



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Τμήμα Μηχανικών
Παραγωγής και Διοίκησης

Εφαρμογή Μεθόδων Αναμόρφωσης Σχεδίων στην
Περιβαλλοντική Σύγκριση Λαμπτήρων Φωτισμού

Γιαταγάνα Μαρία - Παρασκευή

Επιβλέπων Καθηγητής : Ν. Μπιλάλης

Οκτώβριος 2010

Category	Incandescent	CFL	LED	Energy Saver	Energy Star	Energy Efficient	Energy Star Plus	Energy Star Plus Plus	Energy Star Plus Plus Plus
Power (W)	40	15	10	15	15	15	15	15	15
Power (W)	60	23	15	23	23	23	23	23	23
Power (W)	75	28	18	28	28	28	28	28	28
Power (W)	100	36	24	36	36	36	36	36	36
Power (W)	150	54	36	54	54	54	54	54	54
Power (W)	200	72	48	72	72	72	72	72	72
Power (W)	250	90	60	90	90	90	90	90	90
Power (W)	300	108	72	108	108	108	108	108	108
Power (W)	350	126	84	126	126	126	126	126	126
Power (W)	400	144	96	144	144	144	144	144	144

στους γονείς μου

Πολυτεχνείο Κρήτης

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Διπλωματική Εργασία **Μαρίας Γιαταγάνη**

Επιβλέπων Καθηγητής : Νικόλαος Μπιλάλης

Οκτώβριος 2010

Εφαρμογή Μεθόδων
Αναμόρφωσης Σχεδίων στην
Περιβαλλοντική Σύγκριση
Λαμπτήρων Φωτισμού

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	9
1 Εξέλιξη Λαμπτήρων	15
2 Θεωρητικό Πλαίσιο	31
3 Μέθοδοι Αναμόρφωσης Σχεδίων	51
4 Λαμπτήρες	73
5 Μελέτη Λαμπτήρων	103
6 Εφαρμογή Μεθόδων Αναμόρφωσης Σχεδίων	125
Συμπεράσματα	139

Εισαγωγή

Περιγραφή του προβλήματος

Εδώ και εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια ο άνθρωπος κατοικεί στον πλανήτη γη τον οποίο και χρησιμοποιεί ως ενεργειακή πηγή για τις δραστηριότητές του. Με την ραγδαία αύξηση του πληθυσμού αλλά και την ολοένα αυξανόμενη βιομηχανική ανάπτυξη, αναμενόμενη είναι η εξάντληση του μεγαλύτερου ποσοστού φυσικών πόρων και η αναζήτηση νέων εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Όλο και μεγαλύτερη είναι η ανάγκη των σημερινών κοινωνιών για την εύρεση νέων τεχνολογιών και μεθόδων που θα οδηγήσουν στην καλύτερη διαχείριση των φυσικών πόρων καθώς και στην πιο ολοκληρωμένη προστασία του περιβάλλοντος.

Βασική προϋπόθεση για την προστασία του περιβάλλοντος, είναι η μελέτη ολόκληρου του κύκλου ζωής της κάθε διαδικασίας ή του κάθε προϊόντος. Αυτό συνεπάγεται την εις βάθος ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κάθε βήματος από την αρχική σύλληψη έως το τέλος ζωής του προϊόντος και την πιθανή επαναχρησιμοποίηση του.

Είδος πρώτης ανάγκης για κάθε κοινωνία είναι το τεχνητό φως, δηλαδή η ορατή φωτεινή ακτινοβολία η οποία προέρχεται από πηγές πέραν της μόνης φυσικής πηγής, του ήλιου. Το ποσοστό της συνολικής ενέργειας το οποίο χρησιμοποιείται για φωτισμό εσωτερικών και εξωτερικών χώρων παγκοσμίως είναι σημαντικότερο. Αξίζει να σημειωθεί, ότι μόνο σε κτίρια γραφείων για τον φωτισμό χρησιμοποιείται ένα ποσοστό 30% έως 50% της συνολικής ενέργειας.

Πίνακας 1 :

Ποσοστό συνολικής ενεργειακής
κατανάλωσης για φωτισμό (Πηγή: ΚΑΠΕ)

Χρήση	Κατανάλωση για φωτισμό (% συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης)
Κτίρια Γραφείων	30 – 50
Καταστήματα	25 – 50
Νοσοκομεία	10 - 20
Ξενοδοχεία	10 - 25

Από την εφεύρεσή του το 1801 μέχρι και σήμερα, το ηλεκτρικό φως αποτελεί την κύρια πηγή τεχνητού φωτός. Το ηλεκτρικό φως παράγεται από διάφορων ειδών λαμπτήρες. Μέχρι πριν μερικά χρόνια οι λαμπτήρες πυράκτωσης ήταν σχεδόν το μόνο είδος λαμπτήρων που χρησιμοποιούνταν. Αυτοί οι πολύ λιτοί κατασκευαστικά λαμπτήρες παρουσιάζουν ένα βασικό μειονέκτημα : σχεδόν το 70% του συνολικού ποσού ενέργειας που απορροφούν μετατρέπεται σε θερμότητα, ενώ το υπόλοιπο μόλις 30% σε ορατό φως. Με βάση το γεγονός αυτό έγιναν προσπάθειες αντικατάστασης των λαμπτήρων πυράκτωσης με άλλους, φαινομενικά λιγότερο ενεργοβόρους.

Με απόφαση της Ευρωπαϊκής Ένωσης η αντικατάσταση των λαμπτήρων πυράκτωσης από λαμπτήρες φθορισμού κυρίως, αλλά και λαμπτήρες τύπου LED θα ξεκινήσει το Σεπτέμβριο του 2009 (για τους «θολούς» λαμπτήρες πυράκτωσης άλλα και για εκείνους με ισχύ πάνω από 100W – διαυγείς και μη) με στόχο την κατάργησή τους μέχρι το τέλος του 2012. Ακόμα, προγραμματισμένη είναι και η κατάργηση των λαμπτήρων αλογόνου αλλά και κάθε άλλου λαμπτήρα ενεργειακής κλάσης κατώτερης του B, ως το 2016.

Πίνακας 1 :

Χρονοδιάγραμμα κατάργησης
ενεργειακά μη αποδοτικών
λαμπτήρων (Phillips Hellas)

Χρονοδιάγραμμα κατάργησης ενεργειακά μη αποδοτικών λαμπτήρων								
Πάντα τον μήνα Σεπτέμβρη	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Λαμπτήρες διαφανείς πυράκτωσης	15W	15W	15W	Κατάργηση όλων των διαφανών λαμπτήρων πυράκτωσης				
	25W	25W	25W					
	40W	40W	40W					
	60W	60W	60W					
	75W	75W	75W					
	100W	100W	100W					
Λαμπτήρες ματ πυράκτωσης	Οι ματ λαμπτήρες αντικαθιστούνται από λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας ενεργειακής κλάσης Α							

Επιτρέπονται Προσοχή: Η αντιστοιχία σε Watt προκύπτει με βάση την φωτεινή ροή (Lumen)

Καταργούνται Δεν επιτρέπεται να παραχθούν οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες από τις κατασκευάστριες εταιρείες. Ωστόσο, τυχόν απόθεμα στα ράφια μπορεί να πουληθεί.

* Εξοικονόμηση ενέργειας συγκριτικά με λαμπτήρες πυράκτωσης ίδιας φωτεινής ρόης και για το ίδιο χρονικό διάστημα.

** Ο χρόνος ζωής υπολογίζεται με βάση 3ωρη καθημερινή λειτουργία (1.000 ώρες λειτουργίας ανά χρόνο).

Αντικείμενο της Εργασίας

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η διερεύνηση των περιβαλλοντικών, οικονομικών, κοινωνικών αλλά και επιπτώσεων στην υγεία της αποκλειστικής χρήσης λαμπτήρων φθορισμού. Βασικός άξονας της εργασίας θα είναι η μελέτη και η σύγκριση του κύκλου ζωής των λαμπτήρων πυράκτωσης και φθορισμού, καθώς και οι λόγοι που οδήγησαν στην αντικατάσταση του πρώτου από τον δεύτερο. Αναλύοντας τον κύκλο ανάπτυξης και ζωής του κάθε είδους προϊόντος, αλλά και εφαρμόζοντας κάποιες μεθόδους αναμόρφωσης σχεδίασης θα μελετηθούν οι δύο κατηγορίες λαμπτήρων σε βάθος.

Στην εργασία αυτή θα μελετηθούν τα υλικά, οι μέθοδοι κατασκευής αλλά και οι συνθήκες χρήσης καθώς και απόσυρσης / ανακύκλωσης / επαναχρησιμοποίησης των λαμπτήρων πυράκτωσης και φθορισμού με στόχο την σύγκριση, όσο αυτή είναι δυνατή, των επιπτώσεων που ο κύκλος ζωής τους έχει στο περιβάλλον. Ακόμα θα παρουσιαστούν οι επιπτώσεις του κύκλου ζωής κάθε κατηγορίας λαμπτήρων στην οικονομία, την υγεία, αλλά και τους κοινωνικούς θεσμούς.

Επίσης, οι χαρακτηριστικοί αυτοί τύποι των λαμπτήρων αναλύθηκαν και μελετήθηκαν σχεδιαστικά με τη βοήθεια του λογισμικού Pro Engineer Wildfire 2.

Δομή της Εργασίας

Αρχικά στην εργασία αναφέρονται κάποια βασικά στοιχεία της εξέλιξης των λαμπτήρων μέσα στο χρόνο στο Κεφάλαιο 1

Οι βασικές έννοιες για την καλύτερη κατανόηση του αντικειμένου της εργασίας αναφέρονται συνοπτικά στο Κεφάλαιο 2.

Στο 3^ο Κεφάλαιο αναλύονται θεωρητικά οι μέθοδοι αναμόρφωσης σχεδίων που θα εφαρμοσθούν.

Τα σχέδια των λαμπτήρων που πραγματοποιήθηκαν στο ProE παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4 όπου και οι δύο τύποι αναλύονται λεπτομερώς όσον αφορά τα επιμέρους τμήματα καθώς και τον τρόπο λειτουργίας και κατασκευής.

Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύονται τα χαρακτηριστικά κάθε λαμπτήρα τα οποία όπως παρατηρήθηκε κατά την έρευνα, χρειάζονται περεταίρω ανάλυση (Κεφάλαιο 5).

Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 6 εφαρμόζονται οι μέθοδοι αναμόρφωσης σχεδίων, οι οποίες είναι η Product Design Matrix, η Environmental Effects Analysis καθώς και η Strategy Wheel.

1. Εξέλιξη Λαμπτήρων

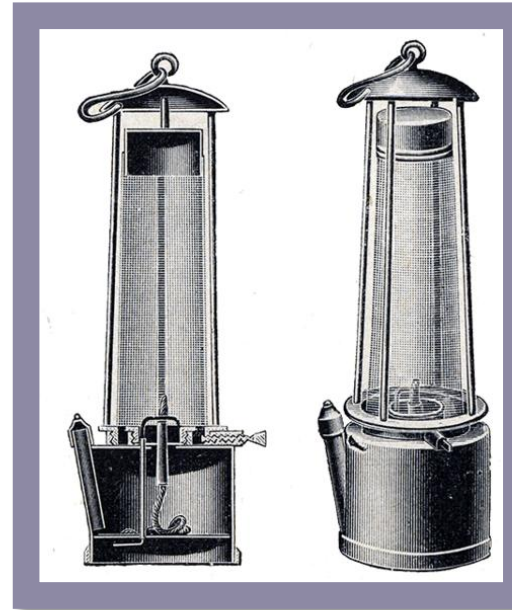
1.1 Εξέλιξη των Λαμπτήρων Πυράκτωσης και Ιστορικά Στοιχεία

Αναμφισβήτητα η πρώτη μεγάλη εφεύρεση το ανθρώπου ήταν η φωτιά (500.000 π.Χ.), η οποία χρησιμοποιήθηκε μεταξύ άλλων ως μέσο φωτισμού. Αργότερα, ιστορικά ευρήματα υποδεικνύουν τη χρήση πέτρινων λύχνων με ζωικά λίπη (20.000 π.Χ.) αλλά και τη χρήση κεριών (3.000 π.Χ.). Ακολούθησε ο φωτισμός με χρήση φωταερίου (1800 μ.Χ.).

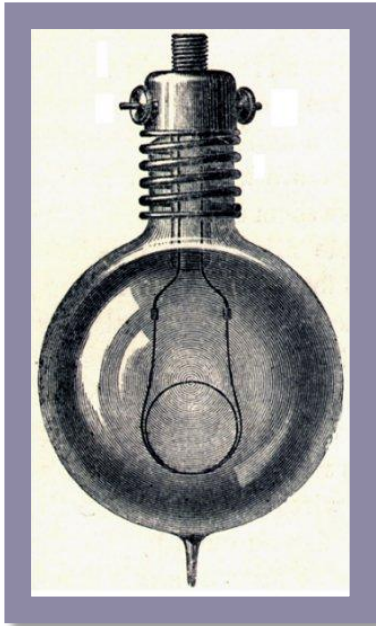
Το 1801 ο βρετανός χημικός Humphry Davy (1778-1829) εφηύρε το ηλεκτρικό φως, διαπιστώνοντας ότι μεταλλικά σύρματα και κομμάτια άνθρακα θερμαίνονταν, όταν περνούσε από αυτά ρεύμα, ενώ σε περίπτωση υψηλών ρευμάτων, αυτοί οι αγωγοί πυρακτώνονταν και ακτινοβολούσαν. Δυστυχώς το σύρμα καιγόταν μετά από λίγη ώρα, και γι' αυτό στη συνέχεια έγιναν προσπάθειες διατήρησης του ηλεκτρικού φωτός για μεγαλύτερη διάρκεια. Έτσι, το 1813 ο Davy παρουσίασε τον πρώτο λαμπτήρα τόξου, ο οποίος είχε τη δυνατότητα να φωτίζει τον περιβάλλοντα χώρο για μερικά λεπτά παράγοντας όμως ένα πολύ έντονο φως, ακατάλληλο για οικιακή χρήση.

Εικόνα 1 :

Ο Πρώτος Λαμπτήρας Τόξου



Με βασικό μειονέκτημα τη διάρκεια ζωής του λαμπτήρα τόξου, δηλαδή το χρόνο αντοχής των νημάτων, έγιναν προσπάθειες δημιουργίας νέων ανθεκτικότερων λαμπτήρων με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Στα τέλη της δεκαετίας του 1840 ο βρετανός φυσικός Joseph Swan (1828-1914) παρατήρησε ότι τα πλατινένια νήματα που χρησιμοποιούνταν στους λαμπτήρες τόξου από τον Davy μπορούσαν να αντικατασταθούν από ανθρακοποιημένες λωρίδες χαρτιού εμποτισμένες σε ένα μείγμα πίσσας και μελάσας οι οποίες στη συνέχεια ψήνονταν και τοποθετούνταν στο εσωτερικό κενών γυάλινων βολβών. Η λύση αυτή προσέφερε λαμπτήρες πυράκτωσης, οι οποίοι απέδιδαν έως και 14 ώρες.



Εικόνα 2^α, 2^β :

Ο Πρώτος Λαμπτήρας Πυράκτωσης,
από τον J. Swan

Το 1878 ο αμερικανός επιστήμονας Thomas Edison (1847-1931) ανακοίνωσε ότι εκείνος και η ερευνητική του ομάδα «The Electric Light Company» θα κατασκεύαζαν έναν ασφαλή, φθηνό αλλά και λειτουργικό λαμπτήρα. Έτσι, τον Οκτώβριο του 1879 ο Edison παρουσίασε έναν λαμπτήρα πυράκτωσης με νήμα ανθρακοποιημένου βάμβακα ο οποίος διακούσε 150 ώρες.

Εικόνα 3^α, 3^β :

Λαμπτήρας Πυράκτωσης από τον
T. Edison



Για ακόμα μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, ο Edison παρουσίασε λαμπτήρες πυράκτωσης νήματος ανθρακοποιημένης ίνας μπαμπού οι οποίοι φωτοβολούσαν έως και 1.200 ώρες, το 1880. Αφού συνέπραξε με τον Swan δημιουργώντας το 1883 την εταιρία «Edison and Swan United Electrical Company», κατάφερε να προσφέρει σε μεγάλο αριθμό νοικοκυριών οικιακό ηλεκτρικό φωτισμό.

Ο Edison αν και δεν ήταν εκείνος που εφηύρε τον λαμπτήρα πυράκτωσης, ήταν αναμφισβήτητα ο πιο καινοτόμος επιστήμονας και εφευρέτης όσον αφορά τον ηλεκτρικό φωτισμό*¹.

Η επόμενη μεγάλη εξέλιξη σχετικά με τους λαμπτήρες ήταν η αντικατάσταση των ανθρακοποιημένων νημάτων από νήματα βολφραμίου. Το βολφράμιο έχει πολύ υψηλό σημείο τήξης και συγκεκριμένα το

υψηλότερο από όλα τα καθαρά μέταλλα και το δεύτερο υψηλότερο από όλα τα στοιχεία του Περιοδικού Πίνακα μετά τον άνθρακα. Το γεγονός αυτό κάνει το νήμα βολφραμίου πολύ πιο ανθεκτικό κατά τη χρήση του λαμπτήρα απ' ό,τι οποιοδήποτε υλικό το οποίο είχε χρησιμοποιηθεί νωρίτερα στους λαμπτήρες πυράκτωσης. Παρόλα αυτά, το βολφράμιο είναι σκληρό και ταυτόχρονα ψαθυρό υλικό, γεγονός που το καθιστά δύσκολο στην επεξεργασία για την παρασκευή λεπτού συρμάτινου νήματος. Το πρόβλημα αυτό ξεπεράστηκε γρήγορα από τον αμερικανό μηχανικό William Coolidge (1873-1975), ο οποίος στα πλαίσια των ερευνών του για την General Electric συμπίεσε βολφράμιο σε μορφή σκόνης σε καλούπια σχήματος ράβδου, το οποίο στη συνέχεια μετατρεπόταν σε λεπτό νήμα με τη βοήθεια περεταίρω θερμικής κυρίως επεξεργασίας. Επίσης, ο Coolidge συμπίεσε τον αέρα στο εσωτερικό του γυάλινου βολβού με αποτέλεσμα να μειώσει το εκπεμπόμενο φως από το νήμα. Την απάντηση σε αυτό έδωσε ο επίσης αμερικανός, χημικός Irving Langmuir (1881-1957) το 1913, ο οποίος στήριξε καλύτερα το νήμα βολφραμίου, τυλίγοντας το γύρω από μια μεταλλική ράβδο. Αυτό μείωσε το εκλυόμενο ποσό θερμότητας αλλά και αύξησε την αποδοτικότητα του λαμπτήρα. Ακόμα, προσέθεσε αδρανές αέριο, όπως άζωτο και αργό, στο εσωτερικό του βολβού για να καθυστερήσει τη διαδικασία της εξάτμισης και να μειώσει το ποσό της συμπύκνωσης. Το αποτέλεσμα αυτών των βελτιώσεων ήταν ο λαμπτήρας πυράκτωσης νήματος βολφραμίου με τη μορφή που είναι γνωστός μέχρι σήμερα.



Εικόνα 4 :

Βιδωτός Λαμπτήρας Πυράκτωσης

1.2 Εξέλιξη CFL και Ιστορικά στοιχεία

Στην πορεία έγιναν προσπάθειες βελτίωσης του λαμπτήρα πυράκτωσης, κυρίως ως προς την αποδοτικότητα και την ανθεκτικότητά του. Την πρώτη δεκαετία του 1900 ο Γάλλος χημικός George Claude (1870-1960) εφηύρε τον λαμπτήρα νέον, ο οποίος αποτέλεσε την πρώτη «ψυχρή» φωτεινή πηγή, αφού δεν διέθετε νήμα.

Τη δεκαετία το 1930 οι επιστήμονες ανακάλυψαν ότι κάνοντας χρήση εσωτερικής επικάλυψης του γυάλινου σωλήνα με φώσφορο, ο λαμπτήρας μπορεί να εκπέμπει ασφαλή φωτεινή ακτινοβολία ενώ ταυτόχρονα χρειάζεται το ένα τέταρτο της ενέργειας του κοινού λαμπτήρα πυράκτωσης.

Η ιδιότητα κάποιων πετρωμάτων και άλλων ουσιών να φωτοβολούν είχε παρατηρηθεί εδώ και εκατοντάδες χρόνια, χωρίς όμως να έχει κατανοηθεί πλήρως. Γνωρίζουμε ότι στα μέσα του 19^{ου} αιώνα είχαν πραγματοποιηθεί πειράματα τα οποία μελετούσαν την ακτινοβολο λάμψη η οποία προερχόταν από μερικώς εκκενωμένα δοχεία μέσω των οποίων έρρεε ηλεκτρικό ρεύμα. Η πρώτη εξήγηση ήρθε το 1845 από τον ιρλανδό επιστήμονα Sir George G. Stokes από το πανεπιστήμιο του Cambridge, ο οποίος το ονόμασε «φαινόμενο φθορισμού» από τον φθορίτη, ένα έντονα φθορίζον ορυκτό. Η εξήγηση αυτή συνδέθηκε με τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού και του φωτός από τους βρετανούς επιστήμονες Michael Faraday και James Clerk Maxwell τη δεκαετία του 1840. Το επόμενο «βήμα» ήρθε το 1856 από τον γερμανό υαλουργό Heinrich Geissler, ο οποίος δημιούργησε μία αντλία κενού υδραργύρου. Η αντλία αυτή είχε τη δυνατότητα να εκκενώσει έναν γυάλινο σωλήνα σε τέτοιο βαθμό που πρότινος δεν ήταν εφικτός. Όταν ηλεκτρικό ρεύμα διερχόταν από σωλήνα Geissler, τότε παρατηρούταν μία ισχυρή

πράσινη λάμψη στα τοιχώματα του σωλήνα στο τέλος της καθόδου. Σημαντική ήταν η παρατήρηση του γερμανού μαθηματικού Julius Plücker (1801-1868) το 1858, ότι η λάμψη στο εσωτερικό του σωλήνα άλλαζε θέση ανάλογα με το πόσο πλησίαζε κάποιο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Ένα χρόνο αργότερα, ο γάλλος φυσικός Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891) παρατήρησε την ιδιότητα ορισμένων ουσιών να φωτοβολούν όταν τοποθετούνταν σε σωλήνα Geissler. Πειραματίστηκε ακόμα εισάγοντας λεπτή επίστρωση φωτοβόλων υλικών στην επιφάνεια σωλήνων Geissler. Ως αποτέλεσμα παρουσιάστηκε φθορισμός, οι λαμπτήρες όμως ήταν αναποτελεσματικοί με μικρή διάρκεια ζωής.

Εικόνα 5 :

Σωλήνας Geissler



Εικόνα 6 :

Σωλήνας Geissler σε Λειτουργία



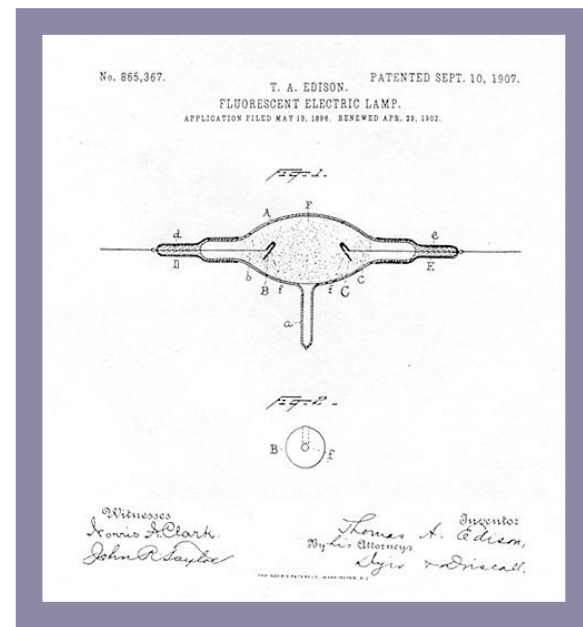
Οι επιστημονικές έρευνες για τον λαμπτήρα φθορισμού προχώρησαν καθώς παράγονταν νέες, αποτελεσματικότερες αντλίες κενού. Μία από τις σημαντικότερες σχετικές εφευρέσεις ήταν ο σωλήνας κενού του William Crookes (1832-1919)^{*2}. Για την εκκένωση του σωλήνα του Crookes χρησιμοποιήθηκε η αντλία κενού υδραργύρου του Hermann Sprengel, η οποία ήταν πολύ αποτελεσματική κάνοντας τον να παράγει λιγοστό φως. Με τη συνεισφορά του Crookes και άλλων επιστημόνων ανακαλύφθηκε το ηλεκτρόνιο το 1897 από τον βρετανό φυσικό J.J. Thomson (1856-1940).



Εικόνα 7 :

Αντλία Κενού του W. Crookes

Σημαντική ήταν και η συνεισφορά του Edison στην ανάπτυξη του λαμπτήρα φθορισμού, ο οποίος απέβλεπε στην εισαγωγή ενός νέου καταναλωτικού προϊόντος στην αγορά το οποίο θα ανταγωνιζόταν τον λαμπτήρα πυράκτωσης κυρίως ως προς τη διάρκεια ζωής. Το κατάφερε (εν μέρη) το 1896, εφευρίσκοντας τον πρώτο λαμπτήρα φθορισμού ο οποίος διέθετε εσωτερική επίστρωση βολφραμικού ασβεστίου ως φθορίζουσα ουσία, η οποία διεγείροταν από ακτίνες Χ. Ο λαμπτήρας καταχωρήθηκε ως αμερικανική πατέντα (U.S. Pat. No. 866,376) το 1907, όμως δεν παράχθηκε ποτέ. Παρ' όλες τις προσπάθειες του Edison για τη δημιουργία ενός αποδοτικού λαμπτήρα φθορισμού, δεν κατάφερε να δημιουργήσει ένα αρκετά ανταγωνιστικό προϊόν.



Εικόνα 8 :

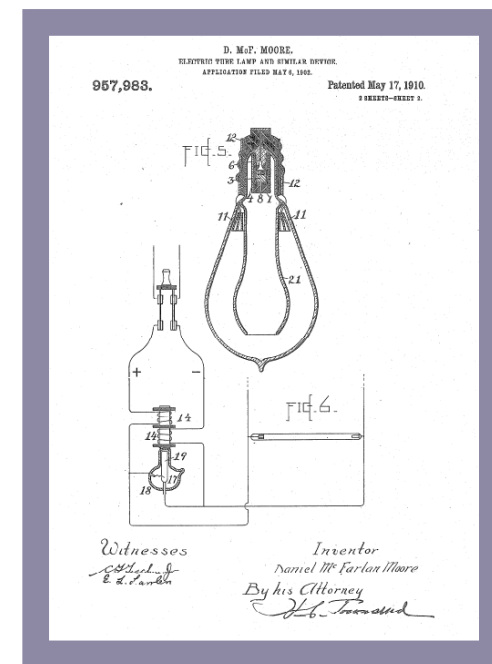
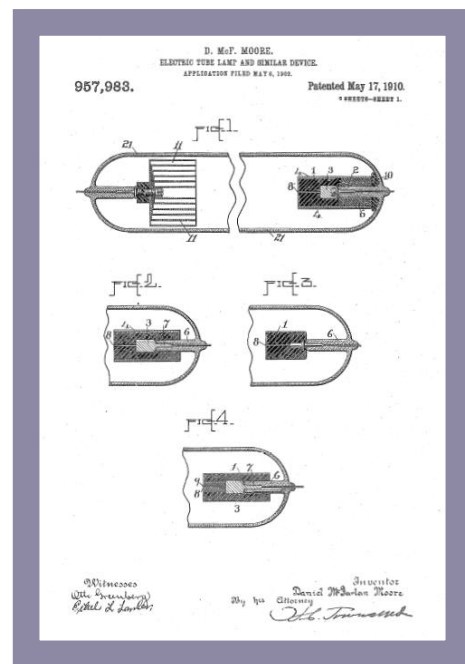
Λαμπτήρας Φθορισμού του T.
Edison (U.S. Pat. No. 866,376)

Παρόμοια πειράματα πραγματοποίησε και ο Σέρβος μηχανικός και εφευρέτης Nikola Tesla (1856-1943) τη δεκαετία του 1890, επινοώντας λαμπτήρες φθορισμού μεγάλης συχνότητας, οι οποίοι απέδιδαν ένα έντονο πράσινο φως. Όπως ο Edison, έτσι και ο Tesla δεν πραγματοποίησε κάποια εμπορική επιτυχία.

Σημαντική πρόοδο σημείωσε αργότερα ένας από τους πρώην εργοδότες του Edison, ο αμερικανός Daniel McFarlan Moore (1869-1936) παρουσιάζοντας το 1895 λαμπτήρες μήκους 2 έως 3 μέτρων οι οποίοι με τη βοήθεια διοξειδίου του άνθρακα ή αζώτου εξέπεμπαν άσπρη ή ροζ φωτεινή ακτινοβολία αντίστοιχα. Φυσικά η διάταξή τους ήταν αρκετά πολυπλοκότερη από εκείνη των λαμπτήρων πυράκτωσης. Ύστερα από χρόνια έρευνας, ο Moore μπόρεσε να επεκτείνει τη διάρκεια ζωής των λαμπτήρων αυτών κάνοντας χρήση μίας ηλεκτρομαγνητικά ελεγχόμενης βαλβίδας, η οποία διατηρούσε την πίεση του αερίου στο εσωτερικό του λαμπτήρα σταθερή. Παρά το γεγονός ότι ο λαμπτήρας του Moore ήταν περίπλοκος κατασκευαστικά ενώ χρειαζόταν δαπανηρή εγκατάσταση καθώς και υψηλή τάση ρεύματος για να λειτουργήσει, ήταν εμφανώς αποδοτικότερος από τους λαμπτήρες πυράκτωσης και το φως του ήταν πολύ πιο φυσικό. Από το 1904 και ύστερα, το σύστημα φωτισμού του Moore χρησιμοποιούνταν σε αρκετά καταστήματα και γραφεία επιχειρήσεων.

Εικόνα 9^α και 9^β :

Λαμπτήρας Φθορισμού του D.
Moore (U.S. Pat. No. 957,983)



Η εφεύρεση του Moore αποτέλεσε πηγή έμπνευσης για την πρωτοπόρα αμερικανική επιχείρηση General Electric (GE). Η GE θέλησε να βελτιώσει τον λαμπτήρα πυράκτωσης και ειδικότερα το νήμα του. Η προσπάθειά της αυτή την οδήγησε στην εφεύρεση ενός νήματος με βάση το βολφράμιο. Παρότι η GE έλαβε την πατέντα του νήματος το 1912, δεν παρήγαγε λαμπτήρες φθορισμού μέχρι δύο δεκαετίες αργότερα.

Σχεδόν παράλληλα με τον Moore, ένας άλλος αμερικανός ερευνούσε εναλλακτικές πηγές φωτισμού. Αυτός ήταν ο Peter Cooper Hewitt (1861-1921), εφευρέτης του λαμπτήρα Ατμού Υδραργύρου, πατέντας του 1901 (U.S. Pat. No. 889,692). Η εφεύρεση αυτή αποτέλεσε την πρώτη μορφή του λαμπτήρα φθορισμού που γνωρίζουμε σήμερα. Ο λαμπτήρας του Hewitt φωτοβολούσε όταν ηλεκτρικό ρεύμα διαπερνούσε τον ατμοποιημένο υδράργυρο σε χαμηλή πίεση. Σε αντίθεση με τον λαμπτήρα του Moore, παραγόταν σε συγκεκριμένα μεγέθη και λειτουργούσε σε χαμηλές τάσεις ρεύματος. Ακόμα, ο λαμπτήρας Ατμού Υδραργύρου υπερτερούσε του λαμπτήρα πυράκτωσης από πλευράς ενεργειακής κατανάλωσης και επίδοσης. Βασικό μειονέκτημα του λαμπτήρα του Hewitt ήταν η μπλε-πράσινη λάμψη που απέδιδε αφού μείωνε το εύρος των εφαρμογών του. Παρόλα αυτά χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία στη φωτογραφία αλλά και στη βιομηχανία.

Στην πορεία των χρόνων αναπτύχθηκαν νέες μορφές του λαμπτήρα ατμού υδραργύρου, ειδικά στην Ευρώπη. Στη δεκαετία του 1930 τέτοιοι λαμπτήρες χρησιμοποιήθηκαν για το φωτισμό δρόμων και γενικά μεγάλων εκτάσεων και εγκαταστάσεων. Κάποιοι από αυτούς διέθεταν επίστρωση από φθορίζουσες ουσίες κυρίως όμως για τη βελτίωση του χρώματος της ακτινοβολίας και όχι για την ενίσχυσή της.

Ο λαμπτήρας φθορισμού στην (σχεδόν) τελική του μορφή παρουσιάστηκε πρώτη φορά στο “New York’s Fair” και είχε μεγάλη απήχηση. Μέχρι τη δεκαετία του 1970 λαμπτήρες φθορισμού χρησιμοποιούνταν σε εργοστάσια, επιχειρήσεις και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η πιο τεχνολογικά εξελιγμένη μορφή του λαμπτήρα φθορισμού είναι ο συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού (Compact Fluorescent Lamp – CFL).

Με κύριο επιχείρημα την χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση, οι λαμπτήρες φθορισμού ανταγωνίζονται έκτοτε τους λαμπτήρες πυράκτωσης στην παγκόσμια αγορά με αποτέλεσμα την κατάργηση των λαμπτήρων πυράκτωσης ύστερα από απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και άλλων φορέων.



Εικόνα 10 :

Συμπαγείς Λαμπτήρες Φθορισμού

¹ Sloman, Paul. *Inventors and Inventions*. London: Black Dog Publishing, 2010

^{*2} Gribben, J.. *The Scientists; A Story Told Through the Lives of Its Greatest Inventors*. Random House, 2004

2. Θεωρητικό Πλαίσιο

Γενικά

Ως περιβαλλοντικές επιπτώσεις ορίζονται «οι οποιεσδήποτε αλλαγές στο περιβάλλον είτε αρνητικές είτε θετικές, εξ ολοκλήρου ή εν μέρει αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων ενός οργανισμού, των προϊόντων, ή των παρεχόμενων υπηρεσιών του» σύμφωνα με το ISO 14001 του 1996.

Τα τελευταία περίπου 40 χρόνια γίνεται μία πιο προσεκτική εξέταση των παραγόντων που χαρακτηρίζουν τις διαδικασίες ανάπτυξης στις βιομηχανοποιημένες χώρες, φανερώνοντας έτσι τους περιβαλλοντικούς κινδύνους που παραμονεύουν σε ένα σύστημα βιομηχανικής ανάπτυξης παρακινούμενο αποκλειστικά από οικονομικούς μηχανισμούς.

Κατανοώντας τα όρια των πηγών πρώτων υλών και ενέργειας καθώς και τους κινδύνους από τα συνεχώς αυξανόμενα φαινόμενα μόλυνσης, προέκυψε η ιδέα της αειφόρου ανάπτυξης. Η **αειφόρος ανάπτυξη (Sustainable Development)** υπερασπίζεται την διαλλαγή των διαδικασιών ανάπτυξης με σεβασμό προς το περιβάλλον, για το συμφέρον των επόμενων γενεών³.

Στα τέλη της δεκαετίας του '60 πολλές επιχειρήσεις προσπαθώντας να δώσουν τέλος στα συνεχώς αυξανόμενα περιβαλλοντικά προβλήματα που παρουσιάζονταν ως αποτέλεσμα της παραγωγής επενέβησαν δίνοντας μη αποδοτικές λύσεις. Όλες αυτές οι λύσεις αποτελούνταν από παρέμβαση μόνο στο τελικό στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας προσφέροντας έτσι μηδαμινά αποτελέσματα. Πιο λεπτομερής προσέγγιση στο πρόβλημα αυτό πραγματοποιήθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 80 με

χαρακτηριστικό παράδειγμα την προληπτική διαχείριση των απορριμμάτων όχι μόνο από επιχειρήσεις αλλά και από διάφορες κυβερνήσεις ανά τον κόσμο. Στην πορεία ο κόσμος οδηγήθηκε στην **περιβαλλοντικά – αποδοτική (eco-efficient) παραγωγή προϊόντων**.

Με την συνεχή πρόοδο της τεχνολογίας, των μεθόδων παραγωγής, αλλά και της διάφορες ανακατάταξης των κοινωνικών δομών και κατά συνέπεια της μορφής της ζήτησης της αγοράς, δημιουργήθηκε η ανάγκη μίας διαφορετικής αντιμετώπισης του εκάστοτε προϊόντος. Η συνειδητοποίηση ότι τα προϊόντα επιδρούν στο περιβάλλον όχι μόνο κατά το στάδιο της παραγωγής τους, αλλά καθ' όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους, αποτέλεσε τη βάση για τη σωστότερη αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Εφόσον η μείωση της περιβαλλοντικής επίδρασης μόνον κατά το στάδιο της παραγωγής δεν επαρκούσε, δημιουργήθηκε μία νέα αντίληψη η οποία βασιζόταν στην **μελέτη ολόκληρου του κύκλου ζωής του προϊόντος (Life Cycle Assessment)** και έτσι των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που δημιουργούνται σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής.

Στις αρχές της δεκαετίας του 90 αναπτύσσεται μία νέα προσέγγιση για την σχέση προϊόντος – περιβάλλοντος η οποία είναι γνωστή ως **Περιβαλλοντικά Ευαίσθητος Σχεδιασμός (Eco-Conscious Design)** ή αλλιώς **EcoDesign**. Το **EcoDesign** αποτελεί μία προσέγγιση στο σχεδιασμό προϊόντος με ιδιαίτερη προσοχή στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του προϊόντος καθ' όλο τον κύκλο ζωής του.

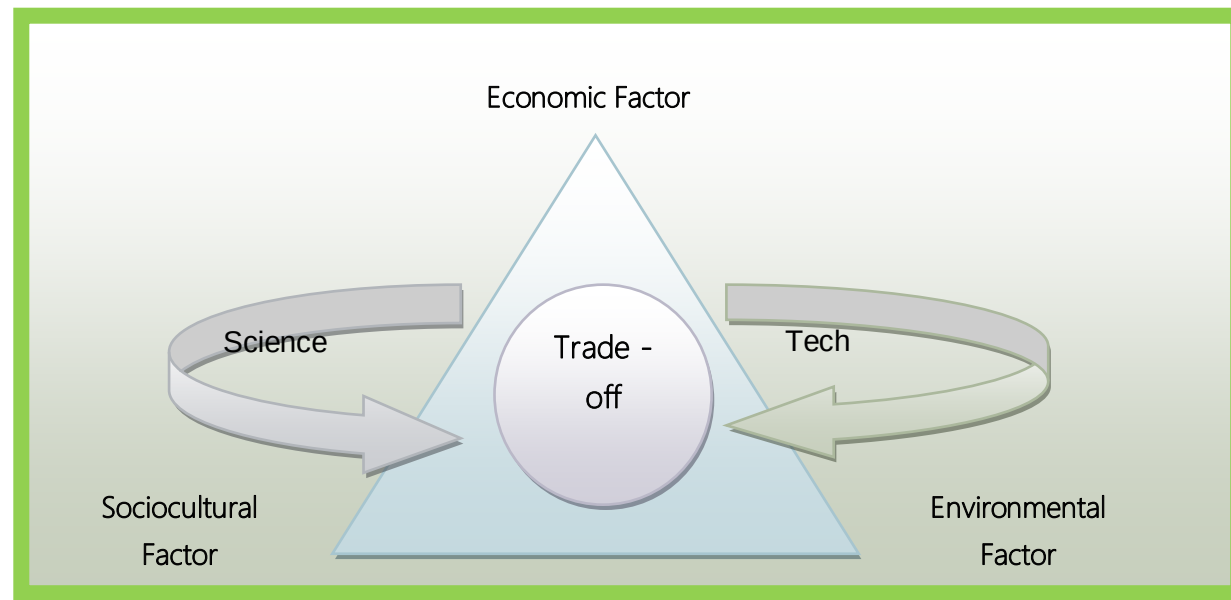
2.1 Βιωσιμότητα – Αειφορία (Sustainability)

2.1.1 Αειφόρος Ανάπτυξη (Sustainable Development)

«Αειφόρος ανάπτυξη είναι η ανάπτυξη η οποία ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να υποθηκεύει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ανταποκρίνονται στις ανάγκες τους» (WCED¹, 1987). Με τον ορισμό αυτόν, όρισε την αειφόρο ανάπτυξη η Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη το 1987, η οποία αναγνωρίζεται πλέον ευρέως ως το βασικό κίνητρο της τρέχουσας διαδικασίας οικονομικής και τεχνολογικής ανάπτυξης. Κεντρική ιδέα είναι η διασφάλιση της χρήσης των περιβαλλοντικών πόρων για την ικανοποίηση της σημερινής ζήτησης κατά τρόπο τέτοιο ώστε να μην καταστραφούν ή μειωθούν σημαντικά για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις επόμενες γενιές. Ακόμα, η αειφόρος ανάπτυξη στοχεύει στο βέλτιστο αποτέλεσμα κάθε διαδικασίας, τόσο για τον άνθρωπο, όσο για το περιβάλλον.

¹ World Commission on Environment and Development

Σχήμα1:
Τρίγωνο της Αειφόρου
Ανάπτυξης (Guidice e.a., 2006)



2.1.2 Αειφόρος Σχεδίαση (Sustainable Design)

Η έννοια της αειφόρου σχεδίασης εκφράζει την ανάγκη αναπροσαρμογής ολόκληρης της σχεδιαστικής μεθοδολογίας, έτσι ώστε να πληρούνται οι προϋποθέσεις για αειφόρο ανάπτυξη αλλά και οικονομική προσφορά στην κοινωνία. Υποδηλώνει την ανάγκη που υπάρχει, ο σχεδιασμός να λαμβάνει υπ' όψιν του τη κοινωνική δικαιοσύνη, τη βέλτιστη χρήση των πόρων και την παραγωγικότητα, κατά το στάδιο του σχεδιασμού^{*3}. Όπως είναι λογικό, οι βασικές αρχές της αειφόρου σχεδίασης είναι παρόμοιες με εκείνες του EcoDesign, μιας και το δεύτερο αποτελεί εξέλιξη του πρώτου.

2.2 Κύκλος Ζωής του Προϊόντος (Product Life Cycle)

2.1.1 Εισαγωγή στον Κύκλο Ζωής του Προϊόντος

Όταν αναφερόμαστε στην ρύπανση που σχετίζεται με τα προϊόντα σκεφτόμαστε συνήθως τα τελικά αποτελέσματα, όπως τα καυσαέρια των οχημάτων, τον καπνό από τα φουγάρα των εργοστασίων, τα χημικά λιπάσματα ή λάστιχα αυτοκινήτων πεταμένα σε χωματερές που μολύνουν το έδαφος και το νερό. Η πραγματικότητα όμως είναι διαφορετική, μιας και η μόλυνση εμφανίζεται σε διάφορες φάσεις της ζωής ενός προϊόντος, όπως για παράδειγμα :

- Στην επιλογή των υλικών
- Στην διαδικασία κατασκευής
- Στη διαδικασία συσκευασίας
- Στο τελικό προϊόν
- Στη μεταφορά και διανομή
- Στην απόρριψη.

Για την καλύτερη και πιο αποτελεσματική μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, δίνεται βάρος στην εξέταση του κύκλου ζωής του προϊόντος και των σταδίων από τα οποία αποτελείται.

Τα περιβαλλοντικά θέματα που προκύπτουν από τη μελέτη του κύκλου ζωής είναι ^{*4}:

- Η εξάντληση των σπάνιων ή πεπερασμένων πόρων,
- Η απελευθέρωση αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου,
- Η παραγωγή χλωροφθορανθράκων, η οποία οδηγεί στην φθορά της στοιβάδας του όζοντος,
- Η δημιουργία όξινης βροχής,
- Η καταστροφή οικοσυστημάτων και η εξαφάνιση συγκεκριμένων ειδών,
- Η μόλυνση του αέρα, του εδάφους και του νερού,
- Η ηχορύπανση,
- Η οπτική ρύπανση.

2.1.2 Ορισμός του Κύκλου Ζωής Προϊόντος

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη ενός προϊόντος, με στόχο την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, είναι η μελέτη ολόκληρου του κύκλου ζωής του. Κατά τη μελέτη του κύκλου ζωής, δίδεται έμφαση σε κάθε ένα από τα στάδια του κύκλου αλλά και σε ολόκληρο τον κύκλο. Ο κύκλος ζωής του προϊόντος αποτελείται ορίζεται ως οι διαδικασίες μετασχηματισμού των αντίστοιχων πόρων στα ακόλουθα στάδια :

- **Εξόρυξη φυσικών πόρων**

Εξόρυξη των απαραίτητων πόρων καταναλώνοντας και τα απαραίτητα ποσά ενέργειας για την παραγωγή πρώτων και συμπληρωματικών υλών.

- **Επεξεργασία και κατεργασία υλικών**

Τα υλικά περνούν από το κατασκευαστικό και συνθετικό κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας. Κατασκευάζονται έτσι τμήματα, υπό-εξαρτήματα, εξαρτήματα, λογισμικό και άλλα. Εκτός από σημαντικά ποσά ενέργειας, το στάδιο αυτό απαιτεί τα αντίστοιχα με τις κατασκευαστικές απαιτήσεις του προϊόντος μηχανήματα, παραγωγικό εξοπλισμό καθώς και αναλώσιμες ύλες.

- **Μεταφορά και διανομή**

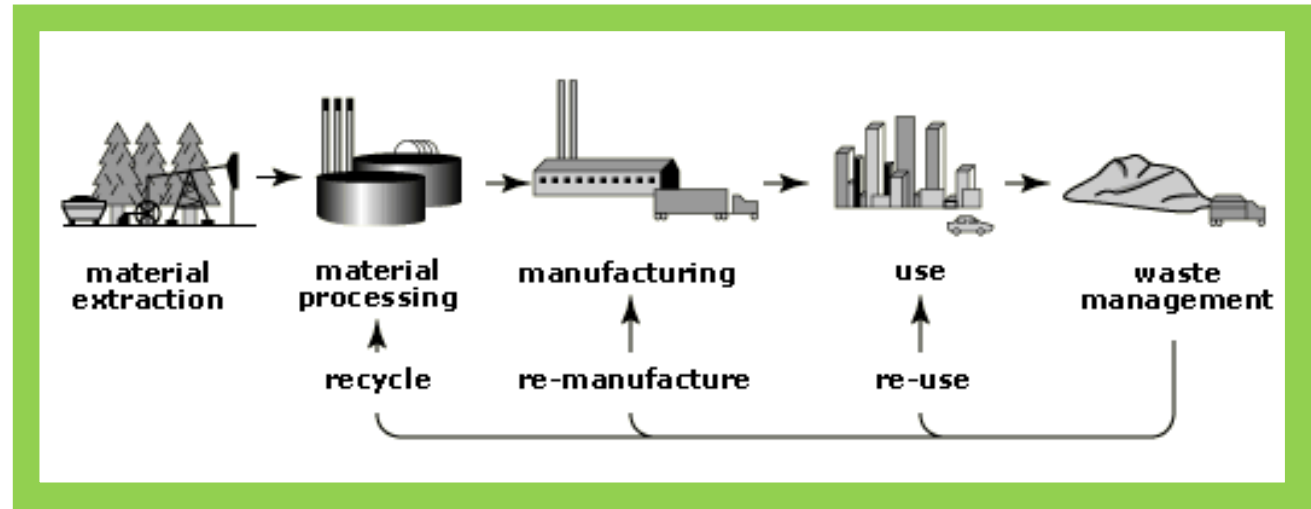
Μεταφορά του προϊόντος στον τόπο χρήσης ή διάθεσής του και μετέπειτα διάθεση.

- **Χρήση προϊόντος**

Χρήση του προϊόντος από τους εκάστοτε πελάτες / χρήστες. Περιλαμβάνει την κατανάλωση ενέργειας και πιθανά χρήση αναλώσιμων υλικών. Η χρήση των υλικών αυτών έχει ως αποτέλεσμα της απελευθέρωση αερίων, εκροών και απορριμμάτων. Κατά το στάδιο αυτό είναι πιθανό να χρειαστεί συντήρηση, επισκευή ή αναβάθμιση του προϊόντος, με σκοπό την επιμήκυνση της ωφέλιμης ζωής του.

- Τέλος Ζωής

Το προϊόν υπάρχει πιθανότητα να αποσυρθεί, να υποστεί διάλυση, να επαναχρησιμοποιηθεί, να ανακυκλωθεί ή ακόμα και να αποτεφρωθεί.



Σχήμα 2:

Ο κύκλος ζωής του προϊόντος^{*5}

Στον κύκλο ζωής του προϊόντος συμπεριλαμβάνονται ακόμα οι συμπληρωματικές ύλες που χρησιμοποιούνται κατά τη μεταποίηση, τη μεταφορά, τη χρήση και την καταστροφή του προϊόντος.

Στην πραγματικότητα, τα στάδια του κύκλου ζωής δεν ακολουθούν κάποια γραμμική μορφή. Σε πολλές περιπτώσεις μπορούμε να συναντήσουμε και άλλους κύκλους οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους ή απλά παρεμβάλλονται. Χαρακτηριστικές τέτοιες περιπτώσεις παρουσιάζονται παρακάτω.

Στάδιο Κύκλου Ζωής	Διαδικασία
Χρήση	Επιδιόρθωση και Επισκευή
Χρήση	Αναβάθμιση με Πρόσθεση ή Αντικατάσταση Λειτουργιών
Τέλος Ζωής –Ανακύκλωση	Επαναλαμβανόμενες Επιδιορθώσεις και Χρήσεις
Τέλος Ζωής – Επαναχρησιμοποίηση	Αντίστροφη Κατασκευή και Αποσυναρμολόγηση

Πίνακας 3:

Διαδικασίες στα Στάδια του Κύκλου Ζωής^{*6}

2.1.3 Αποτίμηση του Κύκλου Ζωής του Προϊόντος (Life Cycle Assessment – LCA)

Το εργαλείο που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον ενός προϊόντος ή μίας δραστηριότητας συνολικά καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, είναι η αποτίμηση του κύκλου ζωής (Life Cycle Assessment - LCA). Η διαδικασία αυτή δίνει κυρίως ποσοτικά αποτελέσματα και χρησιμοποιείται κυρίως στην πράξη.

Η διαδικασία LCA αποτελείται από συγκεκριμένα βήματα, τα οποία είναι :

1. Ο ορισμός των στόχων που πρέπει να επιτευχθούν.

Η σε βάθος κατανόηση των στόχων της LCA είναι πολύ σημαντική, όπως σημαντική είναι και η κατανόηση του βαθμού στον οποίο μπορεί να επεκταθεί ή χρειάζεται να περιοριστεί η ανάλυση πριν ξεκινήσει η συλλογή των δεδομένων. Βασική είναι επίσης η οριοθέτηση της διαδικασίας LCA προκειμένου να καλυφθούν όλα τα απαιτούμενα θέματα και παράλληλα να μπορεί να ολοκληρωθεί σε λογικά χρονικά πλαίσια.

- 2. Η ανάλυση των αποθεμάτων καθώς και η ανίχνευση υλικών που προκαλούν αρνητική επίδραση στο περιβάλλον.**
- 3. Η ανάλυση των επιδράσεων .**
Στο στάδιο αυτό εξετάζονται οι διάφορες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχουν ήδη διαπιστωθεί.
- 4. Πραγματοποίηση βελτιωτικών ενεργειών για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιδράσεων και προτάσεις για σχετικές μελλοντικές ενέργειες.**

Τα δεδομένα διαφέρουν σε κάθε LCA και εξαρτώνται από το ποιος και για ποιόν ακριβώς λόγο διεξάγει την έρευνα.

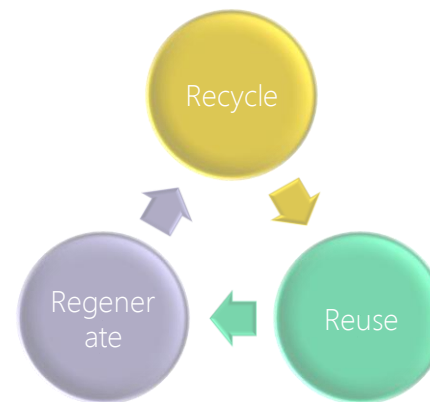
Η διαδικασία της εκτίμησης του κύκλου ζωής είναι μια χρονοβόρα διαδικασία που εξετάζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός προϊόντος και διενεργεί ελέγχους προκειμένου να μετρήσει τους παράγοντες που επηρεάζουν την περιβαλλοντική συμπεριφορά ενός προϊόντος και σε ποιο βαθμό. Πρόκειται για μια τεχνική που δίνει πολύ καλά αποτελέσματα στον καθορισμό του πως ένα τρέχον προϊόν μπορεί να επανασχεδιαστεί προκειμένου να έχει τη βέλτιστη περιβαλλοντική συμπεριφορά.

Τα βασικά μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι πρόκειται για μία εξαιρετικά χρονοβόρα στην εφαρμογή της τεχνική, με μεγάλο κόστος, η οποία είναι σε θέση να δώσει πληροφορίες μόνον εφόσον το σχέδιο έχει ολοκληρωθεί. Ακόμα, πρόκειται για μία διαδικασία, η οποία δεν βοηθάει τους σχεδιαστές να βελτιώσουν την τρέχουσα περιβαλλοντική επίδραση των διαφόρων παραγόντων. Για τους παραπάνω λόγους η LCA δεν εφαρμόζεται κατά τη φάση ανάπτυξης ενός προϊόντος. Παρόλα αυτά επειδή μια πλήρης λεπτομερής LCA μελέτη φαίνεται να είναι απαραίτητη προκειμένου να εξεταστούν οι περιβαλλοντικές παράμετροι που επηρεάζονται από το κάθε προϊόν και να καθοριστούν στη συνέχεια οι σχεδιαστικές αλλαγές που θα πρέπει να γίνουν, υπάρχουν και αρκετές ακόμα ερευνητικές τεχνικές και κανόνες που μπορούν να δώσουν επιτυχή αποτελέσματα και να οδηγήσουν στη βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς του κάθε προϊόντος.

2.1.4 Το Κλείσιμο του Κύκλου Ζωής

Το κλείσιμο του κύκλου ζωής του προϊόντος έχει ως πρότυπο τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η φύση. Οργανωμένη σε έναν αέναο κύκλο, η ζωή στη φύση περιλαμβάνει κάθε μορφή ζωής η οποία αποτελεί τροφή για την επόμενη. Με την ίδια λογική, τα απορρίμματα γυρνούν πίσω στη φύση, όπου (φυσιολογικά) αποικοδομούνται και δημιουργούν νέες μορφές ζωής.

Τα βιομηχανικά συστήματα οφείλουν να υιοθετήσουν το πρότυπο αυτό της φύσης. Αυτό μπορούν να το επιτύχουν μόνο χρησιμοποιώντας αποτελεσματικά τους πόρους και κλείνοντας τον κύκλο που ακολουθούν οι ροές των υλικών και της ενέργειας, σε μία προσπάθεια ελάττωσης των περιβαλλοντικών επιδράσεων.



Σχήμα 1 :

Το κλείσιμο του κύκλου ζωής

2.2 Περιβαλλοντικά Ευαίσθητος Σχεδιασμός (EcoDesign)

2.2.1 Εισαγωγή στο EcoDesign

Η πρακτική του EcoDesign πρωτοεμφανίστηκε την δεκαετία του '90 και εξέφραζε την ανάγκη μείωσης της αρνητικής επίδρασης που προκαλούσε η υπερπαραγωγή προϊόντων στο περιβάλλον.

Τα φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα είναι προϊόντα που συμφωνούν με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς και έχουν χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στη μείωση της επίδρασής τους στο περιβάλλον. Ένα ιδανικά φιλικό προς το περιβάλλον προϊόν θα ήταν ένα προϊόν που όχι μόνο δεν επιδρά με κανένα τρόπο αρνητικά προς το περιβάλλον σε καμία φάση της ζωής του αλλά και συμβάλει στην αναστροφή της υπάρχουσας αλλοίωσής του. Επίσης το ιδανικό για το περιβάλλον προϊόν κατά την απόσυρσή του από την αγορά θα ήταν μια χρήσιμη αρχική ύλη για την κατασκευή άλλων προϊόντων^{*7}.

Τα τελευταία χρόνια στα πλαίσια του EcoDesign, γίνονται προσπάθειες ενσωμάτωσης των θεμάτων που αφορούν στο περιβάλλον, στο στάδιο του σχεδιασμού του προϊόντος. Κάποιες από αυτές είναι :

- Ecological Design (Van der Ryn & Cowan, 1996)
- Design for Environment - DfE (Ashley, 1993)
- Green Design – GD (Burall, 1991 ; Mackenzie, 1991)
- Environmentally Conscious Design – ECD (McAllone, 1998)
- Life Cycle Design (Keoleian & Meraney, 1994)
- Eco-Effective Design (Frei, 1998)
- EcoRedesign (Ryan, 1996)

Η ποικιλία των ορολογιών στις διάφορες μεθόδους έγκειται στο γεγονός ότι κάθε μία προσεγγίζει το ίδιο πρόβλημα με διαφορετικό κάθε φορά υπόβαθρο (οικολογία, βιολογία, μηχανολογία).

Ο σχεδιασμός του προϊόντος ευθύνεται για το 70% του τελικού κόστους του. Με βάση το συμπέρασμα αυτό, μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα το μέγεθος των περιβαλλοντικών επιδράσεων του προϊόντος.

2.2.2 Ορισμός του EcoDesign

Παρά το καθορισμένο αντικείμενο του EcoDesign, δεδομένου ότι είναι μία σχετικά νέα έννοια, οι ερευνητές εξακολουθούν να την αναθεωρούν και να της δίνουν νέους ορισμούς. Κάποιοι από αυτούς τους ορισμούς παρουσιάζονται παρακάτω :

- «Το EcoDesign είναι μια σειρά από διαδικασίες, οι οποίες μπορούν να ενσωματωθούν στο σχεδιασμό με στόχο την ελαχιστοποίηση των οικολογικών επιπτώσεων των προϊόντων που έχουν σχεδιαστεί» ^{*8}
- «Το Ecodesign θεωρεί το περιβάλλον σε όλες τις διαδικασίες ανάπτυξης του προϊόντος και επιδιώκει την ανάπτυξη προϊόντων με τη χαμηλότερη δυνατή περιβαλλοντική επίδραση καθ' όλο τον κύκλο ζωής τους» ^{*9}.
- «Το Ecodesign είναι ο σχεδιασμός που λαμβάνει υπ' όψιν του όλες τις περιβαλλοντικές επιδράσεις ενός προϊόντος καθ' όλο τον κύκλο ζωής του, προσπαθώντας παράλληλα να βελτιστοποιήσει τα κριτήρια κόστους, ποιότητας και εμφάνισης» ^{*10}.
- «Το EcoDesign υποδηλώνει τη σπουδαιότητα βιώσιμης ανάπτυξης των προϊόντων τόσο από περιβαλλοντική όσο και από οικονομική σκοπιά» ^{*11}.
- «Το Ecodesign είναι ο σχεδιασμός ενός προϊόντος, μίας υπηρεσίας ή ενός συστήματος με στόχο την ελαχιστοποίηση της ολικής περιβαλλοντικής επίδρασης» ^{*12}.

- Η IDSA (Industrial Design Society of America) προσδιορίζει την έννοια του EcoDesign μέσω των ενεργειών που εκείνο πρέπει να ακολουθεί δίνοντας έτσι έναν αναλυτικό ορισμό ^{*13}. Αυτές είναι :

1. Χρήση κάθε φορά στρατηγικών αντίστοιχων με τις ανάγκες του προϊόντος :
 - a. Μείωση των υλικών και αύξηση του ποσοστού των περιεχόμενων ανακυκλωμένων υλικών.
 - b. Μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας των προϊόντων.
 - c. Προσδιορισμός βιώσιμων υλικών κατά τη χρήση ξύλου ή γεωργικών υλικών.
 - d. Σχεδίαση επαναχρησιμοποιούμενων προϊόντων.
 - e. Απομάκρυνση μη χρησιμοποιήσιμων ή μη απαραίτητων χαρακτηριστικών του προϊόντος.
 - f. Χρήση ελαφριών υλικών με στόχο την μειωμένη ενέργεια μεταφοράς.
 - g. Σχεδίαση για εύκολη, οικονομική αποσυναρμολόγηση των κύριων εξαρτημάτων πριν το στάδιο της ανακύκλωσης.
2. Πραγματοποίηση αναλυτικής περιβαλλοντικής μελέτης:
 - a. Ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όλων των εξαρτημάτων καθ' όλον τον κύκλο ζωής.

- b. Ανάλυση όλων των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όπως καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος, μόλυνση νερού, μείωση πόρων, καταστροφή οικοσυστημάτων κ.α.
 - c. Προσπάθεια μείωσης των κύριων οικολογικών καταστροφών.
 - d. Πραγματοποίηση ανάλυσης LCA με στόχο την εύρεση μεθόδων βελτίωσης της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς.
3. Ενθάρρυνση νέων επιχειρησιακών μοντέλων και αποτελεσματικής επικοινωνίας:
- a. Υποστήριξη “take back” συστημάτων τα οποία επιτρέπουν την αναβάθμιση του προϊόντος και την ανακύκλωση των υλικών.
 - b. Μίσθωση του προϊόντος ή πώληση της υπηρεσίας για την βελτίωση της μακροπρόθεσμης απόδοσης και την συλλογή των υλικών στο τελικό στάδιο ζωής του προϊόντος.
 - c. Εφαρμογή οικολογικής υπευθυνότητας στις εσωτερικές και εξωτερικές ενέργειες της επιχείρησης.
 - d. Εξέταση σταδιακής μείωσης της κατανάλωσης από την αγορά και επαναπροσδιορισμού βασικών αναγκών.
 - e. Πιστοποίηση περιβαλλοντικά φιλικών οργανισμών.

- ^{*2}Guidice, La Rosa & Risitano. *Product Design for the Environment*. Florida: Taylor and Francis Group, 2006
- ^{*3} Lorient C.. *Implementing Environmentally Conscious Development in the Canadian Industries, An Industrial Design Systemic Prospective*. Master presented in the fulfillment of the LUMES program: Lund University international Masters program in Environmental Science. Lund, 2003
- ^{*4} Papanek V.. *The Green Imperative*. London: Thames and Hudson, 1995
- ^{*5} Otto K., Wood K.. *Product Design*. Prentice Hall, 2000
- ^{*6} Wimmer W., Züst R., Lee K.-M. *Ecodesign Implementation – A Systematic Guidance on Integrating Environmental Considerations into Product Development*, Dordrecht, Springer, 2004
- ^{*7} Γιαννίκη Δ.. *Διαδικασία Βελτιστοποίησης Σχεδίασης Προϊόντος με Βάση Περιβαλλοντικά Κριτήρια, Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνίο Κρήτης*. Χανιά, 2009
- ^{*8} EDF; Ecodesign Foundation. *EcoDesign Foundation; Goal*. Μάιος 2004. <http://www.edf.edu.au>
- ^{*9} Brezet, Van Hemel, Smart EcoDesign. *Electronics Strategy Wheel* (source: LIDS Wheel: EcoDesign a Promising Approach), UNEP/Delft University
- ^{*10} Pujari D., *Eco-innovation and new product development : understanding the influences on market performance*, Technovation 2004
- ^{*11} Johansson G., Widheden J., Bergendahl C.G., *Green is the colour of the money, commercial success stories from ecodesign*, Green pack report, 2001

http://www.greenpack.org/results/Reports/Green_is_the_colour_of_money.pdf

^{*12} Sherwin, C.. *Innovative Ecodesign - An Exploratory and Descriptive Study of Industrial Design Practice*. School of Industrial and Manufacturing Science. Cranfield, Cranfield University. Διδακτορική Εργασία, 2000

^{*13} Cuffaro, D. e.a., *Process Materials and Measurements: all the details industrial designers need to know and can never find*. Gloucester. Rockport, 2006

3 Μέθοδοι Αναμόρφωσης Σχεδίων Προϊόντων

3.1 Βασικές Έννοιες

Παρακάτω αναφέρονται κάποιες έννοιες γύρω από τις οποίες αναπτύσσονται οι βασικότερες μεθοδολογίες εφαρμογής του EcoDesign.

- **Μάζα συγκεκριμένου υλικού στο προϊόν**
Σημαντική είναι η αναφορά στο ποσοστό υλικών τα οποία είναι απαγορευμένα, επικίνδυνα ή υπό εξέταση το οποίο περιέχεται στο προϊόν
- **Συνολική μάζα προϊόντος και συσκευασίας**
- **Παραγωγή ή/και απελευθέρωση συγκεκριμένων υλικών** (απαγορευμένα, επικίνδυνα ή υπό εξέταση) κατά την διαδικασία παραγωγής
- **Δυνατότητα ανακύκλωσης ή/και αποσυναρμολόγησης**
Αναφέρεται στο βαθμό στον οποίο κάθε εξάρτημα αλλά και ολόκληρο το προϊόν μπορεί να ακολουθήσει μία διαδικασία ανακύκλωσης ή/και αποσυναρμολόγησης κατά το στάδιο του τέλους ζωής του.

- **Χρόνος αποσυναρμολόγησης**
Χρονική διάρκεια της διαδικασίας αποσυναρμολόγησης
- **Κατανάλωση Ενέργειας**
Ενέργεια που καταναλώνει το προϊόν κατά τη διάρκεια ζωής του. Μπορεί να υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας τις συνολικές αναμενόμενες ώρες ζωής επί την ανά ώρα κατανάλωση του προϊόντος.

3.2 Περιγραφή Μεθόδων

3.2.1 Πίνακας Σχεδίασης Προϊόντων (Product Design Matrix – PDM)

Η μέθοδος PDM είναι ένα εργαλείο που δημιουργήθηκε από το Minnesota Office of Environmental Assistance και το Minnesota Technical Assistance Program (MnTAP) ^{*14}.

Η PDM έχει ως στόχο να υποδείξει στους σχεδιαστές προϊόντων που εμφανίζονται οι κυριότερες επιδράσεις στο περιβάλλον ως αποτέλεσμα της σχεδίασης του προϊόντος. Στον πίνακα μελετώνται οι εξής δύο κατηγορίες: οι περιβαλλοντικές παράμετροι και το στάδιο του κύκλου ζωής στο οποίο βρίσκεται το προϊόν κάθε φορά.

Ο πίνακας αποτελείται από 7 γραμμές και 7 στήλες. Στην πρώτη γραμμή του πίνακα αναφέρονται οι ακόλουθες περιβαλλοντικές παράμετροι (1 έως 5):

1. Υλικά
2. Κατανάλωση Ενέργειας
3. Στερεά Υπολείμματα
4. Υγρά Υπολείμματα, και
5. Αέρια Υπολείμματα.

Αντίστοιχα, στην πρώτη στήλη του πίνακα αναφέρονται οι πέντε φάσεις του κύκλου ζωής (Α έως Ε):

- A. Πριν την κατασκευή
- B. Κατασκευή
- C. Διανομή, συσκευασία
- D. Χρήση, συντήρηση, και
- E. Τέλος διάρκειας ζωής

Ο πίνακας της μεθόδου PDM φαίνεται παρακάτω

Πίνακας 4:
Πίνακας Σχεδίασης Προϊόντων *15

Στάδια Κύκλου Ζωής	Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις					Συνολικά
	1. Υλικά	2. Κατανάλωση Ενέργειας	3. Στερεά Υπολείμματα	4. Υγρά Υπολείμματα	5. Αέρια Υπολείμματα	
A. Πριν την Κατασκευή	(A.1)	(A.2)	(A.3)	(A.4)	(A.5)	
B. Κατασκευή	(B.1)	(B.2)	(B.3)	(B.4)	(B.5)	
C. Διανομή, Συσκευασία	(C.1)	(C.2)	(C.3)	(C.4)	(C.5)	
D. Χρήση	(D.1)	(D.2)	(D.3)	(D.4)	(D.5)	
E. Τέλος Ζωής	(E.1)	(E.2)	(E.3)	(E.4)	(E.5)	
Συνολικά						

Σε συνδυασμό με τον πίνακα περιέχεται και μία σειρά ερωτήσεων για κάθε ένα από τα 25 κελιά του πίνακα (A.1 έως E.5). Οι ερωτήσεις αυτές διαφέρουν σε κάθε PDM και αυτό είναι αναμενόμενο, μιας και δημιουργούνται κάθε φορά από τον υπεύθυνο της έρευνας. Κατά συνέπεια οι ερωτήσεις που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτώνται από το προϊόν και τις ανάγκες της εταιρείας που σχεδιάζει και κατασκευάζει το προϊόν. Ακόμα υπάρχει βαθμονομημένη κλίμακα η οποία σχετίζεται με την κάθε ερώτηση. Το άθροισμα των κελιών με βάση την κλίμακα αυτήν, υπολογίζεται σε γραμμές και στήλες. Με την επεξεργασία των αποτελεσμάτων του πίνακα, ο ενδιαφερόμενος μπορεί να εντοπίσει το

μέγεθος και το είδος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς και το στάδιο του κύκλου ζωής στο οποίο συμβαίνουν.

Γενικότερα η PDM είναι μία σχετικά απλή και σύντομη μέθοδος πράγμα που την καθιστά ευρέως εφαρμόσιμη κατά την μελέτη και ανάπτυξη του προϊόντος κυρίως στα πρώτα στάδια.

3.2.2 Ανάλυση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Environmental Effects Analysis - EEA)

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε σταδιακά από διάφορους οργανισμούς, πανεπιστήμια και εταιρίες όπως University of Kalmar, Volvo, Consulting Agency HRM/Ritline, και άλλους. Βασίζεται σε μία γενικότερη μεθοδολογία γνωστή ως «Ποιοτική Εκτίμηση των Σφαλμάτων και των Επιδράσεων τους» (Failure Modes and Effects Analysis – FMEA) και διαφοροποιείται από αυτήν στο κομμάτι που αφορά στην μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Εφαρμόζεται και αυτή κατά κυρίως στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του προϊόντος ενώ συστήνεται η παρουσία ενός ειδικού στα περιβαλλοντικά θέματα ως μέλος της ομάδας σχεδιασμού.

Για την επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου ακολουθούνται τα εξής βήματα : ^{*16}

1. Αρχικά εντοπίζονται και καταγράφονται οι βασικές δραστηριότητες οι οποίες σχετίζονται με κάθε στάδιο του κύκλου ζωής του προϊόντος.
2. Στη συνέχεια εντοπίζονται οι περιβαλλοντικές επιδράσεις οι οποίες σχετίζονται άμεσα με την περιβαλλοντική πτυχή της ανάπτυξης του προϊόντος και ακόμα το στάδιο στο οποίο εμφανίζονται. Χαρακτηριστικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μελετούνται συχνά με τη

3. συγκεκριμένη μέθοδο, είναι εξάντληση πρώτων υλών και πηγών ενέργειας, καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος καθώς και ο ευτροφισμός.
4. Ύστερα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αξιολογούνται έτσι ώστε να καθοριστεί η σημαντικότητά τους. Για την αξιολόγηση υπολογίζεται ο αριθμός περιβαλλοντικής προτεραιότητας (Environmental Priority Number – EPN). Για τον υπολογισμό του EPN χρησιμοποιούνται τρεις μεταβλητές οι οποίες είναι οι:
 - **S** : για θέματα ελέγχου,
 - **I** : για θέματα δημόσιας προβολής και εικόνας,
 - **O** : για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Οι μεταβλητές παίρνουν τιμές από 1 έως 3 με βάση την περιβαλλοντική συμπεριφορά, όπου 1 είναι η καλύτερη δυνατή βαθμολογία, αντιστοιχεί δηλαδή στην βέλτιστα αποδεκτή περιβαλλοντική συμπεριφορά, και 3 η χειρότερη δυνατή.

Ο EPN υπολογίζεται εάν προσθέσουμε τις μεταβλητές S, I και O.

Μία τέταρτη μεταβλητή είναι η **F**, η οποία αντιστοιχεί στην επιθυμητή βελτίωση. Η μεταβλητή F επικεντρώνεται στην απαιτούμενη προσπάθεια σε χρόνο, κόστος και τεχνική δυνατότητα βελτίωσης του προϊόντος. Η F μπορεί να πάρει τιμές από 1 έως 9, όπου το 1 αντιστοιχεί στην μηδενική πιθανότητα βελτίωσης, ενώ το 9 στη μέγιστη δυνατή πιθανότητα βελτίωσης.

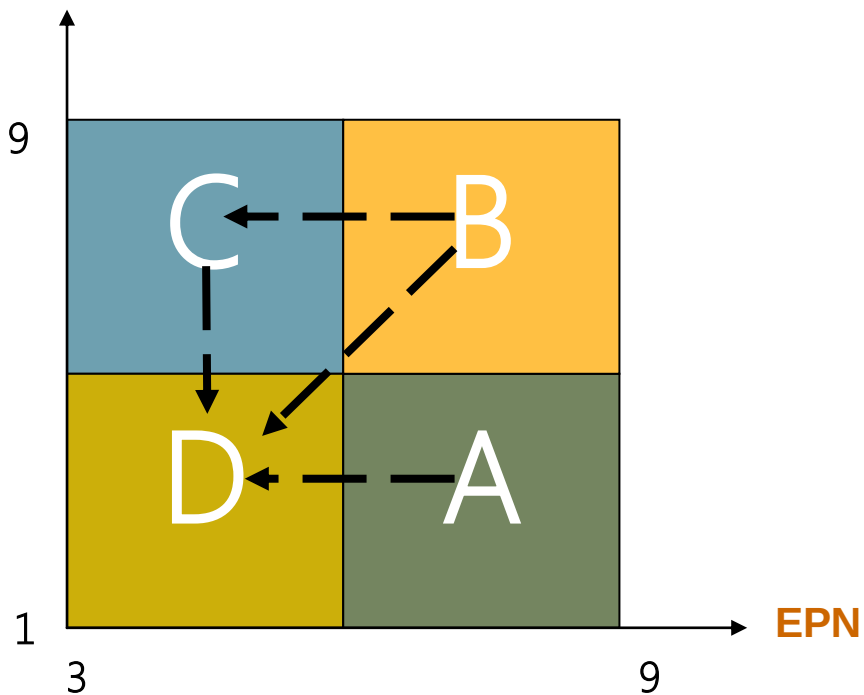
5. Τέλος, τα αποτελέσματα της εκτίμησης των παραπάνω μεταβλητών καταχωρούνται σε πίνακα αξιολόγησης με στόχο τον καθορισμό των αλλαγών που χρειάζεται να γίνουν στον σχεδιασμό του προϊόντος με αποτέλεσμα τη βελτίωση του. Στο συγκεκριμένο πίνακα καταγράφονται οι προτάσεις για σχεδιαστικές αλλαγές καθώς και οι αποφάσεις που λαμβάνονται, οπότε οι δείκτες EPN και F εκτιμώνται ξανά προκειμένου να διασφαλιστεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μια αξιόπιστη καταγραφή των πιθανών αλλαγών που μπορούν

να συμβούν στη σχεδίαση του κάθε προϊόντος καθώς και εκτιμήσεις για τα αποτελέσματα που θα προκύψουν με το τελικό αποτέλεσμα.

Ο πίνακας αξιολόγησης φαίνεται παρακάτω, όπου τα A, B, C, D αντιστοιχούν σε:

- A. Νέα τεχνική λύση
- B. Εναλλακτική τεχνική λύση
- C. Καμία εφικτή ενέργεια, και
- D. Καμία απαραίτητη ενέργεια

Πιθανότητα



Σχήμα 3.

Πίνακας Αξιολόγησης ^{*17}

Ακολουθεί το φύλλο αξιολόγησης της μεθόδου ΕΕΑ:

Environmental Effect Analysis - EEA					
Part Name	Part Number	Drawing Number	Function	Date	Issue
Project	Supplier	Info	Follow-up Date	Page No.	
EEA Leader	EEA Participants				

Inventory Life-Cycle		Environmental Characteristics		Valuation				Actions Proposals for Action		Valuation				Realization	
No.	Life-Cycle Phase	Activity	Environmental Effect	S	I	O	EPN/F	Recommended Actions	Environmental Effect / Aspect	S	I	O	EPN/F	Remarks	Responsible

Πίνακας 5: Φύλλο Αξιολόγησης ΕΕΑ

3.2.3 EcoDesign Strategy Wheel – Μέθοδος LiDS

Γενικά

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε από τους Brezet και van Hemel το 1997 στο ολλανδικό τεχνολογικό ίδρυμα του Delft. Αρχικά παρουσιάστηκε ως μέρος του εγχειριδίου PROMISE² ενώ προσαρμόστηκε από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας του Καναδά.

Είναι ένα εύχρηστο εργαλείο αξιολόγησης ενός νέου ή αναμορφωμένου προϊόντος χρησιμοποιώντας το παλιό σχέδιο σαν σημείο αναφοράς. Παρέχει ένα βασικό πλαίσιο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί συστηματικά στην ανασκόπηση ολόκληρου του κύκλου ζωής ενός προϊόντος. Σαν εργαλείο, έχει τη δυνατότητα να:

- να κινητοποιήσει τη δημιουργική διαδικασία παραγωγής,
- να βοηθήσει στην οπτικοποίηση της τρέχουσας περιβαλλοντικής επίδοσης, και
- να υπογραμμίσει τις δυνατότητες για βελτίωση.

² περιβαλλοντικό πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών «PROMISE Manual» και προσαρμόστηκε από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας του Καναδά

Η οπτικοποίηση της δημιουργίας και λειτουργίας ενός προϊόντος απαιτεί μία ισορροπία λειτουργικών, οικονομικών, και περιβαλλοντικών στοιχείων. Ο κύκλος που έχει τα 8 σημεία που μελετώνται όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί ξεκινάει με τις νέες ιδέες για το προϊόν, τις σχεδιαστικές ανάγκες, την επιλογή υλικών, την παραγωγή, τη διανομή και τη χρήση καθώς και το τέλος του χρόνου ζωής του προϊόντος. Παρόλο που οι στρατηγικές είναι αριθμημένες διαδοχικά βασισμένες στον κύκλο ζωής του προϊόντος, η σειρά εφαρμογής των στρατηγικών δεν είναι η ίδια για κάθε προϊόν. Με άλλα λόγια, δεν υπάρχει ένας σωστός τρόπος εφαρμογής των στρατηγικών, αλλά η σειρά των απαιτούμενων ενεργειών εξαρτάται από τις ανάγκες την εταιρίας ή του οργανισμού γενικότερα καθώς και από την παραγωγή του προϊόντος.

Η μέθοδος LiDS wheel χρησιμοποιεί 8 σημεία για να βελτιώσει ένα προϊόν τα οποία είναι τα εξής^{*18}:

1. Ανασκόπηση της σχεδίασης και ανάπτυξης του προϊόντος
 - Ανάλυση επιμέρους χρησιμοποιούμενων υλικών.
 - Αύξηση πολλαπλής χρήσης του προϊόντος.
 - Σημεία που επιδέχονται επισκευή.
2. Βασικές ενέργειες βελτίωσης σε όλη τη διάρκεια ζωής του προϊόντος
 - Καθορισμός των λειτουργιών του προϊόντος.
 - Βελτιστοποίηση λειτουργιών.
 - Αύξηση αξιοπιστίας και διάρκειας ζωής.
 - Εύκολη επισκευή και διατήρηση προϊόντος.

- Δομή προϊόντος.
 - Μελέτη επιμέρους τμημάτων.
 - Ισχυρή σχέση παραγωγού –χρήστη.
3. Βελτίωση των υλικών που χρησιμοποιούνται.
- Καθαρότερα υλικά.
 - Ανανεώσιμα υλικά.
 - Υλικά μικρής ενεργειακής κατανάλωσης.
 - Υλικά ανακύκλωσης.
 - Κατασκευή από ανακυκλώσιμα υλικά.
 - Ελάττωση χρήσης υλικών.
4. Βελτίωση των τεχνικών παραγωγής.
- Εναλλακτικές τεχνικές συναρμολόγησης.
 - Λιγότερα βήματα στη διαδικασία συναρμολόγησης και παραγωγής.
 - Λιγότερη / καθαρότερη κατανάλωση ενέργειας.
 - Λιγότερα απόβλητα από τη διαδικασία συναρμολόγησης και παραγωγής.
 - Λιγότερα / καθαρότερα απαιτούμενα αναλώσιμα για τη συναρμολόγηση και παραγωγή.
5. Βελτίωση συστήματος διανομής.
- Λιγότερη / καθαρότερη / επαναχρησιμοποιούμενη συσκευασία.

- Αποδοτική διαχείριση και μεταφορά ενέργειας.
- 6. Επίδραση στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια της χρήσης.
 - Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.
 - Καθαρότερη πηγή ενέργειας.
 - Λιγότερα απαιτούμενα αναλώσιμα.
 - Καθαρότερα απαιτούμενα αναλώσιμα.
- 7. Μείωση αρνητικών περιβαλλοντικών επιδράσεων σε όλα τα στάδια ζωής του προϊόντος.
 - Αξιοπιστία και διάρκεια χρήσης.
 - Εύκολη διατήρηση και επισκευή.
 - Διαμόρφωση προϊόντος από συγκεκριμένα διακριτά τμήματα. Κλασική σχεδίαση.
 - Ισχυρή σχέση παραγωγού χρήστη.
- 8. Διαχείριση του προϊόντος στο τέλος του κύκλου ζωής του.
 - Επαναχρησιμοποίηση προϊόντων ή επιμέρους τμημάτων τους.
 - Επανακατασκευή / επισκευή.
 - Ανακύκλωση υλικών.
 - Ασφαλής αποτέφρωση.

Βασικό χαρακτηριστικό της δομής της μεθόδου LiDS wheel είναι το γεγονός ότι είναι μία συγκριτική μέθοδος. Λόγω αυτού του χαρακτηριστικού, η συγκεκριμένη μέθοδος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό του περιβαλλοντικού αντίκτυπου ενός προϊόντος ^{*19}. Χρησιμοποιείται για να μειώσει τις αρνητικές επιδράσεις προς το περιβάλλον, για να μειώσει την ποσότητα του χρησιμοποιούμενου υλικού και ενέργειας και για να αποφευχθεί η χρήση τοξικών ουσιών πάνω στον κύκλο ζωής του προϊόντος χρησιμοποιώντας ποιοτικές οδηγίες για τη συγκεκριμένη προσέγγιση. Η χρήση της μεθόδου δυσχεραίνεται στις περιπτώσεις όπου είτε δεν υπάρχουν αρκετά διαθέσιμα δεδομένα στο αρχικό στάδιο σχεδίασης του προϊόντος, είτε κρίνεται απαραίτητη η καταγραφή των κύριων προβληματικών περιοχών. Ακόμα δύσκολη είναι η εφαρμογή της όταν η ομάδα σχεδίασης καλείται να δώσει προτάσεις για περαιτέρω μελέτη με τη χρήση και άλλων αναλυτικότερων μεθόδων.

Διαδικασία Εφαρμογής της Μεθόδου LiDS Wheel

Η διαδικασία εφαρμογής αποτελείται από τα 5 βήματα που ακολουθούν:

1. Επιλογή προϊόντος.
2. Διαμόρφωση μιας ομάδας αλληλοσχετιζόμενων σημείων που θα μελετηθούν (π.χ. 5-10 όπως περιβάλλον, ποιότητα, μηχανική σχεδίαση, προμήθεια, εφοδιασμός κ.λπ.).
3. Απάντηση των ερωτήσεων που έχουν διαμορφωθεί σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής.
4. Χρησιμοποίηση των απαντήσεων για τον καθορισμό της θέσης του προϊόντος στο διάγραμμα του “Smart EcoDesign Electronics Strategy Wheel”.

5. Τοποθέτηση σήμανσης σε κάθε σημείο πάνω στο διάγραμμα και ένωση των σημείων που προέκυψαν.

Πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι πρόκειται για μια απλή στην εφαρμογή της μέθοδο που δεν δίνει μεν αποτελέσματα ακριβείας αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια αρχική εκτίμηση προσδιορισμού των περιβαλλοντικών δυνατοτήτων και αδυναμιών ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας.

Συγκεκριμένα, όσο πιο κοντά στο κέντρο του διαγράμματος του Smart EcoDesign Strategy Wheel βρίσκεται κάποιο προϊόν αυτό είναι ένδειξη χαμηλής ποιότητας περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ενώ επιθυμητό είναι να βρίσκεται όσο το δυνατό πιο κοντά στον εξωτερικό κύκλο.

Αναλυτική Παρουσίαση Διαδικασίας και Σταδίων Κύκλου Ζωής

Ανάλυση Αναγκών

Πως ικανοποιεί το προϊόν στην πραγματικότητα τις κοινωνικές ανάγκες;

- Ποιες είναι οι πρωτεύουσες και δευτερεύουσες λειτουργίες του προϊόντος, συστήματος ή υπηρεσίας που μελετάται;
- Πραγματοποιεί το προϊόν ή υπηρεσία ή σύστημα αυτές τις λειτουργίες αποτελεσματικά και σε ικανοποιητικό βαθμό;
- Ποιες ανάγκες του χρήστη ικανοποιεί το προϊόν ή υπηρεσία ή σύστημα;
- Μπορεί το προϊόν ή υπηρεσία ή σύστημα να επεκταθεί ή να βελτιωθεί προκειμένου να ικανοποιήσει τις ανάγκες των χρηστών σε μεγαλύτερο βαθμό;
- Μπορεί αυτή η ανάγκη να αλλάξει με το πέρασμα του χρόνου;
- Σε ποιο βαθμό το προϊόν είναι αξιόπιστο και έχει την επιθυμητή διάρκεια ζωής;
- Ποιες είναι οι διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για την αποσυναρμολόγησή του, τον καθαρισμό του και τη συντήρησή του;

Νέα ιδέα

- Ανάλυση στα επιμέρους υλικά.
- Χρήση του προϊόντος σε περισσότερες από μία εργασίες.
- Καταγραφή και ανάλυση των λειτουργιών.
- Λειτουργική βελτιστοποίηση του προϊόντος καθώς και των επιμέρους εξαρτημάτων του.
- Χαμηλή κατανάλωση της ενέργειας.
- Καθαρότερη πηγή ενέργειας
- Ελάχιστα απαιτούμενα αναλώσιμα.
- Καθαρότερα αναλώσιμα
- Αύξηση της αξιοπιστίας κατά τη χρήση του καθώς και της διάρκειάς ζωής του.
- Απλή και μη-χρονοβόρα διαδικασία αποσυναρμολόγησης, καθαρισμού και συντήρησης.
- Αποφυγή δημιουργίας εξεζητημένων μη-λειτουργικών σχεδίων.
- Προώθηση της επισκευής και επαναχρησιμοποίησης των προϊόντων.

1^ο Στάδιο του Κύκλου Ζωής: Προμήθεια Υλικών και Εξαρτημάτων

Τι προβλήματα μπορούν να προκύψουν στην παραγωγή και προμήθεια των υλικών και των εξαρτημάτων;

- Πόσα και τι τύπου πλαστικά και καουτσούκ χρησιμοποιούνται;
- Πόσα και τι τύπου μέταλλα χρησιμοποιούνται;
- Πόσα και τι τύπου άλλων υλικών (γυαλί, κεραμικά, κ.λπ.) χρησιμοποιούνται;
- Σε ποιο βαθμό και τι επικαλύψεις χρησιμοποιούνται;
- Ποιο είναι το περιβαλλοντικό προφίλ των εξαρτημάτων;
- Πόση είναι η απαιτούμενη ενέργεια για να μεταφερθούν τα εξαρτήματα και τα υλικά;

EcoDesign στρατηγική 1:

Προμήθεια υλικών / εξαρτημάτων

- Καθαριστής υλικών
- Ανανεώσιμα υλικά
- Χαμηλής περιεκτικότητας σε ενέργεια υλικά
- Ανακυκλωμένα υλικά
- Ανακυκλώσιμα υλικά

EcoDesign στρατηγική 2:

Χρήση υλικών / εξαρτημάτων

- Μείωση του βάρους
- Μείωση του όγκου (μεταφορά)

2^ο Στάδιο του Κύκλου Ζωής: Συναρμολόγηση / Κατασκευή

Τι προβλήματα μπορούν να προκύψουν στη διαδικασία συναρμολόγησης/ παραγωγής in-house ή ex-house;

- Πόσοι και ποιοι τύποι διαδικασιών συναρμολόγησης / παραγωγής χρησιμοποιούνται; (συμπεριλαμβάνοντας τις συνδέσεις, επεξεργασίες επιφάνειας, τύπωση και τοποθέτηση ετικέτας)
- Πόσα και τι τύπου βοηθητικών υλικών και διαλυτικών χρησιμοποιούνται; Π.χ. για καθαρισμό, κόψιμο, λάδι για γεώτρηση κ.λπ.
- Πόσο υψηλή είναι η κατανάλωση ενέργειας;
- Πόσα απόβλητα παράγονται;

EcoDesign στρατηγική 3: Διαδικασία συναρμολόγησης/ παραγωγής (in-house/ex-house)

- Εναλλακτικές τεχνικές συναρμολόγησης/ παραγωγής
- Λιγότερα βήματα για συναρμολόγηση/ παραγωγή
- Χαμηλότερη/ καθαρότερη κατανάλωση ενέργειας
- Λιγότερα απόβλητα από τη διαδικασία συναρμολόγησης/ παραγωγής
- Λιγότερα/ καθαρότερα αναλώσιμα από τη διαδικασία συναρμολόγησης/ παραγωγής

3^ο Στάδιο του Κύκλου Ζωής: Διανομή

Τι προβλήματα παρουσιάζονται στη διανομή του προϊόντος στον καταναλωτή;

- Τι τύποι συσκευασιών μεταφοράς χρησιμοποιούνται. Ποιος ο όγκος – διαστάσεις τους – υλικά και ικανότητα επαναχρησιμοποίησης τους για μεταφορά για χονδρική και λιανική πώληση;
- Ποια μέσα μεταφοράς χρησιμοποιούνται;
- Είναι η μεταφορά οργανωμένη ικανοποιητικά;

EcoDesign στρατηγική 4: Χρήση υλικών

- Μείωση βάρους
- Μείωση όγκου (κατά τη μεταφορά)

EcoDesign στρατηγική 5: Σύστημα διανομής (in-house/ex-house)

Λιγότερες/ καθαρότερες/ επαναχρησιμοποιούμενες συσκευασίες

- Ικανοποιητική οργάνωση των σχετικών θεμάτων διαχείρισης
- Αποδοτική χρήση της ενέργειας στον τρόπο μεταφοράς

4^ο Στάδιο του Κύκλου Ζωής: Χρήση

Πως παρουσιάζονται τα προβλήματα όταν χρησιμοποιείται, λειτουργεί, εξυπηρετεί, επιδιορθώνεται το προϊόν, η υπηρεσία ή το σύστημα;

- Πόση και τι είδους ενέργεια απαιτείται σε όλα τα στάδια ζωής του προϊόντος;
- Πόση και τι είδους ενέργεια απαιτείται άμεσα ή έμμεσα στο τέλος ζωής του προϊόντος;
- Πόσα και τι είδους αναλώσιμα χρειάζονται;
- Ποιά είναι η διάρκεια ζωής σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές;
- Πόση συντήρηση και επιδιορθώσεις χρειάζονται;
- Τι είδους και πόσα βοηθητικά υλικά και ενέργεια απαιτούνται για τη λειτουργία, εξυπηρέτηση και επιδιόρθωση;
- Μπορεί το προϊόν ή το σύστημα να αποσυναρμολογηθεί από έναν μη εξειδικευμένο εργαζόμενο;
- Απαιτείται αντικατάσταση ή επισκευή των κατεστραμμένων τμημάτων μετά την αποσυναρμολόγηση για την επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος;
- Πόσο ισχυρή είναι η σχέση παραγωγού – χρήστη (μόλις χαλάσει το προϊόν γίνεται προσπάθεια επισκευής ή η πιο πιθανή λύση είναι να αποσυρθεί;).
- Ποιος είναι ο πραγματικός χρόνος ζωής του προϊόντος;

EcoDesign στρατηγική 6: Αντίκτυπο κατά τη διάρκεια χρήσης

- Χαμηλότερη χρήση ενέργειας
- Καθαρότερη πηγή ενέργειας
- Λιγότερα αναλώσιμα
- Καθαρότερα αναλώσιμα

EcoDesign στρατηγική 7: Αρχικός χρόνος ζωής

- Αξιοπιστία και ανθεκτικότητα
- Ευκολότερη συντήρηση και επιδιόρθωση
- Πρότυπη δομή προϊόντος
- Κλασική σχεδίαση
- Ισχυρή σχέση προϊόντος-χρήστη

5^ο Στάδιο του Κύκλου Ζωής: Τέλος Ζωής

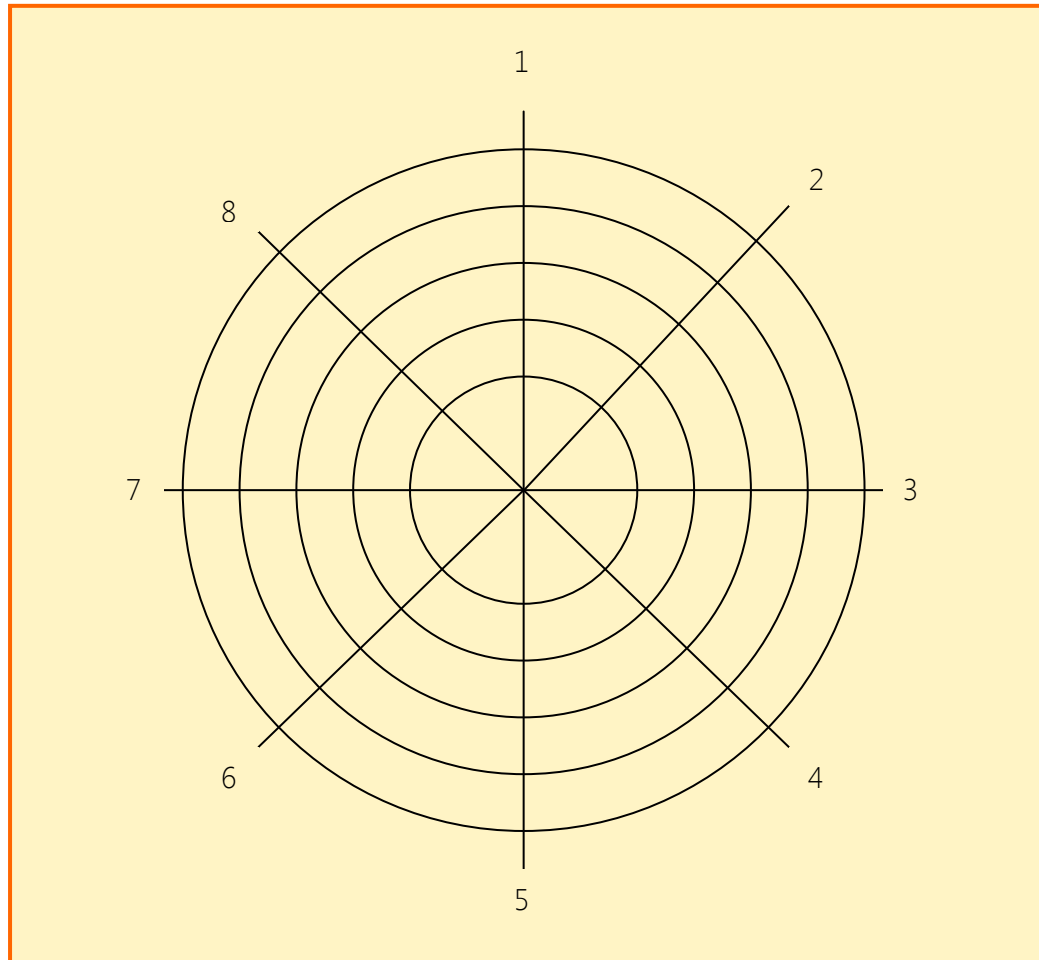
Ποια προβλήματα μπορούν να προκύψουν απο την αποκατάσταση και τελική απόθεση ενός προϊόντος, υπηρεσίας ή συστήματος;

- Πως ένα προϊόν ή σύστημα μπορεί να αποσυρθεί και να βρεθεί σε χώρο τελικής απόθεσης;
- Ποια εξαρτήματα ή επιμέρους συναρμολογήσεις μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν;
- Ποια υλικά είναι ανακυκλώσιμα;
- Είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται αναγνωρίσιμα;
- Μπορούν να αποσπασθούν σε μικρό χρόνο;
- Χρησιμοποιούνται αταίριαστα στοιχεία, επικαλύψεις επιφανειών ή αυτοκόλλητα;
- Υπάρχουν επικίνδυνα εξαρτήματα που μπορούν να αφαιρεθούν εύκολα;

EcoDesign στρατηγική 8: Διαχείριση Τέλους Χρόνου Ζωής (EOL) (in-house/ ex-house)

- Επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος ή των εξαρτημάτων / υποσυναρμολογήσεων.
- Σχεδίαση προϊόντος με κριτήριο την εύκολη αποσυναρμολόγησή του.
- Σχεδίαση με κριτήριο την ελαχιστοποίηση των επιμέρους τμημάτων από τα οποία αποτελείται το προϊόν.
- Επανακατασκευή / Ανακαίνιση.
- Ανακύκλωση υλικών. Μέγιστη χρήση ανακυκλώσιμων υλικών καθώς και υλικών κατασκευής που προέρχονται από ανακύκλωση.
- Αποφυγή χρήσης πολλών διαφορετικών υλικών.
- Ασφαλής αποτέφρωση.

Με βάση της 8 ισοδύναμες EcoDesign στρατηγικές (1 έως 8) που αναλύθηκαν προηγουμένως, παρουσιάζεται παρακάτω οπτικά η μέθοδος:



^{*14} Kutz M., *Environmentally Conscious Mechanical Design*, John Wiley Eds., 2007

^{*15} Graedel, T.E., and B.R. Allenby. *Industrial Ecology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995

^{*16} Lindahl M. Tingström J., *A small textbook on Environmental Effect Analysis*. Kalmar, Sweden: Dept. of Technology, University of Kalmar, 2001

^{*17} Lindahl M. Tingström J., *A small textbook on Environmental Effect Analysis*. Kalmar, Sweden: Dept. of Technology, University of Kalmar, 2001

^{*18} Brezet, Van Hemel, *Smart EcoDesign. Electronics Strategy Wheel* (source: LIDS Wheel: EcoDesign a Promising Approach), UNEP/Delft University

^{*19} Kutz M., *Environmentally Conscious Mechanical Design*, John Wiley Eds., 2007

4 Λαμπτήρες

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν αναλυτικά οι δύο κατηγορίες των λαμπτήρων που θα μελετηθούν. Θα αναλυθούν τα επιμέρους τμήματα αλλά και τα υλικά από τα οποία αποτελούνται οι λαμπτήρες πυράκτωσης και οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού καθώς και ο τρόπος κατασκευής και λειτουργίας τους. Ακόμα στο κεφάλαιο αυτό περιέχονται και τα σχέδια των λαμπτήρων που έγιναν με τη βοήθεια του λογισμικού Pro Engineer Wildfire 2.0. Η κατανόηση της δομής, της αρχής λειτουργίας, και του τρόπου κατασκευής είναι απαραίτητη για την μετέπειτα σύγκριση των δύο κατηγοριών λαμπτήρων στα επόμενα κεφάλαια.

4.1 Λαμπτήρες Πυράκτωσης

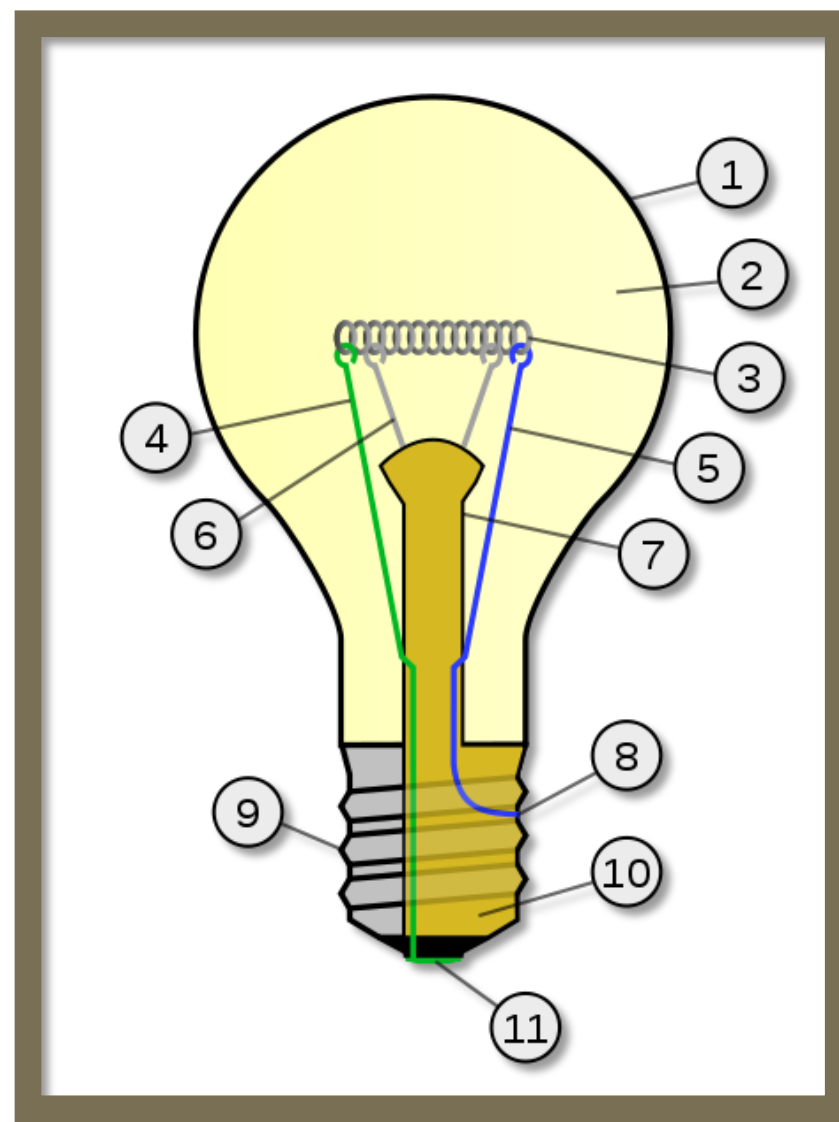
Ο λαμπτήρας πυράκτωσης που θα μελετηθεί στην συγκεκριμένη εργασία είναι βιδωτός, νήματος βολφραμίου, θολός, ισχύος 60 Watt.

4.1.1 Εξαρτήματα και Υλικά Λαμπτήρων Πυράκτωσης

Παρατηρώντας το ακόλουθο σχήμα βλέπουμε τα επιμέρους τμήματα του λαμπτήρα, καθώς και τα υλικά από τα οποία αυτός αποτελείται:

Εικόνα 11 :

Τμήματα Λαμπτήρα Πυράκτωσης



1. Γυάλινος βολβός

Είναι το εξωτερικό τμήμα το λαμπτήρα. Το γυάλινο περίβλημα των λαμπτήρων πυράκτωσης χαρακτηρίζεται από την διαμόρφωση του σχήματος του (σχήμα φλόγας κεριού, σφαιρικό, σπιράλ, καμπάνας, σωληνωτό κλπ.), από το χρώμα του (διάφανο, γαλακτώδες-θολό, χρωματιστό) και από την πιθανή ύπαρξη ενσωματωμένου ανακλαστήρα που συγκεντρώνει την δέσμη προς την πάνω ή την κάτω πλευρά του λαμπτήρα. Το μέγεθος του ποικίλει ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται ο λαμπτήρας. Ο βολβός περικλείει το νήμα, το αέριο πλήρωσης καθώς και τον υπόλοιπο μηχανισμό του λαμπτήρα, ενώ τοποθετείται στο επάνω εσωτερικό τμήμα της βάσης και με τρόπο τέτοιο ώστε να εξασφαλιστεί απόλυτη στεγανότητα σφραγίζεται στο κάτω μέρος του στη θέση αυτή. Ο λαμπτήρας που θα μας απασχολήσει διαθέτει διαφανή βολβό διαμέτρου 5 cm.

2. Αέριο πλήρωσης

Είναι το αέριο με το οποίο πληρώνεται το εσωτερικό του γυάλινου βολβού. Είναι πάντα αδρανές αέριο και διατηρείται σε χαμηλή πίεση στο εσωτερικό του λαμπτήρα έτσι ώστε να αποφεύγεται η γρήγορη φθορά (ή ανάφλεξη) του νήματος. Καθυστερεί την εξάχνωση του νήματος βολφραμίου καθώς εμποδίζει την μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας. Το ευγενές αέριο έχει την ιδιότητα να καθυστερεί την εξάχνωση του νήματος βολφραμίου, με αποτέλεσμα να μπορούν να επιτευχθούν υψηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας και συνεπώς και μεγαλύτερο φάσμα χρωματισμών για το εκπεμπόμενο φως. Στην πλειοψηφία των λαμπτήρων, όπως και στον τύπο με τον οποίο θα ασχοληθούμε χρησιμοποιείται αργό.

3. Νήμα

Είναι πολύ λεπτό μεταλλικό σύρμα, συνήθως από βολφράμιο για τη διασφάλιση αντοχής στη θερμότητα, το οποίο φωτοβολεί μόλις περάσει ρεύμα από το εσωτερικό του. Στους περισσότερους λαμπτήρες πυράκτωσης, όπως και σε αυτόν που θα μελετηθεί, χρησιμοποιείται βολφράμιο. Η χαρακτηριστική ιδιότητα του βολφραμίου η οποία το καθιστά ιδανικό για χρήση στο νήμα λαμπτήρων είναι το γεγονός ότι έχει το υψηλότερο σημείο τήξεως από όλα τα καθαρά μέταλλα και το δεύτερο υψηλότερο από όλα τα στοιχεία του περιοδικού πίνακα μετά τον άνθρακα. Αυτό σημαίνει ότι το βολφράμιο παρουσιάζει σημαντική αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες, έως και 2480°C , με μοναδικό μειονέκτημα το ότι είναι εξαιρετικά εύθραυστο. Έτσι το νήμα βολφραμίου έχει μεγάλη διάρκεια ζωής και σε συνδυασμό με την παρεμπόδιση της εξάχνωσής του από το αργό χρησιμοποιείται κατά κόρων στους λαμπτήρες πυράκτωσης. Γενικότερα, η ανάπτυξη του νήματος βολφραμίου θεωρείται το μεγαλύτερο βήμα στην τεχνολογική ανάπτυξη του λαμπτήρα πυράκτωσης, μιας και τα νήματα αυτά μπορούν να παραχθούν χωρίς ιδιαίτερο κόστος και παρουσιάζουν, με διαφορά, τη μεγαλύτερη αντοχή και μακροζωία από οποιοδήποτε άλλο υλικό είχε χρησιμοποιηθεί νωρίτερα.

4. Σύρμα επαφής εισόδου

Μεταλλικό σύρμα το οποίο συνδέεται με το ένα άκρο του νήματος και μεταφέρει ρεύμα σε αυτό, από την ηλεκτρική επαφή της βάσης (αρνητικός πόλος).

5. Σύρμα επαφής εξόδου

Μεταλλικό σύρμα το οποίο συνδέεται στο άλλο άκρο του νήματος και συμπληρώνει το ηλεκτρικό κύκλωμα οδηγώντας το ρεύμα στην ηλεκτρική επαφή που βρίσκεται στα πλάι της βάσης (θετικός πόλος).

6. Σύρματα στήριξης

Είναι δύο μεταλλικά σύρματα, μικρότερα από τα σύρματα επαφής, τα οποία συγκρατούν το νήμα στην σωστή θέση. Είναι τοποθετημένα στο άνω μέρος του στελέχους και στηρίζουν το νήμα στερεώνοντας τα δύο άκρα του.

7. Στέλεχος

Το στέλεχος είναι ένα γυάλινο μακρόστενο εξάρτημα στο οποίο είναι τοποθετημένα τα σύρματα επαφής καθώς και τα σύρματα στήριξης. Στο κάτω μέρος του το στέλεχος ενώνεται με το εσωτερικό τμήμα της βάσης.

8. Θετικός πόλος

Είναι το κάτω άκρο του σύρματος επαφής εξόδου το οποίο συνδέεται στο ηλεκτρικό ρεύμα.

9. Εξωτερικό κάλυμμα βάσης

Το μεταλλικό αυτό κάλυμμα περιβάλλει την βάση του λαμπτήρα καθώς και το κάτω μέρος του μηχανισμού του. Συχνά συγχέεται με την γενικότερη έννοια της βάσης, πράγμα που πρέπει να αποφεύγεται. Σαν βάση του λαμπτήρα μπορεί ορίζουμε τα εξαρτήματα που συνδέονται με και ανήκουν στο κάτω μέρος του μηχανισμού καθώς και τις απολήξεις των συρμάτων επαφής.

10. Μόνωση

Σαν μόνωση του λαμπτήρα πυράκτωσης χρησιμοποιείται κυρίως vitrite το οποίο είναι μίγμα χλωριούχου κυανίου και τριχλωριούχου αρσενικού^{*20}. Είναι μία ουσία με πολύ χαμηλό σημείο τήξης. Παρεμποδίζει το αέριο κένωσης να διαφύγει και ελαχιστοποιεί τις εσωτερικές απώλειες.

11. Αρνητικός πόλος

Είναι το κάτω άκρο του σύρματος επαφής εισόδου το οποίο συνδέεται στο ηλεκτρικό ρεύμα.

Συνοψίζοντας, τα κύρια υλικά από τα οποία κατασκευάζονται τα επιμέρους τμήματα και εξαρτήματα του λαμπτήρα είναι^{*21}:

- **Γυαλί**

Χρησιμοποιείται στον βολβό καθώς και στο στέλεχος.

- **Χάλυβας**

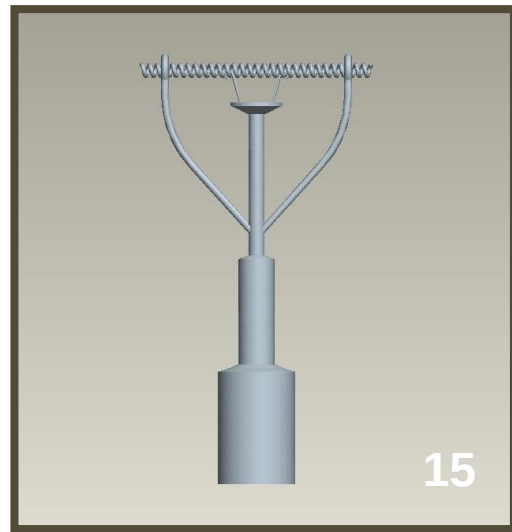
Χρησιμοποιείται στην κατασκευή των συρμάτων επαφής και στήριξης αλλά και του νήματος.

- **Αλουμίνιο**

Χρησιμοποιείται στην κατασκευή του εξωτερικού καλύμματος της βάσης.

- **Βολφράμιο**
Βασικό συστατικό του νήματος.
- **Αργό**
Αέριο πλήρωσης. Χρησιμοποιείται σε μορφή ίδια με εκείνη που συναντάται στη φύση με διαφορά τις συνθήκες πίεσης.
- **Vitrite – υλικά μόνωσης**
Κατά την εφαρμογή τα υλικά αυτά βρίσκονται σε ιδιαίτερα υψηλή θερμοκρασία.
- **Υλικά και προϊόντα κασσιτεροκόλλησης**
Χωρίς παρουσία μολύβδου.
- **Νικέλιο**
Χρησιμοποιείται σαν υλικό επιμετάλλωσης. Κυρίως στις εξωτερικές επιφάνειες όπου μέταλλα είναι εκτεθειμένα.

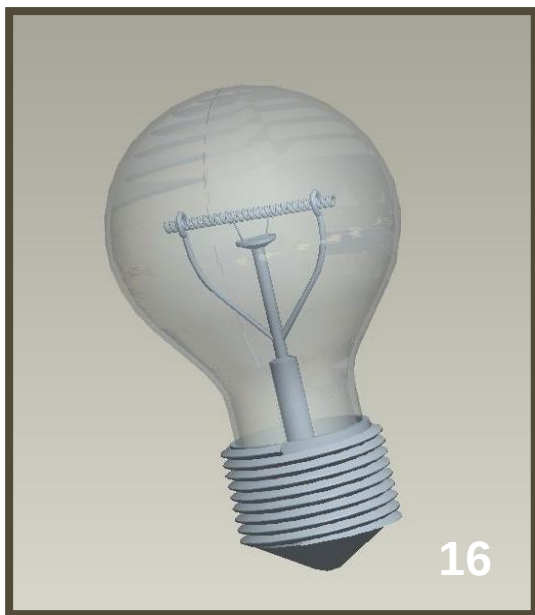
Ακολουθούν τα σχέδια που πραγματοποιήθηκαν στο Pro Engineer Wildfire 2.0:



Εικόνα 13:
Γυάλινος Βολβός

Εικόνα 14:
Αέριο Πλήρωσης

Εικόνα 15:
Εσωτερικά Εξαρτήματα



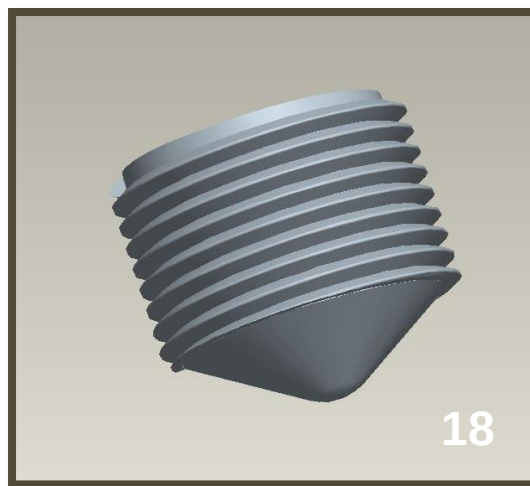
Εικόνα 16:

Λαμπτήρας Πυράκτωσης



Εικόνα 17:

Τομή Λαμπτήρα Πυράκτωσης



Εικόνα 18:

Βάση

4.1.2 Διαδικασία Κατασκευής Λαμπτήρων Πυράκτωσης

Όπως είναι φυσικό, σε πρώτη φάση κατασκευάζεται κάθε ένα από τα επιμέρους τμήματα τα οποία συνθέτουν τον λαμπτήρα πυράκτωσης. Ένας λαμπτήρας πυράκτωσης χωρίζεται σε τρία κύρια τμήματα, τα οποία είναι:

1. Ο βολβός,
2. Το νήμα και
3. Η βάση.

Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής όλων των εξαρτημάτων, ακολουθεί η φάση της συναρμολόγησης και δημιουργίας του τελικού προϊόντος.

Αναλυτικότερα, η διαδικασία κατασκευής των λαμπτήρων πυράκτωσης έχει ως εξής:

Σε ένα εργοστάσιο παραγωγής λαμπτήρων πυράκτωσης υπάρχουν δύο γραμμές παραγωγής, οι οποίες στη συνέχεια ενώνονται. Στη μία γραμμή παραγωγής κατασκευάζεται ο γυάλινος βολβός του λαμπτήρα, ενώ στην άλλη κατασκευάζεται η βάση, δηλαδή, τα ηλεκτρικά εξαρτήματα τα οποία τοποθετούνται στο εσωτερικό του γυάλινου βολβού^{*22}.

Κατασκευή της βάσης:

Το πρώτο εξάρτημα της βάσης που κατασκευάζεται είναι το **στέλεχος**. Γυάλινοι κύλινδροι κόβονται σε συγκεκριμένο μήκος και θερμαίνονται με φλόγα αερίου για επτά δευτερόλεπτα. Με τη θέρμανση

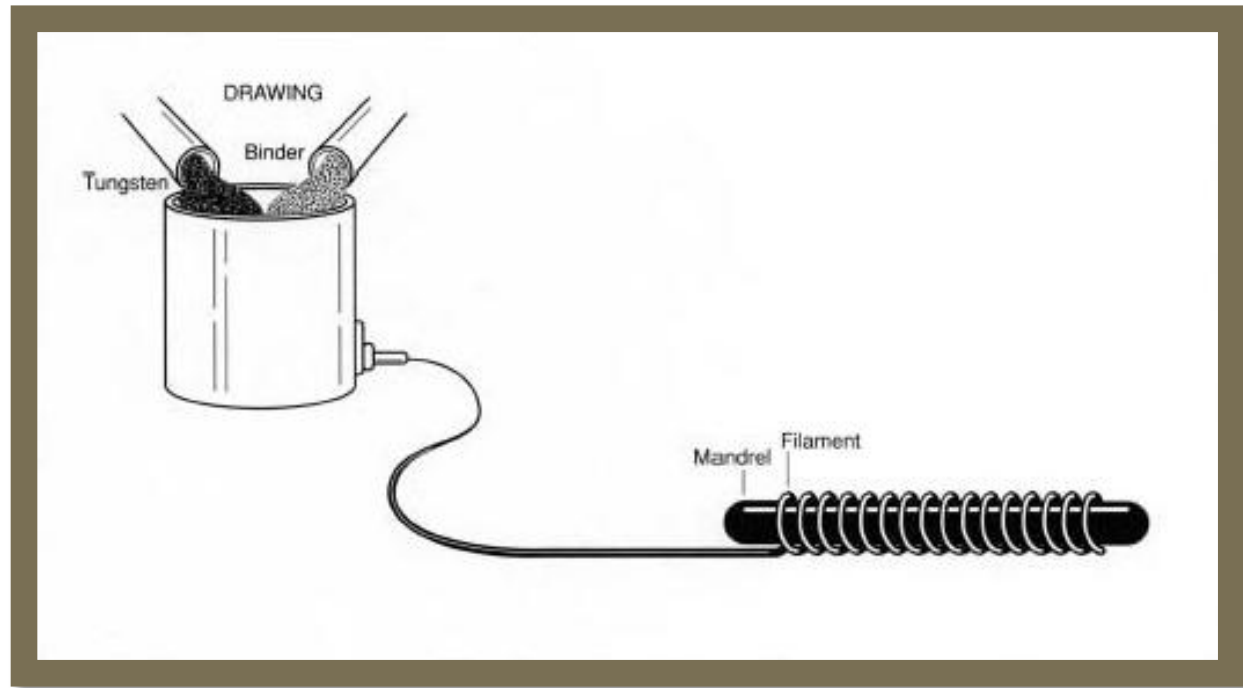
επιτυγχάνεται λείανση της επιφάνειάς τους. Στη συνέχεια, οι κύλινδροι θερμαίνονται ξανά έως ότου το γυαλί γίνει ελάσσιμο για να μπορεί η μία άκρη του κάθε κυλίνδρου να γίνει επίπεδη.

Ύστερα, δύο μολύβδινα σύρματα τοποθετούνται στην επίπεδη άκρη του γυάλινου κυλίνδρου, τα **σύρματα επαφής**, καθώς και ένας μικρότερος κύλινδρος από λεπτό γυαλί, ο κύλινδρος εκτόνωσης. Οι κύλινδροι θερμαίνονται άλλη μία φορά για να μπορούν να συμπιεστούν με στόχο την σωστή εφαρμογή των συρμάτων επαφής. Ακόμα, δημιουργείται μία μικρή τρύπα στο γυαλί ανάμεσα στα σύρματα για να μπορεί αργότερα να αφαιρεθεί ο αέρας από το εσωτερικό του λαμπτήρα.

Στη συνέχεια, τα σύρματα απομακρύνονται το ένα από το άλλο, καθώς παίρνουν σχήμα «γάντζου» και συνδέονται με το **νήμα** βολφραμίου.

Κατασκευή του νήματος:

Το νήμα παράγεται από την ανάμειξη Βολφραμίου και συνθετικού υλικού (binder). Το νέο μείγμα, τυλίγεται γύρω από χαλύβδινη άτρακτο. Στη συνέχεια το σύρμα θερμαίνεται και η άτρακτος διαλύεται με οξύ. Με τη διαδικασία αυτή, το νήμα παίρνει τη μορφή που χρειάζεται. Το βολφράμιο επιλέγεται λόγω της αντοχής του στη θερμότητα. Ύστερα το νήμα δέχεται μία επίστρωση από ζirkόνιο, για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, καθώς και ανθεκτικότητα απέναντι στην υγρασία στο εσωτερικό του λαμπτήρα.



Εικόνα 19 :

Κατασκευή του Νήματος^{*23}

Κατασκευή του βολβού :

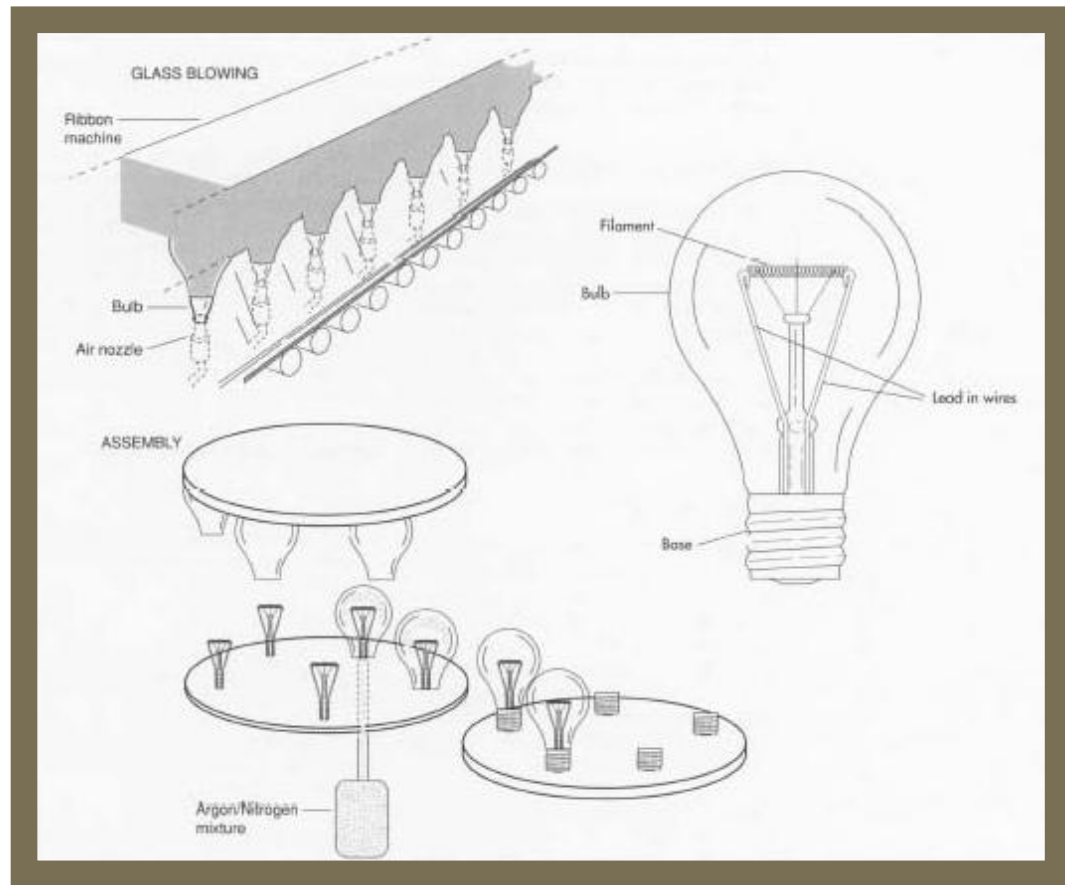
Όπως και οι κύλινδροι που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του στελέχους, έτσι και οι βολβοί, κατασκευάζονται από έναν οικονομικό τύπο γυαλιού, γνωστό και ως soda-lime glass. Κατά την παραγωγή λευκών βολβών, οι απλοί διάφανοι βολβοί δέχονται μία εσωτερική επίστρωση λευκής σκόνης πυριτίου. Για να επιτευχθεί αυτό, οι λαμπτήρες φορτίζονται έως τα 30.000 Volts και ταυτόχρονα θερμαίνονται. Στη συνέχεια με περεταίρω θέρμανση απορροφάται η υγρασία, καθώς και τα άχρηστα υπολείμματα της προηγούμενης διεργασίας από το εσωτερικό του βολβού.

Κατά την ένωση των δύο γραμμών παραγωγής, κάθε βολβός τοποθετείται πάνω από κάθε βάση και η επίπεδη επιφάνεια της βάσης ενώνεται με τον «λαιμό» του βολβού με θέρμανση, και στη συνέχεια εφαρμόζεται και η αλουμινένια βάση.

Ύστερα αφαιρείται ο αέρας από το εσωτερικό του λαμπτήρα και αντικαθίσταται με πεπιεσμένο αργό (αέριο) το οποίο αντιστέκεται στη μεγάλη άνοδο της θερμοκρασίας, αυξάνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής του νήματος βολφραμίου. Είναι πολύ σημαντικό να αφαιρεθεί τελείως ο αέρας από το εσωτερικό του βολβού πριν αυτό πληρωθεί με ευγενές αέριο, για ελαχιστοποίηση πιθανών αστοχιών. Τελικά, ο γυάλινος κύλινδρος εκτόνωσης που βρίσκεται στο εσωτερικό του στελέχους σφραγίζεται, εμποδίζοντας το αργό να διαφύγει.

Στη φάση αυτή, ο λαμπτήρας εάν συνδεόταν με ηλεκτρικό ρεύμα, θα μπορούσε να λειτουργήσει κανονικά, χρειάζεται όμως και ένα κάλυμμα της βάσης για να μπορεί να βιδώσει/εφαρμόσει στην πρίζα. Το εξωτερικό κάλυμμα της βάσης κατασκευάζεται από αλουμίνιο. Η άκρη του σύρματος επαφής εισόδου εξέρχεται από την κάτω πλευρά της βάσης (αρνητικός πόλος) και η άκρη του σύρματος επαφής εισόδου από το πλάι της (θετικός πόλος), όπου και συγκολλείται.

Εικόνα 20 :
Παραγωγή Λαμπτήρων
Πυράκτωσης^{*23}



Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του λαμπτήρα, εφαρμόζεται σ' αυτόν υψηλότερη κάθε φορά τάση ώστε να ισχυροποιηθεί το νήμα και να μην σπάσει ή φθαρεί κατά τη συσκευασία και μεταφορά του τελικού προϊόντος. Τέλος, το προϊόν περνάει από διαδικασίες τελικού ποιοτικού ελέγχου.

4.1.3 Αρχή Λειτουργίας Λαμπτήρων Πυράκτωσης

Παρά την πάροδο του χρόνου και την πρόοδο της τεχνολογίας, ο τρόπος λειτουργίας των λαμπτήρων πυράκτωσης παραμένει ακριβώς ο ίδιος με εκείνον του πρώτου λαμπτήρα που κατασκευάστηκε. Πρόοδος όσον αφορά την τεχνολογία του λαμπτήρα έχει σημειωθεί στη χρήση διαφορετικών υλικών και κυρίως στην αυτοματοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας. Παρακάτω θα αναλυθεί ο τρόπος με τον οποίο οι λαμπτήρες πυράκτωσης λειτουργούν, δηλαδή παράγουν ορατό φως.

Αρχικά, αξίζει να αναφερθούμε στον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το φώς, δηλαδή το πώς παράγεται και διαχέεται, ανεξάρτητα από τους οποιουδήποτε τύπου λαμπτήρες.

Το φως λοιπόν, είναι μία μορφή ενέργειας η οποία μπορεί να παραχθεί από ένα άτομο. Αποτελείται από κάποια σύνολα σωματιδίων τα οποία έχουν ορμή και ενέργεια αλλά όχι μάζα. Τα σωματίδια αυτά ονομάζονται φωτόνια και είναι οι βασικές μονάδες που συνθέτουν το φώς.

Τα άτομα απελευθερώνουν φωτόνια όταν τα ηλεκτρόνιά τους διεγείρονται. Τα ηλεκτρόνια του ατόμου, τα οποία έχουν διαφορετικές ποσότητες ενέργειας που εξαρτώνται από την ταχύτητα με την οποία κινούνται και την απόσταση από τον πυρήνα στην οποία βρίσκονται, κινούνται σε διάφορες τροχιές γύρω από τον πυρήνα. Όταν ένα άτομο αποκτά ή χάνει ενέργεια, τότε αυτό μεταφράζεται σε κίνηση των ηλεκτρονίων του. Οι μεταπτώσεις αυτές των ηλεκτρονίων έχουν ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση ενέργειας με τη μορφή φωτονίων. Κάποια από τα φωτόνια απελευθερώνουν ορατή φωτεινή ακτινοβολία, κοινώς ορατό φως.

Όταν ένας λαμπτήρας πυράκτωσης συνδεθεί στο ηλεκτρικό ρεύμα, τότε, δημιουργώντας κύκλωμα, το ρεύμα ρέει από τον έναν πόλο στον άλλον, διαπερνώντας έτσι τα σύρματα επαφής και κατά συνέπεια το νήμα βολφραμίου.

Όταν ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσα από συμπαγή αγωγό, προκαλεί μαζική κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων από την αρνητικά φορτισμένη περιοχή προς την θετικά φορτισμένη. Καθώς τα ηλεκτρόνια κινούνται με μεγάλη ταχύτητα διαμέσου του νήματος, συγκρούονται συνεχώς με άλλα άτομα που απαρτίζουν το νήμα. Η ενέργεια της κάθε σύγκρουσης δονεί το άτομο, με άλλα λόγια το ηλεκτρικό ρεύμα κάνει τα άτομα να υπερθερμανθούν. Κατά συνέπεια ολόκληρο το νήμα υπερθερμαίνεται. Τα δεσμευμένα ηλεκτρόνια στα δονούμενα άτομα μεταβαίνουν προσωρινά σε υψηλότερες ενεργειακές στάθμες, έτσι όταν επιστρέφουν στην αρχική τους κατάσταση, απελευθερώνουν φωτόνια. Τα άτομα των μεταλλικών στοιχείων απελευθερώνουν κυρίως φωτόνια υπέρυθρης ακτινοβολίας τα οποία είναι αόρατα στο ανθρώπινο μάτι. Όμως αν θερμανθούν σε αρκετά υψηλό επίπεδο - περίπου 2.200°C στην περίπτωση των ηλεκτρικών λαμπτήρων - θα εκπέμπουν αρκετή ποσότητα ορατού φωτός.

Σε έναν κλασικό λαμπτήρα ισχύος 60 Watt, το νήμα βολφραμίου είναι περίπου 2 μέτρα μακρύ, αλλά έχει πάχος μόλις 0,025 εκατοστά και τυλίγεται σε σπείρα η οποία έχει τελικό μήκος λιγότερο από 2,5 εκατοστά. Το μικρό πάχος του νήματος εξασφαλίζει ταχύτερη θέρμανση, ενώ το βολφράμιο σε συνδυασμό με το αργό αντοχή στην υπερθέρμανση.

Συνοψίζοντας, το ορατό φως που παράγεται από τους λαμπτήρες πυράκτωσης είναι αποτέλεσμα της υπερθέρμανσης του νήματος. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο οι λαμπτήρες είναι πολύ ζεστοί κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους αλλά και για κάποιο χρονικό διάστημα αφού σβήσουν.

4.2 Λαμπτήρες Φθορισμού Μικρού Μεγέθους (CFL)

Οι λαμπτήρες φθορισμού μικρού μεγέθους είναι γνωστοί και ως συμπαγής λαμπτήρες φθορισμού (Compact Fluorescent Lamps – CFL).

Ο συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού, αποτελεί τεχνολογική εξέλιξη του επιμήκους λαμπτήρα φθορισμού. Ουσιαστικά, ο CFL είναι ένας λαμπτήρας φθορισμού «διπλωμένος» με τέτοιον τρόπο ώστε να καταλαμβάνει τον ελάχιστο δυνατό χώρο και ταυτόχρονα να έχει τη μεγαλύτερη δυνατή επιφάνεια ακτινοβολίας στο χώρο^{*24}. Γι' αυτό τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους, τα εξαρτήματα που διαθέτουν καθώς και ο τρόπος λειτουργίας τους παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες.

Ο τύπος του CFL που θα μελετηθεί στην συγκεκριμένη εργασία, είναι ο σωληνωτού τύπου λαμπτήρας φθορισμού μικρού μεγέθους (διαθέτει διακόπτη εντός / εκτός λειτουργίας) φωτεινότητας 700 lumen³, ο οποίος είναι και ο αντίστοιχος του λαμπτήρα πυράκτωσης, ισχύος 60 Watt.

4.2.1 Εξαρτήματα και Υλικά CFL

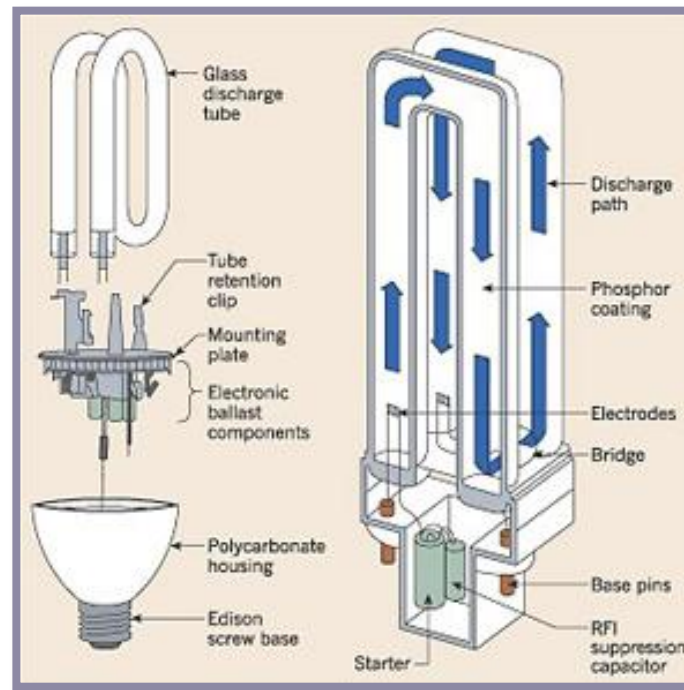
Ενώ εξωτερικά ένας CFL μπορεί να φαίνεται κατασκευαστικά απλός, στην πραγματικότητα κρύβει στο εσωτερικό του έναν αρκετά περίπλοκο μηχανισμό. Προσπάθεια ανάλυσης της τεχνολογίας και της κατασκευής του λαμπτήρα θα γίνει παρακάτω.

³ **Lumen:** Μονάδα μέτρησης των επιδόσεων των CFL. Επιτρέπει την άμεση σύγκριση της ποσότητας του παραγόμενου φωτός^{*25}.

Ο συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού αποτελείται από δύο κύρια μέρη (εξαρτήματα):

- Έναν γυάλινο, πληρωμένο με αέριο σωλήνα εκτόνωσης (ονομάζεται επίσης και βολβός ή καυστήρας), και
- Ένα μαγνητικό ή ηλεκτρονικό μπαλάστ (ballast⁴) ή αλλιώς σταθεροποιητή.

Στο σχήμα που ακολουθεί, φαίνεται ένας CFL, ίδιος με αυτόν που μελετάμε, καθώς διακρίνονται και τα επιμέρους τμήματά του.



Εικόνα 21 :

Εξαρτήματα, Υλικά και
Λειτουργία CFL(Πηγή:
Universal Design
Consortium Inc, 2010)

⁴ **Ballast**: Συσκευή που περιορίζει την ποσότητα του ρεύματος σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

Όπως βλέπουμε και στην Εικόνα 4, το κάθε ένα από τα δύο βασικά μέρη που απαρτίζουν τον λαμπτήρα περιέχει άλλα επιμέρους εξαρτήματα ή / και άλλα υλικά, ώστε να δίνει στη συσκευή τις απαραίτητες ιδιότητες. Στην παρούσα εργασία δεν θα ήταν χρήσιμο να επεκταθούμε στην ανάλυση όλων των δευτερευόντων εξαρτημάτων, όπως τα εξαρτήματα του ballast. Αναλυτικότερα, τα βασικότερα εξαρτήματα και υλικά είναι:

1. Γυάλινος σωλήνας εκτόνωσης

Διατίθεται σε διάφορα σχήματα όπως σωληνωτός, έλικα με μονή, διπλή, τριπλή και τετραπλή στροφή, κυκλική και πεταλούδα, αλλά και σε διάφορα μεγέθη. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι οι CFL διαθέτουν σχετικά περιορισμένη γκάμα μεγεθών. Ο σωλήνας εκτόνωσης εφαρμόζει στην πλάκα τοποθέτησης του ballast και συγκρατείται στην σωστή θέση με την βοήθεια των κλιπ συγκράτησης. Στην βάση του περικλείει τα ηλεκτρόδια.

2. Μεταλλικό νήμα

3. Πλάκα τοποθέτησης

Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι τμήμα του ballast. Στο άνω μέρος της μεταλλικής πλάκας τοποθετούνται τα κλιπ συγκράτησης του σωλήνα εκτόνωσης, ενώ στο κάτω μέρος της εφαρμόζεται το ballast.

4. Ηλεκτρονικό Ballast

Το ballast αποτελείται από πολλά επιμέρους εξαρτήματα. Στην πραγματικότητα είναι από μόνο του μία συσκευή η οποία σε πολλούς λαμπτήρες φωτισμού που χρησιμοποιούν την τεχνολογία

φθορισμού απουσιάζει και εφαρμόζει εξωτερικά. Στην περίπτωση όμως των CFL το ballast βρίσκεται στο εσωτερικό της βάσης. Αυτός είναι και ο λόγος που οι CFL έχουν πολύ μεγαλύτερη βάση από τους λαμπτήρες πυράκτωσης. Το ηλεκτρονικό ballast του λαμπτήρα χρησιμοποιεί στερεάς κατάστασης ηλεκτρονικά κυκλώματα για να προσφέρει τις κατάλληλες (ηλεκτρικές) συνθήκες εκκίνησης και λειτουργίας. Τα ηλεκτρονικά ballast μετατρέπουν την συχνότητα του ρεύματος από τις κανονικές τιμές (Ευρώπη 50 Hz, Αμερική 60Hz) σε 20.000 Hz, ουσιαστικά μειώνοντας το στροβοσκοπικό αποτέλεσμα από το τρεμοπαίξιμο που σχετίζεται με τους λαμπτήρες φθορισμού.

5. Κάλυμμα της βάσης

Πολυανθρακικό κάλυμμα το οποίο περιβάλλει το ballast και συνδέεται στο κάτω μέρος του με την μεταλλική βιδωτή βάση.

6. Βιδωτή βάση

Βάση τύπου Edison, παρόμοια με εκείνη του λαμπτήρα πυράκτωσης. Περιλαμβάνει τα απαραίτητα στοιχεία αλλά και την κατάλληλη μορφή για την σύνδεση του λαμπτήρα στο ηλεκτρικό ρεύμα.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή λαμπτήρων φθορισμού μικρού μεγέθους ποικίλουν. Διαφορές στα υλικά παρατηρούνται συχνά από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Για το λόγο αυτόν, θα ασχοληθούμε με τα υλικά των πιο βασικών εξαρτημάτων που συναντώνται συχνότερα. Οι υπόλοιπες εναλλακτικές όσον αφορά τα υλικά, παρουσιάζουν τις ίδιες ή παρόμοιες ιδιότητες. Τα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται οι περισσότεροι CFL, είναι:

- **Γυαλί**
Στον σωλήνα εκτόνωσης.
- **Χάλυβας**
Χρησιμοποιείται στην κατασκευή συρμάτων αλλά και λοιπών εξαρτημάτων (στο ballast και αλλού)
- **Πυρίτιο**
Συναντάται σε IC, διόδους, κλπ.
- **Υδράργυρος και ατμοί υδραργύρου ***
Βρίσκονται στο εσωτερικό του γυάλινου σωλήνα εκτόνωσης και όπως θα δούμε στη συνέχεια, είναι δύο πολύ βασικά στοιχεία για τη λειτουργία του CFL.
- **Αργό**
Χρησιμοποιείται σαν αέριο πλήρωσης.
- **Fiberglass⁵ και εποξειδικές ρητίνες**
Χρησιμοποιούνται στην PCB⁶, αλλά και στους διάφορους ημιαγωγούς (ballast και αλλού).
- **Αλουμίνιο**

⁵ **Fiberglass**: υλικό με βάση τα υαλονήματα

⁶ **PCB**: Printed circuit board, πλακέτα κυκλώματος.

Κυρίως στους πυκνωτές.

- **Φθορίζουσες ουσίες ***

Είναι σε μορφή σκόνης και καλύπτουν όλη την εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα εκτόνωσης.

- **Διάφορα πλαστικά**

Χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του εξωτερικού καλύμματος της βάσης, στους πυκνωτές, ως πρώτη ύλη στη μόνωση και αλλού.

- **Φερρίτες**

Σε αντιστάσεις και πηνία.

- **Πιεζοηλεκτρικά κεραμικά**

Σε αντιστάσεις και πηνία.

- **Χαλκός**

Σε διάφορα σύρματα και ίχνη της PCB.

- **Υλικά και προϊόντα συγκόλλησης**

Κασσιτεροκόλλησης και άλλων, εμπεριέχουν **μόλυβδο**.

- **Νικέλιο**

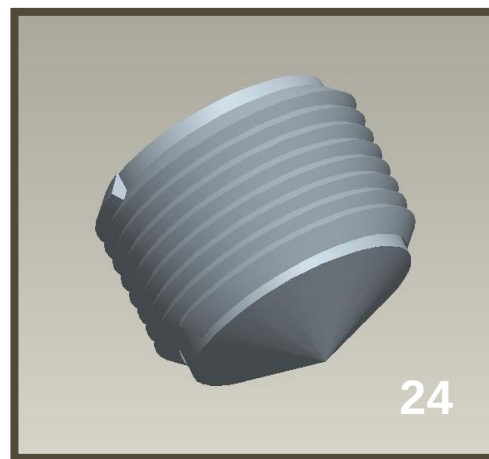
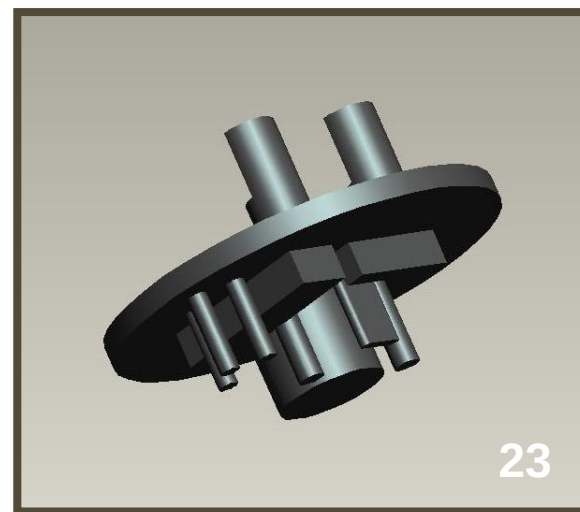
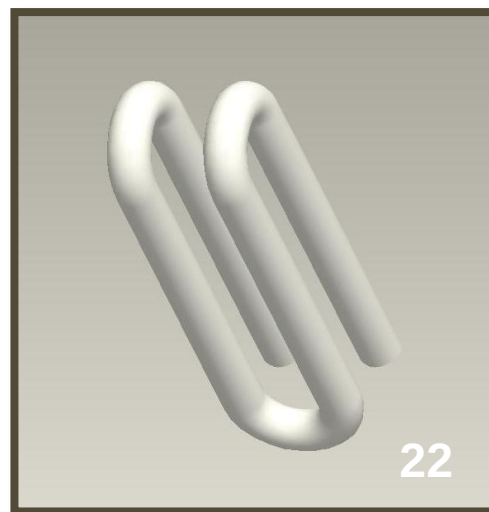
Χρησιμοποιείται σαν υλικό επιμετάλλωσης. Κυρίως στις εξωτερικές επιφάνειες όπου μέταλλα είναι εκτεθειμένα.

Προσοχή :

Ο υδράργυρος, ο ατμός υδραργύρου και οι φθορίζουσες ουσίες είναι υλικά τοξικά ή μπορεί να γίνουν τοξικά εάν αναμειχθούν με άλλες χημικές ουσίες σε χώρους υγειονομικής ταφής ή / και όταν θερμαίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες.

Όπως φαίνεται από τις λίστες των κύριων εξαρτημάτων και υλικών, οι CFL σε αντίθεση με τους λαμπτήρες πυράκτωσης, δεν διαθέτουν μόνο νήμα για την παραγωγή φωτός. Για την λειτουργία τους, εκτός από νήμα, διαθέτουν ηλεκτρόδια, αέριο πλήρωσης, υδράργυρο και φθορίζουσες ουσίες τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με τρόπο που θα δούμε αργότερα.

Ακολουθούν τα σχέδια που πραγματοποιήθηκαν στο Pro Engineer Wildfire 2.0:



Εικόνα 22 :

Σωλήνας Εκτόνωσης

Εικόνα 23:

Ηλεκτρονικό Ballast

Εικόνα 24:

Βιδωτή Βάση



Εικόνα 25:

CFL

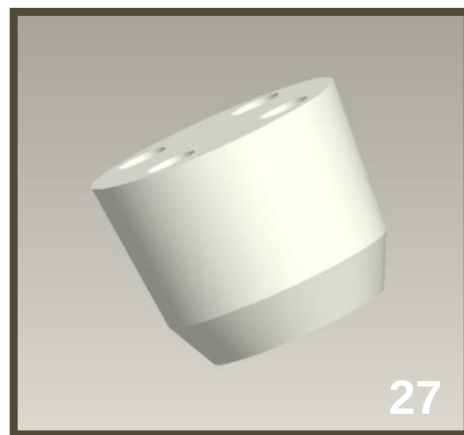


Εικόνα 26:

Τομή CFL

Εικόνα 27:

Κάλυμμα Βάσης



4.2.2 Διαδικασία Κατασκευής CFL

Στην διαδικασία κατασκευής των CFL όπως και στους λαμπτήρες πυράκτωσης αρχικά κατασκευάζονται τα επιμέρους τμήματα και στη συνέχεια συνδέονται για να συνθέσουν τον λαμπτήρα.

Κατασκευή του σωλήνα εκτόνωσης:

Ο σωλήνας εκτόνωσης κατασκευάζεται από ένα μίγμα υλικών με βάση το γυαλί τύπου soda-lime, άμμο και άλλα. Το γυαλί παίρνει το σχήμα κυλίνδρου και στη συνέχεια κόβεται σε μικρότερα τμήματα. Κάθε σωλήνας υφίσταται μία κατεργασία λείανσης των άκρων με χρήση θερμού αέρα στους 550° C.

Στην επόμενη φάση οι σωλήνες παίρνουν το επιθυμητό σχήμα. Συστρέφονται ή διπλώνουν ανάλογα με το εάν το τελικό προϊόν πρέπει να έχει ελικοειδή μορφή ή «καρφωτή». Στα περισσότερα εργοστάσια παραγωγής CFL η στρέψη γίνεται με χειροποίητη εργασία ενώ μόλις τα τελευταία χρόνια κάποιοι κατασκευαστές χρησιμοποιούν αυτοματοποιημένα μηχανήματα. Επειδή η επεξεργασία του σωλήνα στο στάδιο αυτό παρουσιάζει αρκετές ιδιαιτερότητες, προκύπτουν συχνά αστοχίες που οδηγούν την επιχείρηση να διακόψει την παραγωγική διαδικασία και να στείλει τους σωλήνες στην ανακύκλωση για επαναχρησιμοποίηση της πρώτης ύλης. Κατά την τελική μορφοποίηση τα άκρα του σωλήνα κόβονται και αυτός παίρνει τις επιθυμητές διαστάσεις για την συναρμολόγηση.

Ακολουθεί το στάδιο της εσωτερικής επίστρωσης του σωλήνα με φθορίζουσες ουσίες. Πρώτα οι σωλήνες καθαρίζονται επιμελώς με ζεστό νερό για την απομάκρυνση υπολειμμάτων της προηγούμενης διαδικασίας. Οι φθορίζουσες ουσίες οι οποίες είναι σε μορφή σκόνης, καλύπτουν όλη την εσωτερική

επιφάνεια του σωλήνα . Ύστερα ο φώσφορος απομακρύνεται από τα άκρα για να μπορεί αργότερα να εφαρμόσει αεροστεγώς στη βάση.

Στη συνέχεια οι λαμπτήρες θερμαίνονται σε ειδικά διαμορφωμένο φούρνο και μετά εισάγονται σε θάλαμο ψύξης για να ενισχυθεί η φωσφορική επίστρωση.

Κατασκευή του νήματος:

Το νήμα παράγεται από λέπτυνση μεταλλικών συρμάτων και παίρνει το απαραίτητο σχήμα. Πριν προχωρήσει στην φάση της συναρμολόγησης εμποτίζεται ένα μείγμα ηλεκτρομαγνητικών στοιχείων. Το μείγμα αυτό είναι αρχικά σε μορφή σκόνης. Η εφαρμογή της ηλεκτρομαγνητικής σκόνης είναι σημαντικότερη, μιας και η καταστροφή της σηματοδοτεί το τέλος της ζωής του CFL.

Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του νήματος, αυτό εισάγεται στον σωλήνα εκτόνωσης χωρίς όμως να έρχεται σε επαφή με αυτόν. Πριν ο σωλήνας σφραγισθεί, αργό, υδράργυρος εισάγονται στο εσωτερικό του.

Κατασκευή του ballast:

Τελευταία κατασκευάζονται το ballast και η πλάκα τοποθέτησης. Παρότι υπάρχει πρότυπο το οποίο πιστοποιεί τη μη χρησιμοποίηση μολύβδου και άλλων βλαβερών ουσιών στην κατασκευή του ballast και άλλων εξαρτημάτων, γνωστό και ως RoHS, δεν υπάρχει νόμος ο οποίος να επιβάλλει την εφαρμογή του.

Κατά τη συναρμολόγηση των CFL, το ballast συνδέεται με το νήμα και σφραγίζεται εξωτερικά από το πλαστικό κάλυμμα και τη βιδωτή βάση.

Μετά την κατασκευή οι λαμπτήρες μένουν αναμμένοι για 2 ώρες (μία ώρα σε όρθια θέση και μία ανάποδα) για να είναι σε θέση να χρησιμοποιηθούν.

4.2.3 Αρχή Λειτουργίας των CFL

Η αρχή λειτουργίας των συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού διαφέρει ελάχιστα από εκείνη των υπόλοιπων λαμπτήρων φθορισμού.

Με την σύνδεση του CFL στο ηλεκτρικό κύκλωμα, ρεύμα ρέει στα ηλεκτρόδια διαπερνώντας το μεταλλικό νήμα στο εσωτερικό του σωλήνα εκτόνωσης. Λόγω της τάσης που δημιουργείται κοντά στο νήμα κάποια ηλεκτρόνια αρχίζουν να κινούνται κατά μήκος του σωλήνα. Η ενέργεια αυτή μετατρέπει τμήμα του στερεού υδραργύρου σε ατμό. Όσο η κίνηση των ηλεκτρονίων συνεχίζεται, κάποια από αυτά συγκρούονται με τα άτομα του ατμοποιημένου υδραργύρου. Οι συγκρούσεις αυτές διεγείρουν τα άτομα αναγκάζοντας τα ηλεκτρόνιά τους να μεταβούν σε υψηλότερες ενεργειακές στάθμες. Όταν τα ηλεκτρόνια επιστρέφουν στην αρχική τους κατάσταση, απελευθερώνουν ενέργεια με τη μορφή φωτονίων.

Τα ηλεκτρόνια στα άτομα υδραργύρου είναι διατεταγμένα κατά τέτοιον τρόπο ώστε τα περισσότερα φωτόνια που απελευθερώνονται έχουν μήκος κύματος αντίστοιχο της υπεριώδους ακτινοβολίας. Τα φωτόνια της υπεριώδους ακτινοβολίας δεν είναι ορατά στο ανθρώπινο μάτι. Για το λόγο αυτόν, θα πρέπει η παραγόμενη υπεριώδης ακτινοβολία να μετατραπεί σε ορατό φως ώστε ο λαμπτήρας να είναι σε θέση να φωτίσει τον περιβάλλοντα χώρο.

Τη «λύση» στο πρόβλημα αυτό δίνουν οι φθορίζουσες ουσίες που επικαλύπτουν την εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα. Φθορίζουσα ονομάζεται η ουσία εκείνη η οποία απελευθερώνει φωτεινή ακτινοβολία μόλις εκτεθεί στο φως. Μόλις ένα φωτόνιο συγκρουστεί με ένα άτομο φθορίζουσας ουσίας, ένα από τα ηλεκτρόνια του φωσφόρου μεταβαίνει σε υψηλότερη ενεργειακή στάθμη και το άτομό του θερμαίνεται. Όταν το ηλεκτρόνιο επιστρέφει στη φυσιολογική του κατάσταση, απελευθερώνει την ενέργεια με τη μορφή ενός άλλου φωτονίου. Αυτό το φωτόνιο έχει λιγότερη ενέργεια από ότι το αρχικό φωτόνιο, επειδή ορισμένη ενέργεια χάθηκε ως θερμότητα κατά τη διαδικασία. Έτσι το νέο φωτόνιο ανήκει στο ορατό φως.

Χρησιμοποιώντας φώσφορο σαν φθορίζουσα ουσία, ο CFL απελευθερώνει λευκό ορατό φως. Γενικότερα όμως, οι κατασκευαστές μπορούν να διαφοροποιήσουν το χρώμα του φωτός χρησιμοποιώντας διαφορετικούς συνδυασμούς φωσφόρων.

^{*20} Coleman, G. H.; Leeper, R. W.; Schulze, C. C. "Cyanogen Chloride" Inorganic Syntheses McGraw-Hill: New York, 1946;

^{*21} Elliot R., Should There be a Ban on Incandescent Lamps?, ESP, 16 January 2010
<<http://sound.westhost.com/articles/incandescent.htm#in4> >

^{*22} Acton, J. ,*How Products Are Made, Volume 1, Light Bulb*, <<http://www.madehow.com/Volume-1/Light-Bulb.html>>

^{*23} Friedel, R., *Edison's Electric Light: Biography of an Invention*. Rutgers University Press, 1987

^{*24} Παλλασίδης Ν., *Συμπαγείς Λαμπτήρες Φθορισμού CFL*, Φωτοδιάπλαση, 2008
<http://fotodiaplassi.com/content/lighting/np_nov_08/cfls_web.pdf>

^{*25} Ευρωπαϊκή Επιτροπή, *Τι πρέπει να προσέχουμε στη συσκευασία*, Οικονομικοί Λαμπτήρες, ΕΕ, 2009
< http://ec.europa.eu/energy/lumen/overview/howtochoose/packaging/packaging_el.htm>

5 Μελέτη Λαμπτήρων

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα διάφορα σημεία στην κατασκευή, τη λειτουργία, τη χρήση αλλά και την ανακύκλωση ή απόσυρση των λαμπτήρων, τα οποία δυσχεραίνουν την εφαρμογή τους και χρήζουν επανεξέτασης. Η ανάδειξη των σημείων αυτών είναι αναγκαία για την εφαρμογή των μεθόδων αναμόρφωσης σχεδίων του Κεφαλαίου 6.

Παρότι η συγκεκριμένη εργασία εστιάζει στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, στο παρόν κεφάλαιο δεν θα αναλυθούν μόνον αυτές. Κάτι τέτοιο κρίνεται απαραίτητο μιας η μελέτη του κύκλου ζωής σε ένα τόσο αναγκαίο στην καθημερινότητα προϊόν θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλες τις πτυχές της αλληλεπίδρασης προϊόντος – χρήστη αλλά και κατασκευαστή. Επίσης, θα ήταν ελλιπής και μονόπλευρη η εφαρμογή των μεθόδων αναμόρφωσης έχοντας κατά νου μόνο πληροφορίες περί των περιβαλλοντικών θεμάτων.

Τα ευαίσθητα σημεία που παρατηρήθηκαν κατά τη μελέτη των λαμπτήρων πυράκτωσης και φθορισμού μικρού μεγέθους χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες :

1. Περιβαλλοντικά θέματα

Θέματα που αφορούν στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

2. Θέματα υγείας

Θέματα που αφορούν στα προβλήματα υγείας που δημιουργούνται κατά τη χρήση του προϊόντος ή την επαφή με τα υλικά που περιέχει.

3. Θέματα σχεδιασμού και εφαρμογής

Θέματα σχετικά με προβλήματα λόγω σχεδιασμού, ιδιοτήτων, τρόπου λειτουργίας κτλ. του προϊόντος.

Τα παραπάνω αναφέρονται σε προβλήματα τα οποία δυσχεραίνουν την εφαρμογή ή / και καθιστούν επιβλαβή τη χρήση των λαμπτήρων για διάφορους λόγους. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικότερα.

5.1 Περιβαλλοντικά Θέματα

Για τον εντοπισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τον κάθε τύπο λαμπτήρα, θα προσεγγιστεί προσεκτικά ο κύκλος ζωής καθώς και θα χρησιμοποιηθούν κάποια δεδομένα από προηγούμενες LCA μελέτες.

5.1.1 Περιβαλλοντικά Θέματα στους Λαμπτήρες Πυράκτωσης

Εξόρυξη υλικών

Τα υλικά που συνθέτουν έναν λαμπτήρα πυράκτωσης δεν χρειάζονται κάποια ιδιαίτερα ενεργοβόρα διαδικασία για να εξορυχτούν. Το γεγονός αυτό καθιστά τους λαμπτήρες πυράκτωσης φιλικούς ως προς το περιβάλλον κατά το στάδιο της εξόρυξης των υλικών.

Κατασκευή

Κατά το στάδιο της κατασκευής τους τα ποσά ενέργειας που καταναλώνονται βρίσκονται σε φυσιολογικά πλαίσια.

Μεταφορά και διανομή

Όσον αφορά την μεταφορά, τη διανομή αλλά και την συσκευασία, χαρακτηριστικό προτέρημα των λαμπτήρων πυράκτωσης είναι η ελαφριά κατασκευή τους. Ζυγίζοντας ελάχιστα, ακόμα και σε μεγάλες ποσότητες, η μεταφορά αποδεικνύεται ενεργειακά οικονομική.

Χρήση

Κατά τη χρήση, οι λαμπτήρες πυράκτωσης δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτικοί. Καταναλώνουν σημαντικά ποσά ενέργειας, μετατρέποντας σχεδόν το 70% της οποίας σε θερμότητα και αξιοποιώντας το υπόλοιπο ποσοστό για φωτισμό.

Τέλος ζωής

Όπως παρουσιάστηκαν και στο Κεφάλαιο 3, οι λαμπτήρες πυράκτωσης αποτελούνται από συγκεκριμένα υλικά τα οποία είναι ανακυκλώσιμα. Το εάν ανακυκλώνονται στην πράξη είναι κάτι το οποίο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Ακριβώς επειδή οι λαμπτήρες πυράκτωσης είναι ιδιαίτερα φθηνοί κατασκευαστικά αλλά και χάρη στο γεγονός ότι τα υλικά από τα οποία αποτελούνται δεν είναι βλαβερά προς το περιβάλλον ή προς την ανθρώπινη υγεία, σύμφωνα με σύγχρονες μελέτες, η ανακύκλωσή τους καθίσταται οικονομικά ασύμφορη^{*26}. Παρότι δεν ανακυκλώνονται, συχνά οι λαμπτήρες πυράκτωσης αποσυναρμολογούνται και επαναχρησιμοποιούνται.

5.1.2 Περιβαλλοντικά Θέματα στους CFL

Εξόρυξη υλικών

Η εξόρυξη των υλικών που συνθέτουν έναν CFL είναι μία αρκετά ενεργοβόρα διαδικασία. Ειδικά η εξόρυξη του υδραργύρου και του φωσφόρου. Πιο συγκεκριμένα, για ποσότητα καθαρού υδραργύρου ίση με εκείνη που περιέχεται σε έναν CFL, δηλαδή 4 mg (το λιγότερο), η διαδικασία εξόρυξης απελευθερώνει στις υδάτινες αρτηρίες, στην ατμόσφαιρα και στο έδαφος 0,4 mg υδραργύρου σαν απόβλητα, για κάθε mg που παράγεται. Τα νούμερα αυτά αντιπροσωπεύουν την υπάρχουσα κατάσταση ακόμα και για τις πιο εξελιγμένες μεθόδους εξόρυξης. Αυτό σημαίνει ότι τα 0,4 mg υδραργύρου που περιέχονται στον CFL αντιστοιχούν σε 5,6 mg υδραργύρου οποία εισέρχονται στο περιβάλλον. Επιπρόσθετα, οι εκπομπές CO₂ κατά την εξόρυξη είναι εξίσου αυξημένες.

Κατασκευή

Οι CFL έχουν μία κατασκευαστικά σύνθετη μορφή, η οποία ακολουθεί μία περίπλοκη παραγωγική διαδικασία. Έτσι, όλες οι μονάδες παραγωγής εκτός από αυξημένες εκπομπές CO₂, απελευθερώνουν βαρέα μέταλλα, θείο αλλά και άλλες βλαβερές ουσίες.

	Εκπομπές Αρσενικού (mg)			Εκπομπές Μολύβδου (mg)		
	Αέριες	Υδάτινες	Εδαφικές	Αέριες	Υδάτινες	Εδαφικές
Πυράκτωσης 100W	0,639	1,002	0,011	0.79	1,091	0,073
CFL 23W	0,507	7,19	0,002	1,434	34,6	0,012

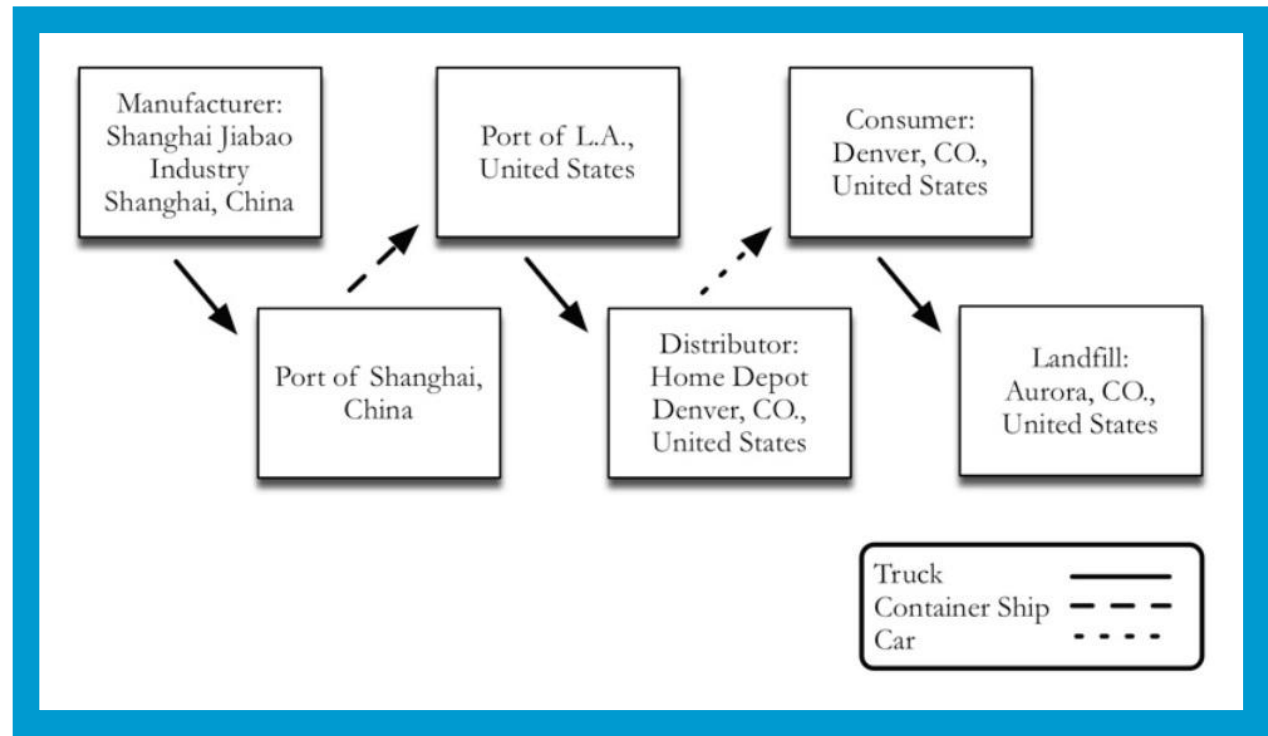
Πίνακας 6 :

Εκπομπές επικίνδυνων
ουσιών κατά την παραγωγή
λαμπτήρων ^{*27}

Μεταφορά και διανομή

Σύμφωνα με μελέτες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ^{*28} οι CFL, σε αντίθεση με τους λαμπτήρες πυράκτωσης, κατασκευάζονται αποκλειστικά σε χώρες της Ασίας, κυρίως Κίνα και Ινδία, και διανέμονται σε ολόκληρο τον κόσμο. Ένας βασικός λόγος για τον οποίον αυτό συμβαίνει, είναι ότι δια νόμου, η κατασκευή CFL απαγορεύεται σε ολόκληρη την Αμερική γιατί θεωρείται εξαιρετικά βλαβερή προς το περιβάλλον αλλά και την ανθρώπινη υγεία διαδικασία ^{*28}. Σε αντίθεση με την Αμερική, σε Κίνα και Ινδία τέτοιου είδους νομοθεσία δεν υπάρχει, δίνοντας έτσι την ευκαιρία στις κατασκευάστριες εταιρίες έδαφος για χρήση. Σε συνδυασμό με το αυξημένο βάρος τους έναντι των πυράκτωσης, κατά τη μεταφορά και διανομή καταναλώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας.

Σχήμα 4 :
Παράδειγμα εφοδιαστικής
αλυσίδας CFL^{*27}



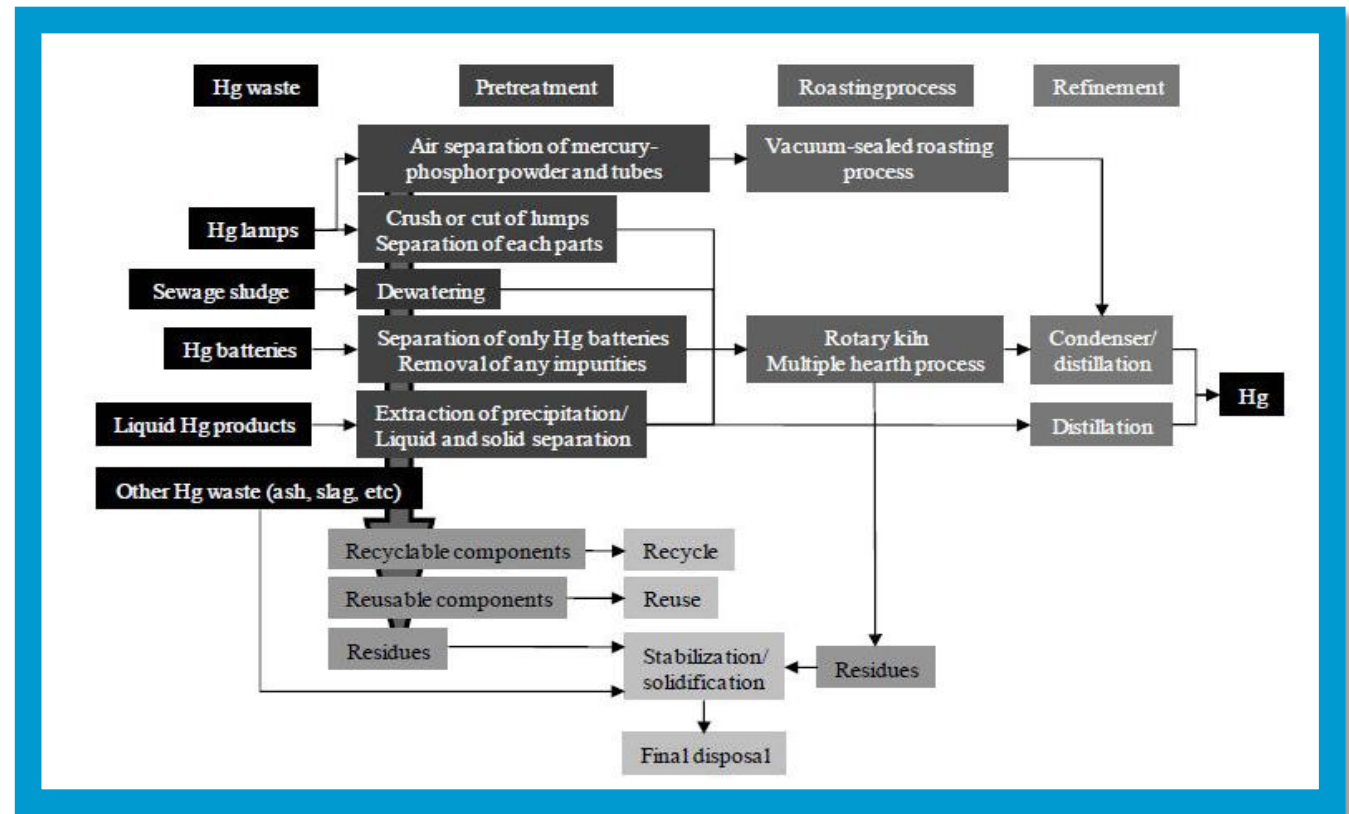
Χρήση

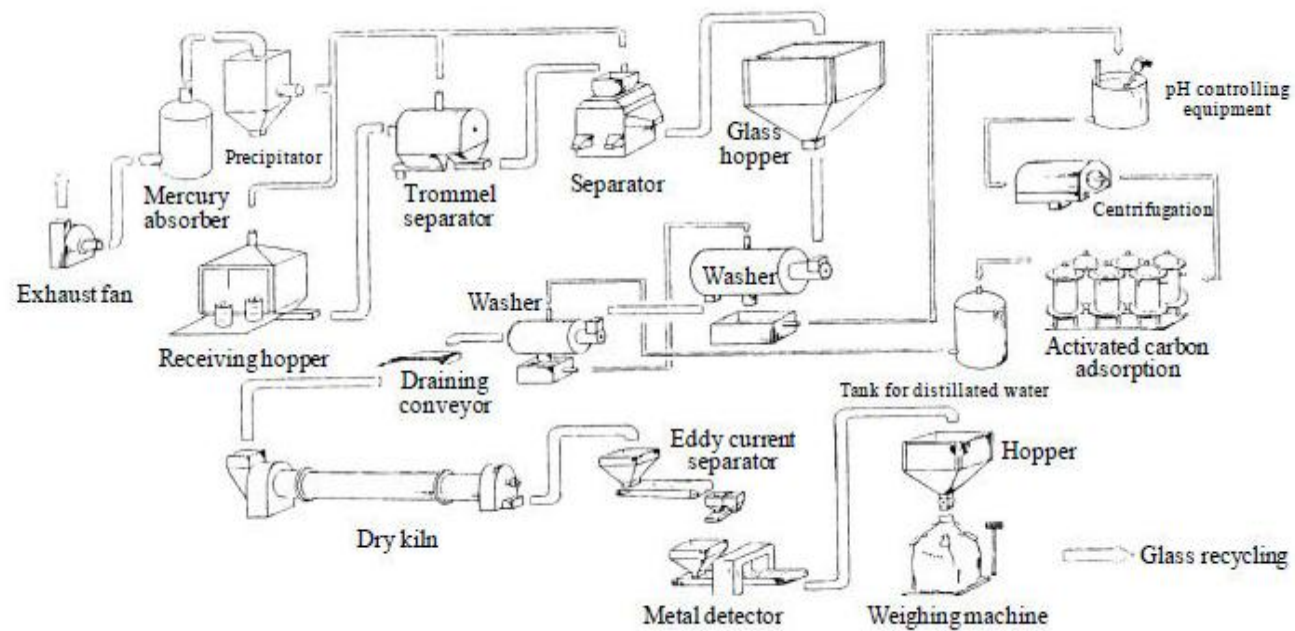
Βασικό επιχείρημα για τις εταιρίες οι οποίες κατασκευάζουν τους CFL, αλλά και για οργανισμούς που υποστηρίζουν την εγκαθίδρυσή τους, είναι η ενεργειακή αποδοτικότητα κατά τη χρήση και η μεγάλη διάρκεια ζωής έναντι των λαμπτήρων πυράκτωσης. Όσον αφορά τη διάρκεια ζωής τα πράγματα δεν είναι και τόσο απόλυτα, λόγω διαφόρων παραγόντων, όπως η χρήση του ballast, η ποιότητα του ρεύματος, η συχνότητα των χρήσεων και πολλά άλλα τα οποία θα αναλυθούν στο 5.2.2.

Τέλος ζωής

Στην περίπτωση απλής απόρριψης του CFL ο υγρός υδράργυρος, οι ατμοί υδραργύρου και ο φώσφορος που περιέχει, θα απελευθερωθούν στο περιβάλλον μολύνοντάς είτε αυτός απορριφθεί σε χώρο υγιεινής ταφής απορριμμάτων, είτε αποτεφρωθεί. Στην περίπτωση που ανακυκλωθεί, με στόχο την επαναχρησιμοποίηση των περισσότερων υλικών που τον απαρτίζουν, ειδικά των τοξικών, τα δεδομένα αλλάζουν. Ειδικά ο υδράργυρος για να ανακυκλωθεί, ακολουθεί μια σύνθετη και ιδιαίτερα ενεργοβόρα διαδικασία. Για την ακρίβεια, σε ένα από τα πολλά στάδια της διαδικασίας αυτής, οι λαμπτήρες συνθλίβονται σε μία κλειστή εγκατάσταση ενώ «σουρώνεται» για να συγκεντρωθούν τα υλικά. Τα τμήματα που μεταξύ άλλων περιέχουν υδράργυρο υφίστανται μία μορφή απόσταξης καθώς θερμαίνονται στους 600° C με στόχο το διαχωρισμό του υδραργύρου από τις υπόλοιπες ουσίες. Ο καθαρός υδράργυρος μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Η διαδικασία παρουσιάζεται παρακάτω σχηματικά:

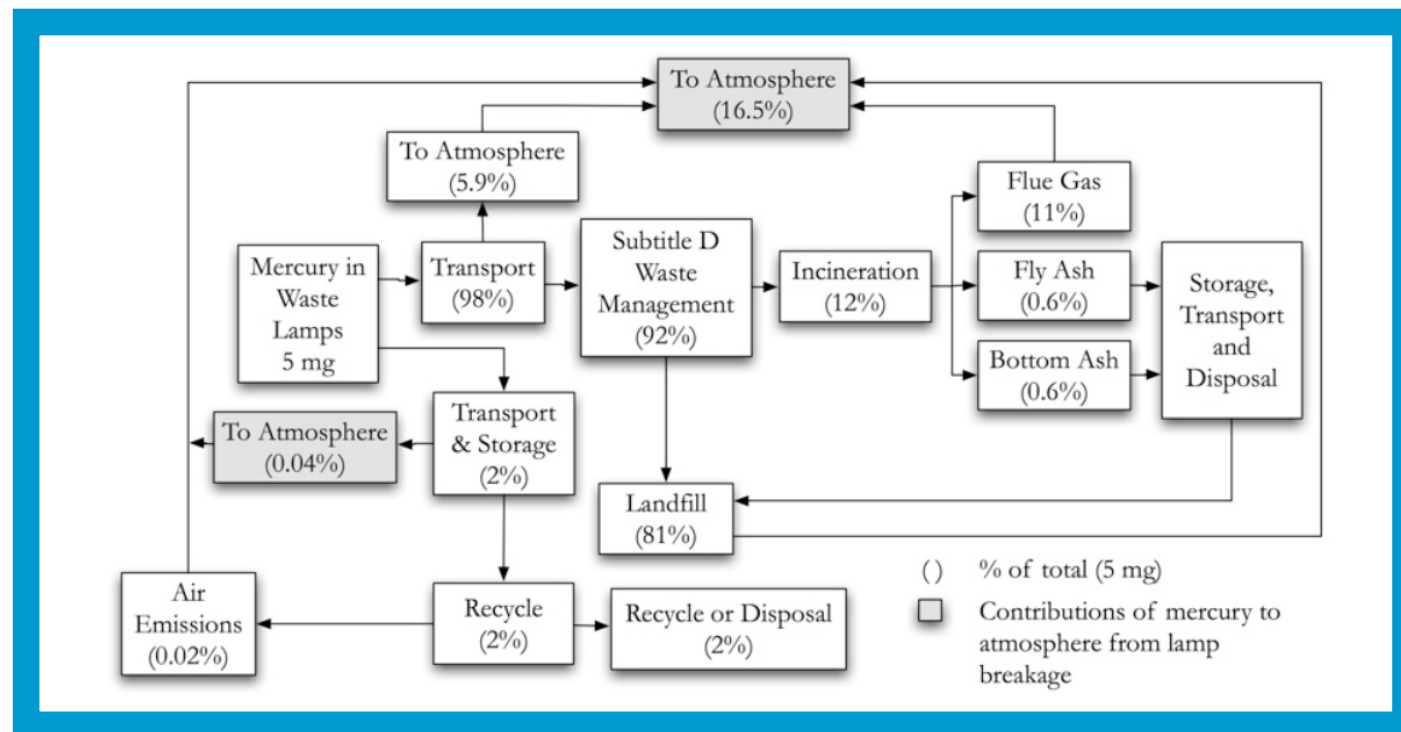
Σχήμα 5 :
Ροή και
ανακύκλωση
υδραργύρου
(Nomura Kohsan
Co. Ltd., 2007)





Σχήμα 6:
Ανακύκλωση
υδραργύρου,
διαδικασία
σύνθλιψης (Nomura
Kohsan Co. Ltd.,
2007)

Σχήμα 7 :
Αναλυτική απεικόνιση
εκπομπών
υδραργύρου^{*27}



Από προηγούμενες LCA μελέτες προκύπτουν τα ακόλουθα συνδυαστικά αποτελέσματα:

Υλικό	Ενεργειακό περιεχόμενο υλικού (Wh/g)	Βάρος CFL (g)	Ενεργειακό περιεχόμενο CFL (kWh/g)	Βάρος πυράκτωσης	Ενεργειακό περιεχόμενο πυράκτωσης (kWh/g)
Γυαλί	5,2	33	0,17	22	0,11
Πλαστικό	20	34	0,68	-	-
Ηλεκτρονικά	20	33	0,66	-	-
Μπρούτζος	20	9	0,18	9	0,18
Συνολικά			1,7		0,29

Πίνακας 7:

Υλικά και ενεργειακό
περιεχόμενο CFL και
λαμπτήρων
πυράκτωσης^{*30}

5.2 Θέματα Υγείας

5.2.1 Θέματα Υγείας στους Λαμπτήρες Πυράκτωσης

Μέχρι σήμερα δεν έχει παρατηρηθεί κάποιο πρόβλημα σχετικό με την ανθρώπινη υγεία το οποίο να είναι αποτέλεσμα κάποιας διαδικασίας στον κύκλο ζωής του λαμπτήρα πυράκτωσης ή να οφείλεται σε αλληλεπίδραση με κάποιο από τα συστατικά του.

5.2.2 Θέματα Υγείας στους CFL

Τοξικά υλικά, περίπλοκος μηχανισμός, ιδιόμορφη λειτουργία είναι κάποια από τα χαρακτηριστικά του CFL. Όλα αυτά έχουν κάποιες αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία. Οι περισσότερες παρουσιάζονται παρακάτω.

Υδράργυρος

Εάν ο υδράργυρος, σε όποια κατάσταση κι αν βρίσκεται, έρθει σε επαφή με το δέρμα, όπως στην περίπτωση κάποιου σπασμένου ή κατεστραμμένου CFL, το διαπερνάει και εισάγεται στο αίμα (Aucott et. Al., 2003). Η απορρόφηση του υδραργύρου από το αίμα δημιουργεί πολλές επιπλοκές, όπως ακροδυνία. Η ακροδυνία είναι η πιο συνηθισμένη ασθένεια που προκαλείται από την επαφή με τον υδράργυρο. Προσβάλλει κυρίως παιδιά αλλά και ενήλικες και χαρακτηρίζεται από έντονο πόνο και δερματικές διαταραχές. Η θεραπεία της είναι μακροχρόνια ενώ δεν έχει πάντα θετικά αποτελέσματα.

Κατά την απελευθέρωση του υδραργύρου από τους CFL σε περίπτωση ατυχήματος το αμερικανικό τμήμα περιβαλλοντικής προστασίας DEP (Department of Environmental Protection) προειδοποιεί για τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν σε τέτοια περίπτωση. Σύμφωνα με ανακοίνωση του DEP, για τον πλήρη καθαρισμό ενός μέσου δωματίου μετά από την καταστροφή ενός CFL, ο καταναλωτής πρέπει να καταβάλλει ποσό ύψους \$2.000 σε συνεργείο υγειονομικού καθαρισμού ^{*29}. Για τη δηλητηρίαση από υδράργυρο δεν είναι αναγκαία η άμεση επαφή με την ουσία, ακόμα και αν τα ορατά υπολείμματα απομακρυνθούν και ο χώρος αεριστεί, υπάρχει ακόμα κίνδυνος μόλυνσης

Υπεριώδης Ακτινοβολία

Σύμφωνα με έρευνα της NEMA (*National Electrical Manufacturer's Association*) είναι αποδεδειγμένο ότι οι CFL απελευθερώνουν ένα ποσό υπεριώδους ακτινοβολίας της τάξεως των 50 έως 140 mWatt / lumen. Πολλές φορές όμως, λόγω κακής χρήσης (πιάσιμο με γυμνά χέρια, λάθος θέση εφαρμογής, κλπ.) ή αστοχίας υλικού η εσωτερική φωσφορική επίστρωση ενδέχεται να αλλοιωθεί με αποτέλεσμα τη δημιουργία ακάλυπτων τμημάτων γυαλιού του σωλήνα εκτόνωσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση υπεριώδους ακτινοβολίας. Κάτι τέτοιο συμβαίνει διότι τα φωτόνια υπεριώδους ακτινοβολίας που απελευθερώνονται από τα διεγερμένα άτομα υδραργύρου δεν συγκρούονται με άτομα φωσφόρου κι έτσι δεν μετατρέπονται σε ορατό φως. Η υπεριώδης ακτινοβολία που απελευθερώνεται από τους CFL συμβάλλει στην ανάπτυξη καρκίνου του δέρματος και άλλων κινδύνων για την υγεία^{*31}.

Στο σημείο αυτό σημαντική είναι μία παρατήρηση που προέκυψε από την έρευνα για την εκπεμπόμενη υπεριώδη ακτινοβολία των CFL. Σύμφωνα με της κατασκευάστριες εταιρίες ο χρόνος ζωής των CFL και κατά συνέπεια ο χρόνος χρήσης καθορίζεται από το χρονικό διάστημα κατά το οποίο ο λαμπτήρας φωτοβολεί. Αντίθετα, πουθενά δεν αναφέρεται ο χρόνος ασφαλούς λειτουργίας, δηλαδή το χρονικό διάστημα ο λαμπτήρας λειτουργεί χωρίς αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον. Για παράδειγμα, ακόμα και όταν η εσωτερική επίστρωση φωσφόρου έχει φθαρεί, δηλαδή έχει ξεπεραστεί ο χρόνος ασφαλούς λειτουργίας, ο λαμπτήρας εξακολουθεί να φωτοβολεί, επομένως βρίσκεται ακόμα στα χρονικά πλαίσια του χρόνου ζωής. Ένα από τα συμπεράσματα της συγκεκριμένης εργασίας είναι η απαραίτητη περεταίρω διερεύνηση με στόχο τον ακριβή προσδιορισμό του χρόνου ασφαλούς λειτουργίας στους CFL.

Ballast

Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 4, τα ηλεκτρονικά ballast μετατρέπουν την συχνότητα του ρεύματος από τις κανονικές τιμές. Δηλαδή, όταν ο CFL λειτουργεί κανονικά, η συχνότητα του τρεμοπαϊξίματος είναι μεγαλύτερη, σχεδόν διπλάσια από το κανονικό. Παρόλα αυτά, ένας ελαττωματικός λαμπτήρας μπορεί να τρεμοπαίζει με χαμηλότερη συχνότητα, γεγονός που αποδεδειγμένα μπορεί να προκαλέσει επιληπτικές κρίσεις. Το αμερικανικό Job Accommodation Network (JAN) όπως και το Canadian Department of Labor, συνιστά την ελάττωση της χρήσης λαμπτήρων τεχνολογίας φθορισμού, για τον περιορισμό κρουσμάτων επιληψίας λόγω φωτοευαισθησίας (photosensitive epilepsy).

Το τρεμοπαΐσιμο που οφείλεται στη λειτουργία του ηλεκτρονικού ballast προκαλεί επίσης ημικρανίες καθώς και την ασθένεια του Meniere η οποία σχετίζεται με διαταραχές των υγρών στο εσωτερικό του αυτιού και προκαλεί έντονη ζάλη^{*31}.

5.3 Θέματα Σχεδιασμού και Εφαρμογής

5.3.1 Θέματα Σχεδιασμού και Εφαρμογής στους Λαμπτήρες Πυράκτωσης

Λόγω της μακροχρόνιας πορείας των λαμπτήρων πυράκτωσης σαν μέσω φωτισμού, αλλά και της απλής τους μορφής έχουν μελετηθεί όσο κανένας τύπος λαμπτήρα. Μπορούν αν παραχθούν σε πάρα πολλά μεγέθη και σχήματα, γεγονός που τους καθιστά ιδανικούς για οποιαδήποτε εφαρμογή. Παρόλα αυτά ένα σημείο στο οποίο μειονεκτούν κατά την εφαρμογή είναι η αύξηση της θερμοκρασίας τους

κατά την χρήση ώστε να μην είναι δυνατός ο άμεσος χειρισμός τους. Αυτό βέβαια δεν είναι απαραίτητα ένα μειονέκτημα εάν σκεφτεί κανείς ότι απαγορεύεται το πιάσιμο των CFL με γυμνά χέρια σε κάθε περίπτωση.

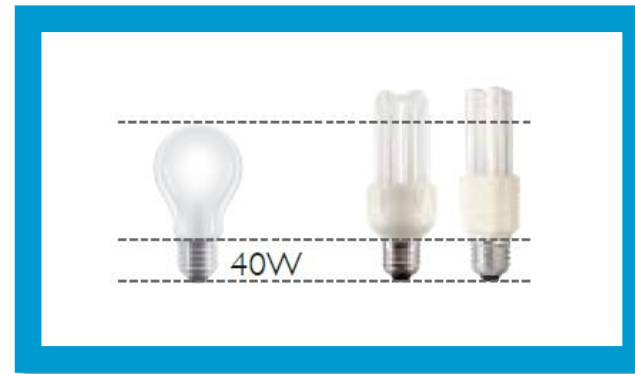
5.3.2 Θέματα Σχεδιασμού και Εφαρμογής στους CFL

Οι πρωταρχικοί στόχοι του σχεδιασμού των CFL είναι το υψηλό επίπεδο ηλεκτρικής απόδοσης και αντοχής. Ο περίπλοκος μηχανισμός τους και οι ανάγκες τους για σωστή λειτουργία δημιουργούν διάφορους περιορισμούς κατά τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και κατά συνέπεια τη χρήση τους^{*32}. Κάποια από τα ευαίσθητα αυτά σημεία αναφέρονται στο παρόν υποκεφάλαιο.

Μέγεθος

Το μέγεθος ενός CFL είναι περίπου ανάλογο με την καλυπτόμενη με φθορίζουσες ουσίες επιφάνεια και συνήθως οι CFL είναι μεγαλύτεροι από τους αντίστοιχους λαμπτήρες πυράκτωσης με αποτέλεσμα να μην ταιριάζουν πάντα στα υφιστάμενα φωτιστικά.

Εικόνα 28 :
Αντιστοιχία
μεγέθους
λαμπτήρων
(Phillips Hellas)



Σύγκριση για την αντικατάσταση της ισχύος των λαμπτήρων πυράκτωσης

Επειδή μέχρι πρόσφατα στις συσκευασίες των CFL αναγράφονταν μόνο τα Watt ισχύος και όχι τα lumen, προκλήθηκε και συνεχίζει να υφίσταται μία μεγάλη σύγχυση γύρω από τη σωστή αντιστοιχία ισχύος λαμπτήρων πυράκτωσης και CFL, με αποτέλεσμα τη φθορά και καταστροφή πολλών συσκευών φωτισμού αλλά και γενικότερη οικονομική επιβάρυνση των καταναλωτών^{*33}.

Τέλος ζωής

Εκτός από τις κοινές στους CFL αστοχίες που μπορεί να οδηγήσουν σε πρόωρη φθορά του, η ύπαρξη του ballast καθώς και η γενικότερη σύνθετη δομή των πολλών εξαρτημάτων του συντομεύει το χρόνο ζωής του λαμπτήρα. Σ' αυτό συμβάλλει και η μειωμένη πληροφόρηση των πελατών γύρω από τους κανόνες σωστής χρήσης αλλά και η παρατεταμένη περίοδος συμμόρφωσης με ένα νέο προϊόν όπως οι CFL. Λόγω της κατασκευής τους, οι CFL τίνουν να παρουσιάζουν όλο και περισσότερες αστοχίες (καπνός, υπερβολική θέρμανση, κ.α.) πλησιάζοντας στο τέλος ζωής τους^{*34}.

Θέση εφαρμογής

Η δυνατότητα χρήσης των CFL εξαρτάται άμεσα από τη θέση και τον τύπο του φωτιστικού. Αυτό αποκλείει τη χρήση των CFL σε χωνευτά φωτιστικά μεγάλου βάθους, σε κλειστά φωτιστικά και αρκετά στεγανά ή εξωτερικού χώρου φωτιστικά σώματα όπως φαίνεται στην Εικόνα 29.

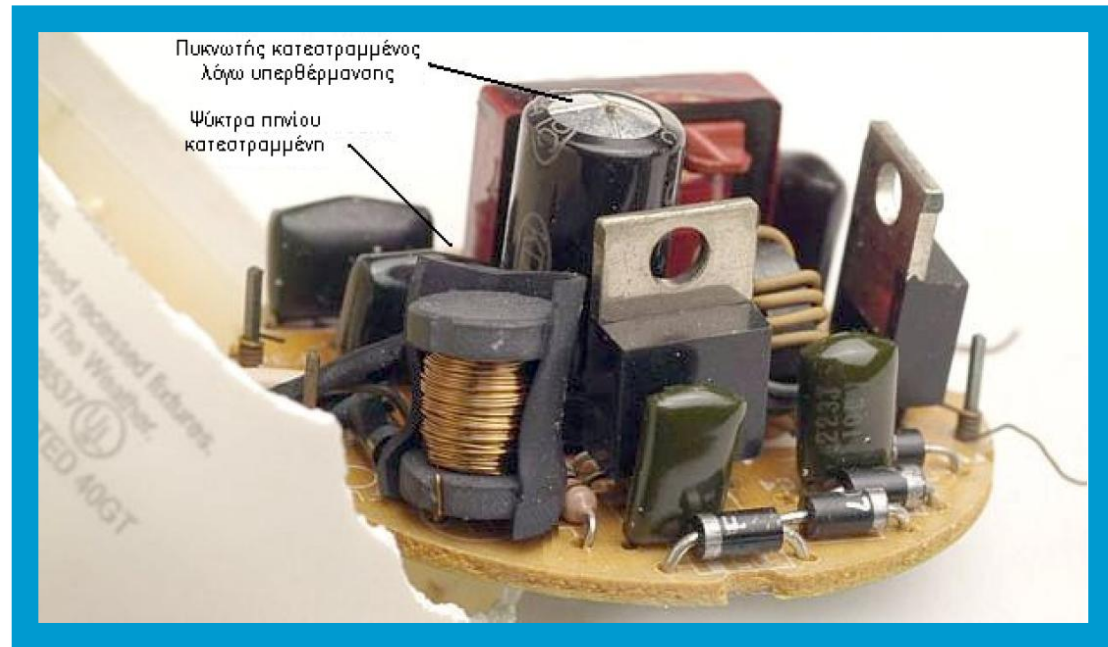


Εικόνα 29 :

Δυνατότητες
εφαρμογής CFL ^{*35}

Αιτία είναι η θερμοκρασία. Επικρατεί η εσφαλμένη αντίληψη ότι οι λαμπτήρες CFL δεν εκπέμπουν θερμότητα. Πράγματι, η επιφάνεια που φωτοβολεί δεν εκπέμπει θερμότητα, εκπέμπει όμως η βάση του λαμπτήρα στην οποία περιέχονται τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο ο εκάστοτε «επώνυμος» κατασκευαστής συνήθως επισημαίνει την αναγκαιότητα καλού εξαερισμού. Ένα κλειστό φωτιστικό ή κάποιο με κακό εξαερισμό, μπορεί να οδηγήσει στη μείωση του προσδοκώμενου χρόνου ζωής του λαμπτήρα ή στην καταστροφή του, όπως φαίνεται στην Εικόνα 30 ^{*35}.

Εικόνα 30 :
Βάση
κατεστραμμένου
CFL λόγω
υπερθέρμανσης^{*35}



Ποιότητα ισχύος

Η εισαγωγή των CFL ειδικά σε μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις ενδέχεται να επηρεάσουν την ποιότητα της προσφερόμενης ισχύος^{*39}. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να χρησιμοποιούνται ειδικής μορφής CFL.

Λειτουργία Dimming

Σήμερα υπάρχουν κάποιοι ειδικά σχεδιασμένοι CFL με δυνατότητα dimming. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι οι κοινοί CFL δεν έχουν τέτοια δυνατότητα και καταστρέφονται σε περίπτωση που

χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με κάποιο dimmer χωρίς φυσικά αυτό να καλύπτεται από κάποια εγγύηση κατασκευαστή^{*36}.

Εξωτερική Χρήση

Γενικά, οι CFL δεν είναι σχεδιασμένοι για χρήση σε εξωτερικούς χώρους. Ακόμα, κάποιοι δεν λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η επιλογή των λαμπτήρων για κρύο περιβάλλον πρέπει να γίνεται προσεκτικά, επιλέγοντας CFL που διαθέτουν ballast ψυχρών συνθηκών.

Σήματα Υπέρυθρης Ακτινοβολίας

Ηλεκτρονικές συσκευές που λειτουργούν με τηλεχειριστήριο υπέρυθρων μπορεί να ερμηνεύσουν το υπέρυθρο φως που εκπέμπεται από τις CFL ως ένδειξη, αυτό περιορίζει τη χρήση τους κοντά σε τηλεοράσεις, ραδιόφωνα, τηλεχειριστήρια, ή κινητά τηλέφωνα^{*37}.

Ιριδισμός

Πολλές φορές οι CFL προκαλούν στο film που χρησιμοποιείται στα τζάμια των παραθύρων ιριδισμό. Το κάνουν δηλαδή να αλλάξει χρώμα. Η αλλαγή αυτή μπορεί να είναι ανεπαίσθητη έως ιδιαίτερα εμφανής. Το φαινόμενο αυτό που δημιουργείται κυρίως τις βραδινές ώρες επιδρά και στις μη ανακλαστικές ταινίες.

Χρήση σε συνδυασμό με ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου

Πολλές ηλεκτρονικές συσκευές, όπως χρονοδιακόπτες, αισθητήρες κίνησης, καθώς και άλλα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου αλληλεπιδρούν με το ballast και περιορίζουν το χρόνο ζωής του λαμπτήρα.

Κίνδυνος Πυρκαγιάς

Όταν για την κατασκευή της βάσης του δεν χρησιμοποιηθούν υλικά με επιβραδυντικές ιδιότητες απέναντι στην ανάπτυξη φλόγας, όπως προβλέπεται από εθελοντικά πρότυπα, τότε τα ηλεκτρικά εξαρτήματα του λαμπτήρα μπορεί να υπερθερμανθούν δημιουργώντας κίνδυνο πυρκαγιάς. Οι τελευταίες προδιαγραφές ENERGY STAR που τέθηκαν σε ισχύ από τις 2 Δεκεμβρίου του 2008, προϋποθέτουν βελτίωση των απαιτήσεων του τέλους ζωής, καθώς και υψηλότερα επίπεδα ασφαλείας κατά τη χρήση^{*38}.

Φωτεινότητα Κατά τη Διάρκεια Ζωής

Η φωτεινότητα των CFL μειώνεται με την πάροδο του χρόνου της διάρκειας ζωής. Έτσι, πολλές φορές η φωτεινότητα μετά από κάποια περίοδο δεν είναι πλέον αρκετή. Σε μία δοκιμή του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ των λαμπτήρων «Energy Star», το 2003-04, το ένα τέταρτο των CFL που δοκιμάστηκαν δεν πληρούσαν πλέον τις προϋποθέσεις της ονομαστικής ισχύος τους μετά από το 40% της ονομαστικής διάρκειας ζωής τους.

Διαφορές Μεταξύ Κατασκευαστών

Υπάρχουν πολλές διαφορές ανάμεσα στους CFL από διαφορετικούς κατασκευαστές. Κάποιες από αυτές είναι η ποιότητα του φωτός, το κόστος, ο χρόνος εκκίνησης (χρόνος από τη στιγμή που πατάμε το διακόπτη μέχρι τη στιγμή που ο χώρος φωτίζεται επαρκώς) και άλλα.

^{*26} Bly S., *No Recycling For Incandescent Light Bulbs, There Are Options To Reduce and Reuse The Electric Bulb.* < <http://www.suite101.com/content/no-recycling-for-incandescent-light-bulbs-a175793>>

^{*27} Rammroth, L., *Comparison of Life-Cycle Analyses of Compact Fluorescent and Incandescent Lamps Based on Rated Life of Compact Fluorescent Lamp*, Rocky Mountain Institute, Φεβρουάριος 2008.

^{*28} Toth, A. e.a., *Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs*, Study for European Commission DGTREN unit D3, Οκτώβριος 2008.

^{*29} Milloy, S., *Junk Science Light Bulb Lunacy*. Junk Science, 29 Απριλίου 2007 < <http://www.foxnews.com/story/0,2933,268747,00.html>>

^{*30} Gydesen, A. Maimann, D., *Life Cycle Analysis of Integral CFL Versus Incandescent Lamps, Energy and Emissions*, Technical University of Denmark, 2000

^{*31} Smith, B., *Can fluorescent lamps worsen health conditions not related to the skin?*, Green Facts, 2008 <<http://copublications.greenfacts.org/en/energy-saving-lamps/l-2/4-cfl-non-skin-diseases.htm#0>>

^{*32} Fassbinder, S., *How Efficient are Compact Fluorescent Lamps?*, Leonardo Energy – Global Community for Sustainable Energy Professionals, 24.10.2008 < <http://www.leonardo-energy.org/how-efficient-are-compact-fluorescent-lamps>>

^{*33} Gray, R., McWatt, J., *Energy Saving Light Bulbs Offer Dim Future*, UK Telegraph, 29.08.2009 <<http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/eu/6110547/Energy-saving-light-bulbs-offer-dim-future.html>>

^{*34} Toderian, A., CSA Standards, 21.10.2009 <<http://www.csa.ca/cm/cal/en/news/article/new-household-light-standard-addresses-consumer-concerns>>

^{*35} Παλλασίδης Ν., *Συμπαγείς Λαμπτήρες Φθορισμού CFL, Φωτοδιάπλαση*, 2008 <http://fotodiaplassi.com/content/lighting/np_nov_08/cfls_web.pdf>

^{*36} Yau, E.K.F.; Wing-Hung Ki; Mok, P.K.T.; Sin, J.K.O.; *Phase-controlled dimmable CFL with PPFC and switching frequency modulation*, Integrated Power Electron. Lab., Hong Kong University of Science & Technology, Power Electronics Specialists Conference, 2001. PESC. 2001 IEEE 32nd Annual

^{*37} Janeway, K., *Can CFLs Interfere With Electronic Equipment?*, Consumer Reports, <<http://consumerreports.org/home/2007/11/cfl-problems.html>>

^{*38} CPSC, Teng Fei Trading Inc. Announce Recall of Energy Saving Light Bulbs, U.S. Consumer Product Safety Commission, Washington DC, 12.10.2004 <<http://www.cpsc.gov/CPSCPUB/PREREL/prhtml05/050005.html>>

^{*39} Ph. N. Korovesis e.a., Influence of Large-Scale Installation of Energy Saving Lamps on the Line Voltage Distortion of a Weak Network Supplied by Photovoltaic Station, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 19, NO. 4, Oktober 2004

6 Εφαρμογή Μεθόδων Αναμόρφωσης Σχεδίων

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν η διαδικασία καθώς και τα αποτελέσματα της εφαρμογής των μεθόδων που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 3. Σημαντικά για την εφαρμογή των μεθόδων αναμόρφωσης σχεδίων είναι τα δεδομένα του Κεφαλαίου 5, αλλά και του Κεφαλαίου 4.

6.1 Εφαρμογή Μεθόδων Product Design Matrix και Environmental Effect Analysis

Η λεπτομερής εφαρμογή των μεθόδων PDM και EEA δεν ήταν εφικτή για δύο βασικούς λόγους. Πρώτων, στη διάθεσή μας δεν υπήρχαν λεπτομερή στοιχεία που αφορούν κυρίως τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια υπολείμματα. Δεύτερον, με τα σημερινά διαθέσιμα δεδομένα δεν ήταν εφικτός ο επακριβής προσδιορισμός και υπολογισμός των μεταβλητών της μεθόδου EEA. Αυτό συμβαίνει διότι τέτοιου είδους δεδομένα θα ήταν διαθέσιμα μόνο μέσω της εφαρμογής κάποιας πειραματικής διαδικασίας κατά την οποία θα πραγματοποιούνταν η προσομοίωση της λειτουργίας αλλά και ολόκληρου του κύκλου ζωής καθενός από τους τύπους των λαμπτήρων που μελετήθηκαν.

Παρόλα αυτά, η έρευνα γύρω από την εφαρμογή των μεθόδων αυτών βοήθησε ιδιαίτερα στον καλύτερο προσδιορισμό των αντικειμενικών στοιχείων της έρευνας. Ακόμα, η τριβή με τις PDM και EEA καθόρισε την σωστότερη και πιο αντικειμενική εφαρμογή της μεθόδου Strategy Wheel, μιας και παρά τα εμπόδια κατά την εφαρμογή, φανέρωσε μία νέα οπτική στην περιβαλλοντική σύγκριση των λαμπτήρων πυράκτωσης και CFL.

6.2 Εφαρμογή Μεθόδου Strategy Wheel

Η μέθοδος Strategy Wheel εξετάζει κυρίως τις δυνατότητες του προϊόντος για βελτίωση, οπτικοποιώντας την τρέχουσα περιβαλλοντική του επίδοση. Ακόμα, κινητοποιεί τη δημιουργική διαδικασία παραγωγής.

Στην εργασία αυτή, η μέθοδος Strategy Wheel εφαρμόστηκε με τη βοήθεια του λογισμικού EcoStrat. Για την εφαρμογή της μεθόδου ο χρήστης έρχεται σε επαφή με τρία επίπεδα ανάλυσης, τα οποία είναι:

- Ανάλυση προϊόντος σε επίπεδο εξαρτημάτων,
- Ανάλυση προϊόντος σε επίπεδο δομής και
- Ανάλυση προϊόντος σε επίπεδο συστήματος

Σε κάθε ένα από τα επίπεδα ο χρήστης καλείται να αξιολογήσει τα επιμέρους χαρακτηριστικά τα οποία συνθέτουν τον έλεγχο βελτίωσης ανά επίπεδο, με βάση μία κλίμακα τριών βαθμίδων: Χαμηλό, Μέτριο και Υψηλό (Low, Medium, High). Το κάθε ένα από αυτά αντιστοιχεί στο επίπεδο βελτίωσης που επιδέχεται το κάθε χαρακτηριστικό, δηλαδή το Υψηλό σημαίνει ότι το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό έχει μεγάλα περιθώρια βελτίωσης σε σχέση με την περιβαλλοντικά ευαίσθητη σχεδίαση κλπ.

Η μέθοδος Strategy Wheel εφαρμόστηκε αρχικά για τους λαμπτήρες πυράκτωσης και ύστερα για τους CFL. Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά οι εφαρμογή.

5.2.1 Εφαρμογή Μεθόδου Strategy Wheel στους Λαμπτήρες Πυράκτωσης

Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα όπως εφαρμόστηκαν στο λογισμικό EcoStrat για τους λαμπτήρες πυράκτωσης σχολιάζονται παρακάτω:

The screenshot displays the 'Product component level' interface of the EcoStrat software. It is divided into two main sections: '1. Selection of low-impact materials' and '2. Reduction of materials usage'. Each section contains several dropdown menus and an 'Overall' result box.

Section	Parameter	Value
1. Selection of low-impact materials	Cleaner materials	High
	Renewable materials	Mid
	Lower energy content materials	Low
	Recycled materials	Mid
	Recyclable materials	Mid
Overall		Mid
2. Reduction of materials usage	Reduction in weight	Low
	Reduction in (transport) volume	Low
	Overall	Low

Εικόνα 31:

Ανάλυση λαμπτήρα
πυράκτωσης σε επίπεδο
εξαρτημάτων

Γενικά, επειδή τα υλικά που χρησιμοποιούνται στους λαμπτήρες πυράκτωσης δεν είναι ούτε βλαβερά, ούτε ενεργοβόρα κατά την εξόρυξη, αλλά ούτε κοστίζουν ιδιαίτερα, η ανακύκλωσή τους δεν θεωρείται αναγκαία. Συγκεκριμένα, στις περισσότερες περιπτώσεις λαμπτήρων πυράκτωσης η ανακύκλωση τους

θεωρείται οικονομικά ασύμφορη. Αυτό όμως δεν περιορίζει την χρήση ανακυκλωμένων πρώτων υλών, όπου αυτή είναι δυνατή.

Όσον αφορά την μείωση των χρησιμοποιούμενων υλικών (αλλά και εξαρτημάτων) υπάρχουν μάλλον μικρά περιθώρια βελτίωσης. Αυτό συμβαίνει διότι η μορφή του λαμπτήρας πυράκτωσης παραμένει η ίδια για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Κατά συνέπεια τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι επιστημονικά τεκμηριωμένα σε μεγάλο βάθος χρόνου. Όμως αναμφίβολα μπορεί κανείς να πει πως χρήσιμη θα ήταν η περεταίρω διερεύνηση για χρήση νέων υλικών, τα οποία θα ήταν περισσότερο αποδοτικά κυρίως κατά τη χρήση (μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, κλπ.).

3. Optimisation of production techniques

Low	Alternative production techniques
Low	Fewer production steps
Low	Lower / cleaner energy consumption
Mid	Less production waste
Mid	Fewer / cleaner production consumables
Low	Overall

Product structure level

4. Optimisation of distribution system

Mid	Less / cleaner / reusable packaging
Mid	Energy-efficient transport
Mid	Energy efficient logistics
Mid	Overall

Εικόνα 32:

Ανάλυση λαμπτήρα
πυράκτωσης σε
επίπεδο δομής

Οι τεχνικές κατασκευής οι οποίες χρησιμοποιούνται παρότι θεωρητικά είναι οι βέλτιστες, σίγουρα η εύρεση νέων τεχνολογιών μπορεί να τις κάνει ακόμα αποδοτικότερες, κυρίως στο κομμάτι των αποβλήτων και των αναλώσιμων που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή.

Με την ίδια λογική θα μπορούσαν να βελτιωθούν τα συστήματα συσκευασίας, μεταφοράς και διανομής.

Εικόνα 33:
Ανάλυση
λαμπτήρα
πυράκτωσης σε
επίπεδο
συστήματος

5. Reduction of impact during use		7. Optimisation of end of life system	
High	Lower energy consumption	Low	Reuse of product
Mid	Cleaner energy source	Low	Remanufacturing / refurbishing
Low	Fewer consumables needed	High	Recycling of materials
Low	Cleaner consumables	Low	Safer incineration
High	No waste of energy / consumables	Low	Overall
Mid	Overall		

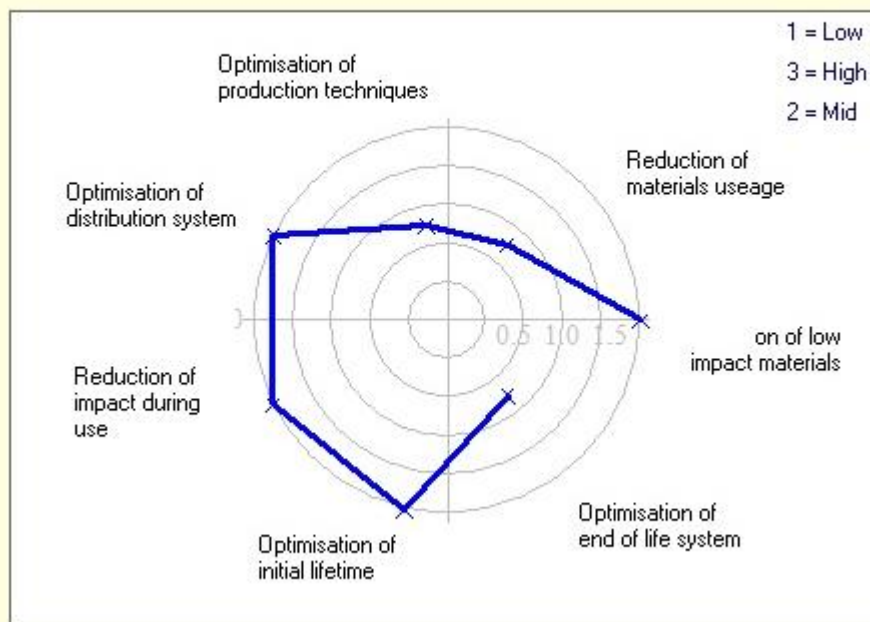
Product system level

6. Optimisation of initial lifetime			
High	Reliability and durability	High	Classic design
Low	Easier maintenance and repair	High	Strong product-user relation
Low	Modular product structure	Mid	Overall

Στο κομμάτι της χρήσης, επείγουσα είναι η ανάγκη για ελαχιστοποίηση της καταναλισκόμενης ενέργειας και κατά συνέπεια της απόδοσης κατά τη χρήση.

Όσον αφορά τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών που αφορούν στη μεγιστοποίηση της διάρκειας ζωής αλλά και των συστημάτων αξιοποίησης μετά το τέλος ζωής του λαμπτήρα, βασική είναι η ανάγκη επαναπροσδιορισμού του κλασικού σχεδιασμού αλλά και της αξιοπιστίας του προϊόντος.

Agregated results



Εικόνα 34:

Γραφική αναπαράσταση
αποτελεσμάτων
ανάλυσης λαμπτήρων
πυράκτωσης

Συνολικά, ο λαμπτήρας πυράκτωσης είναι ένα προϊόν το οποίο έχει αποδείξει την αξία του σταθερά μέσα στο χρόνο. Αποτελεί μία αξιόπιστη και σταθερή λύση για τον οικιακό και όχι μόνο φωτισμό, με βασικό μειονέκτημα τα χαμηλά επίπεδα αποδοτικότητας. Κατά συνέπεια αναγκαία είναι η περεταίρω διερεύνηση για τη βελτίωση του σαν προϊόν, και όχι απαραίτητα η απόσυρσή του.

5.2.2 Εφαρμογή Μεθόδου Strategy Wheel στους CFL

Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα όπως εφαρμόστηκαν στο λογισμικό EcoStrat για τους CFL είναι τα ακόλουθα:

Product component level

1. Selection of low-impact materials

Low Cleaner materials

Mid Renewable materials

Low Lower energy content materials

Mid Recycled materials

Mid Recyclable materials

Mid Overall

2. Reduction of materials usage

Low Reduction in weight

Low Reduction in (transport) volume

Low Overall

Εικόνα 35:

Ανάλυση CFL σε
επίπεδο
εξαρτημάτων

Βασικό πρόβλημα για την καθιέρωση του CFL σαν ένα φιλικό προς το περιβάλλον προϊόν είναι αναμφίβολα τα επικίνδυνα υλικά τα οποία είναι απαραίτητα για την λειτουργία του. Υλικά τα οποία είναι τοξικά ή εν δυνάμει τοξικά (υδράργυρος, φθορίζουσες ουσίες, ατμός υδραργύρου), μη ανακυκλώσιμα ή

ανακυκλώσιμα υπό συγκεκριμένες - όχι και τόσο φιλικές προς το περιβάλλον – προϋποθέσεις και εξαιρετικά ενεργοβόρα κατά την εξόρυξή τους (υδράργυρος κ.α.), χρήζουν περεταίρω μελέτης και επαναπροσδιορισμού.

3. Optimisation of production techniques

Mid	Alternative production techniques
Mid	Fewer production steps
High	Lower / cleaner energy consumption
High	Less production waste
High	Fewer / cleaner production consumables
High	Overall

Product structure level

4. Optimisation of distribution system

Mid	Less / cleaner / reusable packaging
Mid	Energy-efficient transport
Mid	Energy efficient logistics
Mid	Overall

Εικόνα 36:

Ανάλυση CFL σε
επίπεδο δομής

Οι τεχνικές και γενικότερη διαδικασία παραγωγής φαίνονται ικανοποιητικές. Απαραίτητη είναι όμως η εύρεση νέων τεχνικών για την αποτελεσματικότερη παραγωγή λιγότερων αποβλήτων αλλά και αναλώσιμων.

Η συσκευασία, διανομή και διάθεση των CFL χρειάζεται μελέτη, μιας και οι λαμπτήρες αυτοί πρέπει μεταφέρονται και γενικότερα να αντιμετωπίζονται μόνο σαν εύθραυστα αντικείμενα, τα οποία απελευθερώνουν εξαιρετικά βλαβερές ουσίες κατά την φυσική τους καταστροφή (σπάσιμο, λιώσιμο, κ.α.).

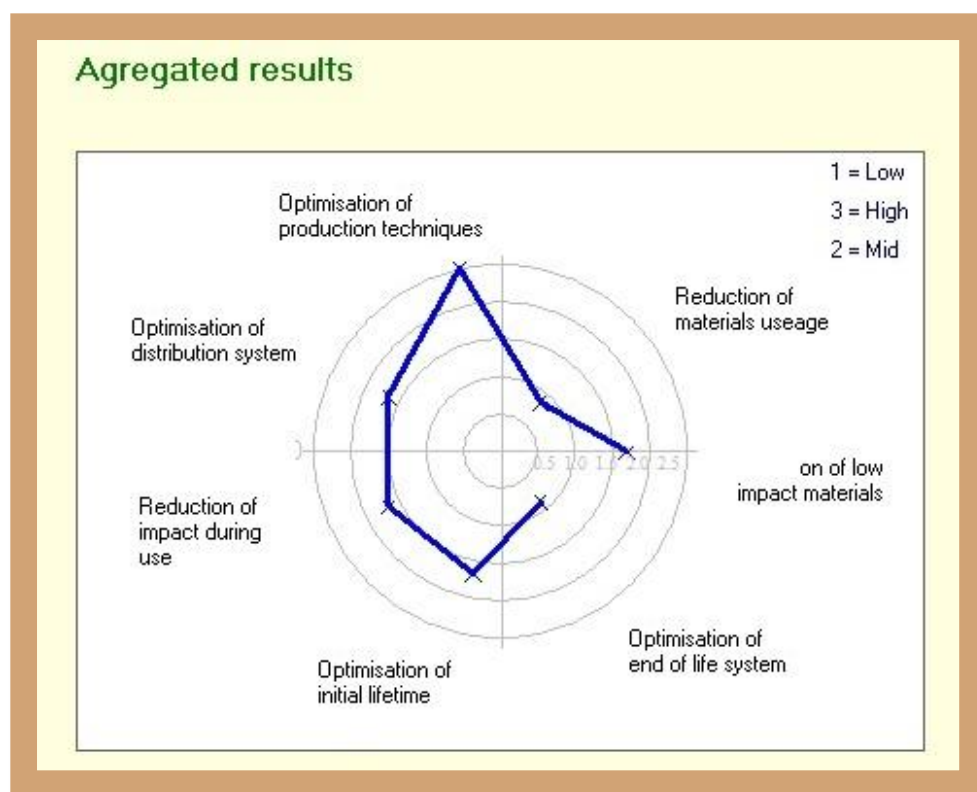
Εικόνα 37:
Ανάλυση CFL σε
επίπεδο
συστήματος

5. Reduction of impact during use		7. Optimisation of end of life system	
Mid	Lower energy consumption	Low	Reuse of product
High	Cleaner energy source	Mid	Remanufacturing / refurbishing
High	Fewer consumables needed	Low	Recycling of materials
Mid	Cleaner consumables	Low	Safer incineration
Mid	No waste of energy / consumables	Low	Overall
Mid	Overall		
Product system level			
6. Optimisation of initial lifetime			
Low	Reliability and durability	Mid	Classic design
Mid	Easier maintenance and repair	High	Strong product-user relation
High	Modular product structure	Mid	Overall

Σημαντική πτυχή στην ανάλυση του CFL είναι η ασφάλεια κατά τη χρήση. Λόγω της απουσίας συγκεκριμένων οδηγιών (που να αναγράφονται τουλάχιστον στη συσκευασία) η σωστή χρήση των

συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού σπανίζει και έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της επικινδυνότητας τους σαν προϊόντα.

Σχετικά με την ανάλυση των CFL σε επίπεδο συστήματος, η δομή του προϊόντος, λόγω υλικών και λειτουργίας, αλλά και η σχέση με το αγοραστικό κοινό, μιας και είναι ένα σχετικά νέο προϊόν, χρειάζεται αρκετή βελτίωση. Ακόμα, κατά το τέλος της ζωής του CFL αναγκαίος είναι ο καθορισμός νέων, ευκολότερων προς τον χρήστη διαδικασιών.



Εικόνα 38:

Γραφική
αναπαράσταση
αποτελεσμάτων
ανάλυσης CFL

Συνολικά, ο CFL είναι ένα προϊόν αναμφισβήτητα αποδοτικό κατά τη χρήση του υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Έχει ως βασικά μειονεκτήματα τα βλαβερά υλικά που τον απαρτίζουν, την ενεργοβόρα παραγωγή και της μη καθορισμένες συνθήκες ασφαλούς λειτουργίας. Το εάν αποτελεί την καλύτερη λύση στο θέμα της ενεργειακής κατανάλωσης δεδομένης της ανάλυσης ολόκληρου του κύκλου ζωής, είναι αμφιλεγόμενο και χρειάζεται παραπάνω και προσεκτικότερη μελέτη. Το σίγουρο είναι ότι ο CFL δεν είναι ένα προϊόν το οποίο μεγιστοποιεί την αποδοτικότητα εξαλείφοντας ή έστω μειώνοντας σημαντικά τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Συμπεράσματα

Οι λαμπτήρες πυράκτωσης έχουν πλέον καταργηθεί και τη θέση τους στην παγκόσμια αγορά έχουν πάρει – μαζί με άλλους – οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού.

Όπως προκύπτει από την έρευνα που διεξάχθηκε για τη συγκεκριμένη εργασία, οι CFL δεν είναι αυτό που ο περισσότερος κόσμος πιστεύει, δηλαδή οι λαμπτήρες που θα διορθώσουν το πρόβλημα της ενεργειακής κατανάλωσης όσον αφορά τον ηλεκτρικό φωτισμό.

Αυτό που θα ήταν αναγκαίο για μία περισσότερο περιβαλλοντικά ευαίσθητη κοινωνία είναι η επανεξέταση των εναλλακτικών φωτισμού αλλά και η προσωπική κριτική αντιμετώπιση των προσφερόμενων προϊόντων.

