



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
(ΠΡΩΗΝ ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ:

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΦΑΝΩΝ-ΦΑΝΑΡΙΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ,
ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΟΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΕΥΑΙΣΘΗΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ
ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**



Γεώργιος Αλεξόπουλος

BS04533

Επιβλέπων: Νικόλαος Ευκολίδης, Επίκουρος Καθηγητής

Κοζάνη, 2021

Ευχαριστήρια

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Νικόλαο Ευκολίδη για την ανάθεση του θέματος και τις στοχευμένες επισημάνσεις του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της Πτυχιακής αυτής Εργασίας.

Επίσης την οικογένειά μου για την συναισθηματική και υλική υποστήριξή τους

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT (SUMMARY)	6
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	7
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 Ιστορική Αναδρομή	11
1.2 Σύγχρονος φωτισμός	20
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	22
ΜΕΡΟΣ Α' : ΕΞΕΛΙΞΗ ΦΑΝΩΝ ΚΑΙ ΦΑΝΑΡΙΩΝ	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΦΩΣ, Ο ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ	24
2.1 Τι είναι το φως? Βασικές έννοιες	24
2.2 Χρωματική Απόδοση Φωτεινής Πηγής	25
2.3 Πώς βλέπουμε? Το ανθρώπινο μάτι.....	26
2.4 Κατηγορίες Λαμπρότητας	29
2.5 Θερμοκρασία των χρωμάτων (Tc).....	31
2.6 Μονάδες μέτρησης φωτός και σχετιζόμενες βασικές έννοιες	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ο ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ – Εφεύρεση, εξέλιξη και τεχνολογίες προ LED	36
3.1. Ο λαμπτήρας πυρακτώσεως.....	36
3.2. Ο λαμπτήρας νέον/αργόν (neon/argon lamp)	40
3.3. Λαμπτήρας ατμών υδραργύρου (Mercury Vapor Lamp) 1901.....	42
3.4. Λαμπτήρας νατρίου Χαμηλής και Υψηλής πίεσης (LPS/HPS)(1920)	46
3.5. Λαμπτήρας φθορισμού (Fluorescent Lamp) 1938	50
3.6. Λαμπτήρας φθορισμού συμπαγούς φωτισμού (CFL, Compact Fluorescent Lamp) (τέλη δεκαετίας του 1970)[22]	57
3. 7. Λαμπτήρες αλογόνου (Halogen) 1953.....	59
3. 8. Λαμπτήρες μετάλλου – αλογονιδίου (Metal Halide Lamp) στο τέλος της δεκαετίας του 1960	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Ενεργειακό κόστος φωτισμού – Περιβαλλοντικά προβλήματα	66
4.1 Λαμπτήρες νέας γενιάς με έμφαση στην εξοικονόμηση ενέργειας και βελτιωμένη απόδοση	70
4.2. Η επανάσταση στον φωτισμό: Μικρά φωτιστικά με μεγάλες δυνατότητες: Δίοδοι εκπομπής φωτός (Light Emitting Diodes – LEDs) και Οργανικές δίοδοι εκπομπής φωτός (Organic Light Emmitting Diodes – OLEDs)(1960 έως σήμερα)	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Εξέλιξη φανών και φωτιστικών εσωτερικού χώρου από την πλευρά του σχεδιασμού	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Ο συναισθηματικός παράγοντας του φωτισμού και το Human Centric Lighting	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΣΤΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	94
7.1 Εξέλιξη των φανών σε εξωτερικούς χώρους (αστικός φωτισμός - δρόμοι).....	94
7.2 Αστικός φωτισμός: Αίσθηση ασφάλειας αλλά και άνεσης	99
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	102
8.1 Η εξέλιξη των φαναριών αυτοκινήτων	102
8.2 Απόδοση και Αισθητική	119
ΜΕΡΟΣ Β' : ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	120
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 : ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	121
9.1 ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ	121
9.2 Προσδιορισμός – Αναγνώριση του προβλήματος.....	122
9.3 Επιλογή φανού για σχεδίαση	126
9.4 ΙΔΕΑΣΜΟΣ	134
9.5 ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΧΕΔΙΟΥ	141
9.6 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ - ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ CREO	142
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	150
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	155

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανακάλυψη της φωτιάς και του τεχνητού φωτισμού ήταν από τις μεγαλύτερες ανακαλύψεις του ανθρώπου. Η ύπαρξη του τεχνητού φωτισμού έδωσε τη δυνατότητα στους ανθρώπους να εκμεταλλευτούν τις υπόλοιπες από τις οκτώ ώρες του απαραίτητου ύπνου, τόσο για να εργαστούν όσο και για να κάνουν άλλες δραστηριότητες που τους ευχαριστούσαν συμβάλλοντας έτσι στην πρόοδο της επιστήμης και του πολιτισμού και βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής της ανθρωπότητας. Η εξέλιξη αυτή όμως οδήγησε σε υπερβολική κατανάλωση των διαθέσιμων ενεργειακών αποθεμάτων, δημιούργησε πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα και ανέδειξε την ανάγκη ανάπτυξης μέσων φωτισμού φιλικότερων προς το περιβάλλον. Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών επίσης συνέβαλλε στην εξέλιξη και νέων πιθανών χρήσεων του φωτισμού.

Στη Πτυχιακή αυτή εργασία μελετήθηκε η εξέλιξη των τεχνητών πηγών φωτισμού με τη μορφή φανών και φαναριών από την εμφάνισή τους και ιδιαίτερα από την εποχή της Βιομηχανικής Επανάστασης και μέχρι σήμερα, διάστημα στο οποίο η εξέλιξη ήταν ραγδαία. Μελετήθηκαν επίσης οι σχεδιαστικές τάσεις της κάθε εποχής τόσο όσον αφορά τον εσωτερικό όσο και τον εξωτερικό φωτισμό. Έμφαση δόθηκε στις περιβαλλοντικά ευαίσθητες και φιλικές όσον αφορά το σχεδιασμό τους πηγές φωτισμού δεδομένου ότι η προστασία του περιβάλλοντος και η ενεργειακή απόδοση είναι ζητούμενα της σημερινής εποχής. Αναφερθήκαμε επίσης ειδικότερα στο φωτισμό των οχημάτων που αποτελούν μέσα μεταφοράς αλλά και μέτρο της οικονομικής ισχύος και της κοινωνικής αναγνώρισης για πολλούς καταναλωτές.

Στα πλαίσια αυτά, προτείναμε, σχεδιάσαμε και κατασκευάσαμε με τη βοήθεια σχεδιαστικού προγράμματος ένα κεντρικό φανό στάσης υψηλής ανάρτησης μέσου μεταφοράς δίνοντας έμφαση στην λειτουργικότητα και την πρωτοτυπία, τηρώντας ταυτόχρονα τους κανόνες του περιβαλλοντικά ευαίσθητου σχεδιασμού.

TITLE: STUDY AND DEVELOPMENT OF VARIOUS USES LANTERNS, WITH EMPHASIS ON ENVIRONMENTALLY SENSITIVE PRODUCT DESIGN

ABSTRACT (SUMMARY)

The discovery of fire and artificial lighting was one of the greatest discoveries of man. The existence of artificial lighting has enabled people to take advantage of the remaining of their eight hours of necessary sleep, both to work and to do other activities that pleased them, thus contributing to the advancement of science and culture and improving the quality of life of humanity. However, this development has led to over-consumption of available energy reserves, has created many environmental problems, and highlighted the need to develop more environmentally friendly lighting fixtures. The evolution of new technologies also contributed to the development of new possible uses of lighting.

This Thesis has studied the evolution of artificial light sources in the form of lamps and lanterns from their appearance and especially from the time of the Industrial Revolution until today, a period during which the evolution was rapid. The design trends of each era, in terms of both interior and exterior lighting, were also studied. Emphasis was placed on environmentally sensitive and design-friendly light sources as environmental protection and energy efficiency are in demand today. We also referred in particular to the lighting of vehicles, which are a means of transport but also a measure of economic power and social recognition for many consumers.

In this context, we proposed, designed, and manufactured, with the help of a design program a center high mounted stop lamp for vehicles, emphasizing functionality and originality, while respecting the rules of environmentally sensitive design.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ανακάλυψη της φωτιάς και του τεχνητού φωτισμού ήταν από τις μεγαλύτερες ανακαλύψεις του ανθρώπου. Χωρίς τον τεχνητό φωτισμό η ανθρωπότητα θα ήταν έρμαιο στις καιρικές συνθήκες και ανενεργή σχεδόν τον μισό από το χρόνο ζωής της. Η ύπαρξη του τεχνητού φωτισμού έδωσε τη δυνατότητα στους ανθρώπους να εκμεταλλευτούν τις υπόλοιπες από τις οκτώ ώρες του απαραίτητου ύπνου, τόσο για να εργαστούν όσο και για να κάνουν άλλες δραστηριότητες που τους ευχαριστούσαν. Ο τεχνητός φωτισμός ήταν ένας σημαντικός παράγοντας που ώθησε το πολιτισμό, με αργά βήματα τις πρώτες χιλιετίες αλλά με πολύ γρηγορότερα βήματα τους τελευταίους αιώνες μέσω της βιομηχανικής επανάστασης. Οι δραστηριότητες (οικονομικές, τεχνολογικές αλλά και πολιτιστικές) πλέον μπορούν να εκτελούνται συνεχόμενα, καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου. Πολλές και διαφορετικές πηγές φωτισμού έχουν ανακαλυφθεί, σχεδιαστεί και χρησιμοποιηθεί τους τελευταίους αιώνες με έμφαση βέβαια σε αυτούς που χρησιμοποιούν τον ηλεκτρισμό για να φωτίσουν το εξωτερικό και εσωτερικό περιβάλλον και τα μέσα μεταφοράς. Οι πηγές αυτές φωτισμού όμως φάνηκε ότι καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας (που στις περισσότερες περιπτώσεις παράγουν ηλεκτρισμό χρησιμοποιώντας μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας επιβαρύνοντας το περιβάλλον).

Τις τελευταίες δεκαετίες υπάρχει μία τάση αλλά και προσπάθεια να σχεδιαστούν φωτιστικές πηγές οι οποίες ενώ δεν θα υστερούν σε απόδοση (πολλές φορές υπερτερούν) θα είναι ταυτόχρονα περιβαλλοντικά φιλικές και ευαίσθητες.

Την εξέλιξη των τεχνητών πηγών φωτισμού με τη μορφή φανών και φαναριών θα μελετήσουμε στην Πτυχιακή αυτή εργασία, δίνοντας έμφαση στις περιβαλλοντικά ευαίσθητες και φιλικές όσον αφορά το σχεδιασμό τους. Θα προτείνουμε επίσης και θα περιγράψουμε το σχεδιασμό ενός φαναριού

μέσου μεταφοράς με αυτά τα χαρακτηριστικά με σκοπό να τη δημιουργία ενός νέου προϊόντος τηρώντας τους κανόνες του περιβαλλοντικά ευαίσθητου σχεδιασμού.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πρώτα χρόνια της εμφάνισής του το ανθρώπινο γένος ήταν ολοκληρωτικά κάτω από τον έλεγχο των στοιχείων της φύσης. Οι πρωτόγονοι άνθρωποι τρέφονταν, πεινούσαν, ζεσταίνονταν ή κρύωναν ανάλογα με τις εποχές και τον καιρό. Όταν ερχόταν η νύχτα έψαχναν ένα καταφύγιο και η ζωή σταματούσε μέχρι να ξανάρθει το φως της ημέρας. Η πρόοδος του πολιτισμού είναι μια μακριά αλυσίδα επιτευγμάτων αλλά και τυχαίων γεγονότων τα οποία αύξησαν σιγά σιγά την ανεξαρτησία του ανθρώπινου είδους. Και μπορεί η ανακάλυψη της φωτιάς να οφειλόταν – το πιο πιθανό – σε μια τυχαία σπίθα που άναψε μετά από έναν κεραυνό, αλλά ήταν κάτι που του έκανε ιδιαίτερη εντύπωση και κατάλαβε ότι του δίνει πολλές δυνατότητες. Ίσως στην αρχή πήρε ένα αναμμένο κλαδί σαν πυρσό και εξερεύνησε τα περιβάλλον του, το μετέφερε στη σπηλιά του και είδε πώς την φώτιζε και πώς την ζέσταινε. Θα δυσκολεύτηκε ίσως να κρατήσει ζωντανή τη φωτιά αλλά χρησιμοποιώντας το ξεχωριστό από τα άλλα όντα μυαλό του σιγά σιγά βρήκε τον τρόπο να δημιουργεί φωτιά και να τη διατηρεί. Έτσι, η δραστηριότητές του πλέον δεν περιορίζονταν από το φως και το σκοτάδι, μπορούσε να προστατευτεί και να επεξεργαστεί την τροφή του, να ζεστάνει τον εαυτό του και την οικογένειά του και να χειρίζεται μέταλλα για να δημιουργήσει εργαλεία, σκεύη και όπλα. Αυτή ήταν η απαρχή του πολιτισμού.

Η εξέλιξη του πολιτισμού και στη συνέχεια των επιστημών με πιο σημαντική από τις εφευρέσεις την ανακάλυψη του ηλεκτρισμού οδήγησε τον άνθρωπο στη δημιουργία του τεχνητού φωτός, με τη χρήση μιας ποικιλίας πηγών φωτός οι οποίες άλλαξαν για πάντα την ζωή μας. Και μπορεί σήμερα να θεωρούμε την ύπαρξη του τεχνητού φωτός κάτι το αυτονόητο, αλλά αρκεί μία διακοπή ρεύματος για να συνειδητοποιήσουμε πόσο σημαντική είναι η

ανακάλυψη αυτή και πόσο συνδεδεμένη με την καθημερινότητα μας και απαραίτητη έχει γίνει.

Και ενώ η ανακάλυψη του ηλεκτρισμού για τον φωτισμό άλλαξε πραγματικά την ζωή μας, η υπερβολική κατανάλωση ενέργειας που προέκυψε από αυτήν και η επίπτωση της κατανάλωσης αυτής στο περιβάλλον και τις υπάρχουσες πηγές ενέργειας, έχει κάνει τους επιστήμονες τα τελευταία χρόνια να προσανατολιστούν προς πιο περιβαλλοντικά ευαίσθητες πηγές οι οποίες θα είναι ταυτόχρονα και πιο αποδοτικές.

Στην συνέχεια θα αναφερθούμε στην ιστορία του φωτισμού, την εξέλιξη των πηγών φωτισμού τόσο για το εξωτερικό όσο και για το εσωτερικό περιβάλλον και θα αναλύσουμε επίσης και τον φωτισμό που διαθέτουν τα μέσα μεταφοράς.

Θα μιλήσουμε συνοπτικά για τη φύση του φωτός και πως το ανθρώπινο μάτι το αντιλαμβάνεται δίνοντας έμφαση στους παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για τη δημιουργία μίας πηγής φωτός έτσι ώστε να είναι αποδοτική αλλά και ευχάριστη στο ανθρώπινο μάτι.

Θα περιγράψουμε αναλυτικά τις παλαιότερες και τις νέες τεχνολογίες όσον αφορά τα φωτιστικά μέσα με έμφαση στην εξοικονόμηση ενέργειας και την καλύτερη απόδοση παρουσιάζοντας τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα της κάθε μιας.

Στα πλαίσια αυτά θα προτείνουμε και τον σχεδιασμό ενός προϊόντος (φανάρι αυτοκινήτου) ο οποίος θα ανταποκρίνεται τόσο αισθητικά όσο και λειτουργικά στις παραπάνω απαιτήσεις.

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Όταν αναφερόμαστε στο φωτισμό ενός χώρου, θα πρέπει να σκεφτόμαστε τρία διαφορετικά πράγματα: ποια είναι η πηγή ενέργειας που χρησιμοποιεί,

το ίδιο το φωτιστικό και την τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ορατού φωτός. Στη συνέχεια θα προσπαθήσουμε να περιλάβουμε αυτά τα τρία στοιχεία καθώς θα εξετάζουμε συνοπτικά την εξέλιξη του φωτισμού από τη γέννησή του έως τη σύγχρονη επανάσταση που συμβαίνει με την τεχνολογία LED του 21ου αιώνα:

1.1.1 Φυσικό φως

Η πιο σημαντική πηγή φωτός είναι ο ήλιος και είναι αυτός ο οποίος χρησιμοποιήθηκε και χρησιμοποιείται ακόμη σαν πηγή φωτισμού, κυρίως στην αρχιτεκτονική με σκοπό την εκμετάλλευσή του. Ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα ιστορικής αρχιτεκτονικής που χρησιμοποιεί το φως της ημέρας μέσω του σχεδιασμού του είναι το Πάνθεον της Ρώμης το οποίο, έχει σχεδιαστεί σχεδόν εξ ολοκλήρου γύρω από τον υπαίθριο κύκλο στην κορυφή του θόλου του [42,43].



Εικόνα 1: Το Πάνθεον της Ρώμης

1.1.2 Δαυλοί

Σύμφωνα με τη Illuminating Lighting Society [4,65] «η πρώτη απόπειρα χειροποίητου φωτισμού πραγματοποιήθηκε πριν από περίπου 70.000 χρόνια. Ο πρώτος δαυλός- λάμπα που εφευρέθηκε αποτελούνταν από ένα κέλυφος, έναν κοίλο βράχο ή άλλα παρόμοια μη εύφλεκτα αντικείμενα που ήταν γεμάτα με καύσιμο υλικό (πιθανώς ξηρό γρασίδι ή ξύλο), που πασπαλίστηκαν με ζωικό λίπος (το πιο πρωτόγονο «υγρό αναπτήρα») και αναφλέχθηκαν " Οι δαυλοί-λάμπες χειρός και οι τοποθετημένοι σε κτίρια ή διαδρομές (π.χ. σε ένα σπήλαιο ή στοά) ακολούθησαν αλλά οι βασικές αρχές παραμένουν οι ίδιες: η πηγή καυσίμου είναι κάποιο είδος λαδιού, κεριού ή καυσίμου υλικού που περιβάλλεται από μη εύφλεκτο υλικό. (Εικ. 2)



Εικόνα 2: Δαυλός

1.1.3 Τα Κεριά & Η εισαγωγή του Φυτιλιού:

Όπως θα περίμενε κανείς, τεχνολογία όπως ο εξαερισμός (π.χ. σωλήνες και καμινάδες) βελτίωσε σε μεγάλο βαθμό την ικανότητα αποτελεσματικής χρήσης φωτιάς για φωτισμό. Ίσως η πιο σημαντική τεχνολογική πρόοδος, ωστόσο, ήταν η εισαγωγή του φυτιλιού για την παραγωγή κεριών. Τα φυτίλια σε συνδυασμό με πρώιμα υλικά κεριών, όπως το κεριά μέλισσας ή παράγωγα ζωικού λίπους αντιπροσώπευαν την πιο σημαντική τεχνολογική πρόοδο φωτισμού από την ανακάλυψη της ίδιας της φωτιάς. Κηροπήγια που χρονολογούνται στον τέταρτο αιώνα π.Χ. βρέθηκαν στην Αίγυπτο[50]. Στους Έλληνες και τους Ρωμαίους αποδίδεται η εισαγωγή του φυτιλιού στην αιγυπτιακή ιδέα του, χωρίς φυτίλι, φωτιστικού με χρήση ζωικού λίπους. Οι ασιατικές κοινωνίες έφτιαχναν επίσης κεριά από λίπος φάλαινας ήδη από το 200 π.Χ.



Εικόνα 3: Κεριά Oberflacht

Τα παλαιότερα κεριά από κεριά μέλισσας που σώζονται είναι τα κεριά Oberflacht που βρέθηκαν στο νεκροταφείο Alamannic του Seitingen-

Oberflacht, Kreis Tuttlingen στη Γερμανία ενώ σήμερα φυλάσσονται στο κρατικό μουσείο της Βυρτεμβέργης στη Στουτγάρδη της Γερμανίας.(Εικ.3)

Όσον αφορά τον φωτισμό των δρόμων, αναφέρεται ότι οι δρόμοι του Πεκίνο φωτίζονταν με αγωγούς από μπαμπού που μετέφεραν φυσικό αέριο που διέρρεε από ηφαίστεια το 500πΧ ενώ η πρώτη επίσημη καταγραφή γίνεται στην Αντιόχεια της Μ. Ασίας (σήμερα Αντακεια) τον 4^ο αιώνα π.Χ ενώ στο Μεσαίωνα τα «link-boys» συνόδευαν με λάμπες ανθρώπους από το ένα μέρος στο άλλο μέσα στις μεσαιωνικές πόλεις. Ο δήμαρχος του Λονδίνου Henry Burton το 1417 φέρεται να διέταξε τον φωτισμό της πόλης [10] με φανάρια που κρεμούσαν (με νόμο) όλοι οι κάτοικοι των σπιτιών που έβλεπαν προς το δρόμο, ενώ παρόμοιες προσπάθειες έγιναν και στο Παρίσι και άλλες Ευρωπαϊκές πρωτεύουσες τον 16^ο και 17^ο αι. μΧ με πρωτότυπους πολλές φορές τρόπους (άναμμα δαυλών σε διασταυρώσεις, τοποθέτηση και συντήρηση φανών που άναβαν με φυτίλι και λίπος κ.λ.π.). Η καταστροφή τους θεωρούνταν αδίκημα και τιμωρούνταν παραδειγματικά [44]. (Εικ. 4)



Εικόνα 4: Φανάρι στο Παρίσι

1.1.4 Προβιομηχανική Εποχή

1.1.4.1 Λάμπες λαδιού

Οι λάμπες λαδιού χρησιμοποιούνταν στο Λονδίνο για το φωτισμό των δρόμων ήδη από τα μέσα του 1740 αλλά στις ΗΠΑ ο Βενιαμίν Φραγκλίνος ήταν ο πρώτος που παρουσίασε το 1757 μία δική του εκδοχή της λάμπας του Λονδίνου που είχε τέσσερις επίπεδες γυάλινες επιφάνειες και έναν απαγωγό στην κορυφή για να διώχνει τον καπνό που μαύριζε τους γυάλινους στρογγυλούς γλόμπους και μείωσε το φωτισμό ενώ ήθελε καθημερινό καθάρισμα. [35,36,63]



Εικόνα 5: Λάμπες Λαδιού



Εικόνα 6: Η λάμπα του Βενιαμίν Φραγκλίνου

1.1.5 Φωτιστικά της Βιομηχανικής Επανάστασης

Οι επόμενες σημαντικές εξελίξεις στον φωτισμό (λαμπτήρες αερίου και ηλεκτρικοί λαμπτήρες) συνέβησαν διαδοχικά με διαφορά ενός αιώνα μεταξύ τους με την έλευση και την πρόοδο της βιομηχανικής επανάστασης. Σημαντικά πλεονεκτήματα για το αέριο, τα οποία αποτέλεσαν και εμπόδιο για την καθιέρωση της ηλεκτρικής λάμπας ήταν η ήδη υπάρχουσα υποδομή και η ικανότητα για χρήση διπλής χρήσης (το αέριο μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί για το μαγείρεμα ενώ ο ηλεκτρισμός-εκείνη την εποχή-όχι). Στη συνέχεια θα μιλήσουμε για την εξέλιξη του καθενός ξεχωριστά.

1.1.5.1 Λαμπτήρες αερίου

Ο φωτισμός αερίου αναπτύχθηκε στην Αγγλία το 1790 και εισήχθη στις Ηνωμένες Πολιτείες λίγο αργότερα από τον William Murdoch. Η οδός Pelham στο Νιούπορτ του Ρόουντ Άιλαντ το 1803 ήταν το πρώτο τμήμα του δρόμου στην Αμερική που παρουσίασε τα φώτα αερίου του Murdoch (που εφευρέθηκαν το 1792) ενώ στο Λονδίνο ο πρώτος δρόμος φωτίστηκε επίσημα στις 28 Ιανουαρίου 1807 και στο Παρίσι το 1829. Τα επόμενα χρόνια, το φυσικό αέριο ως καύσιμο χρησιμοποιήθηκε για φωτισμό δρόμων

σε μεγάλες ανατολικές πόλεις των Ηνωμένων Πολιτειών, όπως η Φιλαδέλφεια και η Βαλτιμόρη [38] αλλά και της Ευρώπης.

Στην Ελλάδα (κυρίως στην Αθήνα και τον Πειραιά) ο δημόσιος φωτισμός γίνονταν από το 1850-60 με λυχνίες λαδιού που αντικαταστάθηκαν με λάμπες φωταερίου το 1862. Το 1878 μετά την έναρξη λειτουργίας του εργοστασίου φωταερίου εγκαινιάστηκε πανηγυρικά και ο πρώτος φανός αεριοφωτός στον Πειραιά. Το 1889 έγινε το πρώτο εργοστάσιο ηλεκτρισμού – Πανεπιστημίου και Βουκουρεστίου με περιορισμένη δυνατότητα ενώ το 1902 εγκαινιάστηκε μεγαλύτερο εργοστάσιο που ηλεκτροδοτούσε Αθήνα, Πειραιά και κάποια προάστια και τον ηλεκτρικό σιδηρόδρομο[48]. Διαφορετικοί τύποι αερίων έχουν χρησιμοποιηθεί με την πάροδο των ετών που περιλαμβάνουν μεθάνιο, ακετυλένιο, βουτάνιο, προπάνιο, υδρογόνο και φυσικό αέριο. Η ανάπτυξη των λαμπτήρων φυσικού αερίου και η υποδομή για τη στήριξή τους σε πόλεις και προάστια αντικατοπτρίζουν τις εξελίξεις της εποχής στην παραγωγή καυσίμων υδρογονανθράκων (παραγωγή και απόσταξη άνθρακα και πετρελαίου).

1.1.5.2 Ηλεκτρικοί λαμπτήρες

Το πρώτο ηλεκτρικό φως δημιουργήθηκε από τον Άγγλο Humphry Davy. Σύμφωνα με το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ, ο Davy «επέδειξε το πρώτο φως πυρακτώσεως στο Βασιλικό Ινστιτούτο στη Μεγάλη Βρετανία, χρησιμοποιώντας μια τράπεζα μπαταριών και δύο ράβδους άνθρακα». Η εφεύρεσή του ήταν αυτό που συνήθως αποκαλούμε φως τόξου (οι σύγχρονες εκδόσεις των οποίων εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σήμερα).

Ο πιο γνωστός όμως για την ανάπτυξη ηλεκτρικών λαμπτήρων και την υποδομή για την υποστήριξή τους είναι ο Αμερικανός εφευρέτης Thomas Edison. Το 1879 ο Edison ανακάλυψε τον ηλεκτρικό λαμπτήρα μεγάλης διάρκειας που θα μπορούσε να ανταγωνιστεί τον φωτισμό αερίου (ειδικά για

εσωτερική χρήση) ενώ το πρώτο επιτυχημένο πρωτότυπό του παρουσιάστηκε στις 22 Οκτωβρίου 1879, όταν το φως του λαμπτήρα πυρακτώσεως έκαψε για 13,5 ώρες. Λίγους μήνες μετά από αυτό, ο Edison ανακάλυψε ένα ανθρακούχο νήμα από μπαμπού που έκαψε για 1200 ώρες., εφευρίσκοντας έτσι την απαραίτητη τεχνολογία φωτισμού που απαιτούνταν για να καθιερωθεί η ηλεκτρική ενέργεια ως την κύρια πηγή ενέργειας για φωτισμό τόσο σε εσωτερικούς όσο και σε εξωτερικούς χώρους[3,4,12].



Εικόνα 7: Ο λαμπτήρας του Edison

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως συνέχισαν να κυριαρχούν στον κόσμο του φωτισμού μέχρι την εισαγωγή των λαμπτήρων φθορισμού στο εμπόριο από τον Daniel McFarlan Moore γύρω στο 1904. Αν και τα πρώιμα φώτα φθορισμού απαιτούσαν τη λειτουργία υψηλής τάσης, η σχετικά υψηλή απόδοσή τους σε σύγκριση με τα φώτα πυρακτώσεως ήταν αρκετός ανταγωνιστική για να αναγκάσει τον μεγάλο κατασκευαστή πυρακτώσεως General Electric να βελτιώσει την τεχνολογία πυρακτώσεως εισάγοντας το νήμα βολφραμίου. Ταυτόχρονα (περίπου το 1901) ένας εφευρέτης με το όνομα Peter Cooper Hewitt είχε αναπτύξει το πρώτο φως υδραργύρου-

ατμών που ήταν τόσο υψηλής απόδοσης όσο και συμβατό με την τυπική ηλεκτρική υποδομή.

Στον 20ο αιώνα αναπτύχθηκαν κυρίως οι λαμπτήρες υψηλής έντασης (HID)(Εικόνα 8). Μεταξύ των πιο δημοφιλών και εμπορικά επιτυχημένων τύπων λαμπτήρων HID είναι ο φθορισμός, ο ατμός υδραργύρου, το νάτριο υψηλής πίεσης και το αλογονίδιο μετάλλου. Όλοι αυτοί οι λαμπτήρες χρησιμοποιούν παρόμοια τεχνολογία δεδομένου ότι λειτουργούν στέλνοντας ένα ηλεκτρικό ρεύμα μεταξύ δύο μεταλλικών ηλεκτροδίων και μέσω ενός γυάλινου σωλήνα γεμάτου με αδρανές αέριο με αποτέλεσμα την εκπομπή ορατού φωτός[14].



Εικόνα 8: Λαμπτήρας αλογόνου

1.2 Σύγχρονος φωτισμός

Η τεχνολογία φωτισμού που διαφέρει σημαντικά από τους διάφορους λαμπτήρες HID που εφευρέθηκαν τον 20ο αιώνα είναι οι λαμπτήρες διόδου εκπομπής φωτός (LED). Ο φωτισμός LED είναι ένα φως στερεάς κατάστασης (SSL) που δεν απαιτεί γυάλινο περίβλημα όπως οι

παραδοσιακοί λαμπτήρες και παράγει φως μετατρέποντας το ηλεκτρικό ρεύμα χρησιμοποιώντας έναν ημιαγωγό. Το πρώτο LED εφευρέθηκε τη δεκαετία του 1960 από τον επιστήμονα της General Electric Nick Holonyak που το ονόμασε «the magic one».

Ο σύγχρονος φωτισμός συνέχισε να βελτιώνεται σε όλο το φάσμα (πυρακτωμένος, φθορισμός, αλογονίδιο μετάλλου, LED κ.λπ.). Μέχρι στιγμής, τα πιο πολλά υποσχόμενα φώτα για τον 21ο αιώνα φαίνεται να είναι LED. Τα σύγχρονα LED έχουν ωφέλιμη διάρκεια ζωής 2-4 φορές μεγαλύτερη από τη μέση τιμή του ανταγωνιστή τους, ενώ παράγουν επίσης υψηλής ποιότητας φως πολύ πιο αποτελεσματικά[46].

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στη φύση του φωτός και πως το ανθρώπινο μάτι το αντιλαμβάνεται και θα παρουσιάσουμε διεξοδικά τις παλαιότερες και τις νεότερες τεχνολογίες αιχμής στο χώρο του φωτισμού (εσωτερικού, εξωτερικού και μέσων μεταφοράς) αναλύοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε μιας. Στη συνέχεια θα προτείνουμε και θα σχεδιάσουμε ένα πρωτότυπο φανό για όχημα.

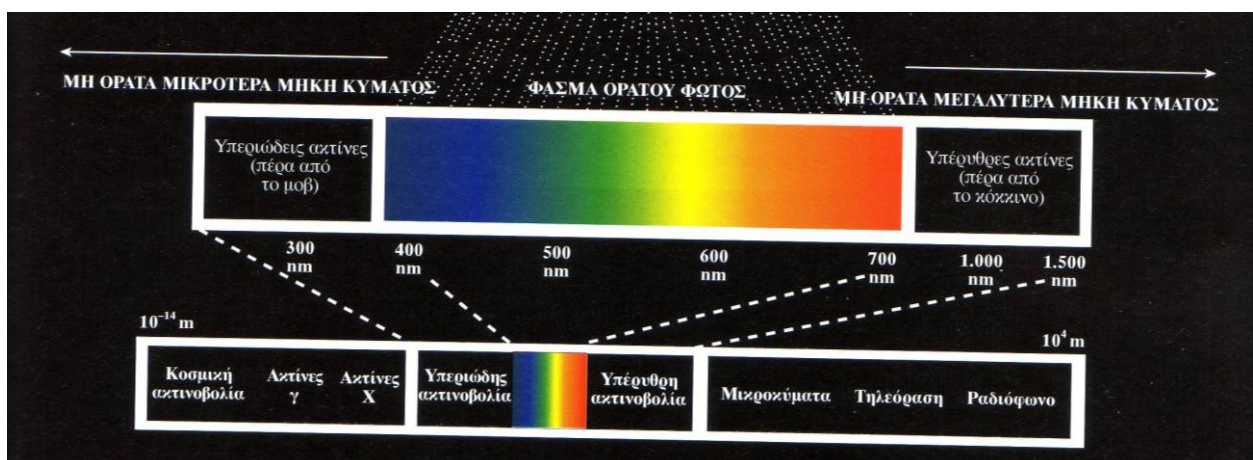
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΜΕΡΟΣ Α' : ΕΞΕΛΙΞΗ ΦΑΝΩΝ ΚΑΙ ΦΑΝΑΡΙΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΦΩΣ, Ο ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ

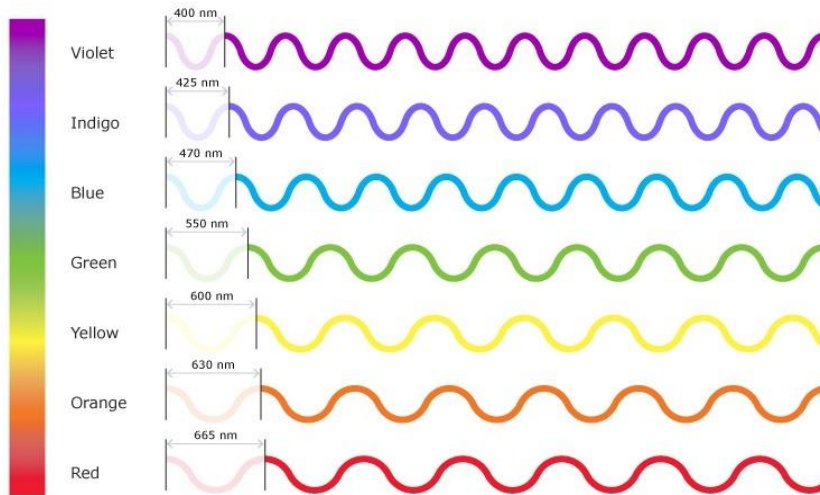
2.1 Τι είναι το φως? Βασικές έννοιες

Το φως είναι μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, αποτελείται από σωματίδια ενέργειας που ονομάζονται φωτόνια και μεταδίδεται με τη μορφή κυμάτων. Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών ενός κύματος ονομάζεται μήκος κύματος. Ενώ όμως το μήκος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ποικίλει από 10^{-14}m έως 10^4m [53] το ανθρώπινο μάτι είναι ευαίσθητο σε φωτεινή ακτινοβολία από 380 έως 760nm από το ιώδες χρώμα (380-420nm) προς το ερυθρό χρώμα (630-760nm). Το ορατό φως λοιπόν είναι ένα πολύ μικρό ποσοστό του ολικού ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Αυτό το φως γίνεται αντιληπτό από το μάτι μας ως διαφορετικά χρώματα ανάλογα με το μήκος κύματός του. Οι διάφορες αποχρώσεις γίνονται αντιληπτές από το γεγονός ότι οι επιφάνειες αυτών ανακλούν ένα ορισμένο τμήμα από το φως που τις φωτίζει.



Εικόνα 9: Φάσμα ορατού φωτός

Το φως των διάφορων φωτεινών πηγών ποικίλει σε ποσοστό χρωματικής ακτινοβολίας που περιέχει, όπως φαίνεται στο παρακάτω πίνακα. Αυτό καθορίζεται από την ενεργειακή φασματική κατανομή του (Εικόνα 10).



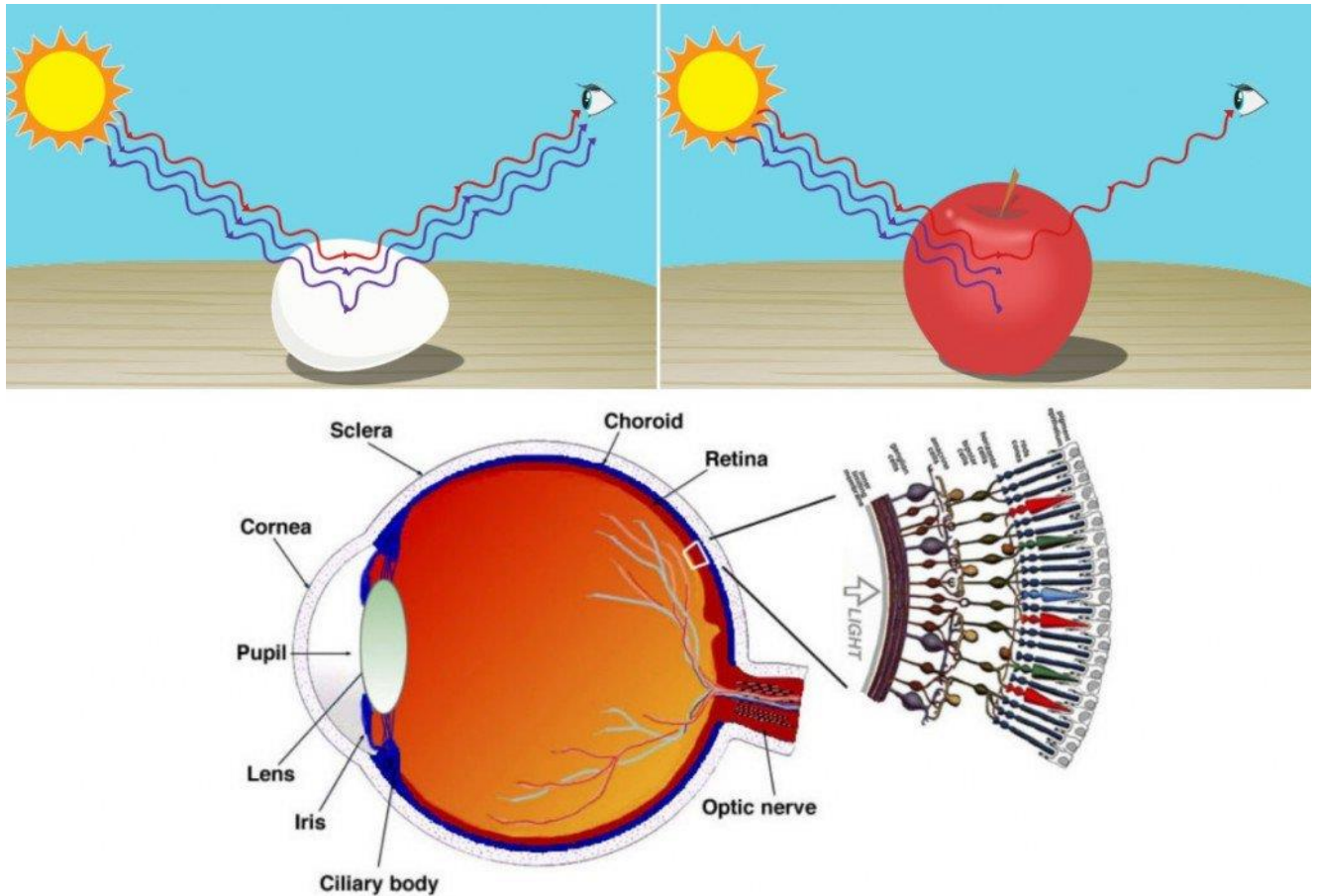
Εικόνα 10: Ενεργειακή φασματική κατανομή

(<https://www.sciencelearn.org.nz/images/37-the-visible-spectrum>)

2.2 Χρωματική Απόδοση Φωτεινής Πηγής

Τα αντικείμενα του φυσικού κόσμου στην πραγματικότητα δεν είναι έγχρωμα. Το χρώμα γίνεται αντιληπτό γιατί η ύλη απορροφά ανάλογα με τη φύση της, ολικά ή μερικά, διαφορά μήκη κύματος της ακτινοβολίας που πέφτει πάνω της και ανακλά τα υπόλοιπα (Εικόνα 11). Ο συντελεστής απορρόφησης και ο συντελεστής ανάκλασης ενός υλικού δεν είναι ίδιος για όλα τα μήκη κύματος. Για να αποδώσει σωστά μια επιφάνεια το χρώμα της, πρέπει το φως που θα τη φωτίσει να περιέχει όλα τα μήκη κύματος των ακτινοβολιών σε σωστή αναλογία και το ηλιακό φως έχει αυτή την ιδιότητα. Το τεχνητό φως όμως που προέρχεται από λαμπτήρες υστερεί λίγο ή πολύ σ' αυτό. Πρωταρχικό ρόλο στην πιστότητα απόδοσης ενός χρώματος έχει η ενεργειακή κατανομή τα φωτεινής πηγής. Έτσι ένα αντικείμενο που

φωτίζεται χωριστά από δυο πηγές που έχουν διαφορετική ενεργειακή φασματική κατανομή μπορεί να μας δίνει με εντελώς διαφορετικό τρόπο το ίδιο χρωματικό αίσθημα.



Εικόνα 11: Πορεία φωτεινής ακτίνας

(<https://www.scienceabc.com/>)

2.3 Πώς βλέπουμε? Το ανθρώπινο μάτι

Από τις 5 βασικές ανθρώπινες αισθήσεις (όραση, ακοή, γεύση, όσφρηση και αφή) η όραση φαίνεται να προσδιορίζεται ως η πιο σημαντική. Οι πληροφορίες που προσλαμβάνει και επεξεργάζεται καθημερινά ένας άνθρωπος είναι κατά 85% οπτικές ενώ το υπόλοιπο 15% μοιράζονται οι

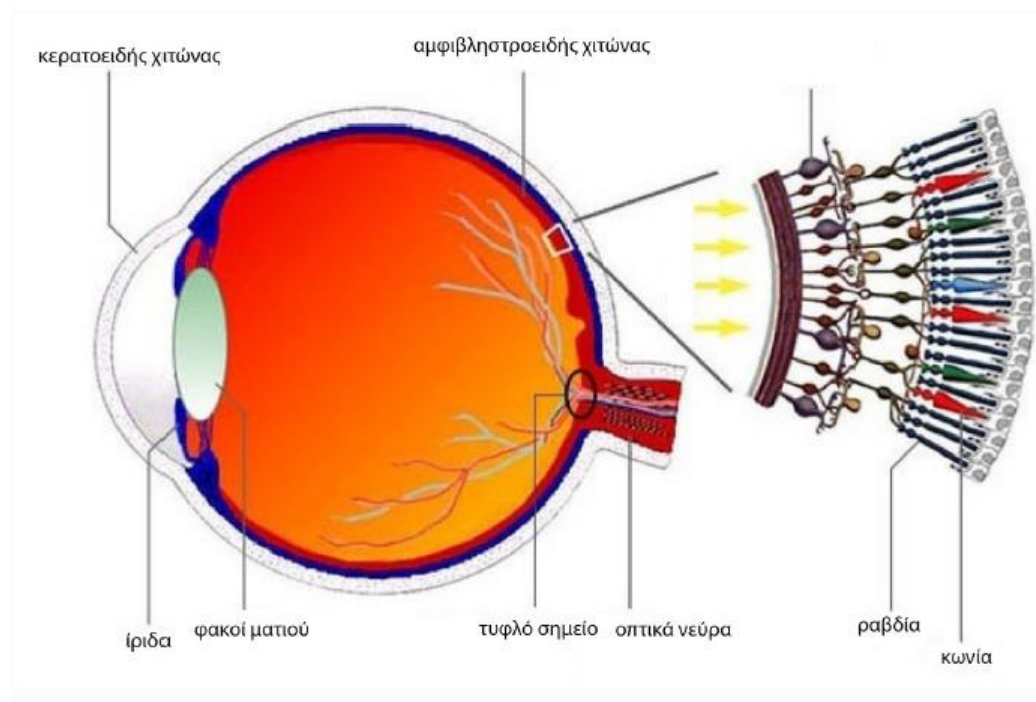
υπόλοιπες αισθήσεις. Φυσικά το ανθρώπινο μάτι δεν απεικονίζει μόνο τον εξωτερικό κόσμο αλλά ο ανθρώπινος εγκέφαλος επεξεργάζεται την εικόνα σε σχέση με το περιβάλλον και προηγούμενες εμπειρίες του δημιουργώντας έτσι ένα συναισθηματικό αντίκτυπο που επηρεάζει τη συμπεριφορά και γενικά την σωματική και ψυχική του ισορροπία.

Το ανθρώπινο μάτι αποτελείται από διαδοχικές στιβάδες δομών, κυττάρων και υγρών με διαφορετικούς δείκτες διάθλασης από τους οποίους περνά η φωτεινή ακτίνα που προέρχεται από τα αντικείμενα του περιβάλλοντος η οποία αφού διαθλαστεί σχηματίζει μία πρώτη εικόνα του κόσμου στον αμφιβληστροειδή. Οι φωτοϋποδοχείς στον αμφιβληστροειδή απορροφούν τα φωτόνια και μετατρέπουν την εικόνα σε ηλεκτρικά σήματα. Αυτά τα σήματα μεταδίδονται μέσω του οπτικού νεύρου και ακολουθούν διάφορες οδούς. Μία οδός οδηγεί στον έσω γονατώδη πυρήνα (LGN) και έπειτα στον οπτικό φλοιό για οπτική επεξεργασία. Άλλες οδοί οδηγούν σε μέρη του εγκεφάλου που ελέγχουν το μέγεθος της κόρης του οφθαλμού, τις κινήσεις των ματιών και τους κερκάρδιους ρυθμούς. [54]

Στην εικόνα 11 φαίνονται οι διάφορες δομές που πρέπει να περάσει μία φωτεινή ακτίνα για να καταλήξει στον αμφιβληστροειδή. Εκεί βρίσκονται οι δύο κατηγορίες φωτοευαίσθητων υποδοχέων, τα ραβδία και τα κωνία, τα οποία διαφοροποιούνται από τη μορφολογία τους και από τη φασματική ευαισθησία τους. Τα ραβδία και τα κωνία περιέχουν φωτοευαίσθητες ουσίες των οποίων η χημική δομή μεταβάλλεται όταν πέσει επάνω της φως. Η μεταβολή αυτή είναι υπεύθυνη για την έναρξη της νευρικής δραστηριότητας. Τα **ραβδία** περιέχουν την φωτοευαίσθητη χρωστική ροδοψίνη, είναι υπεύθυνα για την όραση σε χαμηλά επίπεδα φωτός (σκοτοπική όραση, scotopic) και έχουν φασματική ευαισθησία με ευαισθησία αιχμής στα 507 nm (το ορατό φως που είναι μέρος φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας κυμαίνεται μεταξύ 380-750 nm). Τα **κωνία** χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, καθεμία από τις οποίες χαρακτηρίζεται από την φωτοευαίσθητη χρωστική που περιέχει, οι οποίες είναι εκλεκτικά ευαίσθητες στο πράσινο,

το κόκκινο και το μπλε. Τα κωνία είναι υπεύθυνα για την όραση σε υψηλά επίπεδα φωτός (φωτοτοπική όραση, photopic) και έχουν μεγάλη οξύτητα απαραίτητη για την όραση λεπτομερειών. Και οι τρεις τύποι κωνίων που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους έχουν φασματική ευαισθησία, με μέγιστη ευαισθησία στα 430 nm (μπλε) , 535 nm (πράσινο) και 575 nm (κόκκινο) αντίστοιχα και αντιλαμβάνονται τα διάφορα χρώματα (Εικόνα 12). Σύμφωνα με την **τριχρωματική** θεωρία στον άνθρωπο τα χρώματα γίνονται αντιληπτά χάρη στην ταυτόχρονη διέγερση και των τριών τύπων κωνίων σε διαφορετική αναλογία αν και έχουν διατυπωθεί και άλλες θεωρίες όπως π.χ. η θεωρία των αντίθετων χρωμάτων σύμφωνα με την οποία κάποιοι συνδυασμοί χρωμάτων δεν γίνονται αντιληπτοί ενώ άλλοι ενισχύονται. Τον τρόπο με τον οποίο το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται τα χρώματα – ή πιστεύει ότι τα αντιλαμβάνεται εκμεταλλεύεται πολλές φορές η σύγχρονη τεχνολογία του φωτισμού [8,54]

Με βάση τα χαρακτηριστικά του ανθρώπινου οπτικού συστήματος, οι ερευνητές ανέπτυξαν τις χρησιμοποιούμενες μετρήσεις φωτισμού σήμερα (δηλ. τα lumen, τον δείκτη απόδοσης χρώματος - CRI, τη συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος - CCT) .



Εικόνα 12: Μάτι, οπτικό σύστημα

(από *Raghu Das, Dr Peter Harrop, Glyn Holland Encyclopedia of printed electronics*)

2.4 Κατηγορίες Λαμπρότητας

Όπως αναφέραμε και πριν, το επίπεδο της λαμπρότητας μέσα στο οποίο υπάρχει η ανθρώπινη αίσθηση της όρασης χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες (Εικόνα 13):

- Φωτοπική όραση (φως ημέρας): στην περίπτωση αυτή η λαμπρότητα είναι μεγαλύτερη από 10 cd/m^2 και η όραση οφείλεται κυρίως στα κωνία.
- Σκοτοπική όραση (έναστρος ουρανός): η λαμπρότητα είναι μικρότερη από 10^{-2} cd/m^2 και η όραση οφείλεται αποκλειστικά στα ραβδία.

- Μεσοπική όραση: η περιοχή αυτή είναι το μεταβατικό στάδιο από το ένα είδος όρασης στον άλλο (λυκαυγές- λίγο πριν την ανατολή ή λυκόφως- λίγο μετά τη δύση), με επίπεδα λαμπρότητας από 0.001 έως 3 cd/m² . Στην περιοχή αυτή συνεισφέρουν στην αίσθηση της όρασης όλα τα είδη των φωτοϋποδοχέων.



Εικόνα 13: Κατηγορίες Λαμπρότητας

(Τύποι όρασης, εικόνα, <https://noribachi.com/week-4-design/>)

Ο στόχος του επιτυχούς φωτισμού είναι να αποδίδει σωστά τα χρώματα αλλά κάποιοι λαμπτήρες μπορεί να κάνουν τα πράγματα που φωτίζουν να δείχνουν διαφορετικό χρώμα από ότι είναι πραγματικά, είτε λόγω της κατασκευής τους είτε και σκόπιμα. Ο **δείκτης απόδοσης χρώματος (CRI)** είναι μία εκατοστιαία κλίμακα (0-100) που μετρά την απόδοση χρώματος (color rendering ή CR) και είναι ένα ποσοτικό μέτρο της ικανότητας μιας πηγής φωτός να αποκαλύψει πιστά τα χρώματα των διάφορων αντικειμένων σε σύγκριση με μια ιδανική ή φυσική πηγή φωτός. [71]

2.5 Θερμοκρασία των χρωμάτων (Tc)

Το χρώμα του φωτός που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή, επηρεάζει επίσης την ατμόσφαιρα ενός χώρου. Λέμε ότι η ατμόσφαιρα σε ένα χώρο είναι ζεστή ή ψυχρή και αυτό τις περισσότερες φορές έχει σχέση με το φωτισμό. Ο ίδιος χώρος αν φωτίζεται με λαμπτήρες πυρακτώσεως, μας δημιουργεί μια θερμή εντύπωση ενώ αν φωτίζεται με λαμπτήρες υδραργύρου μη διορθωμένου φάσματος μας δίνει ψυχρή εντύπωση. Η θερμή εντύπωση δημιουργείται από το πλούσιο σε ερυθρές ακτινοβολίες φως του λαμπτήρα πυράκτωσης, ενώ η ψυχρή εντύπωση από το μεγάλο ποσοστό κυανής και κίτρινης ακτινοβολίας που εκπέμπουν οι λαμπτήρες υδραργύρου μη διορθωμένου φάσματος. **Θερμοκρασία χρώματος Tc** (σε Kelvin) ενός λαμπτήρα υπονοεί ότι με μεγάλη προσέγγιση η ενεργειακή φασματική κατανομή του φωτός που εκπέμπει, μοιάζει με εκείνη της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το μέλαν σώμα όταν βρίσκεται στη θερμοκρασία Tc.

Την διακύμανση των χρωμάτων από τα πιο ψυχρά ως και τα πιο θερμά την ονομάζουμε χρωματική θερμοκρασία, και αναφερόμαστε σε αυτή ως CCT (Correlated color temperature) και η κλίμακα που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της είναι η κλίμακα Kelvin (K) . Όσο πιο ψυχρά είναι τα χρώματα τόσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία χρώματος, ενώ όσο δείχνει πιο θερμή η χροιά κατεβαίνει η χρωματική θερμοκρασία [52].

Λόγω των διαφορετικών υλικών που περιέχουν, οι φωτεινές πηγές εκπέμπουν φως διαφορετικού χρώματος. Αυτό μετριέται σε βαθμούς Kelvin και πρακτικά δείχνει πόσο θερμό (προς το κίτρινο) ή ψυχρό (προς το μπλε) είναι το χρώμα που εκπέμπει η εκάστοτε φωτεινή πηγή.

2.6 Μονάδες μέτρησης φωτός και σχετιζόμενες βασικές έννοιες

2.6.1 Μονάδες μέτρησης φωτός

Candela (cd) είναι η μονάδα μέτρησης της φωτεινής έντασης (luminous intensity, I). Μετρά την δύναμη του φωτός, που εκπέμπεται από μια πηγή φωτός σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Ένα κοινό κερί εκπέμπει περίπου μία candela. $cd = lm/sr$ (όπου $sr = \text{solid angle} = \text{στερεά γωνία ή στερακτίνο}$)

Lumen (lm) είναι η μονάδα μέτρησης της φωτεινής ροής /φωτεινής ισχύος (Luminous flux, Φ) ή αλλιώς της ποσότητας φωτός που εκπέμπεται από έναν λαμπτήρα όπως αυτό φαίνεται από το ανθρώπινο μάτι.

Lux είναι η μονάδα μέτρησης της φωτεινής έντασης ανά μονάδα επιφάνειας (illuminance, E), $1 \text{ lux} = 1 \text{ lm} / \text{m}^2$.

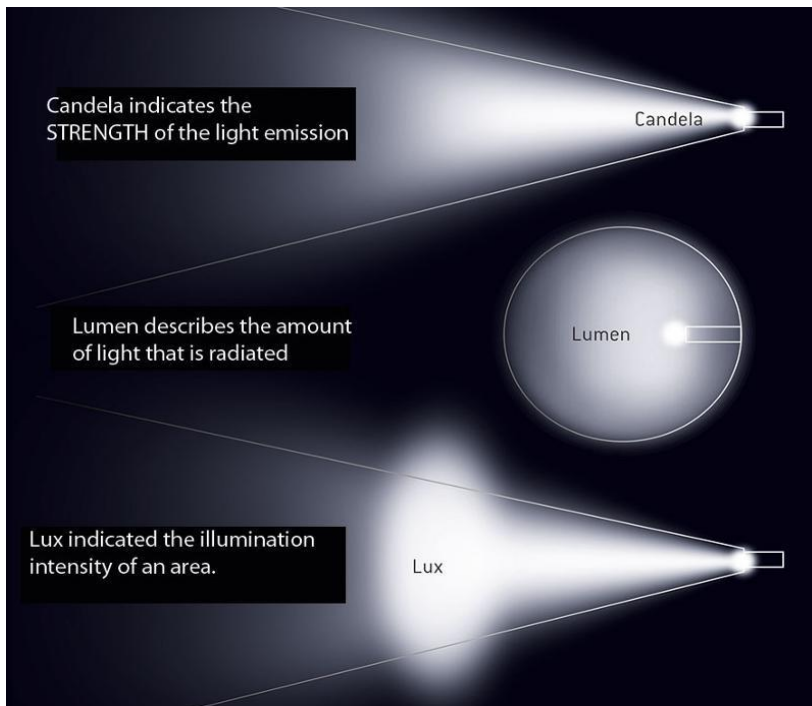
Μια σύγκριση των τριών παραπάνω μονάδων φαίνεται στην εικόνα 14.

Η **λαμπρότητα** (luminance, (L)) είναι η φωτεινή ένταση που ακτινοβολείται από μία μοναδιαία επιφάνεια σε μία καθορισμένη διεύθυνση ανεξάρτητα από το αν η επιφάνεια είναι εκπέμπει φως (αυτόφωτη) ή δέχεται φως που είτε το ανακλά είτε το διαχέει (ετερόφωτη). Η μονάδα μέτρησης είναι η cd/m^2 . Ουσιαστικά η λαμπρότητα θεωρείται το αντικειμενικό μέτρο και το πιο σημαντικό κριτήριο για τον οδικό φωτισμό, καθώς περιγράφει την κατάσταση ενός φωτιζόμενου οδοστρώματος εξετάζοντας την ακτινοβολία που προέρχεται από ανάκλαση στο οδόστρωμα και κατευθύνεται προς το μάτι του οδηγού, καθιστώντας το οδόστρωμα ορατό [69].

Η **αποδοτικότητα**, σχετίζεται με την ενεργειακή απόδοση του λαμπτήρα και είναι η ποσότητα φωτός που προέρχεται από έναν λαμπτήρα σε σύγκριση με την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει για να λειτουργήσει. Εκφράζεται σε lumen/watt. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση, τόσο πιο αποτελεσματική είναι η λάμπα. Οι λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας καταναλώνουν

λιγότερη ενέργεια για την ίδια παραγωγή φωτός από τις λιγότερο αποδοτικές λάμπες.

Υπενθυμίζουμε ότι το **Watt (W)** είναι η μονάδα μέτρησης ισχύος που απαιτείται για να λειτουργήσει μία συσκευή (στην συγκεκριμένη περίπτωση για να ανάψει ένας λαμπτήρας). Επίσης η βατώρα (W/h) αντιστοιχεί στο ρυθμό κατανάλωσης ενέργειας ανά ώρα σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα (δηλαδή πόση ενέργεια καταναλώνει ένας αναμμένος λαμπτήρας σε μία ώρα).



Εικόνα 14: Σύγκριση των μετρούμενων μεγεθών με την Candela, το Lumen και το Lux.

2.6.2 Ανάκλαση (reflection)- Διάχυση (diffusion)

Όταν φωτεινή ακτίνα προσπέσει πάνω σε μια επιφάνεια αλλάζει πορεία. Το φαινόμενο ονομάζεται ανάκλαση και ακολουθεί τους βασικούς νόμους της [69]. Η ανάκλαση μπορεί να είναι:

- Κανονική: όταν η φωτεινή δέσμη ανακλάται με την ίδια γωνία με την οποία προσπίπτει στην επιφάνεια χωρίς να διασκορπίζεται (σε πλήρως ανακλαστικές επιφάνειες π.χ. καθρέφτης).
- Διαχέουσα ανάκλαση: η οποία προκαλεί τη διάχυση της φωτεινής δέσμης προς όλες τις κατευθύνσεις (σε μη ανακλαστικές επιφάνειες-π.χ μαύρο βελούδο).
- Ημιδιαχέουσα ανάκλαση: η οποία διαχέει μεν τη φωτεινή δέσμη αλλά όχι προς όλες τις κατευθύνσεις. Στην περίπτωση αυτή υπάγονται τα περισσότερα σώματα.
- Μικτή ανάκλαση η οποία αποτελεί την ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ κανονικής και διαχέουσας ανάκλασης (ένα μέρος ανακλάται και ένα διαχέεται).

Οι διάφορες επιφάνειες συμπεριφέρονται διαφορετικά και αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό του φωτισμού τόσο εσωτερικών όσο και εξωτερικών χώρων (Εικόνα15).

ΥΛΙΚΟ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ
Μπετόν καινούριο	40-50
Μπετόν παλιό	5-15
Τούβλα	20-25
Μάρμαρο λευκό	65-80
Ασβέστης	60-65
Πλακάκια λευκά	70-75
Πλαστικό χρώμα λευκό καινούριο	70-80
Χρώμα αλουμινίου	60-75
Χαρτί ταπετσαρίας ανοιχτό	65-85
Χαρτί ταπετσαρίας σκούρο	3-45
Χάλυβας ανοξειδωτός	55-65
Ασημί στιλπνό	88-93
Νικέλιο στιλπνό	53-63
Χαλκός	48-50
Χρόμιο ματ	52-55
Λευκοσίδηρος	68-70
Κουρτίνες κίτρινες	30-45
Κουρτίνες κόκκινες	10-20
Κουρτίνες γκριζες	15-25
Μαύρο βελούδο	0,5-1
Καθρέφτης	95-98
Άσφαλτος	8-12
Εμαγιέ λευκό	67-73

Εικόνα 15: Πίνακας Ανάκλασης (<https://www.interlight.gr/>)

2.6.3 Θάμβωση (glare)

Ως **θάμβωση** είναι η αίσθηση που λαμβάνουμε λόγω διαφοράς λαμπρότητας μεταξύ του οπτικού μας πεδίου και της προσαρμογής των οφθαλμών μας. Η θάμβωση προκαλεί ένα φωτεινό πέπλο στο μάτι, γεγονός που μειώνει την αντίθεση και συνεπώς μειώνει την ορατότητα ενός στόχου. Έτσι δε μπορούν να διακριθούν διαφορές όταν υπάρχει ένα πολύ φωτεινό υπόβαθρο. Η θάμβωση μπορεί να διακριθεί σε δύο τύπους [7,41]:

- *Φυσιολογική Θάμβωση* (θάμβωση ανικανότητας – disability glare) η οποία αναφέρεται στη μειωμένη ορατότητα ενός στόχου λόγω της ύπαρξης μιας φωτεινής πηγής κάπου αλλού μέσα στο οπτικό πεδίο του παρατηρητή.
- *Ψυχολογική Θάμβωση* (θάμβωση ενόχλησης – discomfort glare) η οποία αναφέρεται στην αίσθηση που προκαλείται όταν η φωτισμός όλου του περιβάλλοντος είναι ισχυρός, πχ σε ηλιόλουστο και χιονισμένο μέρος [66]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ο ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ – Εφεύρεση, εξέλιξη και τεχνολογίες προ LED

Η ανακάλυψη του ηλεκτρισμού οδήγησε στην εφεύρεση και ανάπτυξη μιας ποικιλίας ηλεκτρικών πηγών λόγω των πολλών φυσικών φαινομένων που οδηγούν στην εκπομπή φωτός μετά από διέγερση με ηλεκτρική ενέργεια. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε αναλυτικά στις εφευρέσεις αυτές αναλύοντας την αρχή λειτουργίας, τα επιμέρους χαρακτηριστικά, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους και τις περιπτώσεις στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν ή χρησιμοποιούνται και σήμερα [61].

3.1. Ο λαμπτήρας πυρακτώσεως

Όπως αναφέραμε και νωρίτερα, το πρώτο ηλεκτρικό φως δημιουργήθηκε από τον Άγγλο Humphry Davy. Σύμφωνα με το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ, ο Davy «επέδειξε το πρώτο φως πυρακτώσεως στο Βασιλικό Ινστιτούτο στη Μεγάλη Βρετανία, χρησιμοποιώντας μια τράπεζα μπαταριών και δύο ράβδους άνθρακα» [20]. (Εικόνα 16). Η εφεύρεσή του ήταν αυτό που συνήθως αποκαλούμε φως τόξου (οι σύγχρονες εκδόσεις των οποίων εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σήμερα).



Εικόνα 16: Ο λαμπτήρας του Davy

Η ιδέα απασχόλησε ένα μεγάλο αριθμό εφευρετών οι οποίοι δημιούργησαν διάφορα σχέδια αλλά ο πρώτος που κατέθεσε τα ακριβή σχέδια και δρομολόγησε την κατασκευή του μέχρι σήμερα γνωστού “λαμπτήρα πυρακτώσεως” , παίρνοντας έτσι τον «τίτλο» του εφευρέτη του, ήταν ο Thomas Edison (Εικόνα 17).



Εικόνα 17: Ο Thomas Edison

Στις 22 Οκτωβρίου του 1879, κατέθεσε την πατέντα του η οποία, με το δυνατό της φως και την εύκολη χρήση της, πρόσφερε στα νοικοκυριά ένα μεγάλο κίνητρο για την χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος. Είχε όμως να ανταγωνιστεί την εκτεταμένη χρήση του φωταερίου και την, με αρκετή καθυστέρηση, ανάπτυξη υποδομής ενός δικτύου ηλεκτρικού ρεύματος που θα καθιστούσε τη χρήση του φτηνότερη. Μέχρι όμως τον 20ο αιώνα αυτά βελτιώθηκαν οπότε και έγινε η διάδοσή του σε όλη την κοινωνία [24].

Ας εξετάσουμε τώρα τον τρόπο λειτουργίας, τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά του λαμπτήρα πυρακτώσεως, αναλύοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του:

3.1.1 Αρχή Λειτουργίας

Όσον αφορά την αρχή λειτουργίας τους, οι λαμπτήρες πυρακτώσεως λειτουργούν με την ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω ενός υλικού (νήμα) με ωμική αντίσταση όπως ο άνθρακας, το μπαμπού, το ταντάλιο, ή το

βολφράμιο. Γενικά αυτά τα υλικά όταν χρησιμοποιούνται σε λαμπτήρες ανάβουν πριν φθάσουν σε σημείο τήξης. Το βολφράμιο μπορεί να φτάσει μέχρι και 3422°C πριν λιώσει. Αυτή είναι μια πολύ υψηλή θερμοκρασία (εκτός από το λαμπτήρα τόξου άνθρακα με σημείο τήξης τους 3500°C). Νήματα ή τμήματά τους επίσης έχουν κατασκευαστεί από ταντάλιο, μολυβδαίνιο και άνθρακα.

3.1.2 Χαρακτηριστικά

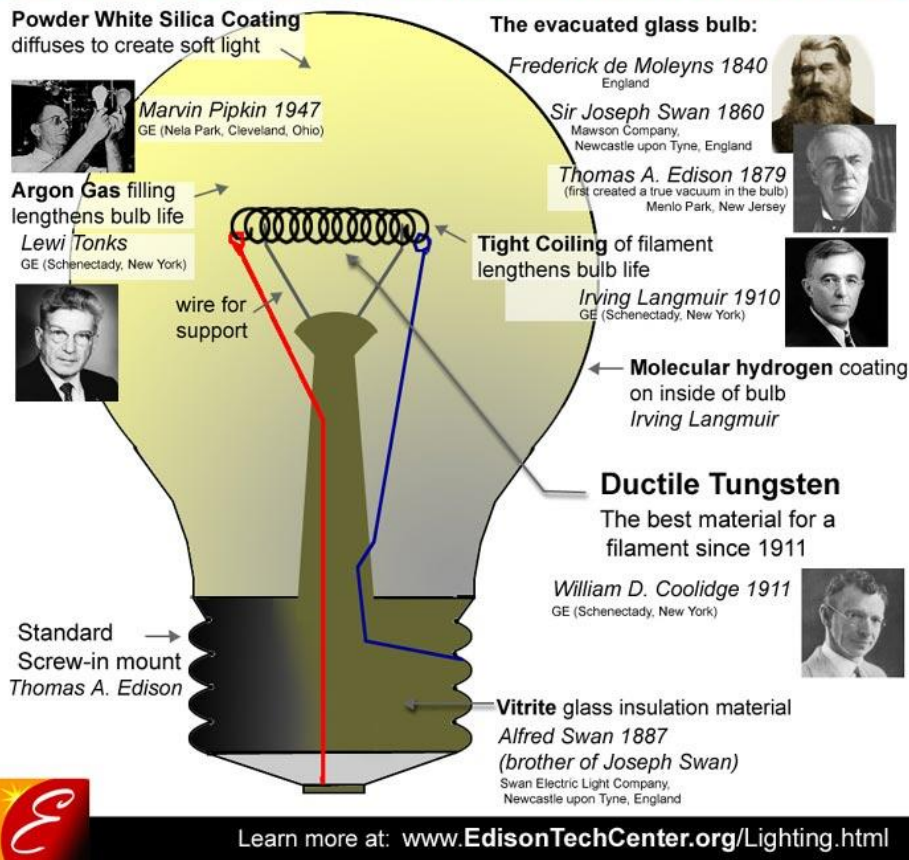
- Color Rendering Index 100 (είναι η καλύτερη CRI).
- Θερμοκρασία χρώματος - συνήθως 2700 - 5000K / 2430 - 4730C.
- Lumens / watt 8 - 24.
- Διάρκεια ζωής λαμπτήρων: 750 - 1000 ώρες (τυπική λάμπα οικιακής χρήσης).
- η ζωή του μπορεί να επεκταθεί σε μεγάλο βαθμό χρησιμοποιώντας τη λάμπα σε τάση χαμηλότερη από την κανονική.

Πλεονεκτήματα
❖ Ιδανικός για φωτισμό μικρών περιοχών.
❖ Καλή απόδοση χρωμάτων: CRI: 100 που είναι το καλύτερο δυνατό
❖ Χρησιμοποιείται εύκολα σε κυκλώματα στροβοσκόπησης ή σκίασης
❖ Ανακυκλώσιμος χωρίς τοξικά υλικά προς απόρριψη (όπως ο υδράργυρος, τα τοξικά κράματα ή οι ημιαγωγοί) .
❖ .Χαμηλό κόστος παραγωγής

Μειονεκτήματα

- ❖ Χαμηλή ενεργειακή απόδοση (το 90% της ενέργειας γίνεται θερμότητα, το 10% αποδίδει το ορατό φως)
- ❖ Οι παραδοσιακοί λαμπτήρες πυρακτώσεως δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για φωτισμό μεγάλων περιοχών.

Inventors of the Modern Incandescent Lamp



Εικόνα 17: Εξέλιξη λάμπας πυρακτώσεως
(edisontechcenter.org/lighting)

Στην εικόνα 17 παρουσιάζονται οι επεμβάσεις των εφευρετών της λάμπας πυρακτώσεως με σκοπό τη βελτίωση της.

3.2. Ο λαμπτήρας νέον/αργόν (neon/argon lamp)

Σχεδόν παράλληλα ή λίγο μετά την εμφάνιση του γλόμπου του Edison άλλοι εφευρέτες χρησιμοποίησαν τον ηλεκτρισμό, τον φθορισμό και αδρανή αέρια ή άλλα στοιχεία για να παράγουν φως.

Ο πατέρας της λάμπας φθορισμού Heinrich Geissler το 1857 πειραματίστηκε με ηλεκτρικά τόξα και ένα γυάλινο σωλήνα σε μερικό κενό στον οποίο υπήρχαν δύο ηλεκτρόδια, και διαφορετικοί σε κάθε πείραμα τύποι αερίων για να παράγει εντυπωσιακά χρωματισμένη λάμψη που ήταν η βάση για τις μεταγενέστερες λάμπες ατμών υδραργύρου, νέον, φθορισμού κ.λ.π. Τα επόμενα χρόνια οι William Ramsay & Morris Travers, ο Daniel McFarlan και ο Georges Claude εξελίσσουν τις δικές τους εκδοχές με τον Daniel McFarlan Moore (της General Electric) το 1917 παρουσιάζει τη λάμπα νέον αρνητικής λάμψης (negative glow neon lamp) συνδυάζοντας μικρούς γλόμπους στις άκρες της με δύο ηλεκτρόδια λαμβάνοντας αμέσως μία έντονη λάμψη από το νέον. Η λάμπα αυτή χρησιμοποιήθηκε μέχρι την αντικατάστασή της από την λάμπα LED (στη δεκαετία του 1960) ως ενδεικτική σε πολλές συσκευές ενώ σήμερα χρησιμοποιείται ακόμη σε διακοσμητικά Χριστουγεννιάτικα λαμπάκια που τρεμοπαίζουν σαν φλόγες[29].

Η λάμπα μπορεί να δώσει πολλά και διαφορετικά χρώματα ανάλογα με το ευγενές αέριο ή την φωσφορίζουσα ουσία που θα χρησιμοποιηθεί (Εικόνα 18).

3.2.1 Αρχή Λειτουργίας

Ο κλασικός λαμπτήρας νέον είναι κατασκευασμένος από ένα γυάλινο σωλήνα που περιέχει ένα μείγμα από νέον (99,5%) και αέριο αργόν. Υπάρχουν δύο ηλεκτρόδια, το ένα θετικό και το άλλο αρνητικό. Όταν η τάση του ρεύματος ανεβαίνει, δημιουργείται ένα τόξο μεταξύ των ηλεκτροδίων

μέσω του αερίου αργόν. Όταν το αέριο αργόν δημιουργήσει ένα τόξο, το αέριο νέον θερμαίνεται οπότε ηλεκτρικό ρεύμα ρέει και μέσα από αυτό, ιονίζοντας περισσότερα άτομα καθώς αυξάνεται το ρεύμα. Ένα στραγγαλιστικό πηνίο (ballast) είναι απαραίτητο για τον περιορισμό του ρεύματος, καθώς η αντίσταση θα συνεχίσει να μειώνεται όσο το ρεύμα αυξάνεται.

3.2.2 Χαρακτηριστικά

- Lumens / watt: 50 - 65
- Διάρκεια ζωής λαμπτήρων: 25.000 ώρες
- CRI (μόνο για λευκούς λαμπτήρες) 70
- Θερμοκρασία χρώματος (για λευκούς λαμπτήρες) ~ 5000 C

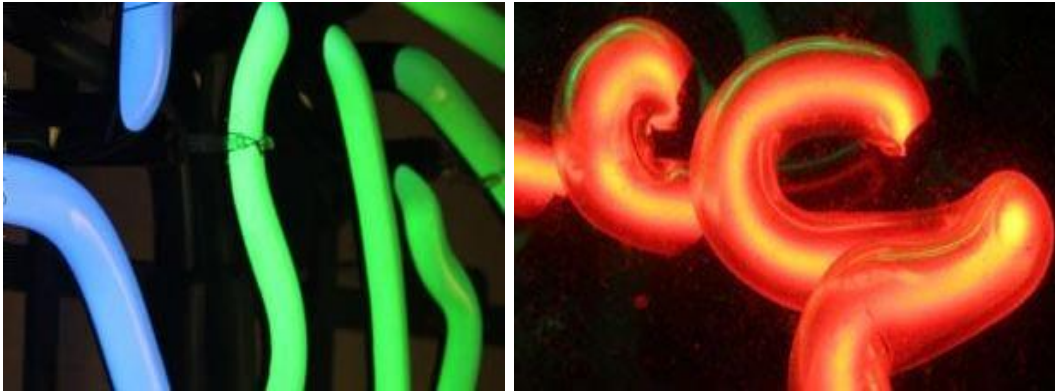
Πλεονεκτήματα

- ❖ Καλή απόδοση Lumen / watt.
- ❖ Το neon λειτουργεί αποδοτικότερα σε χαμηλές θερμοκρασίες από τα φώτα φθορισμού θερμής καθόδου.
- ❖ Πιο αξιόπιστη από τις λυχνίες LED για φώτα προσγείωσης αεροδρομίου.

Μειονεκτήματα

- ❖ Το μήκος του σωλήνα είναι ένας περιορισμός.
- ❖ Το argon δεν είναι αξιόπιστο σε χαμηλές θερμοκρασίες.

- ❖ Διάχυτο φως (δεν είναι καλό για οποιαδήποτε εστιασμένη δέσμη εφαρμογών) .



Εικόνα 18:Λαμπτήρες Νέον.

3.3. Λαμπτήρας ατμών υδραργύρου (Mercury Vapor Lamp) 1901

Η πρώτη εμπορική λάμπα ατμών υδραργύρου παρουσιάστηκε από τον Peter Cooper Hewitt το 1901 ενώ νωρίτερα είχαν γίνει και άλλες προσπάθειες. Η λάμπα ατμών υδραργύρου είναι μία υψηλής έντασης λάμπα η οποία χρησιμοποιεί ένα τόξο που διαπερνά ατμούς υδραργύρου σε σωλήνα υψηλής πίεσης για να δημιουργήσει ένα πολύ έντονο φως που προέρχεται κατ' ευθείαν από το τόξο, σε αντίθεση με την λάμπα φθορισμού που χρησιμοποιεί τον ατμό υδραργύρου για την παραγωγή ασθενέστερου φωτός το οποίο δημιουργεί UV ακτινοβολία που διεγείρει τα φωσφορίζοντα υλικά. Υπάρχουν πολλές εκδόσεις της λάμπας, αλλά η βασική αρχή είναι η ίδια [27].

3.3.1 Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου χαμηλής πίεσης

Οι πρώτοι λαμπτήρες υδραργύρου κατασκευάζονταν σε σωλήνα χαμηλής πίεσης. Όταν η λάμπα τεθεί σε λειτουργία οι ηλεκτρικές επαφές σε κάθε πλευρά του λαμπτήρα θα στείλουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω υγρού υδραργύρου. Μετά από αυτό, ο λαμπτήρας θερμαίνεται γρήγορα και δημιουργούνται ατμοί υδραργύρου οι οποίοι διαρρεόμενοι από ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργούν τόξο. Έτσι δημιουργείται φως το οποίο αυξάνεται καθώς το τόξο γίνεται ισχυρότερο μέσα στον σωλήνα.

3.3.2 Λαμπτήρες ατμών υδραργύρου υψηλής πίεσης

Οι σημερινοί λαμπτήρες είναι λαμπτήρες υψηλής πίεσης με εσωτερικό σωλήνα εκκένωσης από χαλαζία. Η υψηλή πίεση συμβάλλει στην αύξηση της απόδοσης και αυτό αναπτύχθηκε το 1936, 35 χρόνια μετά την παύση χρήσης των λαμπτήρων χαμηλής πίεσης.

3.3.2.1 Αρχή Λειτουργίας

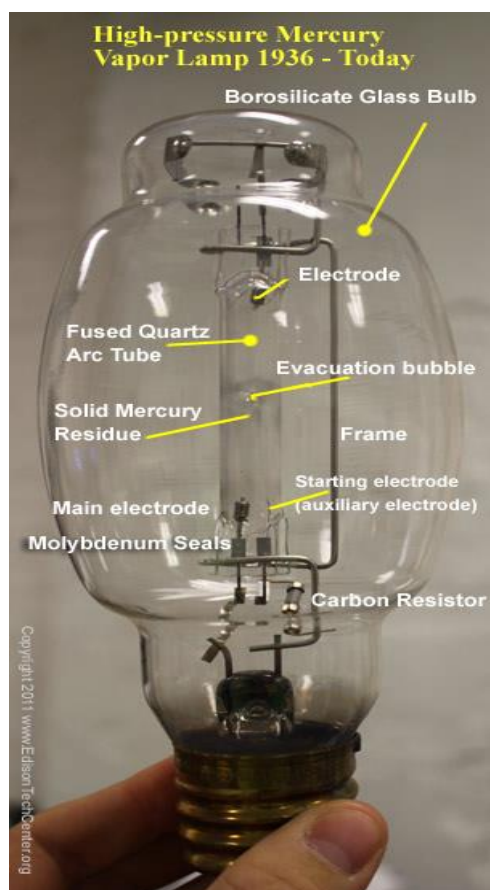
Για να ανάψει αυτή η λάμπα δημιουργείται πρώτα ένα μικρό τόξο ανάμεσα στο ηλεκτρόδιο εκκίνησης και το κύριο ηλεκτρόδιο το οποίο δημιουργείται εύκολα, ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Αυτό το μικρό τόξο θερμαίνει το σωλήνα ο οποίος μέσα σε λίγα λεπτά γίνεται αρκετά ζεστός ώστε να εξατμίζει τον στερεό και κολλημένο στα πλάγια υδράργυρο. Οι ατμοί υδραργύρου δημιουργούν ένα ισχυρό τόξο και επομένως φως μεταξύ των δύο κύριων ηλεκτροδίων (Εικόνες 19,20).

Για να αποφευχθεί η δημιουργία ισχυρού τόξου, ένα στραγγαλιστικό πηνίο (ballast) περιορίζει το ρεύμα. Μερικοί λαμπτήρες δεν έχουν γιατί στην θέση του χρησιμοποιούν ένα πυρακτωμένο νήμα για να λειτουργήσει ως αντίσταση, περιορίζοντας το ρεύμα. Τα φωτιστικά οικιακής χρήσης συνήθως χρησιμοποιούν αυτόν τον τύπο, καθώς οι ακριβότεροι αλλά πιο

αποδοτικοί λαμπτήρες με ballast βρίσκονται σε μεγάλα φωτιστικά για δημόσιο φωτισμό.

3.3.2.2 Χαρακτηριστικά

- CRI 20 (καθαρός βολβός) , 60 (επικαλυμμένος με φωσφόρο) .
- Θερμοκρασία χρώματος - 6800 K (διαφανής λάμπα)
- Lumen / watt: 30-60
- Διάρκεια ζωής λαμπτήρων: 24.000 - 175.000 ώρες
- Διατίθεται σε 40-1000 W.



Εικόνα 19:“Lifeguard” lamp, by Westinghouse (edisontechcenter.org)

Πλεονεκτήματα

- ❖ Καλή απόδοση (οι λαμπτήρες μετά τη δεκαετία του 1980 έχουν υψηλή βαθμολογία Lumen / watt) .
- ❖ Καλύτερη απόδοση χρωμάτων από αυτή των λαμπτήρων δρόμου υψηλής πίεσης νατρίου.
- ❖ Ορισμένοι λαμπτήρες διαρκούν πολύ περισσότερο από τη σήμανση των 24000 ωρών, μερικές φορές 40 χρόνια.



Εικόνα 20: Λάμπτα ατμών υδραργύρου όπου φαίνεται το φωτιζόμενο τόξο

Μειονεκτήματα

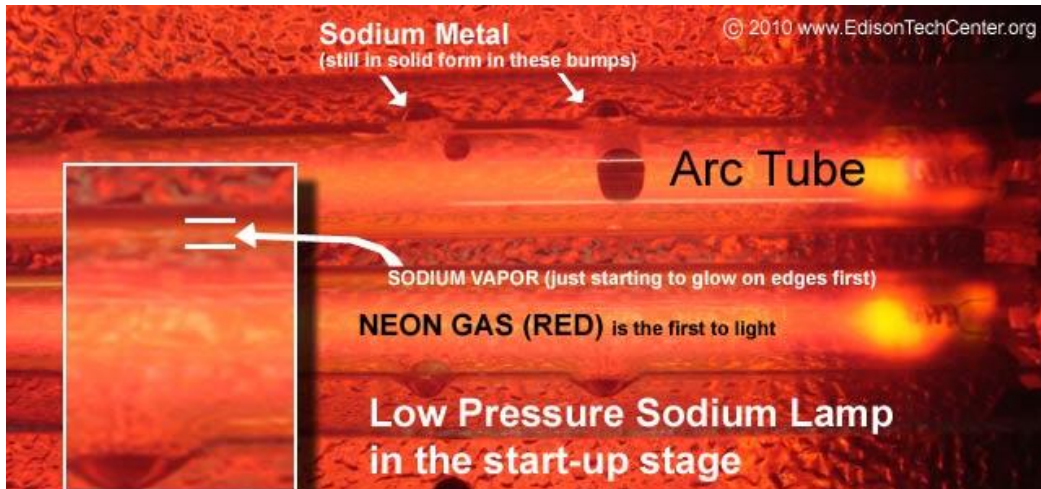
- ❖ Περιέχουν ίχνη υδραργύρου που πρέπει να απορριφθούν σωστά.
- ❖ Τα φώτα του δρόμου HPS έχουν καλύτερη βαθμολογία Lumen / watt.
- ❖ Το ανθρώπινο δέρμα φαίνεται πράσινο κάτω από το φως
- ❖ Απαιτείται χρόνος προθέρμανσης για την εκκίνηση της λυχνίας

3.4. Λαμπτήρας νατρίου Χαμηλής και Υψηλής πίεσης (LPS/HPS)(1920)

Υπάρχουν δύο είδη λαμπτήρων νατρίου οι χαμηλής (LPS) και οι υψηλής (HPS) πίεσης. Χρησιμοποιούνται κυρίως για φωτισμό δρόμων και για βιομηχανική χρήση[30]

3.4.1 Λάμπα νατρίου χαμηλής πίεσης (LPS)

Εφευρέθηκε το 1920 από τον Arthur H. Compton ενώ ο Marcello Pirani συνεργαζόμενος με τη Γερμανική Osram ανέπτυξε ένα ανθεκτικό στο νάτριο γυαλί το 1931. Η πρώτη όμως εμπορική διάθεσή της έγινε το 1932 από τη Philips. Είναι γνωστή για το χαρακτηριστικό μονοχρωματικό κίτρινο χρώμα που εκπέμπει. Είναι από τις πιο αποδοτικές ενεργειακά γιατί χρησιμοποιεί όλο το ρεύμα που την διαρρέει για να παράξει φως στην πιο ευαίσθητη για το ανθρώπινο μάτι συχνότητα σε αντίθεση με την λάμπα πυρακτώσεως που παράγει φως σε όλα τα μήκη κύματος από το IR έως το UV, σπαταλώντας έτσι ενέργεια για την παραγωγή φωτός που δεν γίνεται αντιληπτό. Παρ' όλα αυτά η χρωματική της απόδοση (CRI) είναι πολύ χαμηλή και έτσι δεν είναι ελκυστική για την αγορά (Εικόνα 21).



Εικόνα 21: Λαμπτήρας Na χαμηλής πίεσης

3.4.1.1. Αρχή Λειτουργίας

Καθώς το ρεύμα διαρρέει τον σωλήνα αρχικά δημιουργεί ένα κόκκινο φως λόγω του νέον που θερμαίνεται ενώ στη συνέχεια η δημιουργία ατμών νατρίου η λάμπα αποκτά το χαρακτηριστικό κίτρινο φως της.

3.4.1.2 Χαρακτηριστικά

- CRI: -44
- Θερμοκρασία χρώματος: 1800K
- lumens/watt 100-190
- Διάρκεια ζωής: 18.000 ώρες

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- ❖ Πολύ αποδοτικός λαμπτήρας
- ❖ Ισχυρός λαμπτήρας για χρήση μεγάλων χώρων

❖ Παρά τον χρόνο προθέρμανσης 5-10 λεπτών, επανεκκινείται αμέσως, εάν υπάρχει διακοπή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας
❖ Η εκπομπή του φωτός δεν μειώνεται με την ηλικία (όπως σε λάμπες LED ή πυρακτώσεως)

<u>Μειονεκτήματα</u>
❖ Έχει τον μικρότερο δείκτη απόδοσης χρώματος (CRI) από οποιονδήποτε λαμπτήρα
❖ Το νάτριο είναι επικίνδυνο υλικό το οποίο μπορεί να καεί όταν εκτίθεται στον αέρα (όπως εάν ο λαμπτήρας σπάσει)

3.4.2 Λαμπτήρας νατρίου υψηλής πίεσης (HPS)

Αν και οι εφευρέτες της λάμπας νατρίου χαμηλής πίεσης γνώριζαν ότι με υψηλότερη πίεση θα πετύχαιναν καλύτερο αποτέλεσμα δεν υπήρχε διαθέσιμο κάποιο υλικό που πληρούσε τις αντίστοιχες προϋποθέσεις. Τριάντα χρόνια μετά την εφεύρεση της λάμπας από τον Compton το 1955 ο Robert Coble ανέπτυξε ένα υλικό με το όνομα Lucalox (εμπορικό όνομα του κεραμικού οξειδίου του αλουμινίου). Η εφεύρεσή του οδήγησε στην ανάπτυξη του λαμπτήρα νατρίου υψηλής πίεσης από τους Louden, Schmidt και Hommonay το 1964.

3.4.2.1 Αρχή Λειτουργίας

Ο λαμπτήρας HPS αποτελείται από ένα στενό σωλήνα τόξου που στηρίζεται σε ένα πλαίσιο. Ο σωλήνας τόξου έχει υψηλή πίεση εσωτερικά για μεγαλύτερη απόδοση. Συνήθως χρησιμοποιούνται μέσα στο σωλήνα τόξου νάτριο, υδράργυρος και ξένο. Ο σωλήνας τόξου είναι

κατασκευασμένος από κεραμικό οξειδίο του αργιλίου που είναι ανθεκτικό στις διαβρωτικές επιδράσεις αλκαλίων όπως το νάτριο.

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος εκκίνησης της λάμπας είναι η εκκίνηση με παλμούς. Υπάρχει ένα ηλεκτρόδιο ενσωματωμένο στον κυρίως σωλήνα τόξου του λαμπτήρα που στέλνει έναν παλμό ενέργειας υψηλής τάσης μέσα στον σωλήνα τόξου. Αυτός ο παλμός δημιουργεί ένα τόξο μέσω του αερίου xenon. Ο λαμπτήρας εκπέμπει γαλάζια απόχρωση καθώς δημιουργείται τόξο από το αέριο xenon. Το τόξο θερμαίνει τον υδράργυρο και οι ατμοί υδραργύρου δημιουργούν και αυτοί τόξο, εκπέμποντας πλέον ένα μπλε χρώμα. Ο λαμπτήρας θερμαίνεται περισσότερο και το νάτριο είναι το τελευταίο υλικό που πρέπει να εξατμιστεί. Οι ατμοί νατρίου δημιουργούν τόξο στους 240°C. Το νάτριο είναι αναμειγμένο με άλλα υλικά ώστε να δημιουργείται πιο λευκό φως ενώ ο υδράργυρος βοηθά στην ενίσχυση του κυανού φάσματος στο καθαρό κίτρινο του νατρίου

3.4.2.2 Χαρακτηριστικά

- CRI : 20-30
- Lumens/watt :80-140
- Διάρκεια ζωής: 24.000 ώρες

<u>Πλεονεκτήματα</u>
❖ Καλή απόδοση (lumens / watt) .
❖ Επειδή είναι μικρότερη σε μέγεθος από λάμπα LPS ή φθορισμού, η HPS ταιριάζει σε πολλούς τύπους ντουί.
❖ Μπορεί να τοποθετηθεί στην θέση παλαιότερων λαμπτήρων ατμών υδραργύρου.
❖ Οι HPS έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους λαμπτήρες LPS.

<u>Μειονεκτήματα</u>
❖ Κακή απόδοση χρώματος σε σύγκριση με λαμπτήρες αλογονιδίων μετάλλων (metal halide) και λαμπτήρες αλογόνου (halogen) .
❖ Απαιτεί ένα στραγγαλιστικό πηνίο (ballast) με απώλειες που λειτουργεί με χαμηλή τάση 52-100V. Αυτό μειώνει την πραγματική απόδοση της λάμπας όταν μετράται όλο το σύστημα μαζί.

3.5. Λαμπτήρας φθορισμού (Fluorescent Lamp) 1938


Η ανακάλυψη του λαμπτήρα φθορισμού ήταν η μεγαλύτερη εξέλιξη στο φωτισμό από το 1879 που ανακαλύφθηκε ο λαμπτήρας πυρακτώσεως.

Ο πρώτος που μελέτησε εξονυχιστικά τους σωλήνες τόξου ήταν ο Geissler θέτοντας τις βάσεις για όλους τους τύπους λαμπτήρων τόξου περιλαμβανομένων και των HID. Ο A-E Becquerel (1859) ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε την επένδυση φθορίου μέσα στον γυάλινο σωλήνα ενώ ο N. Tesla το 1891 εφηύρε την λάμπα αγωγής (induction) που δεν είχε όμως ηλεκτρόδια. Τις επόμενες δεκαετίες αρκετοί εφευρέτες και τελικά οι Thayer, Lemmers και Roberts το 1934 αναπτύσσουν την πρώτη πραγματική λάμπα φθορισμού με λευκό φως, σταθερή, αξιόπιστη και με ένα σχέδιο το οποίο έμεινε σχεδόν το ίδιο για τα επόμενα 80 χρόνια [22] (εικόνα 22)

Inventors of the Fluorescent Lamp

Learn more about the electric light: www.EdisonTechCenter.org/Lighting.html


1856



Heinrich Geissler
Bonn, Germany

Important first experiments in arc tube type lamps


1895



Daniel McFarlan Moore
East Orange, NJ

First commercial arc tube


1901



Peter Cooper Hewitt
New York, New York

Mercury vapor lamp


1911



William D. Coolidge
Schenectady, NY

Invented ductile tungsten


1926



Edmund Germer
Berlin, Germany

First metal vapor fluorescent tube


1927



Albert W. Hull
Schenectady, NY

Invented a robust electrode that would not disintegrate

1934



Inventors of the modern fluorescent lamp

Richard Thayer & George Inman
Nela Park, OH

1935 "White" Phosphor Coatings

Clifton Found & Willard Roberts
Nela Park, OH

C. A. Nickel & G.R. Fonda
Schenectady, NY

Lamp system

T.W. Frech, W.L. Enfield, P.J. Pritchard
A.E. Lemmers, H.D. Blake, J.O. Aicher
Harry Fernberdger.
Nela Park & Schenectady

LEARN MORE about developments and other innovators online!

Copyright 2012 Edison Tech Center

Εικόνα 22: Οι εφευρέτες και η εξέλιξη της λάμπας φθορισμού

3.5.1 Αρχές Λειτουργίας

Γενικά οι λαμπτήρες φθορισμού διακρίνονται σε θερμής και ψυχρής καθόδου και λειτουργούν με ατμούς ιονισμένου υδραργύρου σε γυάλινο σωλήνα. Τα ιονισμένα άτομα εκπέμπουν υπεριώδη ακτινοβολία UV όταν στον σωλήνα διαρρέομενο από ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργηθεί τόξο. Επειδή το υπεριώδες φως δεν είναι ορατό χρησιμοποιείται επικάλυψη φθορίου στα εσωτερικά τοιχώματα του σωλήνα και έτσι μετατρέπεται σε τυπικό ορατό φως.

3.5.2 Λαμπτήρας φθορισμού θερμής καθόδου (HCFL)

Αυτός ο λαμπτήρας αποτελείται από γυάλινο σωλήνα γεμάτο με αδρανές αέριο (συνήθως αργόν) σε χαμηλή πίεση. Σε κάθε πλευρά του σωλήνα υπάρχει ένα ηλεκτρόδιο βολφραμίου. Το στραγγαλιστικό πηνίο (ballast) ρυθμίζει την ισχύ εναλλασσόμενου ρεύματος στα ηλεκτρόδια. Οι παλαιότεροι λαμπτήρες χρησιμοποιούσαν εκκινήτη για να ανάψει η λάμπα. Οι σύγχρονοι λαμπτήρες χρησιμοποιούν παλμικούς εκκινήτες οι οποίοι καταργούν το ballast και ρυθμίζουν το ρεύμα με ηλεκτρονικό τρόπο.

Το ηλεκτρικό εναλλασσόμενο ρεύμα περνάει από το ballast. Το ballast θα αυξήσει τα volt, ενώ θα περιοριστεί το ρεύμα και θα αποτραπεί η δημιουργία βραχυκυκλώματος που θα μπορούσε να καταστρέψει τον λαμπτήρα .

Ο γυάλινος σωλήνας του λαμπτήρα ονομάζεται σωλήνας εκκένωσης και λειτουργεί με τη διέλευση ηλεκτρονίων από το ένα ηλεκτρόδιο στο άλλο. Αυτό σχηματίζει αυτό που ονομάζουμε τόξο (εικόνα 23)

Για να εκκινηθεί ο λαμπτήρας χρειάζεται ένας παλμός υψηλής τάσης για να δημιουργηθεί το τόξο. Όσο πιο ψυχρός είναι ο λαμπτήρας, τόσο μεγαλύτερη είναι η τάση που απαιτείται. Η τάση δημιουργεί ρεύμα μέσω του αερίου αργόν. Το αέριο έχει αντίσταση, και όσο πιο ψυχρό το αέριο, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να εκκινηθεί μια λάμπα, όπως: προθέρμανση, άμεση εκκίνηση, ημι-συντονισμένη εκκίνηση και προγραμματισμένη εκκίνηση. Δύο βασικοί τρόποι είναι (Α) η χρήση διακόπτη εκκίνησης και (Β) η άμεση εκκίνηση.

(Α) Στα συστήματα με **χρήση διακόπτη εκκίνησης**, ο εκκινήτης περιείχε μια μικρή λάμπα νέον ή αργόν. Όταν ο εκκινήτης ήταν κρύος αρχικά, το ρεύμα περνούσε από τον διακόπτη εκκίνησης μέσω της λάμπας νέον. Ο λαμπτήρας 1 Watt θέρμαινε μια διμεταλλική λωρίδα στον εκκινήτη, ενώ στον κύριο σωλήνα τόξου το ρεύμα περνούσε από τα ηλεκτρόδια βολφραμίου που τα έκανε να ζεσταθούν και να ιονίσουν κάποια ποσότητα

αερίου. Αυτό προθέρμεινε τη λάμπα. Το ρεύμα διέρχεται από τα ηλεκτρόδια βολφραμίου σε κάθε άκρο της λάμπας. Τα ηλεκτρόδια αποτελούνται από νήμα όπως σε έναν λαμπτήρα πυρακτώσεως, όταν το ρεύμα διέρχεται, θερμαίνονται και εκπέμπουν ελεύθερα ηλεκτρόνια. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια ιονίζουν το αέριο αργού στον σωλήνα. Το πρώτο αέριο που ιονίζεται είναι ακριβώς γύρω από το νήμα. Όταν ο διακόπτης εκκίνησης (με τον μικρό λαμπτήρα αργόν) ζεσταθεί αρκετά, η διμεταλλική λωρίδα κλείνει το κύκλωμα, παρακάμπτοντας τη μικρή λάμπα. Ο λαμπτήρας σβήνει και το κύκλωμα βραχυκυκλώνει. Κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος η τάση πέφτει στο μηδέν. Η διμεταλλική λωρίδα κρυώνει και επανέρχεται πάλι, ανοίγοντας το κύκλωμα. Στο ballast, ο μετασχηματιστής έχει ένα μαγνητικό πεδίο, όταν το κύκλωμα κόβεται, το μαγνητικό πεδίο καταρρέει σχηματίζοντας επαγωγική υπέρταση. Τότε αυτός ο παλμός υψηλής τάσης αποστέλλεται μέσω της λάμπας και αυτό δημιουργεί το τόξο.



Εικόνα 23:Κλασικός λαμπτήρας φθορισμού θερμής καθόδου

(B) Στα συστήματα **ταχείας εκκίνησης** - το ηλεκτρόδιο (κάθοδος) προθερμαίνεται συνεχώς χρησιμοποιώντας χαμηλή τάση εναλλασσόμενου ρεύματος. Το τόξο δημιουργείται με τη διέλευση από ένα γειωμένο ανακλαστήρα ή ταινία εκκίνησης στο εξωτερικό του γυάλινου σωλήνα. Το τόξο δημιουργείται αρχικά μεταξύ του ηλεκτροδίου και της ταινίας έναρξης

και διαδίδεται γρήγορα μέσω ολόκληρου του σωλήνα. Όταν δημιουργηθεί το τόξο, το ρεύμα περνάει από την κάθοδο στην άνοδο μέσω του αερίου αργόν. Με τη χρήση εναλλασσόμενου ρεύματος, τα ηλεκτρόνια μετακινούνται από την μία στην άλλη πλευρά και αυτό αλλάζει στον επόμενο κύκλο. Ο λαμπτήρας έχει ομοιόμορφη φωτεινότητα και στις δύο άκρες του. Ο κανονικός λαμπτήρας φθορισμού έχει μικρή ποσότητα υδραργύρου στον σωλήνα. Το τόξο που δημιουργήθηκε στο αέριο αργόν θερμαίνει γρήγορα τον υγρό υδράργυρο που επαλείφει τις εσωτερικές πλευρές του σωλήνα. Ο υδράργυρος θερμαίνεται και εξατμίζεται μέσα στο τόξο. Το τόξο ιονίζει τους ατμούς υδραργύρου και έτσι δημιουργείται υπεριώδης ακτινοβολία. Το φως εκπέμπεται και διεγείρει τις φωσφορίζουσες ουσίες στο εσωτερικό του γυάλινου σωλήνα μετατρέποντας το UV σε χρήσιμο ορατό φως.

3.5.2.1 Χαρακτηριστικά

- CRI:74-90
- Θερμοκρασία χρώματος: σε όλες τις παραλλαγές, 5600 K για κανονικές εσωτερικές εφαρμογές
- Lumen / watt:46 - 105
- Χρόνος ζωής: 10.000 - 45.000 ώρες



Εικόνα 24: Οι λαμπτήρες φθορισμού κυκλοφορούν σε διαφορετικά χρώματα

<u>Πλεονεκτήματα</u>
❖ Ενεργειακά αποδοτικός φωτισμός, και μέχρι στιγμής ο καλύτερος για εσωτερικούς χώρους.
❖ Μικρό κόστος παραγωγής
❖ Μεγάλη διάρκεια ζωής των σωλήνων
❖ Εύκολη επιλογή της επιθυμητής θερμοκρασίας χρώματος
❖ Διάχυση φωτισμού

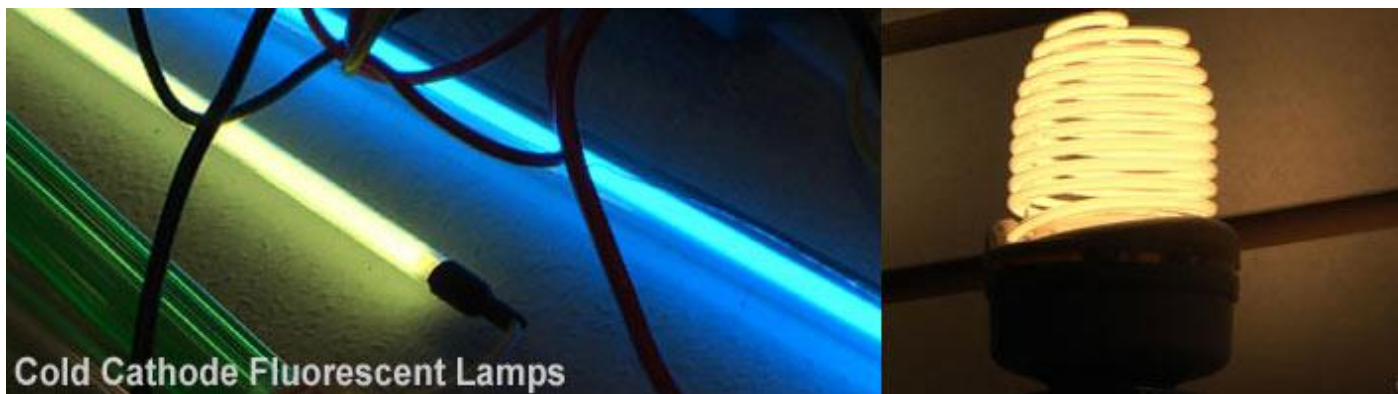
<u>Μειονεκτήματα</u>
❖ Λόγω της συχνότητας του δικτύου (50 Hz) μπορεί να τρεμοσβήνουν (flickering) γεγονός ενοχλητικό για τους ανθρώπους (μάτια, πονοκέφαλοι, ημικρανίες) κάτι που μπορεί να είναι εντονότερο προς το τέλος της ζωής της λάμπας
❖ Δεν συνιστάται για βιντεοσκοπήσεις γιατί το ψυχρό φως που παράγεται από τους λαμπτήρες φθορισμού φαίνεται άσχημα δημιουργώντας πρασινωπή ή κίτρινη απόχρωση
❖ Διάχυση φωτισμού (δεν είναι καλό όταν χρειάζεται εστιασμένη δέσμη, όπως σε έναν προβολέα ή φακό)
❖ Φτηνά σχεδιασμένα στραγγαλιστικά πηνία μπορούν να δημιουργήσουν ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο που διαταράσσουν άλλα ηλεκτρονικά αλλά και να είναι επικίνδυνα αν υπερθερμανθούν.
❖ Υπάρχει μικρή ποσότητα υδραργύρου στους σωλήνες.

3.5.3 Λαμπτήρες φθορισμού ψυχρής καθόδου (CCFL)

Ο λαμπτήρας ψυχρής καθόδου διαφέρει από τον λαμπτήρα θερμής καθόδου, επειδή έχει μια εσωτερική επικάλυψη που δημιουργεί πιο εύκολα ελεύθερα ηλεκτρόνια όταν χρησιμοποιείται με υψηλότερες τάσεις.

Πρόκειται για σωλήνα εκκένωσης γεμάτο με αέριο με ένα ηλεκτρόδιο σε κάθε άκρο. Οι πρώτοι σωλήνες ψυχρής καθόδου περιλάμβαναν τον σωλήνα Geissler (1857) ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για επιστημονικούς σκοπούς και ψυχαγωγικούς λόγους παράγοντας μια λάμψη σε διάφορα χρώματα ανάλογα με το αέριο που περιείχε. Με την πάροδο των χρόνων αναπτύχθηκαν σωλήνες ψυχρής καθόδου για την εκτέλεση ποικίλων λειτουργιών, ρύθμιση τάσης, ανίχνευση ραδιοσυχνοτήτων, μνήμη υπολογιστή, μετάδοση ραδιοσυχνοτήτων, διακόπτες ελέγχου υψηλής τάσης. Άλλες εφαρμογές τους περιλαμβάνουν οπίσθιο φωτισμό σε οθόνες LCD, monitor υπολογιστών, οθόνες LCD τηλεοράσεων κ.α.

Οι λαμπτήρες νέον καθώς και οι λαμπτήρες φθορισμού ψυχρής καθόδου (CCFL) δημιουργούν φως ως κύρια λειτουργία τους. Ο λαμπτήρας νέον είναι ένας όρος που περιγράφει λαμπτήρες με σωλήνα μικρότερο από 15 mm σε διάμετρο (Εικόνα 25)[22].



Εικόνα 25: Λάμπα φθορισμού ψυχρής καθόδου (CCFL)

<u>Πλεονεκτήματα</u>
❖ Ανάβουν αμέσως με πλήρη φωτεινότητα.
❖ Είναι πιο αξιόπιστοι εκκινώντας σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος
❖ Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.
❖ Έχουν καλό βαθμό έντασης φωτισμού και Το φως που δημιουργείται είναι πιο ανεκτό στο ανθρώπινο μάτι .

<u>Μειονεκτήματα</u>
❖ Το σύστημα εκκίνησης είναι περίπλοκο
❖ Δεν έχουν μεγάλη εμβέλεια φωτεινότητας.
❖ Οι νέες συσκευές σε οθόνες LCD δεν είναι τόσο ενεργειακά αποδοτικές όσο οι σωλήνες καθοδικών ακτίνων που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα ως τηλεοράσεις ή monitor

3.6. Λαμπτήρας φθορισμού συμπαγούς φωτισμού (CFL, Compact Fluorescent Lamp) (τέλη δεκαετίας του 1970)[22]

Είναι μία εξέλιξη της μορφής και του όγκου των κλασικών λαμπτήρων φθορισμού σε σχήμα σωλήνα με σκοπό να παραχθεί ένας λαμπτήρας που

θα μπορούσε να αντικαταστήσει τους κλασικούς λαμπτήρες πυρακτώσεως πετυχαίνοντας **μεγαλύτερη οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας** και χρησιμοποιώντας τις ίδιες βάσεις (ντουί) με τους κλασικούς λαμπτήρες πυρακτώσεως. Έτσι οι λαμπτήρες αυτοί μπόρεσαν να αντικαταστήσουν ένα μεγάλο μέρος στην αγορά με μεγάλη επιτυχία και είναι αυτοί τους οποίους συναντάμε στα σημερινά σπίτια, κτίρια και εξωτερικό περιβάλλον σε μεγάλο ποσοστό (Εικόνα 26).

3.6.1 Αρχή Λειτουργίας

Η αρχή λειτουργίας είναι η ίδια με τους λαμπτήρες φθορισμού με μόνη διαφορά τον τρόπο ανάμματος. Σε αυτούς τους λαμπτήρες ο εκκινητής και το ballast έχουν αντικατασταθεί με ηλεκτρονικό κύκλωμα και το οποίο είναι ενσωματωμένο μέσα στο κέλυφος της βάσης του λαμπτήρα οπότε ήταν πολύ εύκολο να αντικαταστήσουν τους κλασικούς λαμπτήρες όπως επίσης και τους λαμπτήρες φθορισμού σε μορφή σωλήνα.



Εικόνα 26: Λαμπτήρας φωτισμού συμπαγούς φωτισμού (CFL)

<u>Πλεονεκτήματα</u>
❖ Παρόμοια πλεονεκτήματα με τους λαμπτήρες φθορισμού όπως περιγράφονται παραπάνω αλλά και:
❖ Καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής
❖ Έχουν μικρότερο όγκο.
❖ Δεν χρειάζεται επιπλέον καλωδίωση κατά την εγκατάσταση του εκκινητή και του ballast.
❖ Αντικαθιστούν πολύ εύκολα τους ήδη υπάρχοντες λαμπτήρες παλαιάς τεχνολογίας λόγω του ίδιου ντουί

<u>Μειονεκτήματα</u>
❖ Δεν αποδίδουν αμέσως την πλήρη ένταση φωτισμού τους αλλά έπειτα από μερικά λεπτά.
❖ Επειδή περιέχουν μικροποσότητα υδραργύρου είναι επικίνδυνοι για το περιβάλλον και πρέπει να ανακυκλώνονται με προσοχή.

3. 7. Λαμπτήρες αλογόνου (Halogen) 1953

Η λάμπα αλογόνου είναι γνωστή και ως λαμπτήρας Quartz αλογόνου και βολφραμίου και είναι μία εξέλιξη της λάμπας πυρακτώσεως. Οι πρώτοι εφευρέτες της λάμπας Fridrich & Wiley το 1955 ανέπτυξαν την λάμπα

αλογόνου με χρήση του αλογόνου ιωδίου σε μία μορφή η οποία θα μπορούσε να κυκλοφορήσει στο εμπόριο σε σχέση με προηγούμενες εφευρέσεις βελτιώνοντας την συνέχεια σε απόδοση, μορφή και βάρος. Ο Fridrich συνέχισε να ασχολείται μέχρι και το θάνατό του το 2010, ενώ προηγουμένως ο Mosby προσάρμοσε το λαμπτήρα στις υπάρχουσες μπρίζες διευκολύνοντας την χρήση τους (1955) και την ίδια εποχή ερευνητές στην Philips ανέπτυξαν μία λάμπα που χρησιμοποιούσε βρώμιο αντί για το ιώδιο η οποία ήταν πιο αποδοτική [23].

3.7.1 Αρχές Λειτουργίας

Οι λαμπτήρες αλογόνου έχει νήμα βολφραμίου παρόμοιο με τον τυπικό λαμπτήρα πυράκτωσης, ωστόσο ο λαμπτήρας είναι πολύ μικρότερος για την ίδια ισχύ και περιέχει αέριο αλογόνου στη λάμπα. Τα αλογόνα είναι μονοσθενή στοιχεία που σχηματίζουν εύκολα αρνητικά ιόντα. Υπάρχουν 7 αλογόνα: φθόριο, χλώριο, βρώμιο, ιώδιο και άστατο, αλλά μόνο το ιώδιο και το βρώμιο χρησιμοποιούνται σε λαμπτήρες βολφραμίου-αλογόνου. Το αλογόνο είναι σημαντικό διότι ότι σταματά το μαύρισμα και επιβραδύνει την λέπτυνση του νήματος βολφραμίου επιμηκύνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής του λαμπτήρα και επιτρέποντας στο βολφράμιο να φτάσει με ασφάλεια σε υψηλότερες θερμοκρασίες (παράγοντας περισσότερη ποσότητα φωτός). Λόγω του ότι αναπτύσσονται υψηλότερες θερμοκρασίες χρησιμοποιείται συνήθως χαλαζίας αντί για κανονικό γυαλί.

Όταν η λυχνία ανάβει, το νήμα αρχίζει να παίρνει κόκκινο χρώμα καθώς περνάει όλο και περισσότερο ρεύμα. Η θερμοκρασία αυξάνεται γρήγορα. Τα αλογόνα εξατμίζονται σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες: Ιώδιο (184°C) ή Βρώμιο (59°C) (Εικόνα 27).



Εικόνα 27: Λαμπτήρας Αλογόνου κατά τη προθέρμανση (πάνω) και τον πλήρη φωτισμό (κάτω)

Στους απλούς λαμπτήρες πυρακτώσεως τα άτομα του βολφραμίου εξατμίζονται από το νήμα και εναποτίθενται στο εσωτερικό του λαμπτήρα μαυρίζοντας το γυαλί. Επίσης καθώς τα άτομα αφήνουν το νήμα, το νήμα γίνεται λεπτότερο και τελικά σπάει καταστρέφοντας το λαμπτήρα. Στους λαμπτήρες βολφραμίου-αλογόνου τα άτομα βολφραμίου ενώνονται χημικά με τα μόρια αερίου αλογόνου και όταν το αλογόνο κρυώσει, το βολφράμιο επανατοποθετείται στο νήμα, διαδικασία που ονομάζεται **κύκλος αλογόνου**.

Έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για οικιακό και εμπορικό φωτισμό αλλά και φωτισμό σε μέσα μεταφοράς. Έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης σε τηλεοπτικές και κινηματογραφικές παραγωγές (αλλά αντικαθίστανται σιγά σιγά όπως θα αναλύσουμε στη συνέχεια) από τις λάμπες LED και HMI.

3.7.2 Χαρακτηριστικά

- Lumens/ watt: 10 - 35
- Διάρκεια ζωής λαμπτήρων: 1700 - 2500 ώρες
- CRI 100 (το καλύτερο δυνατό)
- Θερμοκρασία χρώματος: 2800 - 3400 K

<u>Πλεονεκτήματα</u>
❖ Οι λαμπτήρες αλογόνου είναι μικροί και ελαφρείς με μικρό κόστος παραγωγής
❖ Δεν χρησιμοποιείται υδράργυρος όπως CCFLs (φθορισμού) ή υδραργύρου άρα είναι περιβαλλοντικά φιλικές
❖ Επιτυγχάνεται καλύτερη θερμοκρασία χρώματος από το κανονικό βολφράμιο (2800-3400 K), είναι πιο κοντά στο ηλιακό φως
❖ Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από μια συμβατική λάμπα πυράκτωσης.
❖ Γρήγορη εκκίνηση με πλήρη φωτεινότητα, χωρίς ζέσταμα.
❖ Σε αντίθεση με τις τυπικές λάμπες φθορισμού που έχουν σταθερή φωτεινότητα στις λάμπες αλογόνου η ένταση μπορεί να ρυθμιστεί (dimmed) δίνοντας έτσι πολλές δυνατότητες φωτισμού και διακόσμησης

<u>Μειονεκτήματα</u>

❖ Αναπτύσσουν κατά τη λειτουργία τους μεγάλη θερμοκρασία που μπορεί εύκολα να προκαλέσει σοβαρά εγκαύματα σε περίπτωση επαφής
❖ Ο λαμπτήρας είναι ευαίσθητος στα έλαια που αφήνει το ανθρώπινο δέρμα στην επιφάνεια του αν αγγιχθεί με γυμνό χέρι, Μόλις ενεργοποιηθεί ο λαμπτήρας, ζεσταίνεται και μπορεί να προκαλέσει θερμοκρασιακή ανισορροπία που θα οδηγήσει σε ρήξη του λαμπτήρα
❖ Σε περίπτωση έκρηξης, ο βολβός είναι ικανός να εκτοξεύσει ζεστά κομμάτια γυαλιού προς τα έξω. Αυτό συνήθως αποφεύγεται με τοποθέτηση μιας οθόνης ή στρώματος γυαλιού στο εξωτερικό μέρος της λάμπας που μπορεί να προστατεύσει τους χρήστες.
❖ Δεν είναι τόσο αποδοτικές όσο οι λάμπες HID (λαμπτήρες Metal Halide και High Pressure Sodium).

3. 8. Λαμπτήρες μετάλλου – αλογονιδίου (Metal Halide Lamp) (τέλη δεκαετίας 1960)

Είναι ηλεκτρικός λαμπτήρας που παράγει φως μέσω ενός ηλεκτρικού τόξου το οποίο περνά μέσα από ένα αέριο μείγμα ατμοποιημένου υδραργύρου και αλογονιδίων (ενώσεις μετάλλων με βρώμιο ή ιώδιο κυρίως). Είναι ένας λαμπτήρας εκκένωσης υψηλής έντασης (HID, High Intensity Discharge) που σημαίνει ότι το φως παράγεται από ισχυρή εκκένωση μέσα σε μικρό σωλήνα. Ενώ η πρώτη πατέντα για λαμπτήρα μετάλλου αλογονιδίου αποδίδεται στον Charles Proteus Steinmetz (το 1912) η ανάπτυξη της έγινε κυρίως στη δεκαετία του 1960. Ο λαμπτήρας παράγει ποιοτικό λευκό φως και έχει πολύ καλή απόδοση. Χρησιμοποιείται κυρίως για φωτισμό μεγάλων

και ανοικτών χώρων όπως στάδια, αεροδρόμια, δρόμοι ταχείας κυκλοφορίας, χώροι στάθμευσης κ.α.

Οι λαμπτήρες ΜΗ σε ειδικές περιπτώσεις είναι πολύ καλύτεροι από τους λαμπτήρες ατμών υδραργύρου η νατρίου [28].

3.8.1 Αρχή λειτουργίας

Οι λαμπτήρες αλογονιδίων μετάλλων λειτουργούν όπως οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου με εξάτμιση υδραργύρου με την διαφορά του ότι περιέχουν αλογονίδια μετάλλων (άλατα αλογονιδίων) για την βελτίωση του χρώματος του φωτός. Το πιο κοινό αλογονίδιο που χρησιμοποιείται είναι το Ιωδιούχο νάτριο. Ο σωλήνας είναι κατασκευασμένος από χαλαζία και όταν είναι κρύος τα μέταλλα και ο υδράργυρος που περιέχει είναι στερεοποιημένα και κολλημένα στα τοιχώματα του σωλήνα. Υπάρχουν δύο κυρίως ηλεκτρόδια σε κάθε πλευρά του σωλήνα και ένα ηλεκτρόδιο εκκίνησης δίπλα και πολύ κοντά στο ένα από τα δύο κυρίως ηλεκτρόδια. Όταν ο λαμπτήρας ανάψει δημιουργείται τόξο μεταξύ του ηλεκτροδίου εκκίνησης και του ενός κυρίου ηλεκτροδίου λόγω του αερίου αργόν που περιέχει ο σωλήνας. Αυτό το τόξο θερμαίνει τον σωλήνα οπότε και εξατμίζεται ο υδράργυρος και πλέον το τόξο εμφανίζεται μεταξύ των κυρίων ηλεκτροδίων. Αυτό με την σειρά του ανεβάζει επιπλέον την θερμοκρασία του σωλήνα με αποτέλεσμα να εξατμιστούν τα αλογονίδια μετάλλων οπότε πλέον έχουμε την μέγιστη σε ένταση απόδοση του λαμπτήρα (Εικόνα 28)



Εικόνα 28: Λαμπτήρες μετάλλου-αλογονιδίου διαφόρων χρήσεων

3.8.2 Χαρακτηριστικά

- Lumens / Watt: 65 - 115
- CRI: 60 - 90
- Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K (θερμό λευκό) - 20.000 K (μπλέ)
- Διάρκεια ζωής: 20.000 ώρες (10.000 εάν λειτουργεί οριζόντια)
- Χρόνος προθέρμανσης για πλήρη εκπομπή ακτινοβολίας: 1- 15 λεπτά

Πλεονεκτήματα

- ❖ Το λευκό φως που παράγουν είναι πιο αυθεντικό σε σχέση με τους λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης, πολύ κοντά στο φάσμα του ηλιακού φωτός και για αυτό το λόγο είναι κατάλληλοι για ανάπτυξη φυτών σε θερμοκήπια ή σε ενυδρεία για την ανάπτυξη κοραλλιών

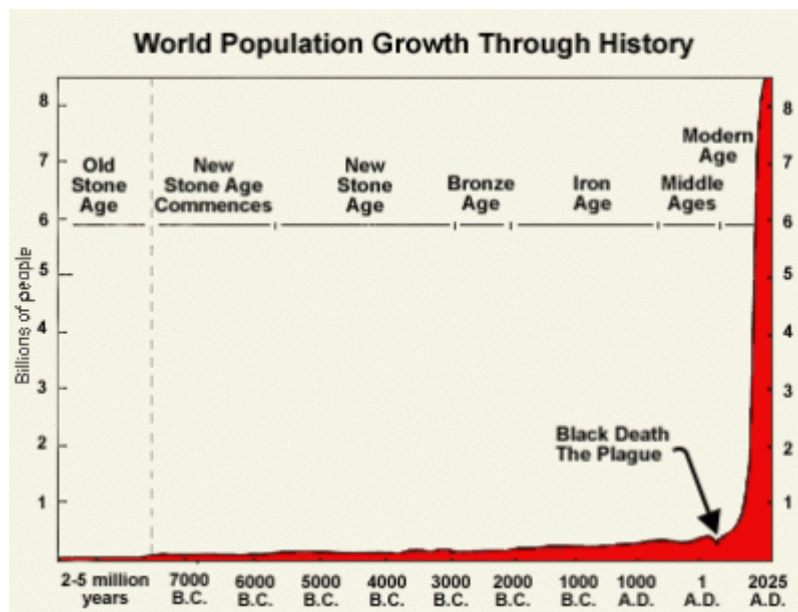
❖ Είναι πιο αποδοτικοί ενεργειακά σε σχέση με τους λαμπτήρες ατμών υδραργύρου και αλογόνου με μεγάλη ένταση ακτινοβολίας σε lumens.
❖ Είναι ιδανικοί για φωτισμό οροφής όπου χρειάζεται επέκταση σε διάρκεια φωτισμού λευκού φωτός ημέρας.
❖ Χρησιμοποιούνται επίσης ευρέως και στα αυτοκίνητα με αντικατάσταση του αργον με xenon

<u>Μειονεκτήματα</u>
❖ Έχει υψηλό κόστος κατασκευής, τόσο ο λαμπτήρας όσο και τα εξαρτήματά του
❖ Συμβάλλει σημαντικά στη φωτορρύπανση λόγω του πολύ λαμπερού λευκού φωτός που εκπέμπει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Ενεργειακό κόστος φωτισμού – Περιβαλλοντικά προβλήματα

Η βιομηχανική επανάσταση του 19^{ου} και ιδιαίτερα του 20^{ου} αιώνα συνέβαλε πάρα πολύ στην ευημερία του πληθυσμού σε πάρα πολλές χώρες, αυξάνοντας εκθετικά τον πληθυσμό της Γης (Εικόνα 29) και ταυτόχρονα οδήγησε στην υπερπαραγωγή προϊόντων και στην κατανάλωση φυσικών πόρων που μέχρι και τα τέλη σχεδόν του 20^{ου} αιώνα θεωρούνταν ανεξάντλητοι. Μέχρι τα μέσα του 20^{ου} αιώνα καταναλώθηκαν τόσοι πόροι

όσοι είχαν καταναλωθεί όλα τα προηγούμενα χρόνια της ιστορίας της Γης (Simmons, 1996) ενώ και η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και η χρήση τους από μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού ο οποίος και αυτός αυξάνεται ραγδαία (World population), μειώνει ακόμη περισσότερο τους διαθέσιμους πόρους.



Εικόνα 29: Η εκρηκτική αύξηση του πληθυσμού της Γης στη διάρκεια των τελευταίων 200 ετών

Η πλειονότητα των συσκευών πλέον χρησιμοποιεί ηλεκτρισμό για τη λειτουργία της ενώ η πλειονότητα των επιφανειών, των συσκευών και του περιβάλλοντος φωτίζεται με τον ένα ή τον άλλο τρόπο συμβάλλοντας έτσι στην υπερβολική κατανάλωση ενέργειας αυξάνοντας το ενεργειακό αποτύπωμα της ανθρωπότητας και του καθενός από εμάς στον πλανήτη.

Αναφερόμενοι γενικότερα στα περιβαλλοντικά αποτελέσματα της παραγωγής και χρήσης ενέργειας θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι:

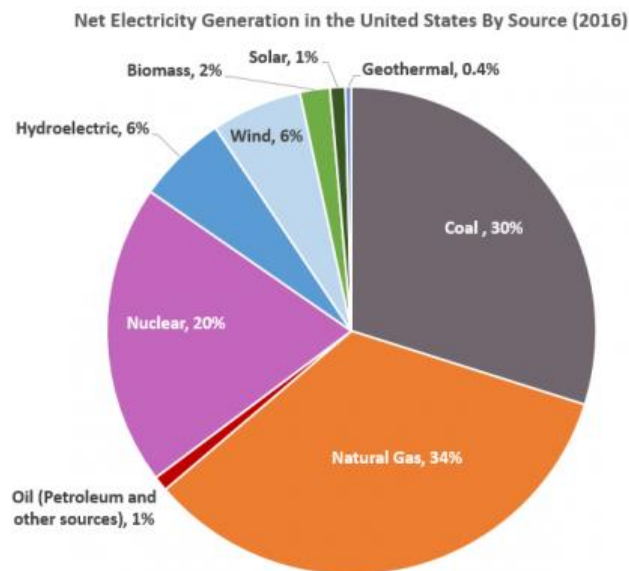
- ❖ Έχει δυσμενή αποτελέσματα από την διαδικασία εξόρυξης των ορυκτών καυσίμων (καταστροφή περιβάλλοντος χλωρίδας, πανίδας, δρόμων,

μόλυνση υδάτινων πόρων, έκλυση καρκινογόνων και οικολογικά επιζήμιων υδρογονανθράκων κατά τη διαδικασία της διύλισης κ.λ.π.)

- ❖ Προϊόντα της καύσης ορυκτών καυσίμων περιέχουν και άλλα επιβλαβή στοιχεία όπως άζωτο, θείο, CO που είναι τοξικά για τα έμβια όντα αλλά και NOx και SO2 που συνδυαζόμενα με το νερό της βροχής προκαλούν την όξινη βροχή
- ❖ Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC's) που περιέχονταν παλαιότερα στα ψυκτικά υγρά ψυγείων και κλιματιστικών συνέβαλλαν σημαντικά στην καταστροφή της ζώνης του όζοντος (που μας προφυλάσσει από την UV ακτινοβολία του ήλιου) γι' αυτό και περιορίστηκαν αρχικά κατά 50% με το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ το 1987 και απαγορεύθηκαν τελείως στη συνάντηση της Κοπεγχάγης το 1996. Όσον αφορά τους υδροχλωροφθοράνθρακες, είχε τεθεί για την οριστική κατάργησή τους ως όριο το 2020.
- ❖ Από την αύξηση της ζώνης του CO2 αλλά και την παρουσία των CFC's, προέκυψε η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης γνωστή και ως «υπερθέρμανση» στην οποία επίσης συμβάλλει επίσης το μεθάνιο που παράγεται σε μεγάλο ποσοστό «φυσικά» από ζώα όπως τα βοοειδή αλλά και ανθρωπογενείς πηγές (καύσεις ή διαρροές σε γραμμές μεταφοράς φυσικού αερίου κλπ).
- ❖ Οι βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες με το 20% του παγκόσμιου πληθυσμού, ευθύνονται για το 75% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ οι ΗΠΑ για το 20% των ανθρωπογενών εκπομπών

Τα τελευταία χρόνια λοιπόν έχει ξεκινήσει μια προσπάθεια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και από άλλες (ανανεώσιμες) πηγές με σκοπό τη βελτίωση της παραπάνω εικόνας και την εξοικονόμηση φυσικών πόρων. Παρ' όλα αυτά ακόμη τα ορυκτά καύσιμα έχουν τη μερίδα του

λέοντος στις πηγές για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όπως φαίνεται από το παρακάτω σχήμα 30:



Εικόνα 30: Πηγές για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις ΗΠΑ (USA Environmental Protection Agency)

Οι «κλασσικοί» λαμπτήρες που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες φτάνουν στα όριά τους: η αποτελεσματικότητα της μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε φωτεινή ισχύ φτάνει τους 150 lumens ανά watt για τους καλύτερους, αλλά είναι συχνότερα στην περιοχή 80–100lm / W. Οι λαμπτήρες αυτοί έχουν επίσης ορισμένα πιθανά εγγενή μειονεκτήματα, μερικές φορές ταυτόχρονα: δυσκολία στη διαμόρφωση της φωτεινής ροής χωρίς απώλεια της απόδοσης μετατροπής (η θερμοκρασία του νήματος μιας λάμπας πυρακτώσεως μειώνεται όταν η ισχύς της είναι μειωμένη), ενώ η εκπομπή του φωτός γίνεται προς όλες τις κατευθύνσεις κάτι που απαιτεί ανακλαστήρα για να ανακατευθύνει το εκπεμπόμενο φως δημιουργώντας έτσι τουλάχιστον 30% απώλεια, φθορά (ή ακόμη και βλάβη) κατά την ενεργοποίηση / απενεργοποίηση, ανάγκη για υψηλή τάση για εκκίνηση,

χρόνο θέρμανσης λαμπτήρων υψηλής απόδοσης όπως συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (CFLs). Επίσης κάποιοι λαμπτήρες δεν μπορούν να επανεκκινηθούν όταν είναι ζεστοί, το φως που εκπέμπεται είναι κακής «ποιότητας», ενώ ταυτόχρονα, και αυτό είναι πολύ σημαντικό όσον αφορά την περιβαλλοντική επιβάρυνση, περιέχουν ή παράγουν κατά τη λειτουργία τους τοξικά προϊόντα π.χ. υδράργυρος στις CFLs [33,61]

4.1 Λαμπτήρες νέας γενιάς με έμφαση στην εξοικονόμηση ενέργειας και βελτιωμένη απόδοση

4.1.1. Επιφάνειες - Λαμπτήρες ηλεκτροφωταύγειας (Electroluminescent lamps) 1950

Μαζί με τους λαμπτήρες LED και OLED, οι λαμπτήρες (ή επιφάνειες) ηλεκτροφωταύγειας (EL) περιλαμβάνονται στους λαμπτήρες νέας γενιάς. Εν συντομία θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι EL λαμπτήρες χρησιμοποιούν ηλεκτρικό πεδίο το οποίο διέρχεται κατ' ευθείαν μέσα από μία επιφάνεια φωσφόρου την οποία διεγείρει για να εκπέμψει φωτόνια παράγοντας φως. Πρακτικά η ηλεκτροφωταύγεια είναι η μη θερμική μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε φωτεινή ενέργεια [21]. Η βασική τους διαφορά με τις μορφές λαμπτήρων που έχουμε εξετάσει ως τώρα είναι ότι μπορεί να έχει επίπεδο σχήμα (πολύ λεπτό) ή ακόμη και να πάρει σχήματα πολύ λεπτού σύρματος.

Συνήθεις χρήσεις των λαμπτήρων ηλεκτροφωταύγειας είναι σε νυχτερινό φωτισμό σήμανσης, διακοσμητικός φωτισμός πάνω σε τοίχους, οθόνες (υπολογιστών και οργάνων), σε ρολόγια χειρός, σε κονσόλες αυτοκινήτων κ.α.

4.1.1.1 Αρχή Λειτουργίας

Υψηλής τάσης εναλλασσόμενο ρεύμα περνά μέσα από ένα λεπτό στρώμα φωσφόρου ή ημιαγωγού και αυτό προκαλεί την εκπομπή φωτός. Δυστιβάδες συμπαγούς υλικού (το ένα διαφανές) λειτουργούν σαν ηλεκτρόδια και η σκόνη φωσφόρου ή ο ημιαγωγός ανάμεσα λάμπει όταν το ηλεκτρικό ρεύμα περάσει από το ένα ηλεκτρόδιο στο άλλο και μάλιστα προς την κατεύθυνση του διαφανούς υλικού που συνήθως είναι οξειδίο του ινδίου (ITO). Οι EL επιφάνειες διακρίνονται σε Λαμπτήρες παχέος στρώματος σκόνης φωσφόρου (thick phosphor powder EL lamps) που χρησιμοποιούνται κυρίως σε νυχτερινά φώτα και πινακίδες εισόδου/εξόδου (εικόνα) και σε Λεπτής Επίστρωσης και Παχέος Διηλεκτρικού EL λαμπτήρες (Thin film & Thick Dielectric EL, TFEL-TDEL) που συνήθως χρησιμοποιούν σπάνια στοιχεία όπως Er (ερβιο), Tm (θούλιο), In (ινδίο) κ.α. (Εικόνα 31)



ZnS(Mn) active layer emits yellow light which can be filtered into red / yellow / green colors. Blue has not been developed yet.



These use transparent semiconductors such as indium tin oxide (ITO) & fluorine doped oxide (FTO)

Εικόνα 31 : Thick phosphor powder (πάνω) και TFEL & TDEL (κάτω) λαμπτήρες

4.1.1.2 Χαρακτηριστικά

- Lumens / Watt 2- 6
- Διάρκεια ζωής 2000 - 50000 ώρες
- CRI > 75, Θερμοκρασία χρώματος ανάλογα με την σύνθεση του φωσφόρου.
- Κατανάλωση 5 mA / sq inch.
-

<u>Πλεονεκτήματα</u>
❖ Μικρή κατανάλωση ενέργειας και μεγάλη διάρκεια ζωής
❖ Πολύ καλή διάχυση της ακτινοβολίας.
❖ Μπορούν να έχουν δυνατότητα λειτουργίας κάτω από την επιφάνεια του νερού ανάλογα με την κατασκευή τους.
❖ Δυνατότητα κατασκευής σε πολύ λεπτές εύκαμπτες επιφάνειες η λωρίδες.
❖ Λειτουργία σε ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας -60°C + 90°C.

<u>Μειονεκτήματα</u>
❖ Περιορισμένη χρήση για φωτισμό μεγάλων επιφανειών λόγω μικρής απόδοσης σε lumen / Watt.
❖ Η απόδοση τους μειώνεται όσο χρησιμοποιούνται
❖ Όταν λυγίζουν πολλές φορές χάνουν την ομοιομορφία στον φωτισμού στα σημεία που λύγισαν.
❖ Χρήση σχετικά υψηλής εναλλασσόμενης τάσης 60 - 600 V για τη λειτουργία τους

- ❖ Ανάγκη για αντιστροφή τάσης όταν τροφοδοτούνται από πηγή συνεχούς τάσης

4.2. Η επανάσταση στον φωτισμό: Μικρά φωτιστικά με μεγάλες δυνατότητες: Δίοδοι εκπομπής φωτός (Light Emitting Diodes – LEDs) και Οργανικές δίοδοι εκπομπής φωτός (Organic Light Emitting Diodes – OLEDs)(1960 έως σήμερα)

Οι επιφάνειες ηλεκτροφωταύγειας ήταν πραγματικά μία επανάσταση αλλά είχαν και κάποια προβλήματα και κυρίως το ότι το φως δεν ήταν τόσο έντονο και εστιασμένο σε ένα σημείο. Αυτό το πρόβλημα ήρθαν να λύσουν οι δίοδοι εκπομπής φωτός (LEDs) οι οποίες χρησιμοποιούν ημιαγωγούς και ηλεκτροφωταύγεια για να δημιουργήσουν φως. Αν και τα LEDs έχουν κατακτήσει την αγορά τα τελευταία χρόνια, οι πρώτες ιδέες για την ανάπτυξή τους εμφανίστηκαν αρχές του περασμένου αιώνα όταν ο HJ Round ανακάλυψε την ηλεκτροφωταύγεια και λίγο αργότερα ο OV Losev μελέτησε το φαινόμενο των δίοδων που εκπέμπουν φως σε διατάξεις ραδιοφώνου. Το 1961 οι Biard και Pittman ανέπτυξαν το υπέρυθρο LED στην Texas Instruments (Εικόνα 32).

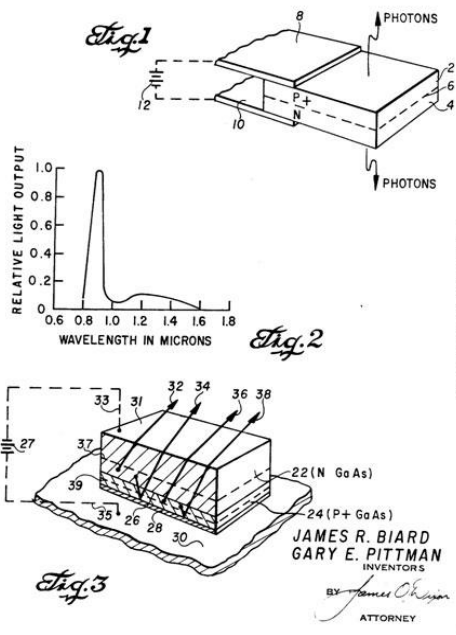
Dec. 20, 1966

J. R. BIARD ET AL
SEMICONDUCTOR RADIANT DIODE

3,293,513

Filed Aug. 8, 1962

3 Sheets-Sheet 1

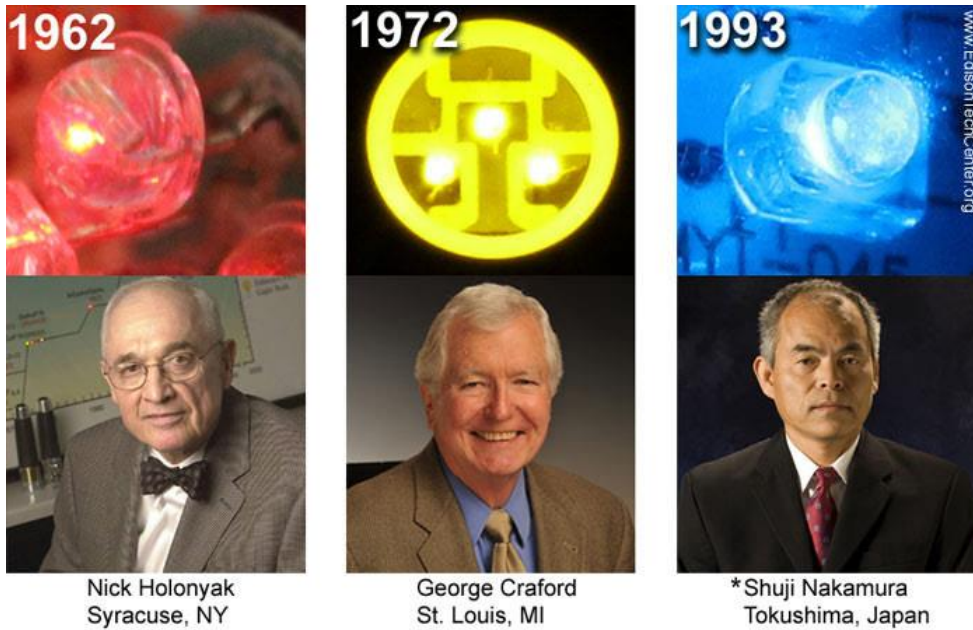


Graphic provided by Bob Biard

www.EdisonTechCenter.org

Εικόνα 32: Υπέρυθρο LED

Ο Ν. Holonyack Jr ανακάλυψε το κόκκινο LED το 1962, που ήταν το πρώτο LED ορατού φωτός χρησιμοποιώντας φωσφίδιο του αρσενιδίου του Γαλλίου (GaAsP) σε υπόστρωμα GaAs. Το 1972 ο MG Craford έφτιαξε το πρώτο κίτρινο LED για την Monsanto ενώ την ίδια χρονιά οι Maruska & Pankove ανέπτυξαν το ιώδες LED που αποτέλεσε τη βάση για τα πραγματικά μπλε LED που αναπτύχθηκαν αργότερα.



Εικόνα 33: Οι σύγχρονοι εφευρέτες των LED

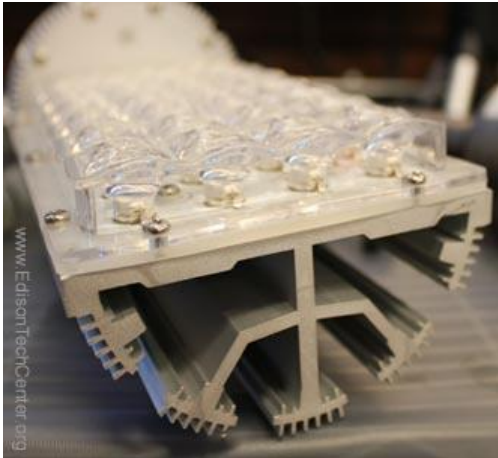
Το πρώτο πραγματικό μπλέ LED αναπτύχθηκε από τον Siju Nakamura το 1979 χρησιμοποιώντας αζωτούχο Γάλλιο (GaN) ενώ τα υψηλής λαμπρότητας LED ειδικά για χρήση σε οπτικές ίνες εφευρέθηκαν από τον Pearsall το 1976 (Εικόνα 33) [46,26]

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί κυρίως δύο ειδών λαμπτήρες που εκμεταλλεύονται την τεχνολογία LED:

4.2.1 Κλασσικοί λαμπτήρες LED (Light Emitting Diodes – LEDs)

Σήμερα οι λαμπτήρες LED έχουν γίνει εξαιρετικά δημοφιλείς γιατί είναι εξαιρετικά αποδοτικοί. Παρ' όλο που, όπως είδαμε το LED δεν είναι μια καινούρια ανακάλυψη, η ανάπτυξη των LED λευκού φωτός τα έκανε δημοφιλή ως αντικαταστάτες άλλων πηγών λευκού φωτός. Σήμερα

χρησιμοποιούνται κυρίως σαν ενδεικτικές λυχνίες σε συσκευές, σε μικρούς ή μεγάλους λαμπτήρες, σε πινακίδες, φώτα κυκλοφορίας (και σε οχήματα), μεγάλες βιντεοοθόνες αλλά και τελευταία σε φωτισμό δρόμων (Εικόνα 34)[9,26]



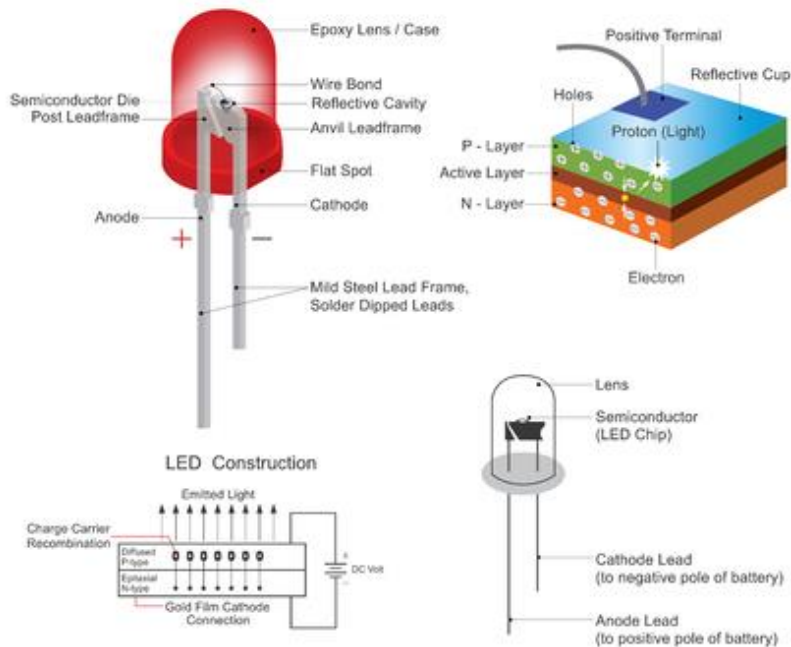
Εικόνα 34: (Αλληλουχία LED για φωτιστικό δρόμου)

4.2.1.1. Αρχή Λειτουργίας

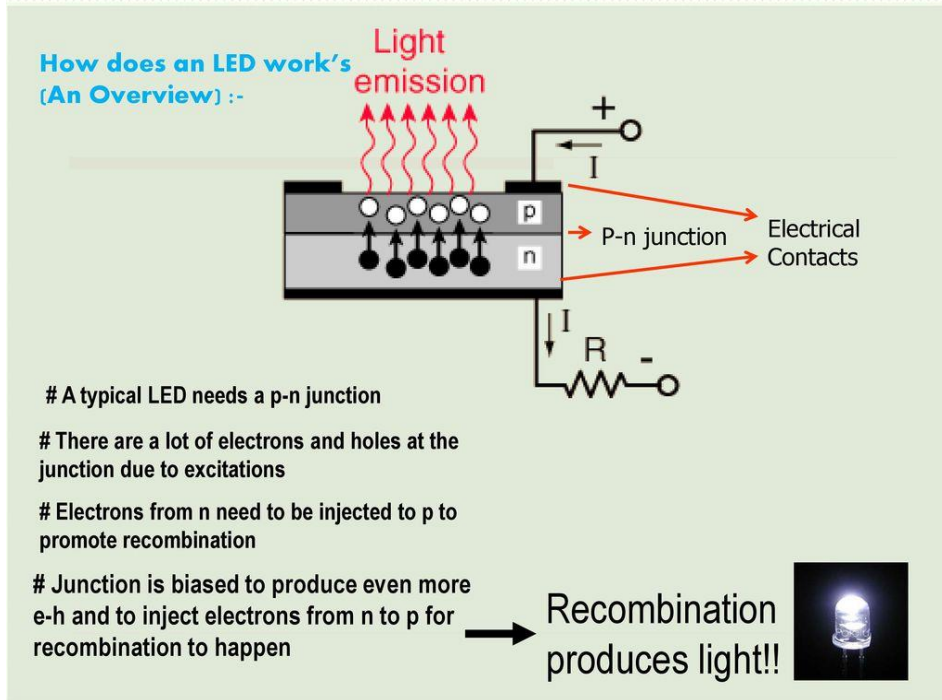
Τα LEDs δημιουργούν και εκπέμπουν φως χρησιμοποιώντας ηλεκτροφωταύγεια που δημιουργείται σε ένα ημιαγώγιμο υλικό. Η ηλεκτροφωταύγεια όπως έχουμε πει είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα υλικό εκπέμπει φως όταν διέρχεται από αυτό ηλεκτρικό ρεύμα ή το διαπερνά ηλεκτρικό πεδίο. Αυτό συμβαίνει όταν ηλεκτρόνια μετακινούνται από το υλικό και καλύπτουν οπές ηλεκτρονίων. Οι οπές δημιουργούνται σε περιπτώσεις που το άτομο είναι θετικά φορτισμένο (του λείπουν ηλεκτρόνια). Το γερμάνιο και το πυρίτιο είναι ημιαγώγιμα υλικά τα οποία μπορούν να συντηρήσουν συγκεκριμένο αριθμό οπών με την προσθήκη στοιχείων που αλλάζουν τις ιδιότητές τους. Η διαδικασία ονομάζεται “doping” και μέσω αυτής μπορούμε από ένα ημιαγώγιμο υλικό να φτιάξουμε δύο διαφορετικούς τύπους στον ίδιο κρύσταλλο. Η σύνδεση μεταξύ των δύο τύπων ονομάζεται p-n σύνδεση και επιτρέπει την ροή του ρεύματος προς

μία κατεύθυνση μόνο κάνοντας τους να λειτουργούν σαν δίοδοι. Τα LED δημιουργούνται χρησιμοποιώντας p-n συνδέσεις. Καθώς τα ηλεκτρόνια περνούν από τον ένα κρύσταλλο στον άλλο γεμίζουν τις σπές εκπέμποντας φωτόνια και δημιουργώντας φως. Φωσφορίζοντα υλικά χρησιμοποιούνται για να φιλτράρουν το φως που εκπέμπεται από το LED δημιουργώντας ένα πιο «άγριο» φως (Εικόνες 35, 36)

A Light-Emitting Diode (LED)



Εικόνα 35: Αναλυτική παρουσίαση μιας λυχνίας LED



Εικόνα 36: Η αρχή λειτουργίας της λυχνίας LED



Εικόνα 37: Χρώματα λυχνιών LED

Οι λυχνίες LED κυκλοφορούν σε διάφορα χρώματα και αποχρώσεις (Εικόνα 37) οι οποίες οφείλονται στους διαφορετικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των ημιαγωγών όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα:

Χρώμα λυχνίας LED	Ημιαγωγίμο υλικό
Κοκκίνο (και IR)	Gallium arsenide
Εντονο μπλέ	Gallium nitride
Λευκό	Yttrium aluminum garnet
Πορτοκαλί, πράσινο, μπλέ, ιώδες, UV LED κλπ	Άλλοι ημιαγωγοί

4.2.1.2 Χαρακτηριστικά

- ❖ Φωτεινότητα: 28-150 Lumens/W
- ❖ Χρόνος ζωής: 25000-100000 ωρες
- ❖ CRI (για τα λευκά LEDs):70
- ❖ Διαθέσιμη ισχύς: 0.01-3W
- ❖ Θερμοκρασία χρώματος: 2540-10000K (για τα λευκά LEDs)

<u>Πλεονεκτήματα</u>
❖ Είναι ενεργειακά αποδοτικές για μικρές αποστάσεις και μικρούς χώρους (κατανάλωση περίπου 30-60mW για ένα τυπικό LED)
❖ Μεγάλη διάρκεια ζωής και ανθεκτικότητα σε σοκ σε αντίθεση με τους κοινούς γυάλινους λαμπτήρες
❖ Δεν χρειάζονται προθέρμανση
❖ Δεν επηρεάζονται από χαμηλές θερμοκρασίες – ανάβουν ακόμη και σε υπο το μηδέν χωρίς πρόβλημα
❖ Λόγω του υψηλού δείκτη απόδοσης χρώματος (CRI) δεν αποδίδουν και άλλα χρώματα (όπως π.χ. οι λάμπες φθορισμού) έτσι είναι ιδανικά για πίνακες απεικόνισης

❖ Προτιμώνται για φωτισμό δρόμων γιατί η δέσμη φωτός είναι κατευθυνόμενη περιορίζοντας έτσι τη φωτορρυπανση
❖ Εκτός της χαμηλής κατανάλωσης και της υψηλής απόδοσης είναι περιβαλλοντικά φιλικές και γιατί δεν χρησιμοποιούν επικίνδυνα υλικά (π.χ. υδράργυρο)

<u>Μειονεκτήματα</u>
❖ Χρησιμοποιούν σπάνια στοιχεία για την κατασκευή τους με αποτέλεσμα η τιμή τους να μην είναι ελεγχόμενη αλλά να υπόκεινται πολλές φορές από κρατικά μονοπώλια
❖ Η απόδοσή τους μειώνεται με το χρόνο
❖ Δεν είναι ανθεκτικά στις περιοχές των συγκολλήσεων και των λεπτών ενώσεων χαλκού με αποτέλεσμα όταν περιτυλίσσονται να σπάνε προκαλώντας βλάβη σε ολόκληρες σειρές λαμπτήρων (θυμηθείτε τα Χριστουγεννιάτικα λαμπάκια σας την επόμενη χρονιά)
❖ Δεν είναι τόσο αξιόπιστα για εξωτερικούς χώρους λόγω των μεγάλων αλλαγών στη θερμοκρασία
❖ Οι ημιαγωγοί είναι ευαίσθητοι στην υψηλή θερμοκρασία που αναπτύσσεται γι' αυτό και σε μεγάλες διατάξεις απαιτούνται ανεμιστηράκια και ψήκτρες που αυξάνουν το κόστος, μειώνουν την ενεργειακή τους απόδοση και κάνουν το σύστημα πιο ευάλωτο σε βλάβες

4.2.2. Οργανικές δίοδοι εκπομπής φωτός (Organic Light Emission Diodes – OLEDs)

Καθώς η τεχνολογία LED εξελίσσονταν και άλλα υλικά χρησιμοποιήθηκαν στις αρχικές διατάξεις. Μεταξύ 1979-1987 οι Tang & Van Slyke δουλεύοντας για την Kodak (που κατέθεσε τελικά και την πατέντα), ανακάλυψαν ότι μπορούσαν να δημιουργήσουν φως διαπερνώντας με ρεύμα ένα υλικό από άνθρακα. Το πρώτο χρώμα ήταν έντονο πράσινο στα 10V και η διάταξη απαιτούσε κενό, κάνοντας το προϊόν αρκετά ακριβό για την εποχή. Την ίδια περίοδο ο Adachi ανακάλυψε τα υλικά μεταφοράς ηλεκτρονίων και κατασκεύασε μία διπλή ετεροδιάταξη OLED που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα. Τις επόμενες δεκαετίες και άλλοι ερευνητές δουλεύοντας για εταιρείες όπως η Pioneer, η TDK και η Sanyo βελτίωσαν την τεχνολογία κυρίως για οθόνες αποτύπωσης (displays) μικρού μεγέθους (SMOLED). Στα 1990 οι Burroughes, Friend & Bradley ανέπτυξαν τα OLEDs που βασίζονται σε πολυμερή (PLED) όπως το poly(para-phenylenevinylene-PPV) ανάμεσα με στιβάδες οξειδίου του ινδίου και αλουμίνιο χωρίς τη χρήση κενού κάνοντας το έτσι φτηνότερο από το SMOLED. Νέες εφευρέσεις όπως το PMOLED (passive matrix organic LED) αναπτύχθηκαν αργότερα για οθόνες display ενώ το 1998 οι Forrest & Thomson δημιούργησαν το πρώτο φωσφορίζον LED (PHOLED) που είναι αποδοτικότερο από το κοινό φθορίζον LED (όχι εμπορικά διαθέσιμο). Το 2007 η Samsung ανέπτυξε για τα κινητά της το πρώτο active matrix organic LED (AMOLED) το οποίο διαθέτει έναν ενσωματωμένο διακόπτη με τη μορφή ενός λεπτού film transistor backplane, το οποίο επιτρέπει στη συσκευή να αναβοσβήνει [6,9,25,45].

4.2.2.1 Αρχές λειτουργίας

Οι σύγχρονες OLEDs αποτελούνται από δύο στιβάδες μια εκπομπής και μία αγώγιμη τοποθετημένες ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια (βλ εικόνα 38). Το

ηλεκτρικό ρεύμα περνάει από την κάθοδο προς την άνοδο διαπερνώντας τις δύο στιβάδες οργανικών μορίων. Πρώτα τα ηλεκτρόνια διαπερνούν την στιβάδα εκπομπής και στη συνέχεια την αγωγίμη αφήνοντας πίσω τους «οπές» θετικά φορτισμένες. Στην στιβάδα εκπομπής υπάρχει περίσσεια αρνητικά φορτισμένων ηλεκτρονίων. Έτσι οι «οπές» περνούν στην στιβάδα εκπομπής επανασυνδεόμενες με τα πλεονάζοντα ηλεκτρόνια (είναι η p-n σύνδεση) εκπέμποντας έτσι φωτόνια (και άρα φως). Το χρώμα το φως που εκπέμπεται εξαρτάται από το είδος των υλικών που χρησιμοποιούνται στις οργανικές στιβάδες ή τις στιβάδες πολυμερών (Εικόνα 38).

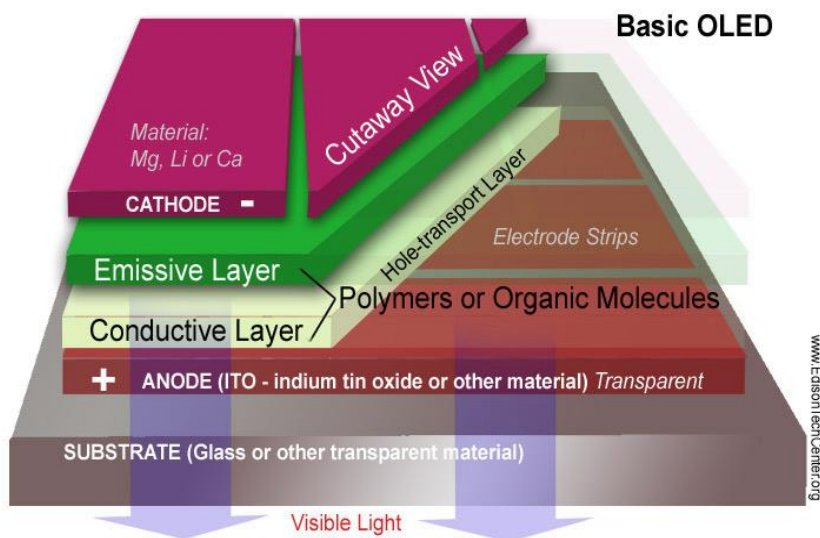
Έτσι λοιπόν όσον αφορά την χρήση τους οι σύγχρονες OLEDs χρησιμοποιούνται σαν λάμπες, αλλά για πολύ κοντινό εσωτερικό φωτισμό γιατί το φως που εκπέμπουν διαχέεται και σε μικρή έκταση σε οθόνες κινητών και συσκευών επικοινωνίας και σε μεγάλη έκταση σε τηλεοράσεις και computer monitors.

Δυο λόγια παραπάνω για τις επιφάνειες αποτύπωσης (computer monitors, τηλεοράσεις, οθόνες κινητών τηλεφώνων) που συναντάμε πλέον πολύ συχνά: Στην περίπτωση αυτή η OLED επιφάνεια κατασκευάζεται χρησιμοποιώντας πολλαπλά στρώματα συνδυασμένα με transistors που ελέγχουν εάν κάθε pixel είναι ανοιχτό ή κλειστό (on ή off). Είναι παρόμοια λογική με την επιφάνεια ηλεκτροφωταύγειας αλλά το OLED display έχει την ικανότητα να γίνει πιο αποδοτικό και πιο λεπτό από το LCD. Επίσης δεν χρειάζεται backlight φθορισμού ψυχρής καθόδου όπως οι LCD αποδίδοντας έτσι καλύτερα το μαύρο χρώμα. Επίσης έχει καλύτερο contrast, ενώ μεγάλο του πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί φτιαχτεί από λεπτό και εύκαμπτο υλικό και να διπλωθεί χωρίς καταστραφεί, δίνοντας νέες δυνατότητες στα προϊόντα που κατασκευάζονται με αυτό.

Παρ' όλα τα πλεονεκτήματα όμως τα OLED display δεν είναι ακόμη το ίδιο φωτεινά με τα EL και τα LCD και αποδίδουν καλύτερα σε μέτριο φωτισμό.

4.2.2.2 Χαρακτηριστικά

- ❖ Lumens per watt: up to 50 in lamps (as of 2/2012)
- ❖ Οσον αφορά το χρόνο ζωής, τον CRI (White OLEDs) και τη Θερμοκρασία χρώματος (White LEDs) και την ενεργειακή κατανάλωση είναι όλα υπο διερεύνηση γιατί η τεχνολογία αναπτύσσεται και αλλάζει συνέχεια) -



Εικόνα 38: στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ένα απλό σύγχρονο OLED

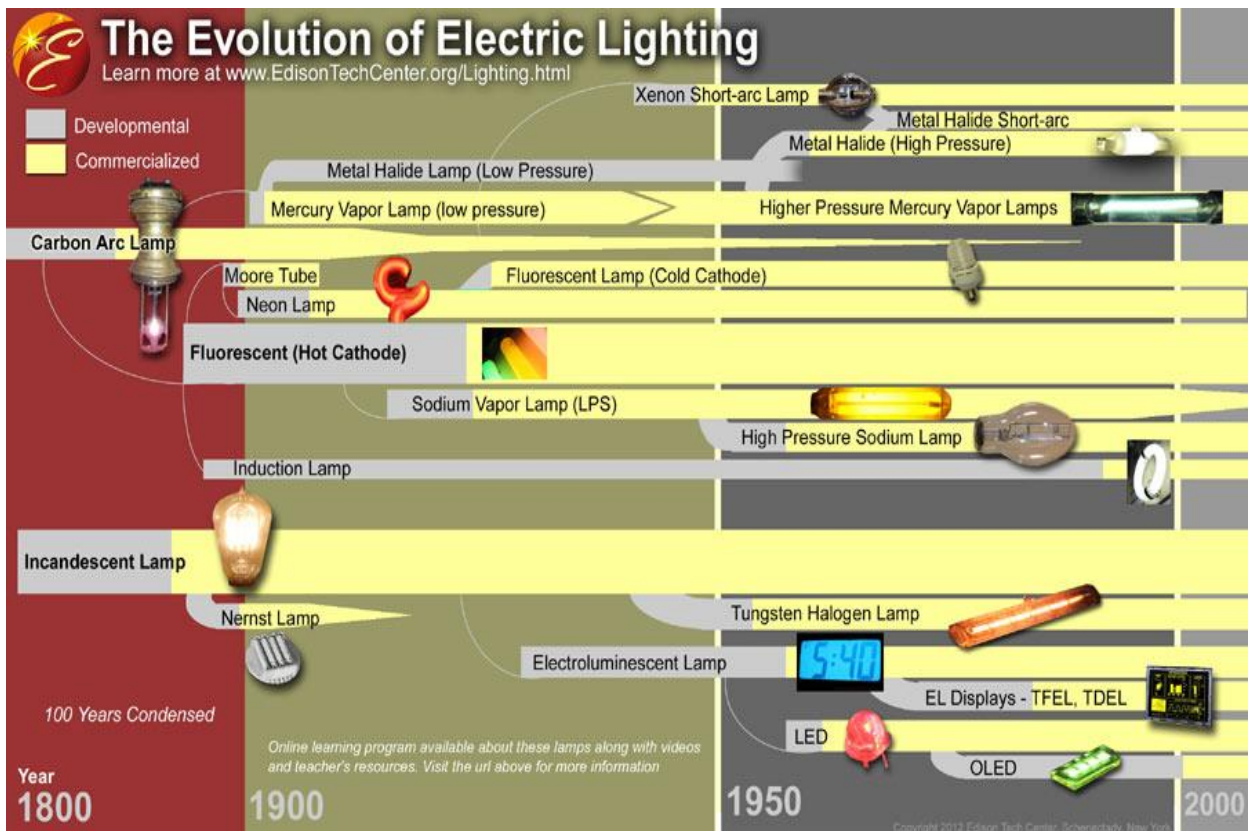
Πλεονεκτήματα

- ❖ Έχουν λιγότερο βάρος από τα παραδοσιακά LED και μπορούν επίσης να γίνουν λεπτότερα
- ❖ Οι OLED επιφάνειες είναι πιο αποδοτικές ενεργειακά από τις αντίστοιχες LCD οθόνες για οθόνες υπολογιστών και τηλεοράσεων
- ❖ Μπορούν αν χρησιμοποιηθούν σε πάρα πολλές νέες εφαρμογές που η τεχνολογία του φωτισμού δεν είχε εφαρμοστεί ως τώρα

Μειονεκτήματα

- ❖ Επειδή η τεχνολογία αναπτύσσεται ακόμη, είναι σχετικά ακριβή σε σχέση με ένα συνηθισμένο LED και επίσης παράγει λιγότερα lumen
- ❖ Ο χρόνος ζωής της επίσης δεν έχει προσδιοριστεί γιατί η τεχνολογία βρίσκεται υπό εξέλιξη και συνεχή αλλαγή και δεν υπάρχουν δεδομένα για να τις συγκρίνουμε με προηγούμενες πιο παραδοσιακές τεχνολογίες

Η παρακάτω εικόνα 39 συνοψίζει την εξέλιξη της τεχνολογίας των ηλεκτρικών λαμπτήρων από την ανακάλυψή τους μέχρι σήμερα.



Εικόνα 39: Εξέλιξη ηλεκτρικού φωτός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Εξέλιξη φανών και φωτιστικών εσωτερικού χώρου από την πλευρά του σχεδιασμού

Όπως αναλύσαμε διεξοδικά στα προηγούμενα κεφάλαια, από την περίοδο της ανακάλυψης του λαμπτήρα, της «βιομηχανικής εποχής» και των εξελίξεων του εικοστού πρώτου αιώνα το ηλεκτρικό φως πέρασε από διάφορες διακριτές μορφές.

Η πρώτη, η οποία κράτησε και λιγότερο, ήταν η **απλή έκθεση ενός γυμνού λαμπτήρα πυρακτώσεως**. Σε αυτά τα αρχικά στάδια εμφάνισης του γλόμπου του Edison, οι λαμπτήρες ήταν απλά κρεμασμένοι από καλώδια στα πιο πλούσια σπίτια και στους πιο καλαίσθητα διακοσμημένους χώρους και αποτελούσαν το καμάρι των ιδιοκτητών που ήθελαν να επιδείξουν τα πλούτη και την καινοτομία τους. Η πρώτη ιδιωτική κατοικία με δική της ηλεκτρογεννήτρια ήταν η βίλα του Lord Armstrong στο Craigside της Μ. Βρετανίας (εικόνα 40)



Εικόνα 40: Η βίλα του Lord Armstrong

Δεδομένου ότι οι γλόμπου ήταν γυμνοί, το φως το οποίο παρήγαγαν, αν και αδύναμο, ήταν πολύ πιο έντονο από αυτό που οι άνθρωποι είχαν συνηθίσει και πολλοί δεν ήταν ευχαριστημένοι με αυτό. Όπως έγραψε η συγγραφέας Edith Warton (νικήτρια βραβείου Pulitzer και υποψήφια 3 φορές για βραβείο Nobel Λογοτεχνίας, αλλά και μια από τους πρώτους επαγγελματίες εσωτερικούς διακοσμητές, στο βιβλίο της *Decoration of Houses* (1897) «το

φως ενός γυμνού γλόμπου κλέβει από τους χώρους κάθε είδος ιδιωτικότητας και διακριτικότητας»[64]

Ήταν φυσικό λοιπόν να αρχίσει να αναπτύσσεται μία βιομηχανία η οποία σχεδίαζε και παρήγαγε **φωτιστικά** τα οποία στο μεγαλύτερο βαθμό τους τα πρώτα χρόνια προσομοίαζαν με τις παλιές φόρμες (κηροπήγιο, γκαζόλαμπα) έτσι ώστε οι νέοι χρήστες να χρησιμοποιούν τη νέα τεχνολογία αλλά μέσα από γνωστά και προσιτά σχέδια. Το 1905, η εταιρία Tiffany απασχολεί ήδη 200 τεχνίτες για την παραγωγή γυάλινων φωτιστικών στο νέο κυρίαρχο στυλ της εποχής (“Art Nouveau”) (Εικόνα 41).



Εικόνα 41: Art Nouveau φωτιστικό για την Tiffany’s

Παίρνοντας πλέον μία άλλη μορφή, ο γλόμπος του Edison, μεταμορφώνεται από μια απλή πηγή φωτός σε ένα οικείο και αισθητικά ευπροσάρμοστο λειτουργικό στοιχείο, σε ένα **αντικείμενο διακόσμησης**.

Στις πρώτες δεκαετίες του 20ου αιώνα, ένα νέο κύμα καταφθάνει με φιλόδοξους σχεδιαστές και αρχιτέκτονες να προτείνουν ιδέες αποκολλημένες από την παράδοση. Οι μοντερνιστές της εποχής με την νοοτροπία «η φόρμα ακολουθεί την λειτουργικότητα», είναι εμπνευσμένοι από τα μηχανήματα, τις διαδικασίες παραγωγής και τον πειραματισμό με τα ήδη υπάρχοντα αλλά και νέα υλικά. Ένα από τα πρώτα δείγματα της

περιόδου είναι το WG24 του Wilhelm Wagenfeld, μέλους της Dessow Bauhaus, της πιο minimal σχολής του 20ου αιώνα. Το „Tube Light’ της Eileen Gray ένα σχέδιο που ακόμη και σήμερα υπάρχει ως κλασικό φωτιστικό γραφείου (με διαφορετική πλέον πηγή φωτισμού) ήταν ακόμη πιο απλό και αποκάλυπτε την αγάπη των μοντερνιστών για τις κυλινδρικές φόρμες (Εικόνα 42).



WG24 του Wilhelm Wagenfeld

Tubelight της Eileen Gray

Anglepoise του George Cawardine

Εικόνα 42: Φωτιστικά των πρώτων δεκαετιών του 20^{ου} αιώνα

Ο ίδιος ο ηλεκτρικός λαμπτήρας με το πέρασμα του χρόνου και την μορφολογική του εξέλιξη, δεν ήταν πλέον ένα άσχημο αντικείμενο βασικής λειτουργίας αλλά μέρος μιας λειτουργικής μηχανής που είχε σκοπό να διακοσμή τον χώρο με φως. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της επηρεασμένης από την μηχανική σχεδίασης, είναι το επιτραπέζιο φωτιστικό ‘Anglepoise’ σχεδιασμένο από τον George Cawardine το 1930 (Εικόνα 42).

Η δουλειά του Achille Castiglioni και των αδερφών του Livio και Pier Giacomo αποκαλύπτει το ενδιαφέρον για συνδυασμό αντικειμένων της τεχνολογικής εξέλιξης, με αποτέλεσμα ιδιαίτερα φωτιστικά τα οποία πωλούνται και σήμερα ως vintage αντικείμενα. Το Taccia Toio, κορυφαίο

φωτιστικό του είδους, συνδύαζε ένα καλάμι ψαρέματος, ενός φανάρι αυτοκινήτου και μια πριονοκορδέλα για να κατασκευάσει ένα μηχανικό σύμπλεγμα μεταμορφωμένο σε φωτιστικό, στο οποίο από τις πρώτες φορές συναντάμε και την χρήση του λαμπτήρα αλογόνου (Εικόνα 43)[25]



Εικόνα 43:Οι αδερφοί Castiglioni με το φωτιστικό Taccia Toio

Αρκετά χρόνια πριν η τάση «high tech» γίνει της μόδας, πολλά σχέδια των Castiglioni προέβλεπαν την επιρροή που θα είχαν λαμπτήρες ειδικών κατηγοριών π.χ. φανάρια αυτοκινήτων, φωτεινές επιγραφές, φλας φωτογραφικών μηχανών κ.α. στη σχεδίαση φωτιστικών οικιακής χρήσης. Ανάλογα με την άποψη του σχεδιαστή αλλά και της εποχής που παρουσιάστηκαν, τα φωτιστικά γίνονται πιο πολυτελή ή πιο minimal.

Το “Tizio”, είναι ένα από τα φωτιστικά γραφείου που στην ίδια μορφή ή σε παραλλαγές του συναντάμε ακόμη και σήμερα, με τις περισσότερες πωλήσεις παγκοσμίως, σχεδιασμένο το 1932 από τον Richard Sapper (Artemide). Το ίδιο ισχύει και για το “Jill”, των Perry King, Sandiago Miranda & Gianluigi Amaldi (1978) το οποίο σαν φωτιστικό χώρου συνεχίζει να κυριαρχεί και στις μέρες μας (Εικόνα 44)[34]



Tizio desk lamp, 1971 Jill Floor Lamp by Perry King, Santiago Miranda, Gianluigi Arnaldi for Arteluce

Εικόνα 44: Εμβληματικά φωτιστικά της δεκαετίας του '70

Με την εφεύρεση του λαμπτήρα αλογόνου χαμηλής έντασης αλλά και μικρότερων διαστάσεων, η τάση για μινιατουρισμό επιταχύνθηκε. Η καθαρότητα και το πραγματικό χρώμα που έκπεμπε ο λαμπτήρας αλογόνου, τον έκανε ανεκτίμητο σαν πηγή φωτός, αντικαθιστώντας σε ελάχιστο χρονικό διάστημα τους παλαιού τύπου γλόμπους με τους χρυσούς τόνους, δίνοντας στους σχεδιαστές ακόμη ένα πολύ δυνατό εργαλείο. Η οικονομική κρίση καυσίμων της δεκαετίας του 80 υποστήριξε ακόμη πιο έντονα αυτήν την εκφραστική προσέγγιση του design φωτιστικών, Με τις τεχνικές απόψεις φωτισμού πλέον εξελιγμένες και προσεγμένες σε υψηλό επίπεδο, οι σχεδιαστές ήταν ελεύθεροι να ανακαλύψουν τις πιο συμβολικές έννοιες του 'διαφωτισμού' και την ιδέα του φωτισμού ως μεταφορά. Την ίδια χρονική

περίοδο, παρατηρούμε μία νέα σχεδιαστική κατεύθυνση, πιο εκφραστική, επικοινωνιακή με χρήση απλής τεχνολογίας. Η δεκαετία του 90, έφερε μία έκρηξη στην τεχνολογία λαμπτήρων, συμπεριλαμβάνοντας την εισαγωγή των CDM λαμπτήρων (ceramic discharge mercury). Το φως ήταν πιο δυνατό, πιο εστιασμένο σε σύγκριση με τον λαμπτήρα αλογόνου, αλλά και πιο καθαρό και λευκό και παρείχε καλύτερη χρωματική φωτοσκίαση. Τα επόμενα χρόνια, στην θέση του λαμπτήρα αλογόνου εισβάλλουν οι εξελιγμένοι σύνθετοι λαμπτήρες φθορισμού για χρήση ακόμη και σε σημειακούς προβολείς με σκοπό την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Όπως είδαμε και στα προηγούμενα κεφάλαια, οι σημερινοί ‘πράσινοι’ (οικολογικοί χαμηλής κατανάλωσης) λαμπτήρες φθορισμού είναι κατά 80% πιο αποδοτικοί από τους συμβατικούς λαμπτήρες με νήμα βολφραμίου και με 800% μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Μετά τα μέσα της δεκαετίας του 90, και σκοπεύοντας με το φωτισμό στην προσφορά ενός πιο ευχάριστου περιβάλλοντος διαβίωσης και εργασίας, εταιρίες όπως η Artemide ξεκίνησαν να παράγουν ένα νέο είδος καλαίσθητου φωτισμού που προσέφερε διάφορα επίπεδα έντασης και αποχρώσεων. Στα τέλη της δεκαετίας του 1990 σχεδιάστηκαν επίσης φωτιστικά με πολλαπλές χρήσεις και ιδιαίτερα σχήματα και χρώματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το φωτιστικό – κάθισμα “Jack” του Tom Dixon (Εικόνα 45)[34]

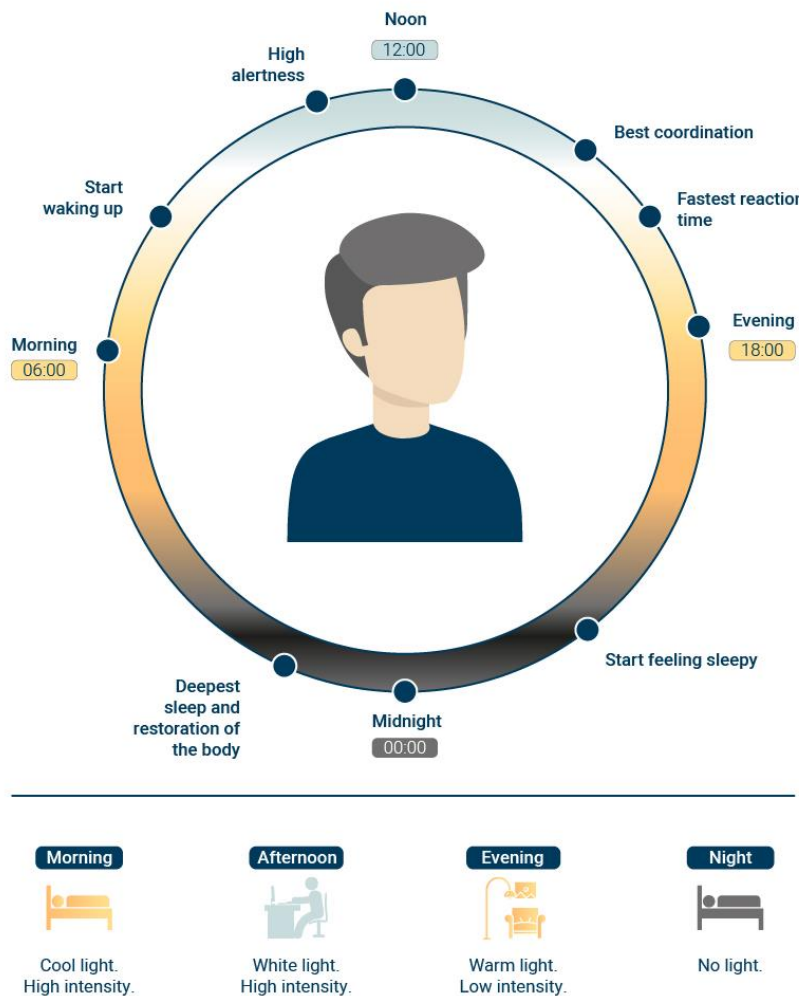


Εικόνα 45: Το κάθισμα “Jack” πολλαπλών χρήσεων του Tom Dixon.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Ο συναισθηματικός παράγοντας του φωτισμού και το Human Centric Lighting

Για αιώνες οι αρχιτέκτονες, οι σχεδιαστές και οι κατασκευαστές προσπαθούσαν να βελτιώσουν το εργασιακό (αλλά και το οικείο περιβάλλον) των ανθρώπων έτσι ώστε να προσφέρει περισσότερη ασφάλεια, ευεξία και να ευνοεί την παραγωγικότητα. Λαμβάνοντας υπόψη τις επιστημονικές μελέτες σχετικές με τους κιρκάδιους ρυθμούς που προσδιορίζονται από την ύπαρξη ή όχι φωτός και την επίπτωση που αυτή έχει στην ψυχοσύνθεση (Εικόνα 46), την δυνατότητα συγκέντρωσης [60] και την αποδοτικότητα στην εργασία [40] αναπτύχθηκε ένα κίνημα τα τελευταία χρόνια βάσει του οποίου σχεδιάζεται ο φωτισμός κτιρίων και κατοικιών για την μέγιστη απόδοση. Το human centric lighting ορίζεται από την οργάνωση LightingEurope ως ο τύπος φωτισμού που μπορεί να ευνοήσει την βιολογία, την υγεία και την αίσθηση του «ευ ζην» των ανθρώπων και βασίζεται στη ρύθμιση της έντασης «έξυπνων» πηγών ενέργειας (κυρίως τύπου LED) έτσι

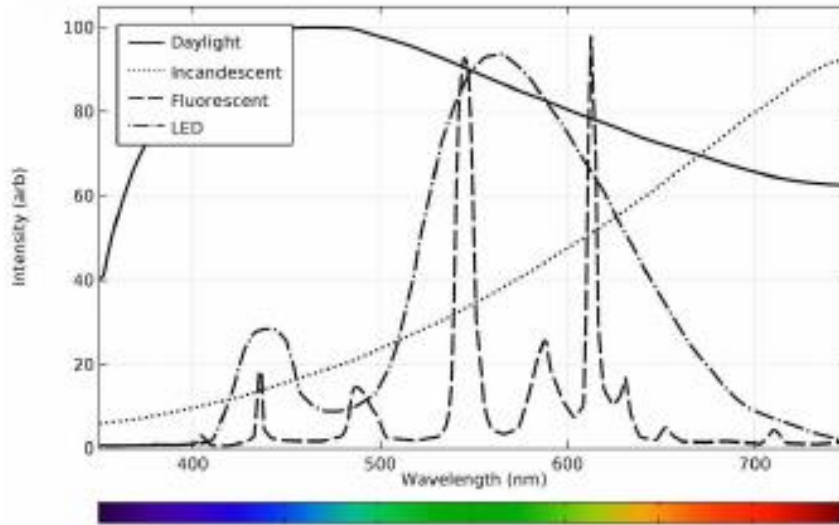
ώστε να μιμούνται τις διακυμάνσεις των επιπέδων του ηλιακού φωτός κατά τη διάρκεια της ημέρας (Εικόνα 47)



Εικόνα 46: Κιρκάδιος ρυθμός και ψυχική υγεία (<https://www.elc.es/en/human-centric-lighting>)

Τα συστήματα HCL παρέχουν ελεγχόμενο φωτισμό που κυμαίνεται από 2700K (warm) έως 6500K (cool). Σύμφωνα με την άποψη αυτή η ρύθμιση του φωτός κατά τη διάρκεια της ημέρας μπορεί να συμβάλλει στην γενικότερη υγεία του ατόμου, και να προσφέρει καλύτερη ρύθμιση της έκκρισης ορμονών, προσομοιάζοντας τις εναλλαγές του φυσικού φωτός και βοηθώντας στην καλύτερη λειτουργία των

κινκάνων ρυθμών. Όπως φαίνεται από την παρακάτω εικόνα οι λάμπες LED καλύπτουν καλύτερα από τις άλλου τύπου τις απαιτήσεις του HCL.[40,55]



(Εικόνα 47: Σύγκριση του φωτός της ημέρας με την εκπομπή διαφόρων ειδών λαμπτήρων , *Kralikova et al, 2016*)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΣΤΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

7.1 Εξέλιξη των φανών σε εξωτερικούς χώρους (αστικός φωτισμός - δρόμοι)

Στην παράγραφο αυτή δεν θα αναφερθούμε στις μορφές φωτισμού πριν την έλευση του ηλεκτρισμού στις οποίες αναφερθήκαμε στα αρχικά κεφάλαια της εργασίας, αλλά θα εξετάσουμε τον τρόπο με τον οποίο φωτίστηκαν οι μεγάλες πόλεις μετά το 1900 όταν ο ηλεκτρισμός πλέον ήταν προσιτός σχεδόν σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες. Ο φωτισμός με τις περίτεχνες λάμπες έγινε κομμάτι και της διακόσμησης της πόλης ενώ πολλές πρωτεύουσες και μεγάλες πόλεις συναγωνίζονταν για την τοποθέτηση των πιο όμορφων, φωτεινών, πολύπλοκων και πολυτελών φανών. Τα επόμενα χρόνια όμως και μετά την ενεργειακή κρίση του 1990 ο στόχος έγινε πλέον κυρίως η μείωση του κόστους και η αύξηση της απόδοσης από ενεργειακής άποψης εκμεταλλευόμενη τις νέες τεχνολογίες, σε βάρος πολλές φορές της καλαισθησίας.[10,38]



Εικόνα 48: Η Όπερα του Παρισιού φωτισμένη με τους λαμπτήρες τόξου του Yablochkov's (1878)

Ο πρώτος ηλεκτροφωτισμός δρόμου έγινε στο Παρίσι με την ευκαιρία της Διεθνούς Έκθεσης το 1878 όπου φωταγωγήθηκαν σημαντικά μνημεία της πόλης με τις λάμπες του Υαβλοχκον (λαμπτήρες τόξου) που είχαν παρουσιαστεί μερικά χρόνια νωρίτερα (Εικόνα 48)

Περίπου την ίδια περίοδο ηλεκτροφωτίστηκε και το Λονδίνο με μία βελτιωμένη έκδοση της λάμπας τόξου σχεδιασμένη από τον Γερμανό von Hefner ενώ ακολούθησαν και οι ΗΠΑ. Τα επόμενα χρόνια με την ανακάλυψη του λαμπτήρα πυρακτώσεως ηλεκτροφωτίστηκαν και άλλες πόλεις ανά τον κόσμο ενώ αυτό που κυρίως άλλαζε ήταν τα σχέδια των φανοστατών που τις περιείχαν (Εικόνα 49).



Εικόνα 49: Art nouveau streetlamp



Εικόνα 50: Ornamental street lights (left) and Victorian style lamps (right) in London

Τις δεκαετίες του 1930-40 ήταν δημοφιλείς κυρίως οι λάμπες πυρακτώσεως και φθορισμού αλλά γρήγορα αντικαταστάθηκαν από τις λυχνίες ατμών υδραργύρου που ανακαλύφθηκαν την δεκαετία του 1950 και έγιναν οι πιο δημοφιλείς στις ΗΠΑ για φωτισμό δρόμων. Τη δεκαετία του 1960 η εφεύρεση του λαμπτήρα νατρίου υψηλής πίεσης (HPS) που ήταν πιο αποδοτικός από το λαμπτήρα ατμών υδραργύρου, με το χαρακτηριστικό μονοχρωματικό κίτρινο φως που εξέπεμπε επικράτησε στον αστικό φωτισμό για δεκαετίες (Εικόνα 51)



Εικόνα 51: HPS λάμπες σε αυτοκινητόδρομο

Τις τελευταίες δεκαετίες επικράτησε η λάμπα μετάλλου αλογονιδίου που όπως είπαμε έχει καλύτερο δείκτη απόδοσης χρώματος (CRI) από τις κίτρινες HPS λάμπες αν και είναι λιγότερο αποδοτική (Εικόνα 52) Στη βελτιωμένη τους έκδοση οι κεραμικές λάμπες μετάλλου αλογονιδίου θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν τις HPS αν και η εμφάνιση των LEDs τείνει να ανακόψει αυτή τους την πορεία [31,35,38].



Εικόνα 52: Metal Halide Street lamp

Από το 2006 και μέχρι σήμερα η τεχνολογία LED έχει εισβάλλει και τείνει να παραγκωνίσει όλες τις προηγούμενες και στον φωτισμό των δρόμων. Ο φωτισμός που παρέχει (όπως είπαμε και στην αναλυτική παρουσίαση τους)

έχει πολλά πλεονεκτήματα ενώ κάποια από αυτά εξυπηρετούν και τον Human Centric φωτισμό που αναφέραμε πριν (Εικόνα 53).



Εικόνα 53: Φωτισμός δρόμου με HPS και μετά την αντικατάσταση με LED λυχνίες

Στα πλαίσια της εξοικονόμησης ενέργειας οι λυχνίες LED έχουν συνδυαστεί και με ηλιακά πάνελ για την λειτουργία με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ανεξαρτησία από το δίκτυο (Εικόνα 54)



Εικόνα 54: Solar street lights

7.2 Αστικός φωτισμός: Αίσθηση ασφάλειας αλλά και άνεσης

Οι σύγχρονες πόλεις για να είναι βιώσιμες πρέπει να παρέχουν ένα καλό και υγιές περιβάλλον διαβίωσης που επιτρέπει στους ανθρώπους να συμμετάσχουν στην αστική ζωή. Ωστόσο, κατά τις ώρες της νύχτας, η κινητικότητα πολλών ομάδων ευάλωτων και μη μπορεί να γίνει σχεδόν απαγορευτική ή να περιορίζεται σε ορισμένες περιοχές, πράγμα που μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες για την υγεία και την ψυχολογική τους ευημερία [47].

Ο αντίκτυπος του φωτισμού είναι διαφορετικός ανάλογα με την ένταση, τις εναλλαγές του, την επάρκεια ή την ανεπάρκειά του. Μπορεί να κάνουν τον άνθρωπο να αισθανθεί υπερένταση ή ηρεμία, εγρήγορση ή χαλάρωση, ευεξία ή κούραση και ένα σωρό άλλα συναισθήματα που φυσικά ποικίλουν από άνθρωπο σε άνθρωπο. Εάν αναλογιστούμε τα έντονα φωτιστικά σε μία ντισκοτέκ, το γλυκό φως ενός τζακιού, το ψυχρό φωτισμό ενός νοσοκομείου, τον καταπιεστικό φωτισμό μιας Δημόσιας Υπηρεσίας, τον απαλό φωτισμό

ενός "ζεστού" μπαρ είναι εύκολο να κατανοήσουμε αυτό που ονομάζεται ψυχολογικός αντίκτυπος του φωτισμού. [5]

Είδαμε και νωρίτερα ότι το φως μπορεί να επηρεάσει την ίδια τη λειτουργία της όρασης επειδή πολλές φορές προκαλεί θάμβωση (είτε θάμβωση ανικανότητας είτε ψυχολογική θάμβωση) με αποτέλεσμα δυσκολία στην όραση, δυσφορία και κόπωση.

Στους αστικούς χώρους (εξωτερικούς κυρίως αλλά και εσωτερικούς) η θερμοκρασία χρώματος του φωτός που εκπέμπεται είναι σημαντική. Πιο «ζεστός» φωτισμός επιτυγχάνεται με λιγότερο κυανό στο φάσμα του εκπεμπόμενου χρώματος ενώ οι υψηλότερης θερμοκρασίας χρώματος πηγές φωτός είναι πλούσιες σε μπλε φως. Τόσο τα φωτιστικά LED όσο και τα φωτιστικά μεταλλικών αλογονιδίων περιέχουν μεγάλες ποσότητες μπλε φωτός στο φάσμα τους το οποίο λόγω και της ικανότητας του να φωτίζει καλύτερα τη νύχτα χρησιμοποιείται πολύ συχνά. Όμως η έκθεση στο μπλε φως (blue light) έχει δειχθεί ότι επηρεάζει αρνητικά την ανθρώπινη υγεία διαταράσσοντας τους κirkάδιους ρυθμούς μέσω καταστολής της παραγωγής μελατονίνης καταστέλλοντας την παραγωγή της και διαταράσσοντας έτσι την ποιότητα του ύπνου προκαλώντας μόνιμο αίσθημα κόπωσης [55].

Για τους παραπάνω λόγους συνιστάται χρήση φωτισμού με θερμοκρασία χρώματος που δεν υπερβαίνει τους 3000° Kelvin.

Ο φωτισμός θα πρέπει να έχει όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά που θα κάνουν τους ανθρώπους να αισθάνονται ασφαλείς στο περιβάλλον τους και να αυξάνει την προσβασιμότητά τους σε αυτό (ανίχνευση εμποδίων, οπτικός προσανατολισμός, ικανότητα ανάγνωσης σημάνσεων, αναγνώρισης προσώπων κ.λ.π.).

Από την άποψη της άνεσης, όσον αφορά την μεσοπική όραση (λυκόφως ή λυκαυγές) η φασματική ισχύς κατανομής της πηγής φωτός είναι πιθανό να έχει αντίκτυπο στην αντίληψη του φωτιζόμενου περιβάλλοντος των πεζών.

Από αυτή την άποψη, οι πηγές φωτός αλογονιδίων μετάλλων (metal halide) και OLEDs φαίνεται να παρέχουν καλύτερη αντίληψη της φωτεινότητας και κατά συνέπεια καλύτερη οπτική απόδοση από τις φωτεινές πηγές υψηλής πίεσης νατρίου (HPS).

Ο αστικός φωτισμός θα πρέπει να είναι επαρκής ενισχύοντας την αίσθηση της ασφάλειας των πεζών αλλά και των οδηγών σε μία πόλη.

Ο **σχεδιασμός του φωτισμού** θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε ο κάθε χρήστης να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον ως ασφαλές και προσιτό και αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπ'οψη από τους σχεδιαστές του αστικού φωτισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Στα προηγούμενα κεφάλαια μιλήσαμε αναλυτικά για την εξέλιξη της τεχνολογίας αλλά και της αισθητικής όσον αφορά τον εσωτερικό αλλά και τον εξωτερικό φωτισμό. Στον εξωτερικό φωτισμό εκτός από τον αστικό φωτισμό των κτιρίων και των δρόμων, ένας άλλος πολύ σημαντικός παράγοντας είναι και ο φωτισμός των οχημάτων. Με την αύξηση της παρουσίας τους στους δρόμους για την μετακίνηση των ανθρώπων για λόγους εργασίας, αναψυχής και εξυπηρέτησης της καθημερινής ζωής, η ανάπτυξη κατάλληλου φωτισμού τόσο για οδήγηση στο αμυδρό φως όσο και τη νύχτα έγινε επιτακτική για λόγους ασφάλειας των οδηγών αλλά και των πεζών και των ζώων που πιθανόν κυκλοφορούν.

Το σύστημα φωτισμού ενός μηχανοκίνητου οχήματος αποτελείται από συσκευές φωτισμού και σηματοδότησης τοποθετημένες ή ενσωματωμένες στο μπροστινό, το πίσω μέρος, τις πλευρές και, σε ορισμένες περιπτώσεις, στην κορυφή ενός μηχανοκίνητου οχήματος. Αυτό φωτίζει το δρόμο για τον οδηγό και αυξάνει την ορατότητα του οχήματος, επιτρέποντας σε άλλους οδηγούς και πεζούς να βλέπουν την παρουσία, τη θέση, το μέγεθος, την κατεύθυνση του ταξιδιού και τις προθέσεις του οδηγού σχετικά με την κατεύθυνση και την ταχύτητα του ταξιδιού. Τα οχήματα έκτακτης ανάγκης συνήθως φέρουν διακριτικό εξοπλισμό φωτισμού για να προειδοποιούν τους οδηγούς και να υποδεικνύουν την προτεραιότητα της κίνησης στην κυκλοφορία.

8.1 Η εξέλιξη των φαναριών αυτοκινήτων

Κατά τη διάρκεια της 130χρονης ύπαρξής του, το αυτοκίνητο έχει υποστεί πολλές μεταβολές. Μια από τις πιο συναρπαστικές πτυχές αυτής της εξέλιξης ήταν η καινοτομία του φωτισμού αυτοκινήτων, η οποία αναπτύχθηκε σε συνδυασμό με την ίδια την τεχνολογία φωτός[65].

8.1.1 Αρχές 19^{ου} αιώνα

Ενώ οι πρώτοι ηλεκτρικοί λαμπτήρες είχαν κάνει την εμφάνισή τους στα σπίτια από τις αρχές της δεκαετίας του 1880, και σε μία εποχή που οι άμαξες με άλογα και τα πρώτα αυτοκίνητα κυκλοφορούσαν μαζί στους δρόμους, αυτά φωτίζονταν με λαμπτήρες που ενεργοποιούνταν με συνδυασμό λαδιού και ακετυλενίου. Τα συστατικά του λαμπτήρα με βάση το λάδι ήταν ακριβά, και έτσι η τεχνολογία για αυτούς τους λαμπτήρες είδε μικρή ανάπτυξη, καθώς λίγοι επενδυτές εκείνη την εποχή θα υποστήριζαν ένα τέτοιο εγχείρημα.



Εικόνα 55: Φανάρι καρβιδίου/ακετυλενίου προσαρμοσμένο σε ποδήλατο (Wikimedia Commons)

Παρ' όλα τα προβλήματα οι προβολείς αερίου ακετυλενίου έγιναν το πρότυπο βιομηχανίας για τροχήλατα οχήματα και αυτοκίνητα (Εικόνα 55) Περιλάμβαναν έναν καθρέφτη πίσω από τη φλόγα για να κατευθύνει τη δέσμη φωτός προς τα εμπρός αλλά η δέσμη ήταν διάχυτη και ήταν καλύτερη για έναν ανθρακωρύχο, ενισχύοντας την περιφερειακή του όραση παρά για έναν οδηγό τη νύχτα. Επίσης το φως ήταν ορατό μόνο από μικρές αποστάσεις και το αέριο μπορούσε να παγώσει κατά τους κρύους μήνες, είχε όμως μεγαλύτερη αντοχή στον άνεμο και τη βροχή από τους προβολείς λαδιού.

Επίσης λόγω των περιορισμών αυτών, τα πρώιμα αυτοκίνητα δεν είχαν εσωτερικά και πίσω φώτα.

Ο πρώτος ηλεκτρικός προβολέας στον κόσμο παρουσιάστηκε το 1898, από εταιρεία ηλεκτρικών οχημάτων με έδρα το Χάρτφορντ, στο Κονέκτικατ. Δυστυχώς, αυτός ο νέος τύπος λαμπτήρα ήταν γεμάτος με πολλά από τα ίδια προβλήματα με τον προκάτοχό του - υψηλό λειτουργικό κόστος και έλλειψη χρηματοδότησης. Το μεγαλύτερο πρόβλημα με τους ηλεκτρικούς προβολείς ήταν το εσωτερικό νήμα, το οποίο θα μπορούσε να συρρικνωθεί αρκετά γρήγορα. Επιπλέον, τέτοιοι λαμπτήρες απαιτούσαν ηλεκτρικούς πόρους που οι πόλεις δεν μπορούσαν να αντέξουν οικονομικά κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου[15,19,44].

8.1.2 Αρχές 20^{ου} αιώνα

Κατά τα πρώτα χρόνια του 20ού αιώνα, οι μηχανικοί αυτοκινήτων και φωτισμού εργάστηκαν σθεναρά για να αναπτύξουν ένα πιο ικανοποιητικό σύστημα φωτισμού για τα μηχανοκίνητα οχήματα. Αρχικά το 1908, εμφανίστηκε ο πρώτος λαμπτήρας προβολέων με βάση τον άνθρακα που λειτουργεί με μπαταρία. Αρχικά, ωστόσο, ο νέος προβολέας ήταν διαθέσιμος μόνο ως επιλογή αναβάθμισης σε υψηλές τιμές για ιδιοκτήτες αυτοκινήτων.

Η ιστορία των προβολέων αυτοκινήτων ξεκινά πραγματικά κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου και μπορεί ο κόσμος να ήταν δεκαετίες μακριά από τους τύπους των προβολέων που γνωρίζουμε σήμερα, αλλά το ενδιαφέρον είχε ήδη αρχίσει να είναι αυξημένο τόσο για τους μηχανικούς όσο και για τις αυτοκινητοβιομηχανίες[1,32,44].

8.1.2.1 Δεκαετία 1910-20

Μέχρι το 1911, οι ηλεκτρικοί προβολείς είχαν καταστεί βιομηχανικό πρότυπο μεταξύ των αμερικανικών κατασκευαστριών εταιρειών αυτοκινήτων. Το επόμενο έτος, η Cadillac παρουσίασε έναν πιο προηγμένο ηλεκτρικό προβολέα που θα μπορούσε να λειτουργεί χωρίς κίνδυνο σε περιόδους βροχής. Ο πρώτος προβολέας κυκλοφόρησε το 1915 από την Guide Lamp Company. Ωστόσο, η ενεργοποίηση του φωτός σε αυτό το σημείο εξακολουθούσε να απαιτεί από τον οδηγό ή τον επιβάτη να μετατοπίσει τα φώτα με το χέρι. Για άλλη μια φορά, η Cadillac βελτίωσε την αναπτυσσόμενη τεχνολογία, λανσάροντας το πρώτο σύστημα ελέγχου το οποίο επέτρεψε στους οδηγούς να ενεργοποιούν και να μετακινούν τα εξωτερικά φώτα μέσα από το όχημα.

Η αυξημένη χρήση ηλεκτρικού φωτισμού στα αυτοκίνητα οδήγησε και στην ανάγκη για ρύθμιση αυτού νομοθετικά. Το 1915, η Μασαχουσέτη έγινε η πρώτη πολιτεία που απαιτούσε ηλεκτρικούς προβολείς σε όλα τα μηχανοκίνητα οχήματα. Ενώ ταυτόχρονα, τα πίσω φώτα και τα φώτα φρένων εισήχθησαν από τις αυτοκινητοβιομηχανίες σε νεότερα μοντέλα αυτοκινήτων. Μέχρι το τέλος της δεκαετίας, οι μηχανικοί είχαν κάνει πρεμιέρα σε μια σειρά από μεθόδους μείωσης της λάμψης για τους προβολείς αυτοκινήτων.

Η εισαγωγή των χειριστηρίων εσωτερικού χώρου ήταν η πιο σημαντική εξέλιξη αυτής της δεκαετίας στην ιστορία των προβολέων αυτοκινήτων, διότι καθιστούσε τον φωτισμό των αυτοκινήτων λιγότερο πρωτόγονο και πιο πρακτικό για τον τελικό χρήστη. Το βασικό σημείο των νόμων ήταν η βελτίωση της ασφάλειας των οδηγών, των επιβατών και των πεζών (εικόνα 56).

Ωστόσο, η νέα νομοθεσία πήρε τα πράγματα ένα βήμα παραπέρα: Δεν αρκούσε απλώς να έχουμε ηλεκτρικούς προβολείς - οι προβολείς τώρα απαιτούσαν επίσης να ακτινοβολούν συγκεκριμένες ποσότητες φωτός και

μόνο σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις έτσι ώστε να ικανοποιείται η ανάγκη του οδηγού για ευκρινή όραση αλλά και η ασφάλεια και άνετη κυκλοφορία. Τα πρώτα ομοσπονδιακά εφαρμοσμένα πρότυπα εισήχθησαν το 1921 από το IES.

No Glare—Range 500 ft.
The man behind a pair of Corning Conaphores can read a sign 500 feet from the car. It is 10 feet in the beam of light. "Notas" says "the fact". A 500-foot range means seeing no matter how fast you drive.

Pierces Fog and Dust
See the car with Corning Conaphores peering along through the fog at 25 miles an hour. Corning Conaphore headlights keep along at 50 to 75 miles an hour behind a blinding haze.

CORNING CONAPHORE

Sets new headlighting standard

MOTORISTS have long felt the need for a scientific headlight. They want a headlight with long range and strong side light, but no glare.

States and cities have emphasized the need for such a headlight by passing strict "anti-glare" laws in an effort to make night driving safe. During 1917, laws requiring the use of a scientific headlight will be in force everywhere.

Ordinary Headlight Dangerous
The ordinary headlight is not satisfactory. It has a bulb to give the light and a reflector to reflect the light, but nothing to control the direction of the rays. The glass merely keeps out dirt and water.

Such headlights are dangerous. They dazzle approaching motorists and pedestrians. The driver has to dim constantly. Tilting lamps downward may reduce the glare, but it greatly decreases the range.

Function of the Conaphore
The headlight problem has been scientifically solved by adding to the bulb and reflector a third part, the Corning Conaphore. The Corning Conaphore is a scientific head-

light glass which directs the rays of light from the bulb and reflector, so that the beam will have long range, ample side light, will not glare and will pierce fog and dust. Tests shown on this page prove the efficiency of the Corning Conaphore.

Scientifically Correct
The Corning Conaphore is made by the Corning Glass Works, Corning, N. Y., the largest manufacturers of technical glass in the world. This company makes practically all the signal glass used on American railroads. The fact that the Corning Conaphore was designed in the laboratories of the Corning Glass Works is the best guarantee that it is scientifically correct.

Five Major Advantages
First Four Exclusive

1. Gives headlight range of 500 feet when a standard bulb of 21 candle power or more is properly focused.
2. Cuts out all the glare yet uses all the light, thus complying with all city and state "no-glare" laws.
3. Penetrates fog, dust, or smoke, so you can easily drive 25 miles an hour under adverse weather conditions.
4. Has strong side light which illuminates the roadside; the Noviol Beam makes the green stand out so you can distinguish bushes and ditches.

5. Never clogs with dust or mud in summer, or with ice or snow in winter, and is easily put on any car.

Made in Two Kinds of Glass
Corning Conaphores are made of clear glass as well as Noviol Glass. Clear glass Conaphores are equally efficient in giving long range and eliminating glare, but lack the added advantages possessed by the Noviol Glass of eliminating "back-glare" and penetrating fog or dust. We strongly recommend the Noviol.

Easy to Install
You will find the Corning Conaphore easy to install. Simply take out the glass from the present headlight and put the Conaphore in its place. Glass are made to fit all cars. In ordering give make, model and year of your car, and diameter of your present headlight glass. All progressive dealers now sell Corning Conaphores. Put a pair on your car today. If your dealer cannot supply you, write us.

Price List

NOVIOL GLASS	Per Pair	CLEAR GLASS	Per Pair
2 to 4 1/2 inches dia.	\$1.00	2 to 4 1/2 inches dia.	\$1.00
4 to 6 inches dia.	1.50	4 to 6 inches dia.	1.50
6 to 8 inches dia.	2.00	6 to 8 inches dia.	2.00
8 to 10 inches dia.	2.50	8 to 10 inches dia.	2.50
10 to 12 inches dia.	3.00	10 to 12 inches dia.	3.00

Prices 25 cents more per pair West of Rocky Mountains. Glass sold by order of 10, 25, 50.

CORNING GLASS WORKS
CONAPHORE SALES DIVISION
Edward A. Cassidy Co., Inc., Managers
282 Madison Avenue New York City

ORDINARY HEADLIGHTS GLARE
The ordinary headlight blinds you with its glare. Glare means danger.

NO-GLARE
Light from Corning Conaphores is never more than 42 inches above road.

Εικόνα 56: Διαφήμιση της Corning για τα φώτα ρυθμιζόμενου ύψους

Για την καλύτερη εκπλήρωση αυτών των απαιτήσεων, οι μηχανικοί ενσωμάτωσαν τις επιλογές προβολών υψηλής και χαμηλής δέσμης στους προβολείς. Τα πρώτα αυτοκίνητα που χρησιμοποίησαν αυτόν τον φωτισμό δύο επιλογών κυκλοφόρησαν το 1924 (Bilux bulb).

Ταυτόχρονα, και οι Ευρωπαίοι κατασκευαστές ανέπτυξαν χαρακτηριστικά μείωσης της λάμψης για τους προβολείς αυτοκινήτων. Μέχρι τα τέλη του 1920 τα περισσότερα αυτοκίνητα εξοπλίζονται με μηχανισμούς ρύθμισης του φωτός στα πόδια[65,66].

8.1.2.2 Δεκαετία 1930-40

Τη δεκαετία αυτή μελετήθηκε κυρίως το θέμα της προσαρμογής της δέσμης φωτός έτσι ώστε να κατευθύνεται με έναν συγκεκριμένο τρόπο που θα έκανε τα πράγματα ασφαλέστερα για τους οδηγούς και λιγότερο ενοχλητικά για τους οδηγούς στη αντίθετη κατεύθυνση (Εικόνα 57)



Εικόνα 57:1930 Peerless restored by Brando Pistorius" by Joanne Pistorius. Via Commons

Καθώς προχωρούσε η δεκαετία του 1930, η βιομηχανία ξεκίνησε πολλές καινοτομίες φωτισμού, συμπεριλαμβανομένων των αντικαταστάσιμων γυάλινων φακών, του ενσωματωμένου λαμπτήρα και του προβολέα μετάλλων.

8.1.2.3 Δεκαετία 1940-50

Το σημαντικότερο γεγονός της δεκαετίας, ο Β΄ Παγκόσμιος Πόλεμος καθυστέρησε τις καινοτομίες στο φωτισμό των αυτοκινήτων, εγκαταστάθηκε όμως για πρώτη φορά επίσημα το φως στροφής (φλας) που αναβοσβήνει και τα νέα αυτοκίνητα κυκλοφορούσαν με χειροκίνητα (από το εσωτερικό με μοχλό) σήματα στροφής που έσβηναν αυτόματα μόλις ολοκληρωνόταν η στροφή.

Καθώς προχωρά η δεκαετία, τα σήματα στροφής (φλας) έγιναν ένα βασικό χαρακτηριστικό σε όλα τα αμερικανικά αυτοκίνητα αλλά και τα ευρωπαϊκά οχήματα. Αυτό που άλλαζε ανάλογα με την χώρα ήταν το χρώμα του εκπεμπόμενου φωτός (κόκκινο, άσπρο ή κίτρινο).

Μια άλλη καινοτομία κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1940 ήταν η ενσωμάτωση του φωτισμού αυτοκινήτων στον σχεδιασμό οχημάτων, ο οποίος έγινε πιο απλοποιημένος και πρακτικός. Όχι μόνο τα φώτα έγιναν ευκολότερα στη χρήση, αλλά επίσης έγιναν πιο ελκυστικά στο πλαίσιο σχεδιασμού των αυτοκινήτων. Από εδώ και πέρα, οι αυτοκινητοβιομηχανίες παράγαν μικρότερα, στρογγυλά, πιο άνετα αυτοκίνητα με βέλτιστο φωτισμό

8.1.2.4 Δεκαετία 1950-60

Τη δεκαετία του 1950 σημειώθηκε περαιτέρω πρόοδος όσον αφορά τον σχεδιασμό αλλά και τις πολιτικές σχετικά με τους προβολείς. Ενώ η αμερικανική νομοθεσία απαιτούσε στρογγυλούς σφραγισμένους προβολείς τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας, οι αυτοκινητοβιομηχανίες στην Ευρώπη ευνόησαν τους αντικαταστάσιμους προβολείς λαμπτήρων. Οι λαμπτήρες διέφεραν πολύ λίγο από τους οικιακούς λαμπτήρες πυρακτώσεως που

περιγράψαμε στα προηγούμενα κεφάλαια. Ένα σύρμα βολφραμίου τοποθετούνταν σε γυάλινο λαμπτήρα γεμάτο με ευγενές αέριο και το ανακλαστικό υλικό ήταν τοποθετημένο μέσα στο λαμπτήρα. Έτσι όπως και οι οικιακές λάμπες, έχαναν την φωτεινότητα τους σταδιακά καθώς το βολφράμιο εξατμιζόταν από το σύρμα και κολλούσε στα τοιχώματα του λαμπτήρα. Τα μέσα της δεκαετίας του 1950 η Γαλλική εταιρεία Cibie πρότεινε μία ιδέα που ισχύει ακόμη και σήμερα. Κατασκεύασε προβολείς οι οποίοι δημιουργούσαν δύο ασύμμετρες δέσμες φωτός έτσι ώστε τα φώτα του συνεπιβάτη να φωτίζουν μακρύτερα και του οδηγού κοντύτερα, για να μην ενοχλούν τους αντίθετα ερχόμενους οδηγούς [15]

Μέσα σε τρία χρόνια, οι νομοθέτες έδωσαν πράσινο φως στη χρήση ξεχωριστών προβολέων με δέσμες και των δύο εντάσεων. Οι τελευταίες αυτές καινοτομίες, έκαναν πιο εύκολη την οδήγηση όλες τις ώρες, μέρα και νύχτα. Νωρίς το βράδυ, τα χαμηλής έντασης φώτα ήταν χρήσιμα κατά τη μετάβαση από το φως στο σκοτάδι, ενώ το βράδυ, τα φώτα μεγάλης σκάλας διευκολύνουν τους οδηγούς σε σκοτεινούς δρόμους.

Τη δεκαετία αυτή λόγω της περιορισμένης ανάπτυξης των προαστίων των πόλεων, οι οδηγοί έπρεπε να οδηγήσουν με ασφάλεια σε πολύ λιγότερους ασφαλτοστρωμένους δρόμους ή αστικό φωτισμό. Κατά μία έννοια, αυτή η σχετική έλλειψη ανάπτυξης δρόμων και αυτοκινητοδρόμων έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των προσαρμοστικών προβολέων, προωθώντας πολλές καινοτομίες για να αντισταθμιστεί αυτή η έλλειψη.

Καθώς τα αυτοκίνητα έγιναν πιο προσιτά μεταξύ των ατόμων με χαμηλότερα εισοδήματα, οι αυτοκινητοβιομηχανίες κλήθηκαν να προσαρμόσουν τα αυτοκίνητα στις ανάγκες μιας ευρύτερης πελατειακής βάσης, η οποία περιλάμβανε τώρα αυξανόμενο αριθμό ατόμων που εργάζονταν σε βάρδιες ή ταξίδευαν σε μεγάλες αποστάσεις καθημερινά. Έτσι παρουσιάστηκε η ανάγκη για κατασκευή τύπων λαμπτήρων που προσφέρουν περισσότερα από ένα επίπεδο έντασης.

Επίσης, τα ερμητικά σφραγισμένα φανάρια ήταν σχετικά φτηνά γιατί μπορούσαν να παραχθούν σε μεγάλες ποσότητες αλλά αυτό δεν ευνοούσε την ανάπτυξη μίας μοναδικής προσωπικότητας για τα αυτοκίνητα στενοχωρώντας τους σχεδιαστές.

8.1.2.5 Δεκαετία 1960-70

Το 1962 η εταιρεία Hella εισήγαγε το λαμπτήρα αλογόνου για αυτοκίνητα. Η ικανότητα φωτισμού αυξήθηκε μιάμιση φορά, η εκπομπή θερμότητας μειώθηκε και το ίδιο το φανάρι (προβολέας) λάμπα έγινε πιο συμπαγής. Ακόμη και τώρα οι λάμπες αλογόνου παραμένουν το “gold standard” στο πεδίο του φωτισμού αυτοκινήτων. Το 1961 οι προβολείς από κυκλικοί έγιναν τετράγωνοι μια και ο διαχυτής της δέσμης δεν ήταν ο φακός αλλά polycarbonate. Με την ικανότητά του να παράγει πλουσιότερη ποιότητα φωτός χωρίς να χρησιμοποιεί επιπλέον ισχύ, το φως αλογόνου έγινε δημοφιλές σε όλη την Ευρώπη λόγω της φωτεινότητας και της αντοχής του και οι λαμπτήρες αλογόνου έγιναν υποχρεωτικοί στο μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης. Δε συνέβη το ίδιο με τις ΗΠΑ που συνέχισαν να χρησιμοποιούν λαμπτήρα πυρακτώσεως βολφραμίου[15].

8.1.2.6 Δεκαετία 1970-80

Στις αρχές της δεκαετίας του 1970, και μετά από πίεση των αυτοκινητοβιομηχανιών των ΗΠΑ, οι οποίοι ζήτησαν περισσότερες σχεδιαστικές ελευθερίες, οι νόμοι των ομοσπονδιακών αυτοκινητοδρόμων τροποποιήθηκαν το 1974 επιτρέποντας τη χρήση ορθογώνιων προβολέων. Μέσα σε δύο χρόνια, ο ορθογώνιος προβολέας σφραγισμένης δέσμης ήταν ένα κοινό χαρακτηριστικό για νεότερες μάρκες και μοντέλα από αμερικανικές εταιρείες αυτοκινήτων (Εικόνα 58)[44].

Αλλά ενώ αυτό επηρέασε την εμφάνιση των νέων αυτοκινήτων, δεν επηρέασε το είδος των λαμπτήρων που χρησιμοποιούνταν μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1970 όπου μετά από χρόνια αντίστασης από τις αμερικανικές αυτοκινητοβιομηχανίες, οι λαμπτήρες αλογόνου άρχισαν να πλημμυρίζουν και τις ΗΠΑ. Τα φώτα αλογόνου έγιναν γρήγορα ένα βιομηχανικό πρότυπο[14]. Χάρη στα σύγχρονα υλικά σφράγισης και την ανάπτυξη της τεχνολογίας συναρμολόγησης, οι ανακλαστικές επιφάνειες σπάνια διαβρώνονταν συγκεντρώνοντας υγρασία στο εσωτερικό τους. Επίσης το φως της δέσμης πλησίαζε πολύ το φως της ημέρας λόγω της πολύ υψηλής θερμοκρασίας που μπορούσε διατηρήσει το σύρμα μέσα στον θερμοανθεκτικό λαμπτήρα από χαλαζία. Η λάμπα αλογόνου εκπέμπει φως σε θερμοκρασία 3400K (ενώ του φυσικού φωτός είναι περίπου 6000K).

Τα φώτα αλογόνου θα κυριαρχήσουν στην αυτοκινητοβιομηχανία για τις επόμενες τρεις δεκαετίες και θα παραμείνουν τα πιο γνωστά από τους διαφορετικούς τύπους προβολέων στους περισσότερους οδηγούς.



Εικόνα 58: Δυο Mercedes-Benz SL: δεξιά με τους sealed beam προβολείς για πώληση στις ΗΠΑ και αριστερά με κανονικούς προβολείς για τις υπόλοιπες αγορές.

8.1.2.7 Δεκαετία 1980-90

Στις ΗΠΑ, οι οδηγοί μπορούσαν πλέον μετά από αλλαγή της νομοθεσίας, να επιλέξουν ανάμεσα σε προβολείς σφραγισμένης δέσμης και αντικαταστάσιμους λαμπτήρες κάτι που ήδη ίσχυε στην Ευρώπη για πολλά χρόνια και έδινε την πολυτέλεια στον ιδιοκτήτη να αλλάξει εύκολα τον προβολέα μετά τη λήξη τους μειώνοντας έτσι το κόστος συντήρησης των οχημάτων[14]. Οι γυάλινοι φακοί επίσης αντικαταστάθηκαν με πλαστικούς, προσφέροντας ένα ισχυρότερο φράγμα έναντι των φυσικών φαινομένων, που θα μπορούσαν πιο εύκολα να τους σπάσουν. Καθώς οι νέοι χρήστες του αστικού χώρου αναζητούσαν αυτοκίνητα που ήταν κομψά αλλά συμπαγή, πρακτικά αλλά νευρικά, οι αυτοκινητοβιομηχανίες προσπάθησαν να προσφέρουν τους καλύτερους λαμπτήρες προβολέα για αυτοκίνητα στο αστικό περιβάλλον. Έτσι, τα αυτοκίνητα της δεκαετίας του '80 παρουσίαζαν προβολείς που τοποθετήθηκαν με τρόπο συμπληρωματικό προς τις τρέχουσες τάσεις σχεδιασμού αυτοκινήτων.

8.1.2.8. Δεκαετία 1990-2000

Η δεκαετία του 1990 συμβαδίζοντας και με τις εξελίξεις στον φωτισμό γενικότερα, σηματοδοτεί την εμφάνιση δύο τύπων φωτισμού που από τότε κυριαρχεί στην αγορά των προβολέων. Των προβολέων **HID** και των προβολέων **LED**.

Στον προβολέα υψηλής έντασης (HID), δύο ηλεκτρόδια υποστηρίζουν ένα τόξο φωτός μέσα σε ένα σωλήνα. Συνήθως γνωστοί ως **προβολείς xenon**, τα HID παρουσιάστηκαν το 1991, αλλά έχουν αυξηθεί σε δημοτικότητα από την αρχή της χιλιετίας.

Τα HID είναι δημοφιλή για τη φωτεινότητα, την ανθεκτικότητα και την ενεργειακή τους απόδοση. Σε σύγκριση με τους λαμπτήρες αλογόνου, πολλοί από τους σημερινούς οδηγούς συμφωνούν ότι τα φώτα xenon είναι ανώτερα σε όλες τις μετρήσεις (Εικόνα 59)[15,19]



Εικόνα 59: Προβολέας xenon

Ο προβολέας υψηλής έντασης (HID) ή ο προβολέας Xenon είναι λίγο παρόμοιος με τους λαμπτήρες CFL (συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού) που χρησιμοποιούνται και στον οικιακό φωτισμό. Δεν απαιτείται νήμα στους προβολείς Xenon. Αντ 'αυτού ο προβολέας λειτουργεί δημιουργώντας μια περιοχή υψηλής τάσης μεταξύ δύο ηλεκτροδίων. Ο υπόλοιπος χώρος γεμίζει με αέριο Xenon. Επειδή χρειάζονται λίγο χρόνο για να ζεσταθούν, αυτοί οι τύποι λαμπτήρων χρειάζονται λίγο χρόνο για να φτάσουν στη μέγιστη φωτεινότητα τους. Μόλις όμως φτάσουν στη μέγιστη φωτεινότητα, εκπέμπουν ένα γαλάζιο-λευκό φως. Λόγω του ότι δεν ζεσταίνονται αμέσως, οι προβολείς Xenon χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με κάποιον άλλο τύπο προβολέα, ο οποίος χρησιμοποιείται ως υψηλή ακτίνα.

Οι προβολείς HID είναι πολύ ισχυροί και φωτεινότεροι από τους συμβατικούς προβολείς αλογόνου και μπορούν να προσφέρουν ορατότητα περίπου 200-250 μέτρα.

Εκτός από τους προβολείς xenon υπάρχουν και οι bi-xenon προβολείς, οι οποίοι χρησιμοποιούν μόνο μία λάμπα xenon για την υψηλή δέσμη, η οποία είτε μετακινείται είτε σκιάζεται κάθε φορά που πρέπει να παρέχεται μια χαμηλή δέσμη. Με αυτό τον τρόπο, μια λάμπα bi-xenon είναι μερικές φορές φθηνότερη και καταλαμβάνει επίσης λιγότερο χώρο στη μονάδα λάμπας.

Η άλλη καινοτομία φωτισμού της δεκαετίας του 1990 ήταν τα **φώτα LED**, την αρχή της λειτουργίας των οποίων περιγράψαμε στα προηγούμενα κεφάλαια. Όπως με τα HID, τα φώτα LED μπορούν να διαρκέσουν για περιόδους που υπερβαίνουν κατά πολύ το προσδόκιμο ζωής των λαμπτήρων αλογόνου.

Η φωτεινότητα που εκπέμπουν επίσης είναι ισχυρή χωρίς να βασίζεται υπερβολικά σε τροφοδοτικά ενέργειας. Τα πίσω φώτα LED εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στα αυτοκίνητα το 1993, αλλά η επιλογή φωτισμού δεν υιοθετήθηκε ευρέως μέχρι την επόμενη δεκαετία. Στις μέρες μας, τα φώτα LED είναι ο κυρίαρχος τύπος προβολέα σε ολόκληρη την αυτοκινητοβιομηχανία (Εικόνα 60).



Εικόνα 60 : Λαμπτήρες LED σε προβολείς αυτοκινήτου

Τον Ιανουάριο του 2004, η εταιρεία Hyundai παρουσίασε στο σαλόνι Detroit Automobile το πρωτότυπο αυτοκίνητό της HDC-8, το οποίο χρησιμοποιούσε LED, χωρίς ανακλαστήρα. Αυτό ήταν δυνατό λόγω της εξέλιξης αυτής της τεχνολογίας με την πάροδο των ετών. Η νέα γενιά μονάδων LED υψηλής ισχύος αντιπροσωπεύει μια σημαντική εξέλιξη στο σχεδιασμό LED. Από 1 watt έως 10 watt, οι τρέχουσες μονάδες LED υψηλής ισχύος είναι σε θέση να παρέχουν μεταξύ 10 και 50 Lumens / watt φωτεινής εξόδου το οποίο είναι συγκρίσιμο με σχεδόν όλους τους λαμπτήρες πυρακτώσεως και ακόμη και λαμπτήρες αλογόνου σε μονόχρωμες εφαρμογές.

Οι ιδιότητες του λαμπτήρα LED έχουν δώσει το πλεονέκτημα της αγοράς σε σχέση με το φωτεινότερο HID[49].

8.1.3: 2001- σήμερα

8.1.3.1: Halo

Το 2001, ο **προβολέας Halo** (φωτοστέφανο) εμφανίστηκε για πρώτη φορά ως χαρακτηριστικό της BMW Σειράς 5 της χρονιάς (Εικόνα 61). Οι προβολείς αυτοί, χρησιμοποιώντας τεχνολογία LED αλλά ειδικές διατάξεις, αποτελούνται από φωτιζόμενους δακτυλίους που ανάβουν όποτε ένα όχημα βρίσκεται σε λειτουργία, μέρα ή νύχτα. Παρ' όλο που αποτελεί σήμα κατατεθέν της BMW υιοθετήθηκε τα επόμενα χρόνια και από άλλες αυτοκινητοβιομηχανίες[47].

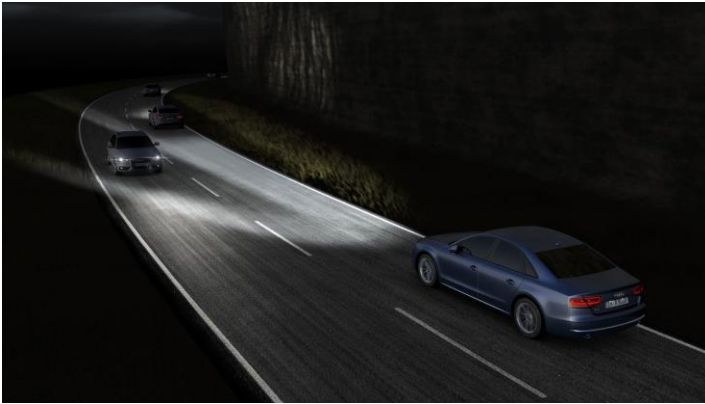


Εικόνα 61: Προβολείς Halo

8.1.3.2: Matrix

Με σκοπό την πιο άνετη και ασφαλή οδήγηση, αναπτύχθηκαν τα φώτα Matrix, γνωστά και ως φωτισμός rixel. Πολλές διαφορετικές μεμονωμένες λυχνίες LED χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός προβολέα και όλα ελέγχονται ανεξάρτητα από μία κάμερα που είναι τοποθετημένη πίσω από τον εσωτερικό καθρέφτη και μπορεί να ανιχνεύσει έτσι τον προβολέα και το πίσω φως των αυτοκινήτων. Όταν το σύστημα εντοπίζει ένα όχημα, σβήνει

το μεμονωμένο LED έτσι ώστε να μην θαμπωθεί ο οδηγός του επερχόμενου οχήματος. Με αυτόν τον τρόπο, ένας οδηγός μπορεί να χρησιμοποιήσει προβολείς μεγάλης σκάλας και όταν εμφανιστούν οχήματα εμπρός ή πίσω του αυτόματα μειώνεται η ένταση (Εικόνα 62)[66]



Εικόνα 62: Προβολείς Matrix

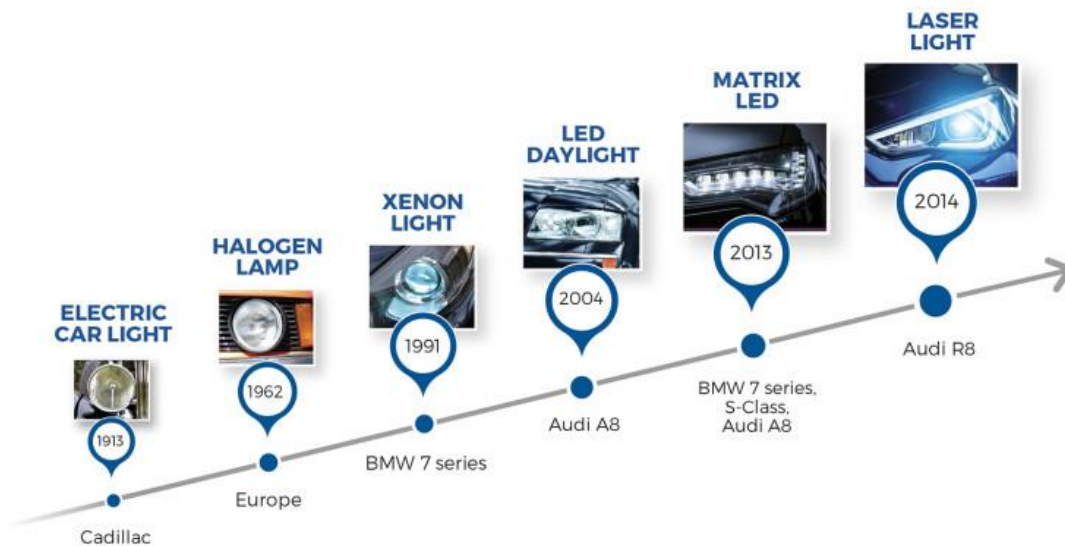
8.1.3.3: Lasers

Η τελευταία εξέλιξη στην αγορά είναι αυτή τη στιγμή οι προβολείς **Laser** οι οποίο ενεργοποιούν ένα αέριο με τη βοήθεια ακτίνας laser και το φως που εκπέμπεται είναι πολύ φωτεινό. Το σημαντικότερο πλεονέκτημά τους ότι η ρίψη του προβολέα είναι σημαντικά καλύτερη από οποιονδήποτε άλλο τύπο προβολέα. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε premium αυτοκίνητα υψηλής ποιότητας ή διατίθενται προαιρετικά, αλλά κοστίζουν επίσης πολύ περισσότερο. Τα φώτα λέιζερ μπορούν να φωτίσουν περίπου 600 μέτρα του δρόμου μπροστά (Εικόνα 63).



Εικόνα 63: Σύγκριση προβολών LED και προβολών Laser

Η Εικόνα 64 συνοψίζει την εξέλιξη των ηλεκτρικών φαναριών – προβολών από την εμφάνισή τους μέχρι σήμερα.



Εικόνα 64: Εξέλιξη των φαναριών-προβολών (headlights) και των λαμπτήρων τους

8.2 Απόδοση και Αισθητική

Εκτός από την ικανότητα φωτισμού, οι προβολείς είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά στο σχεδιασμό ενός αυτοκινήτου. Οι προβολείς είναι τα «μάτια» του και μπορούν να το κάνουν να φαίνεται στιβαρό, αν είναι παραλληλόγραμμα, θυμωμένο και επιθετικό αν έχουν γωνίες ή πιο φιλικά εάν είναι στρογγυλεμένα.

Στην αγορά υπάρχουν αυτή τη στιγμή μια μεγάλη ποικιλία προβολέων και σε κάθε περίπτωση οι οδηγοί έχουν τη δυνατότητα να επιλέξουν από μια μεγάλη ποικιλία τόσο όσον αφορά το κόστος, όσο την ποιότητα ή την αισθητική, σε κάθε περίπτωση όμως ο κύριος στόχος είναι η ασφαλέστερη οδήγηση.

Σε αυτό το περιβάλλον, οι βιομηχανικοί σχεδιαστές καλούνται να συνδυάσουν την αισθητική, με την ενεργειακή απόδοση και την λειτουργικότητα των προβολέων λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες της βιομηχανίας, των καταναλωτών στους οποίους αυτές απευθύνονται αλλά και την ασφάλεια οδηγών και πεζών και τους κάθε φορά ισχύοντες κανονισμούς.

ΜΕΡΟΣ Β' : ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 : ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

9.1 ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ

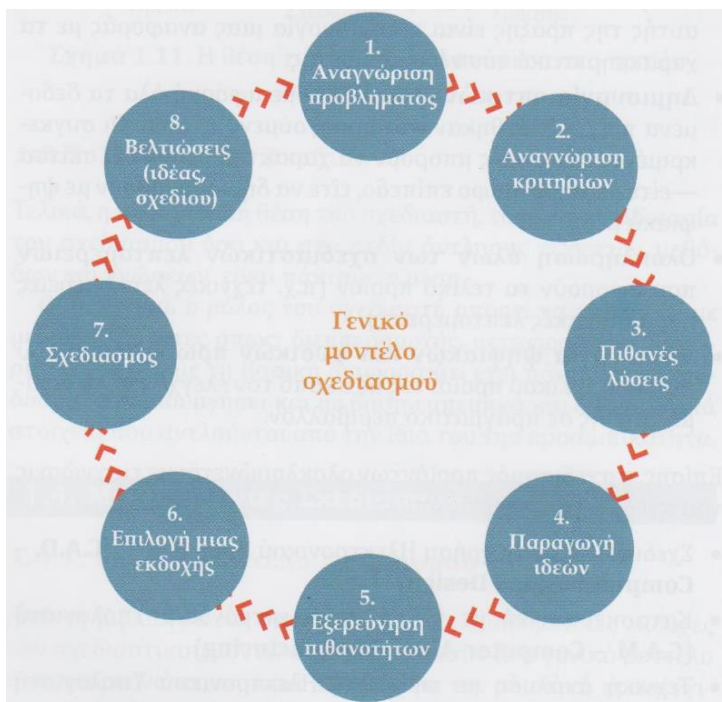
Για να φτάσουμε στη σχεδίαση ενός νέου προϊόντος θα πρέπει (σύμφωνα με τους κανόνες του Βιομηχανικού Σχεδιασμού) (Εικόνα 65)[70]:

(α) να προσδιορίσουμε το πρόβλημα

(β) να αναζητήσουμε πιθανές λύσεις

(γ) να κατανοήσουμε τις πιθανές λύσεις με βάση τα τεχνικά ή αισθητικά χαρακτηριστικά τους

(δ) να επιλέξουμε την κατάλληλη λύση η οποία τελικά θα επιλύσει το πρόβλημα



Εικόνα 65: Γενικό μοντέλο σχεδιασμού (από (Μεθοδολογίες Σχεδίασης Προϊόντων, Κυράτσης, Μανάβης, Ευκολίδης, 2021)

Στη συνέχεια και ακολουθώντας αυτά τα βήματα θα προτείνουμε τον σχεδιασμό ενός νέου προϊόντος.

9.2 Προσδιορισμός – Αναγνώριση του προβλήματος

Όπως καταγράφηκε στα προηγούμενα κεφάλαια ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της βιομηχανίας σχεδιασμού αυτοκινήτων ασχολείται με τα «μάτια» του αυτοκινήτου που είναι οι προβολείς αλλά και τους «φύλακες» του αυτοκινήτου που είναι τα πίσω φώτα του.

Γενικότερα, το σύστημα φωτισμού ενός μηχανοκίνητου οχήματος αποτελείται από συσκευές φωτισμού και σηματοδότησης τοποθετημένες ή ενσωματωμένες στο μπροστινό, το πίσω μέρος, τις πλευρές και, σε ορισμένες περιπτώσεις, στην κορυφή ενός μηχανοκίνητου οχήματος. Στόχος του φωτισμού αυτού είναι να φωτίζει το δρόμο για τον οδηγό αλλά και να αυξάνει την ορατότητα του οχήματος, επιτρέποντας σε άλλους οδηγούς και πεζούς να βλέπουν την παρουσία, τη θέση, το μέγεθος, την κατεύθυνση του ταξιδιού και τις προθέσεις του οδηγού σχετικά με την κατεύθυνση και την ταχύτητα του ταξιδιού. Στην αγορά δίνεται μεγάλη σημασία στο σχεδιασμό των στους προβολέων του αυτοκινήτου γιατί αυτοί αποτελούν «την πρόσοψη» του αυτοκινήτου, την εικόνα που ένας υποψήφιος αγοραστής θα προσέξει πρώτη αλλά και την εικόνα που οι άλλοι οδηγοί βλέπουν στον καθρέφτη τους όταν οδηγούν.

Στην εργασία αυτή όμως θελήσαμε να επικεντρωθούμε και να προτείνουμε το σχεδιασμό ενός φαναριού που βρίσκεται στο πίσω μέρος του αυτοκινήτου και είναι αυτό το οποίο βλέπουν οι οδηγοί πάνω στο προπορευόμενο όχημα. Ο **ρόλος** των φαναριών αυτών είναι **πολύ σημαντικός** για την οδική ασφάλεια και θα πρέπει να τραβούν την προσοχή του οδηγού που ακολουθεί το όχημα δεδομένου ότι κάνουν γνωστές σε

αυτόν τις προθέσεις του προπορευόμενου οχήματος. Και ενώ για τους προβολείς υπάρχουν πάρα πολλά και διαφορετικά σχέδια, για τα πίσω φώτα **δεν υπάρχει πολύ μεγάλη ποικιλία σχεδίων**. Οι αγοραστές αυτοκινήτων παρ' όλα αυτά (ιδιαίτερα αυτοί οι οποίοι ασχολούνται με την «εικόνα» του αυτοκινήτου τους θα έβλεπαν -πιστεύουμε- με ενδιαφέρον ένα νέο προϊόν που θα έκανε το αυτοκίνητό τους λίγο διαφορετικό από των άλλων.

Στο Κεφάλαιο 8, αναφερθήκαμε εκτενώς στους τύπους προβολέων και το πώς εξελίχθηκαν τόσο όσον αφορά το σχήμα όσο και την πηγή φωτισμού από την εμφάνισή τους μέχρι σήμερα. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στις προδιαγραφές που πρέπει να τηρούν οι λαμπτήρες και οι φανοί πίσω θέσης έτσι ώστε στη συνέχεια να επιλέξουμε τον φανό με τον οποίο θα ασχοληθούμε προκειμένου να προτείνουμε ένα νέο σχέδιο.

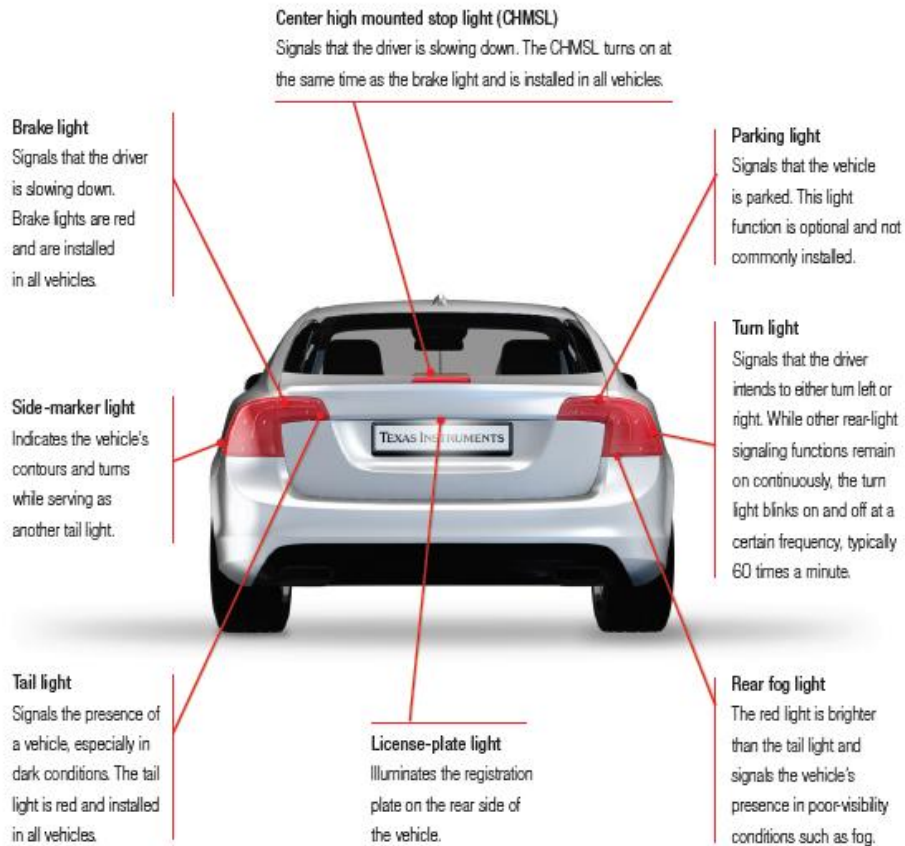
Οι πίσω λυχνίες και οι λαμπτήρες φρένων εισήχθησαν γύρω στο 1915. Μέχρι το 1945, οι προβολείς και οι λαμπτήρες σήματος ενσωματώθηκαν στο στυλ του αμαξώματος. Θυμίζουμε συνοπτικά ότι: οι πηγές φωτός προβολέων αλογόνου αναπτύχθηκαν στην Ευρώπη το 1960, οι προβολείς HID παρήχθησαν από το 1991 ενώ το 1993, τα πρώτα πίσω φώτα LED εγκαταστάθηκαν σε αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής. Οι προβολείς LED παρουσιάστηκαν την πρώτη δεκαετία του 21ου αιώνα.

Τα φώτα των οχημάτων έχουν μερικά κοινά χαρακτηριστικά τα οποία έχουν καθοριστεί και με Διεθνείς νομοθεσίες. Συγκεκριμένα όσον αφορά το χρώμα του εκπεμπόμενου φωτός, αυτό κωδικοποιήθηκε για πρώτη φορά στη Σύμβαση της Γενεύης για την οδική κυκλοφορία του 1949 και αργότερα καθορίστηκε στη Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών της Βιέννης για την οδική κυκλοφορία του 1968. Γενικά, οι φανοί που βλέπουν προς τα πίσω [με εξαίρεση την όπισθεν που έχει λευκό φως] πρέπει να εκπέμπουν κόκκινο φως, οι φανοί που βλέπουν προς τα πλάγια και όλα τα σήματα στροφής πρέπει να εκπέμπουν πορτοκαλί φως, ενώ οι φανοί που βλέπουν προς τα εμπρός πρέπει να εκπέμπουν λευκό ή επιλεκτικά (ομίχλης) κίτρινο φως.

Εκτός από οχήματα έκτακτης ανάγκης, δεν επιτρέπονται άλλα χρώματα Οι προδιαγραφές χρώματος φωτισμού οχήματος μπορεί να διαφέρουν κάπως σε χώρες που δεν έχουν υπογράψει τις Συμβάσεις του 1949 ή / και του 1968. [44]

Στους φανούς πίσω θέσης περιλαμβάνονται[56,66] :

- **Λαμπτήρες και φανοί πίσω θέσης (πίσω φώτα)(tail lights):** που κάνουν ορατή την παρουσία του οχήματος ιδιαίτερα όταν υπάρχει λίγος ή καθόλου φωτισμός. Είναι κόκκινο και υπάρχει σε όλα τα οχήματα
- **Λαμπτήρας και φανός στάσης (φρένο)(brake light):** που υποδεικνύει ότι ο οδηγός επιβραδύνει. Είναι επίσης κόκκινο και υπάρχει σε όλα τα οχήματα
- **Λαμπτήρας και φανός στροφής (φλάς)(turn light):** υποδεικνύει την πρόθεση και την κατεύθυνση στροφής του οδηγού. Το φως είναι πορτοκαλί, αναβοσβήνει και υπάρχει σε όλα τα οχήματα
- **Λαμπτήρας και φανός ομίχλης (rear fog light):** έχει εντονότερο κόκκινο φως από τον φανό πίσω θέσης και ενεργοποιείται παράλληλα με τα εμπρός φώτα ομίχλης για να κάνει εντονότερη την παρουσία του οχήματος
- **Λαμπτήρας και φανός όπισθεν (parking light):** είναι λευκό, υπάρχει σε όλα τα οχήματα και υποδεικνύει ότι το όχημα κινείται προς τα πίσω
- **Λαμπτήρες πλάγιοι (side marker-light):** υποδεικνύει τη θέση των ορίων του οχήματος, είναι προαιρετικό και κόκκινου χρώματος
- **Λαμπτήρας πινακίδας κυκλοφορίας (license plate light):** φωτίζει την πινακίδα κυκλοφορίας στο πίσω μέρος του οχήματος κυρίως για ελεγκτικούς λόγους
- **Κεντρικός Λαμπτήρας στάσης υψηλής ανάρτησης (CHMSL):** υποδεικνύει επιβράδυνση του οχήματος, είναι κόκκινος και ανάβει μαζί με το φως των φρένων, είναι εγκατεστημένος σε όλα τα οχήματα



Εικόνα 66: Οι διάφοροι τύποι φαναριών στο πίσω μέρος του αμαξώματος[58]

Ενώ η χρήση των προβολέων στο εμπρός μέρος του αυτοκινήτου έχει κυρίως σαν στόχο την ορατότητα του οδηγού και λιγότερο την ορατότητα των συνοδηγών, οι διάφορες κατηγορίες φανών στο πίσω μέρος του οχήματος εξυπηρετούν κυρίως την ασφάλεια των οδηγών που ακολουθούν το όχημα και λιγότερο την ορατότητα του ίδιου του οδηγού (με εξαίρεση τα φώτα της όπισθεν τη νύχτα).

9.3 Επιλογή φανού για σχεδίαση

Κριτήρια επιλογής – ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Στην εργασία αυτή επιλέξαμε να ασχοληθούμε με τη σχεδίαση ενός **φανού στοπ υψηλής ανάρτησης** γιατί:

- (1) Εξυπηρετεί σε μεγάλο βαθμό την οδική ασφάλεια (όπως θα δούμε στην επόμενη παράγραφο)
- (2) Είναι από αυτούς που μπορούν να τοποθετηθούν σχετικά εύκολα και εκτός του αμαξώματος δίνοντας την ευκαιρία στον αγοραστή να προσθέσει ένα στοιχείο «μοναδικότητας» στο όχημά του και για το λόγο αυτό
- (3) είναι από αυτούς οι οποίοι κυκλοφορούν σε μεγαλύτερο βαθμό σαν «custom-made» προϊόντα σε σχέση με τους φανούς π.χ. πίσω θέσης, στάσης ή κατεύθυνσης που είναι συνήθως ενσωματωμένοι στο μοντέλο του οχήματος.

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στην ιστορία των φανών αυτών, θα κάνουμε μια διαδικτυακή έρευνα για τα σχέδια που κυκλοφορούν και θα προτείνουμε το δικό μας σχέδιο.

9.3.1. Κεντρικός Λαμπτήρας στάσης υψηλής ανάρτησης (CHMSL):

9.3.1.1. Περιγραφή

Το CHMSL καλείται μερικές φορές ανεπίσημα "κεντρικός φανός φρένων", "τρίτο φως φρένων", "φανός φρένων στάθμης ματιών", "φανός φρένων ασφαλείας" ή "φανός φρένων υψηλού επιπέδου"[17].

Η κεντρική λυχνία στοπ υψηλής ανάρτησης (Center High Mounted Stop Lamp - CHMSL) είναι μια κόκκινη λάμπα τοποθετημένη στην κάθετη κεντρική γραμμή του οπίσθιου μέρους του οχήματος, και σαφώς ψηλότερα από τις συνήθεις λυχνίες στάσης στα πλάγια του οχήματος. Ενεργοποιείται ταυτόχρονα με τις λυχνίες στάσης, μόλις ο οδηγός πατήσει το φρένο και είναι σβηστή σε όλο το υπόλοιπο διάστημα της οδήγησης. Σκοπός της ύπαρξής του είναι να παρέχει προειδοποίηση στους οδηγούς των οποίων η θέα των αριστερών και δεξιών φανών του οχήματος εμποδίζεται από παρεμβαλλόμενα οχήματα, ενώ παρέχει επίσης και ένα επιπλέον σήμα φώτων διακοπής σε περίπτωση δυσλειτουργίας της λυχνίας διακοπής.

Σε σχετικές δημοσιεύσεις, όπου μελετήθηκε η συχνότητα ατυχημάτων που περιλαμβάνουν δύο οχήματα που το ένα προσκρούει στο πίσω μέρος του άλλου ακόμη και με μικρές ταχύτητες (Digges et al., 1985 [Bar-Gera 2005])[11], τα ατυχήματα στα οποία το προπορευόμενο όχημα ήταν σε φάση επιβράδυνσης κατά τη στιγμή του ατυχήματος αποτελούσαν περίπου το 63%. Υπήρχε λοιπόν η ανάγκη να βρεθεί ένας τρόπος που θα αυξήσει την επαγρύπνηση του οδηγού του πίσω οχήματος για να αποφευχθεί το ατύχημα.

Το 1974 ο ψυχολόγος John Voenodsky δοκίμασε μια μικρή και φτηνή εφεύρεση που τοποθετούνταν στη βάση της πίσω αεροτομής του οχήματος έτσι ώστε όταν οι οδηγοί πιέσουν το φρένο, ένα φωτεινό τρίγωνο να τους προειδοποιεί να σταματήσουν. Η ιδέα είχε ξεκινήσει από τα τέλη του 1960. Ο Voenodsky εφοδίασε 343 ταξί στο San Francisco με ένα «τρίτο φως φρένου» (από εδώ και στο εξής θα αναφέρεται ως CHMSL) και άφησε άλλα 160 χωρίς την εξτρά λυχνία σαν μάρτυρες. Οδηγοί ταξί κατανεμήθηκαν τυχαία σε ταξί με ή χωρίς το CHMSL. Το πείραμα διάρκεσε 10 μήνες και βρέθηκε ότι τα ταξί με το CHMSL είχαν 60.5% λιγότερα ατυχήματα σχετικά με σύγκρουση στο πίσω μέρος του αυτοκινήτου σε σχέση με τους μάρτυρες, με τους οδηγούς με το CHMSL να έχουν 61.1% λιγότερους τραυματισμούς και 61.8% λιγότερες ζημιές από τους μάρτυρες [54].

Μετά τα θεαματικά αυτά αποτελέσματα η National Highway Traffic Safety Administration στις ΗΠΑ επανέλαβε το πείραμα του Voevodsky σε μεγαλύτερη κλίμακα και συμπέρανε ότι πράγματι, οι CHMSL μείωναν σημαντικά τα ατυχήματα και τους τραυματισμούς. Έτσι το 1986 έκανε υποχρεωτική την τοποθέτηση τους στα νέα οχήματα και από το 1994 και στα ελαφρά φορτηγά[57].

Στον Καναδά η αντίστοιχη νομοθεσία εφαρμόστηκε το 1986, στην Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία από το 1990 και από το 1998 στην Ευρώπη και σε άλλες χώρες που εφαρμόζουν τον κανονισμό του ΟΗΕ 48[16,39].

Σχετικές έρευνες τα επόμενα χρόνια επανέλαβαν τα αποτελέσματα των πρώτων ερευνών αν και με όχι τόσο θεαματικά ποσοστά [11]. Συγκεκριμένα αφορούσαν το 23% μείωση των ατυχημάτων όταν τα οχήματα ήταν εφοδιασμένα με το CHMSL.

Αλλά γιατί το CHMSL μειώνει τον κίνδυνο ατυχημάτων? Οι αιτίες που έχουν προταθεί αφορούν (1) στο ότι το CHMSL βρίσκεται πιο κοντά στο σημείο που είναι προσηλωμένο το βλέμμα του οδηγού που ακολουθεί, (2) στο ότι δίνει τη δυνατότητα στον οδηγό μέσω των πλάγιων παραθύρων να αντιληφθεί τα φώτα φρένων περισσότερων αυτοκινήτων που προπορεύονται και (3) στο ότι προσθέτει ένα ακόμη φως στα ήδη υπάρχοντα φώτα των φρένων [2,51].

Σε πολύ νεότερες μελέτες το ποσοστό έχει πέσει ακόμη χαμηλότερα (4.3%) αλλά σε κάθε περίπτωση υπάρχει ένα αξιολογικό ποσοστό μείωσης των ατυχημάτων που μεταφράζεται σε 200.000 λιγότερα ατυχήματα, 60000 λιγότερους τραυματισμούς και πάνω από \$600 εκ εξοικονομούνται κάθε χρόνο στις ΗΠΑ και αυτό δεν είναι καθόλου ευκαταφρόνητο[56]. Η μείωση ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι η παρουσία του «τρίτου φρένου» έχει γίνει πλέον υποχρεωτική και άρα εμφανίζεται σε πολύ μεγάλο ποσοστό οχημάτων με αποτέλεσμα την μείωση του παράγοντα «έκπληξη» που αυξάνει την προσοχή του επερχόμενου οδηγού [39].

9.3.1.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά

Τοποθέτηση

Το CHMSL είναι γενικά υποχρεωμένο να φωτίζει σταθερά και δεν επιτρέπεται να αναβοσβήνει, αν και οι ρυθμιστικές αρχές των ΗΠΑ παραχώρησαν το 2006 στη Mercedes-Benz προσωρινή, 24μηνια εξαίρεση στην απαίτηση σταθερού φωτισμού με σκοπό να εκτιμηθεί εάν ένα CHMSL που αναβοσβήνει μπορεί να λειτουργήσει σαν σήμα στάσης έκτακτης ανάγκης που μειώνει αποτελεσματικά την πιθανότητα σύγκρουσης, γεγονός που δεν αποδείχθηκε[18]. Το CHMSL απαιτείται από κανονισμούς παγκοσμίως να βρίσκεται στο κέντρο του πίσω μέρους του οχήματος, αν και ο κανονισμός ΟΗΕ 48 επιτρέπει την πλευρική μετατόπιση έως 15 cm εάν το πλευρικό κέντρο του οχήματος δεν συμπίπτει με ένα σταθερό πλαίσιο αμαξώματος, αλλά αντίθετα διαχωρίζει τα κινητά εξαρτήματα όπως τις πόρτες. Σημαντικό είναι το ύψος του CHMSL το οποίο ρυθμίζεται επίσης, σε σχέση με το ύψος στήριξης του συμβατικού αριστερού και δεξιού λαμπτήρα στάσης. Ανάλογα με το ύψος του αριστερού και του δεξιού λαμπτήρα, το κάτω άκρο του CHMSL μπορεί να είναι το πολύ ακριβώς πάνω από το άνω άκρο του αριστερού και του δεξιού λαμπτήρα, συνήθως όμως τοποθετούνται πολύ ψηλότερα

Είδος λαμπτήρα στα CHMSL

Το CHMSL μπορεί να χρησιμοποιεί έναν ή περισσότερους λαμπτήρες πυράκτωσης ή LED ή μια λωρίδα του σωλήνα νέον ως πηγή φωτός[56].

9.3.1.2 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ: ΕΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ- τι υπάρχει σήμερα

Στα επιβατικά αυτοκίνητα, το CHMSL μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από το πίσω τζάμι, στο εσωτερικό του οχήματος ακριβώς μέσα στο πίσω τζάμι, ή μπορεί να ενσωματωθεί στο καπάκι του οχήματος ή σε αεροτομή. (Εικόνα 67). Το σχήμα τους συνήθως είναι παραλληλόγραμμο με μία σειρά λυχνιών. Στις παρακάτω φωτογραφίες φαίνονται κάποια σχετικά συνηθισμένα σχέδια που εμφανίζονται σε γνωστές μάρκες αυτοκινήτων.



Mercedes



BMW



Citroen C4



Seat



VW



Reanault

Εικόνα 67: CHMSL σε διάφορα επιβατικά οχήματα.

Τα φορτηγά, και τα επαγγελματικά οχήματα έχουν επίσης το CHMSL τοποθετημένο στο πίσω άκρο της οροφής του οχήματος (Εικόνα 68).



Εικόνα 68: Ελαφρά φορτηγά και mini trucks διαθέτουν επίσης CHMSL

Πιο ιδιαίτερα σχέδια φαναριού CHMSL συναντάμε σε αγωνιστικά ή custom made αυτοκίνητα πολυτελείας όπως φαίνεται στις επόμενες φωτογραφίες (Εικόνα 69):



Lamborghini



Porsche

Εικόνα 69Α: CHMSL σε πολυτελή αυτοκίνητα



Alfa Romeo

Εικόνα 69β: CHMSL σε πολυτελή αυτοκίνητα

Σε αυτοκίνητα τύπου Jeep συναντάμε χαρακτηριστικά για το μοντέλο εξειδικευμένα CHMSL όπως π.χ στα Jeep Wrangler και Land Rover Freelander (Εικόνα 69γ) που έχουν το CHMSL σε ένα μίσχο στερεωμένο στον εφεδρικό φορέα τροχών.



Εικόνα 69γ: CHMSL στο Jeep Wrangler (επάνω) και στο Land Rover Freelander (κάτω)

9.4 ΙΔΕΑΣΜΟΣ

9.4.1 Πιθανές προτάσεις

Μετά την επιλογή της κατηγορίας του προϊόντος που θα σχεδιάσουμε και αφού μελετήσαμε τα προϊόντα που ήδη υπάρχουν καταλήξαμε ότι το προϊόν το οποίο θα σχεδιάσουμε θα πρέπει να είναι:

- (1) πρωτότυπο στο σχήμα του σε σχέση με τα ήδη υπάρχοντα

- (2) να μπορεί να τοποθετηθεί εύκολα
- (3) να είναι πιο ορατό από τα ήδη υπάρχοντα σχέδια στον οδηγό που ακολουθεί για να εξυπηρετεί την αυξημένη οδική ασφάλεια
- (4) να είναι περιβαλλοντικά φιλικό
- (5) να μην παθαίνει εύκολα βλάβες ή να μπορεί να αντικατασταθεί εύκολα

Όσον αφορά την προϋπόθεση (4), όπως είδαμε στα προηγούμενα κεφάλαια η χρήση των λαμπτήρων LED έχει αντικαταστήσει σχεδόν πλήρως τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, βολφραμίου και αλογόνου ιδιαίτερα στα πίσω φανάρια των αυτοκινήτων. Η ενεργειακή απόδοση ενός απλού λαμπτήρα LED σε σχέση με τις παραπάνω κατηγορίες είναι φανερά μεγαλύτερη ενώ η κατανάλωση ενέργειας είναι πολύ μικρότερη άρα η χρήση τους είναι περιβαλλοντικά φιλικότερη (Πίνακας 1)[13,49].

Φωτεινή πηγή	Ισχύς (W)	Φωτεινότητα (Lm)	Απόδοση (lm/W)
Λαμπτήρας πυρακτώσεως	60	865	14.4
Αλογόνου βολφραμίου	50	590	11.8
Αλογόνου	55	1500	2
LED (ASMT-MW22)	3	150	50

Πίνακας1: Συγκριτική ενεργειακή απόδοση των διαφόρων ειδών λαμπτήρων

Όσον αφορά την προϋπόθεση (5) δεδομένου ότι οι λάμπες π.χ. πυρακτώσεως είναι μεγαλύτερες σε μέγεθος και άρα σε ένα CHMSL μπορούν να τοποθετηθούν το πολύ 5 λαμπτήρες, η απώλεια έστω και ενός

από τους 5 μειώνει κατά πολύ την απόδοση του φανού και τον ρόλο ασφάλειας που αυτός πρέπει να έχει (Εικόνα 70).



Εικόνα 70: CHMSL με καμμένους λαμπτήρες πυρακτώσεως

Επίσης οι λαμπτήρες αυτοί λόγω των υλικών που περιέχουν δεν είναι εύκολα ανακυκλώσιμοι και επιβαρύνουν το περιβάλλον επειδή καίγονται πολύ πιο γρήγορα.

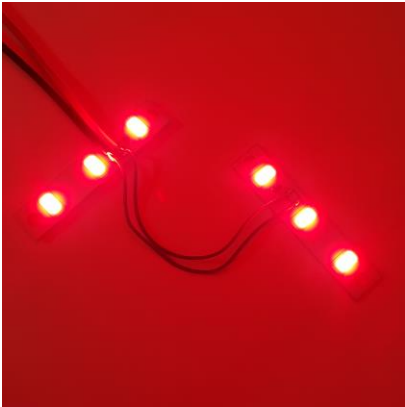
Άρα με βάση τα παραπάνω, τα σχέδια που θα προτείνουμε χρησιμοποιούν λαμπτήρες LED κόκκινου χρώματος σε διαφανές πλαίσιο ή λευκούς ή κόκκινους σε σκούρο πλαίσιο.

9.4.2 Προτεινόμενα σχέδια

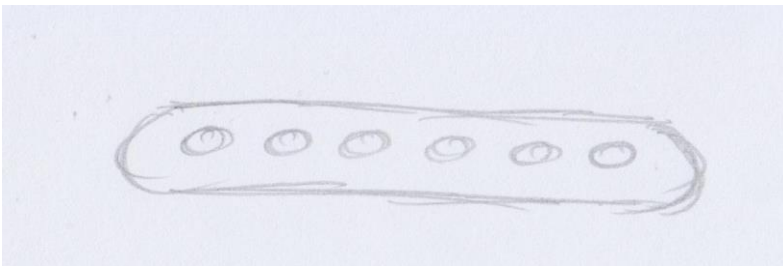
Στη συνέχεια κάναμε κάποια αρχικά σχέδια προκειμένου να επιλέξουμε το τελικό προϊόν.

Σχεδιο 1

Με απλή σειρά LED

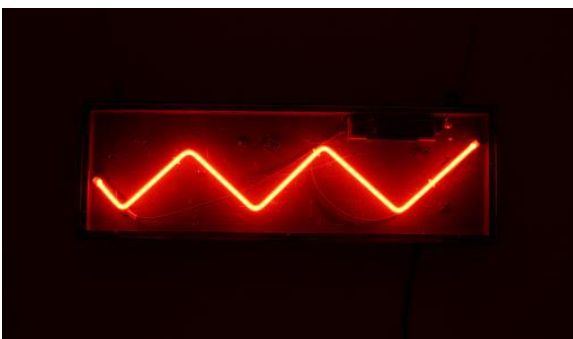


Επίμηκες σχήμα με στρογγυλεμένα άκρα και τοποθέτηση LED τη σειρά.

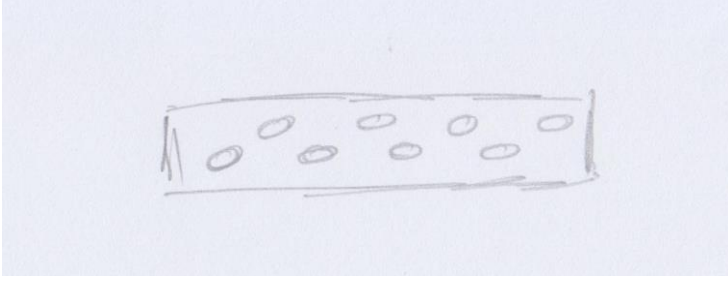


Σχεδιο 2

Με έμπνευση από πινακίδες neon



Σχήμα παραλληλόγραμμο με τοποθέτηση LED σε σχεδιο zig zag

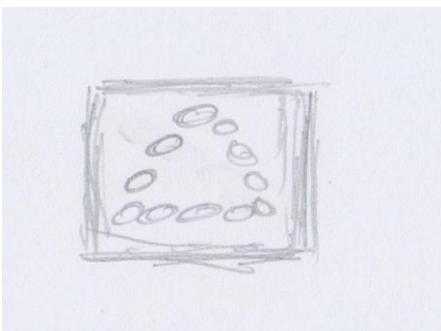


Σχεδιο 3

Με παραπομπή σε τρίγωνο έκτακτης ανάγκης



Τετράγωνο σχήμα με LED τοποθετημένα σε σχήμα τριγώνου που παραπέμπει στο τρίγωνο έκτακτης ανάγκης.

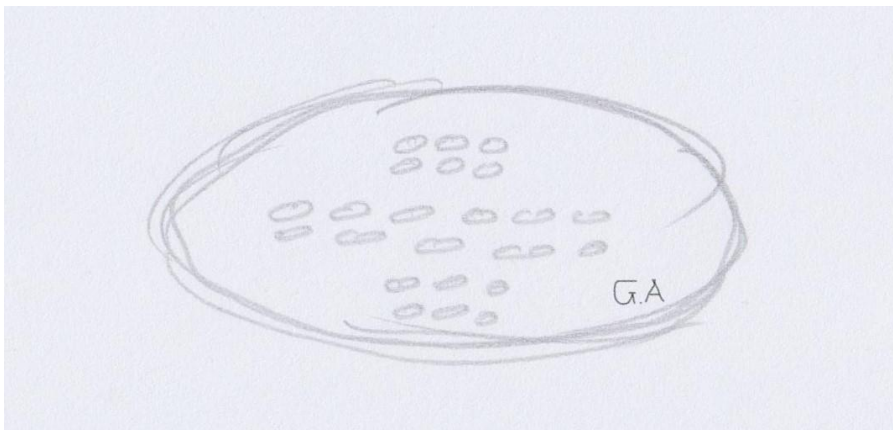


Σχέδιο 4

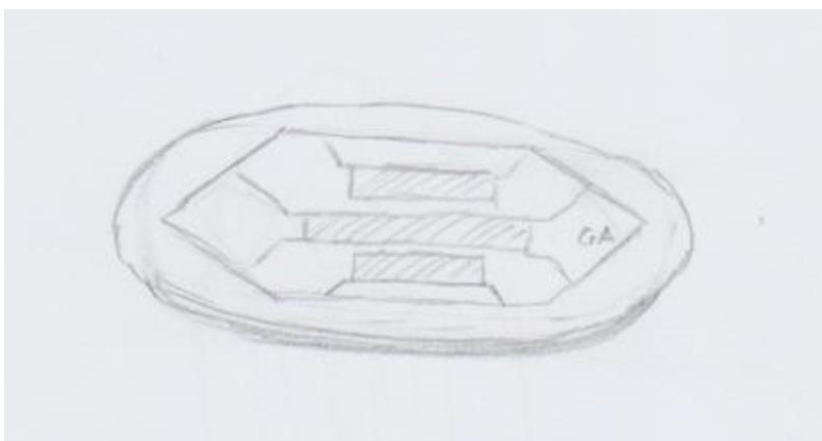
Στο σχέδιο αυτό δώσαμε έμφαση στο σχήμα, το οποίο θελήσαμε να είναι πρωτότυπο σε σχέση με την πλειοψηφία αυτών που κυκλοφορούν στην αγορά. Η έμπνευση ήρθε από τα μάτια διαφόρων ζώων όπως είναι το ελάφι και ο πάνθηρας. Το σχήμα του πάνθηρα έχει περισσότερες γωνίες και έχει κάποιες δυσκολίες στην κατασκευή ενώ θα ήταν αρκετά εύθραυστο στη γωνία,. Γι' αυτό και επιλέξαμε το σχήμα του ελαφιού που δεν είναι επιθετικό σαν σχήμα και εύκολο στην κατασκευή (οβάλ).



Όσον αφορά τα LED στο εσωτερικό θελήσαμε να κάνουμε έτσι την τοποθέτηση ώστε όταν ανάβουν να τραβούν αμέσως την προσοχή του επερχόμενου οδηγού με σκοπό την όσο το δυνατόν ασφαλέστερη οδήγηση και άμεση αντίδραση σε περίπτωση φρεναρίσματος του προπορευόμενου οχήματος. Τέλος, στο εσωτερικό του φαναριού μπορούν να χαραχθούν τα αρχικά του σχεδιαστή (ή αν ο πελάτης το επιθυμεί τα δικά του αρχικά). Έτσι προέκυψε το παρακάτω σχέδιο



Στη συνέχεια θελήσαμε να βελτιώσουμε παραπέρα το αρχικό σχέδιο προσθέτοντας κάποιες λεπτομέρειες στο εσωτερικό που αφορούν την γεωμετρία και τον τονισμό των χαρακτηριστικών του. Έτσι περιλάβαμε ένα εξάγωνο εγγεγραμμένο στο αρχικό οβάλ σχήμα το οποίο επίσης θα φωτίζεται ενώ η εσωτερική βάση θα είναι σε χρώμα γκρι για να κάνει αντίθεση με το κόκκινο του φαναριού τόσο όταν το φανάρι είναι σε λειτουργία όσο και όταν είναι σβηστό. Στη συνέχεια φαίνεται το **τελικό σχέδιο με τις λεπτομέρειες**.



9.5 ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΧΕΔΙΟΥ

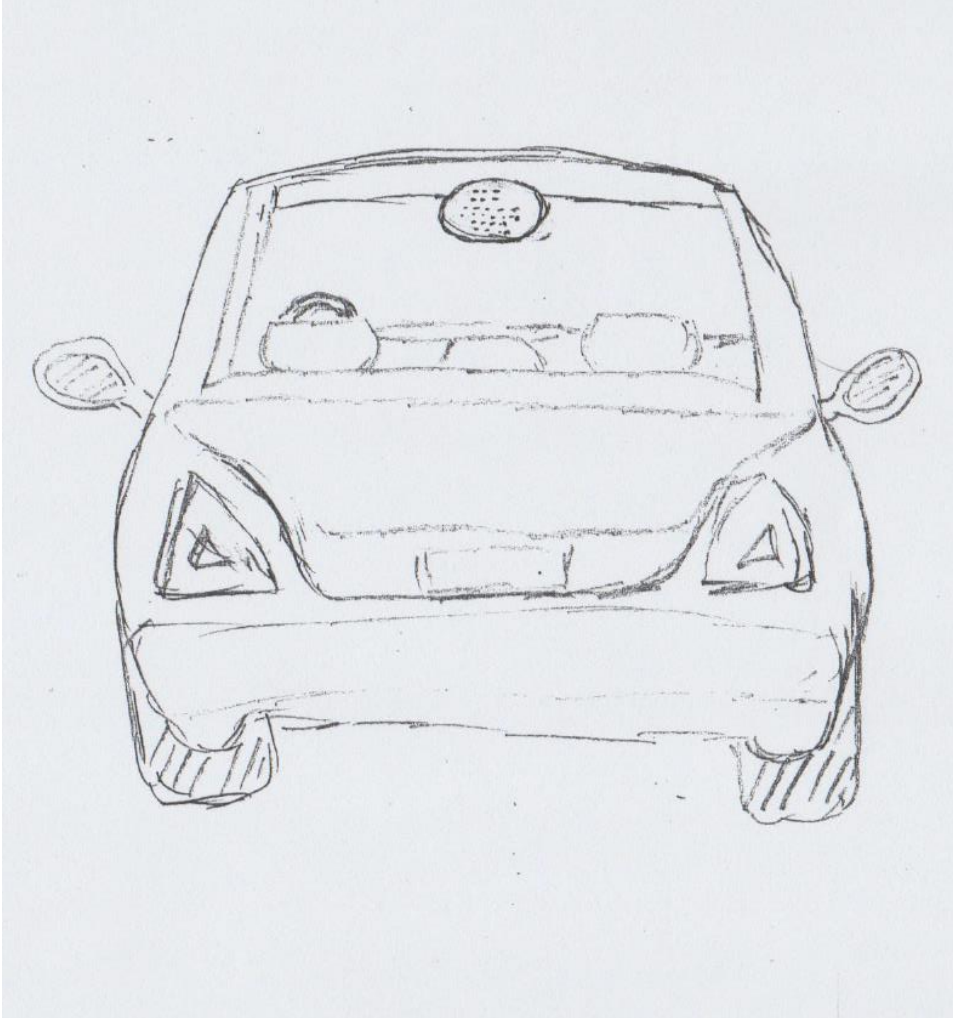
9.5.1 Αξιολόγηση σχεδίων - Πλεονεκτήματα

Μετά την παρουσίαση των παραπάνω τεσσάρων σχεδίων καταλήξαμε στην επιλογή του τέταρτου σχεδίου για τους παρακάτω λόγους:

- Το σχήμα του σχεδίου 4 είναι πρωτότυπο σε σχέση με την πλειοψηφία των CHMSL που κυκλοφορούν όπως έδειξε και η έρευνα αγοράς.
- Η τοποθέτηση των LED και το σχέδιο που δημιουργείται όταν είναι σε λειτουργία είναι επίσης πρωτότυπο σε σχέση με το απλό κόκκινο φως ή τη φωτιζόμενη σειρά λυχνιών LED που υπάρχουν στην αγορά.
- Οι σχεδιαστικές λεπτομέρειες στο εσωτερικό αναδεικνύουν παραπέρα την πρωτοτυπία του βασικού σχήματος του φαναριού
- Η τοποθέτηση ενδείκνυται κυρίως για οχήματα με μεγάλο πίσω τζάμι στα οποία η τοποθέτηση των άλλων σχημάτων που είναι μικρότερα κάνει το φως λιγότερο ορατό από τους επερχόμενους οδηγούς – το φανάρι «χάνεται» σε ένα μεγάλης έκτασης κρύσταλλο.
- Τέλος η υπογραφή του σχεδιαστή ή η δυνατότητα να τοποθετήσουν τα δικά τους αρχικά είναι ζητούμενο για αγοραστές που επιδιώκουν την μοναδικότητα του σχεδίου του εξαρτήματος.

9.5.2 ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ - ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΤΟ ΑΜΑΞΩΜΑ

Στο παρακάτω σχέδιο φαίνεται πώς θα είναι η εμφάνιση του CHMSL τοποθετημένου στο πίσω τζάμι ενός αυτοκινήτου (Εικόνα 71).



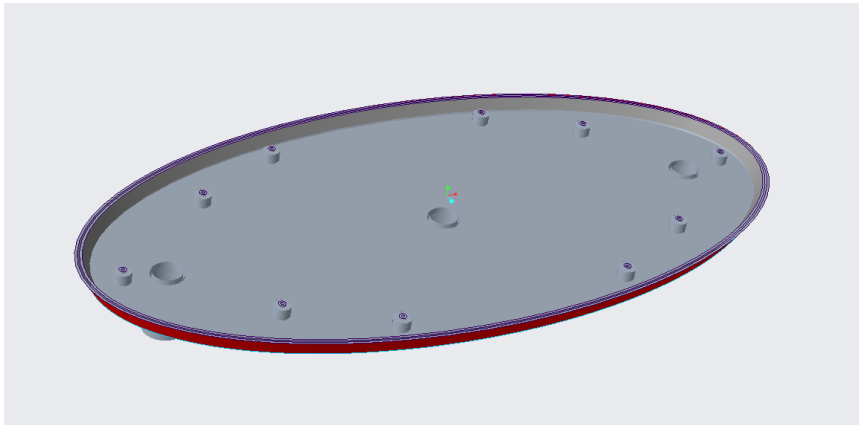
Εικόνα 71: Σχέδιο του προτεινόμενου φαναριού τοποθετημένου στο αμάξωμα οχήματος

9.6 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ - ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ CREO

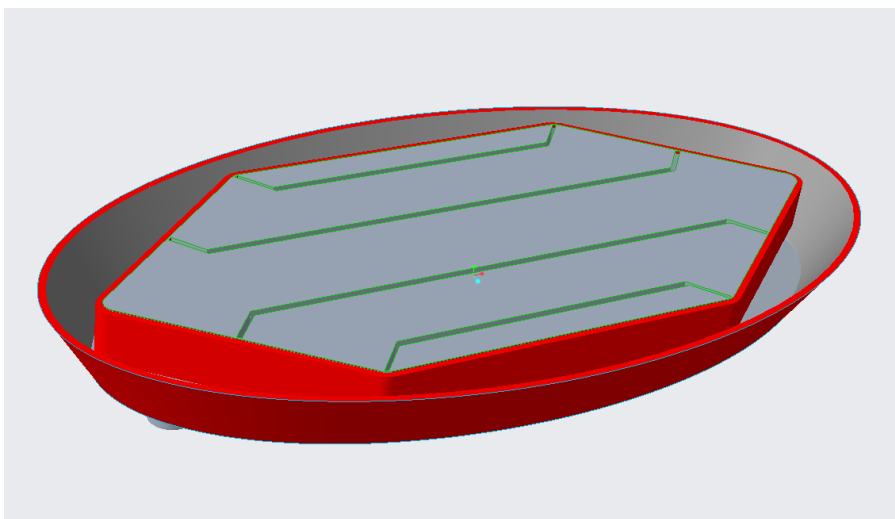
Η σχεδίαση του επιλεγέντος φαναριού CHMSL έγινε στο πρόγραμμα CREO (version 5.0). Το πρόγραμμα είναι μια εφαρμογή Computer Assisted Design (CAD) που αναπτύχθηκε από την εταιρεία PTC και μας δίνει τη δυνατότητα να σχεδιάσουμε με λεπτομέρεια οποιοδήποτε προσχέδιο, να δούμε πώς

αυτό θα φαίνεται εσωτερικά και εξωτερικά σε διάφορα επίπεδα και υπό διάφορες γωνίες (2D & 3D).

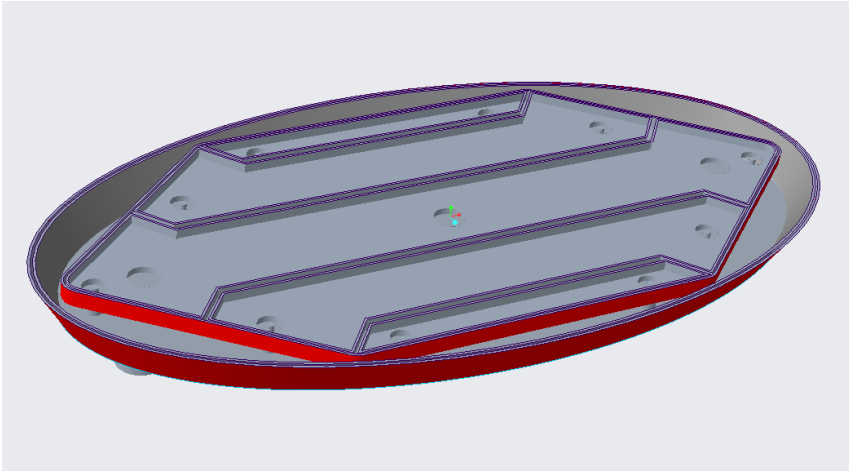
Αρχικά σχεδιάστηκε η βάση του φαναριού (εικόνα 72) στην οποία στη συνέχεια προστέθηκαν τα επιμέρους στοιχεία λειτουργικότητας (βάσεις, λυχνίες LED, διακοσμητικά στοιχεία (εικόνες 73, 74) ενώ τελικά προστέθηκε το καπάκι (εικόνα 75). Στην εικόνα 76 φαίνεται και η οθόνη του προγράμματος όπου παρουσιάζεται η έκδοση και τα επιμέρους παράθυρα.



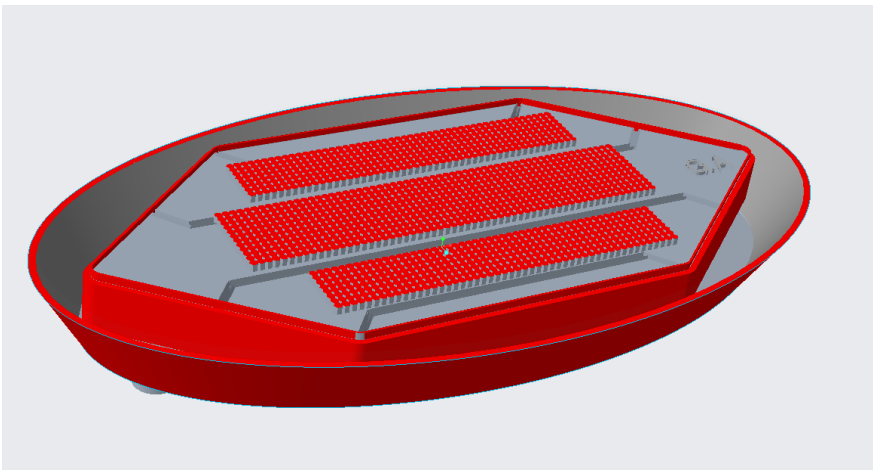
Εικόνα 72: Η αρχική βάση του προτεινόμενου φαναριού με τις θέσεις για βίδες και τις τρεις θέσεις για την τοποθέτηση στο αμάξωμα.



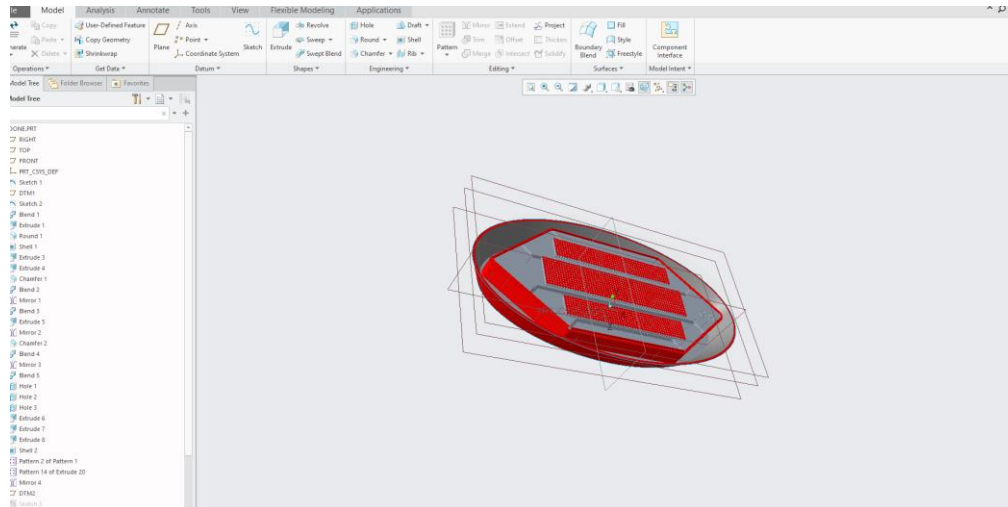
Εικόνα 73: Επόμενο στάδιο της σχεδίασης με το διακοσμητικό εξάγωνο



Εικόνα 74: Επόμενο στάδιο σχεδίασης με τις διακοσμητικές βάσεις οι οποίες χρησιμεύουν και για την τοποθέτηση των λυχνιών LED



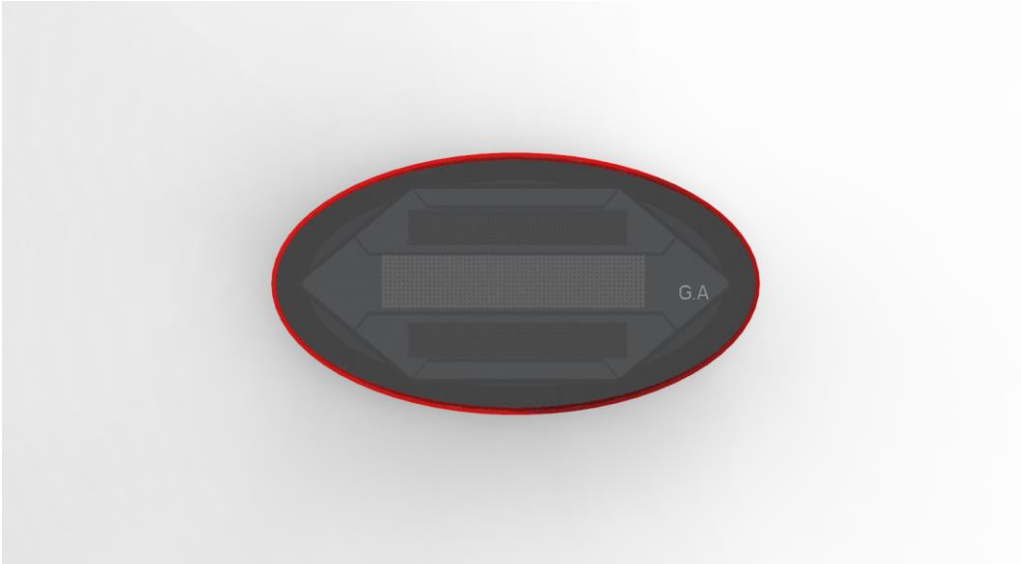
Εικόνα 75: Το προτεινόμενο φανάρι αφού τοποθετήθηκαν οι σειρές λυχνιών LED και πριν την τοποθέτηση του καπακιού. Έχει προστεθεί και η υπογραφή του σχεδιαστή



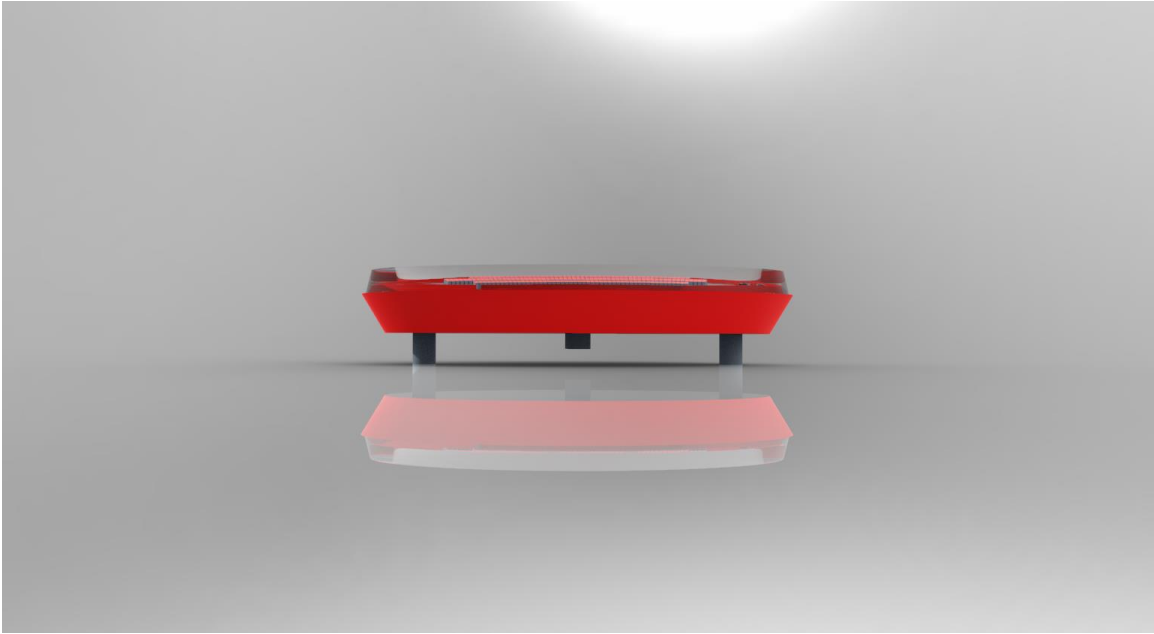
Εικόνα 76: Screenshot όπου φαίνεται η έκδοση του προγράμματος CREO που χρησιμοποιήθηκε και κάποια από τα στοιχεία του προγράμματος

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ – ΤΕΛΙΚΟ ΠΡΟΪΟΝ

Στις επόμενες εικόνες (76 και 77) παρουσιάζονται διάφορες απόψεις του τελικού προϊόντος, ένα φανάρι υψηλής ανάρτησης για το πίσω μέρος του αυτοκινήτου που φωτίζεται με λυχνίες LED.

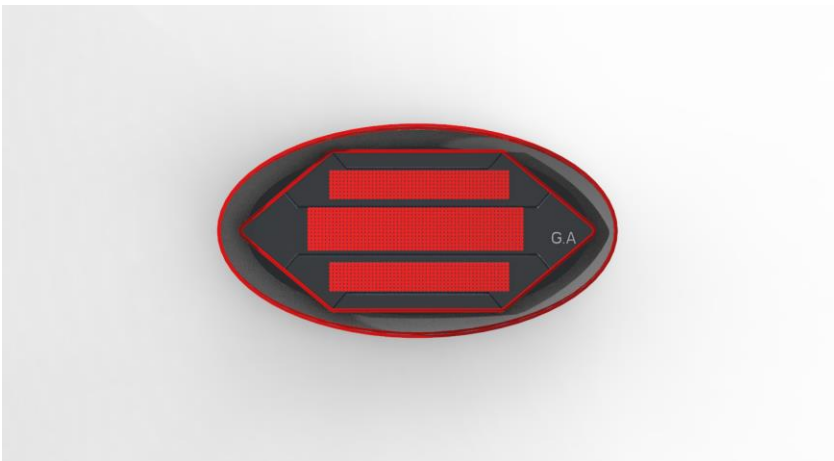


Εικόνα 76: Συνολική όψη (εξωτερική) – μετωπική άποψη και πλάγια άποψη



Εικόνα 77: Πλάγια όψη στην οποία φαίνονται οι υποδοχές για την τοποθέτηση

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το προτεινόμενο CHMSL σε λειτουργία με αναμμένες τις λυχνίες LED (Εικόνες 78-80)



Εικόνα 78: Εμπρόσθια άποψη



Εικόνα 79: Πλάγια άποψη στραμμένη προς τα αριστερά



Εικόνα 80: Πλάγια άποψη στραμμένη προς τα δεξιά

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

Το μέγεθος του φαναριού (μαζί με τις υποδοχές) προτείνεται να είναι 20cm x 10.9cm x 7cm (μήκος x πλάτος x ύψος) σε στάνταρ μέγεθος τζαμιού ενώ σε περίπτωση τοποθέτησης σε μεγαλύτερων διαστάσεων όχημα (π.χ. φορτηγάκι) θα μπορεί να προσαρμόζεται ανάλογα.

Τέλος στην επόμενη εικόνα 81 παρουσιάζεται το προτεινόμενο CHMSL τοποθετημένο στο αμάξωμα



Εικόνα 81: Το CHMSL τοποθετημένο στο αμάξωμα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το αντικείμενο της πτυχιακής αυτής εργασίας ήταν να παρουσιάσει την εξέλιξη των φανών και των φαναριών καθώς και των λυχνιών και λαμπτήρων που χρησιμοποιήθηκαν καθώς αυτοί εξελίσσονταν από την ανακάλυψη τους και μέχρι τις μέρες μας. Έγινε ιδιαίτερη αναφορά στα εξαρτήματα φωτισμού οχημάτων δίνοντας έμφαση τόσο στα σχέδια όσο και στα είδη των λυχνιών που χρησιμοποιήθηκαν. Σε κάθε περίπτωση εκτός από την αισθητική πλευρά, σημασία δόθηκε και στον περιβαλλοντικά ευαίσθητο σχεδιασμό έτσι ώστε το προϊόν να καταναλώνει όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια, να έχει μεγαλύτερη διάρκεια και να είναι κατά το δυνατόν ανακυκλώσιμο έτσι ώστε να αφήνουν το λιγότερο ενεργειακό αποτύπωμα.

Στα πλαίσια αυτά και τηρώντας τις παραπάνω προϋποθέσεις προτείναμε διάφορα σχέδια και προτείναμε την σχεδίαση και κατασκευή ενός φαναριού αυτοκινήτου που καλύπτει τα παραπάνω χαρακτηριστικά και ολοκλήρωσε την παρουσίαση της εργασίας αυτής.

Με βάση τα παραπάνω λοιπόν, η εξέλιξη του φωτισμού τα τελευταία 50 χρόνια ήταν αλματώδης. Οι επιλογές για αποδοτικό φωτισμό είναι πλέον πάρα πολλές, με πιο δημοφιλείς τους λαμπτήρες αλογόνου, τους συμπαγείς λαμπτήρες φωτισμού αλλά και τις τελευταίες τεχνολογίες τύπου LED. Το κόστος τους πιθανόν να είναι μεγαλύτερο από τους κλασικούς λαμπτήρες πυρακτώσεως που πλέον έχουν καταργηθεί ή τείνουν να καταργηθούν τόσο για λόγους ανακύκλωσης όσο και γιατί σε βάθος χρόνου εξοικονομούν χρήματα γιατί χρησιμοποιούν λιγότερη ενέργεια. Οι τεχνολογίες αυτές επιπλέον προσφέρουν την δυνατότητα εγκατάστασης στο κύκλωμα φωτοκυττάρων και χρονοδιακοπών ανάλογα με το αν χρησιμοποιούνται ή όχι, την παρουσία φυσικού φωτισμού, την κίνηση κλπ εξοικονομώντας ακόμη περισσότερη ενέργεια τόσο σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους όσο και σε ηλεκτρικές συσκευές. Η χρήση επίσης ρυθμιστών της

φωτεινότητας (dimmers) εξοικονομεί ενέργεια ενώ ταυτόχρονα δίνει τη δυνατότητα για διακοσμητικές και λειτουργικές παρεμβάσεις (σε σπίτια, συνεδριακές αίθουσες, χώρους εργασίας κλπ).

Οι λαμπτήρες αλογόνου χρησιμοποιούνται ακόμη και διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία σχημάτων και χρωμάτων και μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν με ρυθμιστές. Είναι πιο οικονομικοί από τους κλασικούς πυρακτώσεως, μπορούν να είναι από πολύ μικροί έως μεγαλύτεροι ανάλογα με τη χρήση και άρα να προσαρμοστούν σε διάφορα σχέδια φωτιστικών εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου. Είναι επίσης και μία από τις βασικές επιλογές στο φωτισμό οχημάτων.

Για εξωτερικό φωτισμό που παραμένει αναμμένος για μεγάλο χρονικό διάστημα, η χρήση CFL ή LED εξοικονομεί πολλή ενέργεια.

Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (CFLs) είναι απλώς «σγουρές» εκδόσεις των μεγάλων λαμπτήρων φθορισμού που χρησιμοποιούνται ακόμη σε εργασιακούς χώρους αλλά και για οικιακή χρήση. Επειδή χρησιμοποιούν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από τις παραδοσιακές λάμπες πυρακτώσεως, τα τυπικά CFL αν και ακριβότερα μπορούν να κάνουν απόσβεση του κόστους αγοράς σε μικρό χρονικό διάστημα. Πρακτικά, ένα CFL χρησιμοποιεί περίπου το ένα τρίτο της ενέργειας μιας πυρακτώσεως αλογόνου (βλ πίνακα 2.)[33]. Οι λαμπτήρες CFL διατίθενται σε μια σειρά από χρώματα, σε λευκές έως κίτρινες αποχρώσεις εξυπηρετώντας διάφορες χρήσεις. Τα περισσότερα γυμνά σπειροειδή CFL μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ερμητικά κλειστά φωτιστικά εξωτερικού χώρου που τα προστατεύουν από τις καιρικές συνθήκες. Έχουν και αυτοί δυνατότητα ρύθμισης όπως και οι λάμπες αλογόνου. Σε αντίθεση με τις λάμπες αλογόνου και τα LED δεν επιλέγονται για το φωτισμό (εσωτερικό ή προβολέων) για οχήματα. Ένα μειονέκτημα των λαμπτήρων φθορισμού είναι ότι, αν και ενεργειακά συμφέρουν, επειδή περιέχουν μικρή ποσότητα υδραργύρου εάν πετιούνται στα οικιακά απορρίμματα είναι επιζήμιοι για το

περιβάλλον και πρέπει πάντα να ανακυκλώνονται στο τέλος της διάρκειας ζωής τους.

Όπως περιγράψαμε αναλυτικά στα προηγούμενα κεφάλαια, οι δίοδοι εκπομπής φωτός (LED) είναι ένας τύπος φωτισμού στερεάς κατάστασης και περιλαμβάνουν ημιαγωγούς που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε φως. Οι εφαρμογές των LED δεν περιορίζονται πλέον στην αρχική χρήση τους σαν ενδεικτικές λυχνίες αλλά χρησιμοποιούνται παντού όπου απαιτείται μια φωτιζόμενη επιφάνεια ή εκπομπή φωτός ενώ η τεχνολογία τους με τις εξελιγμένες μορφές (OLEDs, Matrix) αναπτύσσεται συνεχώς δίνοντας καινούριες δυνατότητες στα προϊόντα που εγκαθίσταται. Οι λυχνίες LED χρησιμοποιούν το 25% –30% της ενέργειας και διαρκούν 8 έως 25 φορές περισσότερο από τους λαμπτήρες αλογόνου

Πίνακας 2: Σύγκριση των διαφόρων ειδών λαμπτήρων ως προς την ενεργειακή απόδοση, το ετήσιο κόστος και το χρόνο ζωής (USA, www.energy.gov)[33]

Comparisons between Traditional Incandescents, Halogen Incandescents, CFLs, and LEDs						
	60W Traditional Incandescent	43W Energy-Saving Incandescent	15W CFL		12W LED	
			60W Traditional	43W Halogen	60W Traditional	43W Halogen
Energy \$ Saved (%)	-	~25%	~75%	~65%	~75%-80%	~72%
Annual Energy Cost*	\$4.80	\$3.50	\$1.20		\$1.00	
Bulb Life	1000 hours	1000 to 3000 hours	10,000 hours		25,000 hours	

Ο παραπάνω πίνακας 2 συγκρίνει έναν παραδοσιακό λαμπτήρα πυρακτώσεως 60 watt (W) με ενεργειακά αποδοτικούς λαμπτήρες που παρέχουν παρόμοια επίπεδα φωτός, με βάση 2 ώρες / ημέρα χρήσης και τιμή ηλεκτρικού ρεύματος 11 σεντ ανά κιλοβατώρα, εμφανίζεται σε δολάρια ΗΠΑ.

Τους λαμπτήρες LED τους συναντάμε σαν αντικαταστάτες παραδοσιακών λαμπτήρων 40W, 60W και 75W, λαμπτήρες γραφείου, κουζίνας και φώτα εξωτερικού χώρου. Προσφέρονται σε ποικιλία χρωμάτων, και μερικά μπορεί να είναι ρυθμιζόμενα ή προσφέρουν βολικές δυνατότητες, όπως π.χ. αισθητήρες ημέρας και κίνησης. Λόγω της αντοχής και της απόδοσής τους σε ψυχρά περιβάλλοντα, τα LED λειτουργούν καλά σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους. Μπορούν επίσης να συνδυαστούν με ηλιακά πάνελ για να προσφέρουν φωτισμό χωρίς κόστος σε εξωτερικούς χώρους (οικίες, δημόσιους χώρους, αυτοκινητοδρόμους). Γι' αυτό και φωτιστικά που χρησιμοποιούν τεχνολογία LED τείνουν να αντικαταστήσουν προηγούμενες πιο δαπανηρές και λιγότερο αποδοτικές τεχνολογίες σε δημόσιους χώρους. Η τεχνολογία LED χρησιμοποιείται επίσης και σε προβολείς μέσω μεταφοράς ταυτόχρονα με τους προβολείς HID (xenon-αλογόνου). Τέλος, η τεχνολογία LED στις πιο εξελιγμένες μορφές της χρησιμοποιείται πλέον σε προϊόντα τεχνολογίας (υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα, οθόνες μηχανημάτων, τηλεοράσεις κ.λ.π.) για να προσφέρει με υψηλής ποιότητας φωτισμό, δυνατότητες και τεχνικά χαρακτηριστικά.

Στα πλαίσια της πτυχιακής αυτής εργασίας μελετήσαμε εκτενώς την εξέλιξη όσον αφορά την πηγή του φωτισμού αλλά και το πώς αυτή πως ενσωματώθηκε με βάση τις σχεδιαστικές αντιλήψεις και τάσεις και ανάγκες της κάθε εποχής σε φωτιστικά εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Παρακολουθήσαμε τις νεότερες απαιτήσεις για οικονομία όσον αφορά την ενέργεια αλλά και τις προσπάθειες για μείωση του περιβαλλοντικού κόστους

με την εισαγωγή ανακυκλώσιμων υλικών και υλικών που έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.

Δεδομένου ότι τα οχήματα μεταφοράς αποτελούν μέρος της καθημερινής ζωής μελετήσαμε ιδιαίτερα την εξέλιξη των φαναριών από την εποχή της εισαγωγής τους σαν βασικά εξαρτήματα του αυτοκινήτου και μέχρι σήμερα καταγράφοντας τις αλλαγές τόσο όσον αφορά την πηγή φωτισμού πάλι με έμφαση στον περιβαλλοντικά ευαίσθητο σχεδιασμό όσο και τα ίδια σχεδιαστικά πρότυπα. Γνωρίζοντας ότι η μοναδικότητα και η κατοχή custom made εξαρτημάτων αποτελεί ζητούμενο στην αγορά αυτοκινήτου για πολλούς καταναλωτές, προτείναμε και κατασκευάσαμε ένα νέο σχέδιο φαναριού υψηλής ανάρτησης (CHMSL) για το πίσω μέρος του αυτοκινήτου, το οποίο διαθέτει πρωτοτυπία όσον αφορά τη σχεδίαση και τη λειτουργία και εκμεταλλεύεται την περιβαλλοντικά ευαίσθητη τεχνολογία LED για την απόδοση του φωτισμού.

Σε κάθε περίπτωση, ο βιομηχανικός σχεδιαστής ενσωματώνοντας τις εξελίξεις της τεχνολογίας στην αισθητική του αντίληψη, αλλά και την απαίτηση για προϊόντα που θα σέβονται και θα φροντίζουν το φυσικό περιβάλλον, καλείται να σχεδιάσει προϊόντα υψηλής αισθητικής, που θα προσφέρουν άνεση στον καταναλωτή, αλλά και μια αίσθηση μοναδικότητας, ομορφαίνοντας το περιβάλλον ενώ ταυτόχρονα θα εξοικονομούν ενέργεια και μειώνουν τη ρύπανση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Automotive lighting Wikipedia
2. Bar-Gera, H., & Schechtman, E. (2005). The effect of Center High Mounted Stop Lamp (CHMSL) on rear-end accidents in Israel. *Accident; analysis and prevention*, 37(3), 531–536
3. Bowers, B. (1998) “Lengthening the day: a history of lighting technology”, UK, Oxford Publishers
4. Brox, J. (2011) “Brilliant: The evolution of artificial light”, USA, Souvenir Press
5. Cagdas Atıcı, Tanır Ozcelebi, Johan J. Lukkien, (2011) , Exploring User-Centered Intelligent Road Lighting Design, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=5955223>
6. Chang, Yi-Lu; Lu, Zheng-Hong (2013). "White Organic Light-Emitting Diodes for Solid-State Lighting". *Journal of Display Technology*. PP (99)
7. CIE 17.4-1987 International Lighting Vocabulary". Archived from the original on 2010-02-27. Retrieved 2008-02-19
8. Constanzo, L. (2021) Φυσιολογία, Ιατρικές Εκδόσεις Λαγός, Θεσσαλονίκη
9. David, A., Whitehead LA (2018) “LED-based white light”, *Comptes Rendus Physique*, Vol 19, pp 169-181.
10. De Beer, E.S. (1941) The early history of London Street lighting”, *History*, Vol. 25(100), pp311-324 (on Journal Storage Digital Library, JSTOR)
11. Digges, K., Nicholson, R., & Rouse, E. (1985). The Technical Basis for the Center High Mounted Stoplamp. *SAE Transactions*, 94, 79-87.
12. DiLaura, D. (2008) “A brief history of lighting” - Optics and Photonics News, osapublishing.org
13. E-book “Lighting Comparison: LED vs Traditional Lighting”, publisher stouchlighting. Led lighting solutions , 2021
14. Ehrhardt, Ralph A. (1979). “Halogen Sealed Beam Headlamps” (Technical report). SAE International
15. Evolution of car light, <https://idaoffice.org/posts/the-evolution-of-car-light/> Feb 04, 2019
16. Greenwell, N.K. (2013) “Effectiveness of LED stop lamps for reducing rear-end crashes: analyses of state crash data”, National Highway Traffic Safety Administration, DOT HS 811 712.
17. Helmlinger M (2018) “CHMSL: The third brake light”, Texas Instruments,

- https://e2e.ti.com/blogs_/b/behind_the_wheel/posts/chmsl-the-third-brake-light
18. HSTA (30 January 2006), "Mercedes-Benz, U.S.A. LLC; Grant of Application for a Temporary Exemption From Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 108 (71 FR 4961)", Federal Register, 71 (19), pp. 4961–4963
 19. <https://blog.theretrofitsource.com/the-history-of-automotive-headlights-retrofit-source>
 20. <https://edisontechcenter.org/ArcLamps.html>
 21. <https://edisontechcenter.org/electroluminescent.html>
 22. <https://edisontechcenter.org/Fluorescent.html>
 23. <https://edisontechcenter.org/halogen.html>
 24. <https://edisontechcenter.org/incandescent.html>
 25. <https://edisontechcenter.org/InductionLamps.html>
 26. <https://edisontechcenter.org/LED.html>
 27. <https://edisontechcenter.org/MercuryVaporLamps.html>
 28. <https://edisontechcenter.org/metalhalide.html>
 29. <https://edisontechcenter.org/NeonLamps.html>
 30. <https://edisontechcenter.org/SodiumLamps.html>
 31. https://en.wikipedia.org/wiki/Street_light
 32. <https://idaoffice.org/posts/the-evolution-of-car-light/>
 33. <https://www.energy.gov/energysaver/save-electricity-and-fuel/lighting-choices-save-you-money>
 34. <https://www.sciencemuseum.org.uk/objects-and-stories/everyday-wonders/electric-lighting-home>
 35. <https://www.stouchlighting.com/blog/history-of-street-lighting-in-the-us>
 36. <https://www.stouchlighting.com/blog/the-historical-evolution-of-lighting>
 37. https://www.webcitation.org/5vLTlzlak?url=http://www.motive-mag.com/pub/feature/tech/Motive_Tech_The_Difference_Between_US_and_European_Lights.shtml
 38. Jackson, M., (2019) "A Visual History of Streetlighting from the 19th and 20th Centuries" The Journal of American Institute of Architects, Jan 2019
 39. Kahane, C.J., Hertz, E. (1998) "The long term effectiveness of center high mounted stop lamps in passenger cars and light trucks" NHTSA Technical Report Number DOT HS 808696
 40. Krailikova, R. (2016) "Lighting quality and its effects on productivity and human health", International Journal of interdisciplinarity in theory and practice, Vol. 10 pp 2344-2409.
 41. Louro, A.A. (2002) "Physics 323 Lecture notes. Part I: Optics", University of Calgary

42. Luckiesh, M. (1920) "*Artificial Light*", The Century Company, pp 153–4
43. Luckiesh, M. (1921) "Artificial light: Its Influence upon civilization", Library of Alexandria
44. Moore, D.M. (1998) "Headlamp history and harmonization", Report No UMTRI-98-21, Michigan, Publisher: University of Michigan Transportation research Institute
45. Morgan Pattison, P., Hansen, M., Tsao, JY (2018) "LED lighting efficacy: status and directions", *Comptes Rendus Physique*, Vol 19, pp 134-145.
46. Nakamura S., Feezell D. (2018) "Invention, development and status of the blue light-emitting diode the enabler of solid state lighting", *Comptes Rendus Physique*, Vol 19, pp113-133.
47. Painter, K. (1996) "The influence of street lighting improvements on crime, fear and pedestrian street use, after dark, *Landscape and Urban Planning*, Vol 35 (2-3), pp 193-201.
48. Peireorama.blogspot.com/2019/02/1900.html
49. Ponniran, A., Mat Sor, A-N-A, Joret, A., Munir, H-A (2011) "Development of vehicle lighting system using LED application", *International Journal of Intergrated Engineering*, Vol. 3(2), pp11-15.
50. Robins, F.W. "The Lamps of Ancient Egypt", *The Journal of Egyptian Archaeology*, Vol. 25, No. 2 (Dec., 1939), pp. 184-187).
51. Rockwell, T.H., 1972. Skill, judgment, and information acquisition in driving. In: Forbes, T.W. (Ed.), *Human Factors in Highway Traffic Safety Research*. Wiley and Sons, New York
52. Schanda, János; Danyi, M. (1977). "Correlated Color-Temperature Calculations in the CIE 1976 Chromaticity Diagram". *Color Research & Application*. Wiley Interscience. 2 (4): 161–163.
53. Sherwood, L. (2016) Εισαγωγή στη Φυσιολογία του Ανθρώπου, Ακαδημαϊκές εκδόσεις Μπάσδρα κ. Σια ΟΕ, Αλεξανδρούπολη
54. Silverthorn, D. U. (2018) Φυσιολογία του Ανθρώπου, Broken Hill publishers LTD, Nicosia, Cyprus
55. Tahkamo, L., Partonen, T., Poesonen, A-K (2019) "Systematic review of light exposure impact on human circadian rhythm", *Chronobiology International*, Vol. 36(2), pp 151-170
56. Turgut, T (2016) "Following Tail lightsQ an incomplete history of optics in automotive tail lights", <https://www.luminitco.com/blog/history-LED-tail-lights/148>
57. United Nations (2010) Agreement concerning the adoption of uniform technical prescriptions for wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles and the conditions for reciprocal recognition of approvals granted on the

- basis of these prescriptions (revision 2, including amendments of 16 October 1995, and done primarily in Geneva 1958)
58. Vemuri A , (2008) Trends and Topologies for automotive rear lighting systems, e-book, Texas Instruments.
 59. Voevodsky, J. (1974) “Evaluation of a deceleration warning light for reducing rear-end automobile collisions” *Journal of Applied Psychology*. Vol:59, pp270-273
 60. Walker, W.H., Walton, J.C., DeVries, A.C. *et al.* (2020) Circadian rhythm disruption and mental health. *Transl Psychiatry* **10**, 28.
 61. Waymouth, J.F. (2017) “History of Light Sources”, GTE Lighting Products, Marblehead, USA, Springer publishers
 62. Weisbuch, C. (2018) “Historical Perspective on the physics of artificial lighting”, *Comptes Rendus Physique*, Vol. 19, pp 89-112
 63. Wells, B. A. and Wells, K.L. (2021) “Illuminating Gaslight.”. American Oil & Gas Historical Society. <https://aoghs.org/technology/manufactured-gas>. Last Updated: February 1, 2021. Original Published Date: January 30, 2016.
 64. Wharton, E., Codman O., () Decoration of houses
 65. www.carthrottle.com/post/from-lamps-to-lasers-the-evolution-of-headlights/
 66. www.cartoq.com/50types-of-car-headlights-explained (Types of headlights in cars)
 67. www.eng.mcmaster.ca/sites/default/files/uploads/the_environmental_impact_of_electricity_production.pdf
 68. www.ies.org
 69. Ιωαννίδης Γ.Χ. «Εργαστήριο Φωτοτεχνίας, Χαρακτηριστικά μεγέθη λαμπτήρων και βασικά φωτομετρικά μεγέθη», ΑΤΕΙ Πειραιά
 70. Κυράτσης, Π., Μανάβης, Α., Ευκολίδης, Ν. (2021) Μεθοδολογίες Σχεδίασης Προϊόντων, Εκδ Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
 71. Ψαρράκος. Κ., Μολυβδά – Αθανασοπούλου, Ε., Γκοτζαμάνη – Ψαρράκου, Α., Σιούντας, Α. (2012) Επίτομη Ιατρική Φυσική, UNIVERSITY STUDIO PRESS - ΑΝΩΝΥΜΟΣ ΕΤΑΙΡΙΑ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ, Αθήνα