

İŞIK PERDELİ STOP LAMBASI

İrfan KAMAŞ, Feka Automotive, Ar-Ge, OSB Pembe Cadde No:1, Nilüfer, Bursa, Türkiye,
irfan.kamas@fekaautomotive.com, +90 224 243 86 00 dâhili: 818

Alper KORUCU, Feka Automotive, Ar-Ge, OSB Pembe Cadde No:1, Nilüfer, Bursa,
Türkiye, alper.korucu@fekaautomotive.com, +90 224 243 86 00 dâhili: 231

M. Fatih ATAŞALAN, Feka Automotive, Ar-Ge, OSB Pembe Cadde No:1, Nilüfer, Bursa,
Türkiye, fatih.atasalan@fekaautomotive.com, +90 224 243 86 00 dâhili: 113

Can GÜRİSOY, Feka Automotive, Ar-Ge, OSB Pembe Cadde No:1, Nilüfer, Bursa, Türkiye,
can.gursoy@fekaautomotive.com, +90 224 243 86 00 dâhili: 819

Cenk YAVUZ, Sakarya Üniversitesi, Müh. Fak, Elektrik ve Elektronik Müh, Esentepe
Kampüs, 54187, Sakarya, Turkey, cyavuz@sakary.edu.tr, +90 264 295 58 24

Anahtar kelimeler: Otomotiv, Işık perdesi, Fotometri, Aydınlatma, Işın, LED, PCB

1. GİRİŞ

Otomotiv sektörü dünya çapında en büyük ekonomik aktörlerin başında gelmektedir. 2012 yılı verilerine göre dünya çapında toplam 84.493.000 adet araç üretilmiş olup bunların 63.333.000 adedi otomobilden oluşmaktadır. 2012 yılında sadece Türkiye'de üretilen motorlu araç sayısı 1.072.978'dir. [1]

Otomotiv endüstrisinde değişik tasarımlar geliştirilirken aynı zamanda bu tasarımların üretim safhasında uygulanabilirliği ve karlılığı da önem arz etmektedir. Ayrıca uluslararası standartlarda bu tasarımlarda belirli limitler ve şartlar belirlenmiştir. Bir araçta görülen tüm dış aydınlatmalar ülkelerin yönetmelikleri ile belli hükümlere bağlanmıştır. Bu hükümlerde; kullanılan hammaddeler, ışık kaynakları, ışık açıları, çalışma gerilimleri ve istenilen aydınlatma değerleri bulunmaktadır. Yönetmeliklere örnek verecek olursak, Avrupa için ECE (Economic Commision for Europe), Amerika için SAE (Society of Automotive Engineers), Çin için CCC (Chine Compulsory Certificate) vb.

Otomotiv sektöründeki oyuncu fazlalığı rekabeti ve farklı yöntemlerin kullanılmasını beraberinde getirmiştir. Bu yöntemlerden en önemlileri stil, işlevsellik ve kullanılabilirlik kolaylığı gibi faktörlerdir. Her üretici araçlarına farklı

özellikler katarak tüketiciyi cezbetme gayretindedir. En önemli stil parçalarını da aydınlatma öğeleri oluşturmaktadır. Farlar, sis lambaları, gündüz yanan farlar, stop lambaları, yan sinyal, geri vites, pozisyon, refleks reflektör vb. aydınlatma öğeleri stile katkı bulunması için farklı tasarımlar ile karşımıza çıkmaktadır. Hatta markanın farkını ortaya koyan öğeler haline gelmişlerdir.

Farklı tasarımlar oluşturabilmek için markaların tasarımcıları da yeni öğelere ihtiyaç duymaktadır. Gelişen teknolojiler ile birlikte LED kullanımı aydınlatma grubundaki stil tasarımında büyük bir önem arz etmektedir. Otomotiv sektöründe LED'ler ilk başta stil parçası olarak kullanılmaya başlamıştır. LED'ler ilk başlarda pahalı ve az ışık verdiğinden sadece üst klasman araçlarda kullanılmış, zamanla LED'lerin ışık kalitesinde meydana gelen artışla birlikte LED fiyatlarındaki düşüşler alt klasman araç gruplarında da kullanılmasına imkân sağlamıştır. Fiyatlardaki düşüş LED'leri ana aydınlatma grubuna da dahil etmiştir.

LED halojen lambaya nazaran daha küçük boyutlarda olması ve az enerji sarfiyatı ile avantajlı bir ürün olsa da sürücü devresine olan ihtiyacı, aşırı parlak olması ve ısınma problemi gibi bazı dezavantajlar görülmektedir. Bu çalışmadaki amaç en az sayıda LED kullanarak otomotiv arka

aydınlatma grubu (stop, sis, pozisyon, geri vites, sinyal ve refleksi reflektör) lambalarında yeni bir stil, yumuşak ve homojen bir görünüş ile ECE yasal şartnamelerine uygun olacak şekilde tasarım yapmak ve ana üreticinin ihtiyacına cevap vermektir. Hedef araç grubu yolcu otobüsleridir.

2. LED VE IŞIK PERDESİ

LED'ler farklı 2 tip (n ve p) yarı iletken maddenin birleşimi ile meydana gelen ışık kaynaklarıdır. Normal lambalardan ayıran en belirgin farkı ışınları akkor lambalardaki gibi 360 derece yerine belli bir derece aralığında vermesidir. Bu ışığın istenilen noktaya ya da bölgelere yönlendirilmesine kolaylık sağlar.

Bu çalışmada kullanılan LED'ler 120° ışın saçan ve otomotiv onaylı tasarıma en uygun olan ürünler arasından seçilmiştir. Yukarıdaki sınıflardan ayrı olarak otomotiv sektörü için ayrıca AEC (Automotive Electrical Council) onaylı LED sınıfı da bulunmaktadır. OEM (Original Equipment Manufacturer) denilen ana sanayi üreticileri kullanılan LED'lerin AEC onaylı LED'lerden olmasını istemektedir. AEC onaylı LED'lerin diğer LED'lerden farkı ışınların CIE (International Commission on Illumination) renk dağılım grafiğinde [2] spesifik bir bölgeye ait renkte ışık vermesinden dolayıdır. Ana Sanayi'nin bu onayı istemesinin nedeni görünen ışın renginin lens ve yansıtıcı yüzeyler ile etkileşiminden sonra istenen renk (dalga boyu) aralığında kalmasıdır.

Örnek olması açısından; yasal şartlarda belirtildiği üzere stop lambasının görünür renginin kırmızı veya amber olması gerekmektedir. Kırmızı ışık kaynağı ile şeffaf lens veya beyaz ışık kaynağı ile kırmızı lens vb. yöntemler ile çıkan ışın rengi ayarlanmaktadır.

LED seçiminde bir diğer faktör de dayanım faktörüdür. LED'lerin çoğunun 50000 saat çalışma ömürleri vardır. Fakat bu ömür çevresel faktörlere göre azalabilmektedir.

LED'lerde bu ömrü azaltan en büyük faktör ısınma sorunudur. LED'lerin uygun çalışma performansı göstermesi için yaklaşık 25 santigrat derecede çalıştırılması gerekmektedir. LED'ler hacimsel olarak küçük olduğundan ısıyı dışarı atmaları zordur. LED'in içsel tasarımı gereği altında bir soğutma levhası vardır ve LED'de oluşan ısı direk olarak bu soğutma levhasına iletilir. Tasarımda bu levhayı soğutmak için de soğutma panelleri ve parçaları da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu problemi çözmek için her LED'in soğutma paneline metal, çoğunlukla alüminyumdan oluşturulan soğutucular dâhil edilir. Bu soğutucular yüksek ısı iletkenlik özelliklerinden dolayı LED'in soğutma panelinde oluşan ısıyı alıp dış ortama iletirler fakat ek bir maliyet olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan bir diğer önemli parçada ışık perdesidir. Işık perdesi kullanılmasının en önemli sebebi ise ışık perdesine direk karşıdan bakıldığında ışık kaynakları olan LED'lerin görünmemesidir. Işık perdesinin yan tarafına gizlenmiş olarak yerleştirilmiş LED'lerle parlama sorununu en aza indirmek amaçlanmaktadır. Bu sayede çıkan ışınların ışık perdesi içerisinde yayılması sağlanmış, homojen ve yumuşak bir görünüm elde edilmeye çalışılmıştır. Fakat bunun yapılabilmesi için tasarım esnasında kullanılacak olan yönlendirici prizmaların hesaplaması ve konumlandırılması büyük önem arz etmektedir. Bu prizmalar Snell yasalarına göre tek tek hesaplanmalıdır. Buradaki en önemli faktör olarak Snell yasalarında belirtilen kritik açıdan daha büyük açılarda ışınların prizma yüzeylerine ulaştırmaktır. Daha geniş kritik açısı ile yüzeye çarpan ışınlar aynı açı değeri ile yansır. Prizmaların açısı ile ışınlar istenilen yöne iletilmiş olur.

Çıkış açısı farklı olan her bir LED için farklı tasarım gerekmektedir. Ayrıca tasarım yapılırken ışınların yönlendirileceği açıya da ayrıca dikkat edilmelidir. Eğer yönlendirilecek açı değişir ise ışık

perdesindeki prizma tasarımlarının da tekrar tekrar kontrol edilerek yeniden hesaplanmaların yapılması gerekmektedir. Prizmalar seçilen malzemenin yansıma, kırılma ve geçirgenlik (reflective, refractive and transmittance) katsayı değerlerine göre tasarlanmak zorundadır. Önceden yapılan tasarımlar lens hammaddesi değişirse baştan yapılmak durumunda kalırlar.

Işık perdesinde dikkat edilmesi gereken bir diğer husus da, LED'in çıkış açısına göre tasarımlarının yapılmasıdır. Her LED'in çıkış açısı farklı olduğundan optik tasarım başlangıcında LED'in çıkış açısına uygun olarak tasarıma başlanması ışın kayıplarının minimize edilmesinde yardımcı olacaktır.

Piyasada yer alan arka aydınlatma lambalarında (stop, sis, pozisyon, geri vites ve sinyal) tüm fonksiyonların sağlanabilmesi için sadece LED kullanıldığında yaklaşık olarak 90-100 arasında LED kullanılmaktadır. Daha çok LED kullanmanın amacı daha fazla ışık almak dışında düzgün yayımlı bir görüntü elde etmektir. LED sayısının ve ışık parlaklığının fazla olması arkada seyir eden araç sürücülerini rahatsız edebilmekte ve gözde kamaşmaya sebep olmakta, sürücünün dikkatini dağıtmaktadır. Bu durumu önleyebilmek adına LED'ler direk arka aydınlatma lambalarının üzerine yerleştirilmeyip kenarlarına yerleştirilerek paralel ilerleyen ışık perdesi oluşturmaktadır. Bu çalışma sayesinde ışık perdesinin içerisindeki prizmatik yapı düzgün yayımlı bir görüntü elde edilmesini sağlamaktadır. Bu da kullanılacak LED sayısının azaltılmaktadır.

Bu çalışmada; fren lambası için 6, pozisyon lambası için 2, sis lambası için 6, geri vites için 5 ve sinyal lambaları için 5 adet LED kullanılmıştır. Tüm fonksiyonları gerçekleyen bu çalışma ile arka aydınlatma lambasında ortalama olarak 24 adet LED kullanılmaktadır. Bu ciddi fark yapılan tasarımı piyasada yer alan birçok arka aydınlatma grubunun önüne geçirecek ve firma tercih edilirlğini arttıracaktır.

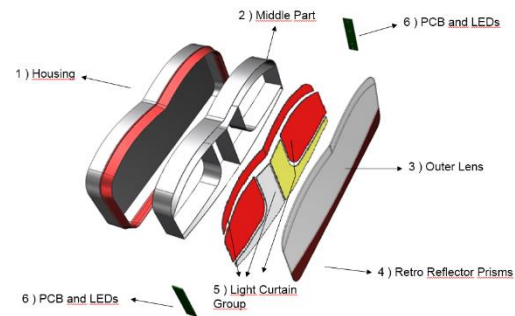


Resim 1. Piyasada hali hazırda bulunan ve tamamen LED kullanılmış arka stop grubu

3. MEKANİK VE OPTİK TASARIM

Bu çalışmada olduğu gibi otomotiv aydınlatmasındaki projelerin çoğu ilk olarak bilgisayar ortamında sanal olarak yapılır. Bunun nedeni oluşabilecek hataları tasarım aşamasında görebilme ve gereken önlemleri alabilmek için önemlidir. Bilgisayar ortamında çizim (CAD) programları yardımıyla üç boyutlu çizimler oluşturulur. Tasarımın ilk aşaması bittikten sonra ürünün fotometrik değerlerini ölçmek için fotometrik simülasyon [4] programları kullanılır. Programa ürünlerdeki öğeler özelliklerine göre tanıtlılır ve yasal şartnamelere göre ürünün uygunluğu test edilir. Daha sonra Autodesk ve Ansys programları kullanarak kalıplanabilirlik ve termal analizler yapılır.

Bu çalışma özellikle otobüslerin arka aydınlatma grubunda kullanılmak üzere 405*180 mm boyutlarında tasarlanmış ve temelde altı ana parçadan (gövde, ara çerçeve, dış lens, refleks reflektör, iç lens ve PCB) oluşmaktadır.



Resim 2. Işık perdesi stop lambasının parçaları

Lens üzerine PCB'ler tırnak vasıtası ile tutturulduktan sonra her biri ayrı ayrı ara çerçeve üzerine takılabilecek şekilde tasarlanmış ve LED'lerin çalışmasından kaynaklı meydana gelen ısıyı azaltmak için gövde üzerine de iki adet ısı transferi sağlayan hava kanalı yerleştirilmiştir.

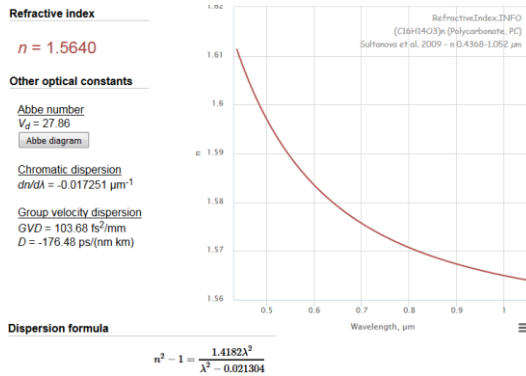


Resim 3. Işık perdesinin dikey ve yatay görünümü

Optik tasarımların temeli Snell yasalarına dayanmaktadır. Gelen ışının geliş açısı ve ortamların kırıcılık indis değerlerine göre aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanarak her bir prizma açısı tek tek hesaplanmıştır.

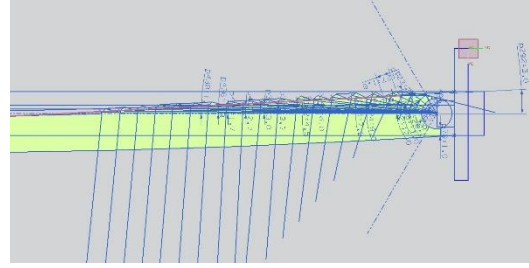
$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2 \quad (1)$$

Önemli bir diğer faktör de her malzemenin, gelen ışının farklı dalga boyu değerlerine göre ortam kırıcılık indisi değerindeki değişimdir. İç lens malzemesi olarak seçilen PC (poly-carbonate) malzemesine ait farklı dalga boylarına karşılık gelen farklı kırıcılık indis tablosu aşağıda görülmektedir[3].

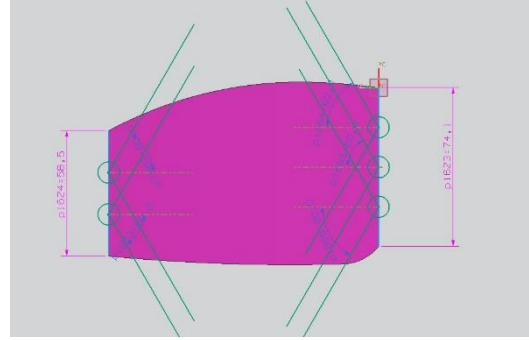


Resim 5. PC malzemesi kırılma indis grafiği

LED'lerin yerleştirildiği lensin yan yüzeylerinde kullanılan ve LED'den gelen ışınlar ile ilk etkileşime geçen prizma yapıları LED ışınları lens yüzeyine paralel gidecek şekilde tasarlanmıştır. Lens yüzeyine paralel olarak yol alan ışınlar daha sonra lensin arka yüzünde yer alan prizmalar ile etkileşime geçtikten sonra lensin ön yüzeyine doğru yönlendirilmektedir.



Resim 6. Işık perdesindeki prizmaların açı hesaplamalarına ait bir görünüş



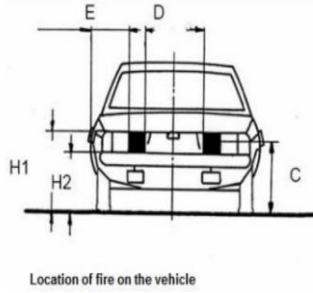
Resim 7. Stop lambasında kullanılan LED'lerin yatay ekseninde dağılım açılarının görünüşü

4. İLGİLİ YÖNETMELİKLER

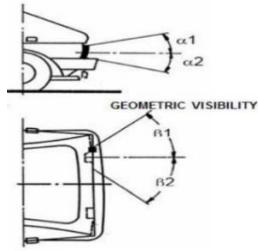
Otomotiv aydınlatmasında her ülkenin tabi olduğu yönetmelikler (regülasyon) ve standartlar bulunmaktadır. Bazı ülkelerin yerel standartları olsa da çoğu ülke uluslararası bazı standartları kullanmaktadır. Bunlar; ECE, SAE ve CCC standartları olarak üç ana sınıfa ayrılmaktadır. Bu standartlarda otomotivde kullanılan emniyet ve yüksek önem arz eden parçalar için kısıtlamalar belirlenmiştir. Standartlar benzer olsalar da bazı farklılıkları bulunmaktadır. Üretilen her parçanın yönetmeliğe uygun olduğunu belirtmek için akredite olmuş bir standardizasyon kuruluşundan da ayrıca uygun olduğuna dair sertifika alınması gerekmektedir. Ana sanayi standardizasyon belgelerini kendi yan sanayilerinden ve parça sağlayıcılarından istemektedir.

Arka aydınlatma grubundaki her bir fonksiyon ayrı yasal şartlara tabidir. Avrupa ekonomi komisyonu (ECE) tarafından belirlenen rapora göre; stop lambası için R7 S1, pozisyon lambası için R7 R, geri vites lambası için R23, arka sis lambası için R38 ve arka sinyal lambası için R6 yasal gereklilikleri sağlamasını istemektedir [5].

Aşağıda örnek olarak stop lambası ile ilgili örnek regülasyon çizimi ve örnek bir tablo verilmiştir.



Resim 8. Stop lambasının araçtaki konum bilgisi



Resim 9. Stop lambası ışınlarının yataydaki ve dikeydeki çıkış açıları

Tablo 1. Arka stop lambaları için ışık şiddeti değerleri

Lamba Fonksiyonu	Minimum ışık şiddeti (cd)	Tek Lamba	Lamba (Tek) özel durum D (paragraf 4.2.2.6)
Stop	60	260	130
Geri Vites	80	300	-
Arka sinyal 2a (sürekli)	50	500	250

5. ELEKTRONİK TASARIM

Isınma sorunları göz önünde bulundurularak Işık perdeli stop lambası grubu tasarımında LED'ler ve yan parçalar farklı PCB'ler üzerine konumlandırılmıştır. Optik tasarımdan ötürü de aynı fonksiyonu yerine getiren LED grupları da kendi içlerinde farklı PCB'ler üzerine konumlandırılmıştır. Bu bölünme sonucu PCB çeşitliliği artsa da LED'lerin küçük hacimlerinde oluşan ısı çok daha efektif olarak dış ortama aktarılmaktadır.

PCB'ler konusunda bir başka farklılık da FR4 yerine alüminyum PCB kullanılmasıdır. LED'ler üzerinde oluşan ısıyı yaymak için FR4 ile alüminyum PCB kullanımı karşılaştırıldığında, alüminyum PCB'lerin ısıyı dış ortama aktarmada çok daha başarılı olduğu görülmektedir.

Bilindiği üzere LED üzerinden istenen miktarda akım akıtarak sürmenin farklı yolları vardır. Ancak gerek akım sınırlama dirençleri kullanma yöntemi olsun gerekse işlevsel yükselteç ile gerilim karşılaştırması ile transistör çalıştırılması olsun ısı problemleri çözmekten uzak yöntemlerdir.

CCR (Constant Current Regulator) sabit akım sürücü kullanımı bu çalışmada en verimli yöntem olarak görülmüştür. Bu yöntemde çıkış yükü üzerinden giriş gerilimine bağlı kalmadan sabit akım akmaktadır. Ancak regülatör üzerindeki tolere edilecek gerilimin iyi ayarlanması gerekmektedir. Regülatörün giriş gerilimi çıkış yükü üzerinde harcanan gerilimden fazla olduğunda regülatör aşırı ısınmaya başlamaktadır.

LED'leri sürmek için sabit akım sürücü kullanılması durumunda komponent sayısı azalmakta ve akım kontrolü oldukça kolaylaşmaktadır. Akım sürücünün set ucuna bağlanan bir direnç vasıtası ile çıkış akımı giriş gerilimine bağımlı olmaksızın kontrol altına alınabilmektedir. Sürme işlemi birkaç farklı komponent yerine tek chip içerisinde yapıldığından yer kazancı ve güç kaybı konularında öne geçmektedir. Sürücünün diğer üstünlükleri açık ve kısa devreye karşı koruması olmasıdır. Bu artıları ile CCR sürme yöntemi hem arıza durumuna karşı en iyi cevabı vermekte hem de ışık kaynağının ömrünü uzatmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan direnç, diyot, kapasitör, akım sürücü gibi ürünlerin ürün katalogları incelendiğinde teorik olarak bir ömür vaadinde bulunulmamıştır. Ancak LED'lerin ömrü literatürde "nominal şartlar altında kullanımda 50000 saat" olarak gösterilmektedir [6]. Araç garanti süresini 500000 km olarak ve ortalama hızını

50km/saat olarak düşünürsek, aracın fiili olarak çalışma süresi 10000 saat olarak bulunur. Buradan ürün ömrünün araç garanti süresinden çok çok uzun olduğu anlaşılmaktadır.

5.1 Halojen Lamba ile LED Karşılaştırılması

Optik tasarıma göre gerekli ışık miktarı değişse de, halojen lambalı tasarımlarda kullanılan lamba güç tüketimleri Tablo 2’de verilmiştir. Konvansiyonel tasarımda ağırlıklı olarak tek ışık kaynağı kullanılıp görsel efektler reflektörler ve lensler yardımı ile oluşturulur. Işıkların tek noktadan farklı yönler yayılması, kayıp/kaçak ışın miktarının artmasına, bu da yüksek lümen gereksinimine dolayısı ile yüksek güçlü lamba seçmeye neden olur. LED’lerin dar açılarda ışın yayabilme özelliklerinden dolayı, tasarımlarda birden fazla kullanılabilir olması kayıp/kaçak ışın miktarının azalmasında önem arz etmektedir. LED’lerin yapısından kaynaklı düşük güç/yüksek ışın özelliğinden dolayı konvansiyonel tasarımlara göre %50 daha düşük enerji tüketimi ortaya çıkmaktadır.

Tablo 2. Lamba ile LED’in güç sarfiyatlarının karşılaştırılması.

	Pozisyon	Stop	Sis	Geri Vites	Sinyal
L	2 adet	x6 adet	x6 adet	x5 adet	x5 adet
E	30mA	35mA	35mA	35mA	35mA
D	2,35V =1.41W	2,35V =4.94W	2,35V =4.94W	3,20V =5.6W	2,35V =4.1W
H a l o j e n	8W	21W	21W	21W	21W

Işık perdeli stop lambası projesi ile diğer LED’li arka aydınlatma grupları arasında optik tasarım yönü farklı olduğu için net bir karşılaştırmaya yapılması doğru olmaz. Tasarımcılar istenen görselliğe göre az ya da çok LED kullanabilir. Işık perdeli arka aydınlatma grubu tasarımında lens yüzeyinden yayılan ışının mümkün olan en az sayıda LED ile ve homojen olarak sağlanmaya çalışılmıştır. Bu da diğer

tasarımlara göre daha az enerji tüketmesi prensibine göre düşünülmüştür.

Işık perdesi daha düşük elektriksel güç, daha düşük ağırlıkta araç ve daha yeşil bir gelecek sağlamak adına tasarlanmıştır. Konvansiyonel ürünlere göre aracın alternatörüne daha az yük bindirecek, daha az yakıt tüketimine neden olacaktır ve halojen lambalı tasarımlara göre daha az ısınacağından ötürü, plastik gövdeyi oluşan bu ısıdan korumak için bir ısı kalkanına gerek duymayacaktır. Bu kalkanın ortadan kalkması, ürünün/aracın hafiflemesini, dolayısı ile daha az yakıt tüketimini, daha az egzoz ve karbon salınımını sağlayacaktır.

IEA (International Energy Agency) 1kWh’lık enerji ihtiyacının araçlarda 1,25\$’lık bir maliyet oluşturduğunu belirtmektedir [7]. FHWA (The Federal Highway Administration) raporuna göre sadece Amerika’da 2012 yılında kayıtlı yaklaşık 133.000.000 kamyon vardır[8]. Her bir aracın günde 6 saat fiilen kullanıldığı bir senaryoda, halojen lambalı tasarıma sahip arka aydınlatma grubu ile ışık perdeli stop lambası tasarımı arasında araç başına günlük yaklaşık 50Wh’lık bir fark oluşmaktadır. Nüfusu ABD’nin beşte biri olan ülkemize bu hesabı uyarlarsak ışık perdeli stop tasarımı yılda 500.000.000 kWh enerji tasarrufu, aynı zamanda 600.000.000\$ yakıt tasarrufu, yaklaşık 1200 ton CO₂ salınımını önleyebilir.

5. SONUÇ

Projenin amacı, otomotiv ana sanayinin ihtiyacı olan yeni stil arayışına taze bir soluk getirmek ve yeni tasarımlara yol gösterecek bir çalışma oluşturabilmektir. Bu amaç doğrultusunda aydınlatma dünyasının iki ilgi çekici elemanı LED ve ışık perdesi bir arada kullanılmıştır. Bu sayede hem enerji tüketimi hem de kullanılan enerjinin verimliliği açısından avantaj sağlayacak bir tasarım ortaya konulmuştur.

Işık perdesi kullanımı ile aynı işi yapan muadil ürünlerdeki gibi düzgün bir ışık yayılımı sağlama olanağı ortaya çıkmıştır. Muadil ürünlerde çok sayıda LED kullanılmakta iken yapılan optik tasarım ile çok daha az sayıda LED kullanarak regülasyon gereksinimleri karşılanabilmiştir. Tasarımda kullanılan LED'ler direk arka aydınlatma lambalarının üzerine yerleştirilmeyip kenarlarına yerleştirilerek paralel ilerleyen ışık perdesi oluşturmaktadır. Işık perdesinin içerisindeki prizmatik yapı düzgün yayımlı bir görüntü elde edilmesini sağlamakta, LED lambalar direk olarak lens dışına ışık göndermediği için muhtemel kamaşmanın önüne geçilmektedir. Bu şekilde stop lambasında hem homojen bir görüntü sağlanabilmekte hem de diğer sürücülerin kamaşma sorunu yaşamayı önlenmektedir.

Bu avantajlarının yanında ürünün söylenebilir tek dezavantajı her proje için ayrı tasarım yapma gereksinimidir. Bir markanın bir modeli için yapılan tasarım başka bir model için düşünüldüğünde, araç tasarımında ve stop lambasının monte edileceği alanda ölçü, boyut, derinlik vb. farklılıklar var ise aynen kullanılamamaktadır. Optik tasarımda her ışın için yapılan prizma hesaplaması diğer tasarımlara göre daha uzun vakit almaktadır. Ancak enerji tasarrufu, ömür ve verimlilik artışı göze alındığında bu taşınabilir risktir.

DESTEKLER Bu çalışma Sakarya Üniversitesi ve Feka Otomotiv Mamülleri A.Ş. Ar-Ge Merkezi işbirliği ile faaliyete geçirilmiştir. Ayrıca TUBİTAK-TEYDEB Proje Destekleri kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. <http://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/2014/20140127-OtomobilSektoruRaporu>
2. https://en.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_color_space
3. <http://refractiveindex.info/>

4. LucidShape,
<http://www.brandenburg-gmbh.de/>
5. UNECE, United Nations Economic Commission of Europe, Regülasyonlar
<http://www.unece.org>
6. www.osram-os.com
7. OECD/IEA, October 2007, FUEL EFFICIENT ROAD VEHICLE NON-ENGINE COMPONENTS, Potential Savings and Policy Recommendations
8. The Federal Highway Administration, State Motor-Vehicle Registration - 2012