Ημερ. Ανάκτησης: 12/04/2023

⁸⁹ Portalatin, Roskoski & Shouse, "Green Building Rating Systems", Sustainability How-to Guide Series Green, IFMA International Facility Management Association, 2015, σ. 16

πολύχρωμο χυτό ανακυκλωμένο γυαλί και χάλυβα, υλικά που διασώθηκαν από το αρχικό κτίριο πριν γίνει η ανακαίνιση.⁹⁰



Εικόνες 3.4, 3.5 Έργο τέχνης στην πρόσοψη του Safeway supermarket, πηγή: washingtonglassschool.com

3.3.2 LEED v.4

Από το 2013, το LEED παρουσίασε την τελευταία του έκδοση, LEED v4 for BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION. Μια επικαιροποιημένη διαδικασία πιστοποίησης η οποία είναι πιο ευέλικτη και βασίζεται στα δεδομένα μετρήσεων του κτιρίου, γεγονός που της επιτρέπει να ανταποκρίνεται στις μοναδικές πτυχές των διαφορετικών έργων. Για να πιστοποιηθεί επίσημα ένα κτίριο μέσω του πλαισίου που παρέχεται από το LEED πρέπει να αξιολογηθεί η απόδοσή του σε μία σειρά δεικτών, υπό το πρίσμα οκτώ διακριτών κατηγοριών βαθμολόγησης⁹¹ και κατ' επέκταση να συγκεντρώσει βαθμούς (points) που διατίθενται μέσω αυτών.

Επιπλέον, σχεδόν όλες οι κατηγορίες βαθμολόγησης περιλαμβάνουν κάποιες προϋποθέσεις (prerequisites) οι οποίες είναι υποχρεωτικό να πληρούνται για να προχωρήσει η διαδικασία, αν και δεν βαθμολογούνται. Οι ομάδες καλούνται να επιλέξουν την κατάλληλη στρατηγική για το έργο τους, επιλέγοντας ποιες πιστωτικές μονάδες (credits) θα επιδιώξουν να ικανοποιήσουν για να συγκεντρώσουν βαθμούς,

⁹⁰ “Safeway Bethesda”, Υποβλήθηκε από το Washington Glass Studio, CODAworx, site: www.codaworx.com, λήμμα: leed certified art, Ημερ. Ανάκτησης: 02/05/2023

⁹¹ **Οι οκτώ κατηγορίες βαθμολόγησης είναι:** Τοποθεσία και Διασύνδεση (Location and Transportation – LT), Βιώσιμες Τοποθεσίες (Sustainable Sites – SS), Ορθολογική χρήση Νερού (Water Efficiency – WE), Ενέργεια και Ατμόσφαιρα (Energy and Atmosphere – EA), Υλικά και Πόροι (Materials and Resources – MR), Ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος (Indoor Environmental Quality – EQ), Καινοτομία (Innovation – IN), Περιφερειακή Προτεραιότητα (Regional Priority – RP)

τηρώντας πάντα όλες τις προϋποθέσεις. Ο αριθμός των συγκεντρωμένων βαθμών καθορίζει σε ποιο από τα τέσσερα επίπεδα πιστοποίησης υπάγονται τα υφιστάμενα ή υπό κατασκευή κτίρια: πιστοποιημένο (Certified, 40–49 βαθμοί), ασημένιο (Silver, 50–59 βαθμοί), χρυσό (Gold, 60–79 βαθμοί) και τέλος πλατινένιο (Platinum, πάνω από 80 βαθμοί).⁹²

3.3.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ LEED ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Τα πρώτα χρόνια λειτουργίας του LEED, το Συμβούλιο Πράσινων Κτιρίων των ΗΠΑ καταχωρούσε περίπου 60 έργα το μήνα. Μέχρι το τέλος του 2018, ο αριθμός αυτός είχε εκτοξευθεί στα 700, σηματοδοτώντας μια εποχή άνθισης του ενδιαφέροντος για τη βιώσιμη δόμηση. Το πρώτο έργο στον κόσμο που κέρδισε την πιστοποίηση LEED Platinum ήταν το Περιβαλλοντικό Κέντρο Philip Merrill στην πόλη Annapolis, στις 30 Μαρτίου 2000. Το κτίριο των κεντρικών γραφείων του Chesapeake Bay Foundation,⁹³ 32.000 τ.μ., μπορεί να άνοιξε επίσημα τις πόρτες του το 2001 αλλά ο σχεδιασμός του ξεκίνησε το 1998, όταν το LEED ήταν ένα νεοσύστατο σύστημα αξιολόγησης. Η ομάδα του έργου χρησιμοποίησε την τότε έκδοση του προγράμματος (LEED 1.0) ως σημείο αναφοράς, ενώ ταυτόχρονα επιδίωξε να συγκεντρώσει όλες τις διαθέσιμες πιστωτικές μονάδες, που έδιναν τη δυνατότητα να αποδειχθεί η βιωσιμότητα του κτιρίου.⁹⁴

Στην Ελλάδα, η συντριπτική πλειονότητα των έργων LEED βρίσκεται στην Αθήνα, γεγονός που συνάδει με το ότι οι κυριότερες επενδύσεις σε ακίνητα αναπτύσσονται στη μητροπολιτική περιοχή της πρωτεύουσας. Το “Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος” (ΚΠΣΝ), κτίριο 210.000 τ.μ. το οποίο σχεδιάστηκε από το Renzo Piano Building Workshop και περιλαμβάνει τις νέες εγκαταστάσεις της Εθνικής Βιβλιοθήκης της Ελλάδος και της Εθνικής Λυρικής Σκηνής, ήταν το πρώτο έργο στη

⁹² Μαρίνα Πρωτονοταρίου, “LEED: Ρεκόρ το δεκάμηνο του 2022 με 13 αιτήσεις ελληνικών κτηρίων για πιστοποιήσεις Ποια είναι”, mononews, 2022, site: www.mononews.gr, λήμμα: leed, Ημερ. Ανάκτησης: 20/04/2023

⁹³ **Chesapeake Bay Foundation**: ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός 35 ετών, αφιερωμένος στην αποκατάσταση των πόρων και την εξάλειψη της ρύπανσης στην 64.000 τετραγωνικών μιλίων λεκάνη απορροής του Κόλπου Chesapeake.

⁹⁴ Heather Benjamin, “LEED Lookbook: Two pioneering projects from the early days of LEED”, USGBC, 2021, site: www.usgbc.org, λήμμα: first leed projects, Ημερ. Ανάκτησης: 03/03/2023

Εικόνες 3.6, 3.7, 3.8

Philip Merrill Environmental Center, ΚΠΣΝ, Νηπιακός & Προνηπιακός σταθμός

Πηγές: venue.cbf.org, www.nationalopera.gr, www.ergonplus.gr



χώρα που εγγράφηκε στο σύστημα το 2008.⁹⁵ Το πρώτο όμως κτίριο LEED που πιστοποιήθηκε με το επίπεδο Platinum στην Ελλάδα ήταν ο Νηπιακός & Προνηπιακός σταθμός του Ελληνοαμερικανικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος, μια εκπαιδευτική εγκατάσταση με συνολική επιφάνεια 8.300 τ.μ. Το έργο πιστοποιήθηκε με το 2014, δύο χρόνια πριν ανακοινωθεί τον Νοέμβριο του 2016 ότι το ΚΠΣΝ κατέκτησε και την πλατινένια Πιστοποίηση LEED.⁹⁶

Παρά τη μεγάλη οικονομική κρίση της Ελλάδας, καθώς και την παγκόσμια αναστάτωση που επέφερε η πανδημία Covid-19 τα τελευταία χρόνια, το έτος 2022 παρατηρήθηκε αύξηση ύψους 49% στα πιστοποιημένα κατά LEED κτίρια που εδρεύουν σε ελλαδικό έδαφος.⁹⁷ Η αυξητική αυτή τάση συνδέεται με τις εξελίξεις στην κατασκευαστική βιομηχανία αλλά και με την υπεραξία που λαμβάνουν τα ακίνητα αν εξασφαλίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας και πιστοποιείται ο βιώσιμος χαρακτήρας τους.⁹⁸ Σταδιακά, η Ελληνική-Ευρωπαϊκή νομοθεσία γίνεται αυστηρότερη, με το LEED v4 να συνιστά μια ουσιαστική αναβάθμιση από τις παλαιότερες εκδοχές. Το πρόγραμμα, με τη σύγχρονη μορφή του, δίνει μεγαλύτερη έμφαση στα μετρήσιμα αποτελέσματα, εφαρμόζοντας αλλαγές που υποδεικνύουν ανθρωποκεντρικό πνεύμα και επηρεάζουν το σχεδιασμό και την επιλογή του φωτισμού.

3.3.4 LEED ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Η ομάδα έργου του κάθε κτιρίου -η οποία σύμφωνα με το LEED ιδανικά περιλαμβάνει μελετητή/σχεδιαστή φωτισμού- δίνοντας έμφαση σε μεγέθη του φωτισμού όπως η χρωματική απόδοση, η ομοιομορφία, τα επίπεδα θάμβωσης κ.λ.π., πραγματοποιεί ελέγχους ώστε να εξασφαλίζεται η εφαρμογή και η τεκμηρίωση της συμμόρφωσης με τις ισχύουσες συστάσεις και τα πρότυπα του ενεργειακού προτύπου ASHRAE 90.1-2010⁹⁹ (ή με κάποιο άλλο ισοδύναμο πρότυπο εγκεκριμένο από το Συμβούλιο Πράσινων Κτιρίων των ΗΠΑ για έργα εκτός των ΗΠΑ). Το LEED “αγγίζει” τον φωτισμό σε αρκετά σημεία, όπως για παράδειγμα στην κατηγορία *Βιώσιμες*

⁹⁵ “Το Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος Κατέκτησε την Πλατινένια Πιστοποίηση LEED ως Πράσινο Κτίριο”, Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, 2016, site: www.snfcc.org, λήμμα: leed in Greece, Ημερ. Ανάκτησης: 18/02/2023

⁹⁶ “HAEF Preschool & Kindergarten”, Dcarbon, site: www.dcarbon.com, λήμμα: leed in Greece, Ημερ. Ανάκτησης: 06/03/2023

⁹⁷ **2017:** 25 πιστοποιημένα κτίρια, **2020:** 49 πιστοποιημένα κτίρια, **2022:** 73 πιστοποιημένα κτίρια

⁹⁸ “Η Αειφορία των κτιρίων στην Ελλάδα”, SBC Συμβούλιο Αειφόρων Κτιρίων Ελλάδας, site: www.sbcgreece.org, λήμμα: leed in Greece, Ημερ. Ανάκτησης: 06/05/2023

⁹⁹ **ASHRAE:** Αμερικανική Ένωση Μηχανικών Θέρμανσης Ψύξης και Κλιματισμού. Ιδρύθηκε το 1895. Πρόκειται για μία επαγγελματική ένωση η οποία έχει στόχο την προώθηση τεχνολογιών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού, αερισμού και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε υφιστάμενα κτήρια.

Τοποθεσίες με αναφορά στη μείωση της ρύπανσης φωτισμού. Ειδικότερα, το LEED προωθεί την ποιότητα του φωτισμού εισάγοντας μία νέα απαίτηση, σύμφωνα με την οποία ένα έργο πρέπει να πληροί ή να ξεπερνά τα απαραίτητα κριτήρια για τα credits *Εσωτερικός Φωτισμός και Φυσικό Φως*, της κατηγορίας *Ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος*.



Εικόνα 3.9 Συνδυασμός τεχνητού και φυσικού φωτισμού, πηγή: www.rzb.de

3.3.4.1 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (Interior Lighting)

Ζητούμενο είναι η παροχή φωτισμού υψηλής ποιότητας, λαμβάνοντας παράλληλα μέτρα για την προώθηση της παραγωγικότητας, της άνεσης και της ευεξία των χρηστών.

Υπάρχουν δύο συνθήκες, η ολοκλήρωση των οποίων θα αποδώσει στην ομάδα του έργου δύο βαθμούς. Η πρώτη συνθήκη, ο *Έλεγχος Φωτισμού*, περιγράφει την ανάγκη παροχής ατομικού ελέγχου ώστε το 90% των χρηστών του κτιρίου να μπορεί να ρυθμίζει το φωτισμό ανάλογα με τις ανάγκες και τις προτιμήσεις του. Επιπλέον, οι χώροι που φιλοξενούν καθημερινά μεγάλο αριθμό χρηστών πρέπει να διαθέτουν πολυζωνικό σύστημα ελέγχου φωτισμού.

Η δεύτερη συνθήκη είναι η *Ποιότητα Φωτισμού*, στο πλαίσιο της οποίας ο σχεδιασμός πρέπει να ικανοποιεί τέσσερα από τα οκτώ σημεία που περιγράφονται:

- Στους συστηματικά κατειλημμένους χώρους όπου οι χρήστες εκτελούν εστιασμένες δραστηριότητες όπως η εργασία, τα φωτιστικά που χρησιμοποιούνται πρέπει να έχουν

λαμπρότητα¹⁰⁰ <2500 cd/m² μεταξύ 45° και 90° από το σημείο ναδίρ σε όλα τα C πλάνα (εξαιρουμένων των φωτιστικών τοίχου ή αυτών που παρέχουν έμμεσο φωτισμό).

- Στο σύνολο του έργου είναι απαραίτητη η χρήση φωτεινών πηγών με δείκτη χρωματικής απόδοσης CRI 80 ή υψηλότερο. Εξαιρούνται οι λαμπτήρες ή τα φωτιστικά σώματα που είναι σχεδιασμένα για ειδική χρήση, όπως για παράδειγμα για την παροχή έγχρωμου φωτισμού και τη δημιουργία εφέ.
 - Οι λαμπτήρες που επιλέγονται πρέπει να έχουν ελάχιστη εκτιμώμενη μέση διάρκεια ζωής 24.000 ώρες τουλάχιστον, για το 75% του συνδεδεμένου φορτίου.
 - Η παροχή έμμεσου ή μικτού φωτισμού για το 75% του συνδεδεμένου φορτίου.
 - Η ελάχιστη μέση ανακλαστικότητα των επιφανειών στο 90% της επιφάνειας κάθε ορόφου πρέπει να είναι: 85% στις οροφές, 60% στους τοίχους και 25% στα δάπεδα.
 - Τα κατώτατα όρια για την ανακλαστικότητα των επιφανειών είναι 45% για τις επιφάνειες εργασίας και 50% για τα κινητά χωρίσματα.
 - Είναι σημαντική η διατήρηση της μέσης φωτεινότητας των τοίχων προς αυτή των επιφανειών εργασίας πάνω από το 0,10 για τουλάχιστον 75% του ορόφου. Ομοίως και με τη φωτεινότητα του φωτισμού της οροφής προς αυτόν του επιπέδου εργασίας.¹⁰¹
- 102

3.3.4.2 ΦΥΣΙΚΟ ΦΩΣ (Daylight)

Η επαφή των χρηστών του κτιρίου με την φύση έχει συμπεριληφθεί στις οδηγίες, με την εισαγωγή του φυσικού φωτός μέσα στο χώρο. Στόχος είναι η μείωση της χρήσης του ηλεκτρικού φωτισμού και η ενίσχυση των κερκαδιανών ρυθμών. Η ομάδα έργου μέσω προσομοίωσης και μετρήσεων επιλέγει σε ποια συνθήκη θα εστιάσει για να συγκεντρώσει τους επιθυμητούς βαθμούς.

Στην πρώτη συνθήκη, με τη χρήση προσομοίωσης σε υπολογιστή πρέπει να τεκμηριωθεί ότι ο σχεδιασμός παρέχει χωρική αυτονομία φυσικού φωτός κατά 50%, 75%, 90%. Για τη δεύτερη συνθήκη, χρησιμοποιώντας και πάλι προσομοίωση σε υπολογιστή πρέπει να αποδειχθεί ότι τα επίπεδα φωτισμού είναι μεταξύ 300 lx και 3.000 lx για τις 9 π.μ - 3 μ.μ. στο κατάλληλο ύψος από την επιφάνεια εργασίας. Από το μοντέλο εξαιρούνται οι περσίδες, τα σκίαστρα, τα κινητά έπιπλα και τα χωρίσματα.

¹⁰⁰ **Λαμπρότητα:** το φυσικό μέγεθος μέτρησης του φωτός ανά τη φαινόμενη φωτιστική επιφάνεια. Χαρακτηρίζει το πώς αντιλαμβάνεται ένας παρατηρητής πόσο φωτίζει ένα φωτιστικό σώμα, ή ισοδύναμα πόση θάμβωση προκαλεί το φωτιστικό στον παρατηρητή. Όσο μεγαλύτερη είναι η φαινόμενη επιφάνεια, η φωτεινή ένταση διαχέεται σε μεγαλύτερο μέρος της οθόνης του παρατηρητή, οπότε το φωτιστικό φαίνεται λιγότερο λαμπρό.

¹⁰¹ "LEED v4 for BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION", USGBC, Ενημερώθηκε: Ιούλιος, 2019, σσ. 129-133

¹⁰² Philips, "Lighting for LEED Application guide for sustainable offices", 2012, σσ. 4-9

Τέλος, για να ολοκληρωθεί η τρίτη συνθήκη η οποία αφορά μετρήσεις πεδίου, ζητείται από το κτίριο να εξασφαλίσει επίπεδα φωτισμού μεταξύ 300 lx και 3.000 lx.¹⁰³

3.4 WELL Building Standard

3.4.1 Η ΙΔΡΥΣΗ ΤΟΥ WELL Building Standard

Το πρότυπο WELL Building Standard, το οποίο ιδρύθηκε και αναπτύχθηκε από την Delos Living LLC το 2014, είναι το πιο πρόσφατο σύστημα αξιολόγησης για βιώσιμα και φιλικά προς την υγεία κτίρια. Το διαχειρίζεται και διευθύνει το International WELL Building Institute (IWBI), στο οποίο συμμετέχουν πολλοί από τους παράγοντες που είχαν λάβει μέρος στο αρχικό πρόγραμμα LEED του 1998. Σχεδιασμένο να λειτουργεί συμπληρωματικά με τα υπόλοιπα συστήματα αξιολόγησης όπως το LEED και το BREEAM, η βασική του διαφορά είναι ότι η κύρια εστίασή του είναι στην υγεία και την ευημερία των χρηστών του κτιρίου.¹⁰⁴ Η εξάπλωση του WELL αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς, ιδίως από το 2019 και μετά, εκφράζοντας την πιο πρόσφατη στροφή της οικοδομικής βιομηχανίας προς μια πιο σφαιρική ερμηνεία της βιωσιμότητας. Οι οργανισμοί που θέτουν την υγεία των χρηστών ως προτεραιότητα και επενδύουν στον ανθρωποκεντρικό σχεδιασμό είναι καλύτερα εξοπλισμένοι για να ανταποκριθούν στην ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση της αγοράς.

Ως αποτέλεσμα πολύχρονης διεπιστημονικής έρευνας, το WELL αναπτύχθηκε αρχικά και έπειτα συνέχισε να εξελίσσεται σε συνεργασία με την ιατρική κοινότητα. Ενσωματώνει επιστημονική έρευνα, βιβλιογραφία και σχεδιασμό βασισμένο σε αποδείξεις, εστιάζοντας σε ένα μοναδικό συνδυασμό αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, παραμέτρων για την ανθρώπινη υγεία και συμπεριφοριστικών παραγόντων. Κωδικοποιεί τις βέλτιστες πρακτικές έτσι ώστε στο επίκεντρο των αποφάσεων σχεδιασμού και κατασκευής να βρίσκονται στρατηγικές που αποσκοπούν στην ενίσχυση της υγείας και της ευεξίας των ανθρώπων, χωρίς να παραμελούνται οι επιδόσεις βιωσιμότητας του κτιρίου και οι ενεργειακές επιπτώσεις που μπορεί να έχει στο περιβάλλον. Τα πιστοποιημένα με WELL κτίρια απαιτούν επανάληψη της διαδικασίας πιστοποίησης κάθε 3 χρόνια, για να παρουσιάζουν μία συνεχή

¹⁰³ "LEED v4 for BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION", σσ. 129-133

¹⁰⁴ Mike Watt, "Understanding LEED, WELL, and the Differences", Environmental Protection, 2019, site: www.eponline.com, λήμμα: Well Building Standard, Ημερ. Ανάκτησης: 22/04/2023

συμμόρφωση στις πρόσφατες επιστημονικές έρευνες και τις βέλτιστες πρακτικές του κλάδου.¹⁰⁵

Η πρώτη έκδοση του πρωτοποριακού συστήματος αξιολόγησης, WELL Building Standard version 1 (WELL v1), κυκλοφόρησε στα τέλη του 2014 ως αποτέλεσμα ενός διετούς πιλοτικού προγράμματος και μιας επίσημης διαδικασίας αξιολόγησης από εμπειρογνώμονες. Το WELL Building Standard v1 εφαρμόζεται ειδικά σε τρεις τύπους έργων: “Νέα και υφιστάμενα κτίρια”, “Νέοι και υφιστάμενοι εσωτερικοί χώροι” και “Συμμόρφωση πυρήνα και κελύφους”. Ενώ το WELL αρχικά επικεντρώθηκε σε κτίρια γραφείων, το WELL 2.0 που ξεκίνησε πρόσφατα διαθέτει διάφορα πιλοτικά προγράμματα που εφαρμόζονται σε ένα ευρύτερο φάσμα τύπων κτιρίων στο πλαίσιο ενός ενιαίου προτύπου που μπορεί να προσαρμοστεί σε κάθε έργο.¹⁰⁶

3.4.2 WELL v.2

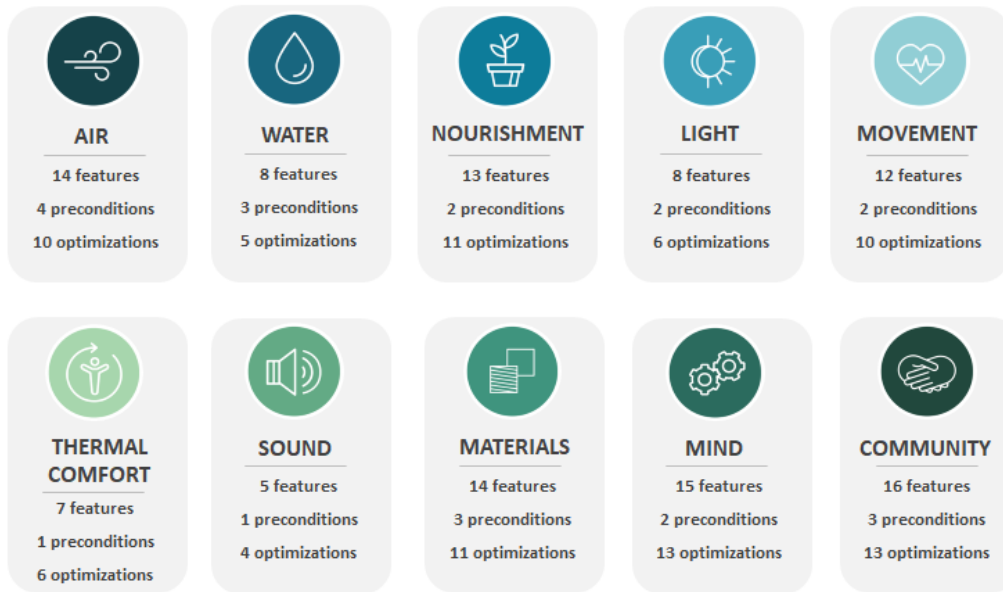
Το WELL v2, από την έναρξη εφαρμογής του το 2018 απέδειξε ότι πρόκειται για ένα ευέλικτο και παγκοσμίως εφαρμόσιμο σύνολο χαρακτηριστικών που παρέχει *διαφάνεια* στο δομημένο περιβάλλον με έναν ρόλο αντίστοιχο αυτού των διατροφικών ετικετών στα προϊόντα.¹⁰⁷ Ενοποιεί προηγούμενες εκδόσεις και πιλοτικές εφαρμογές σε ένα ενιαίο σύστημα αξιολόγησης που έχει σχεδιαστεί για να εξυπηρετεί όλους τους τύπους και τους τομείς έργων. Το σύστημα προορίζεται να αναπτυχθεί σε επίπεδο εξειδίκευσης και τεχνογνωσίας με την πάροδο του χρόνου, ώστε να φιλοξενεί τύπους έργων από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, ανταποκρινόμενο πάντα σε νέα στοιχεία και διαρκώς εξελισσόμενες επιταγές δημόσιας υγείας.

Ενώ το WELL v1 περιείχε επτά βασικές παραμέτρους τις οποίες η ομάδα έργου έπρεπε να βελτιστοποιήσει για την πιστοποίηση, το WELL v2 έχει δέκα: Αέρας, Νερό, Διατροφή, Φως, Κυκλοφορία, Θερμική Άνεση, Ήχος, Υλικά, Νους και Κοινότητα. Κάθε παράμετρος περιλαμβάνει λειτουργίες, οι οποίες αποτελούν είτε "Προϋποθέσεις" είτε "Βελτιστοποιήσεις". Οι προϋποθέσεις ορίζουν τα θεμελιώδη συστατικά ενός χώρου με πιστοποίηση WELL και είναι απαραίτητο να εξασφαλιστούν σε όλες τις λεπτομέρειές τους. Οι βελτιστοποιήσεις είναι προαιρετικές βελτιώσεις για τα έργα, αξιολογούνται με διαφορετικό αριθμό βαθμών και μαζί με τις προϋποθέσεις καθορίζουν το επίπεδο

¹⁰⁵ Άρθρο στο “Ongreening, Platform for Green Building”, site: www.ongreening.com, λήμμα: Well Building Standard, Ημερ. Ανάκτησης: 22/04/2023

¹⁰⁶ “WORKING WELL: The WELL Building Standard and Contemporary Office Design”, rlps architects, 2018, site: www.rlps.com, λήμμα: Well Building Standard in offices, Ημερ. Ανάκτησης: 22/04/2023

¹⁰⁷ “WELL Building Standard: Το επόμενο κεφάλαιο στα κτίρια”, Building Green, site: www.buildinggreen.gr, λήμμα: Well Building Standard, Ημερ. Ανάκτησης: 23/04/2023



Copyright© 2018, by International WELL Building Institute PBC. All rights reserved.

Εικόνα 3.10 Οι δέκα παράμετροι του WELL Building Standard, πηγή: resources.wellcertified.com

πιστοποίησης. Τα έργα μπορούν να συγκεντρώσουν από 12 βαθμούς ανά παράμετρο και όχι περισσότερους από 100 βαθμούς συνολικά, αλλά μπορούν επίσης να επιδιώξουν επιπλέον δέκα βαθμούς σε μια πρόσθετη κατηγορία, αυτή της Καινοτομίας. Χρησιμοποιώντας διάφορες στρατηγικές πολιτικής, σχεδιασμού και λειτουργίας, τα κτίρια μπορούν να επιτύχουν ένα από τα τέσσερα επίπεδα πιστοποίησης: Χάλκινο (40 βαθμοί), Ασημένιο (50 βαθμοί), Χρυσό (60 βαθμοί), Πλατινένιο (80 βαθμοί).¹⁰⁸

3.4.3 Η ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ “ΦΩΤΙΣΜΟΣ” στο WELL v.2

Αναφορικά με την παράμετρο του φωτισμού, το WELL Light στοχεύει στη δημιουργία βέλτιστων συνθηκών φωτισμού για την οπτική, ψυχική και κιρκάδια υγεία. Επί του παρόντος, οι συνθήκες φωτισμού στους περισσότερους χώρους σχεδιάζονται με μοναδική μέριμνα τις οπτικές ανάγκες των ατόμων, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τις δυνατότητες που προσφέρει το φως στη βελτίωση της υγείας και της ευεξίας. Η ενσωμάτωση του φυσικού και ηλεκτρικού φωτός στις στρατηγικές φωτισμού συντελεί στη διατήρηση φωτεινότερων ημερών και σκοτεινότερων νυχτών. Το WELL Light στοχεύει στην ανάπτυξη ενός περιβάλλοντος όπου η σωστή χρήση του κατάλληλου φωτός περιορίζει τις διαταραχές της κιρκάδιας φάσης, βελτιώνει την ποιότητα του

¹⁰⁸“WELL v2™”, 2022, Introduction, site: v2.wellcertified.com/en/wellv2/overview, λήμμα: Well Building Standard, Ημερ. Ανάκτησης: 03/05/2023

ύπνου και επηρεάζει θετικά τη διάθεση και την παραγωγικότητα.¹⁰⁹

Στην κατηγορία του φωτισμού, το Well προτείνει εννέα κριτήρια, εκ των οποίων τα δύο αναφέρονται σε προϋποθέσεις και τα υπόλοιπα επτά σε βελτιστοποιήσεις. Σε όλα τα σημεία υπάρχει η δυνατότητα κάλυψης των ελάχιστων ορίων με τη χρήση διαφορετικών οδηγιών φωτισμού (πχ. IES Lighting Handbook 10th Edition, EN 12464-1&2: 2011 κα.) λαμβάνοντας υπόψιν ότι οι χώρες, ανάλογα με τη γεωγραφική τους θέση, διακρίνονται από διαφορετικές χωρικές προσλαμβάνουσες του φωτός. Για παράδειγμα, οι Βόρειες Ευρωπαϊκές χώρες έχουν ιδιαίτερες συνθήκες φωτισμού και είναι αδύνατο να ακολουθήσουν τα αμερικανικά πρότυπα.

3.4.4 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

3.4.4.1 ΈΚΘΕΣΗ ΣΤΟ ΦΩΣ

(L01 : Lighting Exposure)

Η έκθεση στο φως σύμφωνα με το WELL προβλέπει επαρκή φωτισμό στους εσωτερικούς χώρους. Ένα έργο μπορεί να ακολουθήσει τρεις επιλογές για να αποδείξει ότι εξασφαλίζονται τα κατάλληλα επίπεδα έκθεσης στο φυσικό φως. Πρώτον, μέσω προσομοίωσης του φυσικού φωτός πρέπει να αποδειχθεί ότι για το 50% των φωτεινών ωρών του έτους επιτυγχάνεται ο στόχος φωτισμού 200lx τουλάχιστον για το 30% της επιφάνειας του κάθε ορόφου ή ότι εξασφαλίζονται 300lx τουλάχιστον για το 30% της επιφάνειας του ορόφου και ταυτόχρονα 100lx για το 95% του ορόφου (ειδικά σε κοινόχρηστους χώρους που έχουν αρκετά μη καθορισμένα καθίσματα). Η δεύτερη επιλογή αφορά την εσωτερική διαρρύθμιση και την εγγύτητα των ανθρώπων στα παράθυρα, προσδιορίζοντας την επιθυμητή απόσταση των χρηστών από τα υαλοστάσια του κελύφους. Η τελευταία επιλογή αφορά το σχεδιασμό του κτιρίου και την αναλογία επιφάνειας παραθύρων προς επιφάνεια δαπέδου.

¹⁰⁹“WELL v2™”, 2022, Light, site: v2.wellcertified.com/en/wellv2/light, λήμμα: Well Building Standard, Ημερ. Ανάκτησης: 03/05/2023



Εικόνα 3.11 Φυσικό φως ημέρας στο Tromsø της Νορβηγίας, πηγή: www.theatlantic.com

3.4.4.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

(L02: Visual Lighting Design)

Απαιτείται η εξασφάλιση κατάλληλης φωτεινότητας στην επιφάνεια εργασίας για όλες τις ηλικιακές ομάδες των συστηματικών χρηστών με ανάλογη κατανομή των επιπέδων φωτισμού και τήρηση των κατώτατων ορίων των επίσημων προδιαγραφών.¹¹⁰

Αναφορικά, τα προκαθορισμένα επίπεδα φωτισμού που προβλέπονται για τους ακόλουθους χώρους είναι:

- Γραφεία και αίθουσες διδασκαλίας, 300lx στην επιφάνεια εργασίας.
- Λόμπι, αποθηκευτικοί χώροι και μετάβαση 110lx στο επίπεδο του δαπέδου.
- Τουαλέτες 110lx στην επιφάνεια εργασίας.

3.4.5 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

3.4.5.1 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΙΡΚΑΔΙΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

(L03: Circadian Lighting Design)

Πρόκειται για ένα από τα πιο πολυσυζητημένα θέματα στο Well, που καθιστά αναγκαία την έκθεση των χρηστών στην κατάλληλη έκθεση στο φως για τη διατήρηση

¹¹⁰ Ομιλητές: Ken Douglas, Glenn Heinmiller, Robert Soler, Gayathri Unnikrishnan, βίντεο “IALD Webinar – Light: The WELL Building Standard”, από το κανάλι IALD στο youtube, 2021

της κερκάριας υγείας και την ευθυγράμμιση του κερκάριας ρυθμού με τον κύκλο ημέρας-νύχτας. Τα επίπεδα φωτισμού πρέπει να επιτυγχάνονται στο κατακόρυφο επίπεδο, στο ύψος των ματιών του χρήστη. Είναι επίσης σημαντικό να εξεταστεί η διάρκεια της έκθεσης στο φως, καθώς και η χρονική στιγμή που θα πραγματοποιηθεί αυτή.

Τα επιθυμητά επίπεδα φωτός πρέπει να πληρούνται για τουλάχιστον τέσσερις ώρες ξεκινώντας από το μεσημέρι, σε ύψος 45cm πάνω από το επίπεδο εργασίας. Το κριτήριο αυτό εκφράζεται σε μονάδες μελανοπικής έντασης φωτός, με τα επιθυμητά όρια να είναι 120 ή 180 EML.¹¹¹

3.4.5.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΑΜΒΩΣΗΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

(L04: Electric Light Glare Control)

Η θάμβωση αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του σχεδιασμού του φωτισμού και είναι ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα που έχει συσχετιστεί με πλήθος προβλημάτων υγείας, τα οποία κυμαίνονται από οπτική δυσφορία και κόπωση των ματιών έως πονοκεφάλους και ημικρανίες. Για τη μείωση της θάμβωσης και τη βελτίωση της οπτικής εμπειρίας των χρηστών του χώρου υπάρχουν δύο επιλογές σύμφωνα με το πρόγραμμα.

Η πρώτη σχετίζεται με τα φωτιστικά σώματα τα οποία πρέπει να έχουν τιμή θάμβωσης (UGR) 16 ή χαμηλότερο. Το 100% του φωτός να εκπέμπεται πάνω από το οριζόντιο επίπεδο και η λαμπρότητα να μην υπερβαίνει τα 6.000 cd/m² σε οποιαδήποτε γωνία γάμα μεταξύ 45 και 90 μοιρών από το σημείο ναδίρ σε όλα τα C πλάνα. Η δεύτερη επιλογή εξαρτάται από το χώρο, με τιμή UGR χαμηλότερη του 16.¹¹²

3.4.5.3 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

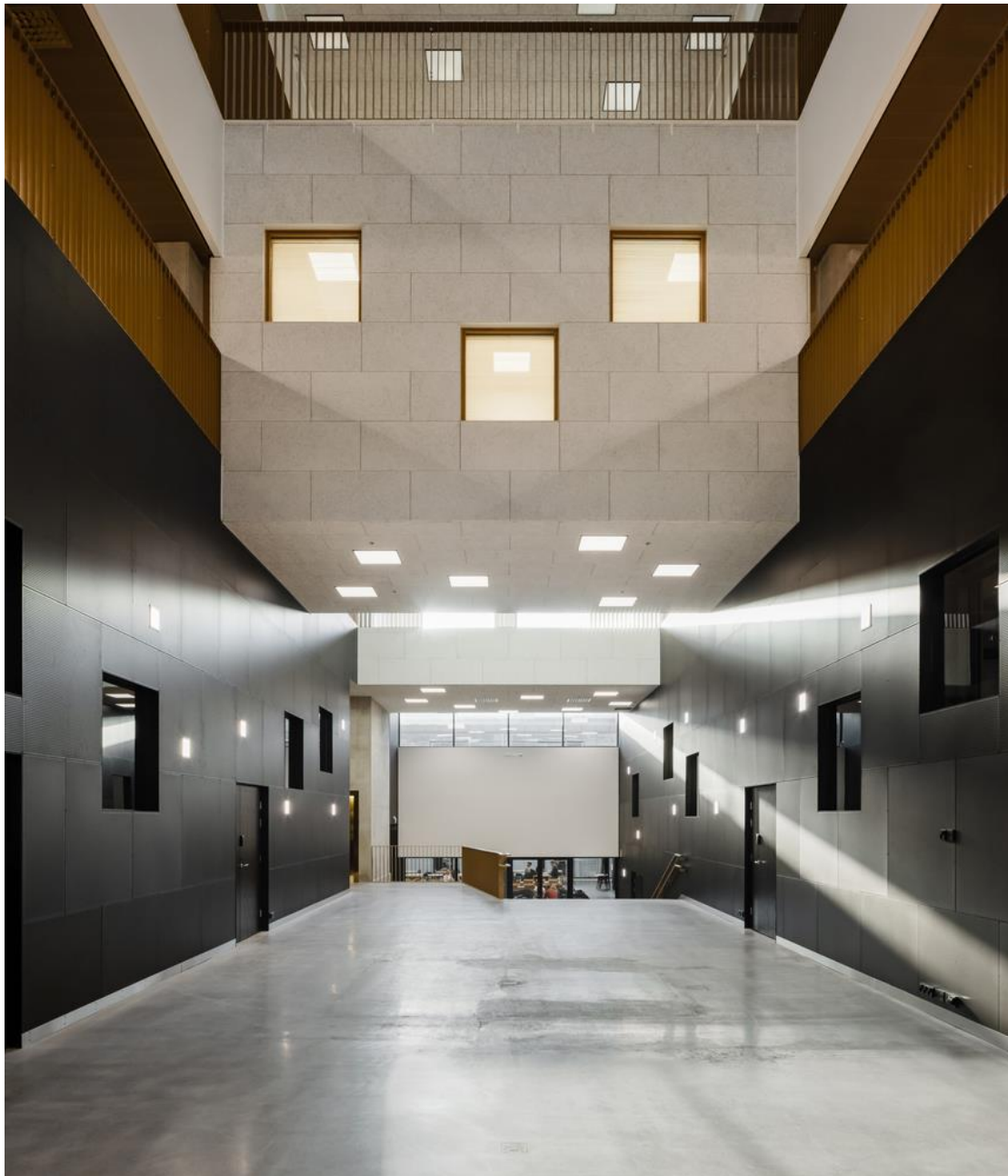
(L05 : Lighting Design Strategies)

Οι σχεδιασμένοι χώροι πρέπει να ενσωματώνουν το φως της ημέρας στα εσωτερικά περιβάλλοντα έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράλληλα με τον ηλεκτρικό φωτισμό στις οπτικές εργασίες. Αυξημένη έκθεση στο φως της ημέρας μπορεί να επιτευχθεί εάν οι υαλοπίνακες του περιβλήματος καλύπτουν τουλάχιστον

¹¹¹ **Ισοδύναμη μελανοπική ένταση φωτισμού (Equivalent Melanopic Lux, EML):** είναι ένα μέτρο για τη μέτρηση των βιολογικών επιδράσεων του φωτός στους ανθρώπους. Γενικά η EML σταθμίζεται στην απόκριση των ipRGC στο φως και μεταφράζει πόσο το φάσμα μιας πηγής φωτισμού τα διεγείρει ώστε να επηρεάζουν αντίστοιχα το κερκάριακό σύστημα του ανθρώπου.

¹¹² "WELL v2™", 2022, Light, site: v2.wellcertified.com/en/wellv2/light, λήμμα: Well Building Standard, Ημερ. Ανάκτησης: 03/05/2023

το 15% ή 25% της έκτασης του ορόφου που χρησιμοποιείται τακτικά, και ο συντελεστής διαπερατότητας του ορατού φωτός (VLT)¹¹³ των παραθύρων είναι μεγαλύτερος από 40%. Εδώ εισάγεται και η έννοια της ελεγχόμενης σκίασης, χειροκίνητα ή ηλεκτρικά, για την αποφυγή της θάμβωσης.



Εικόνα 3.12 Εισχώρηση φυσικού φωτός στο The Soiva Building, πηγή: www.archdaily.com

¹¹³ **VLT**: Η ποσότητα του ορατού φωτός που μπορεί να περάσει μέσα από έναν οπτικό ή ηλιακό φακό. Υπολογίζεται ως ποσοστό.



Εικόνα 3.13, Διαφορετικές ποιότητες στον εσωτερικό φωτισμό του Jess Restaurant, πηγή: www.archdaily.com

3.4.5.4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

(L06: Daylight Simulation)

Το WELL προτρέπει την ομάδα έργου να διεξάγει προσομοιώσεις ηλιακού φωτός. Στόχος είναι η ικανοποίηση των κατώτατων ορίων έκθεσης στο φως και η λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σχετικά με τα παράθυρα και τη σκίαση. Τα όρια αυτού του κριτηρίου είναι πιο αυστηρά από αυτά του L01, ισοδύναμα με την αυστηρότητα του αντίστοιχου σημείου στο σύστημα LEED.¹¹⁴

3.4.5.5 ΟΠΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

(L07: Visual Balance)

Για τη δημιουργία ενός οπτικά άνετου περιβάλλοντος φωτισμού, πρέπει να εφαρμόζονται στρατηγικές που αφορούν τους λόγους οριζόντιων και κατακόρυφων αναλογιών λαμπρότητας μεταξύ γειτονικών ανεξάρτητα ελεγχόμενων ζωνών, τη θερμοκρασία χρώματος των επιλεγμένων φωτιστικών και την ομοιομορφία του φωτός στον χώρο (0.40 κατ ελάχιστο). Θα πρέπει επίσης τα χαρακτηριστικά του φωτισμού όπως τα επίπεδα φωτός, το χρώμα και η κατανομή να μεταβάλλονται.

¹¹⁴ Ομιλητές: Ken Douglas, Glenn Heinmiller, Robert Soler, Gayathri Unnikrishnan, βίντεο “IALD Webinar – Light: The WELL Building Standard”, youtube

Το WELL παροτρύνει επίσης τη συμμετοχή ενός μελετητή φωτισμού στην ομάδα έργου, έτσι ώστε να υπάρξει συνολικά ορθότερη προσέγγιση.

3.4.5.6 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

(L08: Electric Light Quality)

Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού φωτός που χρησιμοποιείται στο χώρο, όπως η χρωματική απόδοση και η φωτεινή μαρμαρυγή (flickering). Το συγκεκριμένο κριτήριο λειτουργεί συμπληρωματικά με τα L03 και L05.



Εικόνα 3.14, Διαφορετικές φωτιστικές και λειτουργικές ζώνες στο Loft Office / jvantspijke, πηγή: www.archdaily.com

Αρχικά, όλα τα φωτιστικά (εκτός από τα διακοσμητικά φωτιστικά και τα φώτα έκτακτης ανάγκης) πρέπει να έχουν χρωματική απόδοση $CRI \geq 90$ ή $CRI \geq 80$ και ταυτόχρονα $R9 \geq 50$, φροντίζοντας να αποδίδονται σωστά τα κόκκινα χρώματα ώστε να υπάρχει υψηλότερη ποιότητα χρώματος. Εάν χρησιμοποιείται ρυθμιζόμενος φωτισμός tuneable white, οι απαιτήσεις πληρούνται σε διαστήματα 1.000K από το χαμηλότερο άκρο (με ελάχιστο 2.700K) έως το υψηλότερο άκρο (με μέγιστο 5.000k).

Σχεδόν όλες οι πηγές φωτισμού που χρησιμοποιούν εναλλασσόμενο ρεύμα για τη λειτουργία τους παρουσιάζουν σε κάποιο ποσοστό φωτεινή μαρμαρυγή. Ο καλύτερος τρόπος για να μειωθεί και να αποφευχθεί είναι η επιλογή ποιοτικών drivers

και dimmers, που έχουν σχεδιαστεί με ειδική μέριμνα από τους κατασκευαστές. ¹¹⁵

3.4.5.7 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ

(L09: Occupant Lighting Control)

Η δυνατότητα ελέγχου είναι στενά συνδεδεμένη με την ικανοποίηση των χρηστών από το χώρο. Οι άνθρωποι προτιμούν περιβάλλοντα που μπορούν να τροποποιήσουν οι ίδιοι, ανάλογα με τις προσωπικές τους προτιμήσεις και τις αλληλεπιδράσεις τους με τον υλικό χώρο.

Αυτό το κριτήριο επιτυγχάνεται μέσω της δημιουργίας ζωνών, ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων που χρησιμοποιούν τον χώρο. Οι ζώνες φωτισμού πρέπει να περιλαμβάνουν συστήματα φωτισμού που καθιστούν δυνατή την αλλαγή των επιπέδων φωτισμού και να διαθέτουν τη δυνατότητα εναλλαγής της θερμοκρασίας χρώματος ή της κατανομής του φωτός. Όλοι οι τακτικοί χρήστες μπορούν να ελέγχουν το άμεσο περιβάλλον φωτισμού. Αν το επιθυμούν, κατόπιν αιτήματος, υπάρχει η δυνατότητα παροχής συμπληρωματικών επιτραπέζιων φωτιστικών, ώστε ο κάθε εργαζόμενος να επιλέγει την επιθυμητή ένταση φωτισμού την κάθε στιγμή. ¹¹⁶

3.4.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ του WELL v.2

Από την έναρξη εφαρμογής του το 2014, το πρότυπο WELL Building Standard έχει αναγνωριστεί παγκοσμίως από την αγορά ως σήμα αριστείας του κλάδου για τα αειφόρα κτίρια που προωθούν την υγεία. Σύμφωνα με το IWBI, το Πρότυπο WELL Building Standard χρησιμοποιείται σήμερα σε 127 χώρες. Περισσότερα από 24.400 κτίρια έχουν πιστοποιηθεί παγκοσμίως και 16.700 επιπλέον κτίρια επιδιώκουν επί του παρόντος την πιστοποίηση WELL (περίπου 436 εκατομμύρια τετραγωνικά μέτρα).

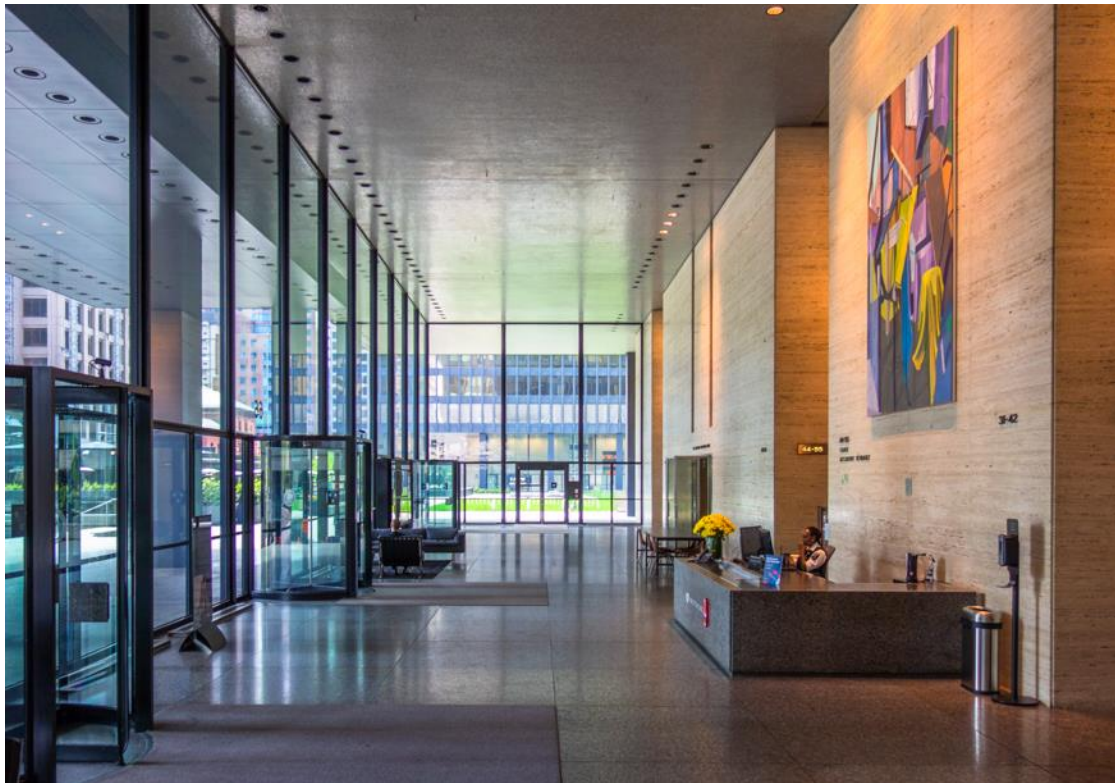
Όλα τα έργα του προγράμματος κατατάσσονται σε δύο κύριες ομάδες που καθορίζονται κυρίως από τον τύπο ιδιοκτησίας: Owner-occupied, ένα κτίριο που καταλαμβάνεται κυρίως από τον διαχειριστή του έργου, ο οποίος μπορεί να είναι διαφορετικός από τον ιδιοκτήτη του κτιρίου και WELL Core, ο ιδιοκτήτης του έργου καταλαμβάνει ένα μικρό μέρος της επιφάνειας του κτιρίου και νοικιάζει/μισθώνει το μεγαλύτερο μέρος του χώρου σε έναν ή περισσότερους ενοικιαστές.

Η πρώτη πιστοποίηση WELL παγκοσμίως σύμφωνα με το v1 του προτύπου πραγματοποιήθηκε το 2016. Η ανακαίνιση των γραφείων της TD Bank Group (TD) στο

¹¹⁵“WELL v2™”, 2022, Light, site: v2.wellcertified.com/en/wellv2/light, λήμμα: Well Building Standard, Ημερ. Ανάκτησης: 03/05/2023

¹¹⁶ Ομιλητές: Ken Douglas, Glenn Heinmiller, Robert Soler, Gayathri Unnikrishnan, βίντεο “IALD Webinar – Light: The WELL Building Standard”, youtube

Τορόντο κέρδισε τη διάκριση με βάση επτά κατηγορίες απόδοσης του κτιρίου -αέρας, νερό, φως, διατροφή, γυμναστική, άνεση και νους- και πέτυχε βαθμολογία επιπέδου Gold. Η TD ανακαίνισε 2.300 τ.μ. του εταιρικού χώρου των γραφείων της ως μέρος μίας μεγαλύτερης μελέτης που περιλάμβανε την ανακαίνιση 50 ορόφων από όλα τα κτίρια της.¹¹⁷



Εικόνα 3.15, TD Bank, Toronto, πηγή: www.under-thesun.ca

Στην Ελλάδα, το πιο πρόσφατο σύστημα Well δεν είναι τόσο διαδεδομένο όσο το LEED, με βασική αιτία τη διαφορά του κόστους αξιολόγησης μεταξύ των δύο κανονισμών. Μόνο δεκαοκτώ έργα εμφανίζονται πιστοποιημένα βάσει του προτύπου Well στον Ελλαδικό χώρο. Ένα από τα έργα είναι επτάώροφο κτίριο που το 2020-2021 ανακαινίστηκε και μετατράπηκε σε κτίριο γραφείων υψηλών προδιαγραφών.¹¹⁸ Το "Vios" είναι ένας coworking χώρος ενοικιαζόμενων γραφείων που αναπτύχθηκε σε υφιστάμενο κτιριακό κέλυφος, ο πρώτος στην Ελλάδα που σχεδιάστηκε σύμφωνα με το πρότυπο WELL Building and Health Safety και επένδυσε στην ευεξία στον εργασιακό

¹¹⁷ "International WELL Building Institute™ announces first WELL Certified™ project under WELL v1", WELL, 2016, site: www.wellcertified.com, λήμμα: first Well certified Building, Ημερ. Ανάκτησης: 09/05/2023

¹¹⁸ WELL Projects, site: account.wellcertified.com/directories/projects, λήμμα: first Well certified Building, Ημερ. Ανάκτησης: 09/05/2023

χώρο.¹¹⁹ Καθοριστικής σημασίας ενέργειες προς αυτήν την κατεύθυνση είναι η ενσωμάτωση στοιχείων σχεδιασμού εμπνευσμένων από τη φύση και τη βιοφιλία και η εκτεταμένη χρήση νέων τεχνολογιών που επιτρέπουν την αυτοματοποίηση του φωτισμού, τον έλεγχο και την τήρηση των απαραίτητων προδιαγραφών σχεδιασμού, ενώ τα μεγάλα παράθυρα σε κάθε όροφο παρέχουν άπλετο φυσικό ηλιακό φως. Το "Vios" δεν είναι μόνο ένας χώρος γραφείων αλλά ένα *εργασιακό οικοσύστημα*, το οποίο σχεδιάστηκε με επίκεντρο τον άνθρωπο.¹²⁰



Εικόνα 3.16, Vios Αθήνα, πηγή: vios.gr

¹¹⁹ "ViOS Coworking: Building a Happier Workplace", Vios Workspace Redefined, site: www.vios.gr, λήμμα: first Well certified Building in greece, Ημερ. Ανάκτησης: 05/05/2023

¹²⁰ "ViOS" Coworking Space, Athens, Greece", ifo studio architects, site: www.ifestudio.com, λήμμα: first Well certified Building in greece, Ημερ. Ανάκτησης: 05/05/2023

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

Το γραφείο κατακλύζει τις σύγχρονες πόλεις και αποτελεί τον σημαντικότερο κτιριακό τύπο της σημερινής μεταβιομηχανικής εποχής. Όπως τα εργοστάσια χαρακτηρίστηκαν ως σύμβολο της εκβιομηχάνισης τον 19ο αιώνα, έτσι και τα κτίρια του τριτογενούς τομέα αποτελούν σήμερα τον πιο διακριτό δείκτη οικονομικής δραστηριότητας και τεχνολογικής προόδου. Τα τελευταία εκατό χρόνια παρατηρήθηκε μια συνεχόμενη αύξηση του εργατικού δυναμικού, με την οικονομία να απομακρύνεται σταδιακά από την παραγωγή προϊόντων και να στρέφεται στην παραγωγή και την επεξεργασία της γνώσης.¹²¹ Με τους εργαζόμενους να περνούν παραπάνω από το ένα τρίτο της ημέρας τους στα γραφεία, οι εταιρείες βρέθηκαν αντιμέτωπες με την ανάγκη δημιουργίας ενός προσεκτικά σχεδιασμένου χώρου στον οποίο θα μπορούσε κανείς να αφιερώσει με ευχαρίστηση και άνεση αρκετές ώρες χωρίς να επιβαρυνθεί η υγεία του.

Η αναγνώριση της αξίας μορφών εργασιακού περιβάλλοντος που υιοθετούν ανθρωποκεντρικές αρχές αποτέλεσε σημαντικό βήμα στην εξέλιξη του σχεδιασμού των γραφείων, μεταβάλλοντας αισθητά τη μορφή και τον τρόπο οργάνωσής τους. Το περιβάλλον του γραφείου εν δυνάμει μπορεί να εξυπηρετήσει τις ανάγκες των εργαζομένων βελτιώνοντας αισθητά την αποδοτικότητα και την ικανοποίησή τους. Η νέα φιλοσοφία των γραφείων, που συνενώνει χώρο και ανθρώπινες ανάγκες, επέβαλλε την εφαρμογή δημιουργικών λύσεων φωτισμού, καθώς το φως επενεργεί στο μυαλό και το πνεύμα μας περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο μέσο. Τόσο το φως της ημέρας όσο και το τεχνητό φως παίζουν καθοριστικό ρόλο στην υγεία και την ευεξία των χρηστών του χώρου, με το σωστό, δημιουργικό και δυναμικό συνδυασμό τους να δημιουργεί τις βέλτιστες συνθήκες εργασίας και να εξασφαλίζει την οπτική, βιολογική και ψυχολογική άνεση των εργαζομένων.¹²²

Η αντίληψη του “τι είναι και τι επιτυγχάνει” ο σωστός φωτισμός βρίσκεται στο επίκεντρο της μετεξέλιξης των γραφείων, και παράλληλα με τις νέες τεχνολογικές εξελίξεις, τις μετατοπίσεις στην παγκόσμια οικονομική σκηνή και τις αλλαγές στα κλιματικά δεδομένα διαμορφώνει τα γραφεία του μέλλοντος. Όσο η κοινωνία εξελίσσεται με ταχείς ρυθμούς, τα γραφεία και οι προτάσεις-λύσεις φωτισμού θα

¹²¹ Juriaan van Meel, *“The European Office, Office Design and National Context”*, OIO PUBLISHERS, 2000, σ. 9

¹²² *“Office Lighting: Motivating and Efficient”*, Licht.wissen, No 04, Εκδόσεις licht.de, 2012, σσ. 9, 17

συνεχίσουν να μεταβάλλονται και να αντικατοπτρίζουν αυτές τις διεργασίες. Πριν όμως οδηγηθούμε στον επόμενο σταθμό της ιστορικής εξέλιξης των γραφείων είναι απαραίτητο να μελετηθεί και να ερμηνευθεί η αφήγηση της πορείας αυτών των χώρων μέσα στα χρόνια. Ο συνεχής διάλογος του παρελθόντος με το παρόν είναι ικανός να μεταβάλλει τις προτάσεις που έχουν παρουσιαστεί για τα γραφεία μέχρι τώρα και να τροφοδοτήσει με γνώση τη λήψη μελλοντικών αποφάσεων.

4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

Χώροι που προορίζονταν επίσημα για την εργασιακή απασχόληση των ανθρώπων συναντώνται με ποικίλες μορφές σε διάφορες ιστορικές περιόδους. Ο σχεδιασμός των γραφείων εξελίχθηκε υπό το πρίσμα κοινωνικοοικονομικών και τεχνολογικών εξελίξεων, οι οποίες διαμόρφωσαν σταδιακά την αισθητική και τη διάταξη των χώρων.¹²³ Το πρώτο κτίριο γραφείων ιδρύθηκε στο Λονδίνο της Αγγλίας τον 18ο αιώνα. Στις απαρχές της βιομηχανικής επανάστασης η Βρετανική Αυτοκρατορία επεκτάθηκε και άρχισε να συναλλάσσεται εμπορικά με άλλα μέρη του κόσμου, γεγονός που κατέστησε απαραίτητη τη σύσταση μίας βάσης που θα διαχειριζόταν των ολοένα κι αυξανόμενο όγκο της γραφειοκρατίας που παραγόταν. Για την επιτέλεση των νεοσύστατων καθηκόντων και την οργάνωση των αρμοδιοτήτων που προέκυψαν ιδρύθηκε το 1726 το "The Old Admiralty Office". Το 1729 ακολούθησε η κατασκευή του "East India House". Αυτοί οι εξειδικευμένοι χώροι που προσέφεραν γραφειοκρατικές υπηρεσίες κατάφεραν να εδραιώσουν την παρουσία τους και σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα ακολούθησε η ανέγερση παρόμοιων κτιρίων σε όλο το Λονδίνο.¹²⁴

Σταδιακά, τα γραφεία αναδείχθηκαν ως ο σημαντικότερος τύπος κτιρίου του 20ού αιώνα, ένα έμβλημα της μεταβιομηχανικής εποχής που αξιοποίησε νέες τεχνολογίες όπως το ηλεκτρικό φως, τη γραφομηχανή και τις υπολογιστικές μηχανές

¹²³ Danny SC Tseng, "Workplace Evolution: A Retrospective on Office Design from the Industrial Revolution to the Knowledge Economy", Medium, 2018, site: www.medium.com, λήμμα: office design evolution, Ημερ. Ανάκτησης: 05//10/2022

¹²⁴ "The History of Office Design", K2 Space, 2022, site: www.k2space.co.uk, λήμμα: office history, Ημερ. Ανάκτησης: 26/09/2022



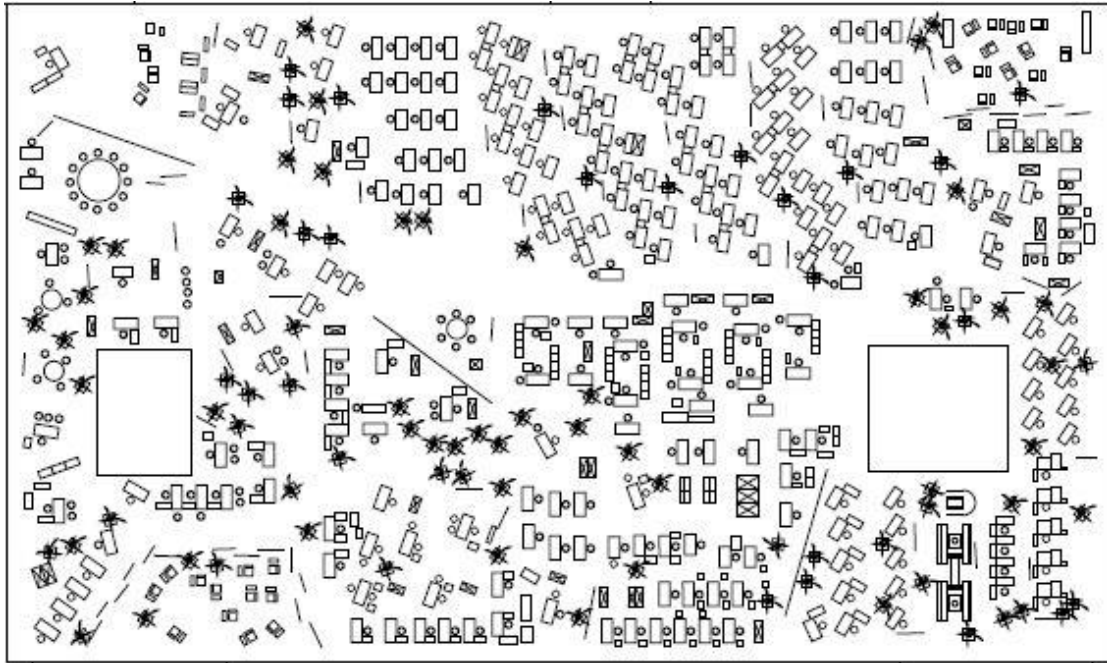
Εικόνα 4.1 Old Admiralty Office, πηγή: k2space.co.uk
Εικόνα 4.2 Τεϋλοριστικό γραφείο, πηγή: www.wondriumdaily.com

για να συγκεντρώνει και να επεξεργάζεται ταχύτερα και αποτελεσματικότερα τεράστιο όγκο πληροφοριών.¹²⁵ Στις αρχές του 20ου αιώνα, έγινε δημοφιλής μια αμερικανική θεωρία διοίκησης γνωστή και ως Τεϋλορισμός. Η εν λόγω θεωρία εστίαζε στη βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας μέσω της κατάτμησης της εργασιακής διαδικασίας σε μια σειρά επαναλαμβανόμενων κινήσεων που μιμούνταν τη γραμμή παραγωγής των εργοστασίων εκείνης της εποχής. Η ιδέα αυτή μεταφράστηκε στο σχεδιασμό γραφείων σε μεγάλους ανοιχτούς χώρους, στο κέντρο των οποίων τοποθετούνταν σε ορθογωνική διάταξη πολλαπλές σειρές θέσεων εργασίας. Οι εργαζόμενοι ήταν όλοι στραμμένοι στην ίδια κατεύθυνση, και είχαν στενή οπτική επίβλεψη από τους διευθυντές που κυκλοφορούσαν ανάμεσα στις σειρές για να τους ελέγχουν. Οι γυάλινες προσόψεις επέτρεπαν στο φυσικό φως να εισέρχεται στο χώρο και οι τεχνολογικές εξελίξεις στον φωτισμό φθορισμού και τα συστήματα ψευδοροφής κατέστησαν δυνατή την ομοιόμορφη κατανομή της ενέργειας και του φωτός. Το αποτέλεσμα όμως ήταν ένας αυστηρά ιεραρχικός εργασιακός χώρος που έδινε προτεραιότητα μόνο στην αποδοτικότητα, χωρίς να λαμβάνει υπόψη τους χρήστες.¹²⁶ Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ευρώπη αυτή η ανοιχτή διάταξη open plan εξαπλώθηκε με πολύ πιο αργό ρυθμό, ενώ οι χώροι γραφείων έτειναν να είναι μικρότερης κλίμακας και λιγότερο απρόσωποι από ό,τι στην Αμερική.¹²⁷

¹²⁵ "The Evolution of Office Design", Morgan Lovell, 2022, site: www.morganlovell.co.uk, λήμμα: office evolution, Ημερ. Ανάκτησης: 26/09/2022

¹²⁶ Philip Vivian, "Typological [r]evolution of the workplace", ArchitectureAU, 2012, site: www.architectureau.com, λήμμα: workplace evolution, Ημερ. Ανάκτησης: 19/11/2022

¹²⁷ Juriaan van Meel, "The European Office, Office Design and National Context", σσ. 26-27



Εικόνα 4.3 Κάτοψη Bürolandschaft γραφείου, πηγή: *medium.com*

Τη δεκαετία του 1960 η Ευρώπη αντικατέστησε την Αμερική ως πρωτοπόρος στο σχεδιασμό γραφείων, όταν ένας γερμανικός συμβουλευτικός όμιλος εισήγαγε μια νέα πρόταση γραφείων. Αυτός ο τύπος γραφείων έγινε γνωστός ως Bürolandschaft, που μεταφράζεται ως "τοπίο γραφείων". Αφήνοντας πίσω τις άκαμπτες δομές, πρόβαλε ένα πιο ανθρωποκεντρικό μοντέλο, οργανώνοντας τον χώρο σύμφωνα με τις ανάγκες των εργαζομένων. Το κτίριο θεωρήθηκε ως ένα απλό κέλυφος για τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό του. Ένας ανοιχτός χώρος open plan όπου οι διαφορετικού μεγέθους ζώνες εργασίας συνέθεταν ποικίλα περιβάλλοντα, τα οποία χωρίζονταν δημιουργικά με χωρίσματα, έπιπλα και φυτά. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970, η απήχηση του Bürolandschaft άρχισε να υποχωρεί, τόσο στην Ευρώπη όσο και παγκοσμίως, καθώς η διάχυτη και ιδιαίτερη φύση του παρουσίαζε δυσκολίες στην εφαρμογή. Έρευνες έδειξαν ότι οι εργαζόμενοι ήταν δυσαρεστημένοι από τον κακή ποιότητας φυσικό φωτισμό, την έλλειψη φυσικού εξαερισμού και την έλλειψη οπτικής επαφής με τον εξωτερικό χώρο μεταξύ άλλων.¹²⁸

Έχοντας ως πηγή έμπνευσης το Bürolandschaft, ο Robert Propst από την εταιρεία επίπλων Herman Miller έθεσε σε κυκλοφορία το "Action Office 1", προϊόν που βασίστηκε σε εκτεταμένες έρευνες για τις ανάγκες και τις συμπεριφορές των εργαζομένων. Πρόκειται για ένα αρθρωτό σύστημα επίπλων που υποστήριζε διάφορες επιφάνειες, αποθηκευτικούς χώρους και δημιουργούσε ένα σταθμό εργασίας γύρω

¹²⁸ "The Evolution of Office Design", Morgan Lovell, 2022, site: www.morganlovell.co.uk, λήμμα: office evolution, Ημερ. Ανάκτησης: 26/09/2022

από τον εργαζόμενο. Ήταν ένα ρυθμιζόμενο περιβάλλον που προσέφερε την ευελιξία και τον ανοικτό χαρακτήρα του Bürolandschaft, εξασφαλίζοντας όμως ταυτόχρονα την ιδιωτικότητα. Από τα στοιχεία που το συνέθεταν τα πιο ελαφριά και ευέλικτα κομμάτια μπορούσαν να συναρμολογηθούν και να δημιουργήσουν πολλές διαφορετικές συνθέσεις. Το 1968 ο Propst παρουσίασε το Action Office II, το οποίο βασίστηκε στις ίδιες αρχές αλλά αποτέλεσε μια πιο προσιτή επιλογή καθώς κατασκευαζόταν με πιο φθηνά υλικά. Αποδίδοντας μια σύγχρονη ερμηνεία της πρότασης του Action Office, το Boss Design London παρουσίασε το 2016 το νέο Workspace Pod. Πρόκειται για ένα θάλαμο ο οποίος τοποθετώντας τον χρήστη στο επίκεντρο προσφέρει τα οφέλη του ανθρωποκεντρικού φωτισμού, με τη θερμοκρασία χρώματος και τον φωτισμό του να είναι πλήρως ρυθμιζόμενα.¹²⁹

Στην πράξη, όταν εφαρμόστηκαν τα σχέδια του Robert Propst είχαν το αντίθετο αποτέλεσμα από το απελευθερωτικό χώρο εργασίας που φανταζόταν. Το Action Office δεν είχε σχεδιαστεί για να στοιβάξει πολλούς ανθρώπους σε περιορισμένο χώρο, αλλά η φύση της οικονομίας το ώθησε προς αυτή την κατεύθυνση. Οι εταιρείες, χωρίς καμία μέριμνα για την ευημερία των εργαζομένων τους, συνέχιζαν να συρρικνώνουν το Action Office μέχρι αυτό να γίνει ένα μικρό κουβούκλιο. Μια δυστοπική εκδοχή του αρχικού σχεδίου, που στερούταν της αισθητικής και της ανθρωπιάς των πρωτότυπων



Εικόνα 4.4 Action Office 2, πηγή: www.archdaily.com



Εικόνα 4.5 Workspace Pod, πηγή: helvar.com

¹²⁹ "Boss Design", Helvar, site: www.helvar.com, λήμμα: pod, Ημερ. Ανάκτησης: 06/11/2022



Εικόνα 4.6 «Θάλασσα» κουβουκλίων, πηγή: medium.com



Εικόνα 4.7 Σύγχρονο ευέλικτο γραφείο, πηγή: www.themayor.eu

κατασκευών. Πλέον, όχι μόνο δεν υποστηριζόταν η αλληλεπίδραση μεταξύ εργαζομένων, αλλά δεν εξασφαλιζόταν ούτε καν η ιδιωτικότητά τους. Οι μονάδες του Action Office κατέληξαν να επαναλαμβάνονται σε μεγάλο βαθμό, δημιουργώντας μια θάλασσα από γκρίζα κελιά που το καθένα περιείχε πανομοιότυπα γραφεία και καρέκλες. Τα ψηλά χωρίσματα συνήθως δεν επέτρεπαν την είσοδο επαρκούς φυσικού φωτός και αέρα. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 έως και τη δεκαετία του 1990, η δομή των κουβουκλίων (cubicles) μετατράπηκε στην κυρίαρχη τυπολογία των χώρων εργασίας,¹³⁰ και στην συνέχεια αντικαταστάθηκε από την επικράτηση καινοτομιών.¹³¹

Το 1990, μετά από σχεδόν δύο δεκαετίες περιορισμού των εργαζομένων σε αυτούς τους ασφυκτικούς χώρους, η εμφάνιση των νέων τεχνολογιών κατέρριψε τους περιορισμούς των παραδοσιακών γραφείων. Το διαδίκτυο, οι φορητοί υπολογιστές και τα κινητά τηλέφωνα, μεταμόρφωσαν σταδιακά την εικόνα του ιδανικού γραφείου σε έναν πιο κοινωνικό, ευχάριστο και ευέλικτο χώρο. Οι ομοιόμορφα φωτισμένοι χώροι μεγάλης έκτασης που επικρατούσαν προηγουμένως άρχισαν να αποκτούν ειδικά σχεδιασμένα δωμάτια που προορίζονταν να ενισχύσουν τη συγκέντρωση, τη συνεργασία και την κοινωνικοποίηση αποδίδοντας ένα υβριδικό μοντέλο μεταξύ της open plan διάταξης και των κλειστών δωματίων.¹³²

Στις αρχές του 21ου αιώνα, οι τεχνολογικές εξελίξεις επηρέασαν για ακόμα μια

¹³⁰ Η σχεδιαστική πρόταση των κουβούκλιων δεν εξαπλώθηκε παγκοσμίως. Η Ευρώπη υιοθέτησε ένα διαφορετικό τύπο γραφείων, όπου κάθε εργαζόμενος είχε την προσωπική του αίθουσα με παράθυρο για πρόσβαση σε φυσικό φωτισμό και αερισμό.

¹³¹ Petra Seitz, "Where Do You Cry in An Open Plan Office? A Historiography of Interior Office Design", εργασία στο Royal College of Art/Victoria and Albert Museum, 2019

¹³² Danny SC Tseng, "Workplace Evolution: A Retrospective on Office Design from the Industrial Revolution to the Knowledge Economy", Medium, 2018, site: www.medium.com, λήμμα: office design evolution, Ημερ. Ανάκτησης: 05/10/2022

φορά τη διαμόρφωση των γραφείων, αυτή τη φορά ως προς τον τρόπο με τον οποίο το εργασιακό περιβάλλον σχετίζεται με την υγεία των εργαζομένων, την παραγωγικότητα και την οικονομική απόδοση. Τα έξυπνα κτίρια έγιναν η νέα δυναμική πραγματικότητα, μεταφέροντας όλες τις λειτουργίες τους (θερμοκρασία χρώματος, φωτισμός, ποιότητα αέρα κ.λπ.) στην οθόνη του υπολογιστή και προσφέροντας στους χρήστες τη δυνατότητα να τις παρακολουθούν και να τις προσαρμόζουν στις ανάγκες τους. Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία ανέδειξε λύσεις φωτισμού υψηλής ποιότητας, με τις ανθρωποκεντρικές εφαρμογές φωτισμού να βρίσκονται στο επίκεντρο.¹³³

Το 2020, η παγκόσμια κρίση που προκλήθηκε από την πανδημία COVID-19 ανάγκασε εκατομμύρια οργανισμούς να κλείσουν χώρους εργασίας και να στραφούν σε ένα μοντέλο απομακρυσμένης εργασίας, ώστε να συμμορφωθούν με τις πολιτικές υγείας και ασφάλειας. Μέσω της ευρείας εφαρμογής της τηλεργασίας, των τηλεδιασκέψεων όπως και των αυτοματισμών, το γραφείο έπαψε να αποτελεί μια ξεχωριστή οντότητα στη ζωή των ανθρώπων και μέσω του υπολογιστή άρχισε να μεταφέρεται ολοένα και περισσότερο στο σπίτι. Μπορεί το οικιακό περιβάλλον να επέτρεπε στους ανθρώπους την παραγωγική εργασία, αυτή όμως η καινούργια συνθήκη διατάραξε τον ιδιωτικό τους χώρο και περιόρισε την κοινωνική αλληλεπίδραση και σύνδεση με τους συναδέλφους τους.¹³⁴ Η πανδημία του Covid ανάγκασε τόσο τις μεγάλες όσο και τις μικρές επιχειρήσεις να μεταβάλλουν τη φιλοσοφία τους και τον τρόπο λειτουργίας τους. Δεν πρόκειται για το τέλος του ανοιχτού open plan χώρου εργασίας, αλλά για μια ευκαιρία να επιβραδυνθούν οι ρυθμοί ανάπτυξης, να επαναπροσδιοριστεί η χρήση του γραφείου και να βρεθούν λύσεις για πιο υγιείς και δυναμικούς χώρους εργασίας.¹³⁵

4.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Η ιστορική ανάλυση δείχνει ότι στη διάρκεια της εξέλιξης της αρχιτεκτονικής γραφείων εμφανίζονται νέες ιδέες, γίνονται δημοφιλείς, στη συνέχεια αντικαθίστανται από άλλες και μερικές φορές επανεμφανίζονται και επαναχρησιμοποιούνται. Αυτές οι διάφορες εκδοχές γραφείων έχουν τον δικό τους κύκλο ζωής, από το Τεϋλοριστικό open plan πρότυπο, τις διατάξεις κουβουκλίων μέχρι

¹³³ Otto E. Stallworth Jr, Brian H. Kleiner, *“Recent developments in office design”*, Facilities, Τόμος 14, No 1/2, σ.35

¹³⁴ Μάρω Βασιλειάδου, *“Ο κορονοϊός «σχεδιάζει» τα νέα γραφεία”*, Η Καθημερινή, 2020, site: www.kathimerini.gr, λήμμα: γραφεία κορονοϊός, Ημερ. Ανάκτησης: 14/10/2022

¹³⁵ Kaley Overstreet, *“A Brief History of Workplace Design and Where it Might be Headed Next”*, Archdaily, 2020, site: www.archdaily.com, λήμμα: workplace design, Ημερ. Ανάκτησης: 19/11/2022

το ψηφιακό γραφείο. Ωστόσο, οι σύγχρονες σχεδιαστικές προτάσεις για τους χώρους εργασίας έχουν αρχίσει να επικεντρώνονται στις ανάγκες των ανθρώπων -οι οποίες παραμένουν σε μεγάλο βαθμό σταθερές- και να μην εστιάζουν μόνο στις μεταβολές και τις νέες τάσεις. Οι αποφάσεις σε σχέση με τη διάταξη και το σχεδιασμό του χώρου εργασίας εξαρτώνται όλο και περισσότερο από τον ανθρώπινο παράγοντα, γεγονός που αντικατοπτρίζει τη διαφορετική πορεία που ακολουθεί ο σχεδιασμός των γραφείων τα τελευταία χρόνια. Τα εσωτερικά περιβάλλοντα των κτιρίων και το οικοσύστημά τους συνοδεύονται πλέον από ευέλικτους χώρους που μπορούν να επηρεάσουν θετικά σχεδόν κάθε πτυχή της ζωής των ανθρώπων, από τη διάθεση μέχρι τα επίπεδα ενέργειας και την ποιότητα του ύπνου τους.¹³⁶

Ο φωτισμός και η διαρκώς μεταβαλλόμενη σχέση του με τους χρήστες του χώρου, αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά και ζωτικά στοιχεία του οικοσυστήματος ενός γραφείου, παρουσιάζοντας τους ποικίλους τρόπους με τους οποίους ο σχεδιασμός μπορεί να επηρεάσει θετικά την υγεία και την ευημερία των εργαζομένων, ενισχύοντας παράλληλα την αποδοτικότητά τους. Ως αναπόσπαστο κομμάτι των σύγχρονων γραφείων, μετασχηματίζει και ενεργοποιεί τον χώρο εκφράζοντας ταυτόχρονα την νέα ανθρωποκεντρική φιλοσοφία που προωθείται. Σύγχρονη τεχνολογία, πληθώρα ερευνών και καινούργιες πρακτικές συνδυάστηκαν και αποτέλεσαν το υπόβαθρο του ανθρωποκεντρικού φωτισμού, αυτής της σχετικά νέας προσέγγισης τεχνητού και φυσικού φωτισμού.¹³⁷ Μέσα από τη μελέτη κτιριακών παραδειγμάτων στα οποία έχουν εφαρμοστεί ανθρωποκεντρικές λύσεις φωτισμού μπορούν να εντοπιστούν κάποιες γενικές αρχές και στρατηγικές, είτε πρόκειται για τοπικές παρεμβάσεις και αλλαγές στη φιλοσοφία φωτισμού γραφείων που ανακαινίζονται, είτε για νεόδμητους χώρους που απαρχής έχουν σχεδιαστεί με μέριμνα τη σωστή και ποιοτική χρήση του φωτός. Τα σημεία αιχμής που προέκυψαν μέσα από διάφορους πειραματισμούς και λάθη δύνανται να λειτουργήσουν ως οδηγός, έτσι ώστε μέσω διαφορετικών προσεγγίσεων να αναπτυχθούν στο μέλλον πιο αποτελεσματικοί και αποδοτικοί μηχανισμοί.

¹³⁶ "The Evolution of Office Design", Morgan Lovell, 2022, site: www.morganlovell.co.uk, λήμμα: office evolution, Ημερ. Ανάκτησης: 26/09/2022

¹³⁷ Γιώργος Κατσιμιλής, "Ο φωτισμός στα επαγγελματικά κτίρια", Architect, 2021, site: www.architectmag.gr, λήμμα: φωτισμός επαγγελματικοί χώροι, Ημερ. Ανάκτησης: 22/10/2022

4.2.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1, DELOS HQ

Κεντρικά γραφεία της εταιρείας Delos

Τοποθεσία: Νέα Υόρκη, Αμερική

Χρονολογία: 2016

Μέγεθος: 1900m²

Η Delos είναι μια εταιρεία τεχνολογίας και διαχείρισης ακινήτων με αντικείμενο τη δημιουργία κατοικιών και εμπορικών χώρων που αποσκοπούν στη βελτίωση της υγείας, τη βελτιστοποίηση της άνεσης και της απόδοσης. Με βάση την πολυετή έρευνα και ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην υγεία των ανθρώπων,¹³⁸ η εταιρεία συνέβαλε στην καθιέρωση του προτύπου WELL Building Standard. Η Delos

Εικόνα 4.8 Διαφορετικά σενάρια φωτισμού στη Delos, πηγή: www.ketra.com



¹³⁸ "Delos HQ, A WELL Certified space filled with natural light", Ketra, site: www.ketra.com, λήμμα: delos New York, Ημερ. Ανάκτησης: 05/11/2022

δημιούργησε επίσης το Διεθνές Ινστιτούτο International WELL Building Institute (IWBI) με σκοπό να οργανώσει τη διαδικασία που ακολουθούν οι εταιρείες για να πιστοποιήσουν τις εγκαταστάσεις τους με το πρότυπο WELL.

Όταν το γραφείο της εταιρείας στη Νέα Υόρκη δεν επαρκούσε πλέον για την κάλυψη των αναγκών, η Delos αποφάσισε να αλλάξει έδρα και να σχεδιάσει έναν εργασιακό χώρο που θα πρόβαλλε τις αξίες και τις ανθρωποκεντρικές προτάσεις της, ενσωματώνοντας τις ίδιες αρχές που είχε καθιερώσει η έρευνά της. *"Ως εταιρεία που επικεντρώνεται στη βελτιστοποίηση του εσωτερικού περιβάλλοντος, θέλαμε να υπογραμμίσουμε στους πελάτες μας και τους συνεργάτες μας ότι προωθούμε την υγεία και την ευημερία των εργαζομένων μας".*¹³⁹ Το πρότζεκτ διεκδίκησε τρεις διαφορετικές πιστοποιήσεις (WELL, LEED, Living Building Challenge) απαιτώντας υψηλό βαθμό συνεργασίας μεταξύ σχεδιαστών, στελεχών και κατασκευαστών.

Το φυσικό φως της ημέρας θεωρήθηκε από την αρχή ιδιαίτερα σημαντικό και για το λόγο αυτό η τοποθεσία του νέου γραφείου επιλέχθηκε με μεγάλη προσοχή. Ο καινούργιος χώρος βρισκόταν στον τέταρτο και πέμπτο όροφο ενός κτιρίου στη Νέα Υόρκη, προσφέροντας θέα στο κέντρο της πόλης, το High Line και τον ποταμό Hudson. Στον τέταρτο όροφο επικρατούν οι ανοιχτοί χώροι, στους οποίους περιλαμβάνονται χώροι αναμονής, εστίασης, αίθουσες "ευεξίας" και αίθουσες συνεδριάσεων, ενώ ο πέμπτος όροφος έχει σχεδιαστεί για να φιλοξενεί πιο ήσυχα και απομονωμένα τμήματα. Και στους δύο ορόφους οι αίθουσες ποικίλλουν σε μέγεθος και είναι εξοπλισμένες με έπιπλα που μπορούν να προσαρμοστούν σε διαφορετικά σενάρια κατά τη διάρκεια της μέρας.

Οι υαλοπίνακες που καλύπτουν τις τρεις πλευρές του κτιρίου εξασφαλίζουν την είσοδο άπλετου φυσικού φωτός στο κτίριο, όμως κανένα από τα κουφώματα δεν είναι ανοιγόμενο με αποτέλεσμα οι εργαζόμενοι να είναι αποκομμένοι από τον φρέσκο αέρα. Για να ξεπεραστεί αυτός ο περιορισμός, όλοι οι χρήστες έχουν πρόσβαση από τον τέταρτο όροφο σε ένα φυτεμένο βατό δώμα.¹⁴⁰ Ένας άλλος βασικός χώρος είναι το πολυλειτουργικό εργαστήριο που συγκεντρώνει περιβαλλοντικά και υγειονομικά δεδομένα και τα χρησιμοποιεί στην εφαρμοσμένη έρευνα. Είναι εξοπλισμένο για να παρέχει δεδομένα που βοήθησαν την έρευνα του οργανισμού. Αισθητήρες τοποθετημένοι σε όλη την έκταση των ορόφων συλλέγουν δεδομένα σχετικά με την

¹³⁹ Maury Wright, "Delos reveals new headquarters with LED lighting meeting WELL and other certifications", LEDs Magazine, 2019, site: www.ledsmagazine.com, λήμμα: delos New York, Ημερ. Ανάκτησης: 05/11/2022

¹⁴⁰ "Delos Headquarters Tenant Renovation", International Living Future Institute, site: www.living-future.org, λήμμα: delos New York, Ημερ. Ανάκτησης: 05/11/2022

ποιότητα του αέρα, την ακουστική, τον φωτισμό και τον αριθμό των βημάτων που πραγματοποιούνται στην περιοχή της σκάλας. Τα επίπεδα του φωτός και του αέρα μετρώνται και αξιολογούνται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ώστε να διασφαλίζεται πάντα η βέλτιστη δυνατή ποιότητά τους.¹⁴¹

Εξίσου σημαντική με την ποσότητα του φωτός είναι η ποιότητά του, αλλά και η δυνατότητα των χρηστών να εναρμονιστούν με το έξω περιβάλλον και να αισθανθούν στενότερα συνδεδεμένοι με την ύπαιθρο. Οι εγκατεστημένοι αισθητήρες βοηθούν σε αυτό το εγχείρημα, υποβοηθώντας το σύστημα φωτισμού κι ενισχύοντας την προσαρμοστικότητα του. Επιλέχθηκε ένα κερκαδικό δυναμικό σύστημα φωτισμού, με σχολαστικά σχεδιασμένη διάταξη, ώστε να διασφαλιστεί ότι τα φωτιστικά σώματα τοποθετήθηκαν στα βέλτιστα σημεία για την επιτυχή ολοκλήρωση των εργασιών.¹⁴² Στον ενιαίο χώρο εργασίας το φως της ημέρας από τα γύρω παράθυρα πλημμυρίζει την αίθουσα, ενώ τα γραμμικά κρεμαστά φωτιστικά μιμούνται το φως του ήλιου και μεταφέρουν το άγγιγμά του και στις πιο μακρινές γωνιές. Οι λαμπτήρες ρυθμίζονται έτσι ώστε να μεταβάλλονται και να αυξομειώνονται ανάλογα με τα επίπεδα του φυσικού φωτός.

Σε συγκεκριμένα τμήματα των γραφείων δημιουργήθηκαν μικρές ζώνες ελέγχου, μέσα στις οποίες οι εργαζόμενοι μπορούν να παρακάμπτουν τις ρυθμίσεις των φωτιστικών σωμάτων και να τις εξατομικεύουν ώστε να ανταποκρίνεται στις προτιμήσεις και τους κερκάρδιους ρυθμούς τους. Αυτή η ελαστικότητα δημιουργεί το ιδανικό περιβάλλον τόσο για ομαδικά πρότζεκτ και παρουσιάσεις, όσο και για τις πιο εξειδικευμένες εργασίες που απαιτούν μεγαλύτερη συγκέντρωση. Οι τροποποιήσεις ως προς την κατεύθυνση, τη φωτεινότητα και τη θερμοκρασία χρώματος του φωτός μπορούν να ρυθμιστούν με ευκολία από μια εφαρμογή για κινητά.

Η μεγαλύτερη πρόκληση αυτού του έργου ήταν να εξισορροπηθεί το ανθρωποκεντρικό σύστημα φωτισμού με ένα τρόπο που θα ικανοποιούσε τόσο τις απαιτήσεις του WELL όσο και του LEED. Όλες οι αρχιτεκτονικές και κατασκευαστικές αποφάσεις ελήφθησαν με γνώμονα τη τήρηση αυτών των προτύπων, παρέχοντας παράλληλα το σωστό φως τη σωστή ώρα της ημέρας ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών. Η σχολαστική τοποθέτηση και βαθμονόμηση των αισθητήρων και των ρυθμιζόμενων πηγών φωτός επέτρεψε στη Delos να σχεδιάσει ένα αποδοτικό χώρο γραφείων

¹⁴¹ "Delos Headquarters, New York", WSP, site: www.wsp.com, λήμμα: delos New York, Ημερ. Ανάκτησης: 06/11/2022

¹⁴² "WELL Certified Ketra Lighting at Delos HQ", Lutron Electronics, 2021, site: www.youtube.com/watch?v=eG-NeffiFvk, λήμμα: delos New York

αφιερωμένο στους εργαζόμενους, τους πελάτες αλλά και τους επισκέπτες, παραμένοντας ταυτόχρονα πιστή στις αρχές της.¹⁴³

4.2.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2, ASID ΗQ

Κεντρικά γραφεία της ASID

Τοποθεσία: Ουάσιγκτον, Αμερική

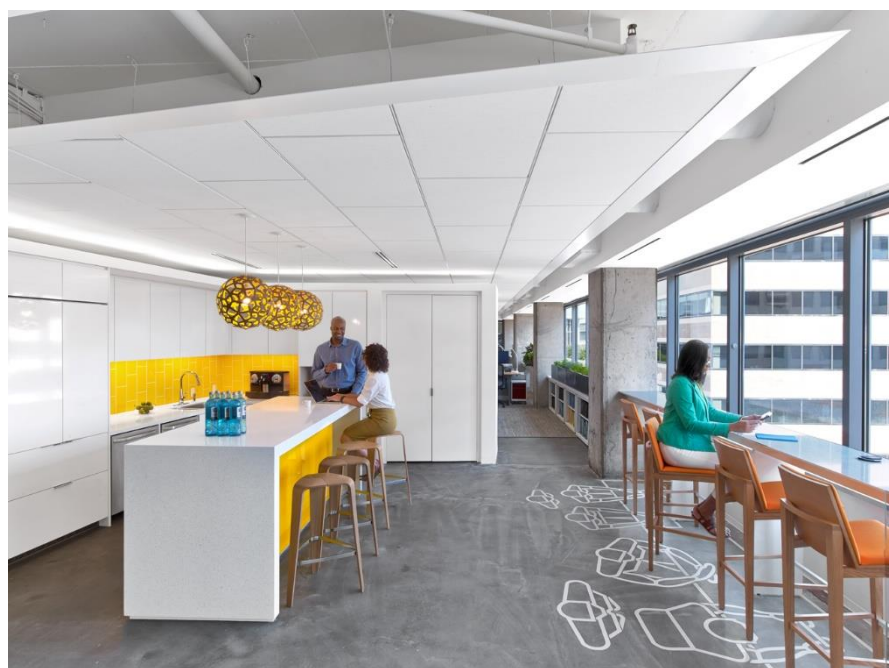
Χρονολογία: 2016

Μέγεθος: 790 m²

Τον Μάιο του 2016, η Αμερικανική Εταιρεία Σχεδιαστών Εσωτερικών Χώρων, ή αλλιώς ASID (American Society of interior Designs) εγκαταστάθηκε στα νέα κεντρικά γραφεία της στο κέντρο της Ουάσιγκτον. Το καινοτόμο γραφείο των 790 τετραγωνικών μέτρων αποτέλεσε μεγάλη αλλαγή για την οργάνωση, καθώς από το 1977 χρησιμοποιούσε ένα πολύ μεγαλύτερο τριώροφο κτίριο. Το παλιό κτίριο διέθετε άφθονο χώρο, περίπου 1600 τετραγωνικά μέτρα, όμως αποδείχθηκε ότι υπονόμει τη συνεργασία και δυσκόλευε την καθημερινότητα των εργαζομένων οι οποίοι περνούσαν μέρες απομονωμένοι. Οι θάλαμοι που χρησιμοποιούνταν προσέφεραν στους χρήστες ακουστική και οπτική ιδιωτικότητα, όμως δυσχέραιναν τις



Εικόνα 4.9, 4.10 Κεντρικά γραφεία ASID,
πηγή: www.bdcnetwork.com



¹⁴³ "Delos HQ, A WELL Certified space filled with natural light", Ketra, site: www.ketra.com, λήμμα: delos New York, Ημερ. Ανάκτησης: 05/11/2022

αλληλεπιδράσεις μεταξύ συναδέλφων. Αντί να πραγματοποιήσουν ακόμη μία ανακαίνιση, η ASID αποφάσισε να πουλήσει το ακίνητο και να μετακομίσει σε έναν εύπλαστο νέο χώρο, που αυτή τη φορά θα υποστήριζε την ευημερία των εργαζομένων, τη συνεργασία και τη βιωσιμότητα.¹⁴⁴

Το νέο γραφείο είναι ένα συνδυασμός ανοιχτών χώρων εργασίας, με μη καθορισμένα καθίσματα, ώστε οι εργαζόμενοι να έχουν τη δυνατότητα επιλογής του σημείου όπου θα δουλέψουν. Οι εργαζόμενοι έχουν τη δυνατότητα να κλείσουν τη θέση τους για την ημέρα μέσω ενός συστήματος κράτησης που δείχνει ποιοι χώροι είναι ελεύθεροι. Με αντίστοιχη λογική, η καινοτόμος τεχνολογία επιτρέπει στους επισκέπτες να καλούν το άτομο που επιθυμούν να συναντήσουν και να κάνουν κράτηση σε ένα χώρο. Παράλληλα, πυροδοτούνται αυθόρμητες αλληλεπιδράσεις και διασφαλίζεται ότι κανένα άτομο δεν απομονώνεται στο περιβάλλον εργασίας του. Υπάρχουν συγκεκριμένα σημεία του κτιρίου για συνεργασία και ομαδική εργασία και άλλα που επικεντρώνονται στη δημιουργία πιο ιδιωτικών περιβαλλόντων.¹⁴⁵ Με αυτή τη διάταξη γραφείου, η ASID έγινε περισσότερο συνεργατική. Τα νέα κεντρικά γραφεία, ως ο πρώτος χώρος στον κόσμο που απέκτησε και τις δύο πιστοποιήσεις LEED και WELL, μέσω της έρευνας και του προσεκτικού σχεδιασμού έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόζονται γρήγορα σε απρόβλεπτες αλλαγές.

Σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Cornell, τη Delos και το Innovative Workplace Institute, η ASID εξέτασε εκ νέου την εργασία και τις επαγγελματικές της πρακτικές, ολοκληρώνοντας ένα πλήρες φάσμα ερευνών πριν και μετά την εγκατάσταση στον νέο χώρο. Η μελέτη που διεξήχθη διερεύνησε τον αντίκτυπο του καινοτόμου σχεδιασμού του χώρου εργασίας στη συμπεριφορά και την απόδοση των εργαζομένων, όπως και τον τρόπο με τον οποίο μια πιο βιώσιμη λύση μπορεί να επιδράσει στην παραγωγικότητα και την ικανοποίησή τους. Χρησιμοποιήθηκαν συνεντεύξεις και ερωτηματολόγια εργαζομένων, μετρήσεις από τα εσωτερικά περιβάλλοντα που συλλέχθηκαν από αισθητήρες (π.χ. θερμοκρασία, στάθμη ήχου, επίπεδο φωτισμού) και κοινωνικά δεδομένα που αντλήθηκαν από μία μικροσυσκευή που φορούσαν εθελοντικά οι εργαζόμενοι (π.χ. ένα μικρόφωνο κατέγραφε τη συχνότητα ομιλίας).¹⁴⁶ Τα αποτελέσματα υποδήλωσαν ότι η νέα σχεδιαστική

¹⁴⁴ "Asid HQ Office", Asid Research, Impact of Design Series, Τόμος 1, από το site: www.asid.org, λήμμα: Asid HQ, Ημερ. Ανάκτησης: 10/11/2022

¹⁴⁵ "American Society of Interior Designers (ASID) Headquarters", GHT Limited Consulting Engineers, site: www.ghtltd.com, λήμμα: Asid HQ, Ημερ. Ανάκτησης: 10/11/2022

¹⁴⁶ "ASID HQ Office research highlights, Pre-/Post-Occupancy Analysis 2017", Asid Research, Impact of Design Series, από το site: www.asid.org, λήμμα: Asid HQ, Ημερ. Ανάκτησης: 10/11/2022

προσέγγιση βελτίωσε σημαντικά την ποιότητα του περιβάλλοντος σε σύγκριση με τον παλιό χώρο εργασίας, ιδίως στους τομείς της άνεσης και του φωτισμού.¹⁴⁷

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά το φωτισμό, τα ανθρωποκεντρικά στοιχεία σχεδιασμού ενσωματώνονται ως η κεντρική φιλοσοφία, συνδυάζοντας φως, σκίαση και τεχνολογία. Το φως του ήλιου εισέρχεται στο κτίριο από ολόκληρη τη βόρεια πρόσοψη και φτάνει όλες τις μεμονωμένες θέσεις εργασίας καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Υποστηρίζεται από στρατηγικά τοποθετημένα φωτιστικά που μεριμνούν για τον κερκάρδιο ρυθμό και χρησιμοποιούν διαφορετικού τύπου πηγές φωτός. Από τη μία, οι επιλεγμένοι λαμπτήρες LED μπορούν να αλλάξουν χρώμα και να ελεγχτούν με ακρίβεια. Από την άλλη, χρησιμοποιήθηκαν επίσης πολλαπλές ψυχρές (5000K θερμοκρασία χρώματος για το πρωί ή νωρίς το απόγευμα) και θερμές (2700K θερμοκρασία χρώματος για αργά το απόγευμα ή βράδυ) λάμπες φθορίου. Ο τεχνητός φωτισμός προγραμματίστηκε έτσι ώστε να ρυθμίζεται αυτόματα η ένταση, η θερμοκρασία χρώματος και η διάρκειά του ανάλογα με τις μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες, το διαθέσιμο φως της ημέρας και τη χρήση του χώρου.

Σε όλες τις εξωτερικές όψεις τοποθετήθηκαν ειδικά σκίαστρα που συνδέονται με αισθητήρες φωτός. Οι αισθητήρες, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στα παράθυρα, ρυθμίζουν αυτόματα το ύψος των σκιάστρων ανάλογα με τη θέση του ήλιου και την ένταση της ηλιακής ενέργειας. Η αυτοματοποιημένη σκίαση παρέχει επίσης πρόσβαση στις θέες, ελαχιστοποιεί τη θάμβωση και αποτελείται από ύφασμα κατασκευασμένο από 67% ανακυκλωμένο υλικό. Όλοι οι υπολογιστές είναι προσανατολισμένοι έτσι ώστε οι οθόνες τους να είναι στραμμένες 20° από το επίπεδο του πλησιέστερου παραθύρου, για να μειωθεί η θάμβωση. Είναι δυνατόν να παρακάμψει κανείς τις ρυθμίσεις του συστήματος και να κάνει στοχευμένες αλλαγές μέσω μιας εφαρμογής που καθιστά τα δεδομένα εύκολα στην κατανόηση και παρέχει στους εργαζομένους όλο τον έλεγχο που χρειάζονται. ¹⁴⁸

Η ASID ξεκίνησε αυτό το πρότζεκτ με στόχο να αναδείξει πώς ο σχεδιασμός μπορεί να επηρεάσει θετικά την υγεία των εργαζομένων και τα ερευνητικά δεδομένα δύνανται να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη ορθών αποφάσεων σχεδιασμού. Όσον αφορά τη σχέση του φωτός με το κτίριο, ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός σχεδιάστηκε

¹⁴⁷ "Project Overview ASID Headquarters Washington, D.C.", Lutron, paper από το site: www.lutron.com, λήμμα: Asid HQ, Ημερ. Ανάκτησης: 10/11/2022

¹⁴⁸ "Asid HQ Office", Asid Research, Impact of Design Series, Τόμος 1, από το site: www.asid.org, λήμμα: Asid HQ, Ημερ. Ανάκτησης: 10/11/2022

με σκοπό να διασφαλιστεί η δυναμικότητα του χώρου. Τέλος, οι σχεδιαστικές επιλογές συνέβαλαν στην εξοικονόμηση όσο το δυνατόν περισσότερης ενέργειας.¹⁴⁹

4.2.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 3, INNOGY HQ

Παράρτημα της εταιρείας Innogy

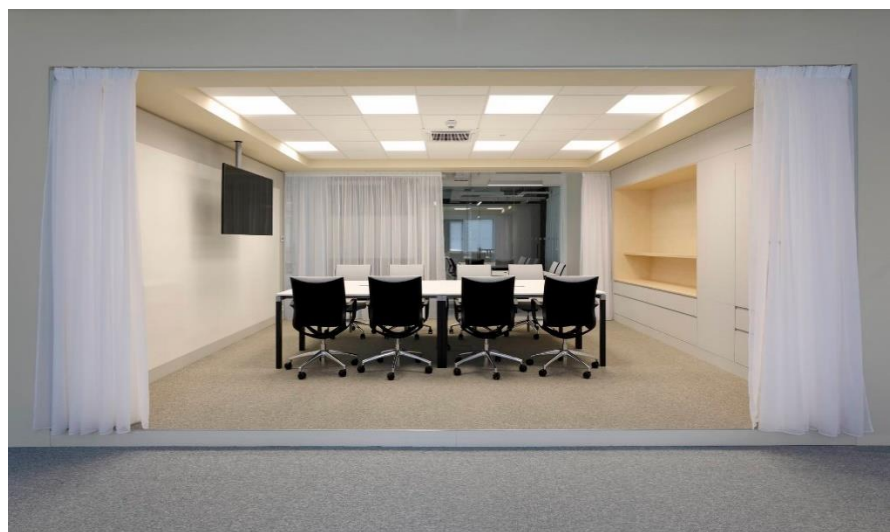
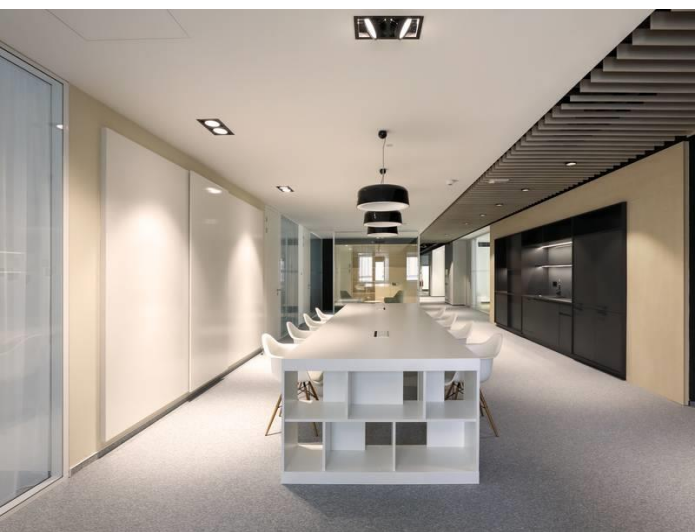
Τοποθεσία: Πράγα, Τσεχία

Χρονολογία: 2017

Μέγεθος: 3600m²

Τον Νοέμβριο του 2017, η έδρα της γερμανικής εταιρείας Innogy στην Τσεχία, η οποία είναι πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου, ολοκλήρωσε την ανακαίνιση των γραφείων της στην Πράγα, συνολικής έκτασης 3.600 τετραγωνικών μέτρων. Όταν λειτούργησε για πρώτη φορά το 1993, το κτίριο αποτελούσε υπόδειγμα των τότε σύγχρονων γραφειακών εγκαταστάσεων, αλλά είκοσι χρόνια αργότερα τα συστήματα φωτισμού, ψύξης και θέρμανσης δεν μπορούσαν να ανταποκριθούν στις σύγχρονες απαιτήσεις και τα κλειστά γραφεία ήταν πολύ σκοτεινά. Ήταν απαραίτητο λοιπόν να εκσυγχρονιστεί ο χώρος στα σημερινά πρότυπα. Η ριζική ανακαίνιση που πραγματοποιήθηκε επενέβη στο εσωτερικό του κτιρίου, αφήνοντας ανέγγιχτο το κέλυφός του.¹⁵⁰ Ως επίκεντρο της ανακαίνισης ορίστηκαν το σύστημα φωτισμού, τα

Εικόνα 4.11, 4.12 Κεντρικά γραφεία Innogy, πηγή: atelierkunc.com



¹⁴⁹ Lutron Electronics Co, "An Office Space for the People", Architect, site: www.architectmagazine.com, λήμμα: Asid HQ, Ημερ. Ανάκτησης: 19/11/2022

¹⁵⁰ Mark Halper, "Human-centric lighting boosts productivity in this Prague office building", LEDs Magazine, 2018, site: www.ledsmagazine.com, λήμμα: Innogy HCL lighting, Ημερ. Ανάκτησης: 10/11/2022

νέα εστιατόρια, τα έπιπλα και η αλλαγή των κλειστών χώρων γραφείων. Στόχος της ανακαίνισης ήταν η σημαντική βελτίωση των συνθηκών εργασίας και η δημιουργία ενός υγιούς, αποτελεσματικού και άνετου περιβάλλοντος για τους 550 υπαλλήλους.¹⁵¹

Το εσωτερικό του κτιρίου αναβαθμίστηκε και εξελίχθηκε σε ένα σύγχρονο ανοικτό χώρο με νησίδες συνεργασίας και χώρους δημιουργίας. Οι αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στην Innogy έδωσαν νέα αύρα στο χώρο, διαφοροποιώντας τον από τα παραδοσιακά πρότυπα. Το κτίριο χωρίστηκε σε δύο λειτουργικά μέρη, το κομμάτι της διοίκησης και το δημιουργικό τμήμα. Στο τμήμα της διοίκησης, όπου ξεκινούν και ολοκληρώνονται τα έργα, ολόκληρος ο όροφος μπορεί να διαχωριστεί

Εικόνα 4.13 Κεντρικά γραφεία Innogy, πηγή: www.signify.com



¹⁵¹ *“Biodynamic Lighting: promoting employee wellbeing and energy with light”*, Design Curial, 2019, site: www.designcurial.com, λήμμα: Innogy, Ημερ. Ανάκτησης: 11/11/2022

ανάλογα με τις εργασίες που απαιτούνται, με τη χρήση συρόμενων χωρισμάτων. Οι διάφοροι χώροι μπορεί να παραμείνουν κλειστοί για ένα ολόκληρο έτος ή ακόμα περισσότερο, έτσι ώστε οι εργαζόμενοι να μπορούν να εργάζονται ανενόχλητοι. Το δημιουργικό τμήμα, όπου αναπτύσσονται οι νέες ιδέες, είναι η καρδιά της εταιρείας. Ο χώρος μπορεί να απομονωθεί συνολικά ή να χωριστεί σε μικρότερες μονάδες, αν αυτό απαιτείται για τα συγκεκριμένα έργα. Σε αντίθεση με τον όροφο της διοίκησης, στο συγκεκριμένο κομμάτι χρησιμοποιούνται έντονα χρώματα και διαφορετικού τύπου καθίσματα.¹⁵²

Ο φωτισμός πρωταγωνίστησε στην ανακαίνιση, μετατρέποντας το κτίριο σε υπόδειγμα εφαρμογής ανθρωποκεντρικού φωτισμού. Το σύστημα φωτισμού που εγκαταστάθηκε περιλάμβανε περίπου 2.000 φωτιστικά σώματα LED της Philips, προγραμματισμένα να παρέχουν συγκεκριμένες ποιότητες φωτισμού σε διαφορετικές ώρες. Το σύστημα είναι ενσύρματο και γίνεται χρήση ελέγχων DALI (digital addressable lighting interface). Η μεταβαλλόμενη χρωματογραφία προσομοιάζει το φυσικό φως στο γραφείο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, έτσι ώστε οι εργαζόμενοι που είναι καθηλωμένοι στο κτίριο να αισθάνονται πιο άνετα και γεμάτοι ενέργεια. Οι εναλλαγές στη θερμοκρασία χρώματος και την ένταση φωτισμού γίνονται σκόπιμα με αργό ρυθμό, έτσι ώστε να είναι ανεπαίσθητες και να μην παρατηρούνται έντονες μεταβολές.¹⁵³

Η Philips προγραμματίσει τον φωτισμό να περιλαμβάνει μια έντονη δόση ψυχρού φωτός το πρωί, ρυθμισμένη στα 900 lx και 5500K, για να ενεργοποιούνται οι εργαζόμενοι που ξεκινούν την εργάσιμη ημέρα τους στις 9 π.μ. Μέχρι το μεσημβρινό διάλειμμα η ένταση του φωτισμού πέφτει σταδιακά στα 500 lx και η θερμοκρασία χρώματος αυξάνεται σε θερμότερη στα 3000K. Μετά το μεσημεριανό γεύμα, με σκοπό να αντισταθμιστεί η υπνηλία, το φως εντείνεται και πάλι αγγίζοντας τα 800 lx και σχεδόν 5000K. Μέχρι τις 4 μ.μ., ο φωτισμός ηρεμεί και πάλι στην ρύθμιση των 500 lx και 3000K, προετοιμάζοντας το προσωπικό του γραφείου για το τέλος της ημέρας.

Για τους υπαλλήλους που έχουν αυξημένη ευαισθησία στο φως και θεωρούν αυτές τις αλλαγές περισσότερο ενοχλητικές παρά χρήσιμες υπάρχει η δυνατότητα να παρακάμψουν χειροκίνητα τις κεντρικά προγραμματισμένες ρυθμίσεις χρησιμοποιώντας τα επίτοιχα χειριστήρια αφής που περιλαμβάνονται στο ανθρωποκεντρικό σύστημα φωτισμού. Παρόλα αυτά, δεν πρόκειται για μια απόλυτα

¹⁵² "Innogy, Space for the largest European start-up", Ahrend Czech Republic, site: www.ahrend.cz, λήμμα: Innogy, Ημερ. Ανάκτησης: 11/11/2022

¹⁵³ "Biodynamic Lighting: promoting employee wellbeing and energy with light", Design Curial, 2019, site: www.designcurial.com, λήμμα: Innogy, Ημερ. Ανάκτησης: 11/11/2022

προσωπική απόφαση, καθώς σε έναν χώρο εργασίας μπορεί να εργάζονται από τέσσερις έως έξι εργαζόμενοι και οι ρυθμίσεις πρέπει να ακολουθούν τις επιθυμίες και τις ανάγκες της ομάδας. Τα χειριστήρια μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να τον χειρισμό των περσίδων που είναι συνδεδεμένες με το σύστημα ελέγχου.¹⁵⁴ Επίσης, οι 150 εγκατεστημένοι αισθητήρες ανιχνεύουν την ανθρώπινη παρουσία και σβήνουν τα φώτα όταν μένει κενό ένα δωμάτιο. Σε συνδυασμό με τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών LED φωτιστικών, η Innogy μείωσε την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά περίπου 50%.¹⁵⁵

4.2.4 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4, GYMSHARK HQ

Παράρτημα της εταιρείας Innogy

Τοποθεσία: Πράγα, Τσεχία

Χρονολογία: 2017

Μέγεθος: 3600m²

Η Gymshark ιδρύθηκε το 2012 και είναι εταιρεία αθλητικής ένδυσης. Αναγνωρίζεται ως μια από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες εταιρείες του Ηνωμένου Βασιλείου, κάνοντας εξαγωγές σε περισσότερες από 150 χώρες παγκοσμίως. Για το νέο της κτίριο, η Gymshark ήθελε ένα χώρο που θα μπορούσε να φιλοξενήσει την ταχεία ανάπτυξή της και να προσελκύσει μελλοντικούς συνεργάτες. Το κτίριο των σχεδόν 4000 τετραγωνικών μέτρων ήταν ένας πρόσφατα ανακαινισμένος χώρος, στον οποίο καθαιρέθηκαν όλα τα φέροντα στοιχεία για να κατασκευαστούν και πάλι ακολουθώντας ανθρωποκεντρικές αρχές και ενσωματώνοντας ένα ευφυές σύστημα φωτισμού. Τα σχέδια του κτιρίου συνέχισαν να μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της ανακαίνισης, για να επιτευχθεί η ορθότερη διαμόρφωση του χώρου.¹⁵⁶

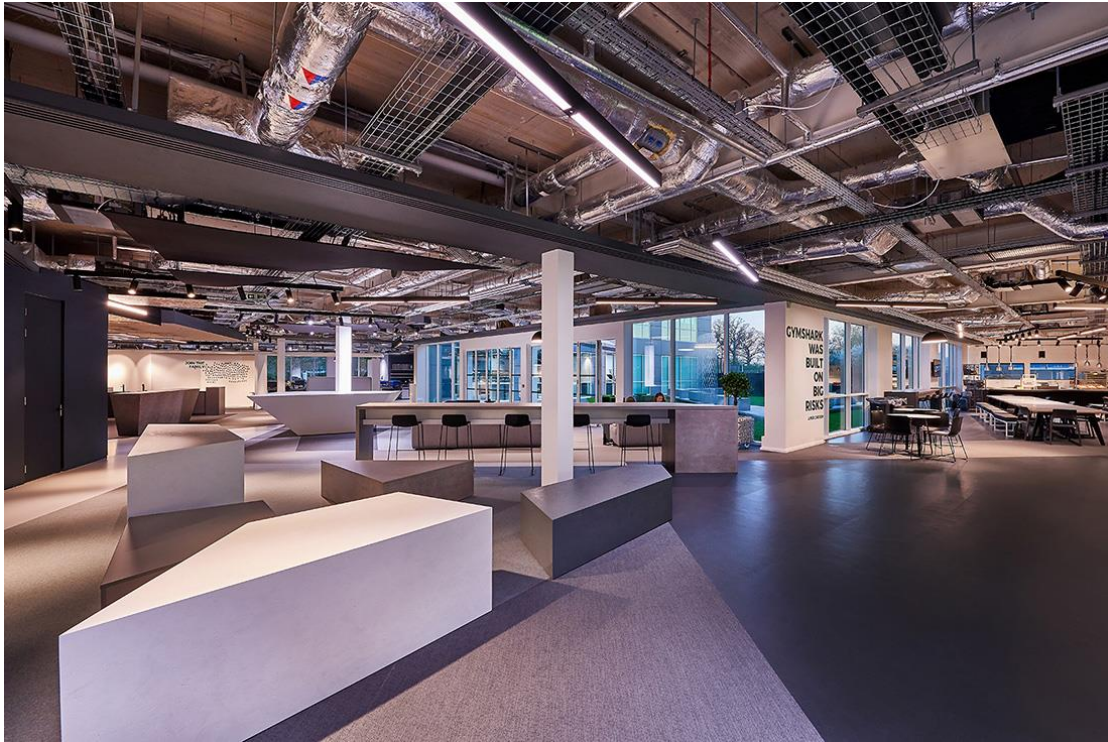
Το σύνολο του κτιρίου αποσκοπεί στην υποστήριξη τόσο των πελατών όσο και των εργαζομένων. Ένα εντυπωσιακό εσωτερικό αίθριο συνδέει όλους τους ορόφους και διευκολύνει τη συνεργασία. Οι κερκίδες του αμφιθεάτρου, το φωτογραφικό στούντιο, η καντίνα, ο κινηματογράφος, ο θάλαμος εικονική πραγματικότητας VR, οι κάψουλες ύπνου, είναι μόνο μερικά από τα στοιχεία που ολοκληρώνουν το έργο.

¹⁵⁴ Mark Halper, "Human-centric lighting boosts productivity in this Prague office building", LEDs Magazine, 2018, site: www.ledsmagazine.com, λήμμα: Innogy HCL lighting, Ημερ. Ανάκτησης: 10/11/2022

¹⁵⁵ India Block, "Fluctuating LED office lights offer workers caffeine-like energy boost", Dezeen, 2018, site: www.dezeen.com, λήμμα: Innogy LED, Ημερ. Ανάκτησης: 10/11/2022

¹⁵⁶ "Gymshark", Oktra, site: www.oktra.co.uk, λήμμα: Gymshark, Ημερ. Ανάκτησης: 05/11/2022

Ο πρώτος όροφος είναι αφιερωμένος στις συλλογικές εργασίας και την επικοινωνία με τους πελάτες. Διαθέτει αίθουσες συσκέψεων, καμπίνες μελέτης, ζώνες ηρεμίας και αίθουσες δοκιμών προϊόντων. Το φως του ήλιου εισχωρεί μέσα στο κτίριο από το εξωτερικό αίθριο, το οποίο συμπεριλαμβάνει ένα υπαίθριο καθιστικό μήκους 30 μέτρων με το σχήμα του λογότυπου της εταιρείας, έτσι ώστε να είναι εμφανές από

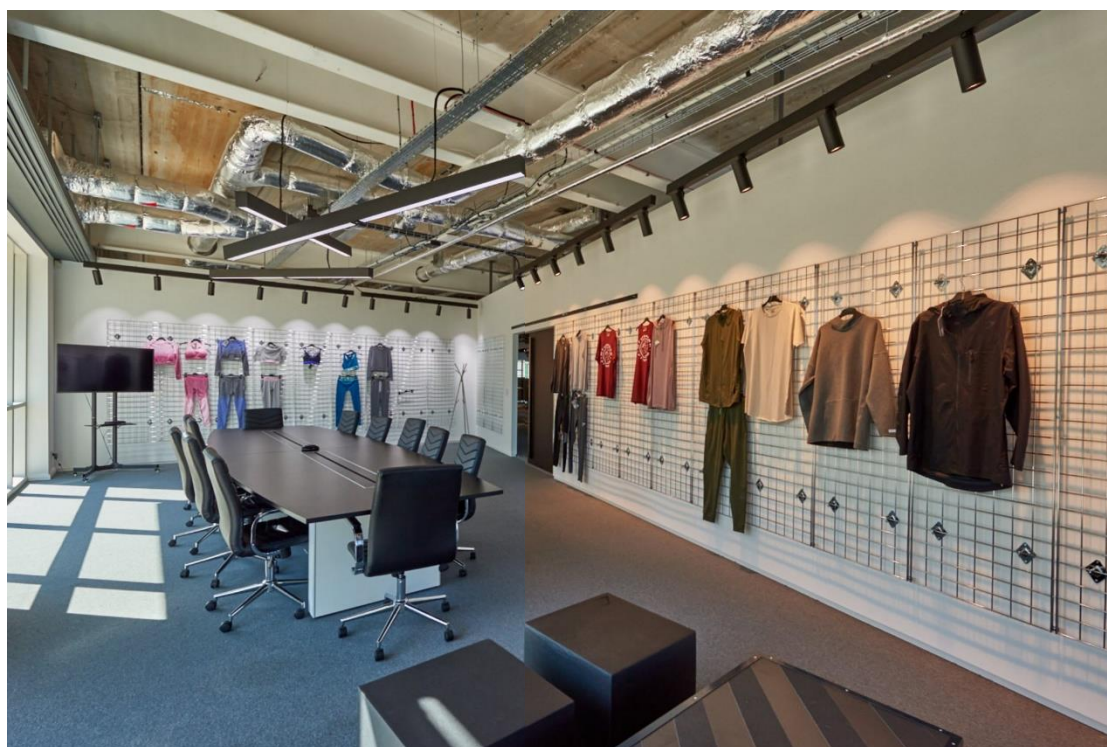


Εικόνες 4.14, 4.15 Κεντρικά γραφεία Gymshark, πηγή: www.hatec-licht.de

το Google Earth. Κάθε περιοχή είναι σχεδιασμένη για διαφορετικό τύπο εργασίας, επιτρέποντας στους εργαζόμενους της Gymshark να επιλέγουν πώς, πότε και πού επιθυμούν να εργαστούν. ¹⁵⁷

Το κύριο μέλημα της εταιρείας και τελικά η κατευθυντήρια δύναμη που επηρέασε τις σχεδιαστικές αποφάσεις για τον φωτισμό ήταν η ανάγκη ενός κατάλληλου συστήματος που θα υποστήριζε τις πολλαπλές βάρδιες των εργαζομένων. Επίσης, ιδιαίτερη σημαντική για την παραγωγική διαδικασία ήταν η προβολή των προϊόντων, ιδίως των υφασμάτων, υπό διαφορετικό φωτισμό. *"Το χρώμα είναι πολύ σημαντικό, ιδίως επειδή χρησιμοποιούμε την ίδια απόχρωση σε διαφορετικά υφάσματα... ένα κατάλληλο σύστημα φωτισμού είναι πολύ χρήσιμο για να επιλέγουμε τα χρώματα των προϊόντων μας".* Κάτω αυτό το πρίσμα επιλέχθηκαν ρυθμιζόμενα LED, τα οποία υποστήριζαν τις εναλλαγές στην ένταση και τη θερμοκρασία χρώματος έτσι ώστε το φως να ταιριάζει απόλυτα με τις απαιτήσεις της εργασίας.

Στην πράξη, ο επιθυμητός φωτισμός επιτυγχάνεται με πάνω από 300



Εικόνα 4.16 Διαφορετικά σενάρια φωτισμού στη Gymshark, πηγή: www.hatec-licht.de

ανθρωποκεντρικά φωτιστικά, τα οποία είναι στρατηγικά τοποθετημένα στο κτίριο και μιμούνται την ποιότητα του φυσικού φωτός που συναντά κανείς στο εξωτερικό περιβάλλον. Επιπλέον, εγκαταστάθηκαν 450 αισθητήρες που παρακολουθούν σε

¹⁵⁷ George Pritchard, *"Scenarios Intelligent Lighting Continues to Shine for Gymshark"*, *Scenariio Intelligent Infrastructures*, site: www.scenariio.com, λήμμα: Gymshark, Ημερ. Ανάκτησης: 05/11/2022

πραγματικό χρόνο τις κινήσεις των ατόμων, τη θερμοκρασία, τη φωτεινότητα και την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου. Αυτό το δίκτυο έξυπνων φώτων και αισθητήρων βελτιστοποίησε την ενεργειακή και οικονομική αποδοτικότητα του χώρου, παρέχοντας του παράλληλα μέγιστη ευελιξία. Για παράδειγμα, όταν το εξωτερικό φως είναι σε θέση να φωτίσει μόνο του τον χώρο εργασίας, χαμηλώνει αυτόματα ο εσωτερικός φωτισμός.

Η Gymshark χρησιμοποιεί τις μετρήσεις από τους αισθητήρες για να λαμβάνει πιο τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με τον τρόπο χρήσης του χώρου εργασίας. Χάρτες θερμότητας υπέδειξαν την πραγματική χρήση του χώρου από τους χρήστες, οδηγώντας στην μετακίνηση ορισμένων τμημάτων του κτιρίου. Επίσης, με βάση τα δεδομένα πληρότητας που συγκεντρώθηκαν από τον φωτισμό αρκετές αίθουσες συνεδριάσεων αναδιαμορφώθηκαν. Η ανάλυση του χώρου εργασίας και ο έξυπνος ανθρωποκεντρικός φωτισμός διαμορφώνουν τα μελλοντικά σχέδια για το κτίριο, εξασφαλίζοντας έναν διαρκώς μεταβαλλόμενο και δυναμικό χώρο.¹⁵⁸

¹⁵⁸ "Gymshark Case Study, Lighting for an intelligent future", Scenariio Intelligent Infrastructures, site: www.scenariio.com, λήμμα: Gymshark, Ημερ. Ανάκτησης: 05/11/2022

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ - ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΧΩΡΩΝ ΓΡΑΦΕΙΟΥ

5.1 ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Από τη θεωρητική διερεύνηση και ανάλυση γίνεται σαφές ότι ο ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός συνιστά μια φιλοσοφία προσέγγισης ζητημάτων η οποία θέτει στο επίκεντρο τον άνθρωπο, την άνεση και την εμπειρία του χρήστη. Ειδικά στους χώρους γραφείων, στους οποίους επικεντρώνεται η παρούσα εργασία, ο ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός επηρεάζει πλήθος παραμέτρων παρουσιάζοντας κυρίως αισθητή επίδραση στον φωτισμό. Διαμορφώνει συνεπώς την μορφή και καθορίζει το τελικό αποτύπωμα ενός συστήματος τεχνητού φωτισμού.

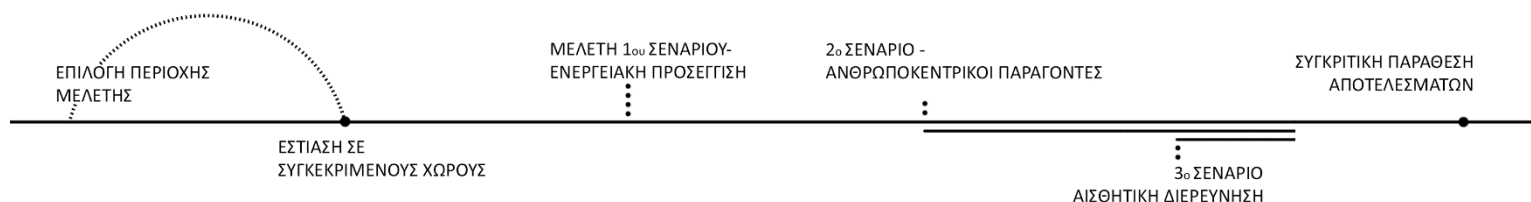
Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, με τη βοήθεια του ειδικού λογισμικού προσομοίωσης Relux, θα δημιουργηθεί ως μοντέλο ο υπό εξέταση γραφειακός χώρος και θα οπτικοποιηθούν οι ιδιαίτερες συνθήκες φωτισμού. Κύριος στόχος της μελέτης εφαρμογής δεν αποτελεί η αρχειοθέτηση κανόνων ενός άρτια σχεδιασμένου συστήματος φωτισμού, αλλά η δημιουργία περιπτώσεων με τη μορφή "σεναρίων" ώστε να διερευνηθεί ο βαθμός που τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τεχνητού φωτισμού μπορούν να λειτουργήσουν συνδυαστικά με μία ανθρωποκεντρική, προσωποποιημένη στο περιβάλλον του χρήστη και αισθητική προσέγγιση.

Το πρώτο σενάριο εστιάζει στην αναβάθμιση του φωτισμού μέσω της αντικατάστασης των υπαρχόντων φωτιστικών σωμάτων με φωτιστικά νέας τεχνολογίας LED τα οποία θα τοποθετηθούν σε διαφορετικές θέσεις, δίνοντας έμφαση σε συγκεκριμένες περιοχές εργασίας αλλά και στους χώρους ανάλογα με την χρήση τους. Μέσω των φωτοτεχνικών υπολογισμών θα διαπιστωθεί αν τηρούνται οι απαιτήσεις του προτύπου EN 12464.1 και της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021, βάσει των οποίων χαρακτηρίζεται ενεργειακά αποδοτική μια εγκατάσταση.

Στη συνέχεια, στο δεύτερο σενάριο προστίθενται συμπληρωματικά κριτήρια αξιολόγησης πέρα από τα ενεργειακά. Στους ίδιους χώρους, εξετάζεται αν δύναται να εφαρμοστεί μία πιο ανθρωποκεντρική προσέγγιση ή αν είναι απαραίτητος ο ολικός επανασχεδιασμός του συστήματος φωτισμού που επιλέχθηκε στο αρχικό σκέλος.

Το τρίτο και τελευταίο σενάριο αφορά την αισθητική διερεύνηση ενός χώρου και θίγει τις δυσκολίες που προκύπτουν όταν υπάρχει σαφές όραμα και φιλοσοφία για το σχεδιασμό του φωτισμού, διερευνώντας ποια από τα κριτήρια των προηγούμενων εναλλακτικών είναι πιο δύσκολο να εκπληρωθούν.

Εικόνα 5.1 Διαγραμματική αναπαράσταση με τα βήματα της εργασίας, πηγή: προσωπικό αρχείο



5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

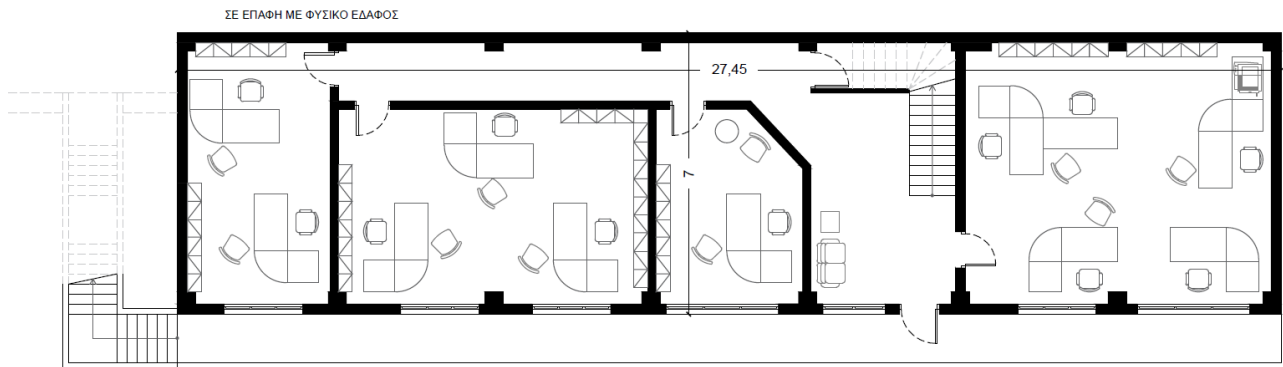
Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, επιλέχθηκε ως χώρος μελέτης εφαρμογής το κτίριο γραφείων της Διεύθυνσης Τεχνικών Έργων Π.Ε. Αρκαδίας. Πρόκειται για ένα συμβατικό διώροφο κτίριο το οποίο βρίσκεται εκτός σχεδίου πόλης, πλησίον του Γενικού Παναρκαδικού Νοσοκομείου και του 11ου Συντάγματος Πεζικού της Τρίπολης. Κατά τη διάρκεια των χρόνων το κτίσμα έχει υποστεί πολλές παρεμβάσεις, καταλήγοντας στη σημερινή του μορφή στις αρχές του 2010 όταν και μεταφέρθηκε στον χώρο η υπηρεσία.

Το συγκεκριμένο κτίριο θεωρήθηκε κατάλληλο για τον σκοπό της μελέτης λόγω του υφιστάμενου φωτισμού παλαιότερης τεχνολογίας και την ποικιλομορφία που παρουσιάζουν οι χώροι των γραφείων του. Οι μικρές αίθουσες παρέχουν ιδιωτικότητα και συγκέντρωση, ενώ στα μεγαλύτερα γραφεία τύπου open plan αναπτύσσεται η συνεργασία και η εγγύτητα, εξυπηρετώντας έτσι το είδος της παρεχόμενης εργασίας από μεγαλύτερες ομάδες έργου.

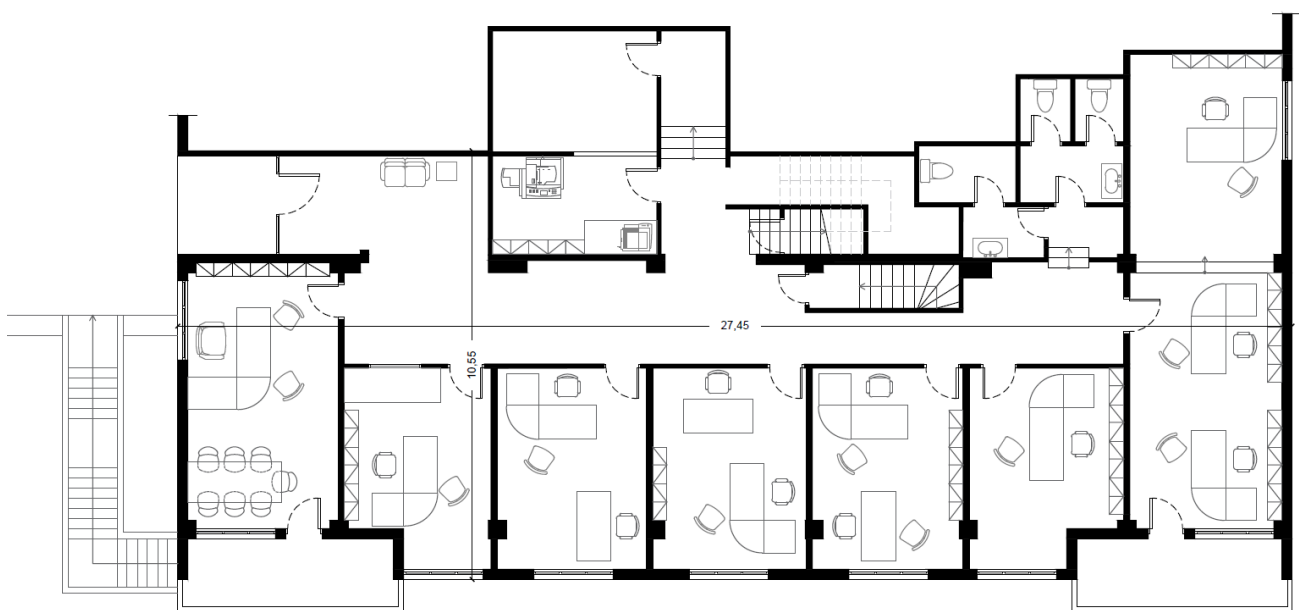
Η κύρια όψη του ορθογώνιου κτιριακού όγκου έχει νοτιοανατολικό προσανατολισμό, ενώ στο πίσω μέρος το κέλυφος του κτιρίου εφάπτεται με κτιριακή διαμόρφωση που εξυπηρετεί τη στάθμευση και συντήρηση των μηχανημάτων και οχημάτων της υπηρεσίας. Λόγω της μεγάλης υψομετρικής διαφοράς του οικοπέδου η είσοδος πραγματοποιείται κυρίως από τον πρώτο όροφο, όπου και συναντά κανείς



Εικόνες 5.2, 5.3 Εξωτερικές οπτικές κτιρίου, πηγή: προσωπικό αρχείο



ΙΣΟΓΕΙΟ



Εικόνες 5.4, 5.5 Κάτοψη Ισογείου και Α' Ορόφου, πηγή: προσωπικό αρχείο

Α' ΟΡΟΦΟΣ

ποικίλους χώρους διαφορετικών χρήσεων, όπως γραφεία προσωπικού, τη γραμματεία και το γραφείο του διευθυντή μέχρι βοηθητικούς χώρους για την εξυπηρέτηση των αναγκών των εργαζομένων (τουαλέτες και κουζίνα). Αντίστοιχα, το ισόγειο καταλαμβάνεται από γραφεία διαφορετικών διαστάσεων, ενώ στο πίσω μέρος εφάπτεται με χώμα, έχοντας έτσι μόνο μία όψη ικανή να φέρει ανοίγματα.

Το σύνολο των θέσεων εργασίας έχει πρόσβαση σε φυσικό φωτισμό και αερισμό, λόγω της μικρής απόστασής τους από τα ανοίγματα (<6.00m), με την πλειοψηφία να είναι τοποθετημένη κατά μήκος της κύριας όψης. Ο χώρος λειτουργεί σε καθημερινή βάση, από Δευτέρα ως Παρασκευή. Ως δημόσια υπηρεσία, το ωράριο εργασίας κυμαίνεται από 7 π.μ. με 3 μ.μ., αρκετοί εργαζόμενοι όμως παραμένουν στο κτίριο και τον περιβάλλοντα χώρο μέχρι τις 5 μ.μ. Επίσης, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σε περιόδους αυξημένου κίνδυνου φυσικών καταστροφών (πυρκαγιές, έντονες χιονοπτώσεις, κ.λ.π.) λόγω του αντικειμένου της η υπηρεσία λειτουργεί όλο το 24ωρο, καθιστώντας έτσι επιτακτικότερη την αναβάθμιση των συστημάτων φωτισμού.



Εικόνα 5.6 Επιλογή χώρων,
πηγή: προσωπικό αρχείο

5.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΩΝ ΑΙΘΟΥΣΩΝ

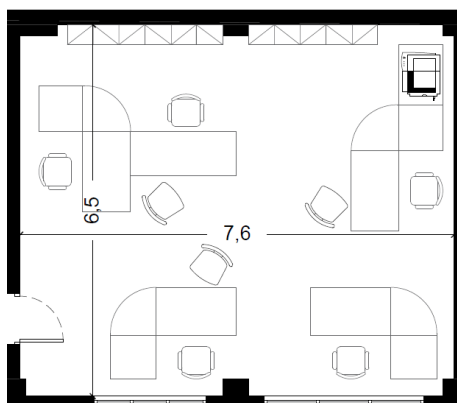
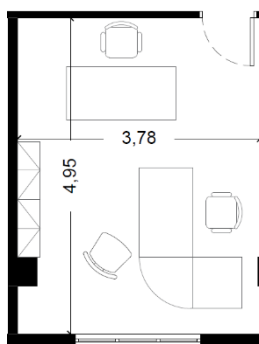
Για την εφαρμογή των διαφορετικών σεναρίων φωτισμού επιλέχθηκαν ενδεικτικά δύο χώροι του κτιρίου. Πρόκειται για δύο γραφεία διαφορετικού τύπου και μεγέθους, ένα μικρό δύο θέσεων και ένα μεγάλο.

Η πρώτη αίθουσα που θα μελετηθεί από το δώροφο κτίριο γραφείων βρίσκεται στον Α' όροφο. Πρόκειται για ένα δωμάτιο διαστάσεων 3,78x4,95m, ύψους 2,90m και

επιφανείας $E=18,71\text{m}^2$. Περιλαμβάνει δύο θέσεις εργασίας, εκ των οποίων η δεύτερη χρησιμοποιείται περιστασιακά, μία είσοδο και ένα άνοιγμα διαστάσεων $1,95 \times 1,15\text{m}$, εξασφαλίζοντας έτσι την είσοδο του φυσικού φωτός στον χώρο. Στην επίπλωσή του συναντάμε δύο γραφεία μαζί με τον αντίστοιχο εξοπλισμό, καρέκλες που εξυπηρετούν τους υπαλλήλους και τους επισκέπτες, καθώς και ψηλές βιβλιοθήκες. Οι επιφάνειες είναι ανοιχτόχρωμες, και οι τιμές ανακλαστικότητας ορίζονται στο 0,5 για τους τοίχους, 0,7 για την οροφή και 0,2 για το δάπεδο.

Η δεύτερη αίθουσα βρίσκεται στο ισόγειο και αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους χώρους του κτιρίου. Με διαστάσεις $7,60 \times 6,50\text{m}$, καθαρό ύψος χώρου $2,90\text{m}$ και επιφάνεια $E=49,40\text{m}^2$, περιλαμβάνει πέντε θέσεις εργασίας, οι δυο από τις οποίες καταλαμβάνονται περιστασιακά, μία είσοδο και δύο μεγάλα ανοίγματα στο κέλυφος, διαστάσεων $1,95 \times 1,15\text{m}$ και $2,80 \times 1,15\text{m}$. Στην επίπλωσή του συναντάμε πέντε γραφεία μαζί με τον αντίστοιχο εξοπλισμό, καρέκλες, ένα φωτοτυπικό σταθμό, ενώ η μία πλευρά της αίθουσας καλύπτεται από βιβλιοθήκες. Οι επιφάνειες είναι όπως και στην προηγούμενη αίθουσα ανοιχτόχρωμες, και οι τιμές ανακλαστικότητας ορίζονται στο 0,5 για τους τοίχους, 0,7 για την οροφή και 0,2 για το δάπεδο.

Εικόνες 5.7, 5.8 Γραφείο δύο θέσεων,
Εικόνες 5.9, 5.10 Γραφείο 5 θέσεων, πηγή: προσωπικό αρχείο



5.4 ΠΡΩΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ – ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

5.4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την αξιολόγηση του πρώτου σεναρίου, η ποιότητα του φωτισμού των δύο αιθουσών ελέγχθηκε κυρίως ως προς την επάρκεια και τις ομοιομορφίες μέσω των φωτοτεχνικών υπολογισμών που παρέχει το πρόγραμμα προσομοίωσης. Επίσης, επιλέχθηκαν απαρχής φωτιστικά μικρής ενεργειακής κατανάλωσης, κατάλληλης κατανομής φωτισμού για χώρους γραφείων και μικρότερης θάμβωσης σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Για τον καθορισμό των ορίων φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας, ακολουθείται το πρότυπο EN 12464-1: 2021 «Φωτισμός χώρων εργασίας – Εσωτερικοί εργασιακοί χώροι », καθώς οι απαιτήσεις φωτισμού ενός χώρου εξαρτώνται από τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται. Οι εργασίες που πραγματοποιούνται στους υπό μελέτη χώρους είναι “γραφή-ανάγνωση-πληκτρολόγηση”, οπότε τα βασικά όρια που μας ενδιαφέρουν για τις επιφάνειες εργασίας είναι:

- Η επιφάνεια εργασίας χρειάζεται τουλάχιστον 500 lx φωτισμού (δείκτης Em), με τα επίπεδα του φωτισμού να μην πρέπει να υπερβαίνουν το 20% των προκαθορισμένων ορίων, σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.
- Ο τεχνητός φωτισμός να κατανέμεται ομοιόμορφα στο χώρο, με τον δείκτη ομοιομορφίας να είναι $U_0 > 0.6$.
- Ο δείκτης θάμβωσης UGR πρέπει να είναι μικρότερος ή ίσος του 19, $UGR \leq 19$.
- Το επίπεδο αναφοράς μέτρησης πρέπει να ακολουθεί την πρόταση της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. και να τοποθετείται σε ύψος 0,80m από το δάπεδο.
- Ο δείκτης της χρωματικής απόδοσης πρέπει να είναι μεγαλύτερος του 80, $Ra > 80$.

Επίσης, για την επιλογή των φωτιστικών πρέπει να ισχύουν τα παρακάτω:

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (lx) (min)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΘΑΜΒΩΣΗΣ UGR (max)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ (U_0)	ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ [m]	ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ Ra
Συγγραφή, δακτυλογράφηση, ανάγνωση, επεξεργασία δεδομένων	500	19	0,60	0,80	80

- Η απόδοση των φωτιστικών να είναι μεγαλύτερη από 90 lm/W (σύμφωνα με το τελικό σχέδιο της νέας έκδοσης της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021, στην έκδοση του 2017 το όριο ήταν 60 lm/W).
- Τουλάχιστον το 70% της φωτεινής ροής του φωτιστικού να κατευθύνεται προς τα κάτω στην επιφάνεια εργασίας, παρέχοντας έτσι ημι-άμεσο φωτισμό, $DLOR > 70\%$.¹⁵⁹
- Η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού ανά μονάδα ωφέλιμης επιφάνειας (W/m^2) για ζώνες τεχνητού φωτισμού 500 lx πρέπει να είναι $< 10 W/m^2$ (σύμφωνα με το τελικό σχέδιο της νέας έκδοσης της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021, στην έκδοση του 2017 το μέγιστο όριο ήταν $14 W/m^2$). Επίσης, για χώρους ύψους $H \leq 3m$, για το όριο της εγκατεστημένης ισχύος, ισχύει $W/(m^2 \cdot 100lx) < 2,0$

5.4.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1, ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ

Προκειμένου να επιλυθεί η μικρότερη αίθουσα, τοποθετήθηκαν δύο επιφάνειες εργασίας (task areas) πάνω από τα έπιπλα γραφείων, σε απόσταση 0,80μ. από το έδαφος.

Το πρώτο φωτιστικό που προστέθηκε στο χώρο είναι το *ECOOS II* της εταιρείας Zumtobel, με θερμοκρασία χρώματος 4000K. Πρόκειται για γραμμικό φωτιστικό, 4,60kg βάρους, το οποίο έχει 1512mm μήκος, 120mm πλάτος και 76mm ύψος και κρεμίζεται 0,50m από την οροφή.



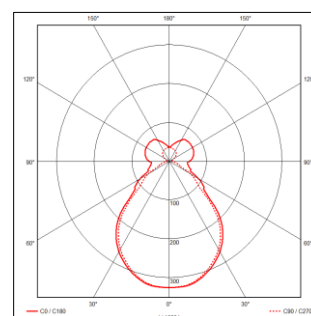
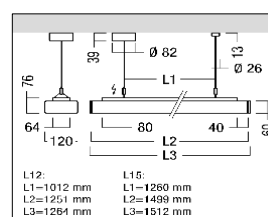
Εικόνες 5.11, 5.12 Όψεις της αίθουσα από το Relux, πηγή: προσωπικό αρχείο

¹⁵⁹ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021, Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Απρίλιος 2021, Αθήνα

Το ECOOSII διαθέτει τεχνολογία DALI κι επιτρέπει τη ρύθμιση του φωτισμού, παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα στους χρήστες του χώρου να διαμορφώνουν ανά πάσα στιγμή το φωτισμό του γραφείου ανάλογα με τα ερεθίσματα του εξωτερικού περιβάλλοντος και τις προσωπικές τους ανάγκες. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η φωτεινή ροή κατευθύνεται προς τα κάτω κατά 72,8% (ελαφρώς πάνω από τα αποδεκτά όρια).

ECOOS II – Zumtobel

(ECOOS2 5500-940 USP L15 MPO LDE)

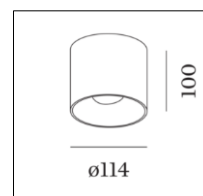
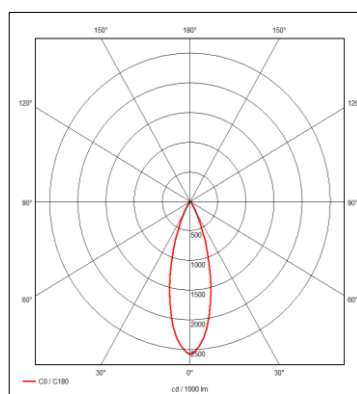


ΣΧΗΜΑ	Κρεμαστό φωτιστικό
ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	άμεσος/έμμεσος φωτισμός
ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ	τύπος: LED
	αριθμός:1
	Ισχύς:46,6W
ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	>90
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	4000 K
ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	Μικροπρισματικό κάλυμμα
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΡΟΗΣ	B42, 72,8% ↓, 27,2% ↑
CIE	58 83 94 73 100
ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ	5500 lm
ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	118,03 lm/W
ΘΑΜΒΩΣΗ UGR	≤19
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	L90 50.000 h

Το δεύτερο μοντέλο φωτιστικού που χρησιμοποιείται είναι από την εταιρεία Wever & Ducré και φέρει την ονομασία *RAY OUTDOOR 1.0* (μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους). Πρόκειται για κυλινδρικά σποτάκια (downlights) βάρους 0,60kg, διαμέτρου 114mm, και ύψους 100mm, τα οποία τοποθετούνται σε σειρά έτσι ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες φωτισμού για τις βιβλιοθήκες . Επιλέγονται τρία τεμάχια.

RAY OUTDOOR 1.0 – Wever & Ducré

(RAY OUTDOOR 1.0 - single inner cover anthracite 735364W9)

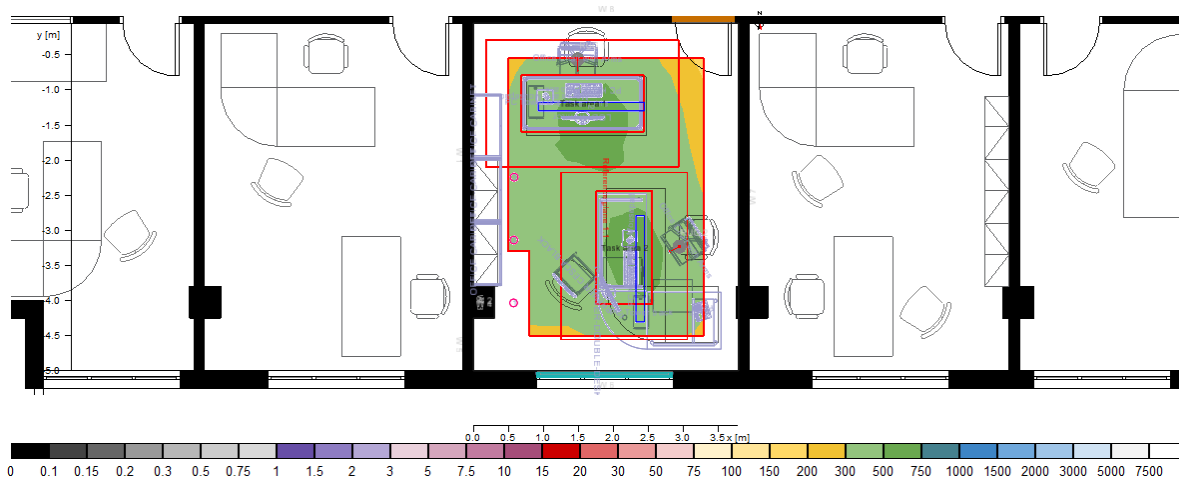


ΣΧΗΜΑ	Φωτιστικό οροφής
ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	άμεσος
ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ	τύπος: LED
	αριθμός:1
	Ισχύς: 7,7W
ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	>90
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	2000-3000 K
ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	-
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΡΟΗΣ	A70, 100% ↓, 0% ↑
CIE	90 96 99 100 100
ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ	415lm
ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	60,30lm/W
ΘΑΜΒΩΣΗ UGR	≤19
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	L70 60.000 h

Εικόνα 5.13 Φωτιστικά στο μικρό γραφείο , πηγή: προσωπικό αρχείο

Η εκπόνηση της μελέτης πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος Relux. Λαμβάνεται επίσης υπόψη ότι ο συντελεστής απόδοσης MF (Maintenance Factor) έχει καθοριστεί να είναι στο 0.8, προκειμένου να αντισταθμιστεί η μείωση της έντασης φωτισμού με την πάροδο του χρόνου. Με την τοποθέτηση των φωτιστικών στο πρόγραμμα παρατηρούμε ότι αρχικά επιτυγχάνονται οι επιθυμητές συνθήκες έντασης φωτισμού και ομοιομορφίας, σύμφωνα με τα πρότυπα.

Εικόνα 5.14 Περιοχή μελέτης στο Relux , πηγή: προσωπικό αρχείο

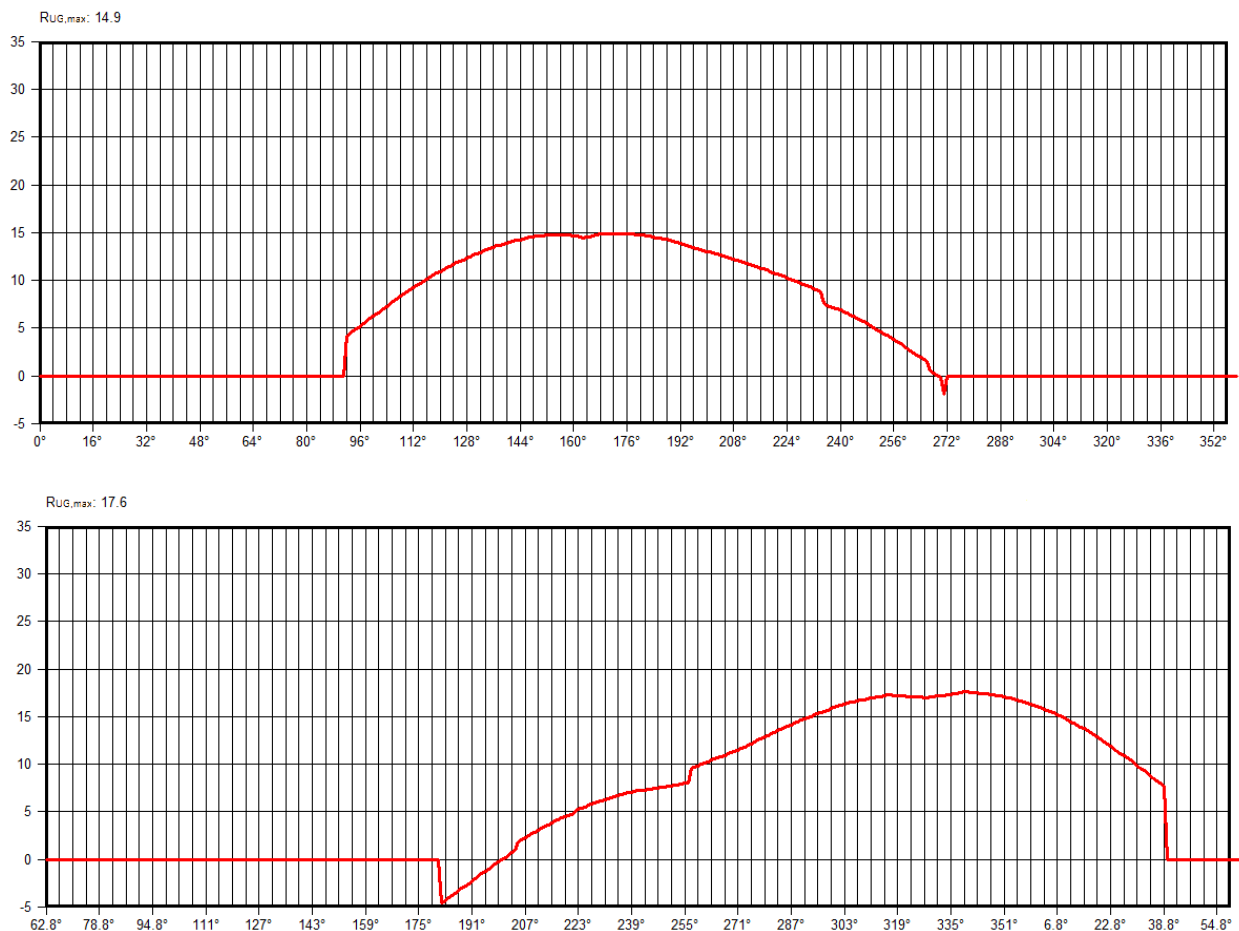


ΠΡΩΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ					
ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ	ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ Em (lx)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Uo	ΜΕΣΗ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (Ez)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (W/m2)	W/(m ² * 100lx)
Όρια ΤΟΤΕΕ	≥ 500	≥ 60	≥ 150	≤ 10	≤ 2,0
Task Area 1	512	0,71	155	6,25	1,41
Task Area 2	532	0,86			

Ένα σημαντικό σημείο-περιορισμός που αναφέρεται στους κανονισμούς, η μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού, καθώς εξασφαλίζει τον επαρκή φωτισμό του όγκου του χώρου στον οποίο οι χρήστες εκτελούν τις δραστηριότητές τους. Για χώρους γραφείων η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. ορίζει ως ελάχιστο όριο τα 150 lx. Η τιμή αυτή ικανοποιείται οριακά, καθώς συναντάμε στο χώρο $E_z = 155 \text{ lx} > 150 \text{ lx}$. Αυτή η τιμή έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην επιλογή του δεύτερου φωτιστικού (*Ray Outdoor 1.0*), το οποίο επιλέχθηκε καθώς αύξανε σημαντικά την τιμή E_z .

Τέλος, εξίσου μεγάλης βαρύτητας είναι η μελέτη του φαινομένου της θάμβωσης, καθώς η ύπαρξή της ή όχι είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ποιότητα φωτισμού και την πλήρωση των συνθηκών οπτικής άνεσης. Για τον υπολογισμό της τοποθετήθηκαν δύο παρατηρητές στην υπό μελέτη αίθουσα. Επιλέχθηκε οι παρατηρητές να βλέπουν όλο το χώρο (360°) και να βρίσκονται καθήμενοι (ύψος $z = 1,20\text{m}$) στις καρέκλες των περιοχών εργασίας. Οι μέγιστες τιμές UGR που παίρνουμε είναι αποδεκτές, καθώς είναι κάτω του ορίου του 19 που ορίζεται από τα πρότυπα.

Εικόνες 5.15, 5.16 Αποτελέσματα θάμβωσης στο Relux , πηγή: προσωπικό αρχείο



5.4.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2, ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ

Ακολουθώντας παρόμοια μεθοδολογία με την πρώτη περίπτωση, τέσσερις επιφάνειες εργασίας τοποθετήθηκαν στη μεγάλη αίθουσα, σύμφωνα με τη θέση των γραφείων.

Πάνω από τις επιφάνειες εργασίας εγκαταστάθηκαν τεμάχια του ίδιου προϊόντος της Zumtobel, *ECOOS II*, πάνω από τις επιφάνειες εργασίας και στο ίδιο ύψος κρέμασης. Ωστόσο, δεν ήταν εφικτό να αξιοποιηθούν τα downlights της μικρής αίθουσας, καθώς όταν προστίθενται στο συγκεκριμένο δωμάτιο οι τιμές UGR αυξάνονται σημαντικά. Συνεπώς, προτιμήθηκε να αντικατασταθούν με ένα αντίστοιχο φωτιστικό της ίδιας εταιρείας. Το *BOX 1.0* της Wever & Ducré έχει βάρος 0,70kg, διάμετρο 100mm, ύψος 100mm. Τοποθετούνται 10 τεμάχια σε σειρά(διάταξη Γ), μπροστά από τις βιβλιοθήκες και την πόρτα.



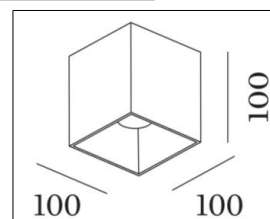
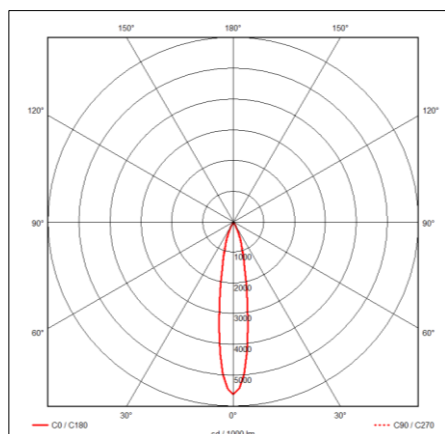
Εικόνες 5.16, 5.17 Όψεις της αίθουσας από το Relux , πηγή: προσωπικό αρχείο

ΚΡΕΜΑΣΤΟ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ LED
ECOOS2 - Zumtobel
Τεμάχια 4

Εικόνα 5.18 Φωτιστικά στο μεγάλο γραφείο , πηγή: προσωπικό αρχείο

BOX 1.0 – Wever & Ducreé

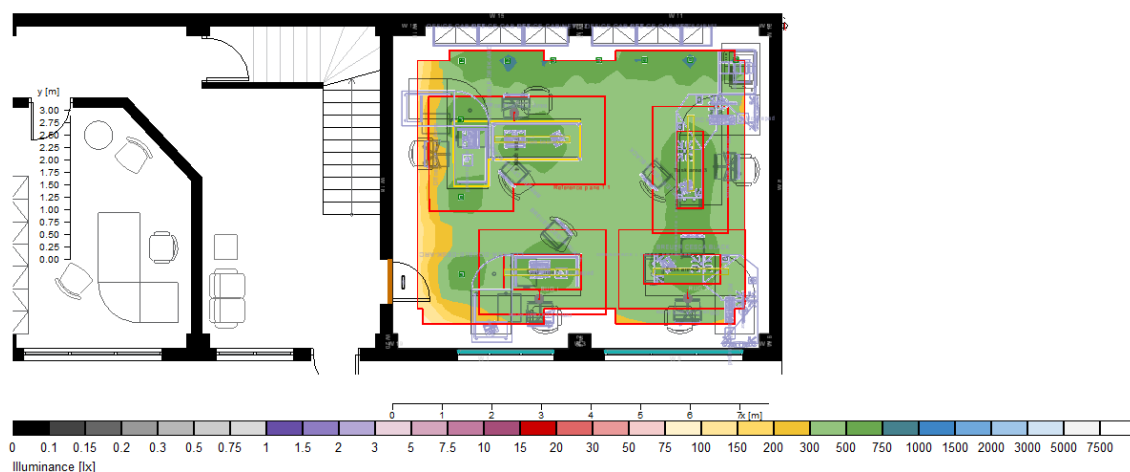
(BOX 1.0 LED COB 930F- single inner cover black)



ΣΧΗΜΑ	Φωτιστικό οροφής
ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	άμεσος
ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ	τύπος: LED
	αριθμός:1
	Ισχύς: 7,9W
ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	>90
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	2700-3000 K
ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	-
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΡΟΗΣ	A80, 99,8% ↓, 0,2% ↑
CIE	99 100 100 100 100
ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ	582lm
ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	73,67lm/W
ΘΑΜΒΩΣΗ UGR	≤10
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	L70 50.000h

Επιτυγχάνονται οι επιθυμητές συνθήκες έντασης φωτισμού και ομοιομορφίας σύμφωνα με τα πρότυπα, όπως παρατηρείται από τα αποτελέσματα που δίνει το πρόγραμμα. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι αποδείχθηκε δύσκολο να εντοπιστούν φωτιστικά σώματα οροφής τύπου downlight, ανάλογου σχήματος και ισχύος, τα οποία να έχουν επίσης υψηλή φωτεινή απόδοση. Συνεπώς, όμοια με την πρώτη περίπτωση, εγκαταστάθηκαν και σε αυτήν την αίθουσα φωτιστικά σώματα με φωτεινή απόδοση πάνω από 60lm/W αλλά κάτω από 90 lm/w (μοντέλα: RAY OUTDOOR 1.0 στον Α' όροφο, BOX 1.0 στο ισόγειο).

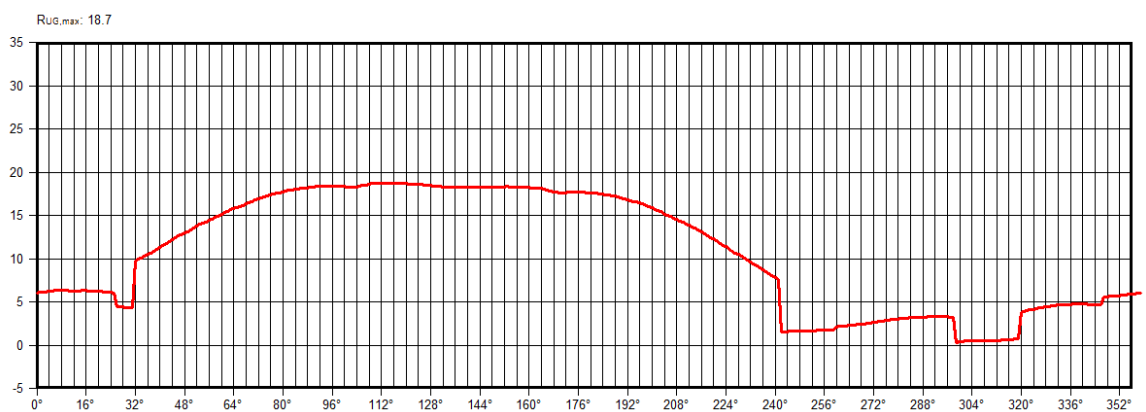
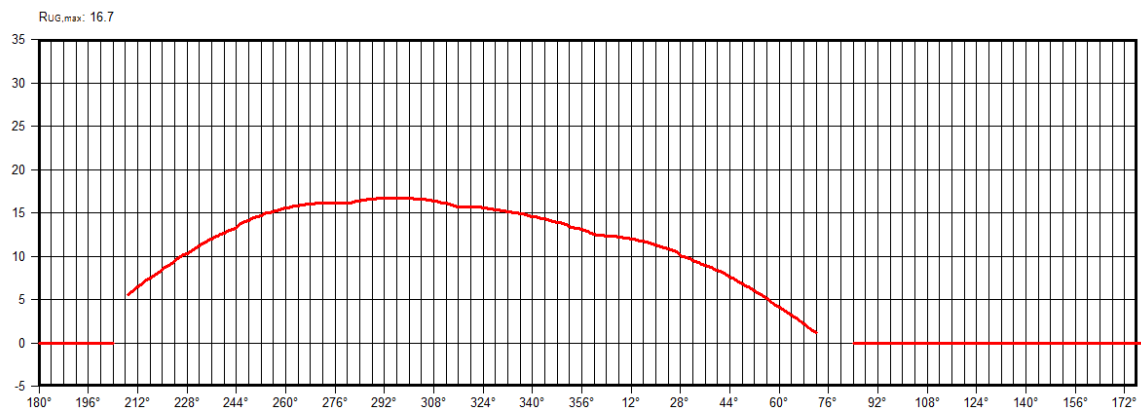
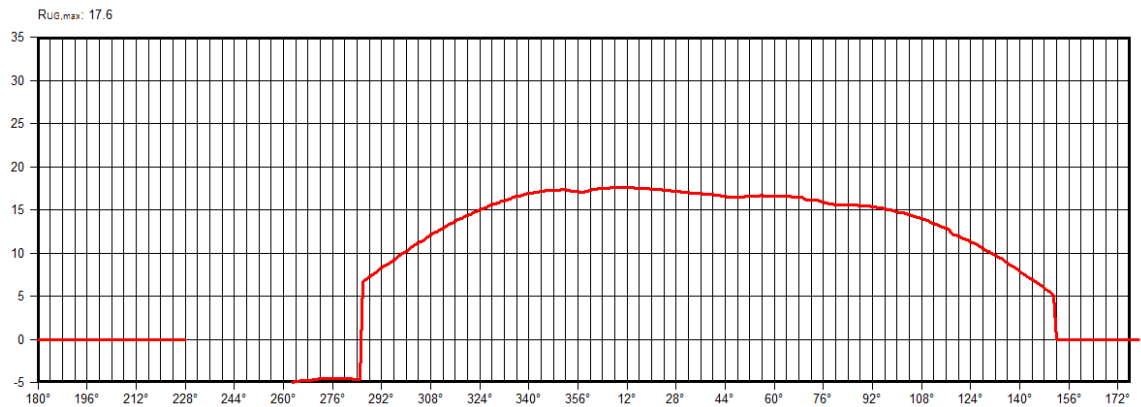
Εικόνα 5.19 Περιοχή μελέτης στο Relux , πηγή: προσωπικό αρχείο



ΠΡΩΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ					
ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ	ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ E_m (lx)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ U_o	ΜΕΣΗ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (E_z)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (W/m ²)	W/(m ² * 100lx)
Όρια ΤΟΤΕΕ	≥ 500	≥ 60	≥ 150	≤ 10	≤ 2,0
Task Area 1	555	0,88	150	5,43	1,19
Task Area 2	571	0,84			
Task Area 3	579	0,92			
Task Area 4	551	0,79			

Για τον υπολογισμό της θάμβωσης, επιλέχθηκαν τρεις παρατηρητές να βλέπουν όλο το χώρο (360°), και να βρίσκονται καθήμενοι στις θέσεις εργασίας (ύψος $z = 1,20\text{m}$). Οι μέγιστες τιμές UGR που παίρνουμε κυμαίνονται κάτω του ορίου 19.

Εικόνες 5.20, 5.21, 5.22 Αποτελέσματα 1ου, 2ου και 3ου παρατηρητή αντίστοιχα



Η μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού αυτή τη φορά είναι ακόμα πιο οριακή καθώς συναντάμε στο χώρο $E_z = 150\text{lx}$, μια τιμή ακριβώς στο κατώφλι των περιορισμών. Αντίθετα, παρατηρείται μικρότερη μέση εγκατεστημένη ισχύς από τον άλλο τύπο γραφείου, με $5,43\text{W/m}^2$.

5.5 ΔΕΥΤΕΡΟ ΣΕΝΑΡΙΟ – ΑΝΘΡΩΠΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

5.5.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο δεύτερο σενάριο, το βασικό ζήτημα της πρότασης είναι η υγεία και η ευημερία των χρηστών του κτιρίου και πώς μπορεί να επιτευχθεί με τη συμβολή ανθρωπιστικών παραγόντων. Αξιοποιώντας το σύστημα WELL Building Standard, στους ενδεικτικούς χώρους που έχουν επιλεγεί εισάγονται πρόσθετες αναφορές όπως η απόσταση από ανοίγματα, η πρόβλεψη ατομικών επιτραπέζιων φωτιστικών σε κάθε εργαζόμενο κ.λπ.

Από τις πλέον σημαντικές αναφορές είναι αυτή του Ισοδύναμου Μελανοπικού Lux (EML), βάσει του οποίου μετρώνται οι βιολογικές επιδράσεις του φωτός στο ανθρώπινο σώμα. Στην υπόθεση αυτή θα εξετασθεί κατά πόσο οι λύσεις του πρώτου σεναρίου ικανοποιούν την εν λόγω τιμή, και αν όχι, πώς θα επιτευχθούν τα επιδιωκόμενα επίπεδα (νέα διάταξη, νέα φωτιστικά σώματα).

Τα όρια της EML θέτονται με βάση τον κάθετο φωτισμό που προσπίπτει στην επιφάνεια των ματιών ($z = 1.20\text{m}$) κι όχι με οριζόντια επίπεδα. Για να υπολογιστεί πολλαπλασιάζουμε την ένταση φωτισμού στο ύψος που προαναφέρθηκε (L, lx) με ένα συντελεστή R ή $MEER_{160}$, κι έτσι προκύπτει ο τύπος $EML = L (lx) \cdot MEER$. Ως ελάχιστη τιμή ορίζονται τα 150 EML, καθώς στην παρούσα εργασία αναφερόμαστε μόνο στον τεχνητό φωτισμό.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΠΗΓΗΣ	ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ (K)	ΜΕΛΑΝΟΠΙΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, MEER Ή R
LED	2.700	0,45
Φθορισμός	3.000	0,45
Αλογόνου Πυράκτωσης	2.800	0,54
Φθορισμός	4.000	0,58-0,62
LED	4.000	0,74-0,76
Πρότυπη Πηγή CIE E	5.450	1,00
Φθορισμός	6.500	1,02
Φυσικός Φωτισμός	6.500	1,10
Φθορισμός	7.500	1,11

Πίνακας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (Πίνακας 9-1 Ενδεικτικές τιμές συντελεστή MEER ή R (Μελανοπική αναλογία ίσης ενεργειακής απόδοσης) για διάφορες τεχνολογίες φωτεινών πηγών και συσχετισμένης θερμοκρασίας χρώματος.

¹⁶⁰ Ο συντελεστής R ή MEER (Μελανοπική αναλογία ίσης ενεργειακής απόδοσης, Melanopic Equal-energy Efficacy Ratio) αποτελεί την αναλογία της απόκρισης των ipRGC ως προς την φωτοπική απόκριση για κάθε εξεταζόμενη πηγή – φάσμα.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΠΗΓΗΣ	ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ (Κ)	ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (lx)	ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΜΕΛΑΝΟΠΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ, EML
Illuminant P (Φωτισμός κεριού)	1.800	100	30
Φθορισμός	2.700	100	38
Standard illuminant A	2.856	100	55
Αλογόνου Πυράκτωσης	3.000	100	56
Φθορισμός	3.000	100	45
LED	3.000	100	45
Φθορισμός	4.000	100	58-62
LED	4.000	100	74-76
LED	5.400	100	87
D55	5.500	100	100
Standard illuminant D65	6.500	100	110
LED	6.500	100	88
Φθορισμός	8.000	100	106

Πίνακας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (Πίνακας 9-2 Υπολογισμός ισοδύναμης μελανοπικής έντασης φωτισμού ανά 100lx έντασης φωτισμού για διάφορες πηγές φωτισμού.

Στην περίπτωση της μικρής αίθουσας του Α' ορόφου, σε ύψος 1.20 m έχουμε ένταση φωτισμού $L=155\text{lx}$. Τα φωτιστικά σώματα που είχαν επιλεγεί στο πρώτο σενάριο έχουν συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος 4000K, οπότε ο συντελεστής MEER έχει τιμή 0,75 σύμφωνα με τους πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

$$EML = L * MEER = 155 * 0,75 = 116,25 < 150$$

Στη δεύτερη περίπτωση της μεγάλης αίθουσας του Ισογείου, σε ύψος 1.20 m έχουμε ένταση φωτισμού $L=150\text{lx}$. Τα φωτιστικά σώματα έχουν συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος 4000K, οπότε $MEER = 0,75$ σύμφωνα με τους πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

$$EML = L * MEER = 150 * 0,75 = 112,50 < 150$$

Και στις δύο περιπτώσεις, οι προτάσεις φωτισμού του πρώτου σεναρίου δεν καλύπτουν τις τιμές EML, αν και καλύπτουν τις λοιπές σχεδιαστικές απαιτήσεις. Για να ικανοποιηθεί το κριτήριο, θα έπρεπε η ένταση φωτισμού στο πρώτο σενάριο να ήταν τουλάχιστον $L=200\text{lx}$, καθώς $L*0,75=150 \Rightarrow L=150/0,75=200\text{lx}$. Δηλαδή, η τιμή L να αυξανόταν κατά 72% και 77% αντίστοιχα.

5.5.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1, ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ

Με γνώμονα την εξασφάλιση των επιζητούμενων τιμών EML στο χώρο, προτιμήθηκε η αλλαγή των φωτιστικών σωμάτων από νέα μοντέλα, τα οποία ωστόσο θα παραμείνουν στις ίδιες θέσεις.

Το πρώτο φωτιστικό που προστέθηκε στο χώρο είναι το κρεμαστό *Visula Pendant* της Regiolux, σε μεταλλική απόχρωση. Πρόκειται για ένα γραμμικό φωτιστικό με μήκος 1199mm, πλάτος 330mm και ύψος 30mm. Στην προκειμένη περίπτωση έχουν επιλεγεί να κρεμαστούν τα φωτιστικά σε δύο διαφορετικά ύψη, 0,50m και 0,40m από την οροφή, κατά τρόπο ώστε να ικανοποιούνται ταυτόχρονα οι τιμές EML και θάμβωσης.

Το συγκεκριμένο φωτιστικό επιλέχθηκε σκόπιμα, παρά τη σχετικά χαμηλότερη φωτεινή του απόδοση (82,68lm/W), καθώς ο σχεδιασμός του απευθύνεται σε ανθρωποκεντρικές εφαρμογές. Διαθέτει τεχνολογία φωτισμού “tunable white” με συνεχώς ρυθμιζόμενες θερμοκρασίες χρώματος (2700-6500 K) και δύο ενσωματωμένους οδηγούς DALI LED.

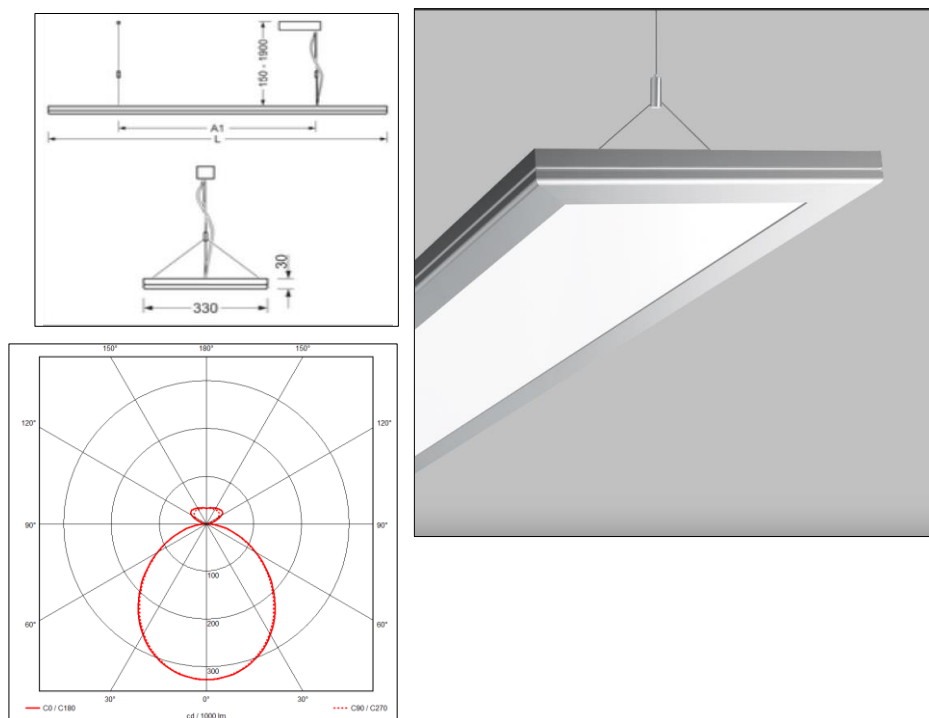
Μπροστά από τις βιβλιοθήκες τοποθετούνται σε σειρά 5 τεμάχια *D70-S* της Glaxox. Πρόκειται για κυλινδρικά φωτιστικά οροφής, διαμέτρου 178 mm, ύψους 165mm και χρώματος λευκού. Διαθέτουν τεχνολογία DALI κι επιτρέπουν τη ρύθμιση του φωτισμού.



Εικόνες 5.23, 5.24 Όψεις της αίθουσας από το Relux , πηγή: προσωπικό αρχείο

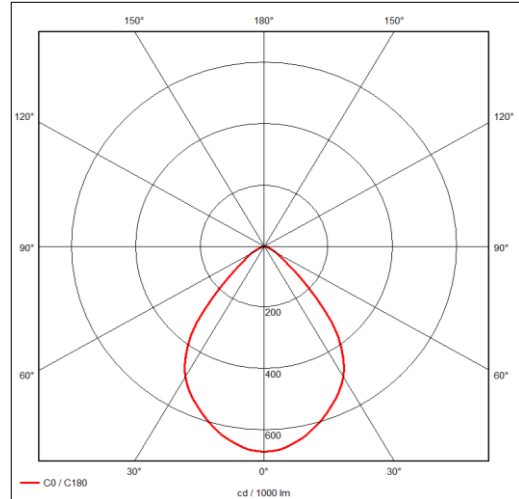
Εικόνα 5.25 Φωτιστικά στο μικρό γραφείο , πηγή: προσωπικό αρχείο

Visula – REGIOLUX
(Visula-VSHIG/1200 LED)



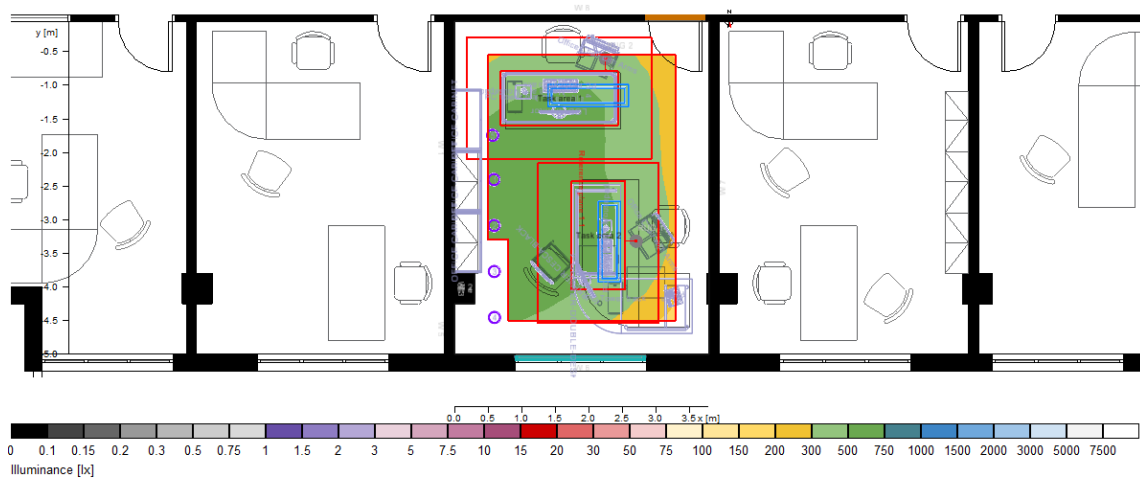
ΣΧΗΜΑ	Κρεμαστό φωτιστικό
ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	άμεσος/έμμεσος
ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ	τύπος: LED
	αριθμός:1
	Ισχύς:45,2W
ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	90
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	2700-6500 K
ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	Ανακλαστήρας αλουμινίου
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΡΟΗΣ	B43, 84,2% ↓, 15,8% ↑
CIE	51 81 96 84 100
ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ	3737lm
ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	82,68lm/W
ΘΑΜΒΩΣΗ UGR	≤19,1
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	L80 50.000h

D70-S – Glamox
(D70-S155 LED 1100 840 SM)



ΣΧΗΜΑ	Φωτιστικό οροφής
ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	άμεσος
ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ	τύπος: LED
	αριθμός:1
	Ισχύς:11W
ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	>80,90
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	4000K
ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	Ανακλαστήρας
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΡΟΗΣ	A60,100% ↓, 0%↑
CIE	7897100 100 100
ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ	1368lm
ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	124,36lm/W
ΘΑΜΒΩΣΗ UGR	≤19 (ειδική παραγγελία)
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	L70 50.000h

Εικόνα 5.26, Περιοχή μελέτης στο Relux, πηγή: προσωπικό αρχείο



ΔΕΥΤΕΡΟ ΣΕΝΑΡΙΟ					
ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ	ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ E_m (lx)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ U_o	ΜΕΣΗ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (E_z)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (W/m ²)	W/(m ² * 100lx)
Όρια ΤΟΤΕΕ	≥ 500	≥ 60	≥ 150	≤ 10	≤ 2,0
Task Area 1	535	0,74	177	7,82	1,57
Task Area 2	549	0,74			

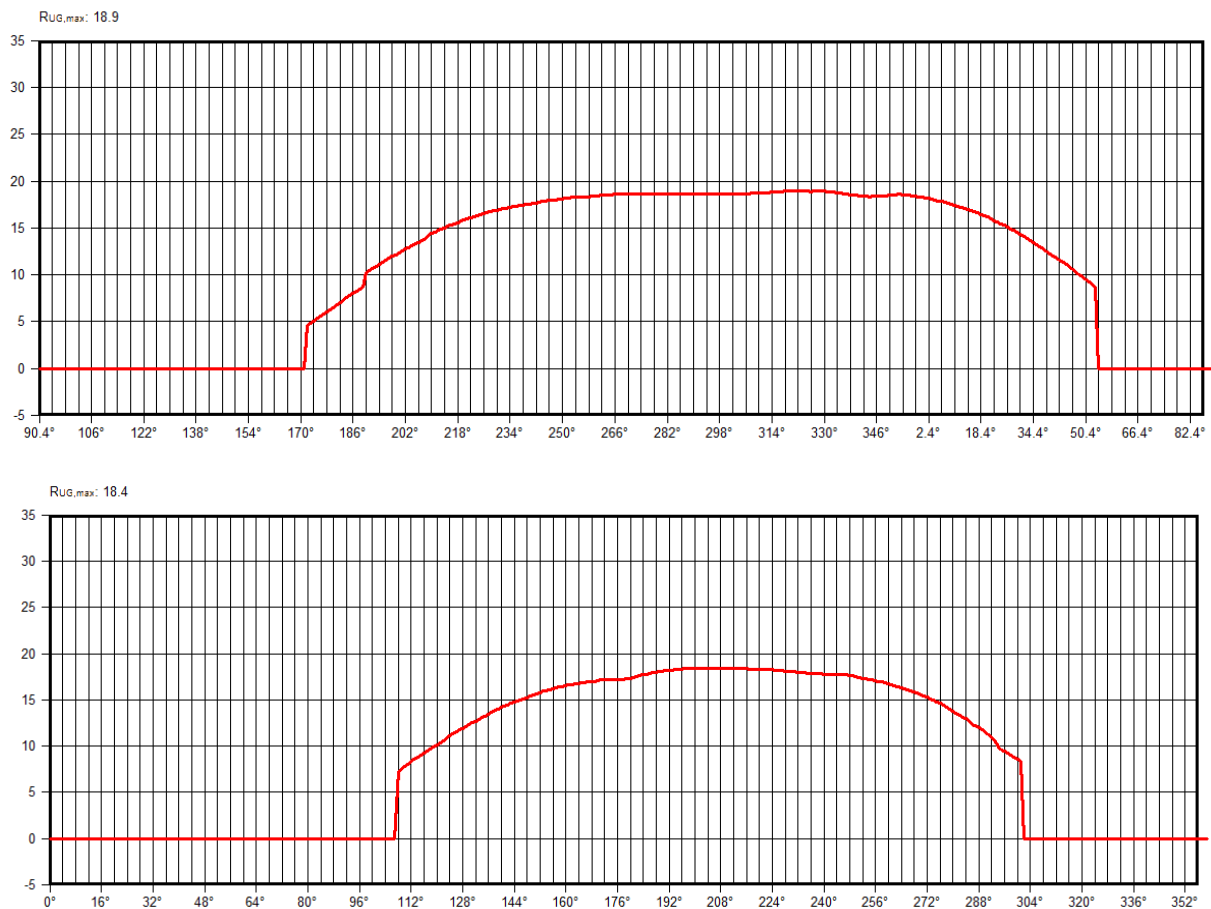
Τα αποτελέσματα του προγράμματος αποκαλύπτουν ότι ικανοποιούνται οι επιθυμητές συνθήκες στις επιφάνειες εργασίας, αν και αυξήθηκαν αρκετά οι τιμές UGR από τις δύο μεταβλητές, πλησιάζοντας το όριο του 19.

Επίσης, έπειτα από την νέα επιλογή φωτιστικών σωμάτων για το δεύτερο σενάριο παρατηρείται αύξηση στη μέση εγκατεστημένη ισχύ κατά 25%. Αποτέλεσμα λογικό, αφού το κρεμαστό φωτιστικό Visula αυτού του σεναρίου έχει παρόμοια ισχύ αλλά είναι κατά 42% λιγότερο αποδοτικό από το φωτιστικό που επιλέχθηκε στο πρώτο σενάριο.

1^ο σενάριο: ECOOS 2 -> Ισχύς: 46,6W, Φωτεινή Απόδοση: 118,03 lm/W

2^ο σενάριο: Visula -> Ισχύς: 45,2W, Φωτεινή Απόδοση: 82,68 lm/W

Εικόνες 5.27, 5.28 Αποτελέσματα 1^{ου} και 2^{ου} παρατηρητή αντίστοιχα, πηγή: προσωπικό αρχείο



Έπειτα από όλες τις αλλαγές, σε ύψος 1.20 m η ένταση φωτισμού κυμαίνεται στα $L=177lx$, παρατηρώντας αύξηση από το $L=116.25lx$ του πρώτου σεναρίου.

Εάν όμως δεν επιλεγούν να εφαρμοστούν στο χώρο υψηλότερες θερμοκρασίες χρώματος και θεωρηθεί δεδομένο ότι αξιοποιούνται φωτιστικά με 4000K, οι τιμές εξακολουθούν να είναι χαμηλότερες από τις επιθυμητές.

$$EML = L * MEER = 177 * 0,75 = 132,75 < 150$$

Ωστόσο, παρόλο που χρησιμοποιείται η ίδια θερμοκρασία χρώματος στα φωτιστικά σώματα και παρόμοια ισχύς, σημειώνεται αύξηση του δείκτη EML κατά 14%. Το φωτιστικό που χρησιμοποιήθηκε στο πρώτο σενάριο μπορεί να είναι 42% πιο αποδοτικό, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στην περίπτωση όμως αυτή, τα συγκεκριμένα φωτιστικά συμβάλλουν στην αύξηση του δείκτη EML λόγω της διαφορετικής κατανομής του φωτός που προσφέρουν στο χώρο και της ευρείας δέσμης τους.

Οι ρυθμιζόμενες συσχετισμένες θερμοκρασίες χρώματος του βασικού φωτιστικού στην παρούσα εκδοχή καθιστούν δυνατή την παραδοχή ότι θα παρέχεται θερμοκρασία χρώματος 6500K όταν πρέπει να ικανοποιηθεί η απαίτηση EML. Ο συντελεστής MEER έχει τιμή 0,88 σύμφωνα με τους πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

$$EML = L * MEER = 177 * 0,88 = 155,76 < 150$$

Συνεπώς, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η επιλογή του ρυθμιζόμενου tunable white φωτιστικού κατέστησε ευκολότερη την επίτευξη των επιθυμητών τιμών EML, με τίμημα όμως το κόστος, καθώς αποτελεί μια αρκετά πιο ακριβή πρόταση.

5.5.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2, ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ

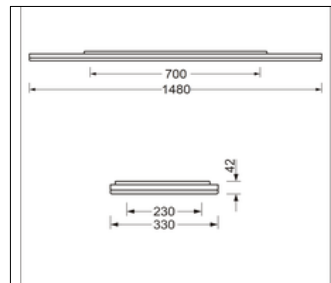
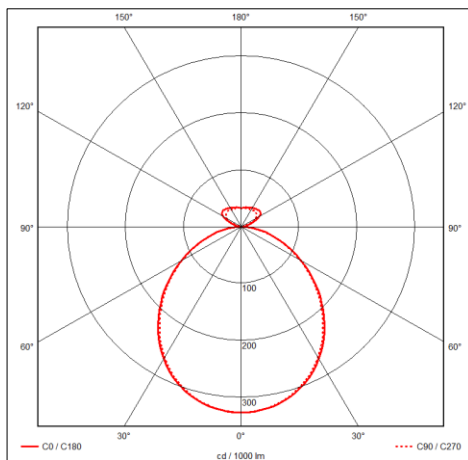
Σε αυτή τη περίπτωση δεν προτιμήθηκε tunable white φωτιστικό, αλλά μία παραλλαγή του κρεμαστού φωτιστικού *Visula* το οποίο τοποθετείται επί της οροφής (mounted) και έχει θερμοκρασία χρώματος 4000K. Πρόκειται για γραμμικό φωτιστικό 1480mm μήκους, 330mm πλάτους, 42mm ύψους και διαθέτει τεχνολογία DALI. Τοποθετούνται πέντε τεμάχια, ένα πάνω από κάθε επιφάνεια εργασίας εκτός από την Επιφάνεια Εργασίας 4, στην οποία τοποθετούνται δύο λόγω του μεγέθους και της μορφής της. Μπροστά από τις βιβλιοθήκες εγκαθίστανται επτά φωτιστικά *D70-S* της *Glamox*.

Εικόνες 5.29 Όψη της αίθουσας από το Relux, πηγή: προσωπικό αρχείο



Εικόνα 5.30 Φωτιστικά στο μεγάλο γραφείο , πηγή: προσωπικό αρχείο

Visula – REGIOLUX
 (Visula-VSAIG/1500 LED)



ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	Φωτιστικό οροφής άμεσος/έμμεσος
ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ	τύπος: LED
	αριθμός:1
	Ισχύς:54,8W
ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	>80
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	4000 K
ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	Ανακλαστήρας αλουμινίου
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΡΟΗΣ	B43, 84,2% ↓, 15,8% ↑
CIE	51 81 9684 100
ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ	6348lm
ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	115,84lm/W
ΘΑΜΒΩΣΗ UGR	≤20
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	L80 50.000h

Έπειτα από όλες τις αλλαγές, ικανοποιούνται οι απαιτήσεις στην επιφάνεια εργασίας, όπως και η ελάχιστη τιμή EML. Σε ύψος 1.20m, η ένταση φωτισμού είναι $L=210lx$. Τα φωτιστικά σώματα έχουν συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος 4000K, οπότε ο συντελεστής MEER έχει τιμή 0,75 σύμφωνα με τους πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

$$EML = L * MEER = 210 * 0,75 = 157,50 > 150$$

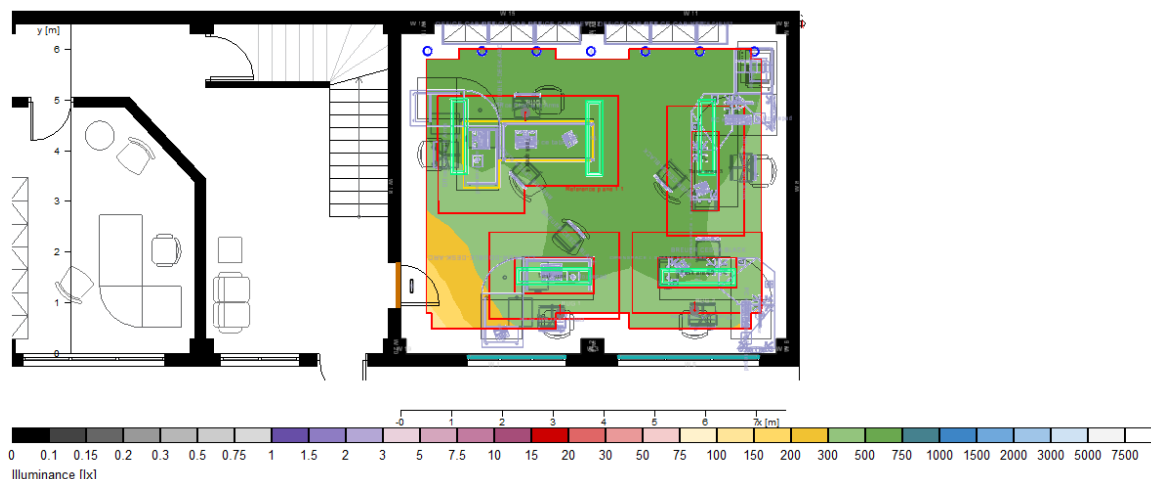
Σε αυτή την εκδοχή φωτιστικής εγκατάστασης, το βασικό φωτιστικό οροφής Visula είναι αντίστοιχα αποδοτικό με το φωτιστικό του πρώτου σεναρίου. Επιπλέον, έχει μεγαλύτερη ισχύ και η φωτεινή του δέσμη είναι πιο ανοιχτή.

1ο σενάριο: ECOOS 2 -> Ισχύς: 46,6W, Φωτεινή Απόδοση: 118,03 lm/W

2ο σενάριο: Visula -> Ισχύς: 54,8W, Φωτεινή Απόδοση: 115,84 lm/W

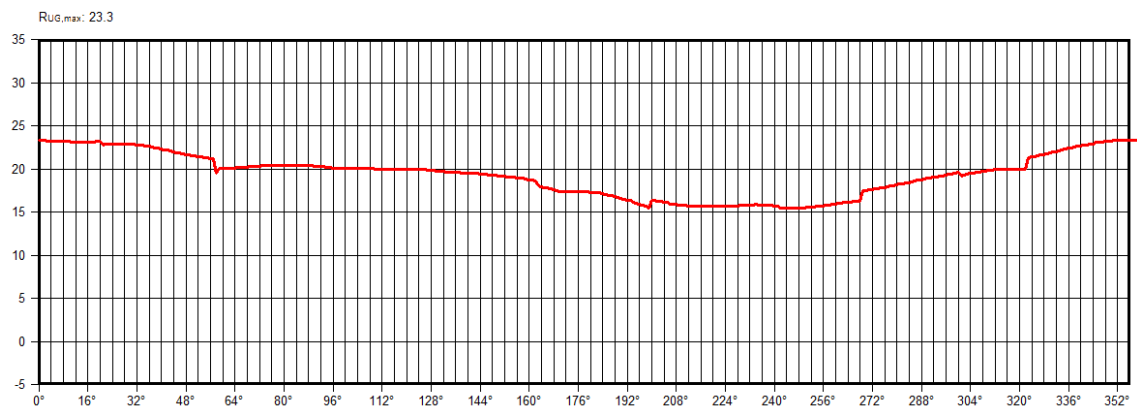
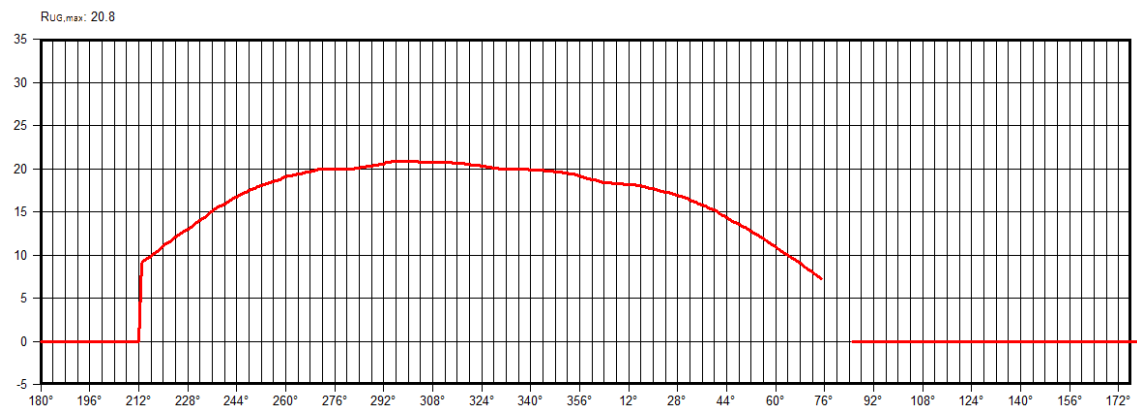
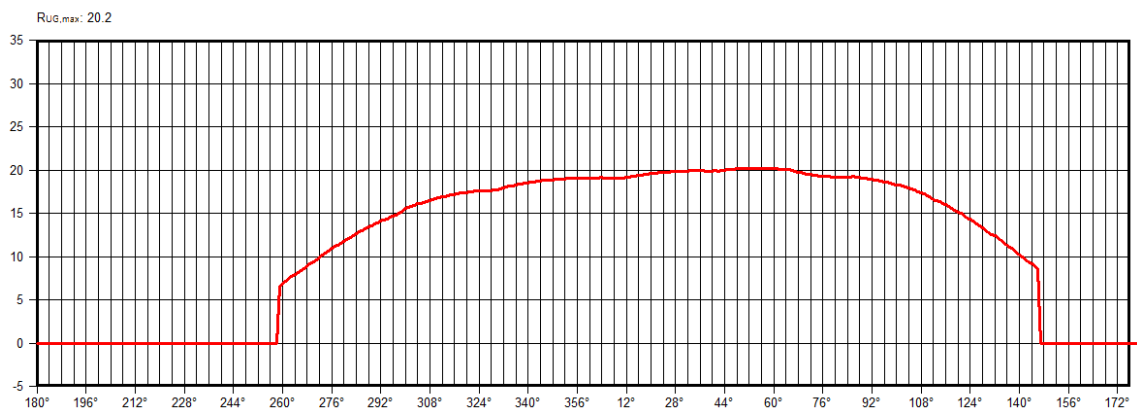
Επίσης, έπειτα από την νέα επιλογή φωτιστικών σωμάτων για το δεύτερο σενάριο παρατηρείται αύξηση στη μέση εγκατεστημένη ισχύ κατά 32%.

Εικόνα 5.31, Περιοχή μελέτης στο Relux, πηγή: προσωπικό αρχείο



ΔΕΥΤΕΡΟ ΣΕΝΑΡΙΟ					
ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ	ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ E_m (lx)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ U_0	ΜΕΣΗ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (E_z)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (W/m ²)	W/(m ² * 100lx)
Όρια ΤΟΤΕΕ	≥ 500	≥ 60	≥ 150	≤ 10	≤ 2,0
Task Area 1	515	0,83	210	7,18	1,36
Task Area 2	520	0,85			
Task Area 3	571	0,85			
Task Area 4	587	0,83			

Η τοποθέτηση και η προσεκτική επιλογή των φωτιστικών σωμάτων ενδέχεται να εξασφάλισε την τήρηση των επιθυμητών προδιαγραφών και του δείκτη EML, ωστόσο για να καταστεί εφικτό αυτό, η τιμή UGR αυξήθηκε άνω των επιτρεπτών ορίων. Ακόμα κι έπειτα από πολλαπλές δοκιμές και αλλαγές, η αύξηση του κατακόρυφου φωτισμού κατέστησε αρκετά δύσκολη την εξισορρόπηση της θάμβωσης και της Ισοδύναμης Μελανοπικής Έντασης φωτισμού.



Εικόνες 5.32, 5.33, 5.34 Αποτελέσματα 1^{ου}, 2^{ου} και 3^{ου} παρατηρητή αντίστοιχα, πηγή: προσωπικό αρχείο

5.6 ΤΡΙΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ – ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

5.6.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το τρίτο και τελευταίο σενάριο φωτισμού λειτουργεί ως καταληκτικό βήμα της παρούσας έρευνας και πραγματεύεται τη διαφορετική διάσταση μιας αισθητικής προσέγγισης ως προς το φωτισμό των γραφείων. Οι δύο αίθουσες που χρησιμοποιήθηκαν στα προηγούμενα σενάρια αποτελούν το υπόβαθρο της εγκατάστασης, με τη διαφορά όμως ότι το φως στην προκειμένη περίπτωση θα ενεργήσει ως "υλικό" μέσω της παρουσίας ή της απουσίας του.

Καθώς το φως συνδέεται και σχετίζεται με τα γεγονότα, το περιβάλλον και τα αντικείμενα, αποκτά ιδιότητες και χαρακτηριστικά, εμφανίζοντας νέες προοπτικές ενός χώρου. Το χρώμα της φωτεινής πηγής, ο τύπος της και η τοποθέτησή της σε έναν χώρο είναι ικανά να μεταβάλλουν το πλαίσιο των μηνυμάτων που μεταδίδει το φως και να επηρεάσουν το τελικό αποτέλεσμα που λαμβάνουν οι χρήστες του χώρου.

Τα φωτιστικά σώματα που επιλέχθηκαν στα πλαίσια της συγκεκριμένης πρότασης δεν είναι επιβλητικά ως προς το σχεδιασμό και τις αποχρώσεις τους, ώστε να μην αποξενώνουν τους χρήστες από τον εργασιακό χαρακτήρα του χώρου. Η θερμοκρασία χρώματος επιλέχθηκε να είναι 3000K, αποδίδοντας έναν ζεστότερο απόηχο στα γραφεία και διαφοροποιώντας περαιτέρω αυτό το σενάριο από τα άλλα.

Τα φωτιστικά στοιχεία τοποθετούνται κατάλληλα ώστε να δημιουργούν συνεχείς «άξονες» φωτός. Τμήματα του υπάρχοντος χώρου (τοίχοι, οροφή) συνδέονται με τις επιφάνειες εργασίας, συσχετίζοντας κατά συνέπεια τη χρήση του χώρου με την αρχιτεκτονική του. Οι συνεχείς «άξονες» φωτισμού έχουν σχεδιαστεί από ταινίες led, στην νοητή συνέχεια των οποίων έχουν τοποθετηθεί γραμμικά κρεμαστά φωτιστικά αντίστοιχης αισθητικής, συνθέτοντας έτσι γεωμετρικά μινιμαλιστικά σχέδια σε πολλαπλά επίπεδα. Σε ορισμένα σημεία του άξονα τοποθετούνται λεπτά κρεμαστά φωτιστικά. Τα συγκεκριμένα φωτιστικά δεν διαταράσσουν τη συνέχεια της εγκατάστασης, αλλά εντάσσουν επιπλέον επίπεδα στο χώρο μέσω της θέσης και του ύψους ανάρτησης.

Σημαντικό ζητούμενο είναι το φως να αποτελεί κοινό συστατικό των δύο επιλεγμένων αιθουσών και κατ' επέκταση του συνόλου του κτιρίου. Για το λόγο αυτό τα δωμάτια κωδικοποιήθηκαν και χωρίστηκαν σε κοινές ζώνες. Στη μεγάλη αίθουσα, εκτός από τους «άξονες» φωτισμού στην περιοχή των επιφανειών εργασίας, προστέθηκαν επιπλέον φωτιστικά στη περιοχή κίνησης μπροστά από τις βιβλιοθήκες.

5.6.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1, ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ

Όπως προαναφέρθηκε, οι δύο "άξονες" φωτισμού στο γραφείο του πρώτου ορόφου συνδυάζουν τρία μοντέλα φωτιστικών σωμάτων, ανεξάρτητα από τα χαρακτηριστικά τους κι αν έχουν απόδοση πάνω από 60 lm/W ή 90 lm/W.

Το πρώτο φωτιστικό ονομάζεται *LSNT*, από την Collingwood Lighting. Πρόκειται για ταινίες Led 1000mm x 13mm x 12mm, οι οποίες είναι αδιάβροχες και εύκαμπτες. Τοποθετήθηκαν δέκα τεμάχια επί των επιφανειών (mounted).

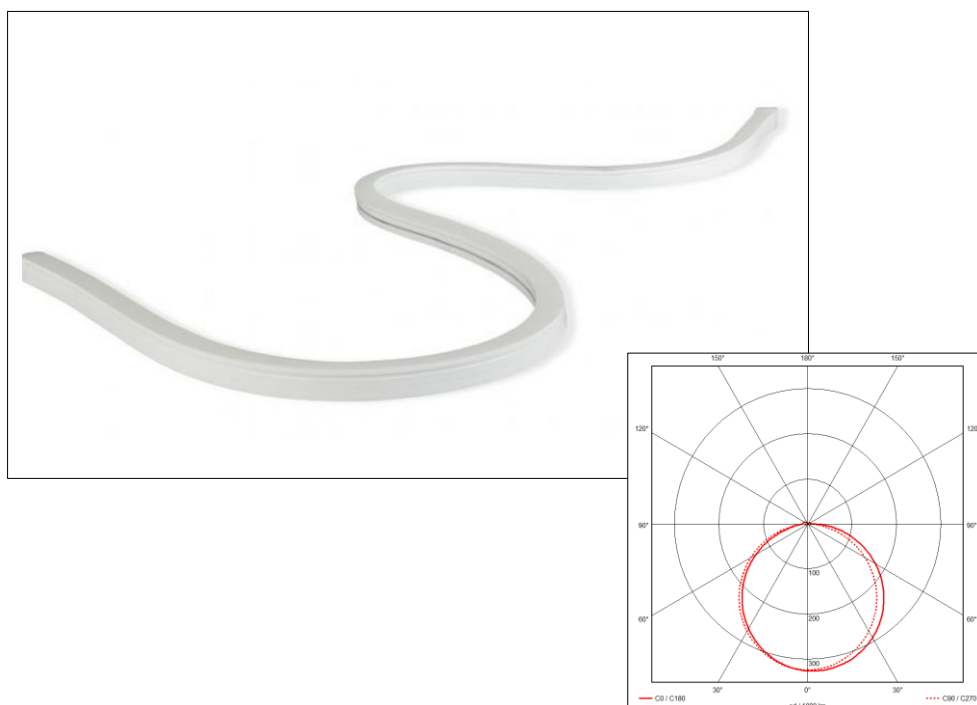
Το κρεμαστό φωτιστικό που προστέθηκε στην εγκατάσταση είναι το μοντέλο *DARF 1.2* της Wever & Ducré. Το σωληνοειδές φωτιστικό έχει μαύρες ματ επιφάνειες και επιλέχθηκε κυρίως για την αισθητική του. Έχει μήκος 1626mm, πλάτος 33mm και ύψος 33mm,. Η κρέμαση των δύο τεμαχίων πραγματοποιήθηκε σε ύψος 0.50m από την οροφή.



Εικόνες 5.35, 5.36 3D όψεις της αίθουσας από το Relux, πηγή: προσωπικό αρχείο

Εικόνα 5.37 Φωτιστικά στο μικρό γραφείο , πηγή: προσωπικό αρχείο

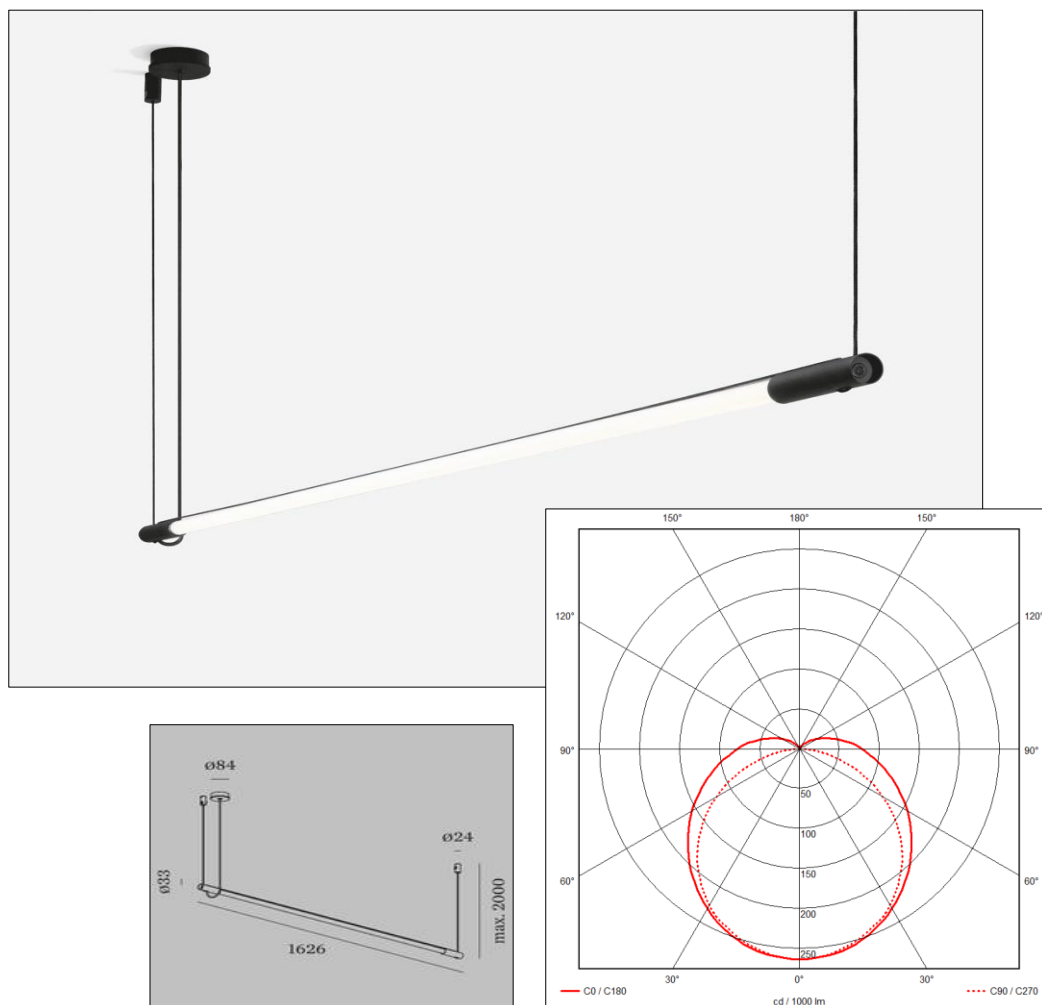
LSNT – Collingwood Lighting
(LSNT 7330100 LED STRIPS)



ΣΧΗΜΑ	LED strip (τοιχίου,οροφής)
ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	άμεσος
ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ	τύπος: LED
	αριθμός:1
	Ισχύς:6,5W
ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	80
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	3000 K
ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	-
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΡΟΗΣ	A41, 97,3% ↓, 2,7% ↑
CIE	45 77 94 97 100
ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ	480lm
ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	73,85lm/W
ΘΑΜΒΩΣΗ UGR	≤24.8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	-

DARF 1.2 –Wever & Ducre

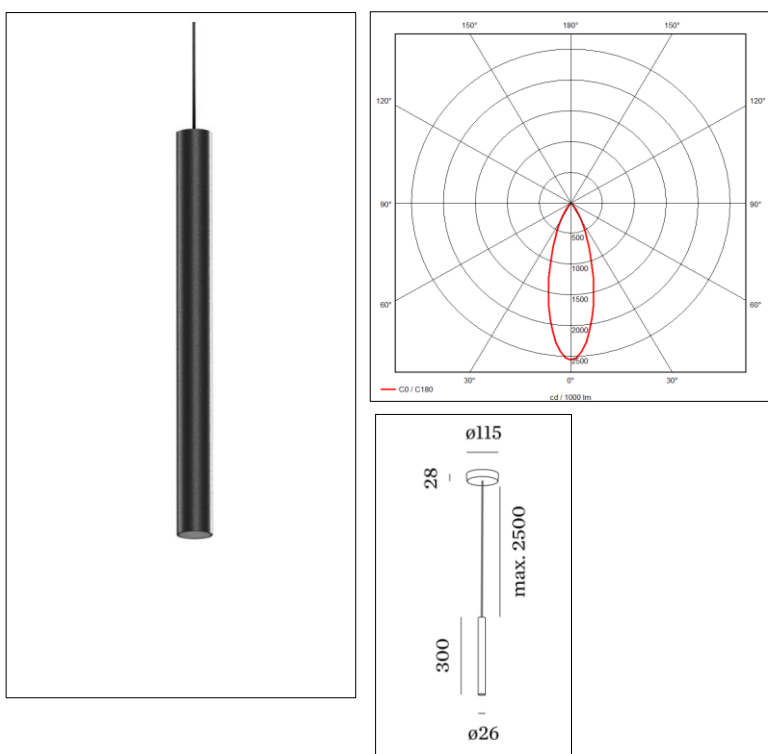
(DARF 1.2 T8 LED930 O)



ΣΧΗΜΑ	Κρεμαστό φωτιστικό
ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	άμεσος/έμμεσος φωτισμός
ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ	τύπος: LED
	αριθμός:1
	Ισχύς:23W
ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	>90
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	3000 K
ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	-
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΡΟΗΣ	B31, 89,9% ↓, 10,1% ↑
CIE	40 70 89 90 100
ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ	2940lm
ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	127,83lm/W
ΘΑΜΒΩΣΗ UGR	≤24
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	-

Τα δύο προηγούμενα φωτιστικά συμπληρώνει το *MATCH suspended* της Wever & Ducré, μία επιλογή αντίστοιχης αισθητικής με το *Darf 1.2*. Επιλέγεται να τοποθετηθούν σε απόσταση 0.60 και 0.25 m από την οροφή. Έχει διάμετρο 26mm και ύψος 300mm.

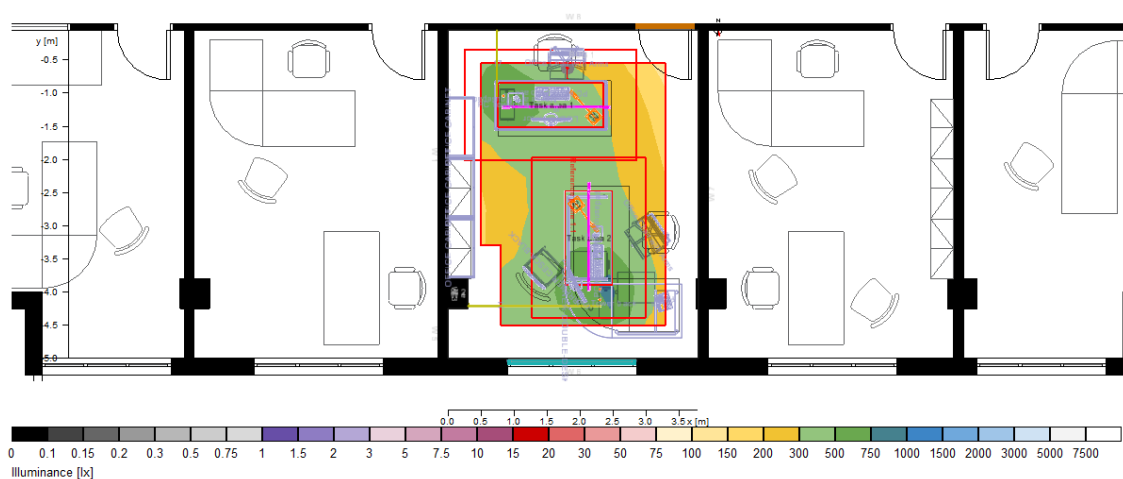
MATCH suspended – Wever & Ducré
(*MATCH suspended 3.0 COB 930*)



ΣΧΗΜΑ	Κρεμαστό φωτιστικό
ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	άμεσος
ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ	τύπος: LED
	αριθμός:1
	Ισχύς:8,4W
ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	>90
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	3000 K
ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	-
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΡΟΗΣ	A80, 99,9% ↓, 0,1% ↑
CIE	96 100 100 100 100
ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ	488lm
ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	58,1lm/W
ΘΑΜΒΩΣΗ UGR	≤20,8
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	-

Τα αποτελέσματα που παράγει το πρόγραμμα είναι εκ πρώτη όψεως ενθαρρυντικά, με την ένταση στην επιφάνεια εργασίας, την ομοιομορφία και την μέση κυλινδρική ένταση να είναι αρκετά κοντά στα επιτρεπτά όρια μεν, αλλά να ικανοποιούνται .

Εικόνα 5.38, Περιοχή μελέτης στο Relux, πηγή: προσωπικό αρχείο



ΤΡΙΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ					
ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ	ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ Em (lx)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Uo	ΜΕΣΗ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (Ez)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (W/m2)	W/(m ² * 100lx)
Όρια ΤΟΤΕΕ	≥ 500	≥ 60	≥ 150	≤ 10	≤ 2,0
Task Area 1	502	0,61	180	7,32	1,90
Task Area 2	512	0,70			

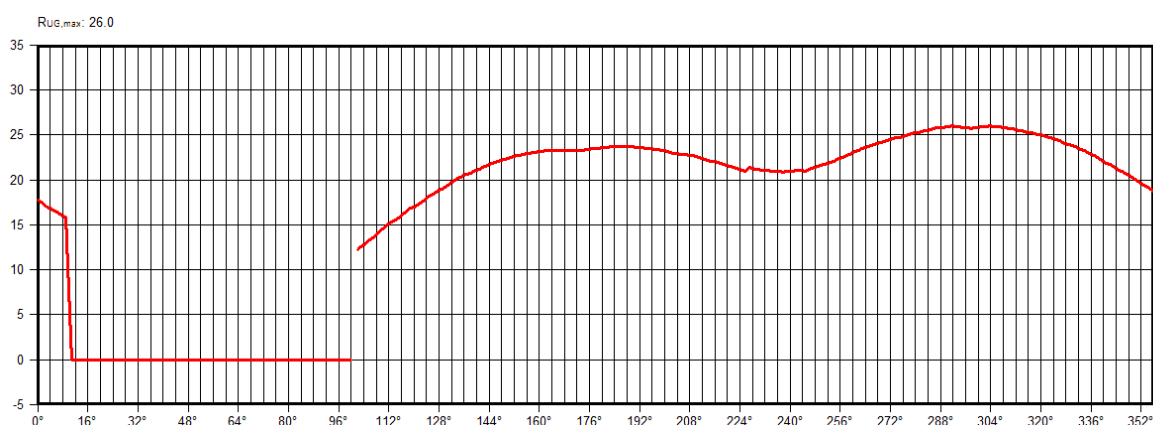
Ωστόσο, αυτή η αίσθηση καταρρίπτεται από τα αποτελέσματα της θάμβωσης και της Ισοδύναμης Μελανοπικής Έντασης φωτισμού. Δεν ικανοποιείται η τιμή EML, καθώς σε ύψος 1.20m, η ένταση φωτισμού είναι L=180lx. Τα φωτιστικά σώματα που έχουν συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος 3000K, οπότε ο συντελεστής MEER έχει τιμή 0,45 σύμφωνα με τους πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

$EML = L * MEER = 180 * 0,45 = 81,00 < 150$ Τιμή, αισθητά χαμηλότερη από τα επιτρεπτά όρια.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η μέση εγκατεστημένη ισχύς κινείται μεν εντός των επιθυμητών τιμών, αλλά σε αυτήν την εκδοχή παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή που έχουμε συναντήσει στο μικρό γραφείο 2 θέσεων του πρώτου ορόφου. Στην εν λόγω εγκατάσταση φωτισμού σημειώνεται εγκατεστημένη ισχύς 7,32 W/m², τιμή 17% υψηλότερη από τα 6,25 W/m² του πρώτου σεναρίου.

Τέλος, οι τιμές UGR που μας δίνει ο καθήμενος παρατηρητής (ύψος z=1,20m) είναι με τη σειρά τους αρκετά υψηλές, καθώς σε αυτή την αισθητική προσέγγιση η θάμβωση δεν αποτέλεσε κριτήριο.

Εικόνα 5.39 Αποτελέσματα παρατηρητή, πηγή: προσωπικό αρχείο



5.6.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2, ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ

Στην αίθουσα του Ισογείου χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια ακριβώς φωτιστικά. Για να δημιουργηθεί η κατάλληλη σκηνή επιλέχθηκαν πέντε κομμάτια *DARF 1.2*, επτά *MATCH Suspended*, δεκατρείς ταινίες led *LSNT*. Συμπληρωματικά, τοποθετήθηκαν σε σειρά μπροστά από τις βιβλιοθήκες έξι φωτιστικά σώματα *BOX mini 1.0*.

Πρόκειται για τετράγωνα φωτιστικά οροφής από χυτό αλουμίνιο, σε χρυσή απόχρωση, από την εταιρία Wever & Ducré. Έχουν βάρος 0.20 kg και διαστάσεις 70mm x 70mm x 82mm. Το *BOX mini 1.0* αποτελεί το τελευταίο φωτιστικό σώμα που επιλέγεται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.



Εικόνες 5.40, 5.41, 3D όψεις της αίθουσας από το Relux,
πηγή: προσωπικό αρχείο



ΚΡΕΜΑΣΤΟ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ LED
DARF 1.2 - Wever & Ducré
Τεμάχια 5

ΚΡΕΜΑΣΤΟ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ LED
Match - Wever & Ducré
Τεμάχια 7

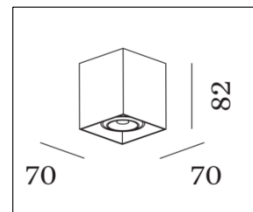
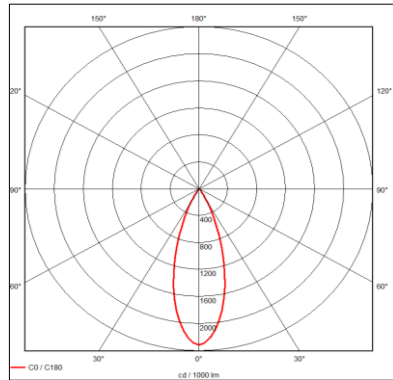
ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΟΡΟΦΗΣ LED
BOX mini 1.0 – Wever & Ducré
Τεμάχια 6

ΤΑΙΝΙΕΣ LED
LSNT– Collingwood Lighting
Τεμάχια 13

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Εικόνα 5.42 Φωτιστικά στο μεγάλο γραφείο , πηγή: προσωπικό αρχείο

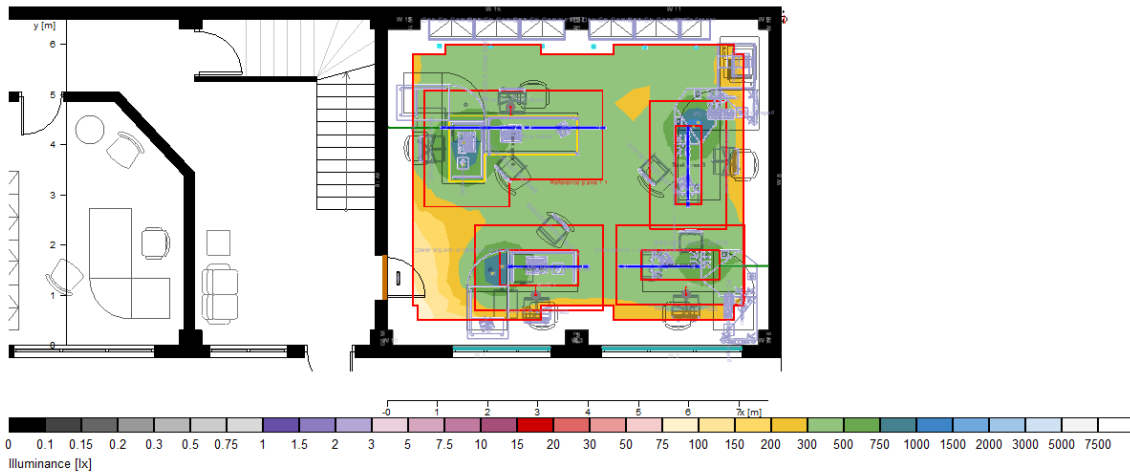
BOXmini 1.0 – Wever & Ducre
(BOXmini 1.0 PAR16 930F)



ΣΧΗΜΑ	Φωτιστικό οροφής
ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	άμεσος
ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ	τύπος: LED
	αριθμός:1
	Ισχύς:6,5W
ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	>90
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	3000 K
ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	Ανακλαστήρας
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΡΟΗΣ	A80, 100% ↓, 0% ↑
CIE	94 98100 100 93
ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ	480lm
ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	68,90lm/W
ΘΑΜΒΩΣΗ UGR	≤15
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	L70 50.000h

Και σε αυτήν την περίπτωση τα αποτελέσματα είναι εκ πρώτης όψης θετικά, με την ένταση στην επιφάνεια εργασίας, την ομοιομορφία και την μέση κυλινδρική ένταση να ικανοποιούνται.

Εικόνα 5.43, Περιοχή μελέτης στο Relux, πηγή: προσωπικό



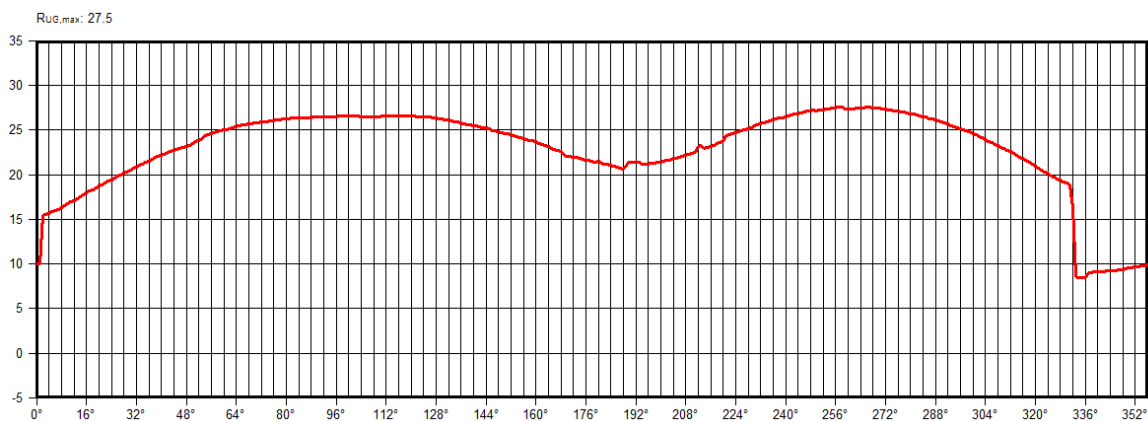
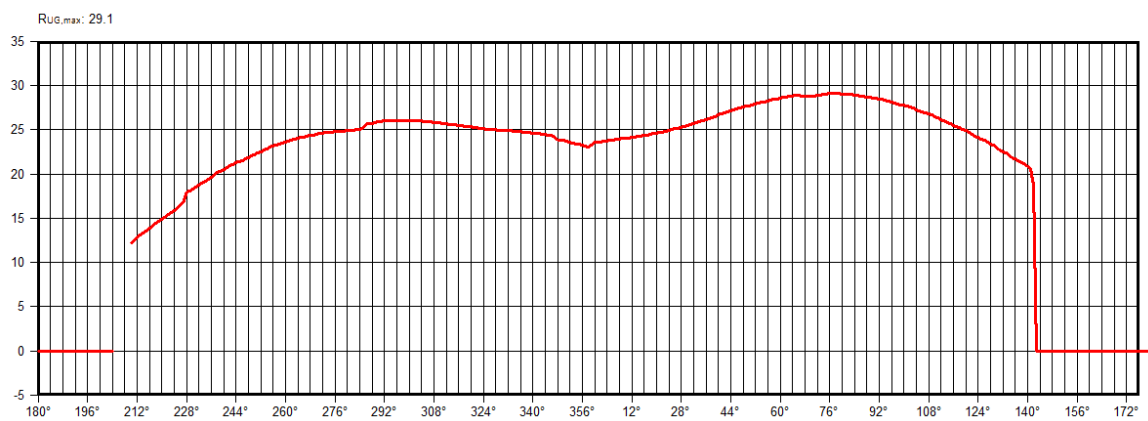
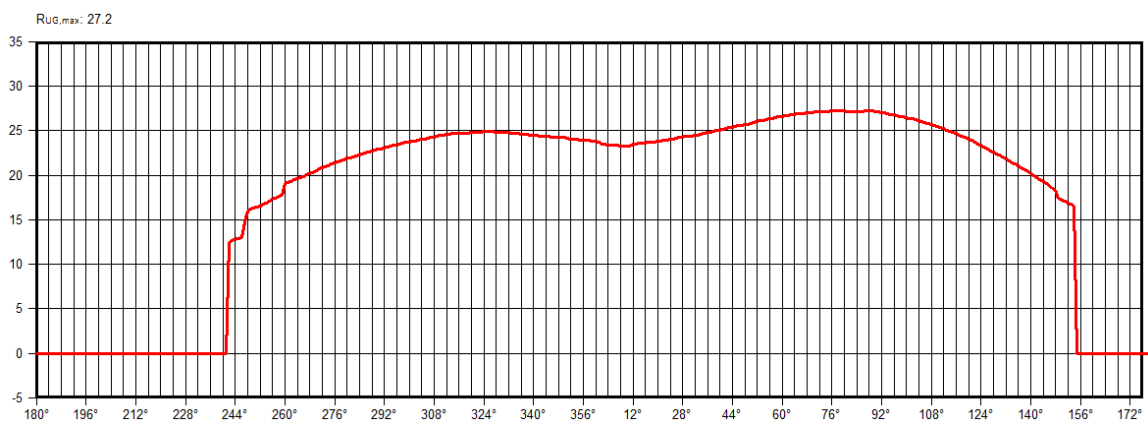
ΤΡΙΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ					
ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ	ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ Em (lx)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ Uo	ΜΕΣΗ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (Ez)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (W/m2)	W/(m ² * 100lx)
Όρια ΤΟΤΕΕ	≥ 500	≥ 60	≥ 150	≤ 10	≤ 2,0
Task Area 1	538	0,67	179	6,07	1,55
Task Area 2	539	0,74			
Task Area 3	576	0,67			
Task Area 4	576	0,71			

Αντίστοιχα με το γραφείο 2 θέσεων, έτσι και σε αυτή την αίθουσα δεν ικανοποιείται η τιμή EML. Σε ύψος 1.20m, η ένταση φωτισμού είναι L=179lx. Τα φωτιστικά σώματα έχουν συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος 3000K, οπότε ο συντελεστής MEER έχει τιμή 0,45 σύμφωνα με τους πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. $EML = L * MEER = 179 * 0,45 = 80,55 < 150$ Τιμή, ακόμα πιο αισθητά χαμηλή από τα επιτρεπτά όρια.

Στην εν λόγω εγκατάσταση φωτισμού σημειώνεται εγκατεστημένη ισχύς 6,08W/m2, τιμή 12% υψηλότερη από τα 5,43 W/m2 του πρώτου σεναρίου.

Το συγκεκριμένο σενάριο φωτισμού παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές EML και τις υψηλότερες τιμές UGR από όλη τη μελέτη. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την μεγάλη απόκλιση που παρουσιάζει μια μονόπλευρη προσέγγιση (με μοναδικό γνώμονα την αισθητική) σχετικά με τη φιλοσοφία των ανθρωποκεντρικών και ενεργειακών πρότυπων, καθώς και με τον τρόπο χρήσης των γραφειακών χώρων.

Εικόνες 5.44, 5.45, 5.46 Αποτελέσματα 1ου, 2ου και 3ου παρατηρητή αντίστοιχα, πηγή: προσωπικό αρχείο



5.7 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στη συνέχεια, παρατίθενται οι συγκεντρωτικοί πίνακες των αποτελεσμάτων για κάθε σενάριο και εκδοχή, προκειμένου να καταστεί δυνατή η συλλογική επισκόπηση των πληροφοριών και η σύγκριση των στοιχείων που επισημάνθηκαν.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ							
ΕΚΔΟΧΗ		CCT (K)	Ez (lx)	MEER	EML (lx)	UGR	W/m2
ΟΡΙΑ ΤΟΤΕΕ		-	150	-	150	19	10
1ο ΣΕΝΑΡΙΟ	ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ	4000	152	0,75	116,25	17,6	6,25
	ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ	4000	150	0,75	112,50	17,6	5,43
2ο ΣΕΝΑΡΙΟ	ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ	6500	177	0,88	155,76	18,9	7,82
	ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ	4000	210	0,75	157,50	23,3	7,18
3ο ΣΕΝΑΡΙΟ	ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ	3000	180	0,45	81,00	26,0	7,32
	ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ	3000	179	0,45	80,55	29,1	6,08

ΒΑΣΙΚΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ						
ΕΚΔΟΧΗ		ΟΝΟΜΑΣΙΑ	CCT (K)	Ισχύς (W)	ΑΠΟΔΟΣΗ (lm/W)	UGR
1ο ΣΕΝΑΡΙΟ	ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ	ECOOS 2	4000	46,6	118,03	≤19
	ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ	ECOOS 2	4000	46,6	118,03	≤19
2ο ΣΕΝΑΡΙΟ	ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ	Visula (VSHIG)	2700-6500	45,2	82,68	≤19,1
	ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ	Visula (VSAIG)	4000	54,8	115,84	≤20
3ο ΣΕΝΑΡΙΟ	ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ	DARF 1.2	3000	23	127,83	≤24
	ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ	DARF 1.2	3000	23	127,83	≤24

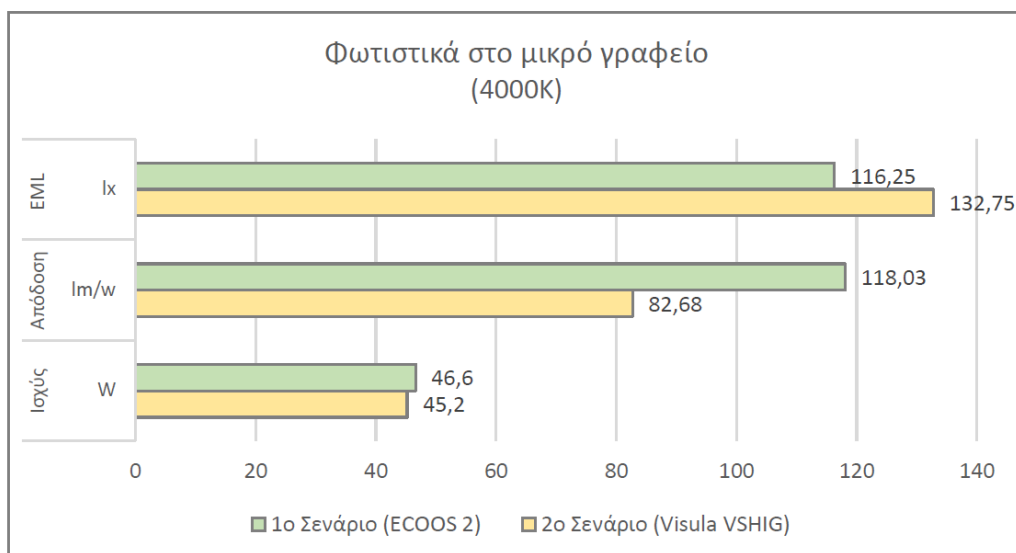
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το τεχνητό φως, λόγω των ιδιοτήτων του, συνιστά ένα σημαντικό εργαλείο για τους μελετητές φωτισμού και μέσω της ορθής χρήσης του συντελεί στην βελτίωση της λειτουργίας των χώρων γραφείων. Οι αρνητικές επιδράσεις που προκαλεί ο «ακατάλληλος» φωτισμός είναι ιδιαίτερα αισθητές στη σωματική και ψυχική υγεία των εργαζομένων, ενώ παράλληλα επηρεάζουν την αποδοτικότητα και την παραγωγικότητά τους.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από το σχεδιασμό και την ανάπτυξη των τριών σεναρίων φωτισμού που επιλέχθηκαν για τη μελέτη, τα οποία προσεγγίζουν τον τεχνητό φωτισμό με κριτήρια ενεργειακά, ανθρωποκεντρικά και αισθητικά. Η έρευνα έδειξε τα ακόλουθα συμπεράσματα:

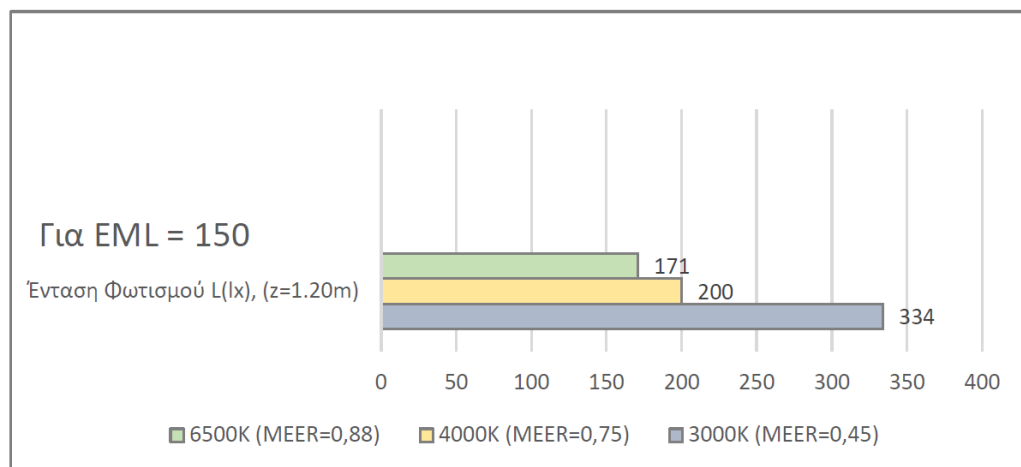
- Τα φωτιστικά ευρείας δέσμης είναι πιο αποτελεσματικά στην αύξηση των μελανοπικών Ix (EML). Συγκρίνοντας τα σενάρια 1 και 2, στο μικρό γραφείο επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν φωτιστικά παρόμοιας ισχύος, με σημαντική διαφορά όμως ότι το κρεμαστό φωτιστικό του σεναρίου 2 ήταν κατά 42% λιγότερο αποδοτικό από αυτό του σεναρίου 1. Ωστόσο, στην ίδια θερμοκρασία χρώματος 4000K, στο σενάριο 2 σημειώνεται αύξηση του δείκτη EML κατά 14%, με $EML=132,75 > EML=116,25$. Επομένως, αλλάζοντας μόνο την κατανομή της φωτεινής ισχύος (πολικό διάγραμμα) ενός φωτιστικού, επιτεύχθηκε αύξηση της φωτεινής έντασης L και κατά συνέπεια του μελανοπικού Ix (EML).



Εάν το εν λόγω φωτιστικό παρουσίαζε ταυτόχρονα και μεγαλύτερη απόδοση, για παράδειγμα εάν είχε απόδοση μεγαλύτερη των 115 lm/W, τότε η τιμή EML θα ικανοποιούταν χωρίς καμία πρόσθετη αλλαγή.

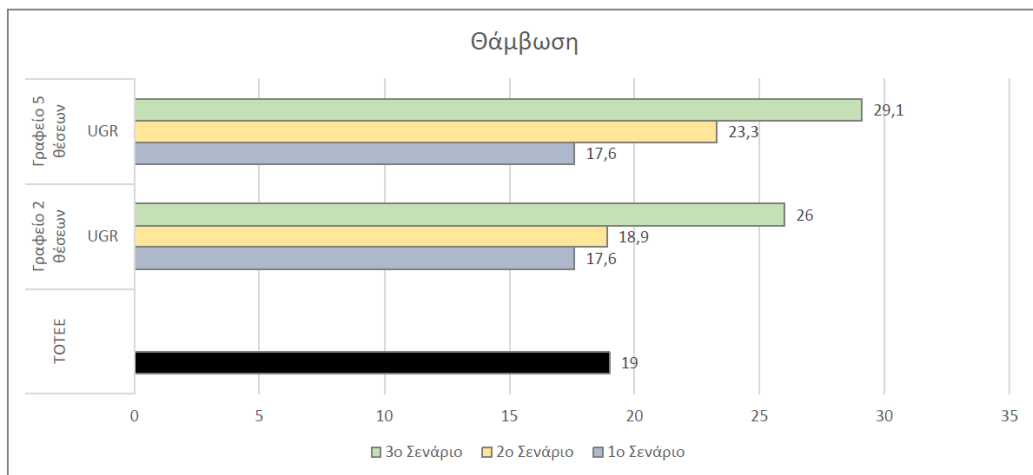
- Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία χρώματος, η απαιτούμενη στάθμη έντασης φωτισμού για την επίτευξη των 150 EML μειώνεται. Για παράδειγμα, όταν επιλέχθηκε θερμοκρασία χρώματος 6500K στην περίπτωση του σεναρίου 2 στο μικρό γραφείο, οι επιθυμητές τιμές επιτεύχθηκαν με $EML = 155,76 > 150$ ακόμα και με τη σχετικά χαμηλή ένταση φωτισμού $L = 177lx$. Αντιθέτως, εάν το φάσμα παρουσίαζε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όπως θερμοκρασία χρώματος 4000K, για να ισχύσει το $EML = 155,76$ της προηγούμενης περίπτωσης, η φωτεινή ένταση θα έπρεπε να αυξηθεί κατά 17,5%, δηλαδή να είναι $L = 208lx$.

Ως εκ τούτου, η αξιοποίηση φωτιστικών σωμάτων με "tunable white" τεχνολογία φωτισμού αποτελεί έναν εύκολο τρόπο επίτευξης τιμών ισοδύναμης μελανοπικής στάθμης φωτισμού 150 EML και άνω. Ωστόσο, με βάση τα σημερινά δεδομένα, η λύση αυτή έχει υψηλότερο κόστος.



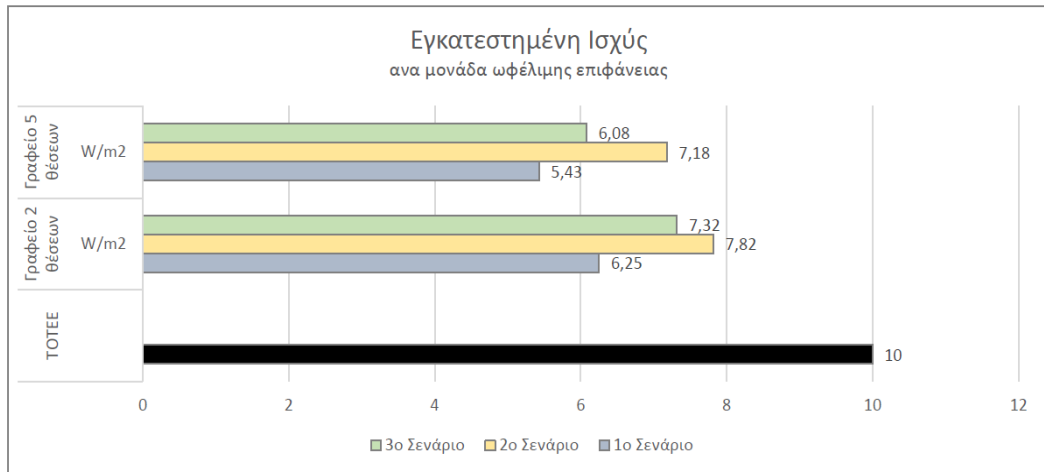
- Όσον αφορά την ποιότητα του φωτισμού, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των σεναρίων 2 και 3, είναι προφανές ότι σε αντίθεση με το σενάριο 1 παρουσιάζουν προβλήματα αυξημένων επιπέδων θάμβωσης. Στο σενάριο 2 καταβλήθηκαν προσπάθειες αύξησης των επιπέδων κατακόρυφου φωτισμού προκειμένου να ικανοποιηθούν τα ανθρωποκεντρικά κριτήρια, με αντίτιμο την αύξηση των επιπέδων θάμβωσης. Στο μεγάλο γραφείο η θάμβωση άγγιξε $UGR=23.3$, τιμή 32% μεγαλύτερη από το $UGR= 17.6$ του σεναρίου 1.

Από την άλλη, οι σημαντικά αυξημένες τιμές UGR του σεναρίου 3 σε σύγκριση με το σύνολο της μελέτης είναι δικαιολογημένες, καθώς η συγκεκριμένη προσέγγιση δεν έλαβε υπόψη τη θάμβωση κατά την αρχική επιλογή και τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων. Στο μικρό γραφείο παρατηρείται δείκτης θάμβωσης $UGR = 26$, τιμή 47% μεγαλύτερη από το $UGR = 17,6$ του σεναρίου 1. Ομοίως, στο μεγάλο γραφείο οι υπολογισμοί δείχνουν $UGR = 29,6$, μια τιμή 65% μεγαλύτερη από το $UGR = 17,6$.



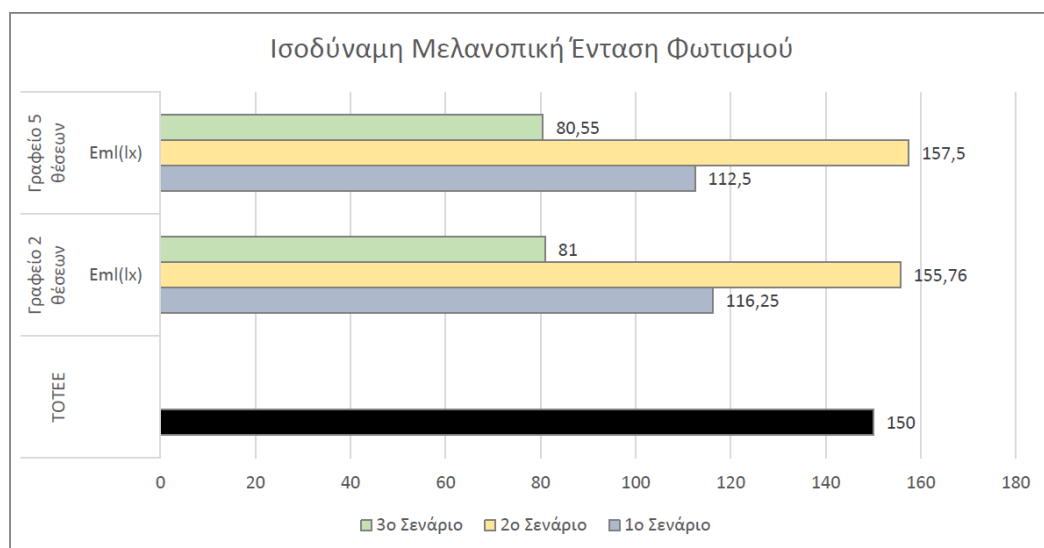
- Και στις δύο περιπτώσεις γραφείων που μελετώνται, μεγαλύτερα ενεργειακά οφέλη προκύπτουν στο σενάριο 1. Αντίθετα, οι μεγαλύτερες τιμές εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού ανά μονάδα ωφέλιμης επιφάνειας (W/m^2) παρατηρούνται στο σενάριο 2. Αν και οι τιμές που λαμβάνουμε σε όλα τα σενάρια είναι κάτω του ορίου ($<10W/m^2$), αξιολογώντας τα αποτελέσματα προκύπτει ότι στο σενάριο 2 η εγκατεστημένη ισχύς αυξήθηκε κατά μέσο όρο κατά 28,5%, ενώ στο σενάριο 3 αυξήθηκε κατά μέσο όρο κατά 14,5%, συγκριτικά με τις τιμές του σεναρίου 1.

Αυτή η διαφορά του σεναρίου 2 οφείλεται τόσο στην τοποθέτηση φωτιστικού χαμηλότερης απόδοσης στο μικρό γραφείο (επιλέχθηκε καθώς παρέχει ρυθμιζόμενο tunable white φωτισμό), όσο και στην ανάγκη τοποθέτησης περισσότερων φωτιστικών στο μεγάλο γραφείο. Συνάγεται το συμπέρασμα ότι ένα ανθρωποκεντρικό σύστημα φωτισμού είναι συγκριτικά λιγότερο αποδοτικό ενεργειακά λόγω των αυξημένων απαιτήσεων κάθετης έντασης μελανοπικού φωτισμού EML.



- Η μονόπλευρη προσέγγιση του φωτισμού στο σενάριο 3, με επίκεντρο μόνο τους αισθητικούς παράγοντες, αποδείχθηκε ότι απέχει περισσότερο από τη φιλοσοφία των ανθρωποκεντρικών και ενεργειακών μοντέλων.

Ως σενάριο, εκτός από τις υψηλότερες τιμές UGR παρουσιάζει και τις χαμηλότερες τιμές EML από το σύνολο της μελέτης. Με θερμοκρασία χρώματος 3000K οι μετρήσεις έδειξαν EML=80, τιμή 87,5 % μικρότερη από την επιθυμητή. Για την επίτευξη ισοδύναμης μελανοπικής έντασης κάθετου φωτισμού 150 EML απαιτείται υπερδιπλάσια στάθμη φωτισμού, δηλαδή 334lx έναντι των 180lx που σημειώθηκε. Επομένως, απαιτείται υπερδιπλάσια κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.



Η μελέτη των προδιαγραφών και των διαφορετικών προτύπων αποτελεί το σημείο εκκίνησης της διαδικασίας σχεδιασμού του φωτισμού, συμβάλλοντας στην αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων για τις δεδομένες ανάγκες των χώρων.

Ωστόσο, ο φωτισμός δεν πρέπει να προσεγγίζεται μόνο υπό το πρίσμα των κανονισμών ως οπτική παράμετρος για επαρκή και άνετη όραση, αλλά και ως αποφασιστική βιολογική παράμετρος. Στους χώρους γραφείων, τα ανθρωποκεντρικά συστήματα φωτισμού αξιοποιούν τη δυναμικότητα του τεχνητού φωτισμού με σκοπό να επιτύχουν το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα. Συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση του εσωτερικού περιβάλλοντος και προωθούν τη διατήρηση ενός υγιούς κερκάρδιου ρυθμού, ενισχύοντας την αποδοτικότητα και παράλληλα την υγεία και την ευεξία των εργαζομένων. Επιπλέον, δεν γίνεται να αγνοηθεί το γεγονός ότι ο φωτισμός παράγει ιδιαίτερες ατμόσφαιρες και εντυπώσεις. Με τη συμβολή του στη δημιουργία ενός καλαίσθητου εργασιακού περιβάλλοντος, ο φωτισμός συντελεί στη βελτίωση της διάθεσης και τη διαμόρφωση αισθημάτων ικανοποίησης.

Η σχεδίαση και υλοποίηση ενός πολυεπίπεδου φωτισμού γραφείων αποδεικνύεται περίπλοκο ζήτημα, καθώς είναι δύσκολο να πληρούνται όλα τα κριτήρια ενώ ταυτόχρονα ο χώρος διατηρείται ενεργειακά αποδοτικός. Είναι συχνό φαινόμενο οι τιμές ενός κριτηρίου να ξεφεύγουν από το επιθυμητό εύρος τη στιγμή που επιτυγχάνεται η επίτευξη ενός άλλου (όπως για παράδειγμα συμβαίνει με τις τιμές της θάμβωσης και του Ισοδύναμου Μελανοπικού Lux). Παράλληλα, η βάση δεδομένων φωτιστικών του προγράμματος προσομοίωσης Relux δημιουργεί συχνά δυσκολίες στους μελετητές φωτισμού, καθώς για παράδειγμα ένα μεγάλο μέρος του πλήθους των φωτιστικών LED δεν ξεπερνά το όριο των 90 lm/W, ή υπερβαίνει το όριο 70% της παραμέτρου DLOR.

Με τα σύγχρονα δεδομένα, ο μελετητής φωτισμού για να εκφράσει τη σύνθετη ανθρωποκεντρική φιλοσοφία που προωθεί την ανάδειξη του φωτισμού ως αναπόσπαστο κομμάτι των σύγχρονων γραφείων, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλες τις ανωτέρω παραμέτρους κατά τη διαδικασία εκπόνησης μιας ανάλογης μελέτης. Η τελική του επιδίωξη είναι η επίτευξη ισορροπίας ανάμεσα στις πολλαπλές πτυχές του φωτισμού.

Τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα μπορούσαν να γενικευτούν για χώρους γραφείων παρόμοιων διαστάσεων, μεγέθους και χρήσεων. Τα σημεία αιχμής που προέκυψαν μέσα από τη μελέτη των σεναρίων, με προτάσεις, πειραματισμούς και λάθη, μπορούν να βοηθήσουν να αναπτυχθούν περισσότερο αποτελεσματικοί και αποδοτικοί μηχανισμοί φωτισμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Γραμματικάκης Γιώργος, *“Η αυτοβιογραφία του φωτός”*, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, 2005
- Καρκαλούσος Π., Γεωργίου Ζ., Κρούπης Χ., Παπαϊωάννου Α., Πλαγεράς Π., Σπυρόπουλος Β., Τσότσου Γ.& Φούντζουλα Χ., *“Βασικές αρχές φωτομετρίας και χρωματομετρικών αναλύσεων”*, Κεφάλαιο 1 στο Εργαστηριακές ασκήσεις κλινικής χημείας, Εργαστηριακός Οδηγός, Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις, 2015
- Πετρίδου Βασιλική, Ζιρώ Όλγα, *“Τέχνες και Αρχιτεκτονική από την Αναγέννηση έως τον 21ο αιώνα”*, ΣΕΑΒ, 2015
- Πλαϊνής Σ., Τσιλιμπάρης Μ. Κ., Παλλήκαρης Ι. Γ., *“Νευροφυσιολογία του αμφιβληστροειδή και οπτικών οδών”*, Οφθαλμολογία, Τόμος 19, Νο. 4, 2007
- Τσαγκρασούλης Α., *“Φυσικός Φωτισμός”*, ebook, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2016
- ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021, *“ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ”*, Α Έκδοση, 2021

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Bell Edward, *“The architecture of Ancient Egypt, A Historical Outline”*, G. Bell and Sons, 1915
- Bille Mikkel, Flohr Sørensen Tim, *“An Anthropology of Luminosity: The Agency of Light”*, Sage, Journal of Material Culture, Τόμος 12, Νο. 3, 2007
- Boutsikas Efrosyni, *“Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy”*, Κεφάλαιο: Greek Temples and Rituals, Springer, 2014, σσ. 1573–1581
- Boyce Peter, *“Human Factors in Lighting”*, Τρίτη Έκδοση, CRC PressTaylor & Francis Group, 2014
- Boyce Peter, *“Editorial: Exploring human-centric lighting”*, Lighting Research and Technology, Τόμος 48, 2016
- Calkins Robert G., *“Medieval Architecture in Western Europe: From A.D. 300 to 1500”*, Oxford University Press, 1998
- Calvo Salve Miguel Angel, *“What Matters is Light - Light as Matter”*, The experience of the course: The Art & Craft of Building, Building with Natural Light για το πανεπιστήμιο School of Architecture Marywood University, 2019
- Capra Fritjof, *“The Science of Leonardo: Inside the Mind of the Great Genius of the Renaissance”*, Κεφάλαιο 9, *“The Eye, The Senses and the Soul”*, Anchor, 2008

- Conway Hazel, Roenisch Rowan, "Understanding Architecture: An introduction to architecture and architectural history", Routledge, 2005
- DiLaura David L., Houser Kevin W., Mistrick Richard G., Steffy Gary R., "Illuminating Engineering, The Lighting Handbook", Tenth Edition: Reference and Application, Illuminating Engineering Society of North America, 2011
- Erco, "Human Centric Lighting", White paper, 2022
- Houser Kevin, Boyce Peter R., Zeitzer Jamie, Herf Michael, "Human-centric lighting: Myth, magic or metaphor?", Lighting Research & Technology, Τόμος 53, 2020
- Houser Kevin, Esposito Tony, "Human-centric lighting: Foundational considerations and a Five-Step Design Process", Frontiers in Neurology, Τόμος 12, 2021
- Fitoz İpek, Genco Berkin, "Space, Light and Beliefs: The use of daylighting in churches and mosques", Arkitekt, Τόμος 74, 2007
- Furneau-Jordan Robert, "Ιστορία της αρχιτεκτονικής", Εκδόσεις Υποδομή, 1981, Μετάφραση: Δημήτρης Ηλίας
- Guarana Cristiano L., Barnes Christopher M., Wei Jee Ong, "The effects of blue-light filtration on sleep and work outcomes", Journal of Applied Psychology, Τόμος 106, 2020
- Meel Juriaan, "The European Office, Office Design and National Context", OIO PUBLISHERS, 2000
- Mark Halper, "Jet-lagged? Stop by the circadian lighting lounge at Oslo Airport", άρθρο στο LEDs Magazine, 2017, site: www.ledsmagazine.com, λήμμα: Oslo Airport Circadian Lighting
- Papatsimpa Charikleia, Linnartz Jean-Paul, "Personalized office lighting for circadian health and improved sleep", Sensors (Basel), Τόμος 20, 2020
- Philips, "Lighting for LEED Application guide for sustainable offices", 2012
- Phillips Derek, "Daylighting, Natural Light in Architecture", Architectural Press, Elsevier, 2004
- Ramos Elisa Valero, "Light in Architecture: The Intangible Material", RIBA Publishing, 2019, σ.192
- Refinetti Roberto, "Circadian Physiology", Δεύτερη Έκδοση, Taylor & Francis Group, 2006
- Roth Leland M., Roth Clark Amanda C., "Understanding Architecture, Its Elements, History, and Meaning", Routledge, 2018
- Russell N. Van Gelder, "Non-Visual Photoreception: Sensing Light without Sight", Current Biology, Τόμος 18, No 1, 2008
- Seitz Petra, "Where Do You Cry in An Open Plan Office? A Historiography of Interior Office Design", εργασία στο Royal College of Art/Victoria and Albert Museum, 2019

- Shaltout Mosalam, “Astronomical interpretation for sun perpendicularity in Abu Simbel Temple Phenomenon”, 2015
- Stallworth Otto Jr, Kleiner Brian, “Recent developments in office design”, Facilities, Τόμος 14, No 1/2
- Surdin V., “Η τέχνη του οράν τα αόρατα”, Περιοδικό Quantum, Τόμος 7, Τεύχος 2
- Uddin M. Saleh, “Simulation of Daylight in the Architecture of Louis I. Kahn: A Study of the Un-built Hurva Synagogue”, ARCHITECTURE ‘in computro’ Integrating methods and techniques, Πρακτικά του 26ου συνεδρίου ‘Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe’, 2008
- Vetter Céline, Morgan Pattison P., Houser Kevin, Herf Michael, Phillips Andrew J. K., Wright Kenneth P., Skene Debra J., Brainard George C., Boivin Diane B. & Glickman Gena, “A Review of Human Physiological Responses to Light: Implications for the Development of Integrative Lighting Solutions”, LEUKOS, The Journal of the Illuminating Engineering Society, Τόμος 17, 2021
- Wout van Bommel, “Interior Lighting Fundamentals, Technology and Application”, Springer, 2019
- “LEED v4 for BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION”, USGBC, Ενημερώθηκε: Ιούλιος, 2019
- “Louis Kahn, Essential Texts”, Επιμέλεια Robert Twombly, W. W. Norton and Company, 2003
- “Office Lighting: Motivating and Efficient”, Licht.wissen, No 04, Εκδόσεις licht.de, 2012
- “The SLL Lighting Handbook”, The Society of Light and Lighting, 2009

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ

- Βασιλειάδου Μάρω, “Ο κορονοϊός «σχεδιάζει» τα νέα γραφεία”, Η Καθημερινή, 2020, site: www.kathimerini.gr
- Κατσιμιλής Γιώργος, “Ο φωτισμός στα επαγγελματικά κτίρια”, Architect, 2021, site: www.architectmag.gr
- Κοντορήγας Θεόδωρος, “Φως και αρχιτεκτονική: Αρχιτεκτονικός Φωτισμός”, Άνθρωπος και Χώρος Αρχιτεκτονικό Περιοδικό, site: www.akx.gr
- Πρωτονοταρίου Μαρίνα, “LEED: Ρεκόρ το δεκάμηνο του 2022 με 13 αιτήσεις ελληνικών κτηρίων για πιστοποιήσεις – Ποια είναι”, mononews, 2022, site: www.mononews.gr
- “Ανθρωποκεντρικός φωτισμός”, άρθρο στο Ledvance, site: www.ledvance.gr, λήμμα: Ανθρωποκεντρικός Φωτισμός

- “Το Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος Κατέκτησε την Πλατινένια Πιστοποίηση LEED ως Πράσινο Κτίριο“, Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, 2016, site: www.snfcc.org
- “Το μυστήριο πίσω από την τοποθεσία των ναών της Αρχαίας Ελλάδας”, Η Καθημερινή, 2017, site: www.kathimerini.gr
- “WELL Building Standard: Το επόμενο κεφάλαιο στα κτίρια”, Building Green, site: www.buildinggreen.gr
- Basulto David, “Archaeology Museum of Vitoria / Francisco Mangado”, ArchDaily, 2009, site: www.archdaily.com
- Benjamin Heather, “LEED Lookbook: Two pioneering projects from the early days of LEED”, USGBC, 2021, site: www.usgbc.org
- Block India, “Fluctuating LED office lights offer workers caffeine-like energy boost”, Dezeen, 2018, site: www.dezeen.com
- Bryson Karen, “Re: Sun King of the Egyptian Gods”, Arce, American Research Center in Egypt, site: www.arce.org
- Catwright Mark, “Surya”, World History Encyclopedia, 2016, site: www.worldhistory.org
- Hobhouse Niall, Olsberg Nicholas, “Simplification, Work on paper Part II”, Drawing Matter, 2011, site: www.drawingmatter.org
- Craven Valerie Dennis, “Circadian Lighting Helps Hotel Guests Get a Good Night’s Sleep”, άρθρο στο I & S Design with Purpose, 2019, site: www.iands.design
- Ghisleni Camilla, “What is Human Centric Lighting (HCL)?”, Μετάφραση: Diogo Simões, Archdaily, 2023, site: www.archdaily.com
- Halper Mark, “Human-centric lighting boosts productivity in this Prague office building”, LEDs Magazine, 2018, site: www.ledsmagazine.com
- Kloepple Sarah, “What you need to know about human-centric lighting”, 2019, άρθρο στο Buildings, site: www.buildings.com
- Lutron Electronics Co, “An Office Space for the People”, Architect, site: www.architectmagazine.com
- Overstreet Kaley, “A Brief History of Workplace Design and Where it Might be Headed Next”, Archdaily, 2020, site: www.archdaily.com
- Portalatin, Roskoski & Shouse, “Green Building Rating Systems”, Sustainability How-to Guide Series Green, IFMA International Facility Management Association, 2015
- Plummer Henry, συνέντευξη από τον Thomas Schielke, “Light Matters: Heightening The Perception Of Daylight With Henry Plummer”, Part 1, 2015, ArchDaily, site: www.archdaily.com

- Pritchard George, “Scenariios Intelligent Lighting Continues to Shine for Gymshark”, Scenariio Intelligent Infrastructures, site: www.scenariio.com
- Rosenthal Nan, “Marcel Duchamp (1887–1968)”, στο Heilbrunn Timeline of Art History, New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000, ανάκτηση από site: www.metmuseum.org
- Tseng Danny, “Workplace Evolution: A Retrospective on Office Design from the Industrial Revolution to the Knowledge Economy”, Medium, 2018, site: www.medium.com
- Vivian Philip, “Typological [r]evolution of the workplace”, ArchitectureAU, 2012, site: www.architectureau.com,
- Watt Mike, “Understanding LEED, WELL, and the Differences”, Environmental Protection, 2019, site: www.eponline.com
- Wright Maury, “Delos reveals new headquarters with LED lighting meeting WELL and other certifications”, LEDs Magazine, 2019, site: www.ledsmagazine.com
- “American Society of Interior Designers (ASID) Headquarters”, GHT Limited Consulting Engineers, site: www.ghltd.com
- “ASID HQ Office research highlights, Pre-/Post-Occupancy Analysis 2017”, Asid Research, Impact of Design Series, από το site: www.asid.org
- “Asid HQ Office”, Asid Research, Impact of Design Series, Τόμος 1, από το site: www.asid.org
- “Biodynamic Lighting: promoting employee wellbeing and energy with light”, Design Curial, 2019, site: www.designcurial.com
- “Boss Design”, Helvar, site: www.helvar.com
- “Delos HQ, A WELL Certified space filled with natural light”, Ketra, site: www.ketra.com
- “Delos Headquarters Tenant Renovation”, International Living Future Institute, site: www.living-future.org
- “Delos Headquarters, New York”, WSP, site: www.wsp.com
- “Gymshark”, Oktra, site: www.oktra.co.uk
- “Gymshark Case Study, Lighting for an intelligent future”, Scenariio Intelligent Infrastructures, site: www.scenariio.com
- “James Turrell, Kapelle Dorotheenstädtischer Friedhof”, Hausler Contemporary, site: www.hausler-contemporary.com, Περιγραφή μόνιμης εγκατάστασης
- “HAEF Preschool & Kindergarten”, Dcarbon, site: www.dcarbon.com
- “Helios, Greek god”, Britannica, site: www.brittanica.com
- “Human Centric Lighting, Smartlighting”, Ekinex, site: www.ekinex.com

- “Human Centric Lighting (HCL): What Is It and How Does It Work”, άρθρο στο Lighting Manufacturer, site: www.manufacturer.lighting
- “Innogy, Space for the largest European start-up”, Ahrend Czech Republic, site: www.ahrend.cz
- “International WELL Building Institute™ announces first WELL Certified™ project under WELL v1”, WELL, 2016, site: www.wellcertified.com
- “LEED rating system”, Usgbc, site: www.usgbc.org
- “Light Ballet” του Otto Piene, Sprüth Magers, 2017, Περιγραφή εγκατάστασης site:www.spruethmagers.com
- “Ongreening, Platform for Green Building”, site: www.ongreening.com
- “Project Overview ASID Headquarters Washington, D.C.”, Lutron, paper από το site: www.lutron.com
- “Safeway Bethesda”, Υποβλήθηκε από το Washington Glass Studio, CODAworx, site: www.codaworx.com
- “The Evolution of Office Design”, Morgan Lovell, 2022, site: www.morganlovell.co.uk
- “The History of Office Design”, K2 Space, 2022, site: www.k2space.co.uk
- “The Nelson-Atkins museum of art”, Steven Holl Architects, site: www.stevenholl.com
- “ViOS Coworking: Building a Happier Workplace”, Vios Workspace Redefined, site: www.vios.gr
- “ViOS” Coworking Space, Athens, Greece”, ifo studio architects, site: www.ifostudio.com
- “WELL v2™”, 2022, Introduction, site: v2.wellcertified.com/en/wellv2/overview
- WELL Projects, site: account.wellcertified.com/directories/projects
- “What drives the constant change we observe on our sun?”, Nasa Science, Share the science, 2007, site:www.science.nasa.gov
- “WORKING WELL: The WELL Building Standard and Contemporary Office Design”, rlps architects, 2018, site: www.rlps.com

ΟΠΤΙΚΟΑΚΟΥΣΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

- “WELL Certified Ketra Lighting at Delos HQ”, Lutron Electronics, 2021, site: www.youtube.com/watch?v=eG-NeffiFvk
- Ομιλητές: Ken Douglas, Glenn Heinmiller, Robert Soler, Gayathri Unnikrishnan, βίντεο “IALD Webinar – Light: The WELL Building Standard”, από το κανάλι IALD στο youtube, 2021

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

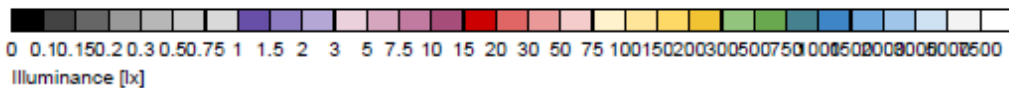
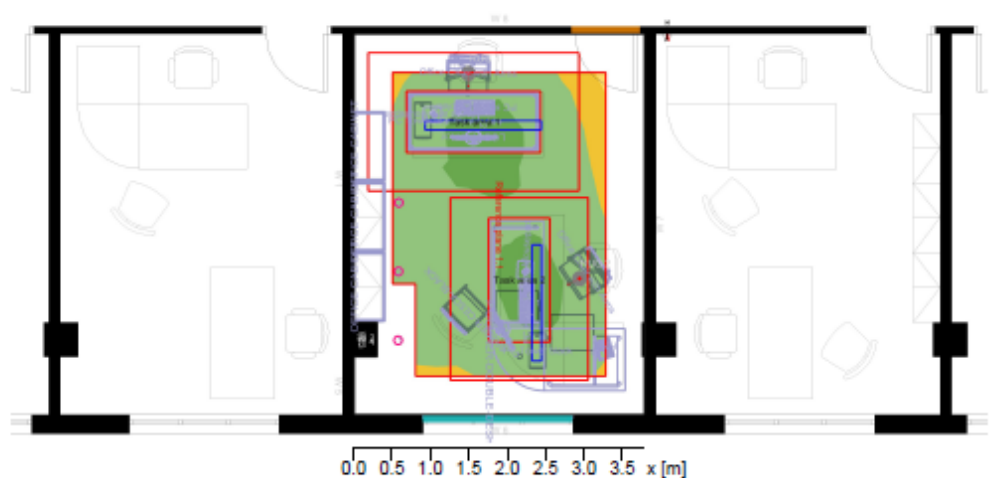
ΜΙΚΡΟ ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ ΣΕΝΑΡΙΟ 1

RELUX[®]

Γραφείο 2

Summary, Γραφείο 2

Result overview, Evaluation area 1



General

Calculation algorithm used
Maintenance factor

Average indirect fraction
0.80

Total luminous flux
Total power
Total power per area (18.60 m²)

12245.00 lm
118.3 W
6.25 W/m² (1.41 W/m²/100lx)

Workplace

Task area 1

User profile

Task area

Writing, typing, reading, dataprocessing
34.2 (EN 12464-1, 11.2021)

Surrounding

Background

\bar{E}_m	512 lx (>= 500 lx)	389 lx (>= 300 lx)	432 lx (>= 100 lx)
E_{min}	365 lx	177 lx	255 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.71 (>= 0.60)	0.45 (>= 0.40)	0.59 (>= 0.10)
Position	0.80 m		0.75 m

Task area 2

User profile

Writing, typing, reading, dataprocessing
34.2 (EN 12464-1, 11.2021)

\bar{E}_m	532 lx (>= 500 lx)	438 lx (>= 300 lx)	438 lx (>= 100 lx)
E_{min}	458 lx	268 lx	255 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.86 (>= 0.60)	0.61 (>= 0.40)	0.58 (>= 0.10)
Position	0.80 m		0.75 m

Evaluation area 1

Reference plane 1.1

\bar{E}_m	Horizontal 443 lx	cylindrical 155 lx (>= 150 lx)
-------------	----------------------	-----------------------------------

Γραφείο 2


Summary, Γραφείο 2


Result overview, Evaluation area 1

E_{min}	255 lx	112 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_o)$	0.58	0.72
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.46	
E_z/E_h		0.29
Position	0.75 m	1.20 m
RUG (3.0H 3.9H)	<=18.8	
Luminaire : (ECOOS2 5500-940 MSP L15 MPO LDE, 42186823)		

Major surfaces	\bar{E}_m		U_o	
M 1.5 (Ceiling)	235 lx	(>= 100 lx)	0.33	(>= 0.10)
M 1.1 (Wall)	161 lx	(>= 150 lx)	0.70	(>= 0.10)
M 1.2 (Wall)	165 lx	(>= 150 lx)	0.59	(>= 0.10)
M 1.3 (Wall)	153 lx	(>= 150 lx)	0.47	(>= 0.10)
M 1.4 (Wall)	169 lx	(>= 150 lx)	0.53	(>= 0.10)

Type No.\Make

5	3 x		Wever & Ducre	
			Order No.	: 735458W9 911041A1 single inner cover anthracite/
			Luminaire name	: RAY OUTDOOR 1.0 COB (2000K-3000K) 3000K F (single inner cover anthracite)
			Equipment	: 1 x COB (2000K-3000K) 3000K 5PM 7.7 W / 415 lm

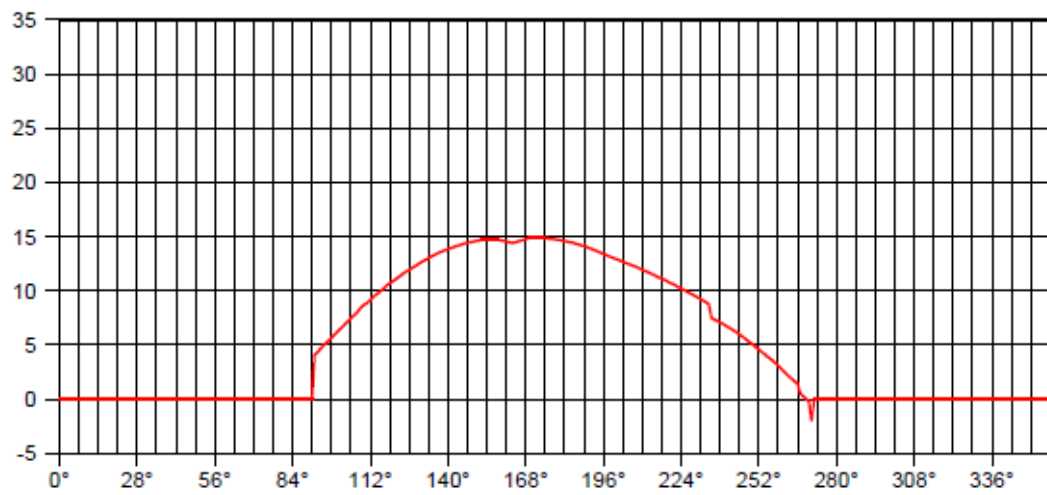
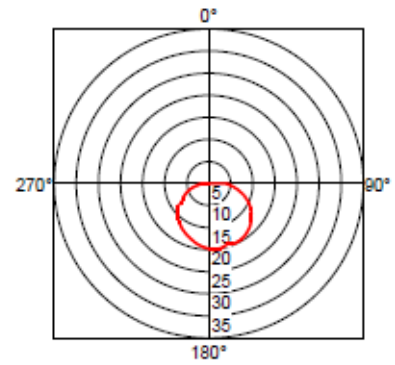
12	2 x		Zumtobel	
			Order No.	: 42186823
			Luminaire name	: ECOOS2 5500-940 MSP L15 MPO LDE
			Equipment	: 1 x LED 47 W / 5500 lm

Γραφείο 2

RELUX[®]

Calculation results, Γραφείο 2

Glare Rating (RUG) - RUG 1



Observer location : x = 1.49 m, y = -0.52 m, z = 1.20 m
: 180.00° (0.00, -1.00, 0.00)

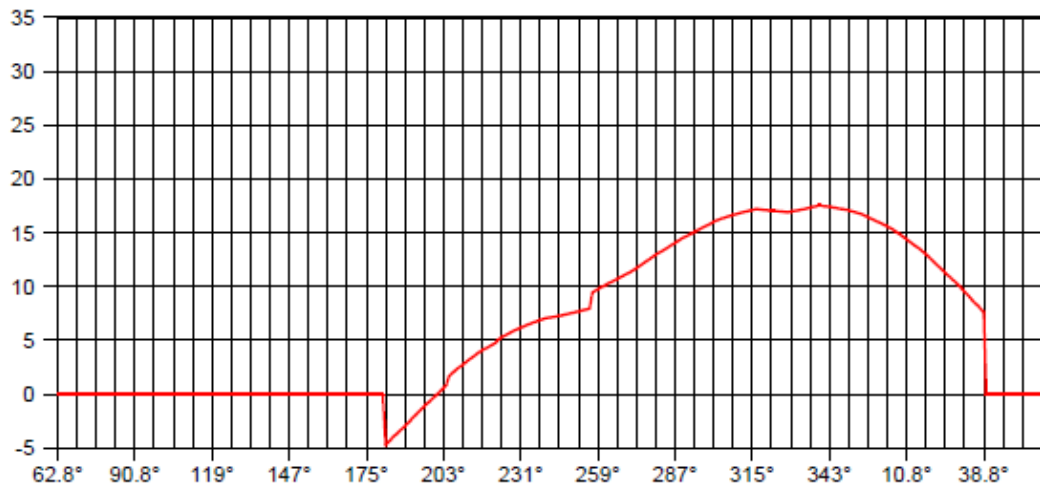
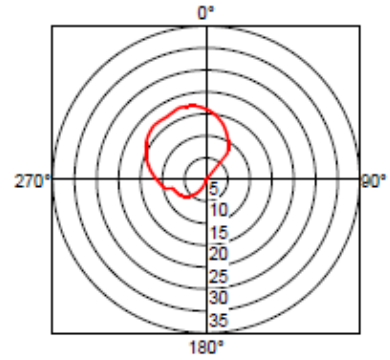
Maximum degree of glare : 14.9
(Values in the angular range applicable for RUG calculations)

Γραφείο 2

RELUX[®]

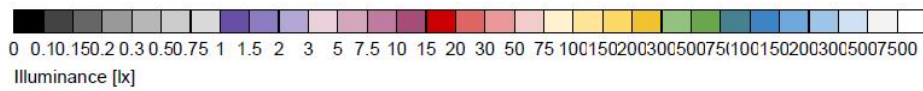
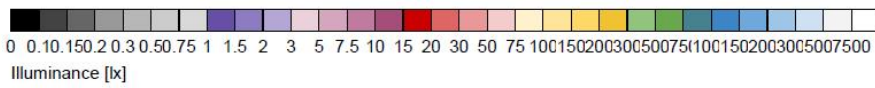
Calculation results, Γραφείο 2

Glare Rating (RUG) - RUG 2



Observer location : x = 2.94 m, y = -3.18 m, z = 1.20 m
: 242.78° (-0.89, -0.46, 0.00)

Maximum degree of glare : 17.5
(Values in the angular range applicable for RUG calculations)



ΜΙΚΡΟ ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ

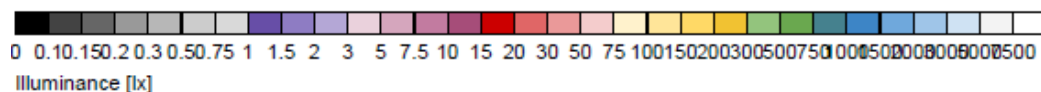
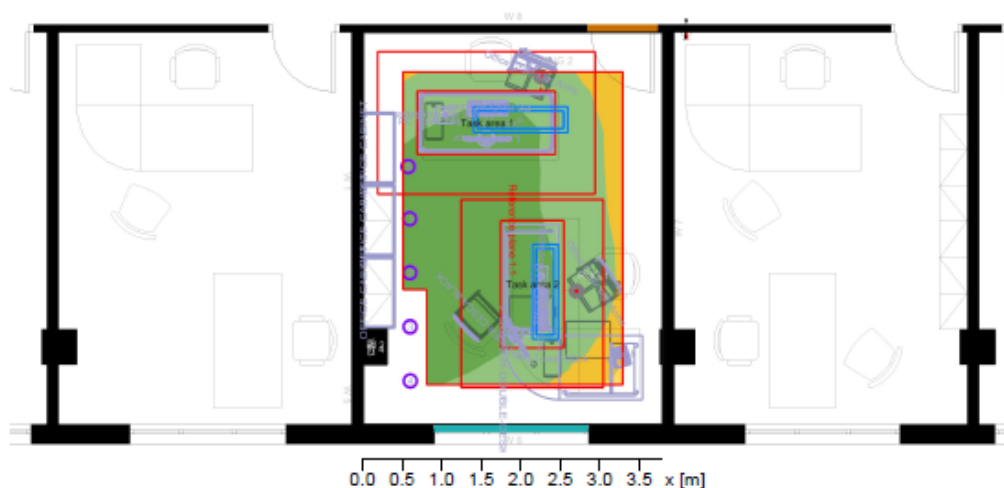
ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Γραφείο 2

RELUX[®]

Summary, Γραφείο 2

Result overview, Evaluation area 1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux	14314.00 lm
Total power	145.4 W
Total power per area (18.60 m ²)	7.82 W/m ² (1.57 W/m ² /100lx)

Workplace	Task area	Surrounding	Background
Task area 1			
User profile	Writing, typing, reading, dataprocessing 34.2 (EN 12464-1, 11.2021)		
\bar{E}_m	535 lx (>= 500 lx)	438 lx (>= 300 lx)	495 lx (>= 100 lx)
E_{min}	395 lx	199 lx	241 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.74 (>= 0.60)	0.45 (>= 0.40)	0.49 (>= 0.10)
Position	0.80 m		0.75 m
Task area 2			
User profile	Writing, typing, reading, dataprocessing 34.2 (EN 12464-1, 11.2021)		
\bar{E}_m	549 lx (>= 500 lx)	477 lx (>= 300 lx)	507 lx (>= 100 lx)
E_{min}	409 lx	212 lx	270 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.74 (>= 0.60)	0.44 (>= 0.40)	0.53 (>= 0.10)
Position	0.80 m		0.75 m
Evaluation area 1	Reference plane 1.1		
	Horizontal	cylindrical	
\bar{E}_m	498 lx	177 lx (>= 150 lx)	

Γραφείο 2


Summary, Γραφείο 2


Result overview, Evaluation area 1

E_{min}	241 lx	124 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.48	0.70
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.33	
E_z/E_h		0.31
Position	0.75 m	1.20 m
$R_{UG} (2.4H \ 3.2H)$	≤ 21.2	
Luminaire: (D70-S, D70-S155 LED 1100 840 SM)		

Major surfaces	\bar{E}_m		U_0	
M 1.5 (Ceiling)	158 lx	(≥ 100 lx)	0.45	(≥ 0.10)
M 1.1 (Wall)	281 lx	(≥ 150 lx)	0.26	(≥ 0.10)
M 1.2 (Wall)	193 lx	(≥ 150 lx)	0.44	(≥ 0.10)
M 1.3 (Wall)	143 lx	(≥ 150 lx)	0.43	(≥ 0.10)
M 1.4 (Wall)	164 lx	(≥ 150 lx)	0.39	(≥ 0.10)

Type No. \ Make

4	5 x		Glamox	
			Order No.	: D70-S155 LED 1100 840 SM
			Luminaire name	: D70-S
			Equipment	: 1 x LED 840 11 W / 1368 lm

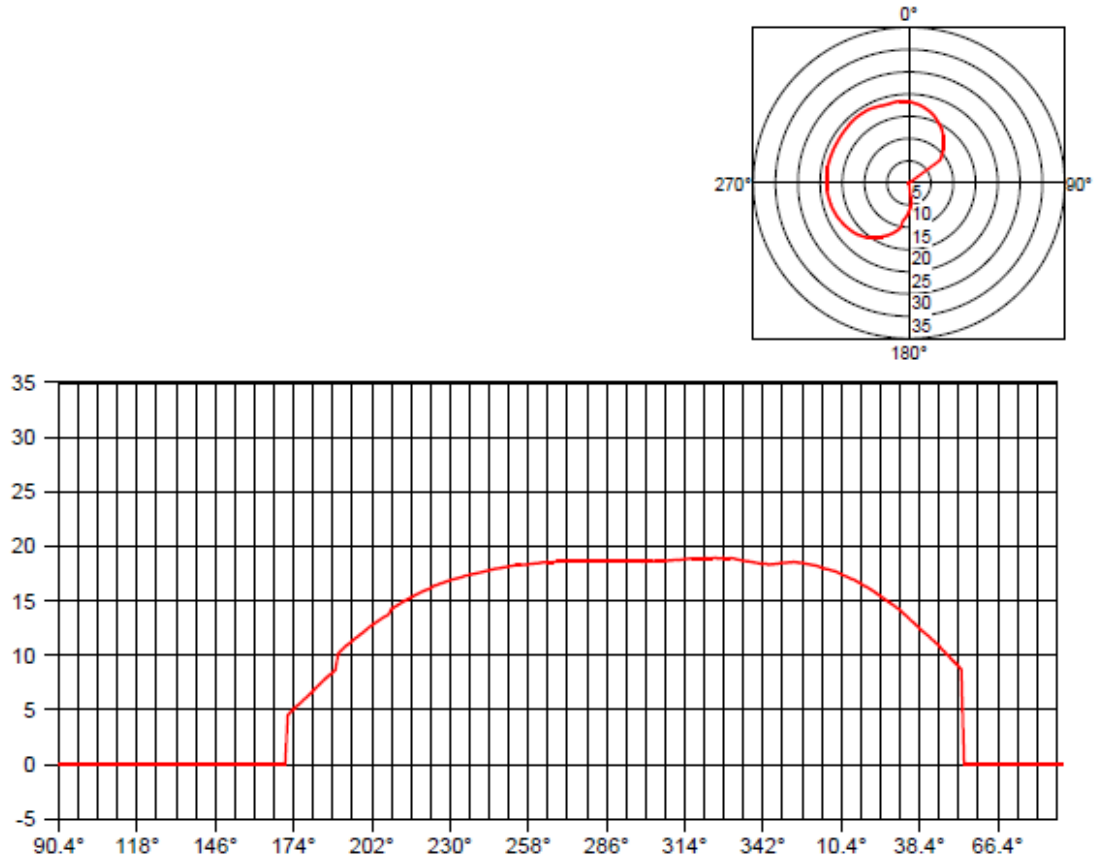
5	2 x		Regiolux	
			Order No.	: 3700 45W 927-965 DALI DT8 aen (43224016915)
			Luminaire name	: visula-VSHIG/1200 LED - Diffusor geeist Frosted diffuser
			Equipment	: 1 x LED 45.2 W / 3737 lm

Γραφείο 2

RELUX[®]

Calculation results, Γραφείο 2

Glare Rating (RUG) - RUG 1



Observer location : $x = 2.70 \text{ m}$, $y = -3.27 \text{ m}$, $z = 1.20 \text{ m}$
: $270.39^\circ (-1.00, 0.01, 0.00)$

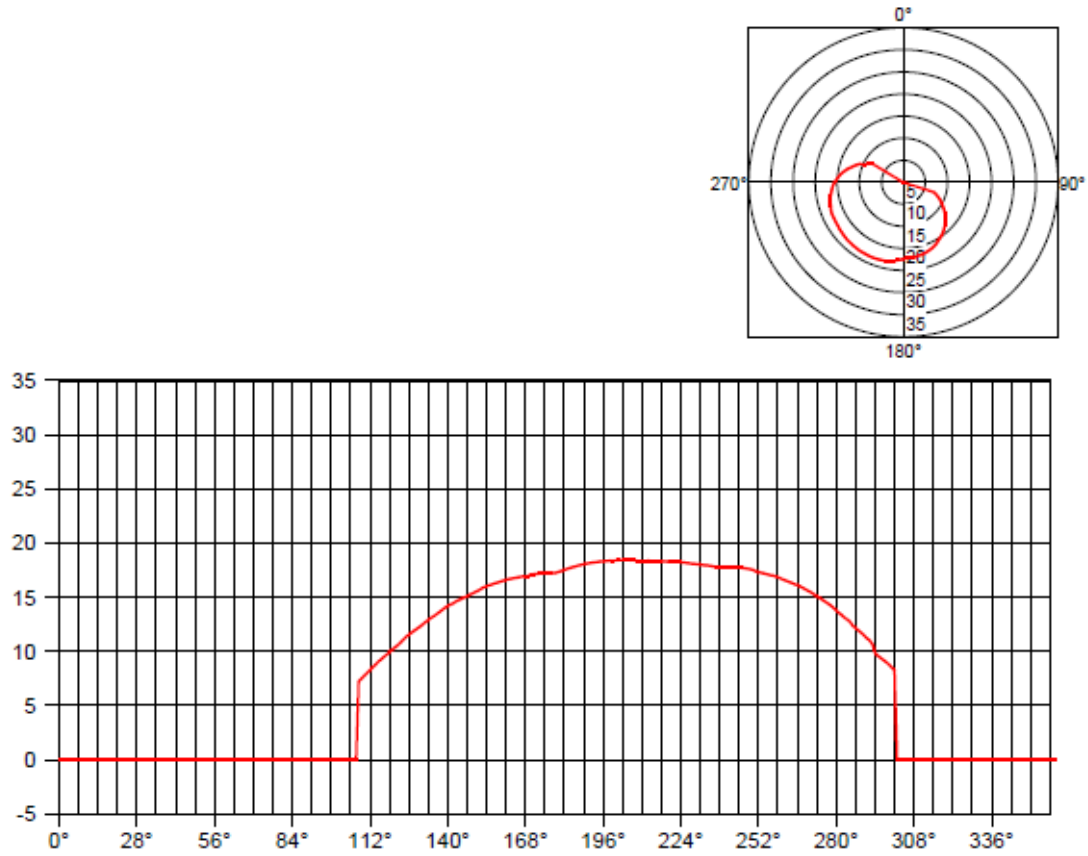
Maximum degree of glare : 18.9
(Values in the angular range applicable for RUG calculations)

Γραφείο 2

RELUX®

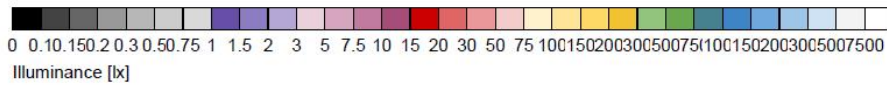
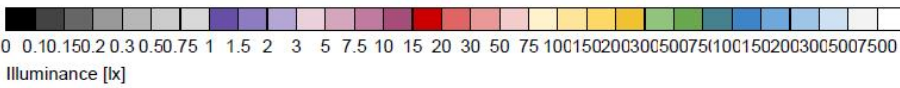
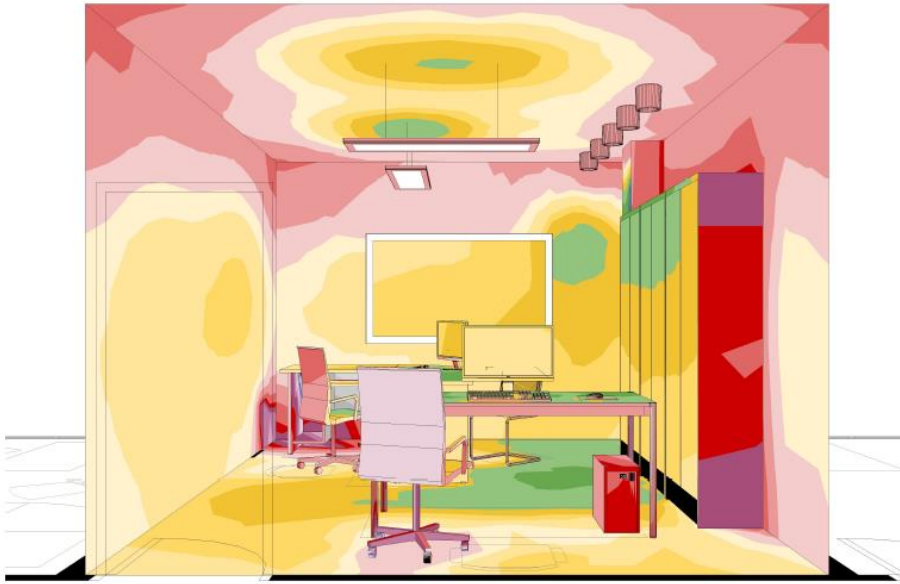
Calculation results, Γραφείο 2

Glare Rating (RUG) - RUG 2



Observer location : x = 2.25 m, y = -0.56 m, z = 1.20 m
: 180.00° (0.00, -1.00, 0.00)

Maximum degree of glare : 18.4
(Values in the angular range applicable for RUG calculations)



ΜΙΚΡΟ ΓΡΑΦΕΙΟ 2 ΘΕΣΕΩΝ

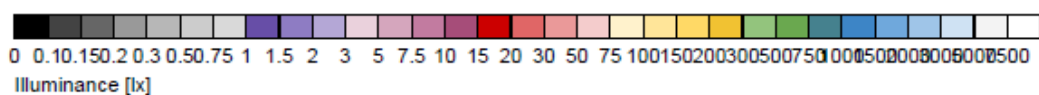
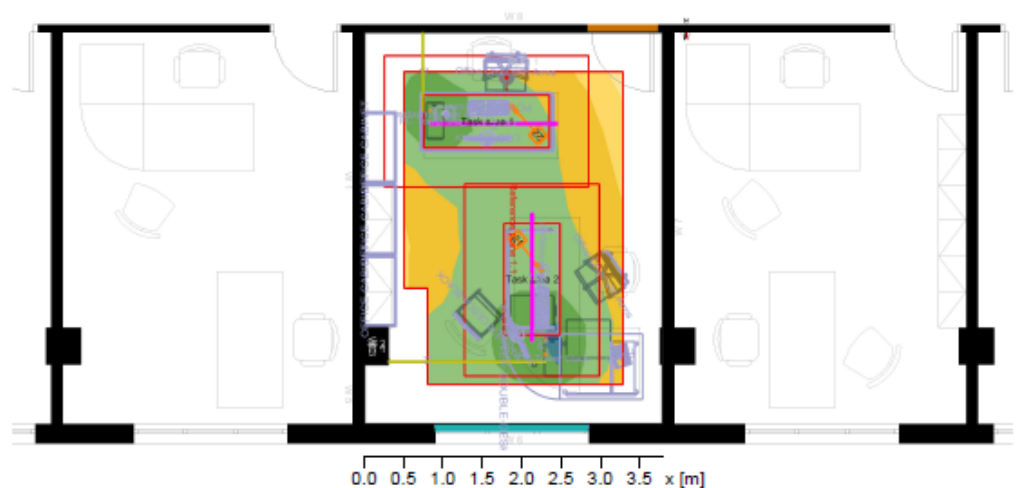
ΣΕΝΑΡΙΟ 3

RELUX[®]

4 Γραφείο 2

4.2 Summary, Γραφείο 2

4.2.1 Result overview, Evaluation area 1



General

Calculation algorithm used
Maintenance factor

Average indirect fraction
0.80

Total luminous flux
Total power
Total power per area (18.60 m²)

12144.00 lm
136.2 W
7.32 W/m² (1.90 W/m²/100lx)

Workplace

Task area 1

User profile

Task area

Writing, typing, reading, dataprocessing
34.2 (EN 12464-1, 11.2021)

Surrounding

Background

\bar{E}_m
 E_{min}
 $E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$
Position

502 lx (>= 500 lx)
307 lx
0.61 (>= 0.60)
0.80 m

368 lx (>= 300 lx)
177 lx
0.48 (>= 0.40)

371 lx (>= 100 lx)
175 lx
0.47 (>= 0.10)
0.75 m

Task area 2

User profile

Writing, typing, reading, dataprocessing
34.2 (EN 12464-1, 11.2021)

\bar{E}_m
 E_{min}
 $E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$
Position

512 lx (>= 500 lx)
357 lx
0.70 (>= 0.60)
0.80 m

442 lx (>= 300 lx)
259 lx
0.59 (>= 0.40)

341 lx (>= 100 lx)
175 lx
0.51 (>= 0.10)
0.75 m

Evaluation area 1

Reference plane 1.1

Horizontal
 \bar{E}_m

Horizontal
386 lx

cylindrical
180 lx (>= 150 lx)

4 Γραφείο 2

4.2 Summary, Γραφείο 2

4.2.1 Result overview, Evaluation area 1


E_{min}	175 lx	107 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_c)$	0.45	0.60
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.23	
E_z/E_h		0.40
Position	0.75 m	1.20 m
RUG (--- ---)	---	

Hints:

- Luminaires of the same type with equal height and orientation were not found.

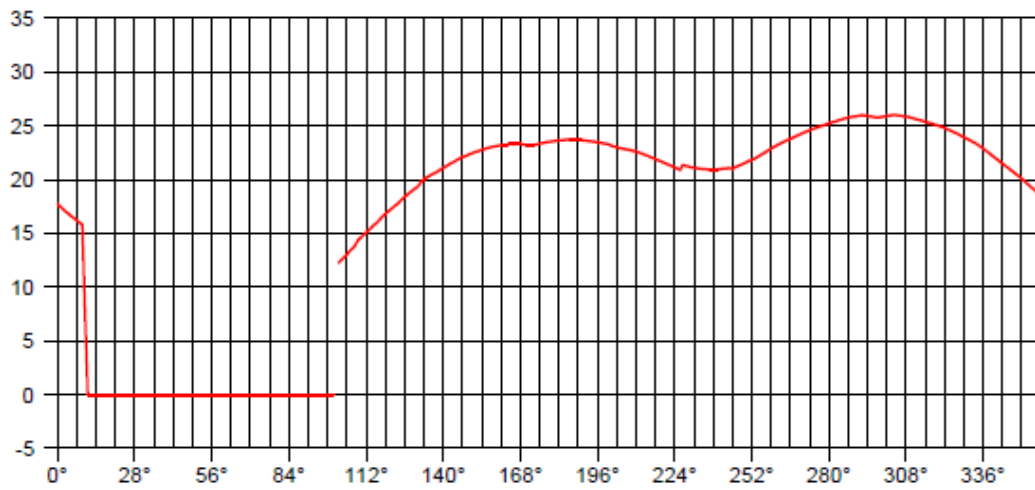
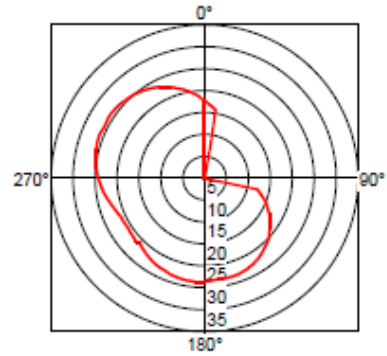
Major surfaces	\bar{E}_m		U_o	
M 1.5 (Ceiling)	126 lx	(>= 100 lx)	0.51	(>= 0.10)
M 1.1 (Wall)	194 lx	(>= 150 lx)	0.68	(>= 0.10)
M 1.2 (Wall)	239 lx	(>= 150 lx)	0.54	(>= 0.10)
M 1.3 (Wall)	170 lx	(>= 150 lx)	0.47	(>= 0.10)
M 1.4 (Wall)	173 lx	(>= 150 lx)	0.51	(>= 0.10)

Type No./Make

1	10 x	Collingwood Lighting	
		Order No.	: LSNT7330100
		Luminaire name	: LSNT
		Equipment	: 1 x LED 6.5 W / 480 lm
2	2 x	Wever & Ducre	
		Order No.	: 2561T8B5
		Luminaire name	: DARF 1.2 T8 LED 930 O
Equipment		: 1 x T8 LED 930 5TNS 23 W / 2940 lm	
5	3 x		
		Order No.	: 279264B5
		Luminaire name	: MATCH SUSPENDED 3.0 COB 930
Equipment		: 1 x COB 930 5TIT 8.4 W / 488 lm	

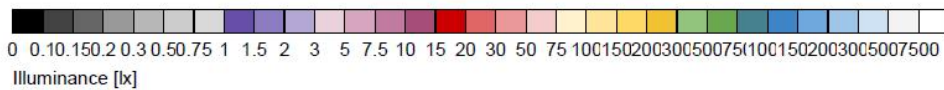
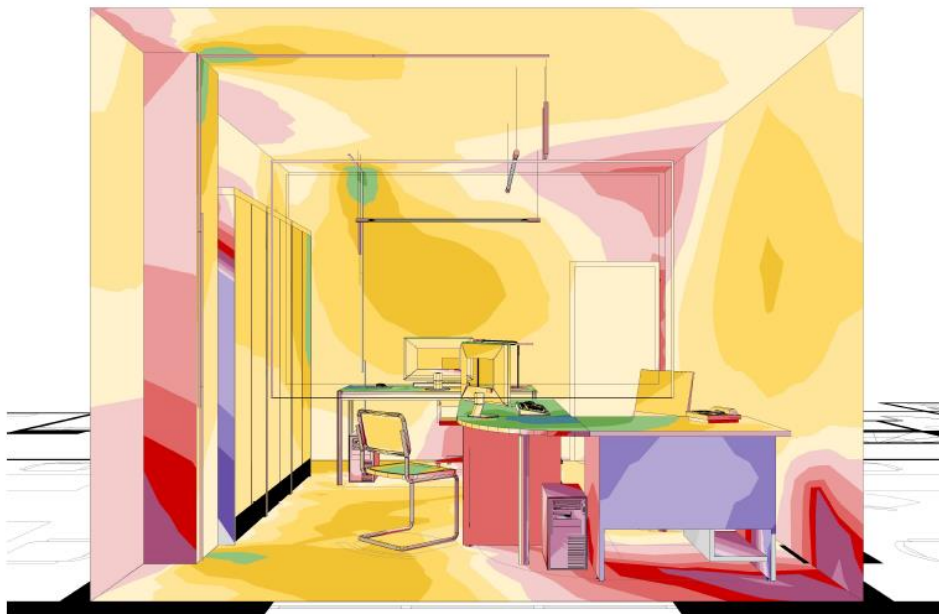
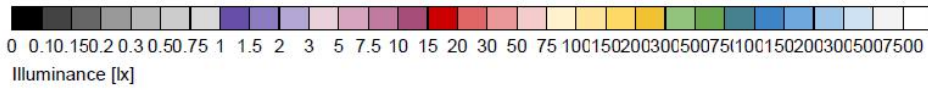
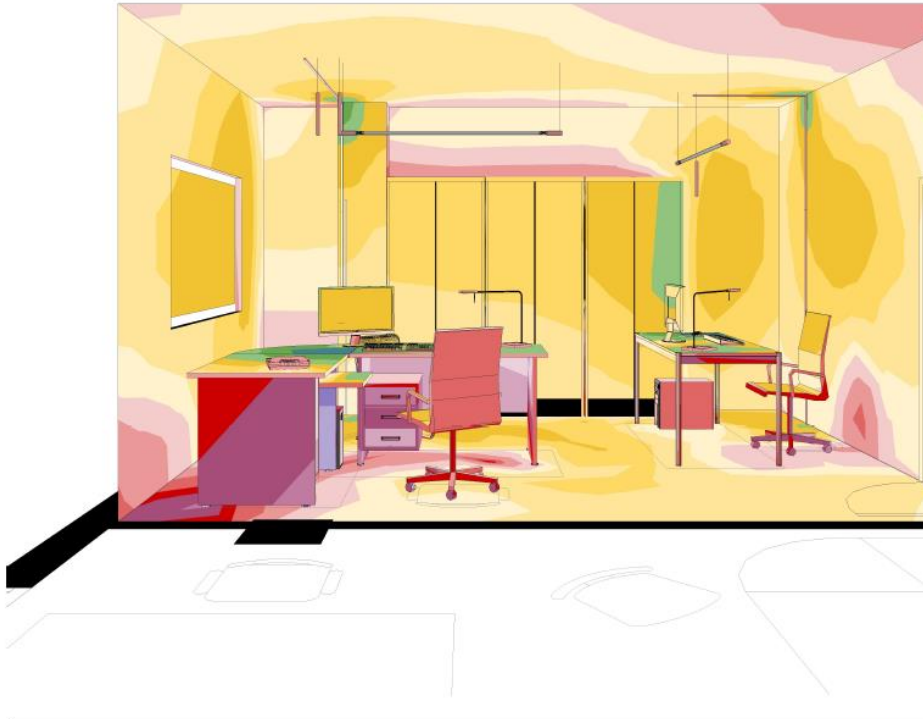
4.3 Calculation results, Γραφείο 2

4.3.13 Glare Rating (RUG) - RUG 1



Observer location : x = 1.81 m, y = -0.57 m, z = 1.20 m
 : 180.00° (0.00, -1.00, 0.00)

Maximum degree of glare : 26.0
 (Values in the angular range applicable for RUG calculations)



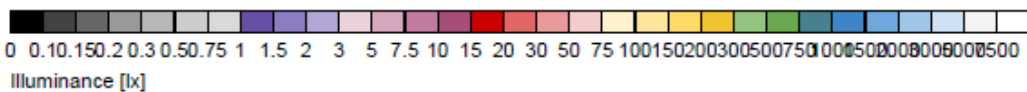
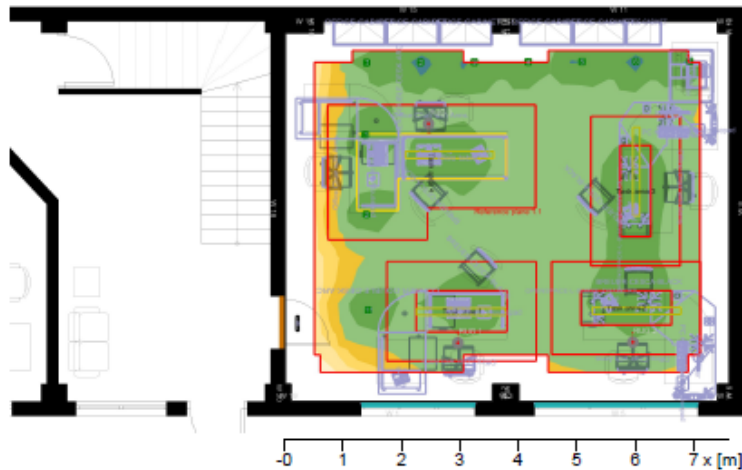
ΜΕΓΑΛΟ ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ

ΣΕΝΑΡΙΟ 1

Μεγάλο Γραφείο 2

Summary, Μεγάλο Γραφείο 2

Result overview, Evaluation area 1



General

Calculation algorithm used
Maintenance factor

Average indirect fraction
0.80

Total luminous flux
Total power
Total power per area (48.92 m²)

27820.00 lm
265.4 W
5.43 W/m² (1.19 W/m²/100lx)

Workplace

Task area 1

User profile

Task area

Writing, typing, reading, dataprocessing
34.2 (EN 12464-1, 11.2021)

Surrounding

Background

\bar{E}_m	555 lx	(≥ 500 lx)	448 lx	(≥ 300 lx)	455 lx	(≥ 100 lx)
E_{min}	486 lx		283 lx		154 lx	
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.88	(≥ 0.60)	0.63	(≥ 0.40)	0.34	(≥ 0.10)
Position	0.80 m				0.75 m	

Task area 2

User profile

Writing, typing, reading, dataprocessing
34.2 (EN 12464-1, 11.2021)

\bar{E}_m	571 lx	(≥ 500 lx)	461 lx	(≥ 300 lx)	455 lx	(≥ 100 lx)
E_{min}	481 lx		299 lx		154 lx	
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.84	(≥ 0.60)	0.65	(≥ 0.40)	0.34	(≥ 0.10)
Position	0.80 m				0.75 m	


Μεγάλο Γραφείο 2


Summary, Μεγάλο Γραφείο 2

Result overview, Evaluation area 1

Workplace	Task area	Surrounding	Background
Task area 3			
User profile	Writing, typing, reading, dataprocessing 34.2 (EN 12464-1, 11.2021)		
\bar{E}_m	579 lx (≥ 500 lx)	492 lx (≥ 300 lx)	454 lx (≥ 100 lx)
E_{min}	533 lx	355 lx	154 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.92 (≥ 0.60)	0.72 (≥ 0.40)	0.34 (≥ 0.10)
Position	0.80 m		
Task area 4			
User profile	Writing, typing, reading, dataprocessing 34.2 (EN 12464-1, 11.2021)		
\bar{E}_m	551 lx (≥ 500 lx)	464 lx (≥ 300 lx)	456 lx (≥ 100 lx)
E_{min}	432 lx	316 lx	154 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.79 (≥ 0.60)	0.68 (≥ 0.40)	0.34 (≥ 0.10)
Position	0.80 m		
Evaluation area 1	Reference plane 1.1		
	Horizontal	cylindrical	
\bar{E}_m	456 lx	150 lx (≥ 150 lx)	
E_{min}	154 lx	73 lx	
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.34	0.49	
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.20		
E_z/E_h		0.30	
Position	0.75 m	1.20 m	
Rug (6.0H 5.2H)	≤ 21.0		
Luminaire: (ECOOS2 5500-940 MSP L15 MPO LDE, 42186823)			
Major surfaces	\bar{E}_m	U_0	
M 1.7 (Ceiling)	178 lx (≥ 100 lx)	0.30 (≥ 0.10)	
M 1.1 (Wall)	131 lx (≥ 150 lx)	0.51 (≥ 0.10)	
M 1.2 (Wall)	172 lx (≥ 150 lx)	0.82 (≥ 0.10)	
M 1.3 (Wall)	168 lx (≥ 150 lx)	0.55 (≥ 0.10)	
M 1.4 (Wall)	140 lx (≥ 150 lx)	0.70 (≥ 0.10)	
M 1.5 (Wall)	141 lx (≥ 150 lx)	0.68 (≥ 0.10)	
M 1.6 (Wall)	92 lx (≥ 150 lx)	0.73 (≥ 0.10)	

Type No.\Make

	1 4 x	Zumtobel
		Order No. : 42186823
		Luminaire name : ECOOS2 5500-940 MSP L15 MPO LDE
		Equipment : 1 x LED 47 W / 5500 lm

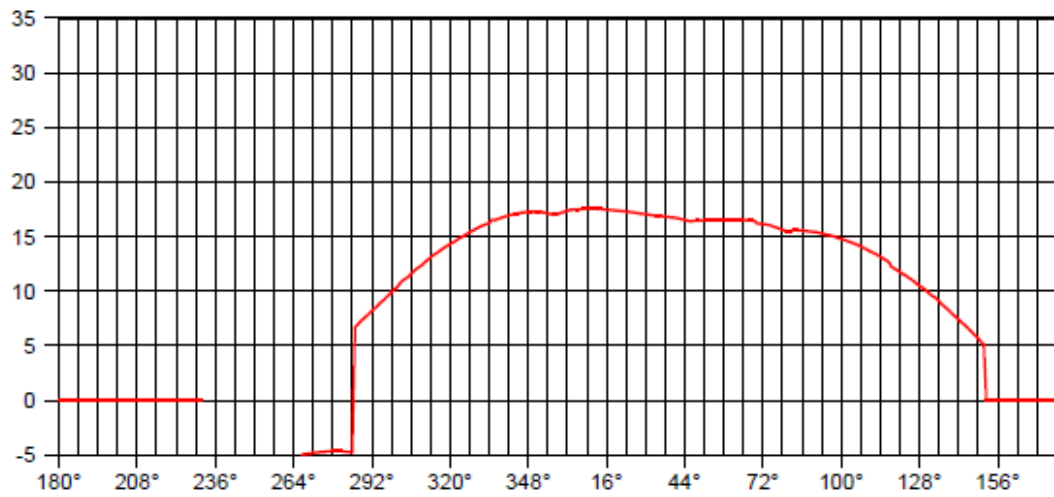
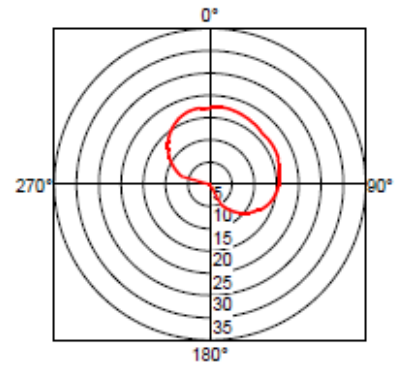
	9 10 x	Wever & Ducre
		Order No. : 186158W3 911011B1 single inner cover black
		Luminaire name : BOX 1.0 LED COB 930 F (single inner cover black)
		Equipment : 1 x COB 930 5TNZ 7.9 W / 582 lm

Μεγάλο Γραφείο 2

RELUX[®]

Calculation results, Μεγάλο Γραφείο 2

Glare Rating (RUG) - RUG 1



Observer location : x = 2.85 m, y = 1.00 m, z = 1.20 m
: 0.00° (-0.00, 1.00, 0.00)

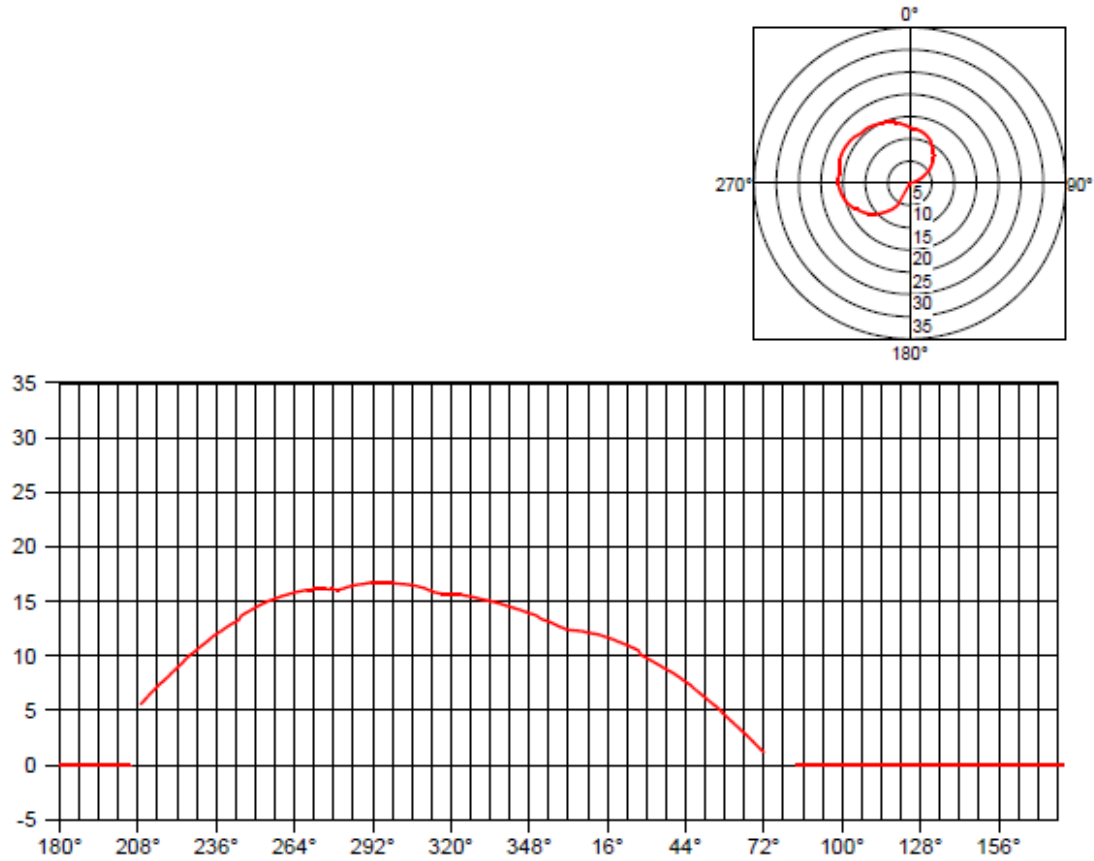
Maximum degree of glare : 17.6
(Values in the angular range applicable for RUG calculations)

Μεγάλο Γραφείο 2

RELUX[®]

Calculation results, Μεγάλο Γραφείο 2

Glare Rating (RUG) - RUG 2



Observer location : x = 5.85 m, y = 1.01 m, z = 1.20 m
: 0.00° (-0.00, 1.00, 0.00)

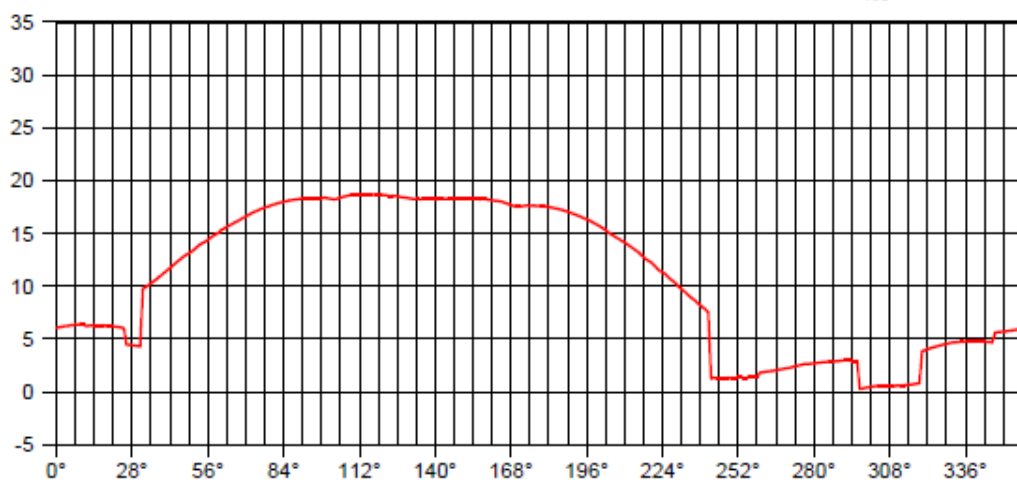
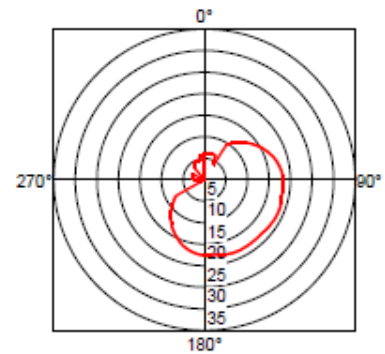
Maximum degree of glare : 16.7
(Values in the angular range applicable for RUG calculations)

Μεγάλο Γραφείο 2

RELUX[®]

Calculation results, Μεγάλο Γραφείο 2

Glare Rating (RUG) - RUG 3

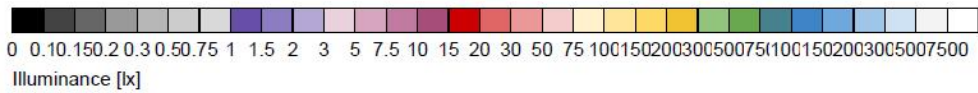
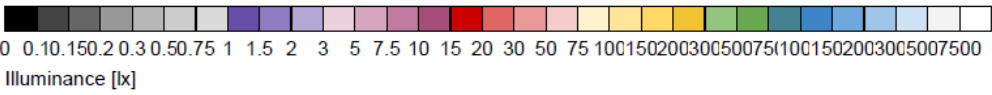


Observer location

: x = 2.35 m, y = 4.75 m, z = 1.20 m
: 180.00° (0.00, -1.00, 0.00)

Maximum degree of glare

: 18.7



ΜΕΓΑΛΟ ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ

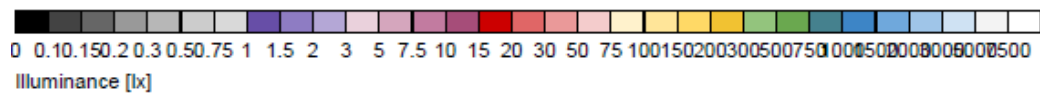
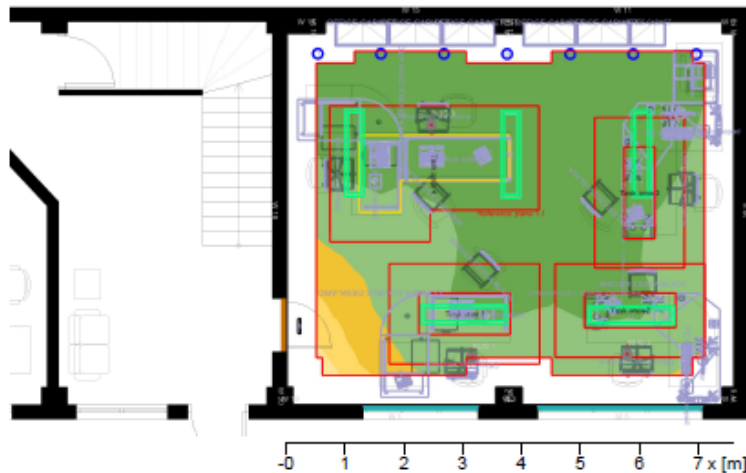
ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Μεγάλο Γραφείο 2

Summary, Μεγάλο Γραφείο 2

Result overview, Evaluation area 1

RELUX®



General

Calculation algorithm used
Height of luminaire plane
Maintenance factor

Average indirect fraction
2.90 m
0.80

Total luminous flux
Total power
Total power per area (48.92 m²)

41316.00 lm
351.0 W
7.18 W/m² (1.36 W/m²/100lx)

Workplace Task area 1 User profile

Task area

Surrounding

Background

Writing, typing, reading, dataprocessing
34.2 (EN 12464-1, 11.2021)
 \bar{E}_m 515 lx (≥ 500 lx) 454 lx (≥ 300 lx) 536 lx (≥ 100 lx)
 E_{min} 427 lx 277 lx 169 lx
 $E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$ 0.83 (≥ 0.60) 0.61 (≥ 0.40) 0.31 (≥ 0.10)
Position 0.80 m 0.75 m

Task area 2

User profile

Writing, typing, reading, dataprocessing

34.2 (EN 12464-1, 11.2021)
 \bar{E}_m 520 lx (≥ 500 lx) 459 lx (≥ 300 lx) 537 lx (≥ 100 lx)
 E_{min} 442 lx 292 lx 169 lx
 $E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$ 0.85 (≥ 0.60) 0.64 (≥ 0.40) 0.31 (≥ 0.10)
Position 0.80 m 0.75 m


Μεγάλο Γραφείο 2


Summary, Μεγάλο Γραφείο 2

Result overview, Evaluation area 1

Workplace	Task area	Surrounding	Background
Task area 3			
User profile	Writing, typing, reading, dataprocessing 34.2 (EN 12464-1, 11.2021)		
\bar{E}_m	571 lx (≥ 500 lx)	559 lx (≥ 300 lx)	523 lx (≥ 100 lx)
E_{min}	488 lx	409 lx	169 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_c)$	0.85 (≥ 0.60)	0.73 (≥ 0.40)	0.32 (≥ 0.10)
Position	0.80 m		
Task area 4			
User profile	Writing, typing, reading, dataprocessing 34.2 (EN 12464-1, 11.2021)		
\bar{E}_m	587 lx (≥ 500 lx)	585 lx (≥ 300 lx)	514 lx (≥ 100 lx)
E_{min}	487 lx	386 lx	169 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_c)$	0.83 (≥ 0.60)	0.66 (≥ 0.40)	0.33 (≥ 0.10)
Position	0.80 m		
Evaluation area 1	Reference plane 1.1		
	Horizontal	cylindrical	
\bar{E}_m	529 lx	210 lx (≥ 150 lx)	
E_{min}	169 lx	109 lx	
$E_{min}/\bar{E}_m (U_c)$	0.32	0.52	
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.23		
E_z/E_h		0.36	
Position	0.75 m	1.20 m	
RUG (4.9H 4.2H)	≤ 21.1		
Luminaire: (D70-S, D70-S155 LED 1100 840 SM)			
Major surfaces	\bar{E}_m	U_o	
M 1.7 (Ceiling)	183 lx (≥ 100 lx)	0.34 (≥ 0.10)	
M 1.1 (Wall)	180 lx (≥ 150 lx)	0.47 (≥ 0.10)	
M 1.2 (Wall)	237 lx (≥ 150 lx)	0.73 (≥ 0.10)	
M 1.3 (Wall)	251 lx (≥ 150 lx)	0.69 (≥ 0.10)	
M 1.4 (Wall)	364 lx (≥ 150 lx)	0.69 (≥ 0.10)	
M 1.5 (Wall)	363 lx (≥ 150 lx)	0.69 (≥ 0.10)	
M 1.6 (Wall)	233 lx (≥ 150 lx)	0.36 (≥ 0.10)	

Type No./Make

	29 5 x	Regiolux	
		Order No.	: 6300 55W 840 DALI2 aen (43351026615)
		Luminaire name	: visula-VSAIG/1500 LED - Diffusor geest Frosted diffuser
		Equipment	: 1 x LED 54.8 W / 6348 lm

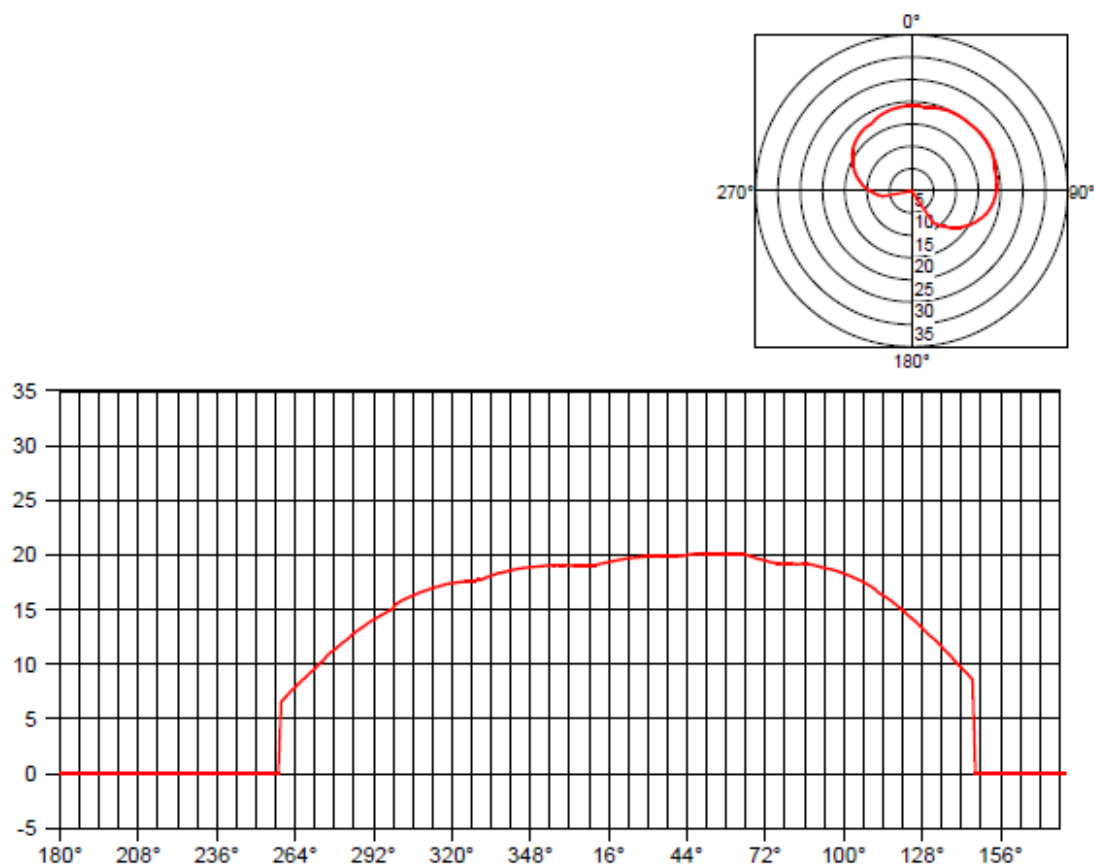
	22 7 x	Glamox	
		Order No.	: D70-S155 LED 1100 840 SM
		Luminaire name	: D70-S
		Equipment	: 1 x LED 840 11 W / 1368 lm

Μεγάλο Γραφείο 2

RELUX[®]

Calculation results, Μεγάλο Γραφείο 2

Glare Rating (RUG) - RUG 1



Observer location : $x = 3.03 \text{ m}$, $y = 0.80 \text{ m}$, $z = 1.20 \text{ m}$
: 0.00° (-0.00, 1.00, 0.00)

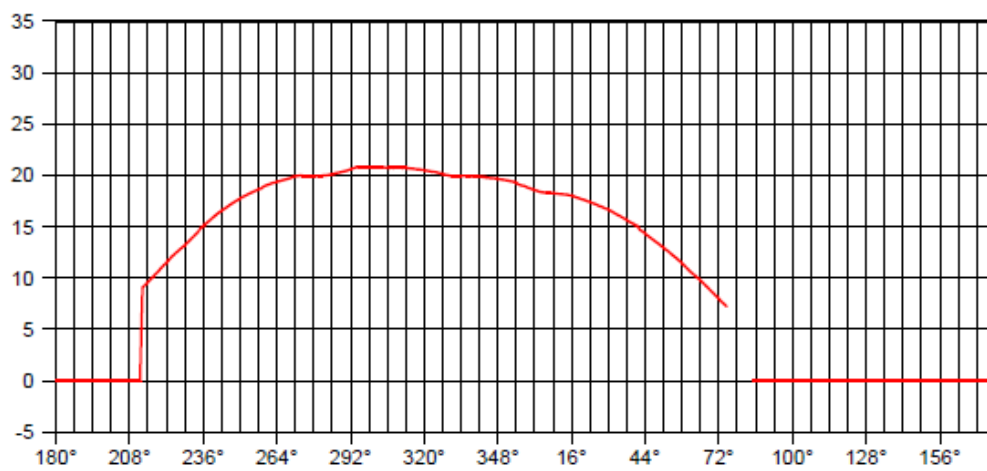
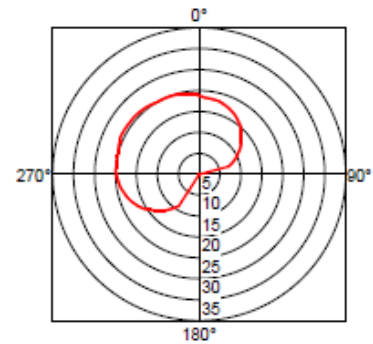
Maximum degree of glare : 20.2
(Values in the angular range applicable for RUG calculations)

Μεγάλο Γραφείο 2

RELUX[®]

Calculation results, Μεγάλο Γραφείο 2

Glare Rating (RUG) - RUG 2



Observer location : x = 5.69 m, y = 0.86 m, z = 1.20 m
: 0.00° (-0.00, 1.00, 0.00)

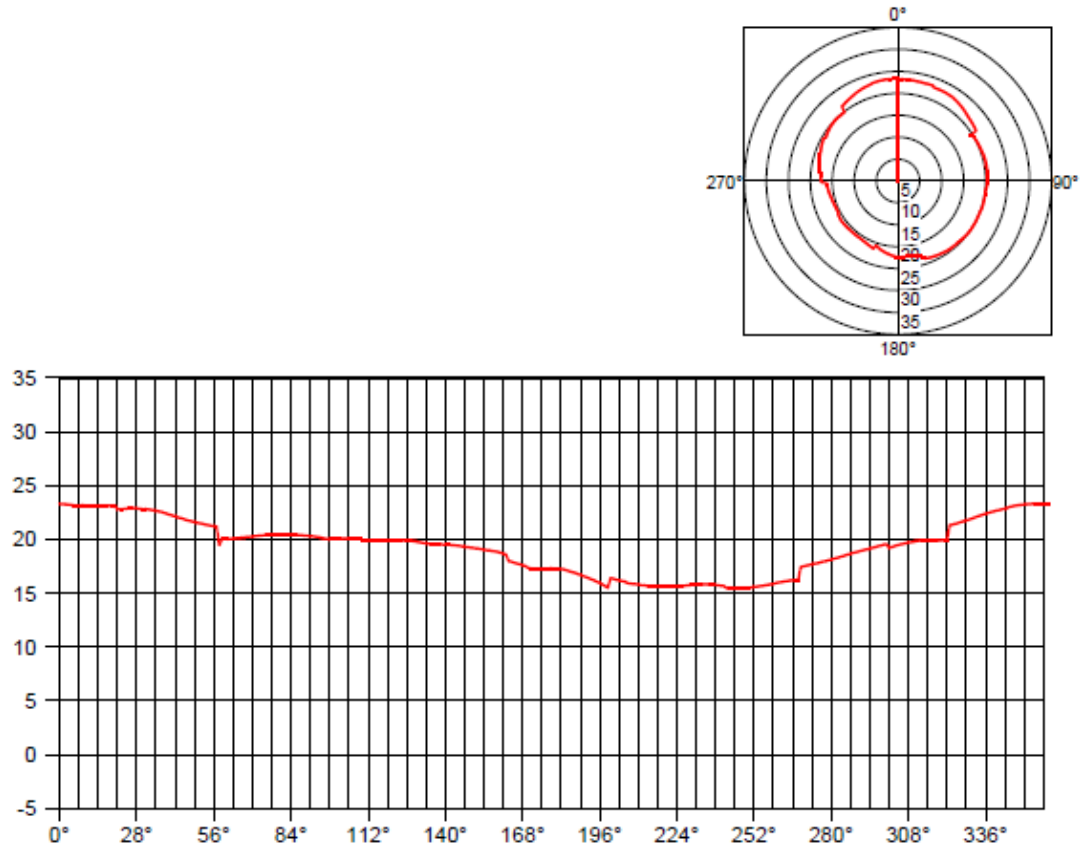
Maximum degree of glare : 20.8
(Values in the angular range applicable for RUG calculations)

Μεγάλο Γραφείο 2

RELUX[®]

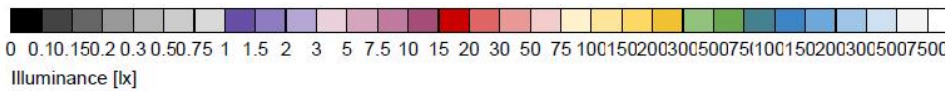
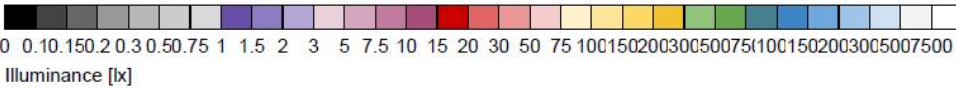
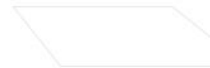
Calculation results, Μεγάλο Γραφείο 2

Glare Rating (RUG) - RUG 3



Observer location : x = 2.35 m, y = 4.75 m, z = 1.20 m
: 180.00° (0.00, -1.00, 0.00)

Maximum degree of glare : 23.3



ΜΕΓΑΛΟ ΓΡΑΦΕΙΟ 5 ΘΕΣΕΩΝ

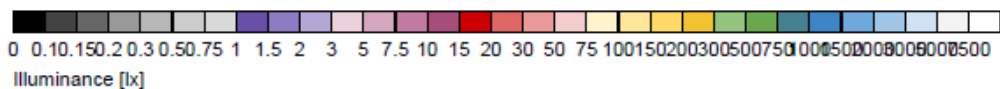
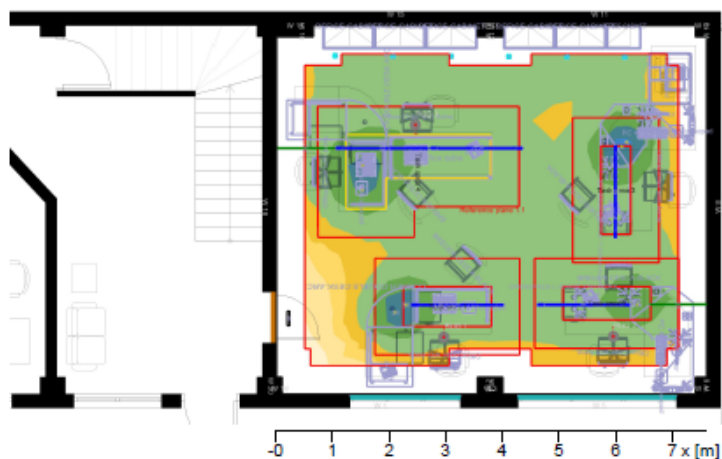
ΣΕΝΑΡΙΟ 3

Μεγάλο Γραφείο 2

Summary, Μεγάλο Γραφείο 2

Result overview, Evaluation area 1

RELUX[®]



General

Calculation algorithm used
Maintenance factor

Average indirect fraction
0.80

Total luminous flux
Total power
Total power per area (48.92 m²)

27236.00 lm
297.3 W
6.08 W/m² (1.55 W/m²/100lx)

Workplace

Task area 1

\bar{E}_m
 E_{min}
 $E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$
Position

Task area

538 lx
358 lx
0.67
0.80 m

Surrounding

417 lx
246 lx
0.59

Background

385 lx
106 lx
0.28
0.75 m

Task area 2

\bar{E}_m
 E_{min}
 $E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$
Position

539 lx
400 lx
0.74
0.80 m

418 lx
265 lx
0.63

388 lx
106 lx
0.27
0.75 m

Task area 3

User profile

\bar{E}_m
 E_{min}
 $E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$
Position

Writing, typing, reading, dataprocessing
34.2 (EN 12464-1, 11.2021)
576 lx (>= 500 lx)
387 lx (>= 0.60)
0.63
0.80 m

470 lx (>= 300 lx)
297 lx (>= 0.40)

386 lx (>= 100 lx)
106 lx (>= 0.10)
0.28 (>= 0.10)
0.75 m

Μεγάλο Γραφείο 2

Summary, Μεγάλο Γραφείο 2

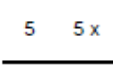



Result overview, Evaluation area 1

Workplace	Task area	Surrounding	Background
Task area 4	Writing, typing, reading, dataprocessing		
User profile	34.2 (EN 12464-1, 11.2021)		
\bar{E}_m	576 lx (≥ 500 lx)	419 lx (≥ 300 lx)	374 lx (≥ 100 lx)
E_{min}	406 lx	317 lx	106 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.71 (≥ 0.60)	0.76 (≥ 0.40)	0.28 (≥ 0.10)
Position	0.80 m		0.75 m

Evaluation area 1	Reference plane 1.1	
	Horizontal	cylindrical
\bar{E}_m	392 lx	179 lx (≥ 150 lx)
E_{min}	106 lx	86 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.27	0.48
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.11	
E_z/E_h		0.43
Position	0.75 m	1.20 m
$R_{UG} (6.4H \ 5.5H)$	≤ 25.2	
Luminaire: (DARF 1.2 T8 LED 930 O, 2561T8B5)		

Major surfaces	\bar{E}_m	U_0
M 1.7 (Ceiling)	113 lx (≥ 100 lx)	0.57 (≥ 0.10)
M 1.1 (Wall)	145 lx (≥ 150 lx)	0.59 (≥ 0.10)
M 1.2 (Wall)	206 lx (≥ 150 lx)	0.76 (≥ 0.10)
M 1.3 (Wall)	160 lx (≥ 150 lx)	0.62 (≥ 0.10)
M 1.4 (Wall)	158 lx (≥ 150 lx)	0.67 (≥ 0.10)
M 1.5 (Wall)	219 lx (≥ 150 lx)	0.80 (≥ 0.10)
M 1.6 (Wall)	142 lx (≥ 150 lx)	0.58 (≥ 0.10)

Type No./Make

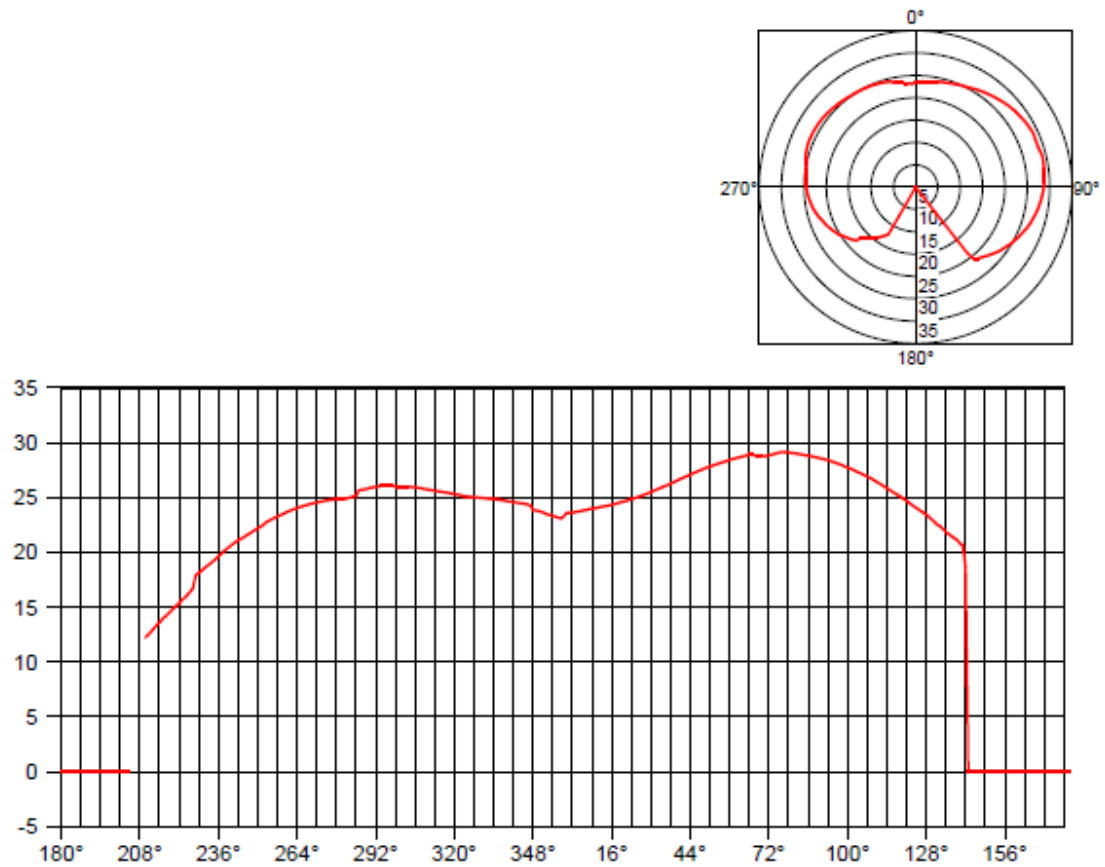
Wever & Ducre	
5	5 x
	Order No. : 2561T8B5 Luminaire name : DARF 1.2 T8 LED 930 O Equipment : 1 x T8 LED 930 5TNS 23 W / 2940 lm
Collingwood Lighting	
6	7 x
	Order No. : 279264B5 Luminaire name : MATCH SUSPENDED 3.0 COB 930 Equipment : 1 x COB 930 5TIT 8.4 W / 488 lm
12	6 x
	Order No. : 258120G0 PAR16 LAMP 3000K CRI90 Luminaire name : BOX mini 1.0 PAR16 930 F (PAR16 LAMP 3000K CRI90) Equipment : 1 x PAR16 930 5ZK 6.5 W / 480 lm
3	13 x
	Order No. : LSNT7330100 Luminaire name : LSNT Equipment : 1 x LED 6.5 W / 480 lm

Μεγάλο Γραφείο 2

RELUX[®]

Calculation results, Μεγάλο Γραφείο 2

Glare Rating (RUG) - RUG 2



Observer location : x = 5.85 m, y = 1.01 m, z = 1.20 m
: 0.00° (-0.00, 1.00, 0.00)

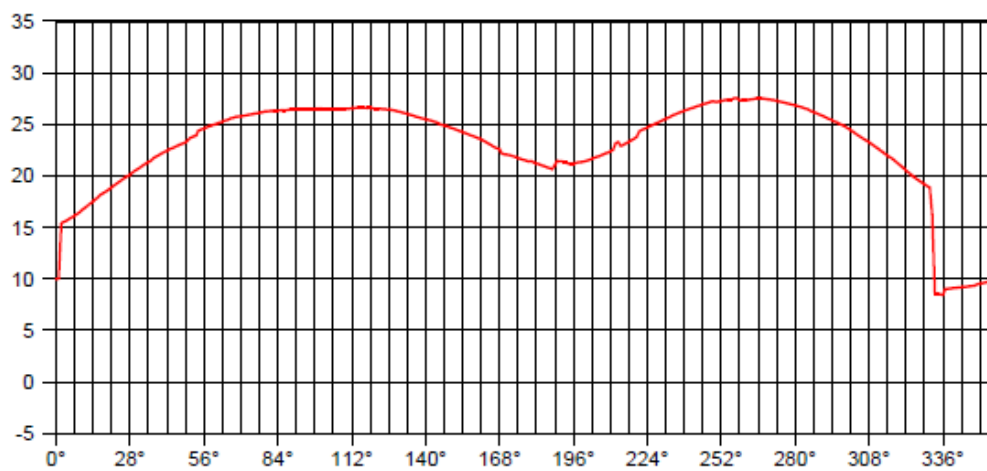
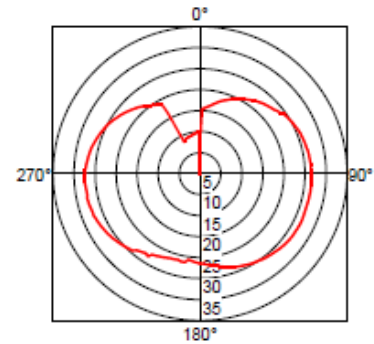
Maximum degree of glare : 29.1
(Values in the angular range applicable for RUG calculations)

Μεγάλο Γραφείο 2

RELUX®

Calculation results, Μεγάλο Γραφείο 2

Glare Rating (RUG) - RUG 3



Observer location : x = 2.35 m, y = 4.75 m, z = 1.20 m
: 180.00° (0.00, -1.00, 0.00)

Maximum degree of glare : 27.5

