

**ARAÇLARDA YENİ BİR FİBER OPTİK MERKEZİ
AYDINLATMA SİSTEMİ KURGUSU TASARIMI VE
ANALİZİ**

Hatice ÖZBEK



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARAÇLARDA YENİ BİR FİBER OPTİK MERKEZİ AYDINLATMA SİSTEMİ
KURGUSU TASARIMI VE ANALİZİ**

Hatice ÖZBEK
0000-0002-8271-284X

Doç. Dr. Umut AYDEMİR
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
OPTİK VE FOTONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023
Her Hakkı Saklıdır.

TEZ ONAYI

Hatice ÖZBEK tarafından hazırlanan “ARAÇLARDA YENİ BİR FİBER OPTİK MERKEZİ AYDINLATMA SİSTEMİ KURGUSU TASARIMI VE ANALİZİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Optik ve Fotonik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Umut AYDEMİR

Başkan	:	bbbb. Dr. bbbb BBBB 000-000-000-000 bbbbbb Üniversitesi, bbbbbb Fakültesi, bbbb bbbbbb Anabilim Dalı	İmza
Üye	:	bbbb. Dr. bbbb BBBB 000-000-000-000 bbbbbb Üniversitesi, bbbbbb Fakültesi, bbbb bbbbbb Anabilim Dalı	İmza
Üye	:	bbbb. Dr. bbbb BBBB 000-000-000-000 bbbbbb Üniversitesi, bbbbbb Fakültesi, bbbb bbbbbb Anabilim Dalı	İmza
Üye	:	bbbb. Dr. bbbb BBBB 000-000-000-000 bbbbbb Üniversitesi, bbbbbb Fakültesi, bbbb bbbbbb Anabilim Dalı	İmza
Üye	:	bbbb. Dr. bbbb BBBB 000-000-000-000 bbbbbb Üniversitesi, bbbbbb Fakültesi, bbbb bbbbbb Anabilim Dalı	İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım
Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

.././.....

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.../.../.....

Hatice ÖZBEK

TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Danışman Adı-Soyadı
Tarih

Öğrencinin Adı-Soyadı
Tarih

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ARAÇLARDA YENİ BİR FİBER OPTİK MERKEZİ AYDINLATMA SİSTEMİ KURGUSU TASARIMI VE ANALİZİ

Hatice ÖZBEK

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Optik ve Fotonik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Umut Aydemir

Otomotiv aydınlatma teknolojilerinde aydınlatmanın gerektiği her noktada ayrı bir ışık kaynağı, ona özgü optik düzenekler ve elektronik komponentler kullanılmaktadır. Bu yaklaşım, maliyeti, hacmi, parça sayısı, ağırlığı artırmakta ve üretimi karmaşıklaştırmaktadır. Bu tez çalışması, polimer tabanlı fiber optik (POF) aydınlatma teknolojisinin otomotiv aydınlatmasında kullanılmasını ve araçtaki tüm ışık kaynaklarının tek bir merkezden yönetilmesini sağlamayı amaçlamıştır. Bu kavramın olabilirliğini ispatlamak için, merkezi bir ışık kaynağından çıkan fiber kablolarla ışığı istenen aydınlatma noktalarına dağıtan tasarım tüm araç aydınlatma lambalarında kullanılmıştır. Böylece far ve stop lambaları başta olmak üzere araçta ışık ihtiyacı olan her noktaya tek bir merkezden ışık sağlamanın etkin bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Çalışma öncelikle konsept dizaynı, sonrasında 1/5 oranında küçültülmüş prototip araç üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sistemin çalışır yapıda olduğu ispatlandıktan sonra, otomotiv gerekliliklerini sağlayacak şekilde, sistem analizler ve testler ile geliştirilerek gerçek bir araç üzerinde de uygulanmıştır. Bu tezde geliştirilen yöntemin kullanılması ile maliyeti düşürmek, komponent sayısını ve hacmi azaltmak ve aracı hafifleterek karbondioksit üretimini azaltmak mümkün olacaktır. Çok sık hasar gören otomobil dış aydınlatma sistemlerinin ışık kaynakları ve elektronik komponentlerinin sigorta şirketlerine oluşturduğu büyük külfet de azaltılmış olacaktır. Tezin başarı ile tamamlanması, otomotivde ilk kez tasarlanan bir sistem olmakla beraber birçok yenilikçi araç aydınlatması çözümlerine de öncülük etmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fiber optik, otomotiv aydınlatması, merkezi aydınlatma, POF
2022, xv + 87 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

DESIGN AND ANALYSIS OF A NEW FIBER-OPTIC CENTER LIGHTING SYSTEM IN VEHICLES

Hatice ÖZBEK

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Optics and Photonics

Supervisor: Doç. Dr. Umut Aydemir

A separate light source, unique optical devices, and electronic components are used at every point where lighting is required in automotive lighting technologies. This approach increases cost, volume, number of parts, and weight and complicates production. This thesis study aimed to use polymer-based fiber optic lighting technology in automotive lighting and to manage all light sources in the vehicle from a single center. To prove the feasibility of this concept, the design that distributes the light to the desired lighting points with fiber cables coming from a central light source has been used in all vehicle lighting lamps. Thus, it has been shown that providing light from a central center to every point in the vehicle that needs light, especially the headlamps and taillamps, is an effective method. The work was carried out first on the concept design and then on a prototype vehicle that was 1/5 smaller. After proving that the system is functional, the system has been developed with analysis and tests and applied to a real vehicle to meet the automotive requirements. By using the method developed in this thesis, it will be possible to reduce the cost, reduce the number of components and volume, and reduce the production of carbon dioxide by lightening the vehicle. The large burden of light sources and electronic components of automobile exterior lighting systems, which are damaged frequently, on insurance companies will also be reduced. Successful completion of the thesis has pioneered many innovative vehicle lighting solutions, as well as being the first system designed in automotive.

Key words: Fiber optics, automotive lighting, central lighting, POF
2022, xv + 85 pages.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması süresince çok kıymetli bilgi ve tecrübeleri benden esirgemeyen ve bana inanarak her zaman destek olan hocalarım Doç. Dr. Umut AYDEMİR ve Prof. Dr. Atilla AYDINLI 'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreç boyunca yanımda olan çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Sosyal atomumun çekirdeği olan başta canım annem ve aileme teşekkürü borç bilirim.

Hatice ÖZBEK
13/02/2023

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Elektro Manyetik Spektrum	4
2.2. Dalga Teorisi.....	4
2.3. Optik Dalga Kılavuzunda Işığın Yayılımı	6
2.4. Işığın Fiber Optik Dalga Kılavuzunda Yayılımı.....	7
2.5. Fiber Optik Çalışma Prensibi	8
2.6. Nümerik Açıklık.....	10
2.7. Mod Kavramı	13
2.7.1. Tek modlu basamak indeksi.....	13
2.7.2. Çok modlu basamak indeksi	14
2.7.3. Çok modlu gradyen indeksi	15
2.8. Multi Mod Fiber Optik Kablo Türleri.....	15
2.8.1. Polimerik fiberler	16
2.9. Fiber Optikte Zayıflama.....	18
2.9.1. Zayıflama etkileri	18
2.9.2. Malzeme soğurması	19
2.9.3. Rayleigh saçılması	20
2.9.4. Bükülme kayıpları.....	21
2.9.5. Konektör ve kuplaj kayıpları.....	23
2.10. Fiber Optik Sistemlerin Kullanım Alanları.....	23
2.11. Otomobil ve Yaşam Alanlarında Fiber Optik Sistemler.....	25
2.12. Fiber Optik Aydınlatma Sistemi Temel Elemanları.....	28
2.13. Otomotivde Kullanılan Işık Kaynakları	31
2.13.1. Otomotivde kullanılan flamanlı lambalar	32

	Sayfa
2.13.2. Xenon	33
2.13.3. Işık yayan diyot (LED)	33
2.13.4. Lazer lambalar	34
2.14. Otomotiv Aydınlatma Sistemleri	35
2.14.1. Kısa huzme farı	36
2.14.2. Uzun huzme farı	36
2.14.3. Ön sis lambası	36
2.14.4. Gündüz sürüş farı (DRL)	37
2.14.5. Ön sinyal lambası	37
2.14.6. Ön pozisyon lambası	37
2.14.7. Arka pozisyon lambası	37
2.14.8. Stop lambası	37
2.14.9. Üçüncü stop lambası	37
2.14.10. Arka sis lambası	38
2.14.11. Geri vites lambası	38
2.14.12. Plaka lambası	38
2.14.13. Refleks reflektör	38
2.15. Otomotivde Kullanılan Temel Aydınlatma Birimleri	38
2.15.1. Radyometri	39
2.15.2. Fotometri	40
2.16. Otomotivde Kullanılan Fiber Optik Kablolar	42
2.17. Fiber Optik Kablo Arası Kuplaj Sistemleri	43
3. MATERYAL ve YÖNTEM	44
3.1. Yeni Merkezi Aydınlatma Sistemi Konsepti (FOCAS)	44
3.2. FOCAS'ta LED Kullanımı	45
3.3. FOCAS Tasarımı	46
3.4. FOCAS Üçüncü Stop Lambası Tasarımı	49
3.5. FOCAS CHMSL'de Kullanılacak Fiber Optik Kablolar	50
3.6. FOCAS CHMSL PCB Tasarımı	52
3.7. Kuplaj Tasarımı	54
3.8. Işık Açısı Genişletici Lens Tasarımı	57
3.9. Sayısal Analizler	58
3.10. Fiziksel Ölçümler	59

	Sayfa
3.11. FOCAS Fiziksel Prototip Deney Düzeneği	60
3.12. Tekil Parça Ölçümleri	62
3.12.1. Bending (bükülme) kayıpları ölçümü	62
3.13. CHMSL Üzeri Ölçümler	63
3.14. FOCAS'ın Araç Üzerine Montajı	63
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	66
4.1. Optik Analiz Sonuçları	66
4.2. Fiziksel Ölçümler	70
4.3. Bükülme Kayıpları	71
4.4. CHMSL Ölçümleri	72
5. SONUÇ	75
KAYNAKLAR	77
EKLER	81
EK 1 ECE R7 Regülasyonu- CHMSL için ışık şiddeti gerekliliği	81
EK 2 ECE R7 Regülasyonu- CHMSL için araç üstü görünürlük şartı	82
EK 3 ECE 48 Regülasyonu- CHMSL için Fotometri ölçüm tablosu ışık şiddeti yüzdeler dağılımı	83
EK 4 FOCAS CHMSL PCB Şematığı	84
ÖZGEÇMİŞ	85

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
Φ	Işık akısı (fi)
a	Düzlemsel bir dalğanın yer değişimi
A	Yer değişiminin genliği
a(scatt)	Rayleigh saçılma katsayısı
amm	Çok modlu fiber için mikro bükülme kaybı
c	Işık hızı
f	Odak uzaklığı
k	Dalga sayısı (1/m)
k	Boltzmann sabiti
k	Dalga sayısı
L	Uzunluk
m	Kütle
n	Ortamın kırılma indisi
P	Optik güç
p	Camın fotoelastik katsayısı
Rc	Kritik eğrilik yarıçapı
T	Kelvin cinsinden sıcaklık
t	Zaman (saniye)
T(f)	Hayali sıcaklık. (malzemede yoğunluk dalgalanmalarının durduğu sıcaklık)
v	Frekans
w	Açısal frekans (1/sn)
w	Mod alanı yarıçapı
α	Gelme açısı (derece)
α	Zayıflama katsayısı
β	Yansıma açısı (derece)
θ_c	Kritik açı
λ	Dalga boyu
Kısaltmalar	Açıklama
cd	Işık Yoğunluğu / Candela
CHMSL	Üçüncü Stop Lambası/ Center High Mounted Stop Lamp
dB	Desibel
DRL	Gündüz Sürüş Farı/ Daytime Running Lamp
ECE	Economic Commission for Europe
EMS	Elektromanyetik Spektrum

Kısaltmalar	Açıklama
FOCAS	Fiber Optik Merkezi Yönetim Sistemi/ Fiber Optic Central Administration System
IR	Kızıl Ötesi/
LED	Işık Yayan Diyot / Light Emitting Diode
LD	Lazer Diyot
mm	Milimetre
MOST	Hareketli durdurma indikatörü/ Moving Stop loss indicator
mW	Mili Watt
NA	Numerik açıklık
nm	Nanometre
PC	Polikarbonat
PCB	Baskı Devre Kartı / Printed Circuit Board
PCF	Eritilmiş slika cam
PMMA	Polimetilmetakrilat
POF	Polimerik Optik Fiber
PS	Polistiren
sin	Sinüs
sn	Saniye
UV	Derin Mor Ötesi/ Ultraviyole

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1.	Elektro manyetik spektrum..... 4
Şekil 2.2.	Harmonik dalga düzlemi 6
Şekil 2.3.	Işığın kırılması..... 7
Şekil 2.4.	Toplam iç yansıma 7
Şekil 2.5.	A) Fiber Optik kablo kesiti B) Fiber optik kablo toplam iç yansıma. 8
Şekil 2.6.	Gradyen indisli fiber 9
Şekil 2.7.	Fiber optik kabloda kabul açısı..... 10
Şekil 2.8.	Fiber optik kablo kabul konisi 11
Şekil 2.9.	Işık ışınının kabul konisine girişi 12
Şekil 2.10.	Kabul açısından daha büyük açı ile fibere giren ışık ışınının kaybı... 12
Şekil 2.11.	Tek modlu basamak indeksli fiber optik kablo 14
Şekil 2.12.	Çok modlu basamak indeksli fiber optik kablo 14
Şekil 2.13.	Çok modlu gradyen indeksli fiber optik kablo 15
Şekil 2.14.	Farklı polimerlerin kayıp kıyasının yapıldığı grafik 17
Şekil 2.15.	Fiber optik kabloda zayıflama türleri 19
Şekil 2.16.	Fiber optik kabloda bükülme kaybı koşulu 22
Şekil 2.17.	LED ve Lazer Diyot güç-akım karakteristiği 30
Şekil 2.18.	LED ve Lazer Diyot spektral genişlikleri..... 31
Şekil 2.19.	Araç ön aydınlatma fonksiyonları 35
Şekil 2.20.	Araç arka aydınlatma fonksiyonları 36
Şekil 2.21.	Fotometri laboratuvarı 41
Şekil 2.22.	Gonyofotometrinin gösterimi 41
Şekil 2.23.	Plastik fiber optik kablo örneği 43
Şekil 2.24.	Plastik fiber optik kablolar için genel bir zayıflama grafiği..... 43
Şekil 3.1.	Fiber Optik Merkezi Aydınlatma Yönetim Sistemi (FOCAS)..... 45
Şekil 3.2.	FOCAS şematiği..... 47
Şekil 3.3.	1/5 oranlarında küçültülmüş bir araç prototipi 47
Şekil 3.4.	FOCAS Kutusu ve kontrol ünitesi..... 48
Şekil 3.5.	1/5 oranında küçültülerek üretilmiş far prototipi..... 48
Şekil 3.6.	Prototip FOCAS aracı..... 49
Şekil 3.7.	1*2 ve 1*6 bölünmüş fiber optik kablo 50
Şekil 3.8.	1*2 bölünmüş fiber optik kablo kesit görüntüsü 51

Şekil 3.9.	FOCAS CHMSL’de kullanılan fiber optik kabloların şematığı.....	51
Şekil 3.10.	FOCAS Fiber optik kablonun zayıflama grafiği	52
Şekil 3.11.	FOCAS CHMSL PCB tasarımı	53
Şekil 3.12.	FOCAS CHMSL PCB prototipi- LED’ler üzerinde kuplaj ile.....	53
Şekil 3.13.	FOCAS kuplaj tasarımı	55
Şekil 3.14.	FOCAS kuplaj tasarımı kesiti.....	55
Şekil 3.15.	Optik sistem içerisindeki reflektör kesiti ve ışık ışınlarının izlediği yol.....	56
Şekil 3.16.	Optik sistem reflektör /mercek kesiti ve ışık ışınlarının odaklanması	56
Şekil 3.17.	Işık açısı genişletici lens	58
Şekil 3.18.	Işık açısı genişletici lens kesiti ve kritik açılar	58
Şekil 3.19.	Analiz sırası	59
Şekil 3.20.	A) Optik güç metre ve fotodedektör B)TES 1332A lüxmetre	60
Şekil 3.21.	FOCAS fiziksel ölçüm deney düzeneği	60
Şekil 3.22.	PCB sabitleyici kovuk prototipi	61
Şekil 3.23.	Fotodedektör ve kuplajı.....	61
Şekil 3.24.	PCB ve Fiber optik kablo sabitleyici aparatlar.....	62
Şekil 3.25.	Bükülme kayıpları ölçümü deney düzeneği	62
Şekil 3.26.	FOCAS kutusu.....	63
Şekil 3.27.	Fiber optik kabloların CHMSL gövdesine montajlanmış hali	64
Şekil 3.28.	Işık dağıtıcı lensin CHMSL gövdesine montajlanmış hali.....	64
Şekil 3.29.	FOCAS’ın hava deflektörüne montajından sonra arkadan görüntüsü	65
Şekil 4.1.	LED’in lüx değerinin simülasyon ölçümü.	66
Şekil 4.2.	LED+reflektörün lüx değerinin simülasyon ölçümü.....	67
Şekil 4.3.	LED+reflektör4merceğin lüx değerinin simülasyon ölçümü.....	67
Şekil 4.4.	30 derecelik LED’in lüx değerinin simülasyon ölçümü.....	68
Şekil 4.5.	30 ⁰ 'lik LED + ışık açısı genişletici lensin lüx değerinin simülasyon ölçümü	69
Şekil 4.6.	30 ⁰ 'lik LED + ışık açısı genişletici lensin polar koordinatlarda dağılımı.....	69
Şekil 4.7.	Ölçüm yapılan numaralandırılmış LED’ler.....	70
Şekil 4.8.	Her bir ayırıcının (Splitter) sonuna gelen ışık şiddetleri	71
Şekil 4.9.	CHMSL üzeri ölçüm bölgeleri	72
Şekil 4.10.	FOCAS CHMSL araç üstü görüntüsü	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Endüstride kullanılan bazı multimod fiber optik kablo türleri	16
Çizelge 2.2. Otomotivde kullanılan flamanlı lambalar.....	32
Çizelge 2.3. Işık kaynakları karşılaştırma tablosu	35
Çizelge 3.1. Her bir araç aydınlatma fonksiyonu için güç gereksinimi.....	46
Çizelge 3.2. FOCAS CHMSL malzeme listesi.....	49
Çizelge 3.3. FACAS CHMSL’de kullanılan fiber optik kablo özellikleri	52
Çizelge 3.5. Üçüncü stop lambası kandela gereksinimleri	57
Çizelge 4.1. Sayısal analiz sonuçları	68
Çizelge 4.2. Işık açısı genişleten lens simülasyon sonuçları	70
Çizelge 4.3. LED’lerin tekil optik güç ölçüm sonuçları.....	70
Çizelge 4.4. Çeşitli bükülme değerlerindeki kayıp oranları	71
Çizelge 4.5. FOCAS CHMSL Bükülme kayıpları.....	72
Çizelge 4.6. FOCAS CHMSL optik güç ölçümleri	73
Çizelge 4.7. FOCAS CHMSL Fotometri ölçüm sonucu	74

1. GİRİŞ

Fiber optik sistemler ve ayrıca optik paketleme teknolojisi, dünya çapında nispeten kısa bir sürede (yaklaşık 20 yıl) çok yüksek bir önem kazanmıştır. Ticari uygulamalar için, bu sistemler yirminci yüzyılın seksenlerinin ortalarında tanıtılmıştır (Fischer-Hirchert, 2015).

Yüksek teknoloji olan optik uygulamaları için ışık kaynakları, fotodedektörler ve farklı türde dalga kılavuzları kullanılır. Piyasadaki ürün ve cihazların bant genişliği günlük hayatımızın her alanında mevcuttur. Lazer işaretçilerden pazar salonlarındaki nakit sistemlerine, arabalar ve lambalar için telekomünikasyon ve aydınlatma sistemlerine kadar, teknoloji hızla olgunlaştı ve dünyaya uzun vadeli istikrarlı cihazlar vermiştir.

Cihazları paketlemek için elektrik ve optik teknolojiler, yüksek hacimli, düşük maliyetli cihazların yüksek performanslı olmasını sağlamak için önemlidir. Akıllı şirketler, fotonik ürünler için ucuz paketler ve otomatik montaj teknolojileri geliştirdiler ve sağlam, yüksek performanslı cihazlar için özel paketler üretmiştir.

Fiber optik teknolojisi, son yıllarda, önemli gelişmeler yaşamıştır. Uzun mesafeli ağlarda, fiber optik teknolojisi zaten kullanılıyordu, ancak endüstri bu yeni teknolojiye karşı tereddütlüydü. Araştırmacılar, sadece birkaç yıl içinde, bir cam elyaf üzerinden iletim veri hızlarını, birkaç gigabit/sn'den birkaç terabit/sn'ye kadar birkaç büyüklük mertebesinde artırmayı başarmışlardır. Aynı zamanda geliştiriciler, sonuçları kısa sürede ticari olarak kullanılabilir ürünlere dönüştürdüler ve bunlar daha sonra büyük telekom şirketleri tarafından ağlarına hemen kurulmuş ve böylece iletim kapasitesi önemli ölçüde artmıştır. İnternetin ciddi şekilde büyümesi ve telekom şirketlerinin son yıllarda artan rekabet baskısına maruz kalmaları gelişmelerin ana nedenleri olmuştur. Tüm rakipler, iletim maliyetini azaltmak ve kendi ağlarını genişletmek için büyük yatırımlar yapmışlardır. 1990'ların ortalarından bu yana multimedya uygulamalarının artan kullanımı yoluyla İnternet kullanıcılarının sayısında da üstel büyüme meydana gelmiştir. Veri hizmetleri artık kapasite olarak ses hizmetlerini devraldı ve iletim kapasitesi açlığını daha da artırmaya daha fazla katkıda bulunmaktadır.

Günümüzde uzun mesafeli veri ve ses iletiminin yaklaşık %80'i fiber optik kablolarla taşınmaktadır. Fiber optik tabanlı malzemelerin üretimindeki artış ile birlikte fiber optikle kablo ile aydınlanma da her geçen gün artarak hayatımıza girmektedir (Ateş, 1995; Walker, 1990).

Otomotiv aydınlatma teknolojilerinde aydınlatmanın gerektiği her noktada ayrı bir ışık kaynağı ve ona özgü optik düzenekler kullanılmaktadır. Bu yaklaşım, maliyeti, hacmi, parça sayısı, ağırlığı artırmakta ve üretimi karmaşıklaştırmaktadır. Bu tez, fiber optik aydınlatma teknolojisinin otomotiv aydınlatmasında kullanılmasını ve araçtaki tüm ışık kaynaklarının tek bir merkezden yönetilmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Bu kavramın olabilirliğini ispatlamak için önerilen tez, merkezi bir ışık kaynağından çıkan fiber kablolarla ışığı istenen aydınlatma noktalarına dağıtacak ve tasarlanacak bir üçüncü stop lambasında denenecektir. Böylece far ve stop lambaları başta olmak üzere araçta ışık ihtiyacı olan her noktaya tek bir ışık kaynağından ışık sağlamanın etkin bir yöntem olduğu gösterilmiş olacaktır.

Fiber optik, her geçen gün yeni kullanım alanları ile karşımıza çıkmakta ve otomotiv aydınlatma alanında da yerini almaya başlamaktadır (Yan ve diğerleri, 2016; Peng ve diğerleri, 2017; Wang ve diğerleri, 2017; Mishra ve diğerleri, 2013). Fiber optik aydınlatma sistemi, ışık kaynağı, ışık-fiber kablo sistemi çiftlenme optiği, dağıtımı sağlayan fiber kablolar ve aydınlatma fonksiyonlarının, örneğin stop lambası, optiğinden oluşur. Ortasında çekirdek ve eş eksenli daha düşük kırılma indisli yeleği ile silindirik fiber, fiber kablonun içindeki elektromanyetik dalganın hareketi, Helmholtz denkleminin silindirik koordinatlarda çözülmesi ile anlaşılmaktadır (Çetin, 1998). Fiber optik aydınlatmanın en önemli avantajı, tasarımcıya özgürlük sunmasıdır. Gorthala ve diğerleri, fiber optik bir aydınlatma sistemi tasarlamış ve deneysel olarak mercekli sistemlere göre daha iyi performans sağlandığını göstermişlerdir (Gorthala ve diğerleri, 2017). Başka bir çalışmada fiber optik malzeme olarak yüksek ışık geçirgenliğine sahip olması, düşük ışık dağılımı göstermesi, UV ışınlarına karşı dirençli olması nedeniyle PMMA seçilmiştir (Wang ve diğerleri, 2020). Tez çalışması kapsamında tasarlanması planlanan merkezi aydınlatma sisteminde kullanılacak fiber optik kablonun malzemesinin de PMMA tabanlı olacaktır. PMMA fiber, diğer özelliklere ilaveten küçük bükülme çaplarında da

kullanılabilmektedir (Plümpe ve diğeri, 2017). Araştırmalarımız doğrultusunda, literatürde otomobillerde kullanılan merkezi bir fiber optik aydınlatma sistemi ile karşılaşmamıştır. Bu çalışma, fiber optiğı, lamba gövdesi, ışık kaynağı, elektronik devre, soğutucu, reflektör ve merceklerden oluşan otomotiv iç ve dış aydınlatma sistemlerine yaymayı amaçlamaktadır.

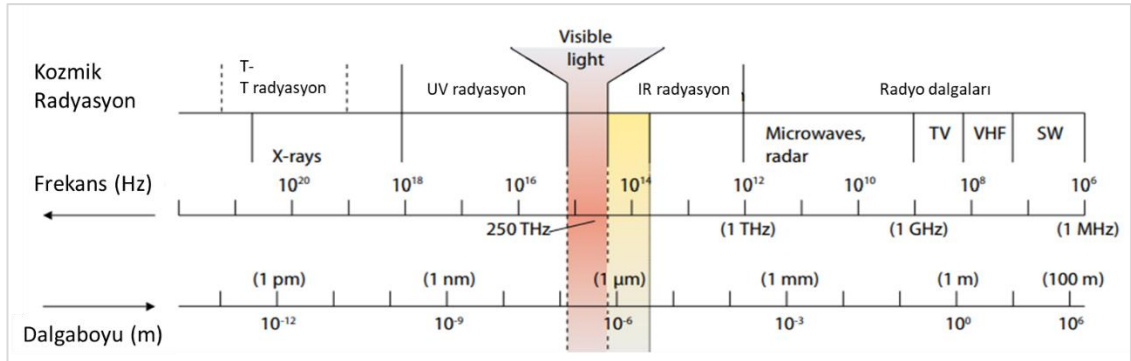
Bu tezin amacı, otomotiv uygulamalarında kullanılmak üzere fiber optiğı dayalı bir merkezi aydınlatma sistemi ve bir üçüncü stop lambası tasarlamak ve merkezi aydınlatma sistemini gerçekleştirmektir. Tezin akabinde, aydınlatmayı far ve diğeri ihtiyaç noktalarına da uygulamak mümkün olacaktır.

Bu tezde geliştirilen yöntemle, maliyeti düşürmek, komponent sayısını ve hacmi azaltmak ve aracı hafifleterek karbondioksit üretimini azaltmak mümkün olacaktır. Çok sık hasar gören otomobil dış aydınlatma sistemlerinin ışık kaynakları ve elektronik komponentlerinin sigorta şirketlerine oluşturduğu büyük külfet de azaltılmış olacaktır. Tezin başarı ile tamamlanması, birçok yenilikçi araç aydınlatması çözümlerine de öncülük edecektir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Elektro Manyetik Spektrum

Işık boşlukta elektromanyetik dalga olarak $c = 299.792.458$ km/s hızında yayılır. Işığın spektrumu (Şekil 2.1), derin morötesi (UV) (dalga boyu $\lambda = 100$ nm) ile kızılötesi (IR) ($\lambda = 1$ mm) arasında geniş bir aralığı kapsar, ancak görünür ışık yalnızca 380 nm ila 750 nm aralığını kapsar. İletim özelliklerine bağlı olarak farklı dalga boylarında farklı tipte optik dalga kılavuzları kullanılmaktadır. Dalga kılavuzu uygulamalarının odak noktası, yakın UV'den (300 nm ve üstü) düşük IR'ye kadar olan aralıkta ayarlanır. Homojen bir geometrik optik yasalarıyla tanımlanır. Geometrik optik, ışığın hareket edebileceği birçok olası yönün olduğu yayılma davranışını açıklamak için de kullanılır. Ancak dalga kılavuzu yapıları daha da küçüldükçe, ışığın yayılması ancak dalga teorisi ile açıklanabilir. Böylece tek modlu veya çok modlu dalga kılavuzlarından bahsedebiliriz.



Şekil 2.1. Elektro manyetik spektrum

2.2. Dalga Teorisi

Bir parçacığın titreşimi, yakındaki parçacıklarda da benzer titreşimlere neden olur. Bir elektrik yükünün ivmelenmesiyle üretilen dalgaya elektromanyetik dalga denir. İletkenlerde, akım ve gerilimle birlikte muhakkak bir manyetik alan ve elektrik alan da vardır. Dalgalar, dalga tipine ve yayılma ortamının özelliklerine bağlı olarak farklı hızlarda hareket eder. Elektromanyetik dalgaların hızı çok daha yüksektir ve boşlukta ışık hızında yayılırlar. Uzayda ışık hızında hareket eden bu dalgaların havada hızı biraz daha

düşüktür. Öte yandan, elektromanyetik dalgalar iletim hattında çok daha yavaş yayılır. Elektromanyetik dalga periyodik ve salınımlıdır. Bu salınımlar bu nedenle bir frekans ile temsil edilebilir. Periyodik bir dalganın tekrarlama oranı, frekansıdır. Uzayda bir döngünün kat ettiği mesafeye dalga boyu denir ve aşağıdaki denklemden (Gibson, 2002; Tomasi, 1992; Tomasi, 1997) bulunur.

$$\lambda = \text{hız} \times \text{zaman} \quad (2.1)$$

$$T = 1 \div f \quad (2.2)$$

$$\lambda = v \div f \quad (2.3)$$

$$v = c \quad (2.4)$$

Işık elektromanyetik bir alan yaratır. Z yönündeki doğrusal bir dalga yayınının yer değişimi aşağıdaki eşitlikle bulunur (Mahlke, 1993).

$$A = A \times \sin(\omega t - kz) = A \times \sin\left[\left(\frac{t}{T}\right) - \left(\frac{z}{\lambda}\right)\right] \quad (2.5)$$

A: Yer değişimin genliği

t: Zaman (saniye)

w: Açısal frekans (1/sn)

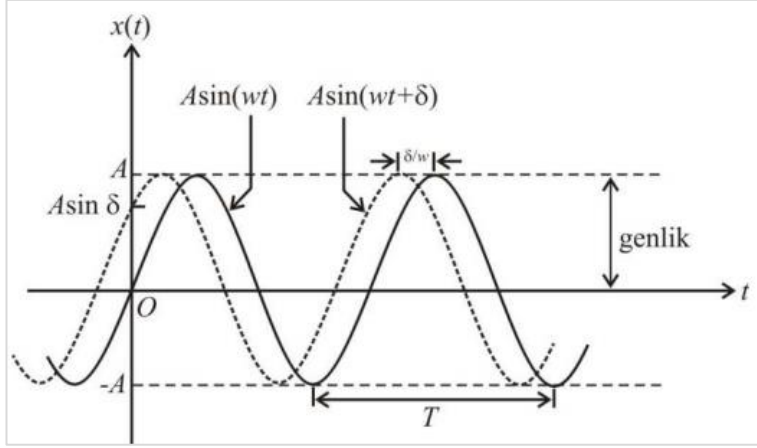
z: Düzlemsel bir dalganın yer değişimi

k: Dalga sayısı (1/m)

t: Salınım (osilasyon) periyodu (saniye)

λ : Dalga boyu (m)

Formülde " $\omega t - kz$ " ifadesi faz açısı olarak tanımlanır. Φ faz açısı, radyan cinsinden dairesel bir ölçüdür. Şekil 2.2' de $Z=Z_0$ noktasında ve t zamanında bir dalga fonksiyonu gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Harmonik dalga düzlemi

a1 ve a3 noktaların aynı salınım fazındadır. Faz farkları 2π 'dir. a2 noktası ise aynı yer değişimine sahip olmasına rağmen farkı faza sahiptir.

2.3. Optik Dalga Kılavuzunda Işığın Yayılımı

Optik bir dalga kılavuzundaki iletimin temel ilkesi, toplam iç yansımaya dayanır. Bir ışık ışını, kırılma indisi n_1 olan optik olarak daha yoğun bir ortam ile kırılma indisi n_2 olan optik olarak daha az yoğun bir ortam arasındaki sınır yüzeyine çarptığında, ışın gelme açısına bağlı olarak kırılır veya tamamen yansır.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_2} [1 - 1] \quad (2.6)$$

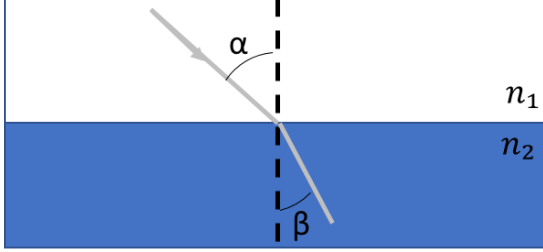
α : Gelme açısı, β : Yansıma açısı

n_2 : Yoğun ortamın kırılma indisi

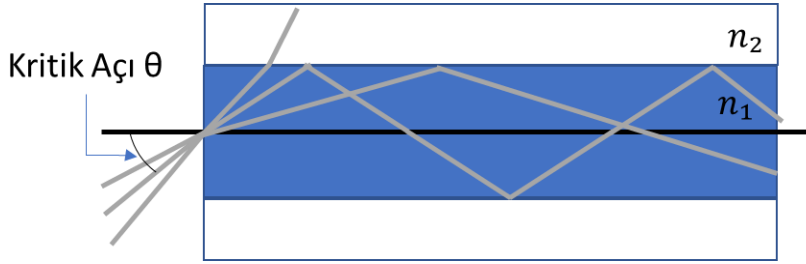
n_1 : Az yoğun ortamın kırılma indisi

Optik olarak daha yoğun ortam ile daha az optik olarak yoğun ortam arasındaki geçişte, ışın dikeyden uzağa kırılır ve artan bir geliş açısı ile artan ışığın bir kısmı sınır yüzeyinde yansır. Işık huzmesinin sınıra çarptığı açı ne kadar büyükse, kırılan huzme geliş dikmesine doğru $\beta = 90^\circ$ lik bir açığa o kadar yakındır (Şekil 2.3.). Işık ışınının geliş açısı daha da büyük olduğunda, ışın kırılmak yerine tamamen yansır. Belirli bir açının üzerinde

ışık bütünüyle yansıtılır (Şekil 2.3); bu açı, toplam iç yansımının kritik açısı (Şekil 2.4) olarak bilinir. Toplam iç yansımının kritik açısının gerçek boyutu, optik olarak daha yoğun ortam ile optik olarak daha az yoğun ortamın kırılma indisleri arasındaki farkın bir fonksiyonudur.



Şekil 2.3. Işığın kırılması



Şekil 2.4. Toplam iç yansıma

2.4. Işığın Fiber Optik Dalga Kılavuzunda Yayılmı

Optik fiberler ilk olarak 1960'ların başında optik elemanlar olarak tasavvur edildi. Bir görüntüyü aktarmak için uygun bir optik dalga kılavuzu demetinin yapılabileceğini fark edenler, belki de böcek gözünün mikroskobik yapısını iyi tanıyan bilim adamlarıydı ve optik fiberlerin görüntülemeye ilk uygulaması tasarlandı. Düşük kayıplı optik fiberlerin telekomünikasyon uygulamaları için koaksiyel kablo ve metal dalga kılavuzlarıyla rekabet edebilme olasılığını ilk öneren Charles Kao idi. Ancak, Corning Glass Works'ün optik fiber kaybının 10 dB/km değerinden daha az olduğunu açıkladığı 1970 yılına kadar ticari uygulamalar uygulanmaya başlandı. Corning'in dahil ettiği ve sonunda optik fiber iletişimin hızlı gelişimini sağlayan devrim niteliğindeki konsept, öncelikle maddi bir kavramdı- düşük doping seviyelerinin ve çok küçük indeks değişikliklerinin, algılama

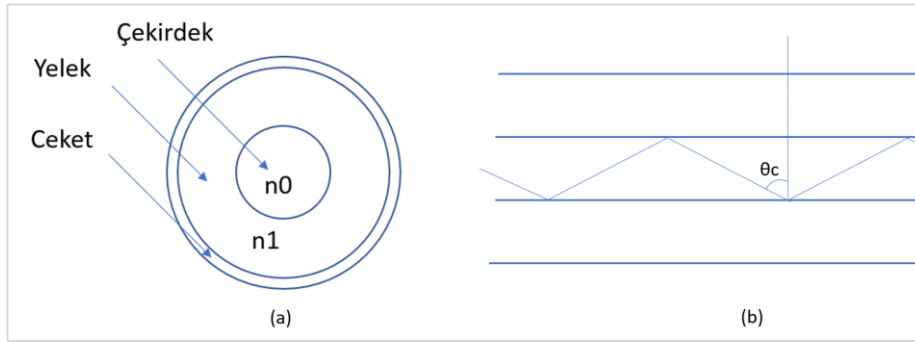
sınırına ulaşmadan önce ışığı onlarca kilometre boyunca başarılı bir şekilde yönlendirebileceğinin anlaşılmasıydı. Mühendislik ve araştırma uygulamalarında optik fiberlere yönelik devam eden talep, daha fazla uygulamayı teşvik etti. Bugün optik fiber teknolojisinin çok çeşitli ticari ve laboratuvar uygulamalarını görüyoruz (Bass, 2002).

Bu bölümde fiber optik çalışma prensibi ve özellikleri tartışılacak, fiber optikte zayıflamalar ele alınacaktır.

2.5. Fiber Optik Çalışma Prensibi

Optik fiber, dielektrik optik dalga kılavuzları olarak bilinen yapıların bir alt kümesine (ticari olarak en önemli alt küme olmasına rağmen) düşer. Optik fiber, silindirik bir simetri ekseninin önemli bir şekilde dahil edilmesiyle, diğer dalga kılavuzlarına benzer ilkeler üzerinde çalışır. Bazı özel uygulamalar için, fiber bu simetriden biraz sapabilir; yine de fiber tasarımı ve üretimi için temeldir. Şekil 2.5, genel optik fiber tasarımını göstermektedir.

$$\theta_c = \sin^{-1} \left(\frac{n_1}{n_0} \right) \quad (2.7)$$

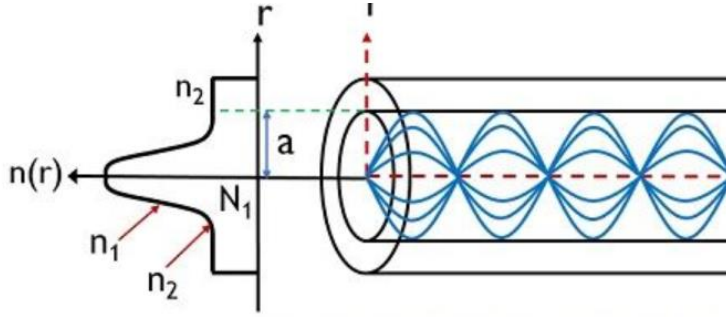


Şekil 2.5. A) Fiber Optik kablo kesiti B) Fiber optik kablo toplam iç yansıma

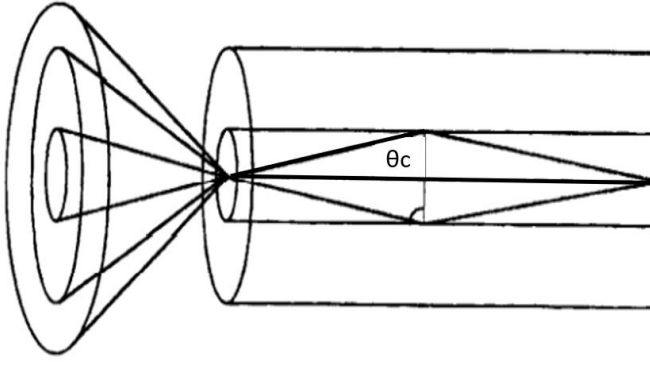
Düşük indeksli bir kaplama ile çevrili yüksek kırılma indeksli bir çekirdek. Bu indeks farkı, kritik açıdan daha büyük bir açıyla gelen fiberin içinden gelen ışığın, ara yüzde tamamen dahili olarak yansıtılmasını gerektirir. Basit bir geometrik resim, yapının içinde sürekli bir dizi dahili olarak yansıyan ışıklara izin vermek için görünür; aslında, ışığın

(dalga olması) dalga kılavuzunda hapsolabilmesi için kendi kendine girişim koşulunu sağlaması gerekir. Bu koşulu sağlayan yalnızca sınırlı sayıda yol vardır; bunlar yapının yayılan elektromanyetik modlarına benzer. Çok sayıda modu destekleyen fiberler (bunlar büyük çekirdekli ve büyük sayısal açıklığa sahip fiberlerdir) geometrik optik araçlarıyla yeterince analiz edilebilir; Az sayıda modu destekleyen fiberler, yapı için uygun sınır koşulları ile Maxwell denklemleri çözülerek karakterize edilmelidir.

Çekirdek ve kaplama arasındaki sınırdaki kırılma indeksinde bir süreksizlik sergileyen liflere adım indeksli lifler denir. Çekirdekten kaplamaya kadar sürekli değişen bir kırılma indeksi içeren tasarımlara gradyan indeksli fiberler denir. Bu tür liflerdeki geometrik ışın yolu düz bir çizgi izlemez- daha ziyade eğri bir potansiyelde bir parçacığın yapacağı gibi indeks gradyanı ile eğriler (Şekil 2.6). Bu tür lifler ayrıca ışığın ötesinde dahili olarak yayılmadığı karakteristik bir açı sergileyecektir. Bu açıdaki bir ışın, fiber uç yüzeyinden izlendiğinde, fibere giren ışınlar için maksimum geometrik kabul açısını temsil eden havada bir açıyla ortaya çıkar; bu açı fiberin sayısal açıklığıdır (Şekil 2.7). Fiber-fiber veya lazer-fiber birleştirme sorunları göz önüne alındığında hem çekirdek boyutu hem de sayısal açıklık çok önemlidir.



Şekil 2.6. Gradyen indisli fiber



Şekil 2.7. Fiber optik kabloda kabul açısı

Daha büyük bir çekirdek ve daha büyük sayısal açıklık, genel olarak, daha yüksek bir bağlantı verimliliği sağlayacaktır. Çekirdekte veya sayısal açıklıkta uyumsuz olan lifler arasında birleştirme zordur ve genellikle aşırı kayıpla sonuçlanır. Geometrik bir yapının yardımcı olduğu son kavram ışın sınıflandırmasıdır. Simetri ekseninden geçen ve kendi kendine girişim koşuluna uyan bu geometrik yollar meridyen ışınları olarak bilinir. Neredeyse tamamen dahili olarak yansıyan ve yine de fiberden aşağı doğru bir mesafe yayabilen ışın sınıfları vardır. Bunlar sızdıran ışınlar (veya modlar) olarak bilinir. Diğer geometrik yollar, hiçbir şekilde çekirdekle sınırlı değildir, ancak kaplama havası (veya ceket) ara yüzünden dahili olarak yansır. Bunlar kaplama modları olarak bilinir. Son olarak, bağlı olan, fiberin normal sayısal açıklığının dışında tanımlanabilen ve simetri ekseninden geçmeyen bir geometrik yol sınıfı vardır. Bunlara genellikle çarpık ışınlar denir.

2.6. Nümerik Açıklık

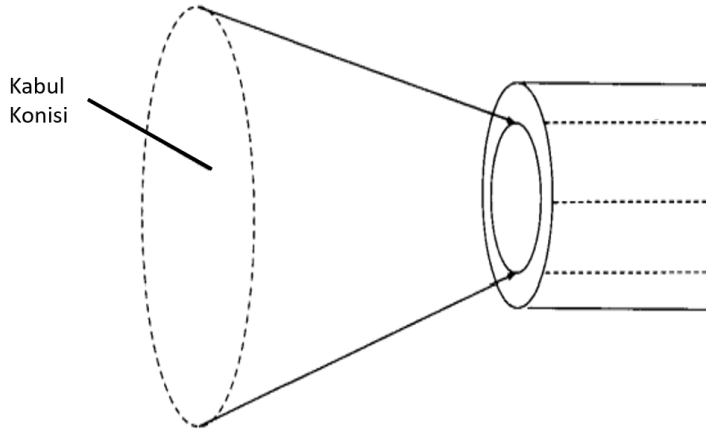
NA, bir optik fiberin ışık toplama kabiliyetini ölçmenin uygun bir yoludur. Sayısal açıklık, ışığın bir optik dalga kılavuzuna bağlanması için çok önemli bir değişkendir. Çekirdek ve kaplama için kırılma indisleri arasındaki farktan hesaplanır. Sayısal açıklık NA, kritik kritik açının sinüsü kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$NA = \sin \theta_{critical} = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} \quad (2.8)$$

Yalnızca belirli bir $\leq \theta_{critical}$ açı aralığında fibere giren ışık ışınları fiber çekirdeği boyunca yönlendirilir.

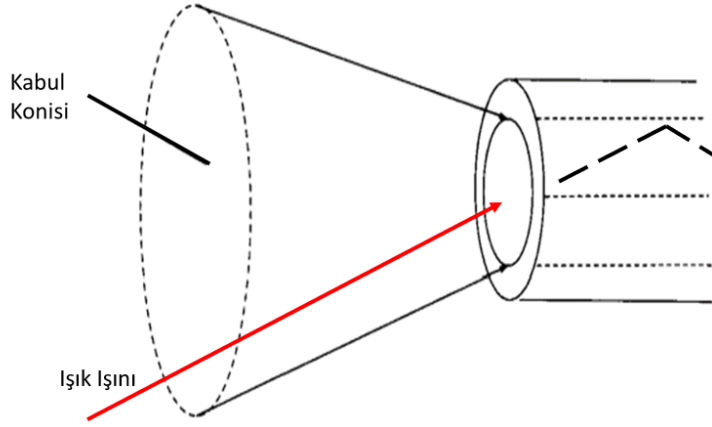
Ticari elyaflar için tipik NA değerleri, 6 ila 30° arasında bir kabul açısına karşılık gelen 0,1 ila 0,5 aralığındadır.

Fiber dairesel olduğu için, bir koni (kabul konisi olarak adlandırılır, (Şekil 2.8)), çekirdek tarafından tamamen dahili olarak yansıtılan gelen ışığın açılarını tanımlar. Büyük bir kabul konisi, bir fiberin daha geniş bir alandan gelen ışığı kabul etmesine ve yaymasına izin vermesine rağmen, daha büyük bir dağılım ile çakışır. Tersine, dar bir kabul konisi düşük dağılıma eşlik eder ancak dar, daha kesin bir ışık kaynağı gerektirir.



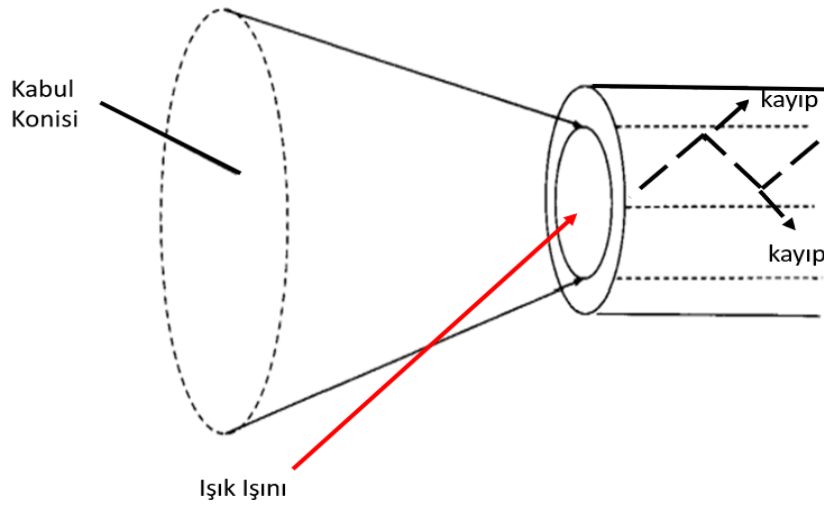
Şekil 2.8. Fiber optik kablo kabul konisi

Kabul açısı, çekirdek ve kaplama malzemelerinin kırılma indislerinin bir fonksiyonudur ve ışınların fiberin uç yüzüne geldiği ve bu fiber tarafından yakalanıp yayılacağı bir koninin tepe noktasının yarım açısı olarak tanımlanır. (Şekil 2.9). Optik fiber, şeffaf bir iç çekirdeğe ve ince bir dış kaplamaya sahiptir. TIR'ın özelliği, ışığın çekirdek/kaplama ara yüzünde yansıdığı için çekirdek malzeme boyunca hareket etmesine neden olur.



Şekil 2.9. Işık ışınının kabul konisine girişi

Bir malzemenin kırılma indisi, bir vakumdaki ışığın hızının o malzemede ki ışığın hızına oranıdır ve bu nedenle, vakumun kırılma indisi bire eşittir. Çekirdek indeksin kaplama indeksine oranı kabul açısını belirler. Kabul açısından daha büyük bir açıyla bir fibere giren ışığın çoğu, dahili olarak yansımadağı için kaplama boyunca kaybolacaktır (Şekil 10).



Şekil 2.10. Kabul açısından daha büyük açı ile fibere giren ışık ışınının kaybı

Yüksek sayısal açıklıklı (NA) fiber gibi özel optik fiber, fotonik ve manyeto-optik uygulamalar için daha fazla ilgi görmektedir (Liu, 2009). Yüksek NA fiber, büyük bir kabul açısı ve çekirdek içinde ışığın iyi bir şekilde hapsedilmesi sergiler ve bunlar, yüksek

NA fiberin yüksek ışık toplama kabiliyetine, düşük bükülme kaybına, daha küçük mod alanına ve yüksek ışık yoğunluğuna sahip olmasını sağlar (Chen ve diğerleri, 2015). Ek olarak, yüksek NA fiber, doğrusal olmayan özelliklerde ve süper süreklilik oluşumunda da uygulama bulur (Yamane, 2000). Mevcut yüksek NA fiberler, plastik optik fiberlere (Shiyu, 2012), kristal fiberlere (Kim ve diğerleri, 2010; Khetani ve diğerleri, 2010; Pinto ve Lopez-Amo, 2012) ve konik fiberlere (Villatoro, 2006) dayanmaktadır. Halihazırda yüksek NA elyafı için kullanılan malzemeler esas olarak saf silika ve polimerdir.

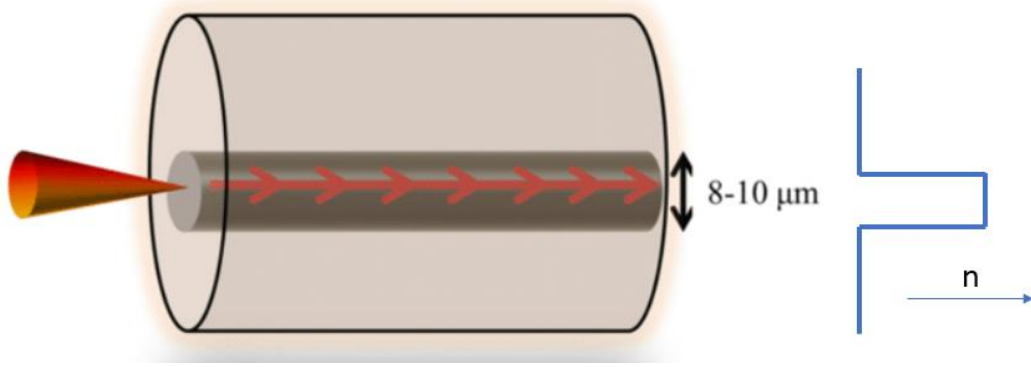
2.7. Mod Kavramı

Fiber içinde tek bir ışının izlediği yol mod olarak adlandırılır. Günümüzde birçok farklı fiber türü üretilse de yalnızca iki yayılma modu vardır- tek mod (genellikle temel veya mono mod olarak adlandırılır ve esas olarak telekomünikasyonda kullanılır) ve çok modlu (esas olarak veri iletişimi için kullanılır. İki tür arasındaki fark, göreceli boyutları ve optik performanslarıdır.

Adından da anlaşılacağı gibi, tek modlu bir fiberde, yalnızca bir mod, temel veya tek modlu, yayılabilir. Bununla birlikte, çok modlu fiberlerde, alan deseni ve yayılma hızı bakımından farklılık gösteren birkaç yüz mod mümkündür. Modların üst limiti, dalga kılavuzunun çekirdek çapı ve sayısal açıklığı ile belirlenir (Tricker, 2002).

2.7.1. Tek modlu basamak indeksi

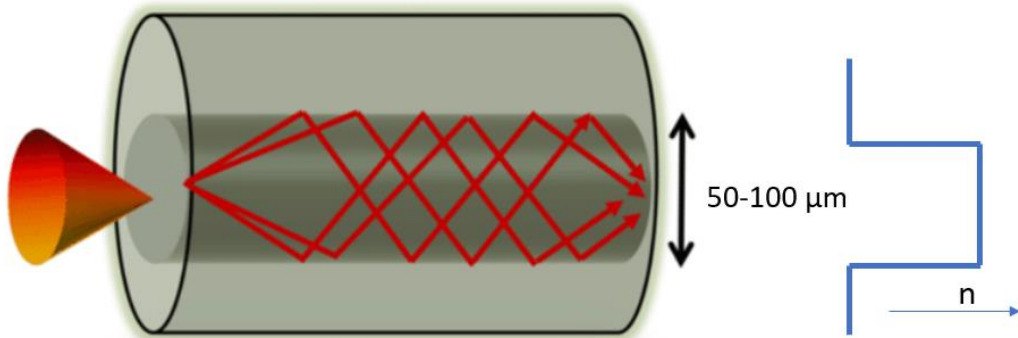
Tek modlu basamak indeksli fiber (Şekil 2.11), fiberden yalnızca bir ışık modunun geçmesine izin verecek kadar küçük bir çekirdeğe sahip olarak dağılım miktarını sınırlar. Bu fiber son derece yüksek bant genişliğine sahiptir ve şu anda telekomünikasyonda, uzun mesafeli yüksek kapasiteli bağlantılarda kullanılmaktadır ve gelecekte muhtemelen veri iletişiminde de (örneğin FDDI) kullanılacaktır.



Şekil 2.11. Tek modlu basamak indeksli fiber optik kablo

2.7.2. Çok modlu basamak indeksi

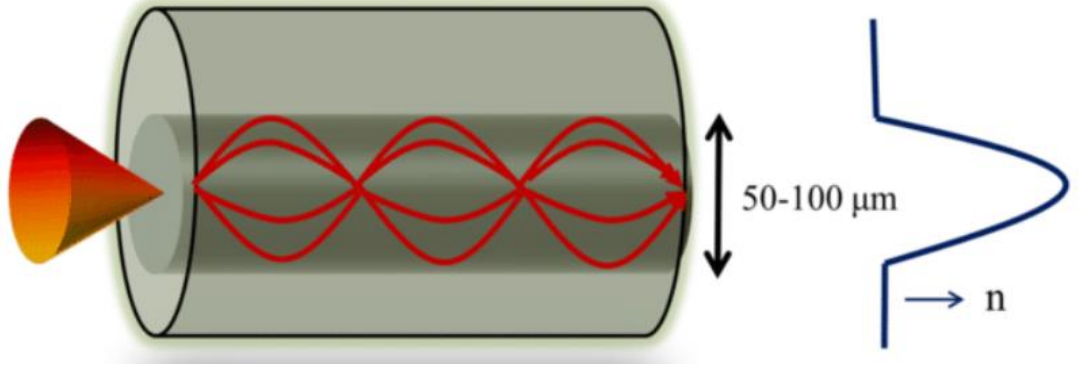
Çok modlu basamak indeksli fiber (Şekil 2.12), en basit fiber türüdür ve 50 μm ila 100 μm aralığında bir çekirdek çapına sahiptir. Bu fiberin büyük çekirdeği, birçok ışık modunun yayılmasına izin verir. Bazı ışınlar, en düşük dereceli modda, aksenal ışında, fiberin merkezinden aşağı doğru hareket eden ve fiberin ucuna daha yüksek dereceli modlardan önce ulaşan diğerlerine göre daha uzun yollar alacaktır ve bu, geçerken dar bir ışık darbesi bırakacaktır. Diğer bir deyişle, fiberden geçen ışık daha uzun ve daha kısa yol uzunlukları alır ve sonuç olarak sinyal zaman içinde dağılır (modal dağılım), bu da fiberin bant genişliğini ve fiberin tatmin edici bir şekilde çalışabileceği mesafeyi kısıtlar (Tricker, 2002). Bu tip fiber genellikle kısa veri bağlantıları ve kontrol devreleri için kullanılır, ancak genellikle telekomünikasyon için kullanılmaz.



Şekil 2.12. Çok modlu basamak indeksli fiber optik kablo

2.7.3. Çok modlu gradyen indeksi

Modal dağılımı azaltmak için çok modlu gradyen indeks fiberden (Şekil 2.13) bahsedilebilir. Çekirdeği, her biri daha düşük kırılma indisine sahip bir dizi eş merkezli halkadır, böylece ışık daha düşük indeksli bir ortamda daha hızlı hareket ederken, fiber ekseninden uzaklaşan ışığın daha hızlı hareket etmesini sağlar.



Şekil 2.13. Çok modlu gradyen indeksli fiber optik kablo

Yapısı nedeniyle, çekirdeğin farklı katmanları, ışık ışınlarının çekirdek tarafından kaplama ara yüzüne keskin bir şekilde yansıtılmamasını, ancak art arda kırılmasını sağlayacaktır. Yüksek dereceli modlar, düşük dereceli modlardan daha hızlı bir ortalama hıza sahip olduklarından, herhangi bir noktaya neredeyse aynı zamanda varırlar. Bu nedenle seyahat yolu neredeyse sinüzoidal görünür.

2.8. Multi Mod Fiber Optik Kablo Türleri

Çok modlu basamak indeksli fiberlerde, tek modlu fiberlere kıyasla daha büyük çekirdek çapı ve/veya çekirdek ile kaplama arasındaki karşılık gelen yüksek n nedeniyle çekirdekte birçok mod yönlendirilir. Bu tür elyaf türlerinin varyasyon aralığı çok büyüktür. Endüstriyel deneme açısından da önemli olan ana tipler çizelge 2.1'de listelenmiştir:

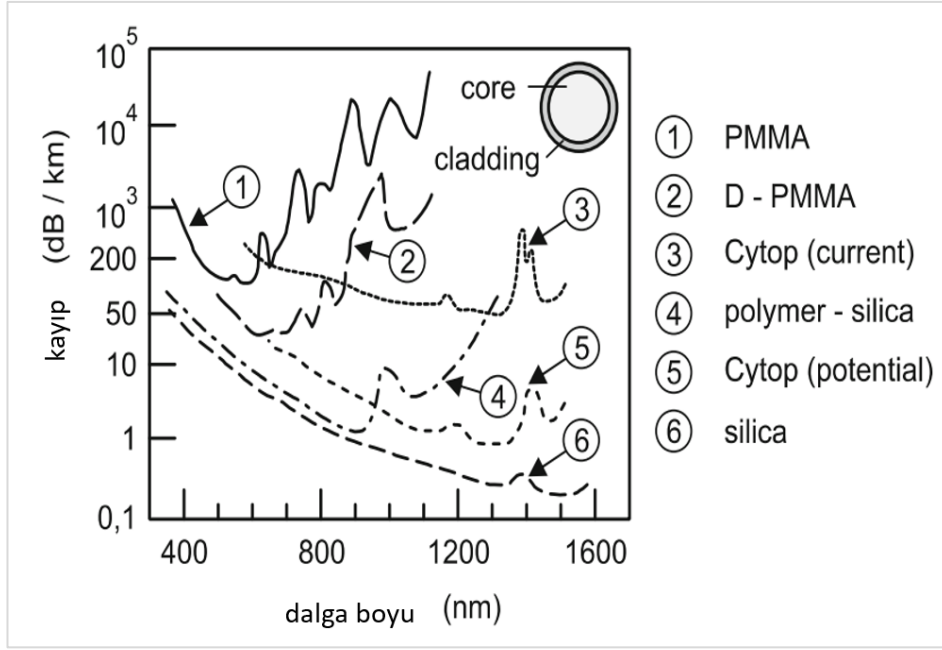
Çizelge 2.1. Endüstride kullanılan bazı multimod fiber optik kablo türleri

Optik Dalga Klavuzu	Çekirdek Malzemesi	Kaplama Malzemesi
POF	Pmma	Florlu Pmma
PCF	Eritilmiş Silika Cam	Plastik (Akrilat)
Silika Elyaf (Düşük OH, Yüksek OH)	Eritilmiş Silika Cam	Eritilmiş Silika Cam
Cam Elyaf	Eritilmiş Silika Cam, Ge Katkılı Eritilmiş Silika Cam	Eritilmiş Silika Cam, F Katkılı Eritilmiş Silika Cam
Cam Elyaf	Yüksek Kırılma İndeksli Kompozit Cam	Düşük Kırılma İndeksli Kompozit Cam
MIR- Elyaf	Optik Yoğunluğu Fazla Özel Cam (Florlu Cam, Kalkojenit Cam)	Optik Yoğunluğu Düşük Özel Cam (Florlu Cam, Kalkojenit Cam)

2.8.1. Polimerik fiberler

Otomotiv endüstrisinde, iç mekanlarda ve 100 m'ye kadar kablo uzunluğu aralığında genelde polimerik fiberler kullanılmaktadır: PMMA, polistiren (PS) ve polikarbonat (PC). Cam elyaflara kıyasla avantajları, düşük maliyet, yüksek eğilme mukavemeti ve malzemenin daha kolay işlenmesidir. Bu değerlerin dışında standart VDE 0888 kısım 101 mekanik, optik iletim ve teknoloji değerleri gibi daha fazla değeri açıklamaktadır.

80/km'lik minimum zayıflama değerlerine 570 nm dalga boyunda ulaşılır. Daha yüksek dalga boylarında, zayıflama değerleri 1000 dB/km'nin üzerine çıkar (Şekil 2.14.), bu nedenle bu fiberler aşırı yüksek zayıflama değerleri nedeniyle sadece kısa dalga boylarında ve kısa mesafelerde kullanılabilir.



Şekil 2.14. Farklı polimerlerin kayıp kıyasının yapıldığı grafik

Polimerik fiber sistemlerde, NA 0,5'e sabitlenir. Bu, 30°'lik bir bölümü temsil eder. POF ile cam kaplaması geçişte, çekirdek venın kırılması farkının %5 olduğu görülebilir. NA, normalleştirilmiş parametre V ile bağıntılıdır. V-parametresi, optik dalgadaki optik modların sayısı ile bir metredir. Bir fibere hapsedilen modların sayısı fiberden oluşan ışığın dalga boyu, çekirdek çapında ve optik dalgaların araçlarından olan kişilerle belirlenebilir. Bu bağlantı, normalleştirilmiş frekans parametresi veya Denklem 'de V sahnesi olarak bilinir. Standart tek modlu fiberler tipik olarak yaklaşık 2,405 olan bir V numarasına sahiptir. Burada ışık sadece tek bir modda yayılacaktır. Öte yandan, çok modlu adım indeksli POF fiberlerde, V sayısı 2,799, sarı/550 nm'de, çekirdek yarıçapı 490 µm ve NA 0,5'tir. Bu, tek modlu fiberlerden 103 kat daha büyüktür. Bu durumda, ışık fiber aracılığıyla birçok yol veya modda yayılacaktır. Adım indeksli POF'ler için optik modların sayısı, $N = V^2/2 = 3,917$ Mio modlarına çıkarılacaktır. Daha yüksek dalga boyları kullanıldığında, mod sayısı kırmızı/650 nm'de 2,804 Mio moduna düşecektir. Bu nedenlerle, POF'ler yalnızca 1 m ile 100 m arasındaki mesafeleri kullanan kısa mesafeli iletim sistemlerinde tanıtılır.

2.9. Fiber Optikte Zayıflama

Fiber dağılımının, fiber içinde yayılırken optik darbeleri genişleterek optik iletişim sistemlerinin performansını sınırladığını gösterir. Fiber kayıpları, alıcıya ulaşan sinyal gücünü azalttığı için başka bir sınırlayıcı faktörü temsil eder. Optik alıcılar, sinyali doğru bir şekilde geri kazanmak için belirli bir minimum güce ihtiyaç duyduğundan, iletim mesafesi doğal olarak fiber kayıplarıyla sınırlıdır. Aslında, optik iletişim için silika fiberlerin kullanımı, ancak 1970'lerde kayıplar kabul edilebilir bir düzeye indirildiğinde pratik hale geldi. 1990'larda optik yükselteçlerin ortaya çıkmasıyla birlikte, birikmiş kayıpları periyodik olarak telafi ederek iletim mesafeleri birkaç bin kilometreyi aşabilir. Bununla birlikte, amplifikatörler arasındaki boşluk, fiber kayıpları tarafından ayarlandığından, düşük kayıplı fiberler hala gereklidir. Bu bölüm, optik fiberlerdeki çeşitli kayıp mekanizmalarının bir tartışmasına ayrılmıştır (Tricker, 2002).

2.9.1. Zayıflama etkileri

Oldukça genel koşullar altında, bir optik fiber içinde yayılan bir veri akışının ortalama optik gücündeki P değişiklikler, Beer yasasına tabidir.

$$dP/dz = -\alpha P, \quad (2.9)$$

Burada α zayıflama katsayısıdır. Eşitlikteki absorpsiyon katsayısı ile aynı sembolle belirtilmesine rağmen sadece malzeme absorpsiyonunu değil, aynı zamanda diğer güç azaltma kaynaklarını da içerir. P_{in} , L uzunluğundaki bir fiberin giriş ucunda başlatılan güç ise, Denklem 1.10'da çıkış gücü P_{out} tarafından verilir

$$P_{out} = P_{in} \exp(-\alpha L). \quad (2.10)$$

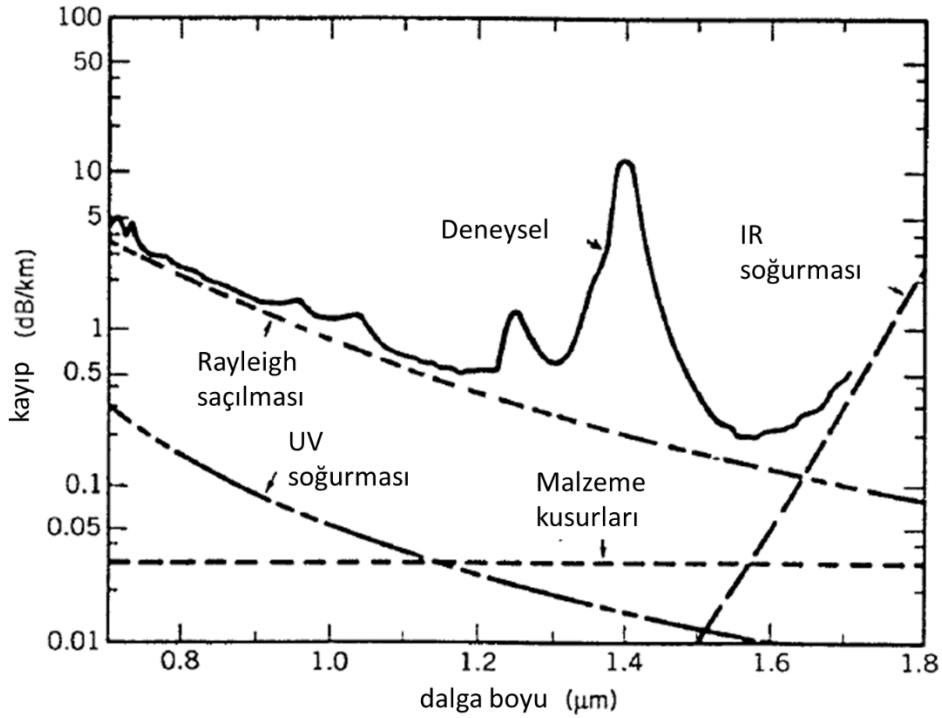
İlişkiyi kullanarak α 'yı dB/km cinsinden ifade etmek gerekirse;

$$\alpha(dB/km) = -\frac{10}{L} \log_{10} \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \approx 4.343\alpha, \quad (2.11)$$

Ve bu fiber kayıp parametresidir.

Fiber kayıpları iletilen ışığın dalga boyuna bağlıdır. 1979'da 9,4 μm çekirdek çapı, $\Delta = 1,9 \times 10^{-3}$ ve 1,1 μm kesme dalga boyuna sahip tek modlu bir fiberin kayıp spektrumu $\alpha(\lambda)$ 'yı göstermektedir (Agrawal, 2002; Miya, 1979).

Genel kayıplara çeşitli faktörler katkıda bulunur; bunların göreceli katkıları da Şekil 2.15'te gösterilmektedir. Bunlardan en önemli ikisi malzeme soğurması ve Rayleigh saçılmasıdır.



Şekil 2.15. Fiber optik kabloda zayıflama türleri

2.9.2. Malzeme soğurması

Fiber optik kablolardaki soğurma kaybı, fiber optik kablo malzemesindeki kirliliği nedeniyle meydana gelir. Fiberin içindeki maddeler ışığı absorbe eder ya da ısıya dönüşerek zayıflamasına neden olur. Bu nedenle fiber optik imalatında kullanılan

malzeme, normal cama göre daha saf ve saydamdır. Bu camın saflık derecesi yaklaşık %99,99'dur (Agrawal, 2002; Gibson, 2002).

Işığın absorbe edilmesi nedeniyle normal bir tabaka pencere camına kenarından bakıldığında görünen koyu mavi/yeşil renk fiber optik kabloda ancak yüzlerce kilometrelik bir kalınlıkta görülebilir. Deniz suyu optik fiber kadar şeffaf olsaydı okyanusta yolculuk yapan biri gemiden okyanusun dibini görebilirdi. Yine de optik fiberlerin bu kadar saf ve şeffaf camlardan oluşmasına rağmen yaklaşık ile 1000dB/km arasında soğurmalar meydana gelir (Tomasi, 1997).

2.9.3. Rayleigh saçılması

Fiber optik kablo üretim süreci esnasında cam, plastik haldedir. Malzeme soğudukça gerilmeler meydana gelir ve çok küçük mikro düzensizlikler oluşmaya başlar. Böylece fiberdeki homojen yapı bozulur. Işık ışınları, Fiber optik kablo içerisinde ilerlerken bu bozulan yapılar çarparsa kırılımlar ortaya çıkar ve saçılmalar meydana gelir. Böylece fiber optik kabloda zayıflamaya neden olur (Agrawal, 2002).

Fiber Optiklerde kaybın yaklaşık %96'sını Rayleigh saçılması oluşturur. Rayleigh saçılmasını, çok küçük ölçekte oluşan homojensizlikler oluşturur. Yoğunluk dalgalanmalarından dolayı her doğrultuda oluşan saçılma $1/\lambda^4$ ile orantılı bir zayıflama meydana getirir. Rayleigh saçılma katsayısı aşağıdaki gibidir:

$$\alpha_{scat} = \frac{8\pi^3}{3\lambda^4} (n^8 p^2) (kT_f) \beta \quad (2.12)$$

n : kırılma indisi

p : camın fotoelastik katsayısı

k : Boltzmann sabiti

β : izotermal sıkıştırılabilir

T_f : hayali sıcaklık (malzemede yoğunluk dalgalanmalarının durduğu sıcaklık)

Bununla birlikte Rayleigh saçılma katsayısı, fiberin fiberin iletim kaybı çarpanı olan α 'ye bağlıdır:

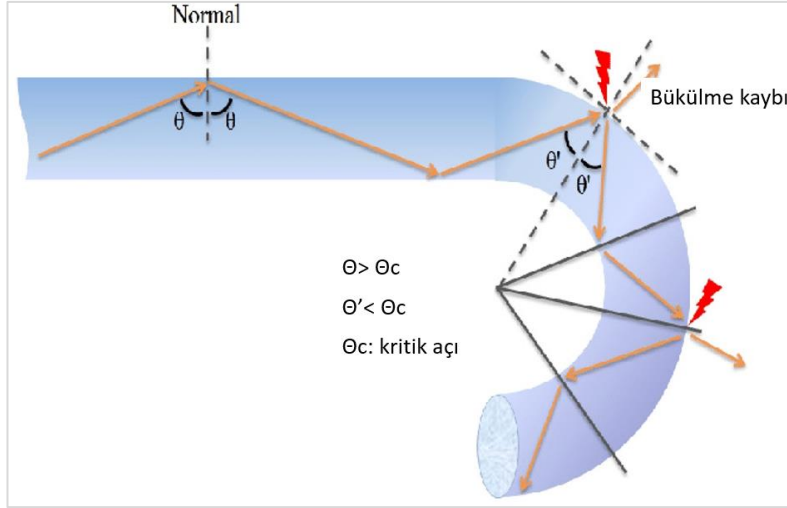
$$\alpha = \exp(-\alpha_{\text{scat}})$$

α fiberin uzunluğudur. α 1 km olarak düşünülürse, kilometre başına Rayleigh saçılma kaybı:

$$10 \log_{10}(1/\alpha_{\text{km}}) \text{ olarak verilir.}$$

2.9.4. Bükülme kayıpları

Bir fiberin bükülmesi, farklı mod kombinasyonları ve fiberden daha yüksek dereceli modların bir miktar sızıntısı yaratır. Bükülme yarıçapı ne kadar küçük olursa, kayıplar o kadar büyük olur. Düşük NA'ya sahip lifler, genellikle daha yüksek NA'ya sahip liflerden daha hassastır. Telekomünikasyon için standart tek modlu fiberlerde, 0.14'teki NA özellikle düşüktür. Bu nedenle, yaklaşık Gauss şeklindeki mod alanı nedeniyle ışığın küçük bir kısmı kaplamada iletilir. Sonuç olarak, tek modlu fiberler özellikle bükülmeye karşı hassastır. Mod alanı kaplamanın derinliklerine indikçe bu hassasiyet daha yüksek dalga boyları ile artar. Fiberdeki bükülme büyük bir kablo eğrilğine sahip olabilir, ancak örneğin optik kablonun bükülmesi sırasında meydana gelebileceği gibi küçük ölçekte de olabilir. Bu tür küçük ölçekli kıvrımlara mikro kıvrımlar denir ve bu da kayıpların artmasına katkıda bulunur. Kritik bir eğrilik yarıçapından büyük miktarlarda bükülmeler kayıpları meydana getirir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Fiber optik kabloda bükülme kaybı koşulu

Bir bükülme etrafında yayılırken yönlendirilmiş bir mod, yayılma yönüne çapraz olan düzlem üzerindeki tüm noktalarda aynı açısal faz hızını korumalıdır. Bu, kritik yarıçap r_c (radyasyon kostiği) olarak bilinen kıvrımın dışındaki belirli bir radyal konumda, mod teğetsel hızı ortamdaki ışığın hızına eşittir. Bunun ötesindeki yarıçaplarda, hız ışığın hızını aşar ve güç teğet bir yol boyunca yayılır (Lemlem, 2012).

$$P(r_b, \phi) = P_0 - P_c \quad (2.13)$$

Günümüzde bükülme kayıplarını azaltmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. US 6,778,744 B2 nolu patentte de bükülme kısıtlayıcı sistemden bahsedilmiştir (Norris, 2002). WO 2008/054665 nolu patentte ise nispeten küçük bir bükülme yarıçapına izin veren ve/veya optik performansı korurken bükülebilen fiber optik kablolar açıklanmaktadır (Wagman, 2006). Bir düzenlemede, fiber optik kablo, en az bir optik fiber, bir birinci mukavemet elemanı, bir ikinci mukavemet elemanı, bir çekirdek malzeme ve bir kablo kılıfı içerir. Çekirdek malzeme genellikle optik elyafı, birinci mukavemet elemanını ve ikinci mukavemet elemanını çevreler ve çekirdek malzeme, optik elyafı yastıklamak için deforme olabilir. Kablo kılıfı genellikle çekirdek malzemeyi çevreler ve uygun bir optik performans seviyesini korurken yaklaşık 10 milimetre veya daha az bir bükülme yarıçapına izin verir (Wagman, 2006). Yine farklı bir çalışmada, bir fiber optik kablo için eğilme kısıtlayıcı, kabloyu barındırmak için aksenal bir deliğe sahip

uzun manşon benzeri bir eleman ve manşon benzeri elemanı sert bir kabloya sabitlemek için bir kuplaj halkası içeren bir sistem tasarlanmıştır (Gould, 1989).

2.9.5. Konektör ve kuplaj kayıpları

Kablodaki uzunluk kaybına ek olarak, fiberleri optik konektörlerle bağlarken kayıp meydana gelir. Konektör uç yüzleri birbirine değiyorsa veya ışık dalga boyunun onda birinden daha az ayrıysa, hava ile cam/cam ve hava arasındaki arayüzden hava boşluklu konektörlerde oluşan retro yansımaların oranı, aşağıdakiler için yaklaşık %8 azalır. Erimiş silika cam (kırılma indisine bağlı olarak). Bu tür fiş bağlantıları, fiziksel temaslı konektörler olarak bilinir. Soğurma ve saçılma da yüzey kusurlarının bir sonucu olarak meydana gelir. Bu tür kusurlar, uç yüzlerin işlenmesi sırasında oluşan çiziklerin yanı sıra konektörlerin yanlış kullanımından kaynaklanan kirleri içerir

2.10. Fiber Optik Sistemlerin Kullanım Alanları

Mühendislik ve araştırma uygulamalarında optik fiberlere yönelik devam eden talep, daha fazla uygulamayı teşvik etti. Bugün, fiber optik teknolojisinin çok çeşitli ticari ve laboratuvar uygulamalarını görüyoruz. Optik fiber bilimi ve teknolojisi hem geometrik hem de fiziksel optik, malzeme bilimi, entegre ve klavuzlu dalga optiği, kuantum optiği ve optik fiziği, iletişim mühendisliği ve diğer disiplinlere büyük ölçüde dayanır. Bununla birlikte, metroloji ve tıpta optik fiberler için muazzam aktivite ve uygulama yelpazesi vardır. Cerrahi, endoskopi ve algılamayı içeren, teknolojik öneme sahip ve son zamanlarda büyük ilgi gören bir alandır. Bu uygulamalar için optimize edildiğinde fiber tasarımı oldukça farklı olsa da genel çalışma prensipleri hemen hemen aynı kalır (Michael, 2002). Aşağıda genel olarak fiber optik kabloların kullanım alanları sıralanmıştır.

İnternet:

Fiber optik kablolar büyük miktarda veriyi çok yüksek hızlarda iletir. Bu teknoloji bu nedenle internet kablolarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Geleneksel bakır tellerle

karşılaştırıldığında, fiber optik kablolar daha az hacimli, daha hafif, daha esnektir ve daha fazla veri taşır.

Bilgisayar ağı:

Tek bir binadaki veya yakındaki bilgisayar yapıları arasındaki ağ iletişimi, fiber optik kabloların gelişimi ile daha hızlı hale gelmiştir. Ağlar arasında dosya ve bilgi aktarımı için gereken sürede azalma meydana gelmiştir.

Tıp:

Fiber optik kablolar tıp ve araştırma alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Optik iletişim, özellikle endoskopi alanının önemli bir parçasıdır. Vücuttaki ameliyat alanını aydınlatmak için bir dakikalık, parlak bir ışık kullanılır, bu da yapılan kesilerin sayısını ve boyutunu küçültmeyi mümkün kılar. Fiber optikler ayrıca biyomedikal araştırmalarda da kullanılmaktadır.

Otomotiv endüstrisi:

Otomotiv aydınlatmasında fiber optik kablolar önemli bir rol oynamaktadır. Araçların hem dış hem de iç aydınlatmasında kullanılmaktadırlar. Özellikle yerden tasarruf etme özelliğinden dolayı fiber optik her gün daha fazla araçta kullanılmaktadır. Ayrıca fiber optik kablolar, aracın farklı bölümleri arasında çok hızlı sinyal iletebilir. Bu, onları güvenlik uygulamalarının kullanımında da önemini artırır.

Telefon:

Ülke içinde veya dışında telefon aramak hiç bu kadar kolay olmamıştı. Fiber optik iletişim kullanımını ile her iki tarafta da herhangi bir gecikme olmadan daha hızlı bağlantı kurabilir ve net konuşmalar yapabilirsiniz.

Aydınlatma ve Dekorasyonlar:

Dekoratif aydınlatma alanında fiber optik kullanımı da yıllar içinde büyümüşür. Fiber optik kablolar, aydınlatma projelerine kolay, ekonomik ve çekici bir çözüm sunar. Sonuç olarak, aydınlatma süslemelerinde ve aydınlatılmış Noel ağaçlarında yaygın olarak kullanılırlar.

Mekanik Muayeneler:

Fiber optik kablolar, ulaşılması zor yerlerin denetiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür uygulamalardan bazıları, mühendisler için yerinde denetimler ve ayrıca tesisatçılar için boruların denetimidir.

Kablolu televizyon:

Kablo sinyallerinin iletilmesinde fiber optik kabloların kullanımı yıllar içinde patlayıcı bir şekilde büyümüşür. Bu kablolar, daha yüksek bant genişliğine ve hıza sahip olduklarından, yüksek çözünürlüklü televizyonlar için sinyalleri iletmek için idealdir. Ayrıca, fiber optik kablolar, aynı miktarda bakır tele kıyasla daha ucuzdur.

Askeri ve Uzay Uygulamaları:

Askeri ve havacılık uygulamalarında ihtiyaç duyulan yüksek düzeyde veri güvenliği ile fiber optik kablolar, bu alanlarda veri iletimi için ideal çözüm sunar.

2.11. Otomobil ve Yaşam Alanlarında Fiber Optik Sistemler

Arabalar, yolcuları müzikle eğlendirmek için 50 yılı aşkın bir süredir radyo ile donatılmıştır. Radyodan multimedya sistemlerine geliştirme 50 yıl önce başladı ve şimdi MP3/DVD oynatıcılara ve birbiriyle ve sürücü ile bağlantılı olan ve hepsi arasında etkileşimde bulunması gereken bir dizi gelişmiş bilgi sistemine ulaştı. Günümüzde birçok motorlu araç, çalınan bir arabayı bulmak için bir güvenlik sistemi ile bağlantılı olarak

çalışabilen GPS navigasyon sistemleri ile donatılmıştır. Sürüş sırasında güvenlik, kullanıcının ayrı bileşenlerin bağımlılıkları yerine aracı kontrol etmeye odaklanmasını gerektirir. Araç telefonu ile telefon görüşmesi yapılırken, arama yapıldığında stereo sistem ses seviyesini azaltmalıdır. Ses kontrolü ve eller serbest hoparlör, sesi dijitalleştirmek için bir mikrofona ihtiyaç duyar ve navigasyon bilgileri ve DVD oynatma için geniş ekran sistemleri gereklidir. Bu nedenle multimedya sistemleri sürücülerle çalışabilir, işitsel ve görsel bilgilerin çok çeşitli formatlarda sunulmasını sağlar. Sürücünün bilgilendirilmesi ve yolcuların eğlendirilmesi paralel olarak gerçekleştirilecektir.

Alan, ağırlık ve onarım sorunları gibi sorunları aşmak için Daimler Chrysler, MOST sisteminde sürekli olarak Plastik Optik Fiber'i (POF) uyguladı. Polimerik lifler çok hafiftir ve bakır kablolarla kıyasla ağırlık tasarrufu %80 ile %90 arasındadır. Ayrıca, yerel multimedya ağının halka topolojisi, kablolama çabasını azaltır, çünkü her cihaz ayrı bir kablo aracılığıyla kokpitteki kontrol ünitesine ayrı ayrı bağlanmaz. Sayısallaştırılmış bilgi yalnızca bir optik hat kullanır. Böyle bir POF kablosu, tüm verinin ileri ve geri yönü ve bağlı tüm cihazlar arasında sinyal aktarımı için iki optik fiber kullanılması yeterlidir.

Optik fiberlerin kullanılmasıyla elektromanyetik girişim sorunu büyük ölçüde azaltılır. Fiber optik kablolar, güçlü elektromanyetik alanlara tamamen duyarlıdır. Ses tertibatında "alternatör düdüğüne" neden olan toprak döngüleri oluşmaz. POF iletim sistemleri ne EMC' dir ne de onları ağdaki diğer bileşenlere karşı elektromanyetik girişime duyarlıdır. Ancak, veri yoğunluğunda ve POF kablosunun uzun vadeli güvenilirliğinde potansiyel bir darboğazdır. Şu anda, 44,1 kHz/s'lik CD örnekleme hızının bir katından türetilen 22,579 Mb/sn brüt veri hızına sahip veri yolu işletilmektedir. Ancak bu hıza, sınırında DVD veri yolu olarak kullanım için zaten ulaşılmıştır, bu nedenle birkaç video kaynağının aynı anda iletimi mümkün değildir. Bu nedenle, iş 150 Mb/s (Grzempa, 2012) veri hızları için MOST'un özelliklerini genişletmek için daha da ilerlemeye devam ediyor. 2014 yılında Mercedes, MOST 150 teknolojisine sahip ilk otomobili tanıttı (Pofert ve diğerleri, 2010). MOST veri yolundaki bir bağlantı, noktadan noktaya bir bağlantı içerir. POF' nin 650 nm dalga boyu aralığında yüksek dağılımı ve zayıflaması nedeniyle, POF fiberin maksimum bireysel uzunlukları 10 m uzunlukla sınırlıdır. Vericiler, 10 m

POF üzerinden 100 MHz bant genişliğine kadar iletim yapabilen düşük maliyetli LED çiplerinden oluşur. Alıcı alanında basit Si diyotları kullanılır (Infineon_Corporation, 2010). POF ve iletim elemanları arasındaki bağlantı, OEIC ile temas halinde olan fiber uç yüzünün bağlanmasıyla çok basit bir şekilde gerçekleştirilir. Verimliliği düşük olmasına rağmen, POF' nin basit bıçakla kesme yöntemiyle basit işlenebilirliği nedeniyle bileşiklerin maliyeti de çok düşüktür.

Modül maliyetleri, optik iletim teknolojisinin tüm ölçekli fotonik modüllerinin maliyetinin en düşük kısmında otomotiv endüstrisindeki. Modül başına birkaç avruluk fiyatlar burada yaygın ve gerekli. Bugün Almanya'da kablolu televizyon ağında 22 milyondan fazla hane birbirine bağlı. Ayrıca, birçok büyük yerleşim uydusunda kablolu televizyon (CATV) sinyalleri şeklinde alım dağıtılır. Dağıtımı genellikle bakır kablolarla dayalıdır, çünkü bunlar ucuzdur ve döşemesi de kolaydır. Bununla birlikte, bakır kabloların dezavantajları vardır. İlk olarak, TV alımı, çapraz konuşma nedeniyle bozulabilir ve diğer yandan, bakır tesisatın kendisi radyo paraziti yaydığına büyük sorunlar vardır. Optik iletimin bir avantajı, bu EMC etkileriyle uyumlu olmasıdır. Metro ve uzun menzilli bölgede, kablolu televizyon zaten optik olarak iletilmektedir. Bu durumda yüksek oranda lineer lazer ve tek modlu fiber kullanılır. Bu bileşenler çok pahalıdır ve kullanımları zordur. Bu, ev içi CATV dağıtımı için bu bileşenlerin kullanımı için büyük bir uyumsuzluktur. Ancak bir optik özellik dağılımı (Goff, 2003), maliyet ve kullanılabilirlik açısından bir bakır kablo tesisatı ile rekabet edebilmelidir.

Polimer optik fiber (POF), arabalarda veya şirket içi uygulamalarda kısa mesafeli optik iletim ortamı için ucuz bir kullanılabilir. Bununla birlikte, POF' nin geçiş bandı, polimer zincirlerinin zayıflama davranışı ile çok sınırlıdır (Ziemann, 2008). Diğer bir avantaj, POF' nin büyük çekirdek yarıçapıdır. Optik bileşenlerin düşük kaybıyla kolay kurulum ve iyi optik bağlantı sağlarlar. POF fiber, mükemmel kurulum özellikleri ile TV sinyallerinin ev dağıtımı alanında düşük maliyetli kısa mesafeli optik ağların kurulmasına izin verir. Ev alanında POF iletimi için verici ve alıcı, ilgili elektrikli bileşenlerin maliyetiyle rekabet edebilmeli ve kullanıcı tarafından kullanımı kolay olmalıdır. Bu, zorunlu olarak otomobildekilere güçlü bir şekilde benzeyen modüllerle sonuçlanır ve bunların avantajları arasında düşük yapım maliyeti ve basit elektro-mekanik montaj yer

alır. Elektrik sinyali yükselticisi ve sinyal iletimi için verici/alıcı OEIC' ler, fiş muhafazasında mümkün olduğunca kompakt olmalıdır. POF' nin optik bağlantısı basitçe bir bıçakla kesilir. Burada POF fiber, OEIC ile doğrudan yüzey temasıyla bağlanabilir (uç bağlantısı). Kuplaj verimliliğini artıran kuplaj optiği, OEIC' nin önündeki plastik lens tarafından uygulanması veya yalnızca ilkel formda olması çok pahalı olacaktır

2.12. Fiber Optik Aydınlatma Sistemi Temel Elemanları

1990'ların başından beri, uzak kaynaklı aydınlatma sistemlerinde yapay bir ışık kaynağı kullanan fiber optik kablolar kullanılmıştır. Bu teknolojiyi kullanarak ışık, fiber optik kablolar aracılığıyla kaynağından bir veya daha fazla uzak noktaya gider. Teknoloji, müzeler ve perakende teşhirler gibi birçok uygulamada ve mimari uygulamalarda bir binanın özelliklerini vurgulamak veya dış hatlarını çizmek için kullanılmıştır; diğer uygulamalar, birkaçını saymak gerekirse, tiyatrolarda ve uçaklarda vb. çıkış işaretlerini ve koridorları aydınlatmayı içeriyordu (Ghisi ve Tinker, 2006). Farklı çekirdek/kaplama boyutu, malzemeler, imalat teknikleri ve diğer tasarım parametreleri (sayısal açıklık vb.) açısından özel optik fiberlerin mevcudiyetinin artmasıyla birlikte, araştırmacılar fiber optiği birçok alanda kullanmaya büyük ilgi gösteriyorlar (Patil ve Kumar, 2018). Plastik optik fiberler (POF), silika fiberler düşük kayıplı ve daha ucuz ışık iletim ortamı olmasına rağmen araştırmacıların tercihi gibi görünmektedir. Bununla birlikte, geniş çekirdek çapı (~1mm – 8 mm) ve yüksek sayısal açıklığı (~0,7) nedeniyle, POF, sistemin ışık toplama kapasitesini artırarak daha fazla ışık toplayabilir ve bu da onları silika fiberlere göre tercih edilen ışık iletim ortamı haline getirir.

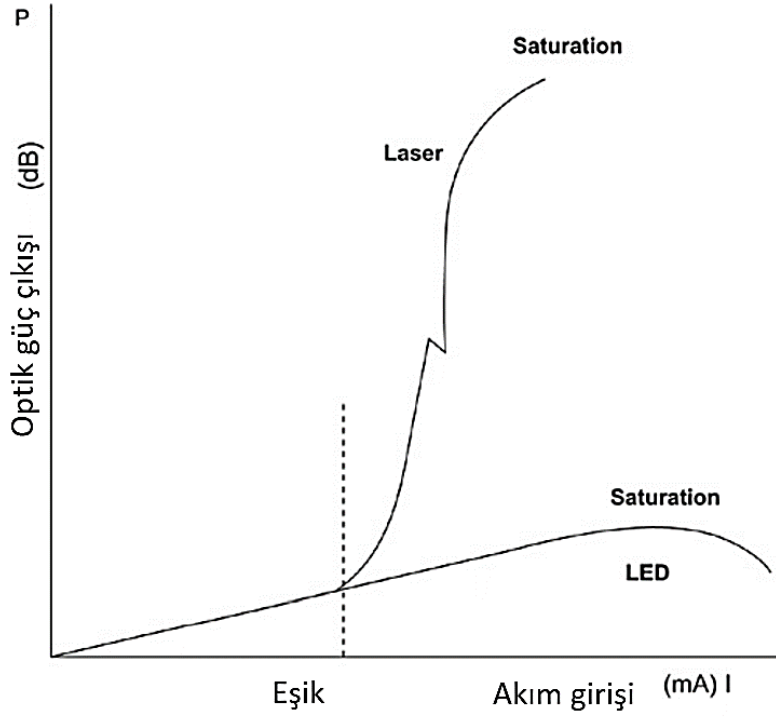
Fiber optik aydınlatma sistemi genel olarak iki ana bölümden oluşur: ışık kaynağı ve bu ışığı iletmek üzere için kullanılan fiber kablo. Bu temek iki bölüm dışında sistemde mercekler kuplajlar ve fiber optik sonlandırıcı elemanlar da bulunmaktadır.

Işık kaynakları:

Işık kaynağı olarak halojen lambalardan sonra iki Temel kaynak kullanılır. Bunlar ışık yayan diyotlar (LED)ve Lazer Diyotlardır. Bir ışık kaynağının fiziksel boyutları,

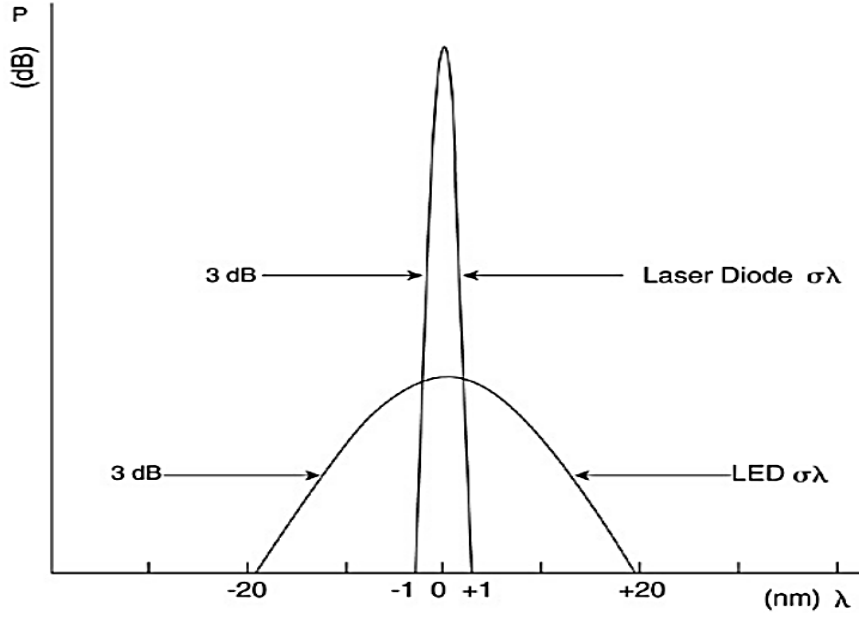
kullanılan fiber optik kablonun boyutuyla uyumlu olmalıdır. Optik kaynak, yeterli optik güç üretebilmelidir. Optik kaynak tarafından üretilen ışığın fiber optik kabloya bağlanmasında yüksek verim olmalıdır ve optik kaynak, harmonik oluşumunu ve intermodülasyon bozulmasını önlemek için yeterli doğrusallığa sahip olmalıdır. Işık kaynağı, bir elektrik sinyali ile kolayca modüle edilmeli ve yüksek hız modülasyonuna sahip olmalıdır; aksi takdirde fiber optik kablonun bant genişliği avantajları kaybolur. Son olarak, küçük boyut, düşük ağırlık, düşük maliyet ve yüksek güvenilirlik gibi olağan gereksinimler vardır.

LED'ler daha basittir ve tutarsız, düşük güçlü ışık üretir. Lazer Diyotlar tutarlı, daha yüksek güçlü ışık üretirler (Alwayn, 2004) Şekil 16, modülasyon devresinden elektrik akımı girişinin (I) bir fonksiyonu olarak bu cihazların her birinden gelen optik güç çıkışını (P) gösterir. Şekilde gösterildiği gibi, LED'in nispeten doğrusal bir P-I özelliği vardır, oysa LD' nin güçlü bir doğrusal olmayan veya eşik etkisi vardır. LD, artan giriş akımıyla güç fiilen düştüğünde bükülmelere de meyilli olabilir. LD' ler, çok yüksek hızlarda modüle edilebilmeleri, daha fazla optik güç üretebilmeleri ve bir LED'den çok daha az uzaysal genişliğe sahip bir çıkış ışını üretebilmeleri anlamında LED'lere göre avantajlara sahiptir. Bu, LD'lere fiber optik kabloya daha yüksek bağlantı verimliliği sağlar. LED avantajları arasında daha yüksek güvenilirlik, daha iyi doğrusallık ve daha düşük maliyet yer alır.



Şekil 2.17. LED ve Lazer Diyot güç-akım karakteristiği

Bir LED'in optik çıkışı ile bir LD arasındaki temel fark, optik gücün dağıtıldığı dalga boyudur. Spektral genişlik, s, 3-dB optik güç genişliğidir (nanometre veya mikron cinsinden ölçülür). Spektral genişlik, iletilen etkin sinyal bant genişliğini etkiler. Daha büyük bir spektral genişlik, fiber optik kablo bağlantı bant genişliğinin daha büyük bir bölümünü kaplar. Şekil 17, iki cihazın spektral genişliğini göstermektedir. Her cihaz tarafından üretilen optik güç, eğrinin altındaki alandır. Spektral genişlik, yarı güç yayılımıdır. Bir LD her zaman bir LED'den daha küçük bir spektral genişliğe sahiptir. Spektral genişliğin spesifik değeri, diyot yapısının ve yarı iletken malzemenin detaylarına bağlıdır. Bununla birlikte, bir LED için tipik değerler, 850 nm'de çalışma için 40 nm ve 1310 nm'de 80 nm civarındadır. Bir LD için tipik değerler, 850 nm'de çalışma için 1 nm ve 1310 nm'de 3 nm'dir.



Şekil 2.18. LED ve Lazer Diyot spektral genişlikleri

Bir LED veya LD ile, verici paketi, ışığı fiber optik kabloya iletmek için şeffaf bir pencereye sahip olmalıdır. Fiber optik kablo örgüsü veya şeffaf plastik veya cam pencere ile paketlenabilir. Bazı satıcılar, ışığın fiber optik kabloya odaklanmasına yardımcı olmak için vericiye küçük yarım küre şeklinde bir merceğe sahip bir paket sağlar. Paketleme ayrıca LED veya LD için termal bağlantıya da hitap etmelidir. Eksiksiz bir verici modülü 1W'tan fazla tüketebilir ve bu da önemli ölçüde ısı üretimine neden olabilir. Plastik paketler, daha düşük hız ve daha düşük güvenilirlik uygulamaları için kullanılabilir. Bununla birlikte, yüksek hızlı ve yüksek güvenilirliğe sahip vericiler, ısıyı azaltmak için yerleşik kanatçıklara sahip metal ambalajlara ihtiyaç duyar.

2.13. Otomotivde Kullanılan Işık Kaynakları

Aydınlatma teknolojilerinin gelişmesi ile otomotiv aydınlatmasında da farklı aydınlatma seçenekleri mevcut hale gelmiştir. Gelişmeye devam eden bu teknolojide otomotivde kullanılacak seçeneklerin belirlenmesinde enerji tasarrufu ve stilistik detaylar çok önemli bir etkidir. Aynı zamanda homologatif gereksinimleri de göz önünde bulundurulduğunda, stilistik etkilerin yanı sıra, özellikle pozisyon lambaları sinyal lambaları gibi, renkli bir ışık sinyalinin başlangıcına verilen görsel tepki sürelerinin

sürücülerin gözlerinden alınan eşik ışık miktarı enerjisi de önemli bir rol oynamaktadır (Bullough, 2005). Araç aydınlatmalarında kullanılan standart halojen lambalara kıyasla LED gerek enerji tasarrufu yönünden gerek ışık şiddeti, aydınlatma mesafesi ve kısa tepki süresi yönünden gerekse kullanım ömrü açısından çok daha avantajlı bir seçenektir. Flamanlı lamba kullanılan sistemlerde ışık yayılımı ayarlanamaz ve yoğun olarak gerçekleşirken LED kullanılan sistemlerde, ışık yönü ve şiddeti ayarlanabilir ve çıkan ışık belli bir ışımaya açısı ile çıkacağından istenilen doğrultuya odaklanabilir. Ayrıca LED üretilirken kullanılan farklı malzemeler ile farklı enerji seviyelerinde fotonlar üretileceğinden ışığın dalga boyu ayarlanabilir olmaktadır (Liu ve diğerleri, 2011).

2.13.1. Otomotivde kullanılan flamanlı lambalar

Araç stilini etkileyen faktörlerin başında dış aydınlatma gelmektedir. Dış aydınlatma lambalarında kullanılan flamanlı lambalar aydınlatma fonksiyonlarına göre farklılık göstermektedir. Bunun nedeni, her bir aydınlatma fonksiyonunun uluslararası geçerliliğe sahip düzenlemelere sahip olmasıdır. Tüm işlevler, düzenlemelerde tanımlanan flamanlı lamba kategorisine uygun olmalıdır: Otomotiv aydınlatması için uluslararası genel düzenleme olan ECE 48'e göre flamanlı lambaların tanımı aşağıdaki gibidir: "Flamanlı ışık kaynağı" (flamanlı lamba), bir ışık kaynağı anlamına gelir; görünür radyasyon için eleman bir veya daha fazla ısıtılmış flamandır.

Çizelge 2.2. Otomotivde kullanılan flamanlı lambalar

Fonksiyon	Ampul Tipleri					
Ön Aydınlatma	H1	H3	H4	H7	H11	HB3
Arka Aydınlatma	W16W	P21W	PY21W	WY21W	W5W	
Park Lambaları	T4W	W5W	H6W			
Yan Sinyalizasyon Lambaları	W5W	WY5W	T4W			
Sinyal Lambaları	P21W	PY21W	W21W	WY21W		
Sis Lambaları	H1	H3	H7			

Araç tasarımına başlarken aydınlatma fonksiyonlarının araç stiline uygun tasarımı da belirlenir. Her bir aydınlatma fonksiyonunun karşılaması gereken ışık değerleri vardır.

Bu değerlere ulaşmak için aydınlatma fonksiyonunun yapısı seçilen ışık kaynağı ve kullanılacak optik yapı ile ilişkilendirilir. Bilindiğı üzere araç mimarisinde her bir aydınlatma fonksiyonunun yeri farklıdır. Farlar aracın ön kısmında yer alırken, stop lambaları aracın 5. kapısı olarak adlandırılan arka bagaj bölgesinin yakınında yer alıyor. Bu nedenle, her ampul farklı koşullarda çalışır ve ampul seçimleri de bu husus dikkate alınarak yapılır (Özbek ve diğerleri, 2019).

2.13.2. Xenon

Ksenon lambası, ksenon gazıyla doldurulmuş bir cam ampulün içine yerleştirilmiş iki elektrot içerir. Ksenon gazı ile doldurulduğu için tüketiciler tarafından Xenon lamba denir. Elektrotlara, ışık flaşı oluşturmak için anlık olarak kıvılcımlar çıkaran yüksek voltaj uygulanır. Ksenon arkı, akkor kaynağından daha spektral olarak gün ışığına daha yakın olma avantajına sahiptir (4150 K – 4300 K). Birçok renklendirici ışığa (fotokromik olarak adlandırılır) veya ısıya (termokromik olarak adlandırılır) duyarlıdır. İlk olarak doksanlı yılların başında otomotiv aydınlatmasında kullanılmıştır. Otomotiv aydınlatmasında D1S, D2S, D1R ve D2R xenon lambalar kullanılmaktadır (Regulation, 2019).

2.13.3. Işık yayan diyot (LED)

LED'ler birkaç yıl öncesine kadar otomotiv aydınlatma sektöründe sadece üst modellerde kullanılırken, günümüzde daha düşük fiyatlı araç modellerinde de etkin olarak kullanılmaktadır. Önceki aydınlatma teknolojilerinde kullanılan halojen lambalara kıyasla çok daha düşük enerji tüketimi, daha yüksek ışık akısı sağlaması, çok daha kısa tepki süresi, daha uzun kullanım ömrü gibi etkenler LED'lerin aydınlatma sektöründe geniş yer kaplamasını sağlamıştır. Otomotiv aydınlatmasında, özellikle fren lambalarındaki kullanımı kıyaslandığında düşük tepki süresi sayesinde arkadan takip eden sürücünün daha sağlıklı uyarılmasını ve tepki vermesini sağladığından kazaları da önleyerek güvenliği arttırmaktadır (Nair ve Dhoble, 2020). Bir diğer kıyaslama da ışık akısı ve aydınlatma mesafesidir. LED'lerin aydınlattığı mesafe, halojen lambalara göre

çok daha fazla olduğundan özellikle gece görüşlerinde çok daha konforlu olanaklar sağlamaktadır.

LED'ler ışık yayan diyotlardır ve elektrik enerjisini ışığa dönüştürür. Elektron – boşluk (hole) birleşimi gerçekleşerek kızılötesinde veya görünür bölgede fotonlar üretilir ve elektriksel ışımaya gerçekleşir. Yüksek güçlü LED'ler enerjilerinin %20 - %30'unu ışık enerjisine dönüştürürken, geriye kalan %70-%80 ini de ısı enerjisi olarak yaymaktadırlar. LED'lerdeki bu yüksek bağlantı sıcaklıkları kullanım ömrü, renk kararlılığı ve ışık yoğunluğunu olumsuz etkileyebilmektedir (Huang, 2019).

2.13.4. Lazer lambalar

Halojen lambalarda ışık çok yönlüdür bu da tutarsız davranış sergilemesine neden olur. Lazer ışığı ise tek yönlüdür; tutarlıdır ve en belirgin özelliği budur (Meschede, 2017). Lazerin fotonları aynı dalga boyuna sahiptir. Aynı zamanda bu fotonlar aynı yönde hareket ederler böylece odaklanmış bir ışın meydana getirirler. Bu özellikleri lazer ışığını spektral olarak saf yapar.

Lazer Uyarılmış Radyasyon Emisyonu ile Işık Amplifikasyonu kelimelerinin kısaltmasıdır. Lazer ışığı dar frekans aralığına sahiptir ve bu da lazeri diğerlerinden avantajlı hale getirir. Sıradan ışık doğaldır, lazer ışığı indüklenmiş bir emisyondur. Lazer ışığı dağılmadan yüzlerce metre yol alabilir ve yönlü yapısı sayesinde yüksek yoğunlukta bir noktaya odaklanabilir.

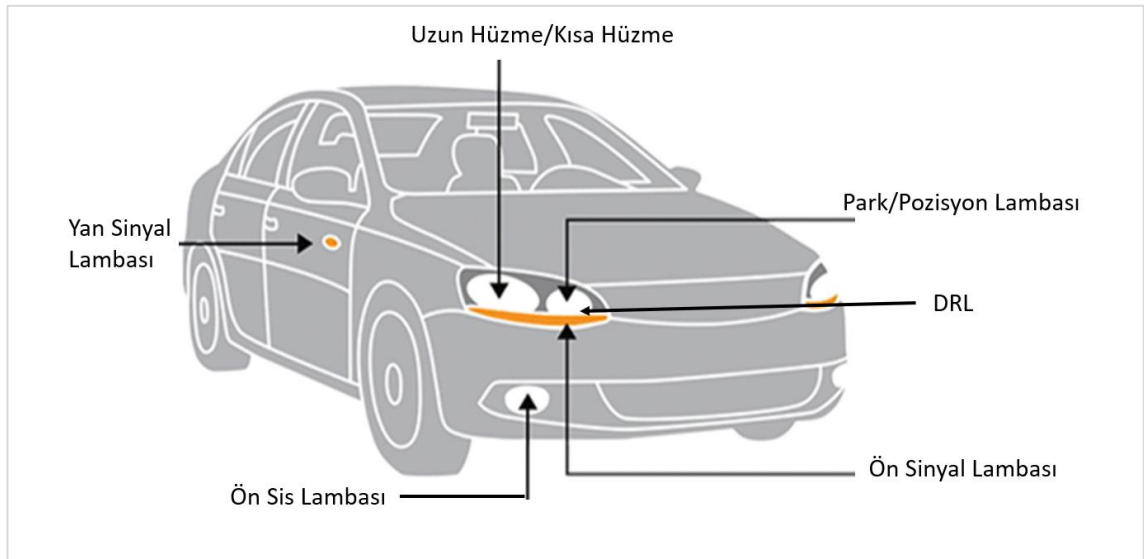
Lazer diyotlar p-n bağlantı diyotlarıdır. Belirli bir voltaj altında,deşikler ve yük taşıyan elektronlar yayılma bölgesine doğru hareket eder. Kazanç eşiği aştığında lazer parlamaya başlar (Khanna, 2014). Lazer diyotların otomotiv aydınlatmada ilk uygulamaları 2015li yıllarda gerçekleştirilmiştir fakat günümüzde hala yaygınlaşmamıştır.

Çizelge 2.3. Işık kaynakları karşılaştırma tablosu

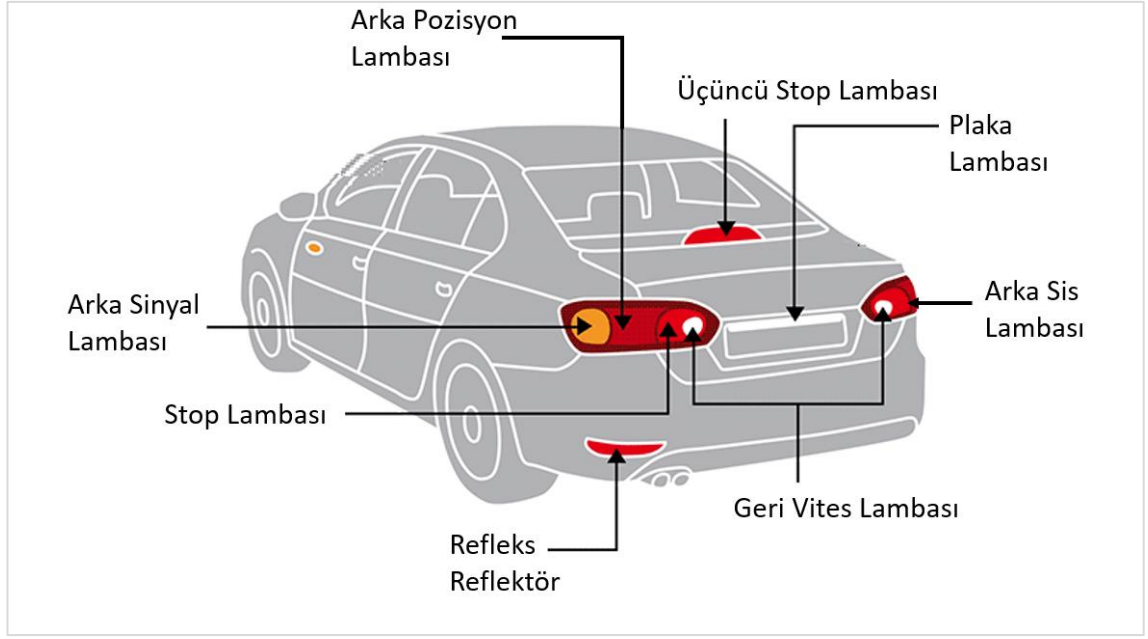
Işık Kaynağı	Halogen	Xenon	LED	Lazer
Güç (W)	55	35	30	15
Lumen	1200	3000	3000	12000
Akım (A)	4.2	3.2	2.7	1.3
Aktif olması (s)	1	5	0.1	0.001
Işık mesafesi (m)	100	300	300	600
Ömür (Saat)	500	3000	30000	50000

2.14. Otomotiv Aydınlatma Sistemleri

Otomotiv aydınlatma fonksiyonları iç aydınlatma ve dış aydınlatma olarak iki temel yapıdan oluşmaktadır. İç aydınlatma fonksiyonları uluslararası regülasyonlara tabi değildir fakat müşterilerin özel isteklerine göre tasarlanır. Araç dış aydınlatma lambaları ile uluslararası regülasyonlara tabidir. Avrupa ve Türkiye’de geçerli olan genel otomotiv aydınlatma regülasyonu ECE R48’dir. Araç dış aydınlatma lambaları güvenlik açısından hayati öneme sahiptir. Araç görünürlüğü ve yol görünürlüğü olarak sınıflandırırız; ön aydınlatma lambalarının birçoğu yolu aydınlatmak içindir (Şekil 2.19). Arka aydınlatma lambaları ise aracın görünmesini sağlar; uyarı ve sinyalizasyon görevi görür (Şekil 2.20).



Şekil 2.19. Araç ön aydınlatma fonksiyonları



Şekil 2.20. Araç arka aydınlatma fonksiyonları

2.14.1. Kısa huzme farı

Kısa huzmeli far gece sürüşü esnasında kullanılan aydınlatma fonksiyonudur. “Farları açmak” ile kastedilen genellikle kısa huzme farlarıdır. Aracın önüne doğru %1 eğim ile karşı taraftan gelen Sürücünün gözlerini almaması için bir parlama kontrolü ile yolun ilerisini ve yanlarını aydınlatmak amacıyla kullanılır.

2.14.2. Uzun huzme farı

Uzun huzmeli far özel bir parlama kontrolü olmaksızın yoğun, merkez ağırlıklı bir ışık dağılımı sağlar. Bu nedenle, ürettikleri parlama diğer sürücülerin gözlerini kamaştıracağından, yalnızca yolda yalnızken kullanıma uygundur.

2.14.3. Ön sis lambası

Ön sis farları; yağmur, sis, toz veya kar nedeniyle zayıflayan görüş koşullarında yol yüzeyine ve azda olsa yol kenarlarına doğru görüş koşullarını arttırmak için düşük hızda kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

2.14.4. Gündüz sürüş farı (DRL)

Araç sürerken otomatik olarak açılır. Beyaz veya sarı ışık yayarak diğer sürücü ve yayaların aracı fark etmesini sağlar. Amacı sürücünün yolu görmesini sağlamak değildir. Kısa huzme farı çalıştığında otomatik olarak kapanır.

2.14.5. Ön sinyal lambası

Aracın önünde, arkasında ve yanlarında yer alır. Belirli açılara ışık göndererek aracın dönmek istediği yön ile ilgili çevreye bilgi verir.

2.14.6. Ön pozisyon lambası

Park lambaları olarak da bilinir. Beyaz veya sarı ışık verebilirler. Aracın içinde birisi olduğunu, anahtar ile kontağın çevrilmiş olduğunu aracın hareket etmeye hazır veya yeni durmuş olduğunu gösterir.

2.14.7. Arka pozisyon lambası

Aracın arkasında kırmızı ışık vererek aracın fark edilmesini ve gittiği yönün anlaşılmasını sağlar.

2.14.8. Stop lambası

Aracın arkasında 2 adet olarak yer alır. Fren lambası olarak da bilinir. Arka pozisyon lambasından daha parlak yanar ve sadece sürücü frene bastığında aktif olur. Aracın hızını azalttığının, duracağını veya durduğunun anlaşılmasını sağlar.

2.14.9. Üçüncü stop lambası

Merkeze Monteli Stop Lambası (CHMSL) olarak adlandırılır. Üçüncü stop lambasının görevi, arkadan çarpma durumlarının önüne geçmektir. Stop lambası ile birlikte yanar ve

arkadan gelen araçların sürücülerine yavaşlamaları gerektiği konusunda net bir mesaj gönderir.

2.14.10. Arka sis lambası

Zayıf görüş koşullarında yoğun kırmızı ışık yayarak aracın arkasının fark edilmesini sağlar. Araçlarda 1 veya 2 adet olabilir.

2.14.11. Geri vites lambası

Her araçta 1 veya 2 adet bulunur. Beyaz ışık yayar. Aracın geriye doğru hareketi esnasında araç yakınındaki diğer sürücü ve yayaların aracın geriye doğru hareketini fark etmeleri ve aracın arkasını aydınlatmak için kullanılır.

2.14.12. Plaka lambası

Araç plakasının takılı olduğu yerde yasal olarak istenilen alanların aydınlatılması, aracın plakasının görülmesi için kullanılır. Beyaz ışık yaymalıdır.

2.14.13. Refleks reflektör

Aracın arkasında 2 adet olarak yer alır. Kendi başlarına bir ışık kaynağı değildir. Arkadan gelen aracın ışığını yine arkadan gelen sürücüye geri yansıtarak aracın fark edilmesini sağlarlar.

2.15. Otomotivde Kullanılan Temel Aydınlatma Birimleri

Otomotiv aydınlatma fonksiyonları Uluslararası Regülasyonların ve Ana sanayilerin isteklerine göre belirli aydınlatma şiddetlerine sahip olmalıdırlar. Her bir fonksiyon için bu değerler değişmektedir. Işığı ölçmek için radyometri ve fotometri kavramlarının anlaşılması gerekmektedir.

2.15.1. Radyometri

Elektromanyetik radyasyonun enerjisini ölçmek ve bu enerjinin madde ile etkileşimini açıklamak için tasarlanmıştır (Bass, 2009). Elektro manyetik spektrum ile ilgili yapılan ölçümlerin tamamını kapsamaktadır.

Radyant Enerji

Birimi Joule (J)'dur ve elektro manyetik radyasyon şeklinde yayılan enerjiler bütünüdür. Q ile gösterilir.

Radyant Akı

Elektro manyetik radyasyon şeklinde yayılan enerjinin birim zamandaki değişimidir. Birimi Watt'dır.

$$\phi = \frac{dQ}{dt} \quad (2.14)$$

İrradyans

radyant güç miktarının birim alandaki ölçüsüdür. E ile sembolize edilir. Birimi Watt/m²'dir.

$$E = \frac{d\phi}{dA} \quad (2.15)$$

Radyans

Katı açı başına düşen, belirli bir yüzeyden yayılan ve belirli bir yönde yayılan güçtür.

$$L = \frac{d\phi}{\cos^{\theta} dA d\Omega} \quad (2.16)$$

2.15.2. Fotometri

Otomotiv aydınlatmasında kullanılan fotometri, ışığın elektromanyetik dalga spektrumundaki görünür bölgesindeki ölçümleri ile ilgilenmektedir. Fotometri, insan gözünün ışığa verdiği tepkidir.

Işık Şiddeti

Işık şiddetinin birimi Candela (cd)'dir. Birim zamanda belirli bir doğrultuda yayılan ışığın yoğunluğudur. Doğrultuya bağlıdır ve noktasal ışık kaynakları için tanımlanır.

Işık Akısı

Birimi Lümendir. Işık kaynağının birim zamanda yaydığı toplam ışık miktarıdır.

Lüx

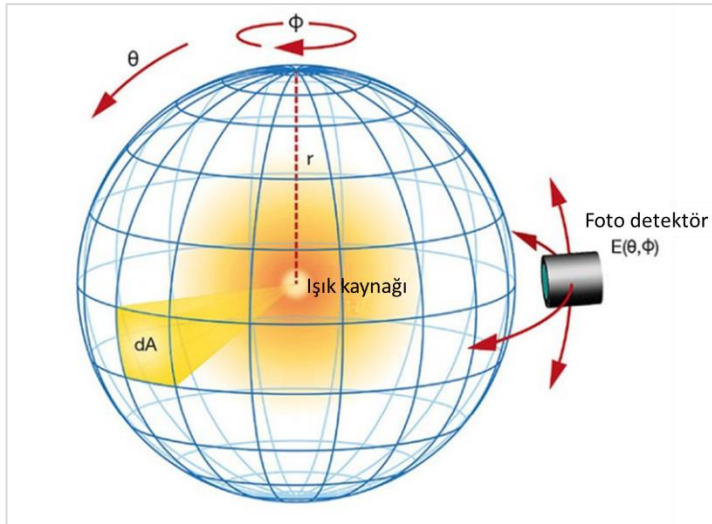
Birim yarıçaplı kürenin merkezinde bulunan, birim candela şiddetindeki ışığın birim alanlık küre yüzeyinde oluşturduğu aydınlanma şiddetidir.

Otomotivde Fotometri ölçümleri özel olarak tasarlanmış karanlık fotometri laboratuvarlarında yapılır (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Fotometri laboratuvarı

Gonyofotometri, ışık kaynağından çıkan ışığın şiddetini ve açısını noktasal olarak ölçmektedir. Bununla birlikte ışık kaynağının çevresindeki 4π steradyanlık kürenin içinde veya yüzeyinde, herhangi bir alanda oluşan ışık haritası da bu cihazla oluşturulabilir (Şekil 2.22).



Şekil 2.22. Gonyofotometrinin gösterimi

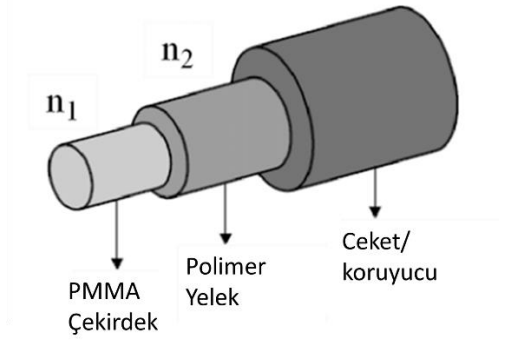
2.16. Otomotivde Kullanılan Fiber Optik Kablolar

Otomotivin çeşitli alanlarında fiber optik kablo kullanımı mevcuttur. Aydınlatma gibi ışık taşıma sistemleri düşünüldüğünde polimerik tabanlı malzemeden üretilmiş fiber optik kabloların (POF) kullanımı tercih edilmektedir. Polimer optik fiberlerin (POF) temel avantajları arasında, yüksek esneklik (daha küçük bükülme yarıçapları ile yüksek alternatif bükülme direnci) ve ayrıca cam fiberlere göre daha ekonomik olması vardır. Özellikler nümerik açıklığı diğer fiber optik kablolarına göre daha geniştir ve LED chiplerini ile kuplaj edilmesi daha kolaydır (Fischer-Hirchert, 2015). POF günümüzde 70 metreye kadar olan mesafeler için kullanılabilir; bu hem endüstriyel ortamlar hem otomotiv aydınlatması hem de daha küçük ofisler ve ev ağları için yeterlidir. Hatta uygun aktif bileşenler seçilerek 150 metreye kadar mesafeler kat edilebilir (Leoni, 2022).

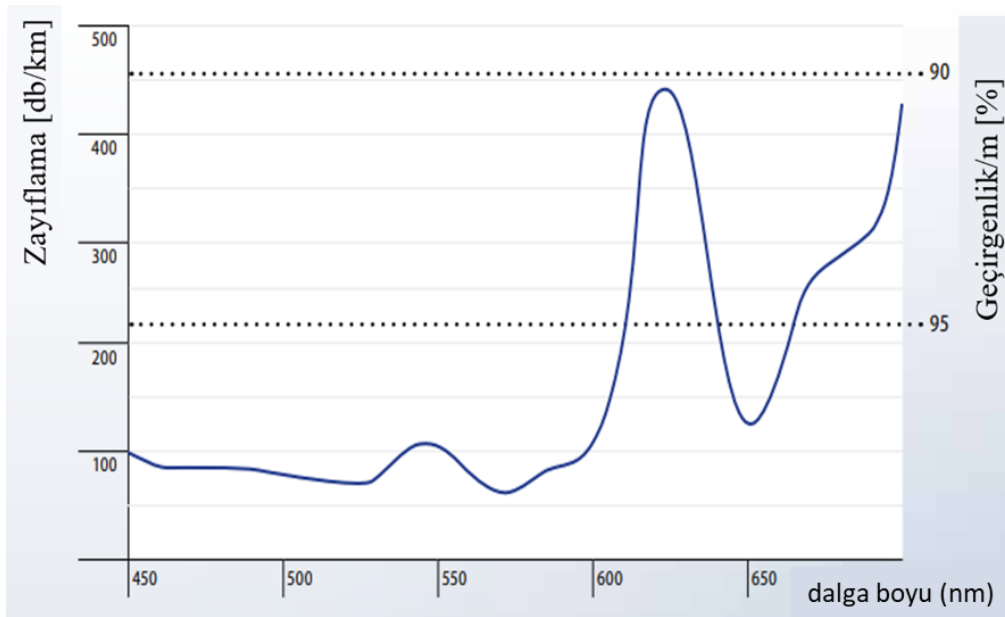
Plastik fiber optik kablo (Şekil 21), üç kablo türü arasında en yüksek zayıflamaya sahiptir (Şekil 22). Plastik fiber optik kablonun plastik bir çekirdeği ve kaplaması vardır. Bu fiber optik kablo oldukça kalın. Tipik boyutlar 480/500, 735/750 ve 980 / 1000'dir.

Plastik fiber optik kablo, özellikle otomotiv endüstrisinde kullanım için öncülük etmiştir. Cama göre daha yüksek zayıflama, genellikle şirket içi veri ağları gerektiren kısa kablo geçişlerinde ciddi bir engel olmayabilir. Plastik fiber optik kablonun maliyet avantajı, bütçe kararlarıyla karşı karşıya kaldıklarında ağ mimarlarını ilgilendirir. Plastik fiber optik kablonun yanıcılıkla ilgili bir sorunu vardır. Bu nedenle, belirli ortamlar için uygun olmayabilir ve bir plenumdan geçerken dikkatli olunması gerekir. Aksi takdirde, plastik fiber, sıkı bir bükülme yarıçapı ve kötüye kullanıma dayanma özelliği ile son derece sağlam olarak kabul edilir.

Polimer optik fiber (POF) (Şekil 2.23), araçlarda veya bina içi uygulamalarda kısa mesafeli optik iletim ortamı için ucuz bir şekilde kullanılabilir. Bununla birlikte, POF' nin geçiş bandı, polimer zincirlerinin zayıflama davranışı ile çok sınırlandırılan 400 ve 750 nm arasındaki görünür bölgeye doğrudur. Diğer bir avantaj, POF' nin geniş çekirdek yarıçapıdır. Optik bileşenlerin düşük kaybıyla (Şekil 2.24) kolay kurulum ve iyi optik bağlantı sağlarlar.



Şekil 2.23. Plastik fiber optik kablo örneği



Şekil 2.24. Plastik fiber optik kablolar için genel bir zayıflama grafiği

2.17. Fiber Optik Kablo Arası Kuplaj Sistemleri

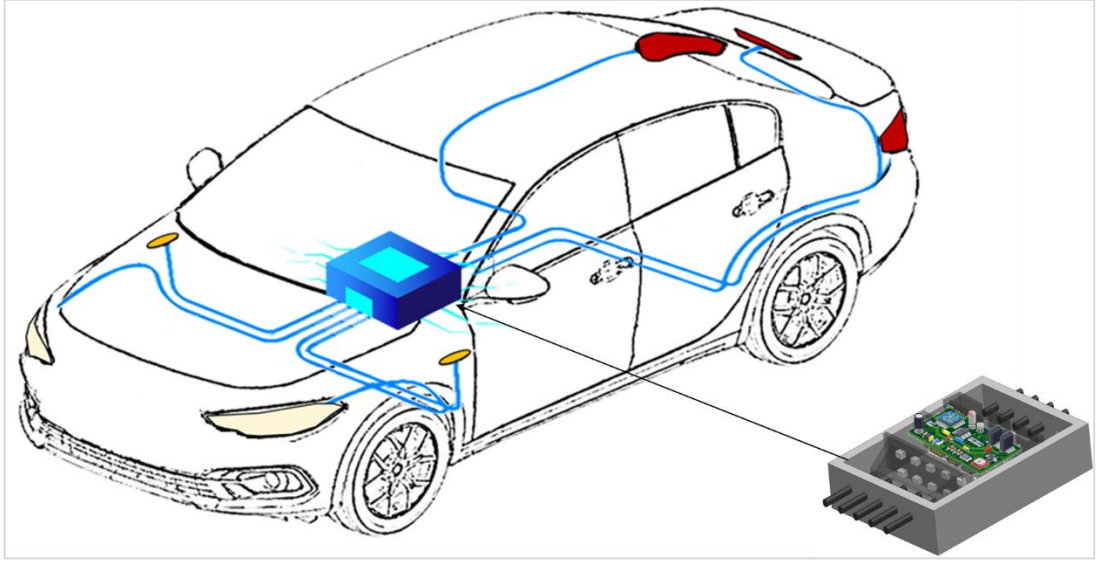
Işık kaynağından çıkan gücün, fiber optik kabloya iletilmesi, verimli sistemler için en önemli unsurdur. Fiber optik kabloların düşük kayıplarına rağmen, bağlantı verimliliği optik mühendisleri için hala en büyük endişedir (Fischer-Hirchert, 2015). Kuplajların zorluklarının en büyük nedeni ise bileşenlerin mekanik olarak hizalanamamasıdır. Bunun yanı sıra ara eleman olarak geometrik optik kullanımı frenal yansımaları nedeniyle kayıplara yol açmaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Yeni Merkezi Aydınlatma Sistemi Konsepti (FOCAS)

Otomotiv aydınlatma sistemleri en basit haliyle lamba gövdeleri, ışık kaynakları, elektronik devreler, soğutucular, reflektörler ve lenslerden oluşmaktadır. Ayrıca otomotiv dış aydınlatması için belirli yasal gereklilikler bulunmaktadır. Dolayısıyla çok karmaşık yapılar ortaya çıkmaktadır. Otomobilin mimarisi, aydınlatma sistemlerinin yanı sıra yüzlerce bileşenden oluşmaktadır. Tasarımcıların amacı, mümkün olduğunca fazla yerden tasarruf etmek, parça sayısını azaltmak ve aracı hafifleterek karbondioksit emilimini kolaylaştırmaktır.

Fiber Optik Merkezi Aydınlatma Yönetim Sistemi (FOCAS) (Şekil 3.1), aracın herhangi bir yerinde bulunan bir 'merkezi yönetim kutusunda' fiber optik kabloların aracın istenilen kısmına uzatılması ve bu işlemle minimum ışık kaybının sağlanmasını içermektedir. Işık kaynağı (LED/LASER), LED'lerden gelen ışığı fiber optik kabloya yönlendiren optik yapılar ve elektronik kart (PCB) bahsi geçen kutuda yer almaktadır. Kapalı kutu içerisinde bulunan fiber optik kablolar, aracın dış aydınlatma sistemlerinin bulunduğu farlara, arka lambalara, sinyal lambalarına ve iç aydınlatma sistemlerinin bulunduğu alanlara kadar uzatılmıştır. Böylece tüm iç ve dış aydınlatma sistemlerinin ışık kaynağı fiber optik kabloların ucunda yer almıştır. Dar açıdan çıkan ışık, fiber optik kablonun ucunda lens kullanılarak geniş açığa ulaştırılmış ve böylece yasal gereklilikler karşılanmıştır. Yapılan optik simülasyon ve tasarımlara uygun lensler kullanılarak istenilen yoğunlukta ışık dağılımı oluşturularak aracın aydınlatma sistemi tamamlanmıştır.



Şekil 3.1. Fiber Optik Merkezi Aydınlatma Yönetim Sistemi (FOCAS)

3.2. FOCAS'ta LED Kullanımı

Işık yayan diyotlar son zamanlarda aydınlatmada kullanılan önemli kaynaklardır. Özellikler LED'ler fiyat-performans açısından tercih sebebidir. Lazer diyotlar ise her ne kadar daha verimli olsalar da fiyat olarak LED'leri yakalayamamıştır. Otomotiv aydınlatmasında da ampullerin yerini neredeyse tamamen LED'ler almıştır.

FOCAS'ta ışık kaynağı olarak LED kullanılmıştır. LED'lerin ışık çıkış açısı ile fiber optik kabloların nümerik açıklığının oldukça farklı olması bu çalışmanın en büyük zorluklarından biri olmuştur. Işık kaybını minimuma indirebilmek için çalışmalar yapılmıştır. FOCAS'ta kullanılacak LED tipinin belirlenebilmesi için Çizelge 3.1'de mevcut sistemler için kullanılan LED – Lümen gereksinimlerinin anlaşılması gerekmektedir.

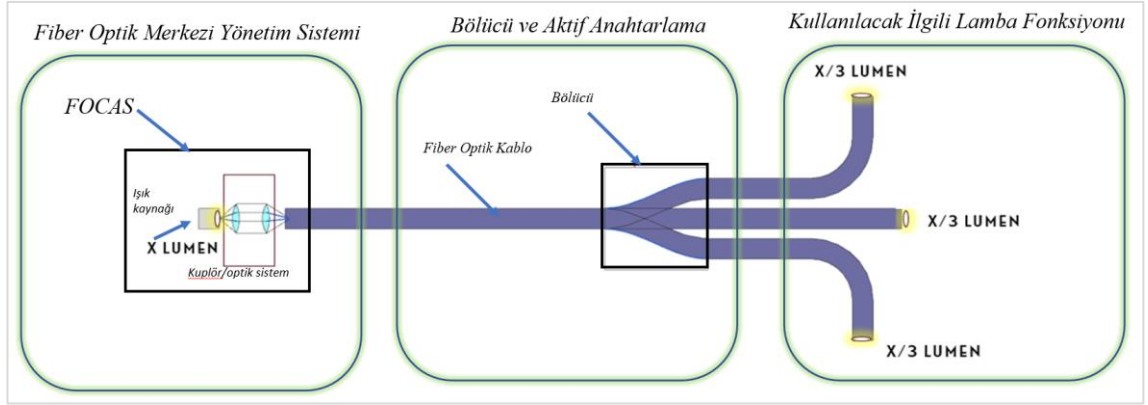
Çizelge 3.1. Her bir araç aydınlatma fonksiyonu için güç gereksinimi

Aydınlatma Fonksiyonu	Fonksiyon Gerekliliği / Hava Şartları Lümen Gereksinimleri (lm)					Güç Gereksinimi (Watt)		
	Gündüz	Gece	Park	Dönüş	Geri Giderken	Sisli Havada	Ampul	LED
Gündüz Sürüş Farı	600						42	17
Kısa/Uzun Hüzme Farı		2400					220	52
Ön Pozisyon Lambası		100					20	2,8
Arka Pozisyon Lambası		50					10	1,4
Plaka Lambası		60					10	1,4
Stop Lambası			300				42	10
Üçüncü Stop Lambası			100				20	3
Ön Sinyal Lambası				180			42	16
Arka Sinyal Lambası				120			42	13,8
Yan Sinyal Lambası				30			10	3,2
Geri Vites Lambası					240		42	10,4
Ön Sis Lambası						300	42	16
Arka Sis Lambası						200	42	10
TOPLAM				4680			584	157

FOCAS araç aydınlatma fonksiyonlarının işlevlerine bağlı olarak 6 farklı aktif yönetim bölümünden oluşmaktadır. Bu da 6 farklı lümen değerine sahip LED çipleri demektir. Aracın BCM'inden gelecek olan sinyaller ilgili bölümü aktif edecek ve ışık ilgili fonksiyonlara tasınmış olacaktır.

3.3. FOCAS Tasarımı

FOCAS temel olarak üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, tüm elektronik komponentlerin, ışık kaynaklarının ve kuplajların bulunduğu, ikinci bölüm fiber optik kablo ve bölücülerin (splitterlerin) bulunduğu, üçüncü bölüm ise ilgili fonksiyonların regülatif değerlerinin sağlandığı optik yapılardan oluşmaktadır (Şekil 3.2).

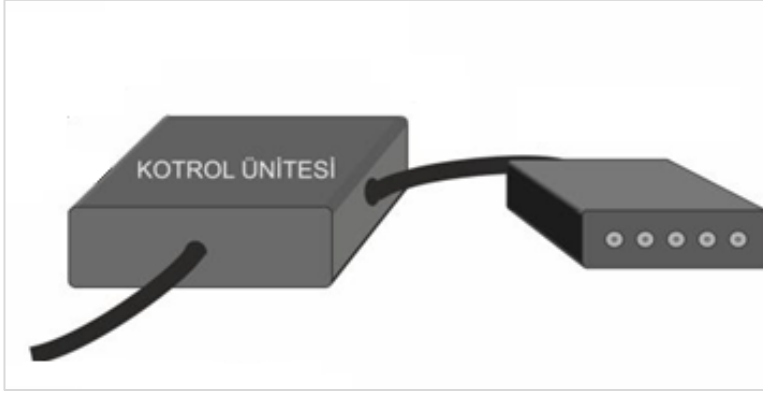


Şekil 3.2. FOCAS şematığı

Yapılan çalışma öncelikle 1/5 oranlarında küçültülmüş bir araç üzerinde (Şekil 3.3) prototip olarak denenmiştir. Prototip aracın önüne 3 fonksiyon için fiber optik kablo merkezde bulunan aydınlatma sisteminden iletilmiş; arka lamba için de 2 fonksiyonu aydınlatan fiber optik kablo kullanılmıştır. Kontrol ünitesi sayesinde ön ve arka lambaların ayrı ayrı yanmaları sağlanmıştır (Şekil 3.4).



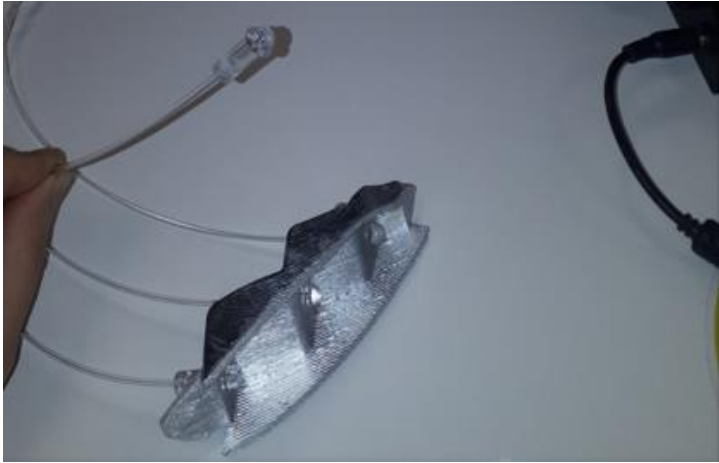
Şekil 3.3. 1/5 oranlarında küçültülmüş bir araç prototipi



Şekil 3.4. FOCAS Kutusu ve kontrol ünitesi

Prototip araç için far ve arka lambası Unigraphics NX programı kullanılarak tasarlanmıştır. Daha sonra oluşturulan datalar 3D printer ile basılarak metalik gri renge boyanmış ve reflektör efekti sağlanmıştır (Şekil 3.5).

Fiber optik kabloların ucuna, ışığın çıkış açısını genişletmesi için mercek tasarlanmış ve yine 3D printer ile üretilerek kablonun ucuna takılmıştır.



Şekil 3.5. 1/5 oranında küçültülerek üretilmiş far prototipi

Son olarak prototip araç boyanmış ve FOCAS aracın içine yerleştirilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Prototip FOCAS aracı

Kumanda yardımıyla ön ve arka lambaların aktif hale gelmesi sağlanarak FOCAS düşüncesi görselleştirilerek bir sonraki aşama için çalışmalara başlanmıştır.

3.4. FOCAS Üçüncü Stop Lambası Tasarımı

Bu tez çalışmasında, FOCAS uygulaması için üçüncü stop lambası belirlenmiştir. Ayrıca tasarım yapılırken üçüncü stop lambasının ECE regülasyonu gereksinimleri (EK 1-2-3) göz önünde bulundurulmuştur. FOCAS üçüncü stop lambası tasarımında, mevcut yöntemlerle tasarlanmış, toplam 15 adet LED kullanılarak aydınlatılan üçüncü stop lambasının boyutları kullanılmıştır. Üçüncü stop lambasının dış lensi değiştirilmeden; FOCAS ile aydınlatılması sağlanmıştır. Çizelge 3.2’de tasarlanan ve hazır alınan malzemelerin listesi gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. FOCAS CHMSL malzeme listesi

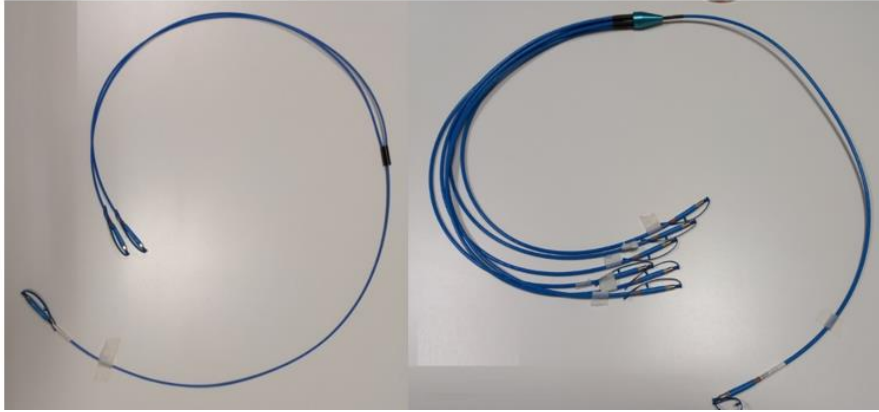
Parça Adı	Adet	Üretim Yöntemi	Malzeme
3. Stop Lambası Dış Lensi	1	Hazır	PMMA
3. Stop Lambası Gövdesi	1	MJF	PA 12
Işık Açısı Genişletici Lens	1	Polijet	Reçine
1X2 Fiber Optik Kablo	5	Hazır	PA/SiO
1X6 Fiber Optik Kablo	1	Hazır	PA/SiO

Çizelge 3.2. (devam) FOCAS CHMSL malzeme listesi

Işık Kapsülü (Kuplaj 1)	6	MJF	PA/Metalizasyon Boya
Işık Konisi (Kuplaj 2)	6	Polijet	Reçine
PCB	1	3D Printer	Bakır
LED	6	Hazır	Cree
PCB Tutucu	1	Freze ile işleme	Kestamit

3.5. FOCAS CHMSL’de Kullanılacak Fiber Optik Kablolar

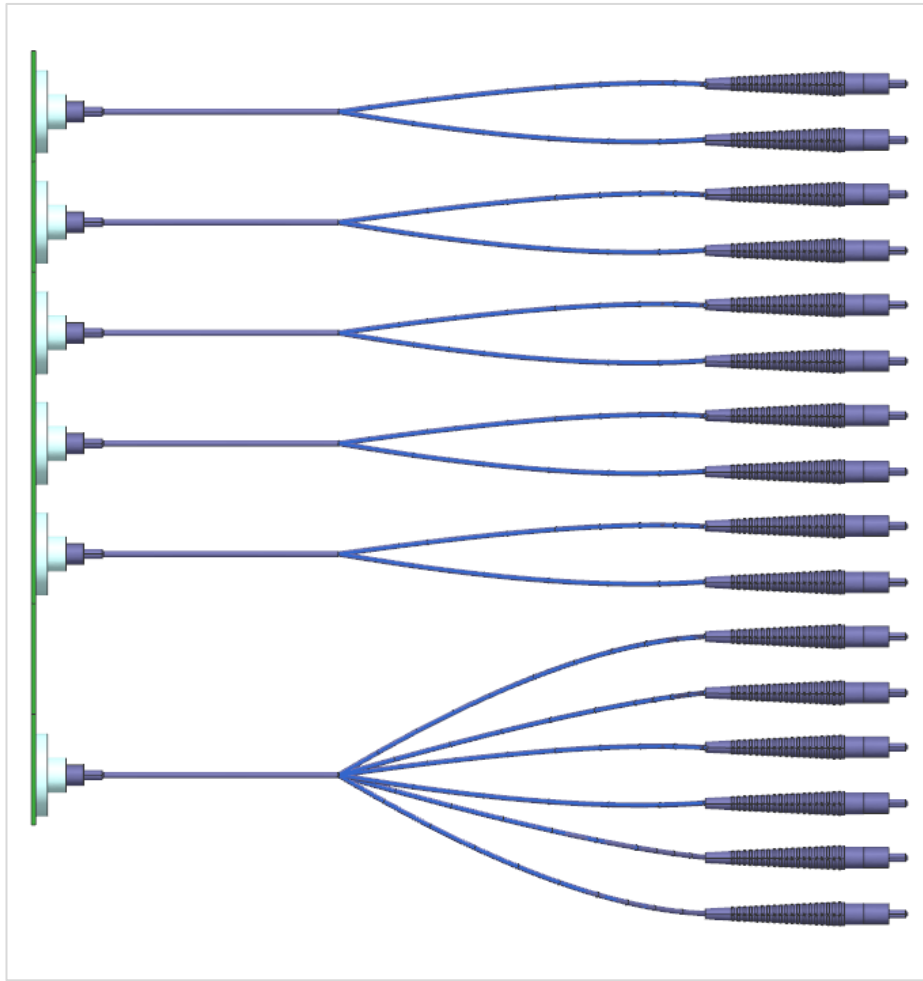
FOCAS üçüncü stop lambasında hedeflenen ışık taşıma noktası 16 adettir. 16 noktaya ışığı taşıma işlemi ise 5 adet 1×2 ve 1 adet 1×6 fiber optik kablo ile sağlanmıştır. Kullanılan fiber optik kablolar splitter özelliği göstererek; başlangıç noktasından gelen ışığı eşit şiddetlere bölmeye hedeflenmiştir. Kullanılan fiber optik kabloların görseli Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Şekil 3.8’de gösterildiği gibi fiber optik kablolar çoklu çekirdekten oluşmaktadırlar. Şekil 3.9’da ise FOCAS CHMSL için kullanılan fiber optik kabloların dizilimi gösterilmiştir.



Şekil 3.7. 1×2 ve 1×6 bölünmüş fiber optik kablo



Şekil 3.8. 1×2 bölünmüş fiber optik kablo kesit görüntüsü

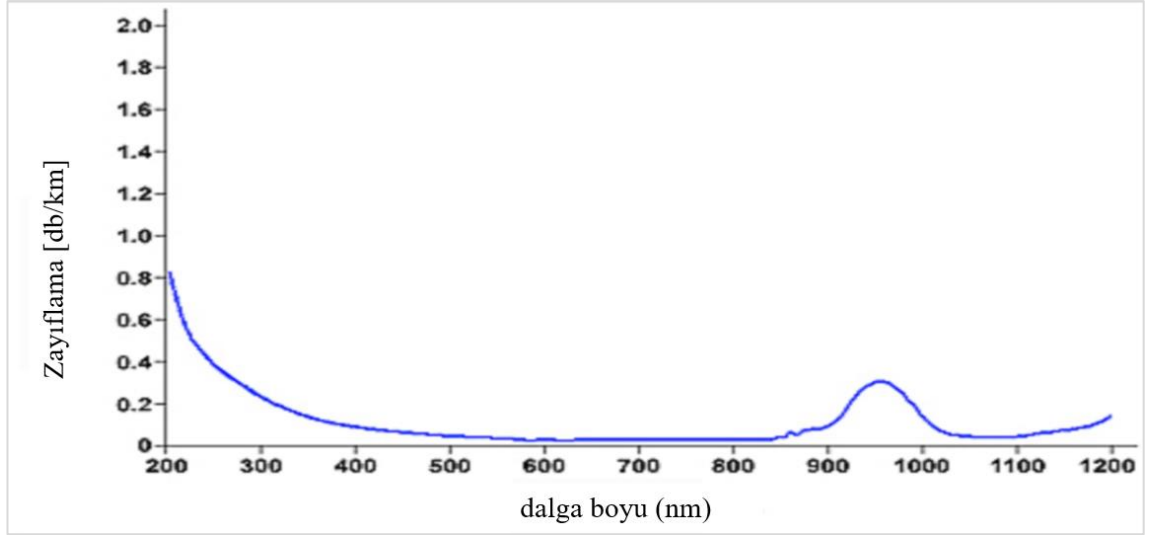


Şekil 3.9. FOCAS CHMSL’de kullanılan fiber optik kabloların şematığı

Fiber optik kabloların özellikleri çizelge 3.3’ de verilmiştir. Aynı zamanda fiber optik kabloların zayıflama grafikleri de şekil 3.10’ da gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. FACAS CHMSL 'de kullanılan fiber optik kablo özellikleri

Dalgaboyu Aralığı	300nm - 1.1µm
Çekirdek Fiber Ölçüsü	600 µm
Çekirdek Fiber Toleransı	± 10 µm
Uzunluk	2 m
Ceket	Silikon kaplı çelik monocoil
Koruyucu Ceket Malzemesi	PA
Kaplama OD	35 µm
Kaplama OD Toleransı	± 6 µm
Bağlantı	SMA 905
Max. Kritik Bükülme Yarıçapı	24 cm
Min. Kritik Bükülme Yarıçapı	12 cm
Uygulama Sıcaklığı	-50 to 85 °C



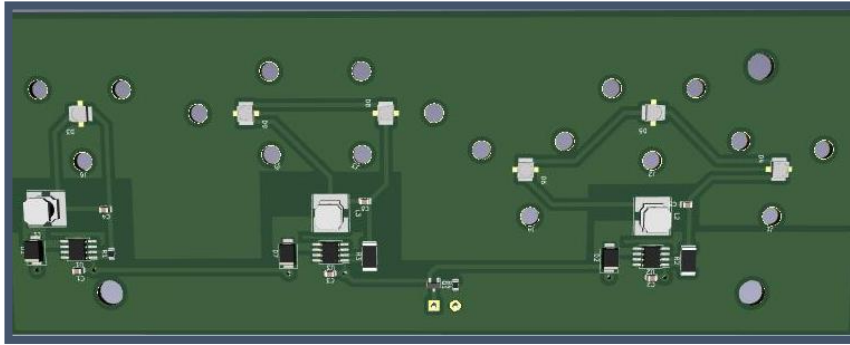
Şekil 3.10. FOCAS Fiber optik kablonun zayıflama grafiği

3.6. FOCAS CHMSL PCB Tasarımı

FOCAS 3. Stop lambası PCB tasarımı için öncelikle PCB üzerinde kullanılacak LED tipleri belirlenmiştir. LED tiplerini belirlerken, Mevcut tasarımlarda kullanılan LED'lerin lümen değerleri göz önünde bulundurulmuştur. Regülatif değerlerin sağlanması için geleneksel tasarımlarda ortalama 3W'lık LED'e ihtiyaç olmaktadır. Yapılan prototip çalışmasında mekanik bağlantı kayıpları, üretimden gelen kayıplar, kuplaj kayıpları ve bükülme kayıpları göz önünde bulundurularak daha güçlü LED'ler kullanılmıştır. FOCAS 3. Stop lambasında 16 ayrı bölgeye ışık taşınmıştır. Bu taşıma işlemi için 5 adet

1X2, 1 adet de 1X6 fiber optik kablo tasarlanmıştır ve PCB’de buna göre dizayn edilmiştir (Şekil 3.11). Her bir fiber optik kablo ucuna eşit miktarda ışık taşıyabilmek için, kullanılan LED’lerin gücü de fiber optik kablo splitter sayılarına orantılı şekilde belirlenmiştir. Ek 4 de PCB’nin şematik gösterimi mevcuttur.

Ledlerin etrafına kuplaj montajı için 3’er adet Ø 4mm delik açılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. FOCAS CHMSL PCB tasarımı



Şekil 3.12. FOCAS CHMSL PCB prototipi- LED’ler üzerinde kuplaj ile

Ek 4’deki şematikte U2 ve U3 entegresine bağlı 5 LED yaklaşık 250 mA ile sürülmektedir. U1 entegresine bağlı tek led ise yaklaşık 720 mA ile sürülmektedir. Girişte polarite koruması pnp mos ile yapılmıştır. 5 LED seri bağlı olduğundan önce 12V 15,6’ya boost edilmiştir. Sonrasında 250mA lineer akım regülatörü kullanılmıştır. 1 led ayrı 720 mA ile ayrı sürülmüştür. PCB’de kullanılan LED’in özellikleri Çizelge 3.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. FOCAS PCB LED özellikleri

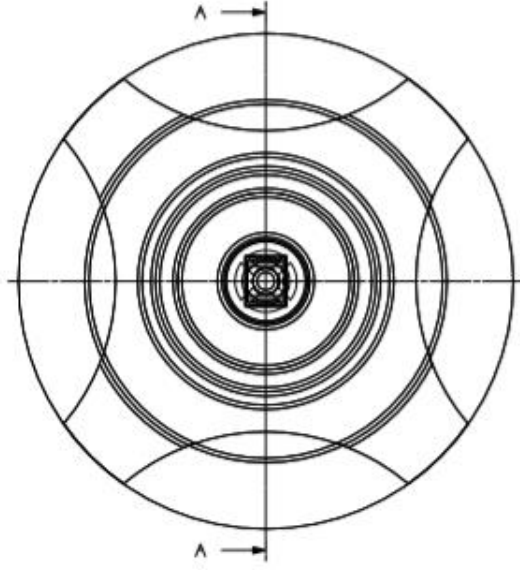
Marka	CREE
Model	XTEAWT-0-1C0-S40-1B-00A3
Görüş Açısı ($^{\circ}$)	115
Termal Direnç ($^{\circ}$ C/W)	5
İleri Voltaj (V)	2,8 typ. (350mA) , 3 typ (1000mA)
Pik Akım (mA)	1500
lümen	164-172 (350mA) (85 C)
CCT (K)	6000- 6500

3.7. Kuplaj Tasarımı

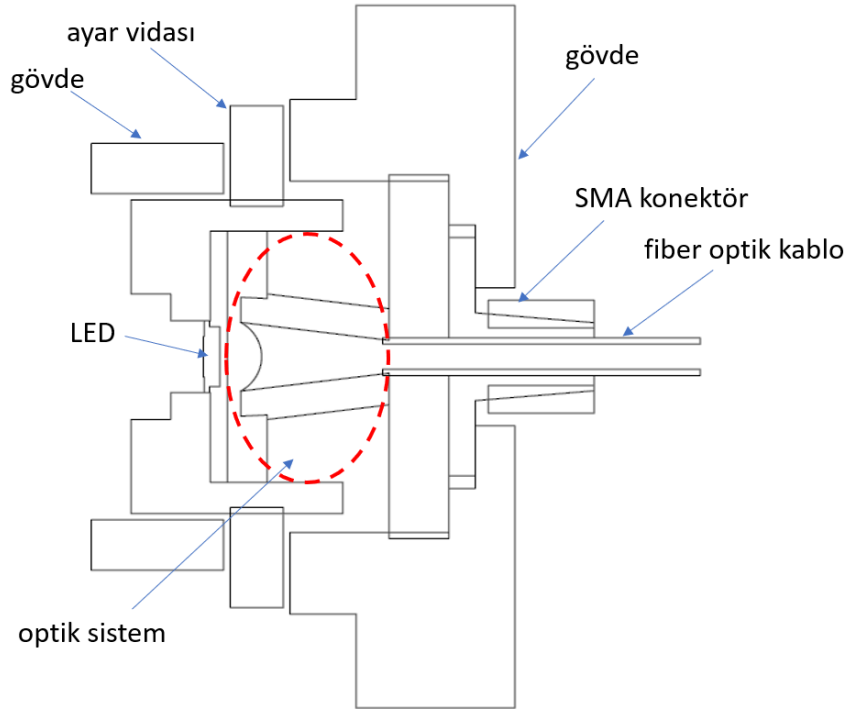
Yapılan prototipten sonra, aracın üçüncü stop lambası üzerinde, gerçek boyutlarda ve ışık verimliliğinin de yüksek seviyelere ulaşmasını sağlayacak çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada en büyük zorluk, LED'den çıkan ışığın Fiber optik kabloya verimli şekilde kuplajı olmuştur. Çeşitli kuplaj yöntemleri denemek için öncelikle Unigraphics NX programında tasarımlar yapılmıştır.

Şekil 3.13, 'Işık Kapsülü' adını verdiğimiz kuplaj tasarımın kesitini göstermektedir. Işık kapsülünde yer alan unsurlar temel olarak aşağıda sıralanmıştır.

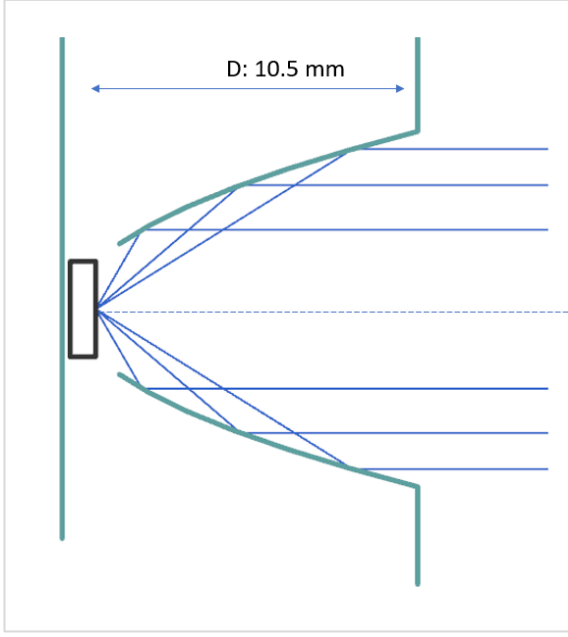
1. Gövde
2. Ayar vidası
3. SMA konektör
4. Fiber optik kablo
5. Optik sistem
6. Işık kaynağı (LED)



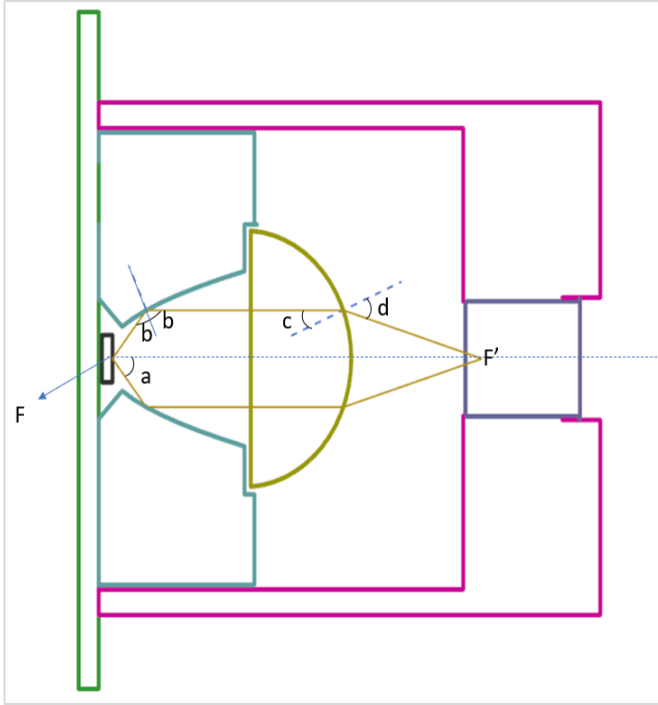
Şekil 3.13. FOCAS kuplaj tasarımı



Şekil 3.14. FOCAS kuplaj tasarımı kesiti



Şekil 3.15. Optik sistem içerisindeki reflektör kesiti ve ışık ışınlarının izlediği yol



Şekil 3.16. Optik sistem reflektör /mercek kesiti ve ışık ışınlarının odaklanması

$$a = 60^\circ$$

$$b = 60^\circ$$

$$c = 17,8$$

$$d = 27,3^\circ$$

F= Odak Noktası

F'= Odaklanmış Işık

$$d = \arcsin [1,5 * (\sin c)] \quad (3.1)$$

3.8. Işık Açısı Genişletici Lens Tasarımı

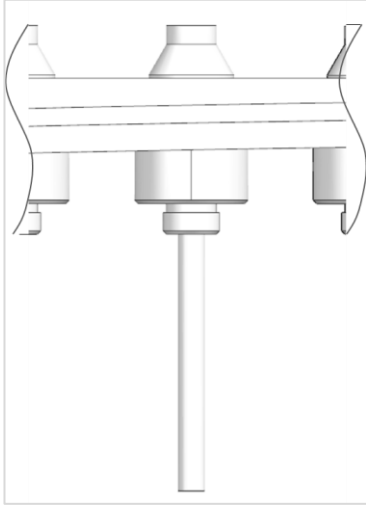
Otomotivde kullanılan aydınlatma fonksiyonları belirli regülatif değerlere sahiptirler. Bunlar ışık şiddeti ve ışığın yayılması gereken açı değeri ve renk olarak temel unsurlara sahiptirler. Bu tez çalışmasında FOCAS, 3.stop lambası gerekliliklerine uygun şekilde tasarlanmıştır. Çizelge 3.5'de UNECE 48 regülasyonundaki 3.stop lambası gereksinimleri verilmiştir.

Çizelge 3.5. Üçüncü stop lambası kandela gereksinimleri

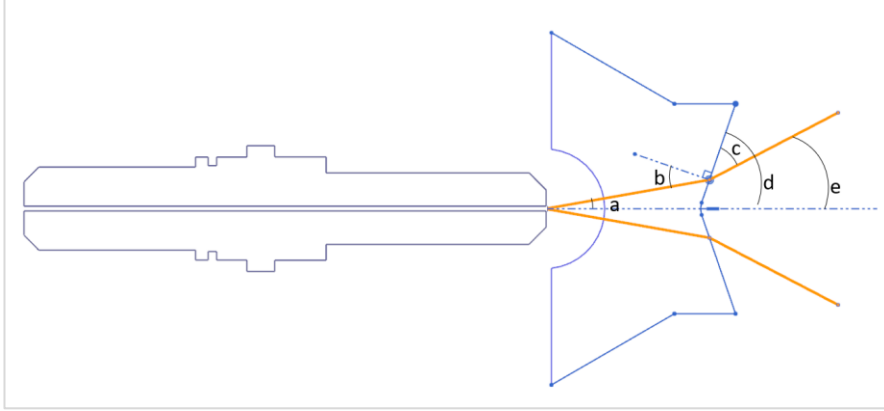
	10°	8cd		16cd		8cd
	5°	16cd	25cd	25cd	25cd	16cd
Dikey	0°	16cd	25cd	25cd	25cd	16cd
	5°	16cd	25cd	25cd	25cd	16cd
	10°		5°	0°	5°	10°
Yatay						

Tasarlanan 3.stop lambasında, mevcut araçlarda 15 adet LED ile aydınlatılan ışık kaynağı yerine fiber optik kabloların uçları gelmiştir. Böylece merkezden taşınan ışık, sanki her bir fiber optik kablonun ucu LED'miş gibi davranmıştır. Burada önemli bir nokta şudur ki; kullanılan fiber optik kablonun ucundan çıkan ışığın açısı 20derecedir. 20 derece, otomotivde genelde kullanılan 120 derece çıkış açısına sahip LED'ler ile kıyaslandığında oldukça dar bir açıdır. Dar açıdan yayılan ışık ışınları, otomotiv aydınlatma fonksiyonlarındaki homojeniteyi olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle mercek, reflektör, ışık tüpü gibi ışığı yönlendiren sistemler kullanılmaktadır.

Yapılan çalışmada, fiber optik kablodan çıkan ışığın açısını genişleten bir lens sistemi geliştirilmiştir (Şekil 3.17). Tasarım Snell yasasına göre yapılmıştır. Şekil 3.18’de tasarlanan lensin kesiti gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Işık açısı genişletici lens



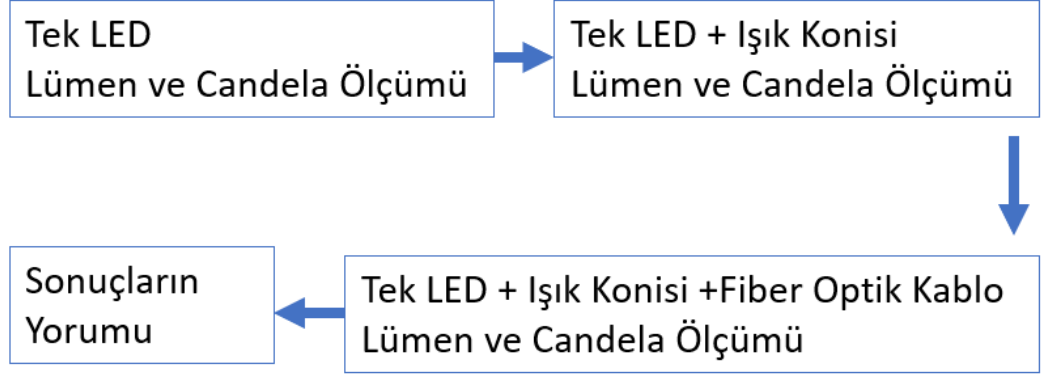
Şekil 3.18. Işık açısı genişletici lens kesiti ve kritik açılar

$$n=1,5; a= 10^{\circ}; b= 35^{\circ}; c= 90-\{\arcsin[1,5 \cdot (\sin 35)]\} = 30,5^{\circ}; d= 65^{\circ}; e= 34.5^{\circ}$$

3.9. Sayısal Analizler

Bu çalışmada optik analizler Ansys Speos/Lucid Shape programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada optik analizlerin amacı, prototip olarak üretilecek ışık kapsülü ve ışık konisinin verimliliğini anlayabilmektir. Bu nedenle analizler aşağıdaki sıraya göre yapılmıştır.



Şekil 3.19. Analiz sırası

Analiz girdisi olarak;

- Işık kaynağı olarak 120 derecelik ışık açısına sahip 100 lümenlik LED seçilmiştir.
- Işık Kapsülü ve konisi malzemesi PMMA olarak seçilmiştir

3.10. Fiziksel Ölçümler

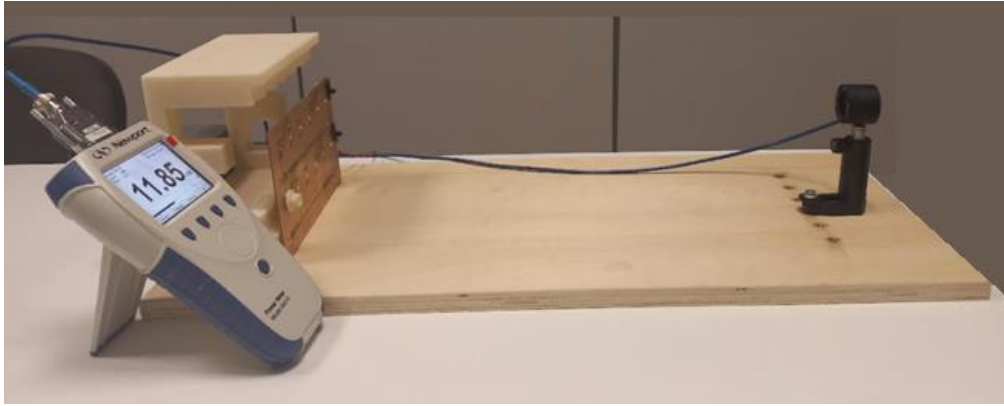
FOCAS fiziksel ölçümleri için 843-R/843-R-USB model Optik güç metre ve Newport 818 Serisi Fotodedektör (Şekil 3.20 A) kullanılmıştır. Aynı zamanda ışık değeri ölçümleri TES 1332A model Lüxmetre (Şekil 3.20 B) ile yapılmıştır.



Şekil 3.20. A) Optik güç metre ve fotodedektör B)TES 1332A lüxmetre

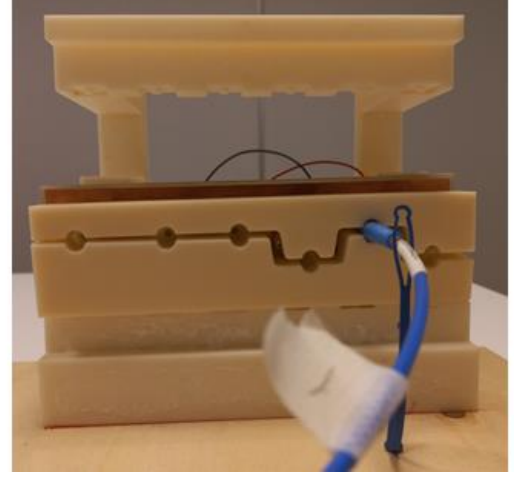
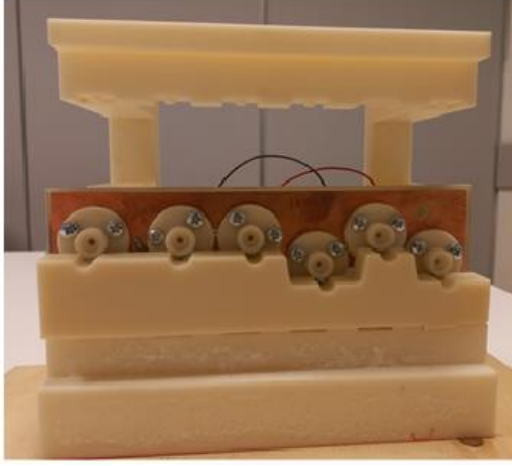
3.11. FOCAS Fiziksel Prototip Deney Düzeneği

FOCAS'ın fiziksel ölçümlerinin yapılabilmesi için, bir deney düzeneği hazırlanmıştır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. FOCAS fiziksel ölçüm deney düzeneği

Deney düzeneğinde PCB' yi sabitlemek için 3D printerdan bir PCB kovuğu üretilmiştir (Şekil 3.22). PCB' nin hemen önüne optik power metre sensörü yerleştirilmiştir.



Şekil 3.22. PCB sabitleyici kovuk prototipi

Optik güç metre ile alınacak ölçümlerin eşit koşullarda olması için sensörün ucuna fiber optik kabloyu kuplaj edecek bir parça tasarlanmış ve 3D printer ile üretilmiştir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Fotodedektör ve kuplajı

Fiziksel ölçümler tekil parçalar üzerinden alınan ölçümler ve 3.stop lambası üzerinden alınan ölçümler olmak üzere iki sınıfta irdelenmiştir.

3.12. Tekil Parça Ölçümleri

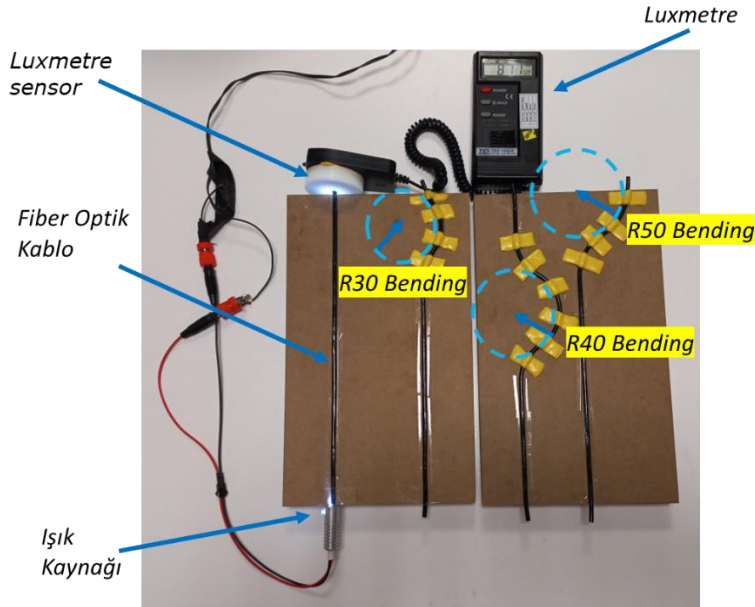
Tekil parça ölçümleri için Şekil 3.24’ de gösterilen, PCB-Fiber sabitleme aparatları tasarlanmış ve 3D printer ile üretilerek kullanılmıştır.



Şekil 3.24. PCB ve Fiber optik kablo sabitleyici aparatlar

3.12.1. Bending (bükülme) kayıpları ölçümü

Bükülme kayıplarının ölçümü için Şekil 3.25’deki gibi bir düzenek hazırlanmıştır. Deney düzeneğinde sabit bir ışık kaynağı kullanılmıştır.



Şekil 3.25. Bükülme kayıpları ölçümü deney düzeneği

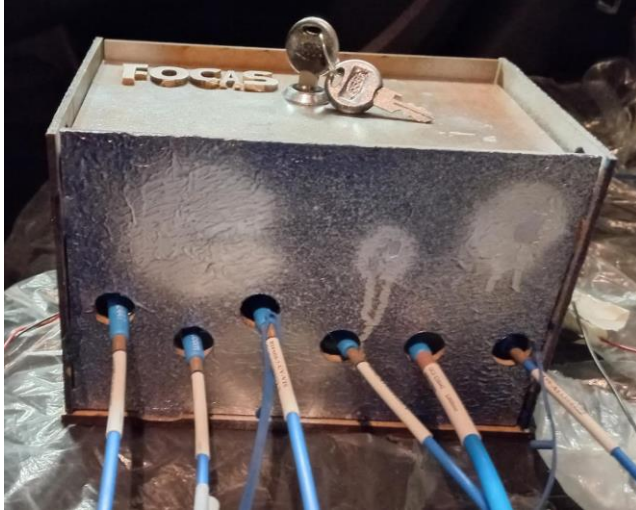
Işık kaynağı fiber optik kablo numunesi ile kuplaj edilmiş ve ışığın taşındığı uca lüxmetre sensörü konularak değerler okunmuştur. Daha sonra aynı işlem yarıçapı sırasıyla 30-40 ve 50 mm bükümlere sahip fiber optik kablolar ile yapılmıştır ve ölçüm sonuçları alınmıştır.

3.13. CHMSL Üzeri Ölçümler

Araç aydınlatma lambaları regülatif gereksinimlere tabidirler. Fotometrik gereksinimlerinin uygunlukları için karanlık odada, gonyometre ve lümen sensörü ile ölçümler yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmada, hali hazırda kullanılan üçüncü stop lambasının üzerinde üç bölgeden optik güç metre ile ölçüm alınmış ve daha sonra da FOCAS üçüncü stop lambası üzerinde de aynı bölgelerden ölçüm alınarak bir kıyaslama yapılmıştır.

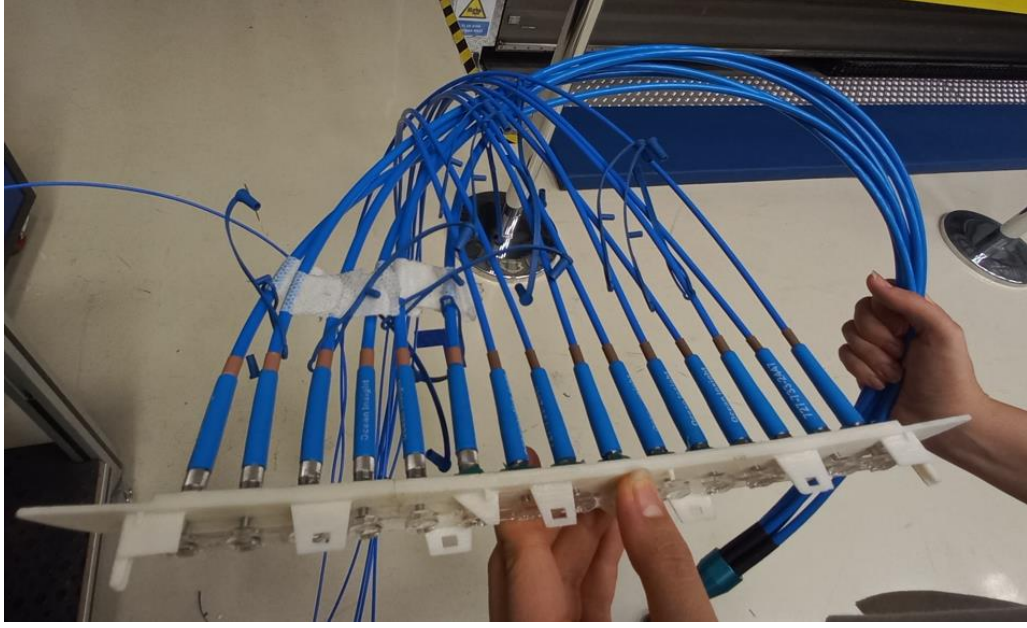
3.14. FOCAS'ın Araç Üzerine Montajı

Fiber optik kabloların PCB üzerine montajı sonrasında PCB'yi muhafaza etmek için bir kutu yapılmıştır (Şekil 3.26). Kutu üzerine, Fiber optik kabloların geçeceği delikler açılmış ve kutunun içerisindeki havayı soğutmak için içerisine bir fan yerleştirilmiştir.

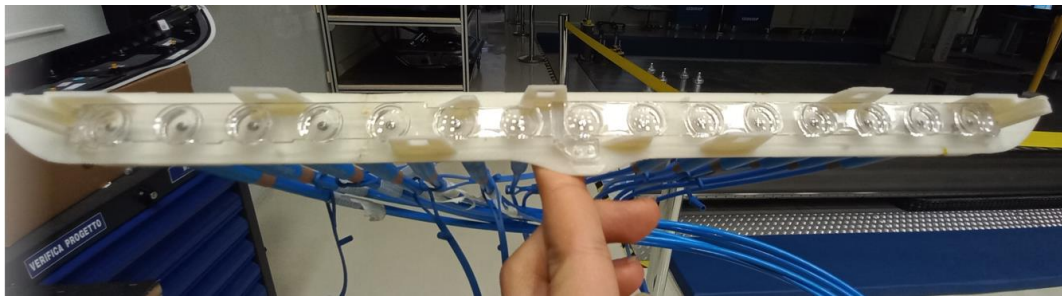


Şekil 3.26. FOCAS kutusu

Daha sonra splitter ile ayrılmış olan fiber optik kabloların üçüncü stop lambasına montajı için bir gövde tasarlanarak, üretilmiştir. Gövde üzerinde, her bir fiber optik kablo için giriş oyukları bulunmaktadır. Mevcut üçüncü stop lambasının LED'lerinin olduğu bölgede artık fiber optik kabloların çıkış uçları bulunmaktadır. Fiber optik kablo uçları, üretilen gövdeye takıldıktan sonra (Şekil 3.27), ışık dağıtıcı lens de gövdeye monte edilmiştir (Şekil 3.28).



Şekil 3.27. Fiber optik kabloların CHMSL gövdesine montajlanmış hali



Şekil 3.28. Işık dağıtıcı lensin CHMSL gövdesine montajlanmış hali

Hazır hale gelen gövde, araca monte edilerek (Şekil 3.29), kırmızı dış lens ile buluşturulmuştur. PCB muhafaza kutusu ise aracın arka koltuğuna konulmuştur. Mevcut

aracın üçüncü stop lambası konektörü, FOCAS PCB'sine takılmıştır. Böylece aracın frenine basıldığında, FOCAS üçüncü stop lambası aktif hale gelmiştir.



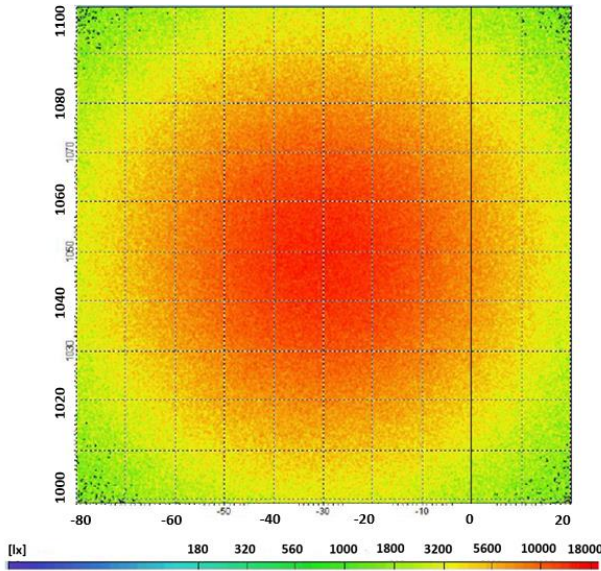
Şekil 3.29. FOCAS'ın hava deflektörüne montajından sonra arkadan görüntüsü

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Yapılan çalışma bulguları öncelikle sayısal analizlerle başlamış ve tasarlanan lens ve kuplajların analizleri yapılmıştır. Daha sonra üretilen prototiplerin ve temin edilen splitterların fiziksel ölçümleri yapılarak ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir.

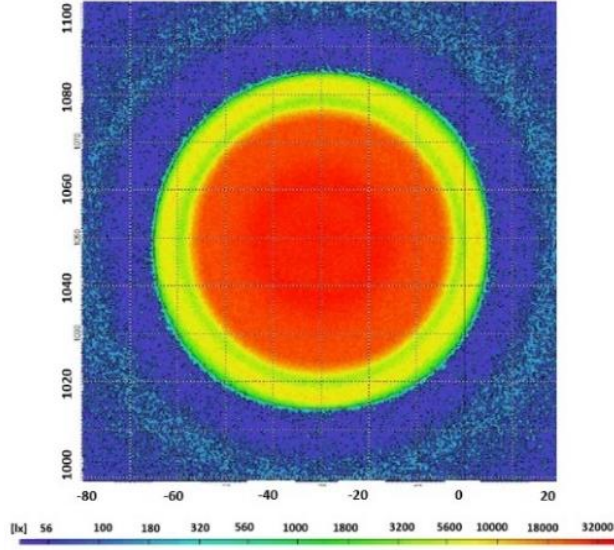
4.1. Optik Analiz Sonuçları

Optik analizde input olarak 120 derecelik ışık dağılım açısına sahip olan LED kullanılmıştır. LED'in Lüx değeri 19450 olarak ölçülmüştür (Şekil 4.1).



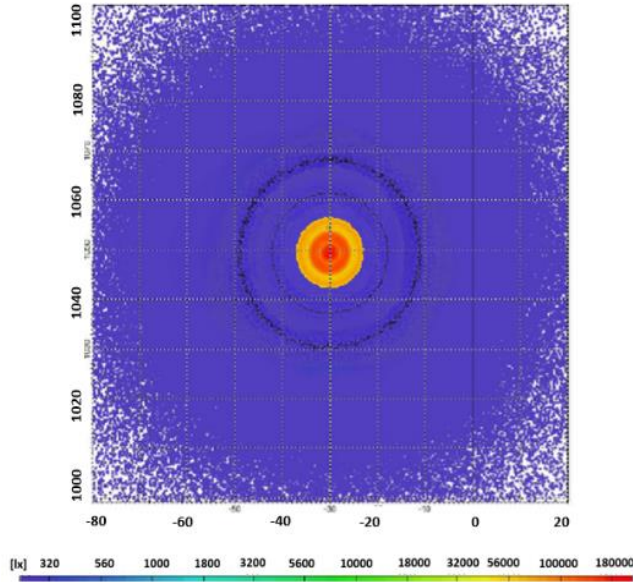
Şekil 4.1. LED'in lüx değerinin simülasyon ölçümü.

Simülasyonun ikinci aşaması olarak LED önüne tasarlanmış reflektör yerleştirilerek ışığı toplaması sağlanmıştır (Şekil 4.2). Reflektörün ışık soğurma katsayısı 0,8 olarak alınmıştır.



Şekil 4.2. LED+reflektörün lüks değerinin simülasyon ölçümü

Işığın odaklanması için reflektör önüne tasarlanan ince kenarlı mercek de yerleştirilmiş ve analiz tekrar çalıştırılmıştır. Merceğin malzemesi PMMA olarak alınmıştır ve kırıcılık indisi 1,49 olarak belirlenerek analize girdi verilmiştir. Snell yasasını baz alan ve tasarlanan optik sistemin istenilen sonuçları vererek ışığı odakladığı Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



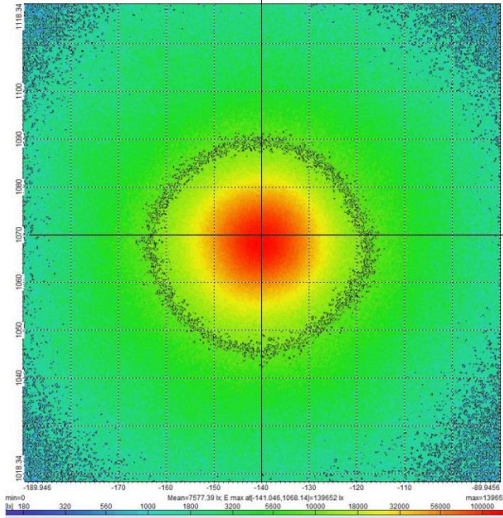
Şekil 4.3. LED+reflektör+merceğin lüks değerinin simülasyon ölçümü

Yapılan analizlerin sayısal değerleri Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Sayısal analiz sonuçları

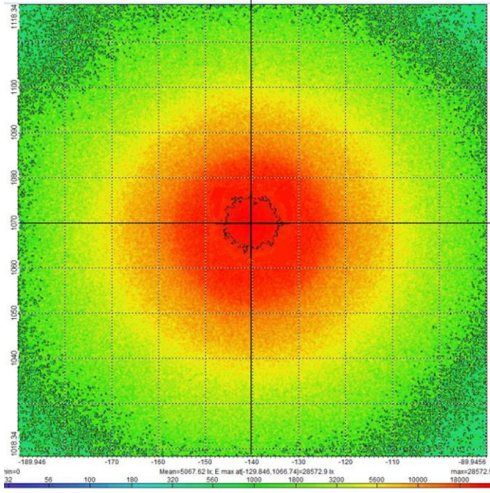
Simulasyon Sonucu (lüks)	
LED	19450
LED + Reflector + Lens	264140

Analizin ikinci aşamasında, fiber optik kablo ucundan çıkacak olan dar açılı ışığın genişletilerek istenilen homojenlik ve regülatif açı değerlerini sağlamak için tasarlanmış lens analiz edilmiştir. Tasarımın doğruluğunu analiz edebilmek için öncelikle fiber optik kablunun ışık dağılım konisine uygun bir LED tek başına analize girdi olarak eklenmiştir. Kullanılan LED’in ışık çıkış açısı 30 derecedir ve Şekil 4.4’ de gösterilen ışık dağılımına sahiptir. Analiz tek başına LED’in ışık değerini 140000 lüks olarak ölçmüştür.



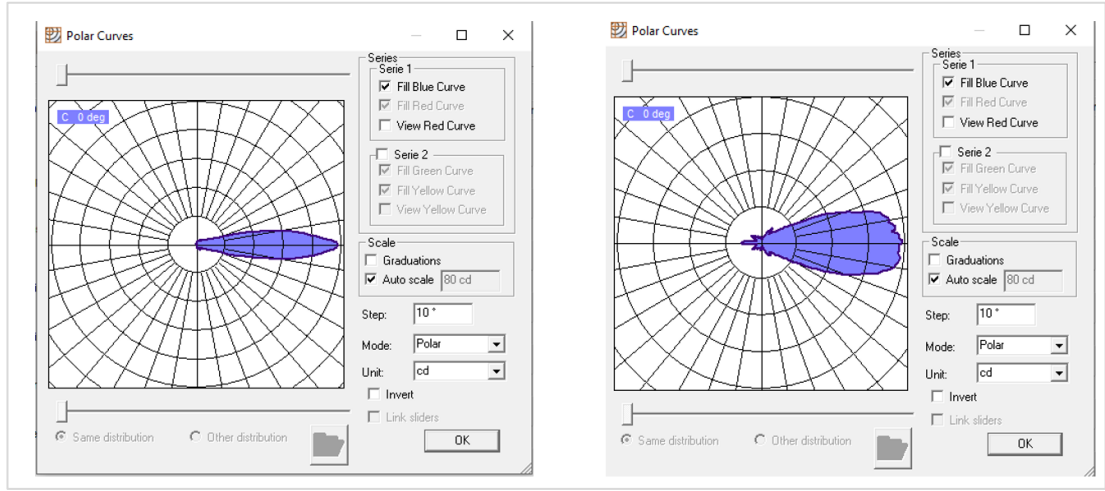
Şekil 4.4. 30 derecelik LED’in lüks değerinin simülasyon ölçümü

Daha sonra LED’in önüne tasarlanan ışık açısı genişletici lens konulmuş ve analiz tekrarlanmıştır. Lensin malzemesi PMMA ve kırıcılık indisi 1,49 olarak seçilmiştir. Analiz sonucu göstermektedir ki dar açılı LED önündeki lens ışığı yayarak 40 derecelere kadar bir yayılım sağlamıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. 30⁰'lik LED + ışık açısı genişletici lensin lüks değerinin simülasyon ölçümü

Bu analiz Speos programında da tekrarlanmış ve programda polar koordinatlarda görseller elde edilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. 30⁰'lik LED + ışık açısı genişletici lensin polar koordinatlarda dağılımı

Yapılan analizlerin sayısal değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

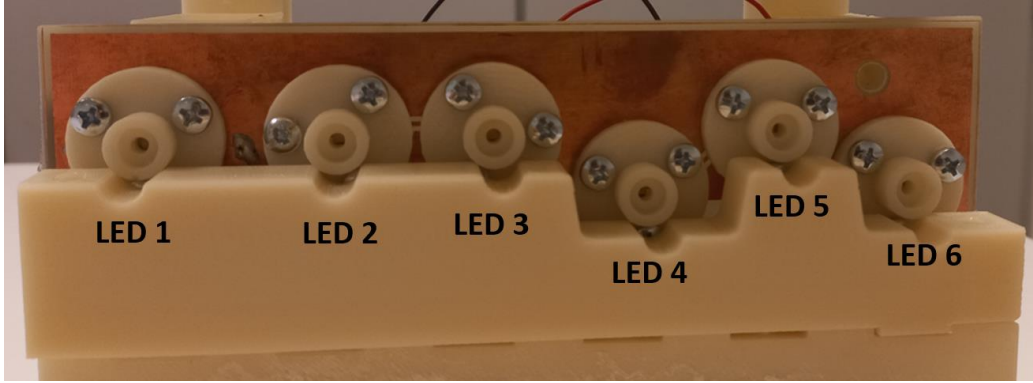
Çizelge 4.2. Işık açısı genişleten lens simülasyon sonuçları

	Simülasyon Sonucu (lüx)
LED	140000
LED + Işık Açısı Genişletici Lens	62400

Her iki analiz kıyaslandığında, birinci optik sistem ışığı odaklamakta ve ışık şiddetini lüx cinsinden arttırmaktadır. İkinci optik sistem ise ışığı dağıtmakta ve ışık şiddetinin düşmesine neden olmaktadır. Işık şiddetlerinden bağımsız olarak, tasarımlarda önemli nokta, istenilen ışığın istenilen açısal bölgeye ulaşmasını sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda yapılan analizler bize olumlu sonuçlar vermektedirler.

4.2. Fiziksel Ölçümler

Sırasıyla numaralandırılmış her bir LED için güç ölçümü yapılmıştır (Şekil 4.7).

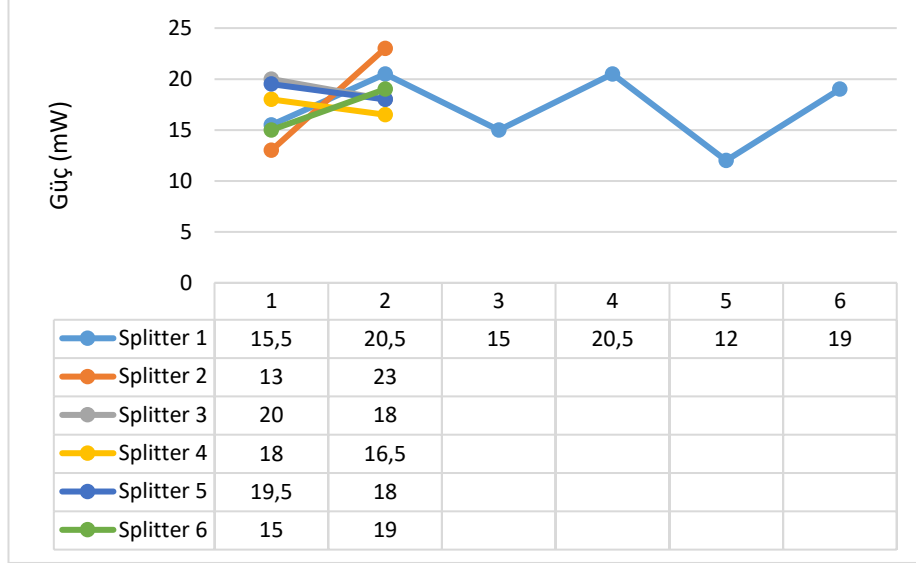


Şekil 4.7. Ölçüm yapılan numaralandırılmış LED'ler

Çizelge 4.3. LED'lerin tekil optik güç ölçüm sonuçları

LED NO	1	2	3	4	5	6
Güç (mW)	120	40	40	40	40	40
Toplam (mW)	320					

Her bir LED'in giriş gücü değerleri optik güç ölçer ile ölçüldü ve Çizelge 4.3'de gösterildi. Sistemin toplam güç değeri 320mW olarak tabloya işlendi. Daha sonra her ayırıcının sonuna gelen değer ölçülerek grafiklerle gösterilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Her bir ayırıcının (Splitter) sonuna gelen ışık şiddetleri

4.3. Bükülme Kayıpları

Bir araç mimarisine baktığımızda, FOCAS'ın yerleştirileceği konumdan, ilgili aydınlatma fonksiyonlarına ulaşana kadar, arabanın stilinden kaynaklı birden fazla bükülme meydana gelmektedir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Çeşitli bükülme değerlerindeki kayıp oranları

Bükülme	Ölçüm değeri (Lüx)	Kayıp Oranı
R0 (Düz)	100	-
R50	98	2%
R40	96	4%
R30	95	5%

Çalışılan araç için, üçüncü stop lambasından FOCAS kutusunun olduğu bölgeye kadar 3 adet yarıçap 30, 1 adet yarıçap 40 ve 1 adet yarıçap 50'lik bükülme vardır. Toplam bükülmeler ve toplam kayıp Çizelge 4.5' de gösterilmiştir.

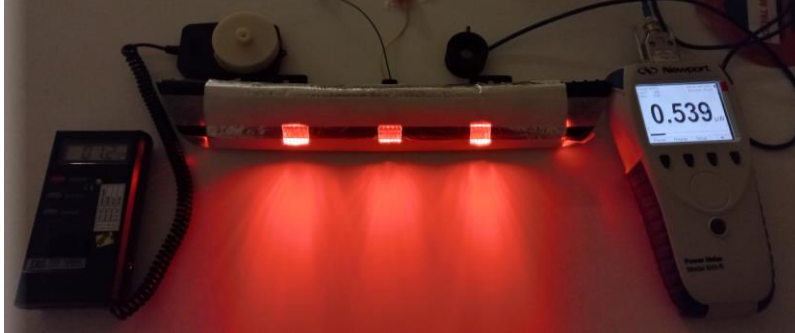
Çizelge 4.5. FOCAS CHMSL Bükülme kayıpları

Bükülme	Adet	Kayıp oranı
R30	3	5%
R40	1	4%
R50	1	2%
TOPLAM		19,5%

Yapılan çalışma, mevcut araç mimarisi üzerine entegre edilmiştir. Söz konusu FOCAS kurgusunda ise, araç mimarisi FOCAS üzerine entegre edileceği için minimum bükülmeler ile daha az kayıplar ortaya çıkması beklenmektedir. Bükülme kayıpları mekanik kayıplar olduğundan fiber optik kablo malzeme tipi, fiber optik kablonun araca yerleşimi gibi unsurlar ile önüne geçilebilmektedir.

4.4. CHMSL Ölçümleri

Üçüncü stop lambası üzeri ölçümler, şekil 4.9' daki gibi belirlenmiş üç bölge üzerinden yapılmıştır.



Şekil 4.9. CHMSL üzeri ölçüm bölgeleri

FOCAS üçüncü stop lambasından ölçümler alınmıştır. Ölçüm sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. FOCAS CHMSL optik güç ölçümleri

Ölçüm Bölgesi	FOCAS CHMSL (mW)
1	45
2	55
3	40
Ortalama	46,5

Araç üzerine monte edilen FOCAS üçüncü stop lambasının (Şekil 4.10) konsept çalışmasındaki güç dağılımlarına bakıldığında uç bölgelerde bir miktar azalma meydana gelmiştir. Buna rağmen fikrin çalıştığı bu çalışma ile ispatlanmıştır. FOCAS üçüncü stop lambasının fotometrik değerleri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Tabloya göre, iyileştirilmesi gereken noktalar olsa dahi prototip bir üründen elde edilen sonuçlar oldukça iyi durumdadır.



Şekil 4.10. FOCAS CHMSL araç üstü görüntüsü

Çizelge 4.7. FOCAS CHMSL Fotometri ölçüm sonucu

KONTROL EDİLEN AÇI	REGULASYONUN İSTEDİĞİ DEĞER		ÖLÇÜLEN DEĞER
	min (cd)	max (cd)	
10U-10L	8	110	11
10U-V	16	110	11,5
10U-10R	8	110	11,5
5U-10R	16	110	16
5U-5R	25	110	21
5U-V	25	110	22
5U-5L	25	110	21
5U-10L	16	110	17,5
H-10L	16	110	17
H-5L	25	110	17
HV	25	110	19
H-5R	25	110	20
H-10R	16	110	17
5D-10R	16	110	14
5D-5R	25	110	19
5D-V	25	110	20
5D-5L	25	110	19
5D-10L	16	110	15

5. SONUÇ

1/5 oranlarında küçültülmüş maket araç üzerinde FOCAS düşüncesinin konseptinin oluşturulması ile başlayan bu tez çalışması, daha sonra otomotiv regülatif isterleri de göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir. Sistem için gerekli komponentler listelenmiş ve sonrasında da sayısal analizler ile çalışma devam etmiştir. Sayısal analizlerde tasarlanan mercekler ve kuplajların sonuçları ile birlikte prototip üretim aşamasına geçilmiş ve malzeme temini yapılmıştır. Bu tez çalışmasında hem optik tasarım hem de mekanik tasarım ön plana çıkmıştır. Seçilen malzemeler temin edildikten sonra mekanik bağlantılar için tasarımlar yapılmış ve üç boyutlu printer ile üretilmiştir. Aynı zamanda PCB üretimi de manuel olarak yapılmıştır. Çalışmanın tamamı prototip üretim yöntemleri kullanılarak oluşturulmuştur. Bu nedenden dolayı hizalama kayıpları, tolerans kayıpları meydana gelmiştir. Nihai ürün araç üzerine monte edildiğinde regülatif değerlere çok yakın bir aydınlatma şiddetine sahip üçüncü stop lambası elde edilmiştir. Böylece kavramın ispatı yapılmıştır.

Çalışmada özellikle farklı sayılara bölünmüş splitterlar kullanılmış olup, gelecekte FOCAS'ın aracın tamamına uygulanması durumunda splitterların simüle edilmesi de amaçlanmıştır. Sistemdeki splitterların toplam kaybı %12'ye ulaşsa da elde edilen sonuç tatmin edicidir. Çünkü bu kayıpların çoğu, el merkezli LED'ler ve fiber optik kabloların aksenel kaymalarından kaynaklanmaktadır. Seri üretim koşullarında bu kayıpların daha da azalması beklenmektedir. Aynı zamanda yapılan ölçümler sistemin homojen bir ışık dağılımına sahip olduğunu göstermektedir.

Yapılan bu çalışma, ileride tüm araçta FOCAS' ı kullanmak için ön ayak olmuştur. Özellikle araç dış aydınlatma lambalarında meydana gelen, kaza sonucu hasar gören far ve stop lambalarının LED ve ampullerindeki hasar, bu çalışma ile komponent hasar görse dahi ışık kaynağı çalışmaya devam edecektir. Değişim gerektirecek tek parça plastik lens olacaktır. Böylelikle sigorta maliyetleri ciddi anlamda iyileşecektir.

Bir diğer önemli avantajı ise, kondens sorununa bir çözüm oluşturmasıdır. Araç dış aydınlatma lambalarında, özellikle soğuk aylarda meydana gelen kondensin en büyük

nedeni, farın içerisindeki sıcak hava ile dışarıdaki soğuk havanın dengelenmemesidir. Fiber optik kablodan taşınan ışık soğuk bir ışık olacağından, termal bir sorun teşkil etmeyecek ve kondens oluşumunu da engelleyecektir.

Otomotiv üreticilerinin araç stilini oluştururken ön plana çıkardıkları aydınlatma fonksiyonları, fiber optik kablo kullanımı sayesinde daha da ince çizgilere sahip olabilecek, özgürce stilistler hayallerini araca yansıtabileceklerdir.

Bu tez çalışmasının yine otomotiv üreticileri tarafından tercih edilecek bir buluş olmasının bir diğer nedeni de FOCAS'ın standart bir ürün olabileceğidir. FOCAS, otomotiv aydınlatma fonksiyonlarını yerine getirecek ve her bir fonksiyon için gerekli ışık şiddetini sağlayacak LED/Lazer kullanımı ile standartlaşacaktır. Üreticiler sadece araç stillerine göre farklı splitterlara ayrılmış bir FOCAS temin ederek araçlarına yerleştirebilecek ve ilgili fonksiyonlara istedikleri kadar fiber optik kablo uzatabileceklerdir.

Yapılan bu çalışma ile toplam üç adet patent alınmış ve ürün başta otomotiv sektörü olmak üzere, tüm sektörlerde uygulanabilmesi için konsept çalışması tamamlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Agrawal, G. P. (2002). *Fiber-Optic Communication Systems*. NY: John Wiley & Sons, Inc.
- Alwayn, V. (2004). *Optical Network Design and Implementation*. Cisco Press.
- Ateş, M. (1995). *Fiber Optik Hat Teçhizatları*. Ankara: Teletaş Yayınları.
- Bass, M. (2002). *Fiber Optics Handbook*. Florida: McGraw-Hill .
- Bass, M. (2009). *Handbook of optics Design, fabrication and testing, sources and detectors, radiometry and photometry*. McGraw-Hill
- Bullough, J. D. (2005). Onset times and detection of colored signal lights. *Transportation research record, 1918*(1), 123-127.
- Çetin, A. (1998). *Fiber optik dalga kılavuzlarında ışılan enerji ölçümü*. Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Chen, Q., Zhang, M., Wang, H., Wang, Q., & Chen, Q. (2015). Properties of tellurite-based high numerical aperture fibers with diamagnetic core and cladding glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids, 419*, 27-33.
- Fischer-Hirchert, U. H. (2015). *Fiber-Chip Coupling for Optical Components, Basic Calculations, Modules*. Germany: Springer.
- Ghisi, E., & Tinker, J. A. (2006). Evaluating the potential for energy savings on lighting by integrating fibre optics in buildings. *Building and Environment, 41*(12), 1611-1621.
- Gibson, J. D. (2002). *The Communication Handbook*. New York: CRC Press.
- Goff, D. (2003). *Fiber Optic Video Transmission: The Complete Guide*. Oxford: CRC Press.
- Gorthala, R., Tidd, M., & Lawless, S. (2017). Design and development of a faceted secondary concentrator for a fiber-optic hybrid solar lighting system. *Solar Energy, 157*, 629-640.
- Gould, C. A. (1989). *Britain Patent No. 5,081,695*.
- Grzemba, I. A. (2012). *MOST: the automotive multimedia network*. Franzis Verlag.
- Huang, D. S., Chen, T. C., Tsai, L. T., & Lin, M. T. (2019). Design of fins with a grooved heat pipe for dissipation of heat from high-powered automotive LED headlights. *Energy conversion and management, 180*, 550-558.
- Infineon_Corporation. (2010). <https://www.infineon.com/>.

- Khanna, V. K. (2014). *Fundamentals of solid-state lighting: LEDs, OLEDs, and their applications in illumination and displays*. CRC press.
- Khetani, A., Naji, M., Lagali, N., Anis, H., & Munger, R. (2010). *Method for using a photonic crystal fiber as a Raman biosensor*. USA: United States Patent.
- Kim, H. M., Kim, T. H., Kim, B., & Chung, Y. (2010). Enhanced transverse load sensitivity by using a highly birefringent photonic crystal fiber with larger air holes on one axis. *Applied optics*, 49(20), 3841-3845.
- Lemlem, M. (2012). *Investigation of the Effects of Macro Bending Loss on Step Index Single Mode Fiber*. Ethiopia: Addis Ababa University.
- Leoni. (2022). Retrieved from Leoni: <https://www.leoni.com/en/>
- Liu, J. M. (2009). *Photonic devices*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Liu, S., & Luo, X. (2011). *LED packaging for lighting applications: design, manufacturing, and testing*. John Wiley & Sons.
- Mahlke, G., & Gössing, P. (1993). *Fiber Optic Cables: Fundamentals* Cable Planning* Systems Planning*. Publicis.
- Meschede, D. (2017). *Optics, light and lasers: the practical approach to modern aspects of photonics and laser physics*. John Wiley & Sons.
- Michael, B. (2002). *Fiber, Devices, and Systems for Optical Communications*. Sydney: McGRAW-HILL.
- Mishra, A. K., Kumar, M., Kumar, D., & Singh, O. N. (2013). Modal study of plasma cladded cylindrical optical fiber. *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 27(7), 868-876.
- Miya, T., Y. T. (1979). *Electron Lett*.
- Nair, G. B., & Dhoble, S. J. (2020). *The fundamentals and applications of light-emitting diodes: the revolution in the lighting industry*. Woodhead Publishing.
- Norris, R. H. (2002). *US Patent No. US 6,778,744 B2*.
- Özbek, H., Çil, C., & Rodoplu, A. (2019). Effect of Architecture and Operating Conditions of Vehicle on Bulb Lifetime in Automotive. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 13(6), 429-435.
- Patil, S., & Kumar, N. (2018). Sun light transmission through silica optical fibers for lighting: An experimental study. *Materials Today: Proceedings*, 5(11), 22943-22949.

- Peng, Y., Jia, H., & Fang, L. (2017). Theoretical analysis of hollow ring-core optical fibre for transmitting orbital angular momentum modes. *Journal of Modern Optics*, 64(18), 1818-1832.
- Pinto, A. M., & Lopez-Amo, M. (2012). *Photonic crystal fibers for sensing applications*. Journal of Sensors, 1-21.
- Plümpe, M., Beckers, M., Mecnika, V., Seide, G., Gries, T., & Bunge, C. A. (2017). Applications of polymer-optical fibres in sensor technology, lighting and further applications. *Polymer Optical Fibres* (pp. 311-335). Woodhead Publishing.
- Poferl, S., Becht, M., & De Pauw, P. (2010, June). *150 Mbit/s MOST, the Next Generation automotive infotainment system*. 12th International Conference on Transparent Optical Networks (pp. 1-2). IEEE.
- Regulation, R. E. (2019). UNECE.
- Villatoro, J., Minkovich, V. P., & Monzon-Hernandez, D. (2006). Compact modal interferometer built with tapered microstructured optical fiber. *IEEE Photonics Technology Letters*, 18(11), 1258-1260.
- Villatoro, J., Minkovich, V. P., & Monzón-Hernández, D. (2006). Temperature-independent strain sensor made from tapered holey optical fiber. *Optics letters*, 31(3), 305-307.
- Yamane, M., & Asahara, Y. (2000). *Glasses for photonics*. Cambridge University Press.
- Tomasi, W. (1992). *Advanced Electronic Communications Systems*. Prentice Hall, (pp. 357-386). New York.
- Tomasi, W. (1997). *Elektronik İletişim Teknikler*. İstanbul: Milli Eğitim Basımevi.
- Tricker, R. (2002). *Optoelectronic and Fiber Optic Technology*. Tokyo: Newnes.
- Wagman, R. S. (2006). *US Patent No. WO 2008/054665 A2*.
- Walker, K. L. (1990). Directions in optical fibers. *AT&T Technical Journal*, 69(6), 92-100.
- Wang, H., Chen, M. Y., Wu, X. S., Li, R. H., Cai, Z. M., Li, L. M., ... & Fu, P. P. (2017). Single-mode operation in few-mode optical fibre based on resonant coupling. *Journal of Modern Optics*, 64(8), 866-870.
- Wang, X., Ma, F., Yu, J., Liu, X., Zhang, Y., & Song, N. (2020). Design of the portable fiber-optic current transformer for electrolytic aluminum industry. *Optik*, 205, 164187.
- Yan, C., Huang, S. J., Miao, Z., Chang, Z., Zeng, J. Z., & Wang, T. Y. (2016). 3D refractive index measurements of special optical fibers. *Optical Fiber Technology*, 31, 65-73.

Shiyu, Y., Lousteau, J., Olivero, M., Merlo, M., Boetti, N., Abrate, S., ... & Milanese, D. (2012). Analysis of Faraday effect in multimode tellurite glass optical fiber for magneto-optical sensing and monitoring applications. *Applied Optics*, 51(19), 4542-4546.

Ziemann, O., Krauser, J., Zamzow, P. E., & Daum, W. (2008). *POF handbook*. Springer.

EKLER

EK 1 ECE R7 Regülasyonu- CHMSL için ışıık şiddeti gerekliliği

6. Intensity of light emitted

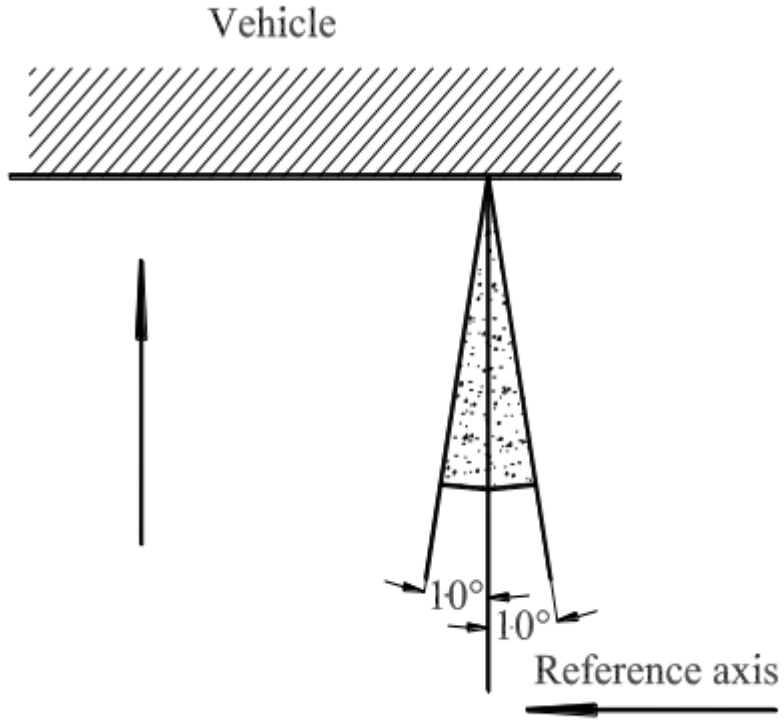
- 6.1. The light emitted by each of the two lamps supplied shall be in the reference axis, of not less than the minimum intensity and of not more than the maximum intensity specified below:

	<i>Minimum luminous intensity in cd</i>	<i>Maximum luminous intensity in cd when used as</i>	
		<i>A single lamp</i>	<i>A lamp marked "D" (see paragraph 4.2.2.8. above)</i>
6.1.1. Front position lamps, front end-outline marker lamp A or AM	4	140	70
6.1.2. Front position lamps incorporated in a headlamp or front fog lamp	4	140	-
6.1.3. Rear position lamps, rear end-outline marker lamp			
6.1.3.1. R, R1 or RM1 (steady)	4	17	8.5
6.1.3.2. R2 or RM2 (variable)	4	42	21
6.1.4. Stop-lamps			
6.1.4.1. S1 (steady)	60	260	130
6.1.4.2. S2 (variable)	60	730	365
6.1.4.3. S3 (steady)	25	110	55
6.1.4.4. S4 (variable)	25	160	80

CHMSL

- 6.1.5. For an assembly of two or more lamps the total intensity shall not exceed the maximum value prescribed for a single lamp.

EK 2 ECE R7 Regülasyonu- CHMSL için araç üstü görünürlük şartı



EK 3 ECE 48 Regülasyonu- CHMSL için Fotometri ölçüm tablosu ışık şiddeti yüzdelik dağılımı

2. Table of standard light distribution

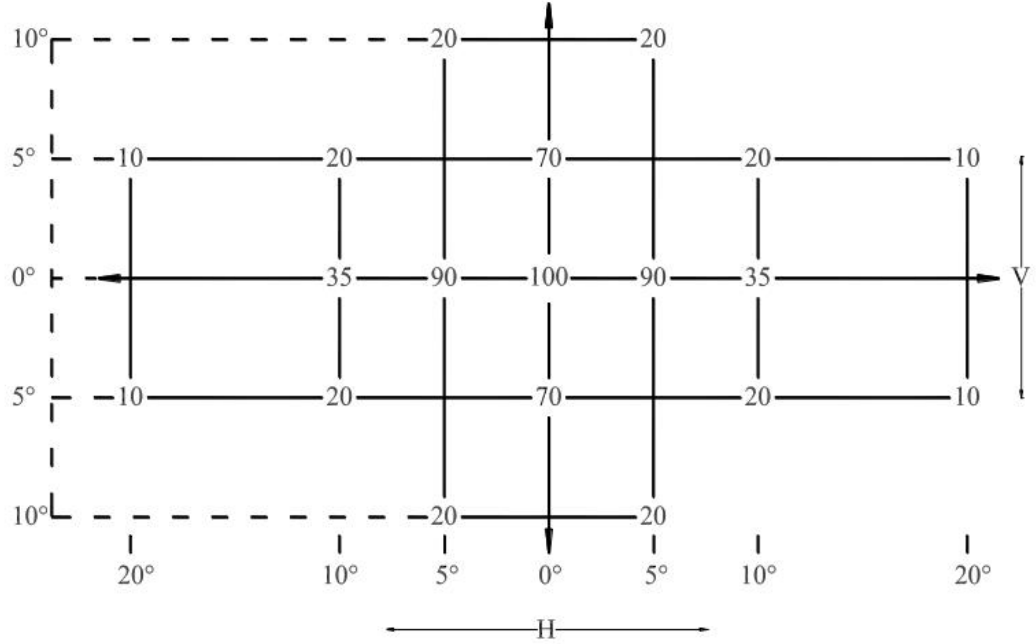
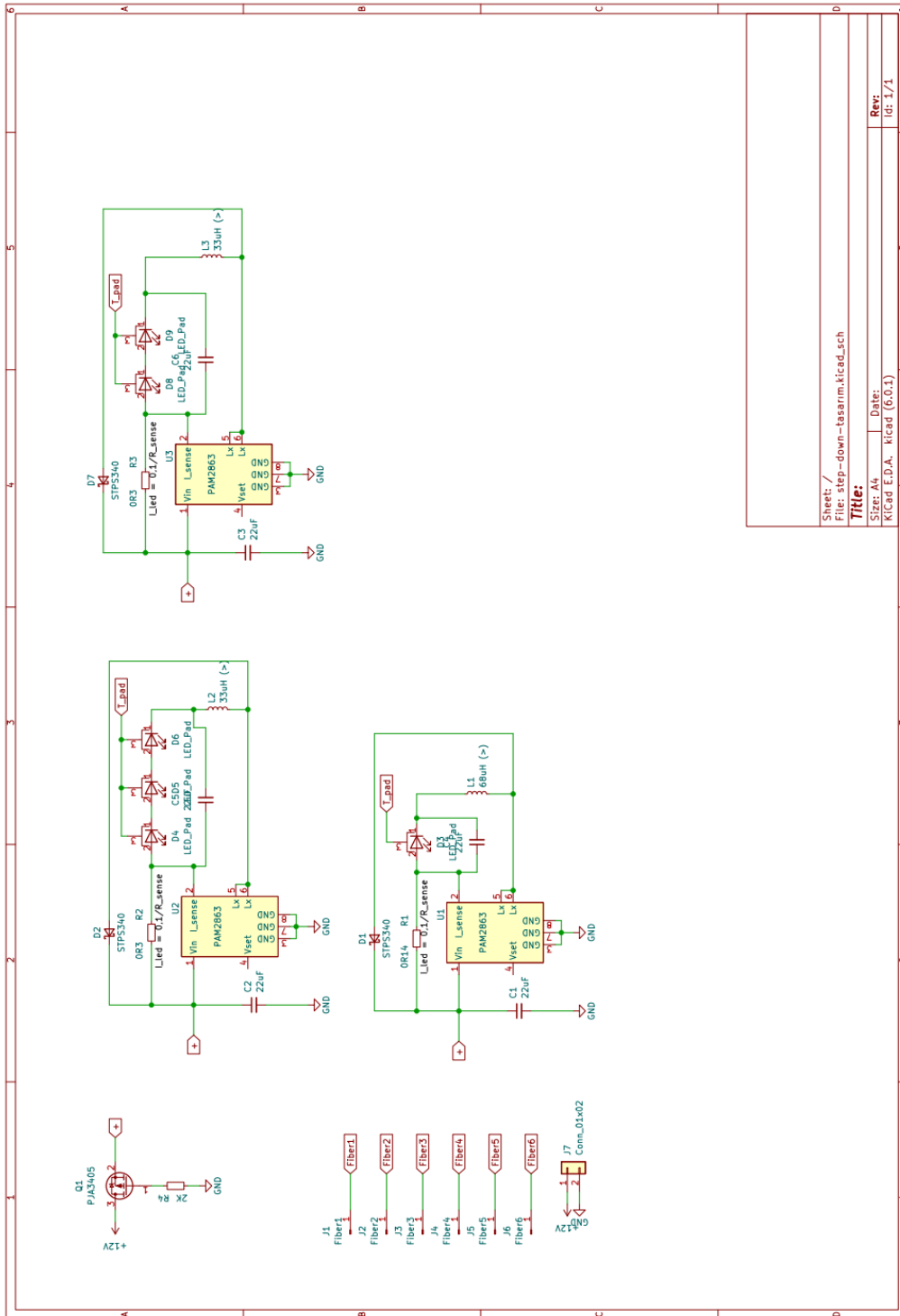


Table of light distribution for category S3 stop-lamp

10°	32	-	64	-	32
5°	64	100	100	100	64
0°	64	100	100	100	64
5°	64	100	100	100	64
	10°	5°	0°	5°	10°

EK 4 FOCAS CHMSL PCB Şematığı.



Sheet: /
 File: step-down-basarm.kicad.sch

Title:

Size: A4

Date:

Kicad E.D.A. kicad (6.0.1)

Rev:

id: 1/1

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hatice ÖZBEK
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa 13.02.1988
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Bursa Anadolu Kız Lisesi
Lisans : Yıldız Teknik Üniversitesi
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası

İletişim (e-posta) : haticeozbek1688@gmail.com

Yayımları

- 2016 "A New Dichloride-Bridged Cd(II) Coordination Polymer: Synthesis and Structural Characterization"
Acta Crystallographica 426-431, 2016.
- 2017 "Ground Lighting Control and Importance of Vehicle Lighting Functions According to Weight Load Variation"
11. National Lighting Congress, Turkey.
- 2017 "Component Based Investigation of Reflex Reflector Used in Vehicle Lighting"
11. National Lighting Congress, Turkey.
- 2017 "Effect of Vehicle Front Lighting Type on Driving Safety and Quality Perception"
11. National Lighting Congress, Turkey.
- 2018 "Vehicle Loading Conditions' Influence Over Front Lighting Requirements and Dipped Beam Vertical Levelling Control Method"
European Mechanical Science 85-82.
- 2019 "Identifying Geometrical Parameters of Fog Lamp and Cornering Lamp, in compliance with Photometric Requirements"
European Mechanical Science 32-36.
- 2019 "Effect of Architecture and Operating Conditions of Vehicle on Bulb Lifetime in Automotive"
International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering
Vol:13, No:6.

- 2020 'Determination of Design Parameters for Homogeneity of Reflectors Used in Automotive Lighting Functions'
3th Internatinonal Conference on Materials Science, Mechanical and Automotive Engineerings and Technology in İstanbul/Turkey
- 2021 Improvement of Light Flares in Light Guides Used in Automotive Lighting with Various Geometric Designs Bursa/Turkey
- 2021 Experimental study functional performance of OLED (organic light-emitting diode) Technology in Qutomotive – IMSEC – Antalya/Turkey
- 2021 Condensation Prevention and Removal Methods in Vehicle Lighting Functions – 2021 – Antalya Turkey
- 2022 Production and Analyiis Of Lenses and Reflectors That Change The Light Angle With Various Prototyping Methods – EAD – Turkey
- 2022 An Application of Using Organic Light Emitting Diode Technology in Automotive – EAD – Turkey
- 2022 A Novel Fiber Optic Center Lighting System for Today and Future Vehicles – IEEE – France
- 2022 A Novel Fiber Optic-Based Lighting Concept: Application for Automotive Lighting – Optik Optics (Pending)

Patentleri:

- 2013 Under Hood Lighting System
- 2014 An Ambience Lamp
- 2016 A Lighting Lamp with a Light Curtain
- 2018 A Stop Lamp With a Light Path
- 2018 Rocket Type Reference and Gap-Profile Setting System
- 2019 Nitrogen Gas Cooling System Used in Automotive Lighting Functions
- 2019 Sliding Reference Snap-fit Tower
- 2019 Central Lighting Transmitting System
- 2020 Homogeneous illumination of complex functional areas
- 2020 Aesthetic Side Skirt for Moving Taillights

2020	A Cover to Cover Headlight Defect
2021	Double Arm Light Tube
2021	Focas Light Capsule
2021	Fiber Optic Cable Light Output Angle Extender System