
ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΑ

2^η Έκδοση

Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Λάμπρος Οικονόμου
Σταυρούλα Κουρτέση

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Βασικές Αρχές για την Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και το φως 15

1.1 Το φάσμα του ορατού φωτός	16
1.2 Μηχανισμός παραγωγής φωτός	18
1.3 Όραση	20
1.3.1 Ο οφθαλμός	20
1.3.2 Τα φωτοευαίσθητα κύτταρα (φωτοανιχνευτές)	20
1.3.3 Τύποι όρασης	22
1.3.4 Ευαισθησία του ανθρώπινου οφθαλμού	25
1.4 Μέλαν σώμα	25
1.5 Χρώμα φωτεινής πηγής	28
1.5.1 Χρώμα	28
1.5.2 Θερμοκρασία χρώματος	30
1.6 Ποιότητα χρώματος φωτεινής πηγής	32
1.7 Χρωματομετρία, χρωματικά συστήματα	33
1.7.1 Το χρωματικό σύστημα RGB	34
1.7.2 Το χρωματικό σύστημα x, y, z της CIE	36
1.7.3 Το χρωματικό μοντέλο CIELUV	40
1.7.4 Το χρωματικό μοντέλο CIELab	43

Κεφάλαιο 2: Θεμελιώδεις Νόμοι και Μεγέθη Φωτοτεχνίας 45

2.1 Στερεά γωνία	46
2.2 Φωτεινή ροή	49
2.3 Φωτεινή ένταση	52
2.4 Διαγράμματα κατανομής φωτεινής έντασης	55
2.5 Τυποποιημένα επίπεδα CIE	57
2.5.1 Σύστημα συντεταγμένων και άξονες	57
2.5.2 Επίπεδα μέτρησης της φωτεινής έντασης	58
2.5.3 Τυπικά διαγράμματα κατανομής φωτεινής έντασης	64
2.6 Διαγράμματα Isocandela	65
2.7 Ένταση φωτισμού	65
2.8 Διαγράμματα Isolux	69
2.9 Διάγραμμα κώνου	73
2.10 Λαμπρότητα	76
2.11 Θάμβωση και Διάγραμμα Soellner	79
2.12 Μέθοδος UGR	83
2.13 Συσχετισμός βασικών μεγεθών	84
2.14 Ανάκλαση, απορρόφηση, διαφάνεια	85
2.14.1 Ανάκλαση	87

2.14.1.1	Είδη ανάκλασης.....	87
2.14.1.2	Νόμος κανονικής ανάκλασης	88
2.14.1.3	Καθορισμός του χρώματος των σωμάτων από τη σύνθεση του ανακλώμενου φωτός	89
2.14.1.4	Φωτεινή Ένταση και Λαμπρότητα ανακλώμενου φωτός	91
2.14.2	Απορρόφηση	92
2.14.3	Διάθλαση	95
2.15	Φωτομετρικοί νόμοι	99
2.15.1	Φωτομετρικός νόμος των αποστάσεων-νόμος του αντίστροφου τετραγώνου99	
2.15.2	Φωτομετρικός νόμος του συνημίτονου	101
2.16	Νόμος Lambert, λαμπεριανή επιφάνεια	103
2.17	Μέτρηση Φωτεινής Έντασης	105

Κεφάλαιο 3: Φωτεινές Πηγές 107

3.1	Γενικά	108
3.2	Λαμπτήρες πυράκτωσης	109
3.2.1	Γενικά	109
3.2.2	Η δομή των λαμπτήρων πυράκτωσης	109
3.2.2.1	Νήμα	110
3.2.2.2	Κώδωνας	113
3.2.2.3	Αέριο πλήρωσης	114
3.2.2.4	Βάση λαμπτήρα	115
3.2.3	Χρόνος ζωής, θερμοκρασία χρώματος και απόδοση συναρτήσει της τάσης λειτουργίας	115
3.2.4	Καταπόνηση λαμπτήρων πυράκτωσης	117
3.2.5	Λαμπτήρες Αλογόνου	119
3.2.6	Ρύθμιση φωτεινής ροής λαμπτήρων πυράκτωσης και αλογόνου (dimming)	122
3.3	Λαμπτήρες φθορισμού	123
3.3.1	Δομή	123
3.3.2	Λειτουργία και έναυση	127
3.3.3	Βασικότερα είδη λαμπτήρων φθορισμού	130
3.3.4	Απόδοση φωτισμού, χρόνος ζωής και θερμοκρασία χρώματος	132
3.3.5	Ρύθμιση φωτεινής ροής λαμπτήρων φθορισμού (dimming)	140
3.3.6	Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα	142
3.4	Λαμπτήρες επαγωγής	142
3.5	Λαμπτήρες εκκένωσης υψηλής έντασης	143
3.5.1	Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης	144
3.5.1.1	Δομή και λειτουργία	144
3.5.1.2	Έναυση	146
3.5.1.3	Διάρκεια ζωής, διατήρηση lumen, θέση λειτουργίας	147
3.5.1.4	Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα	147
3.5.1.5	Λαμπτήρες μεικτού φωτισμού ή βολφραμίου	148
3.5.2	Λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων	148
3.5.2.1	Δομή και λειτουργία	148
3.5.2.2	Έναυση	152
3.5.2.3	Διάρκεια ζωής, διατήρηση lumen, θέση λειτουργίας	153
3.5.2.4	Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα	153
3.5.3	Λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης	154
3.5.3.1	Γενικά	154
3.5.3.2	Δομή	155

3.5.4 Λαμπτήρες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης	156
3.5.4.1 Δομή και λειτουργία	156
3.5.4.2 Έναυση	158
3.5.4.3 Διάρκεια ζωής, διατήρηση lumen, θέση λειτουργίας	158
3.5.4.4 Βοηθητικός εξοπλισμός	159
3.5.4.5 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα	159
3.5.5 Χρόνος έναυσης, διάρκεια ζωής και διατήρηση lumen των λαμπτήρων εκκένωσης υψηλής έντασης	161
3.5.6 Ρύθμιση φωτεινής ροής λαμπτήρων εκκένωσης υψηλής έντασης (dimming)	162
3.6 Φωτοεκπέμπουσες διοδοί (Light Emitting Diodes - L.E.D.)	165
3.6.1 Δομή και λειτουργία των LED	165
3.6.2 Απόδοση και χρώμα των LED	169
3.7 Σύγκριση απόδοσης λαμπτήρων	171

Κεφάλαιο 4: Φωτισμός Εσωτερικών Χώρων 179

4.1 Φωτιστικά σώματα εσωτερικού χώρου	180
4.1.1 Εισαγωγή	180
4.1.2 Είδη φωτιστικών σωμάτων	181
4.1.3 Φωτιστικά σώματα εσωτερικού χώρου γενικού φωτισμού	181
4.1.4 Διάκριση φωτιστικών σωμάτων ανάλογα με την κατανομή της φωτεινής ροής	
4.1.5 Συντήρηση	185
4.1.6 Κωδικοποίηση χαρακτηριστικών φωτιστικών σωμάτων (Luminaire Classification) ..	186
4.1.6.1 Κατανομή της φωτεινής ροής του φωτιστικού	186
4.1.6.2 Κωδικοποίηση κατά την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN)	187
4.1.6.3 Κωδικοποίηση κατά CIE	190
4.1.6.4 Κωδικοποίηση κατά DIN	194
4.1.6.5 Κωδικοποίηση κατά UTE	198
4.1.6.6 Εκπομπή άμεσου φωτισμού από το φωτιστικό	202
4.2 Μελέτη φωτισμού με τη μεθοδολογία των διαδοχικών κοιλοτήτων	203
4.2.1 Εισαγωγή	203
4.2.2 Ένταση φωτισμού χώρου	205
4.2.3 Συντελεστές αναλογίας κοιλοτήτων	206
4.2.3.1 Μαθηματικός προσδιορισμός	206
4.2.3.2 Υπολογισμός των συντελεστών αναλογίας κοιλοτήτων μη ορθογώνιων χώρων ..	207
4.2.4 Ενεργός ανάκλαση κοιλοτήτων	208
4.2.4.1 Συντελεστής ανάκλασης επιφανείας	208
4.2.4.2 Ενεργός ανάκλαση	208
4.2.4.2.1 Συντελεστής ενεργού ανάκλασης	210
4.2.4.2.2 Προσδιορισμός συντελεστών ενεργού ανάκλασης μέσω πινάκων	211
4.2.4.2.3 Προσδιορισμός συντελεστών ενεργού ανάκλασης μέσω αναλυτικών σχέ- σεων	212
4.2.5 Συντελεστής χρησιμοποίησης φωτιστικών σωμάτων	214
4.2.5.1 Η έννοια του συντελεστή χρησιμοποίησης	214
4.2.5.2 Υπολογισμός του συντελεστή χρησιμοποίησης	215
4.2.6 Συντελεστές απωλειών φωτεινής ροής	217
4.2.6.1 Ταξινόμηση παραγόντων απωλειών φωτεινής ροής	217
4.2.6.1.1 Θερμοκρασία περιβάλλοντος	218
4.2.6.1.2 Τάση λειτουργίας	220
4.2.6.1.3 Επίδραση στραγγαλιστικού πηνίου (ballast)	221
4.2.6.1.4 Απομείωση επιφάνειας φωτιστικού σώματος	221
4.2.6.1.5 Τρόπος λειτουργίας φωτιστικού σώματος	221

4.2.6.2 Αναστρέψιμοι συντελεστές απωλειών	222
4.2.6.2.1 Μείωση φωτεινής ροής λαμπτήρων	222
4.2.6.2.2 Ρύπανση επιφανειών χώρου	223
4.2.6.2.3 Ρύπανση φωτιστικού σώματος	224
4.2.6.2.4 Καταστροφή – αντικατάσταση λαμπτήρων	226
4.2.6.3 Υπολογισμός συντελεστή απωλειών φωτεινής ροής	227
4.2.7 Υπολογισμός αριθμού φωτιστικών σωμάτων	228
4.3 Μελέτη φωτισμού εσωτερικών χώρων κατά CEN (Comité Européen de Normalisation)	229
4.4 Συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού	233
4.4.1 Οι σημαντικότερες μέθοδοι για την εξοικονόμηση ενέργειας	233
4.4.2 Ηλεκτρονικά στραγγαλιστικά πηνία (ballast) αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών	234
4.4.2.1 Πλεονεκτήματα	234
4.4.2.2 Καλύτερη απόδοση του λαμπτήρα	237
4.4.2.3 Χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας	238
4.4.3 Φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες T5	239
4.4.4 Τοπικοί αυτοματισμοί	240
4.4.5 Συστήματα κεντρικής διαχείρισης	241
4.4.6 Επιλογή λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων	244
4.4.6.1 Λαμπτήρες	244
4.4.6.2 Φωτιστικά σώματα	245
4.4.7 Συντελεστής ισχύος	247
4.4.8 Συντήρηση της εγκατάστασης φωτισμού	247

Κεφάλαιο 5: Μελέτες Φωτισμού Εξωτερικών Χώρων 249

5.1 Εισαγωγή στον φωτισμό εξωτερικών χώρων	250
5.2 Φωτιστικά σώματα εξωτερικού χώρου	254
5.2.1 Φωτισμός δρόμων	254
5.2.2 Φωτισμός χώρων στάθμευσης	256
5.2.3 Φωτισμός πάρκων και πεζοδρόμων	257
5.2.4 Φωτισμός τοπίων και κτιρίων	257
5.3 Βασικά στοιχεία μελετών	258
5.3.1 Φωτισμός δρόμων	260
5.3.2 Φωτισμός αθλητικών εγκαταστάσεων	268
5.3.3 Φωτισμός τοπίων	272
5.3.4 Φωτισμός κτιρίων και γλυπτών	276
5.4 Φωτορύπανση	277

Κεφάλαιο 6: Αξιοποίηση του Ηλιακού Φωτός 287

6.1 Εισαγωγή	288
6.2 Λόγοι αξιοποίησης του ηλιακού φωτός	288
6.2.1 Εξοικονόμηση ενέργειας	288
6.2.2 Ποιότητα χρώματος του ηλιακού φωτός	289
6.2.3 Αισθητική	290
6.2.4 Ψυχολογία	290
6.3 Διαθεσιμότητα ηλιακού φωτός	291
6.3.1 Η θέση του ήλιου	292
6.3.2 Ηλιακός χρόνος	299

6.3.3 Τυποποιημένες συνθήκες	300
6.3.4 Άλλοι παράγοντες	300
6.3.5 Ανακλώμενο φως από το έδαφος	301
6.4 Φυσικός φωτισμός	303
6.4.1 Γενικά	303
6.4.2 Συστήματα φυσικού φωτισμού	303
6.4.3 Φωταγωγοί και αίθρια	304
6.4.4 Παράθυρα	307
6.4.5 Ράφια φωτισμού	309
6.4.6 Ανοίγματα οροφής	312
6.5 Απλοί μέθοδοι ελέγχου φυσικού φωτισμού	313
6.5.1 Σκίαστρα	313
6.5.2 Πτερύγια	313
6.5.3 Περσίδες	313
6.5.4 Υλικά υαλοπινάκων	314
6.5.5 Εξειδικευμένοι υαλοπίνακες	317
6.5.6 Έλεγχος εκ των έσω	318
6.6 Εξειδικευμένοι μέθοδοι ελέγχου φυσικού φωτισμού	318
6.6.1 Χειρισμός από τους ενοίκους	319
6.6.2 Αισθητήρας ηλιακού φωτός με σύστημα αφής/σβέσης	319
6.6.3 Αισθητήρας ηλιακού φωτός με σύστημα ρύθμισης	320

Κεφάλαιο 7: Διαχείριση Ενέργειας και Οικονομική Ανάλυση 323

7.1 Εισαγωγή	324
7.2 Διαχείριση Ενέργειας	326
7.2.1 Σχεδιασμός	326
7.2.2 Εξοπλισμός	327
7.2.3 Συντήρηση	330
7.2.4 Κώδικες και Πρότυπα	330
7.3 Οικονομική Ανάλυση	330
7.3.1 Κόστος	331
7.3.2 Ανάλυση Κόστους	332
7.3.3 Εκτίμηση Ανάλυσης Κόστους	337

Παράρτημα Α: Φωτογραφικό Υλικό Λαμπτήρων Φωτισμού, Φωτιστικών Σωμάτων και Εφαρμογών Φωτισμού 345

Παράρτημα Β: Πίνακες Μεγεθών Φωτισμού 387

Παράρτημα Γ: Εγχειρίδιο Προγράμματος Μελέτης Φωτισμού DIALux 421

Γ.1 Εισαγωγή	422
Γ.2 Εγκατάσταση	422
Γ.2.1 Εγκατάσταση μέσω διαδικτύου	422
Γ.2.2 Εγκατάσταση μέσω CD	422
Γ.3 Online Menu - Ενημέρωση μέσω διαδικτύου	423
Γ.4 Εγκατάσταση δεδομένων φωτιστικών σωμάτων	423
Γ.4.1 Plugins	423
Γ.4.2 Διαδικτυακή ενημέρωση των καταλόγων των φωτιστικών σωμάτων (Luminaries catalogues)	423

Γ.4.3 Online Catalogs	423
Γ.4.4 Plugins λαμπτήρων	424
Γ.5 DIALux Light	424
Γ.6 Δουλεύοντας με βοηθούς (Wizards).....	432
Γ.7 Το περιβάλλον χρήστη του DIALux	443
Γ.7.1 Το παράθυρο CAD	444
Γ.7.2 Διαχειριστής Μελέτης - Project Manager	446
Γ.7.3 Επιλογή Φωτιστικών (Luminaries Selection)	448
Γ.7.4 Τράπεζα Δεδομένων Χρήστη (User Database)	448
Γ.7.5 Plugins λαμπτήρων	449
Γ.7.6 Βιβλιοθήκη (μενού) αντικειμένων (objects)	450
Γ.7.7 Βιβλιοθήκη (μενού) χρωμάτων (colours)	451
Γ.7.8 Μενού αποτελεσμάτων (output)	451
Γ.7.9 Ο Οδηγός (The Guide)	453
Γ.7.10 The Inspector	454
Γ.8 Επιλογή προσωπικών ρυθμίσεων	455
Γ.9 Δημιουργία νέας μελέτης	459
Γ.10 Επεξεργασία χώρων	460
Γ.10.1 Γεωμετρία χώρου	460
Γ.10.2 Δεδομένα χώρου	462
Γ.11 Εισαγωγή στοιχείων και αντικειμένων	463
Γ.11.1 Εισαγωγή και δημιουργία επίπλων	464
Γ.11.2 Γυάλινα αντικείμενα	467
Γ.11.3 Πόρτες και παράθυρα	468
Γ.11.4 Αντικείμενα διακόσμησης	469
Γ.12 Υφές (Textures)	469
Γ.13 Καρτέλα Material για επιφάνειες	472
Γ.13.1 Χρώμα (Colour)	472
Γ.13.2 Ανάκλαση (Reflection factor)	472
Γ.13.3 Διαφάνεια (Transparency)	472
Γ.13.4 Τραχύτητα (Roughness)	473
Γ.13.5 Κατοπτρισμός (Mirror effect)	473
Γ.13.6 Υλικό (Material)	473
Γ.14 Αντιγραφή χώρων	473
Γ.15 Φωτιστικά σώματα	474
Γ.16 Προσθετές λειτουργίες	478
Γ.16.1 Εργαλειοθήκες	478
Γ.16.2 Μέτρηση αποστάσεων	478
Γ.16.3 Βοηθητικές γραμμές	479
Γ.17 Επιφάνειες και πλέγματα υπολογισμού	480
Γ.18 Εξωτερικός φωτισμός	483
Γ.18.1 Εξωτερικοί χώροι	483
Γ.18.2 Δρόμοι	484
Γ.18.3 Αθλητικοί χώροι	489
Γ.19 Αποτέλεσμα υπολογισμού	490
Γ.20 Παραδείγματα μελετών φωτισμού	490
Γ.20.1 Μελέτη φωτισμού αίθουσας γραφείων	490
Γ.20.2 Μελέτη φωτισμού με χρήση του DIALux Light Wizard	499
Γ.20.3 Μελέτη φωτισμού δρόμου ταχείας κυκλοφορίας	501

Παράρτημα Δ: Εγχειρίδιο Προγράμματος Μελέτης Φωτισμού ReLux 507

Δ.1 Εισαγωγή	508
Δ.2 Εγκατάσταση	508
Δ.2.1 Εγκατάσταση μέσω CD	508
Δ.2.2 Εγκατάσταση μέσω διαδικτύου	508
Δ.2.3 Ενεργοποίηση - Εγγραφή	508
Δ.2.4 Ενημέρωση μέσω διαδικτύου	509
Δ.3 Εγκατάσταση δεδομένων φωτιστικών σωμάτων	509
Δ.3.1 Plug-Ins	509
Δ.3.2 Online κατάλογοι	510
Δ.3.3 Plug-Ins λαμπτήρων	511
Δ.4 Δουλεύοντας με Assistants (οδηγούς)	511
Δ.4.1 Εισαγωγή φωτιστικών σωμάτων με τη βοήθεια του οδηγού Relux Express	512
Δ.4.2 Εισαγωγή και τοποθέτηση φωτιστικών σωμάτων	522
Δ.4.3 Προβολή και αποτελέσματα υπολογισμών	524
Δ.5 Το περιβάλλον χρήση του Relux	528
Δ.5.1 Αρχική διάταξη	528
Δ.5.2 Εργαλειοθήκες	529
Δ.5.3 Διαχειριστής Μελέτης - Project manager	531
Δ.6 Δημιουργία νέας μελέτης	533
Δ.7 Επεξεργασία χώρων	534
Δ.7.1 Γεωμετρία χώρου	534
Δ.7.2 Δεδομένα χώρου	536
Δ.8 Εισαγωγή στοιχείων και αντικειμένων	538
Δ.9 Μετακίνηση και περιστροφή αντικειμένων	544
Δ.10 Εισαγωγή χρωμάτων, υφών και υλικών	546
Δ.11 Αντιγραφή χώρων	549
Δ.12 Φωτιστικά σώματα	550
Δ.13 Απεικονίσεις μελέτης	557
Δ.14 Οικονομικός υπολογισμός φωτισμού	559
Δ.15 Εισαγωγή σχεδίων CAD	561
Δ.16 Εξωτερικός φωτισμός	565
Δ.17 Φωτισμός δρόμου	569

Βιβλιογραφία 573
Ευρετήριο 577