

Yol Aydınlatmasının Esasları

Haldun DEMİRDEŞ (Elektrik Y. Müh.)

1. YOL AYDINLATMASI HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Aydınlatılmış bir yol ve yakın çevresi, karanlığın başladığı andan itibaren göz'e, gündüz'e göre bambaşka bir görünüm arzeder. Gündüz, sürücü yatay düzleme göre üst ve alt yarı görüş alanlarına sahiptir. Üst yarı görüş alanı genellikle gökyüzüdür ve alt yarı görüş alanına göre daha aydınlıktır. Gece aydınlatılmış bir yolda ise durum farklıdır; üst yarı görüş alanı yani gökyüzü karanlık, alt yarı görüş alanı yani yol ise aydınlıktır ve yol üzerindeki taşıtlar yola göre daha az aydınlık görünür. Gündüz cisimler genellikle belirgin bir şekilde görülebildiği halde gece bunun tersi olur. Yol üzerindeki diğer taşıtlar ve engeller gündüze göre daha zayıf bir kontrast ile görülürler. Aydınlık düzeyleri ve parlaklıkları daha küçük değerlere iner. Aydınlık ve renk farklarının, şekil, hareket ve uzaklığın fark edilmesi güçleşir.

Sürücünün görsel rahatlığı ve sürüş güvenliği bakımından yolda, gece görme koşullarındaki yukarıda belirtilen güçlüklerin mümkün olduğu kadar ortadan kaldırılması ve aynı zamanda sürücüye iyi bir görsel kılavuzlama sağlaması bakımından belirli özellikleri taşıyan iyi bir yol aydınlatması gereklidir.

Sürücü yolun gidişini, yol ayrılmalarını ve kavşakları önceden kolaylıkla fark edebilmektedir. Gidiş-geliş trafik yönleri birbirinden ayrılmış yollarda (genellikle otoyollar ve şehir içi ana caddeler) yol ortasındaki refüjden veya yol kenarlarından, ekspres yol ve diğer yol

21 Yıldan Seçmeler...

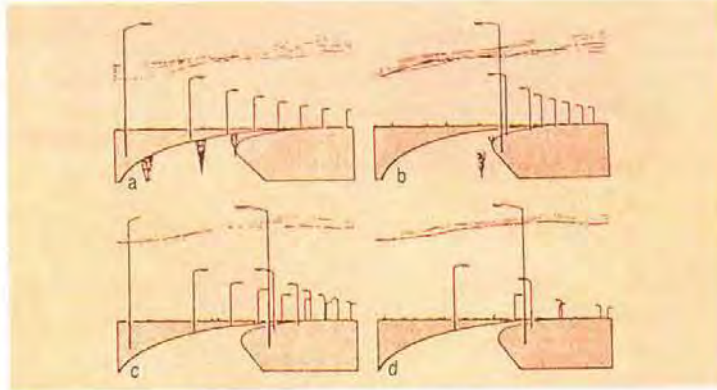
Mart 1983 tarihli 15. sayımızdan

tiplerinde yol kenarlarından normal boydaki (6-16 m) direklerle yapılan klasik aydınlatma görsel kılavuzlama bakımından, eğer direkler uygun yerleştirilirse oldukça iyi sonuç verir (**Şekil 1**). Kavşaklarda ve özellikle ana yol ile birçok tali yolun birleştiği kesimlerde uzaktan bakıldığı zaman meydana gelebilecek bir karışıklığı önlemek amacı ile ana yol ve tali yollar için ayrı ayrı ışık renkleri seçilebilir. Eğer ışık rengi değiştirilemezse bu taktirde aygıt tipi veya direk boyu değiştirilebilir. Son 10 yıl içinde oldukça geniş bir uygulama alanı bulan yüksek direklerle (18-30 m) yapılan aydınlatma ekonomik bakımdan büyük yararlar sağlamakla birlikte yollarda görsel kılavuzlama bakımından yetersiz kalmaktadır. Ancak kavşaklarda, uzaktan bakıldığında sürücüler için karışıklığı neden olabilecek, çok sayıda normal boydaki

direk ile yapılan aydınlatma yerine az sayıda yüksek direk ile yapılan aydınlatma daha iyi sonuç vermektedir. (**Şekil 2**)

Böyle bir aydınlatma türünde yol üzerine, yolun gidişini veya yol ayrılmalarını işaret eden ve yol yüzeyi ile büyük bir kontrast meydana getirecek renkte yazılmış yazılar, kolaylıkla görülebilir. Oto-korkuluklar (guard-rail), üzerine taşıt ışıkları düştüğünde parlayan kenar işaretleri ve aydınlatılmış yol levhaları yardımı ile görsel kılavuzlama sağlanabilir.

Aydınlatılmamış bir yol üzerindeki diğer taşıtların ve özellikle aksi yönden gelen taşıtların farlarının kamaştırıcı etkisi, sürücü için trafik güvenliğini bozan ve gözü rahatsız eden çok önemli bir aktördür. Otoyollarında, gidiş yolunu geliş yolundan ayırma, oto-korkuluk, tel örgü, alçak bir set v.b. şekillerde açıklandığı gibi yukarıda açıklanan kamaşmayı önleyebilmek için refüje bitkiler ekilmiş olabilir. ancak iyi aydınlatılmış bir



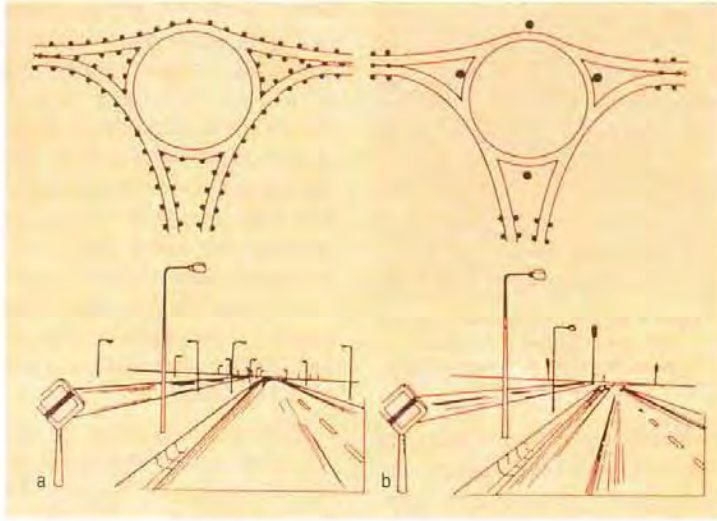
Şekil: 1- Yol dönüşlerinde görsel kılavuzlamanın sağlanması.

Tek taraflı aydınlatma:

a- iyi, b- kötü

İki taraflı aydınlatma:

c- Karşılıklı aydınlatma düzeni, iyi, d- karşılıklı kaydırılmış aydınlatma düzeni, kötü



Şekil: 2- Bir kavşakta, normal boyda ve yüksek direklerle aydınlatma yapılması hallerinde, kavşağa yaklaşırken sürücünün görüş alanındaki görüntü;
a- Normal boydaki direkler ile aydınlatma (görüntü karışık)
b- Yüksek direkler ile aydınlatma (görüntü açık ve sade)

yolda yol ile kamaştırıcı kaynak arasındaki parlak farkı küçüleceğinden kamaşma azalır.

Gece trafiğinde kazaların önlenmesi bakımından iyi bir yol aydınlatmasının önemi büyüktür. Aydınlatılmamış yollarda, karşı yönden gelen taşıtların farlarının sürücülerin gözlerini kamaştırması, yolun gidişinin yalnızca taşıt ışıkları ile belirlenmemesi ve özellikle yağışlı havalarda yol örtüsünün büyük ölçüde aynasal yansıtma özelliği kazanması sonucu taşıt ışıklarının yolu aydınlatmada hemen hemen hiçbir yarar sağlamamaları, kazalara neden olur. Hatta aydınlatmanın iyi yapılmaması halinde bile yine yukarıdaki sonuçlar meydana gelebilir. Günümüzde, özellikle yüksek hız limiti olan otoyollarda, meydana gelebilecek kazaların önemi büyüktür. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından daha önce aydınlatılmamış 64 ayrı yol üzerinde yapılan bir araştırma sonucu, söz konusu yolların aydınlatılmaları halinde, ölümle

sonuçlanan kazalarda %50, ciddi hasar meydana getiren kazalarda %67, hafif kazalarda %84'lük bir azalma meydana geldiği saptanmıştır.

Yol aydınlatmasında sürücülerin görsel rahatlıklarının ve trafik güvenliğinin sağlanması en önemli hususlar olduğundan, yol üzerindeki taşıtların ve varabilecek engellerin kolayca görülebilmeleri gerekir. Bu nedenle yol aydınlatmasında kullanılacak ışık kaynağının rengi de önem kazanmaktadır. Kullanılacak ışığın rengi, yol üzerindeki kontrastları olabildiğince artıracak ve doğal görüş engellemelelerinde (sis, tipi v.b.) iyi sonuç verebilecek bir renk olmalıdır.

Günümüzde yol aydınlatmasında en çok kullanılan ışık kaynakları yüksek ve alçak basınçlı sodyum buharlı, yüksek basınçlı cıva buharlı ve metal halojenür katkılı yüksek basınçlı cıva buharlı ampuller ile kısmen flüoresan ampüllerdir. Yüksek basınçlı sodyum buharlı ampuller beyazımsı-sarı ışık rengine sahip-

tir. Bu ışıkta renkler iyi seçilebilir ve kontrast artar. Alçak basınçlı sodyum buharlı ampullerin ışık rengi tek renkli (monokromatik) sandır. Kontrastlar çok iyi olmakla birlikte bu ışıkta renkler pek iyi seçilemez. Yüksek basınçlı cıva buharlı ampullerin verdiği ışık mavimsi-beyaz renktedir. Bu ışıkta kontrastlar çok iyi olmamakla birlikte renkler oldukça iyi seçilebilir. Metal halojenür katkılı yüksek basınçlı cıva buharlı ampullerin ışık rengi içine konan özel katkı maddeleri sayesinde oldukça iyileştirilmiş olup gün ışığına daha yakın bir ışık rengi verebilir.

Sürücülerin görsel rahatlıklarının tam olarak sağlanabilmesi için aydınlatılmış bir yolda, yolun enine ve boyuna doğrultularda, aydınlığın bölgeden bölgeye çok fazla değişmemesi gerekir. Yol üzerinde art arda aydınlık ve karanlık bölgelerin meydana gelmesi gözü yorar ve trafik güvenliğini azaltır. Kullanılan aydınlatma armatürleri uygun yükseklik ve uygun açıklıkta tesis edilerek bu durum ortadan kaldırılabılır.

İyi bir yol aydınlatması sürücülerin görsel rahatlığını ve trafik güvenliğini sağlaması yanında ekonomik de olmalıdır. Yol aydınlatmasında genellikle ilk tesis masrafları fazla değildir. Bir örnek olmak üzere bir oto yolun 1 km'sinin aydınlatma tesisatının ilk tesis maliyetinin yaklaşık olarak 100 katıdır. Bununla birlikte aydınlatma tesisatının işletme masraflarının da düşük tutulması gerekir. Bu amaçla öncelikle seçilecek yüksek verimli aydınlatma armatürleri ile birlikte, günümüzde her alanda enerji tasarrufuna gidilmek zorunluluğu bulunduğundan, yol aydınlatma tesisle-

rinde, mümkün olduğu kadar az güç harcanmasına karşılık fazla ışık akısı veren yani ışık etkinlik faktörü yüksek ışık kaynakları kullanılmalı, aynı zamanda bunların ömürlerinin uzun olmasına dikkat edilmelidir. Bu arada kullanılan yol örtüsünün yansıtma özelliklerinin de aydınlatmanın ekonomikliğine etkisi büyüktür.

Özetle iyi bir yol aydınlatması hem ilk tesis ve işletme masrafları açısından ekonomik olmalı, hem de sürücüler için gerekli görsel rahatlığı ve trafik güvenliğini sağlamalıdır.

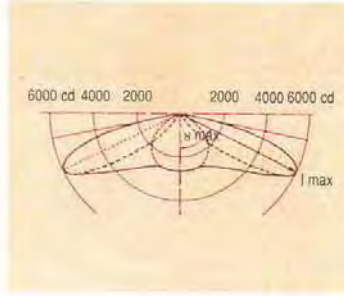
2. YOL AYDINLATMA ARMATÜRLERİ

Yol aydınlatmasında kullanılan armatürler, içlerindeki ışık kaynağının ürettiği ışığı, yola uygun şekilde dağıtacak, kamaşma meydana getirmeyecek ve düzenli bakım yapılma koşulu ile özelliklerini zamanla değiştirmeyecek şekilde imal edilmelidir.

Yol aydınlatma armatürlerinin en önemli kısımlarını ışığı yansıtıcı ve dağıtıcı elemanlar oluşturur. Yol aydınlatma armatürlerinde de diğer tüm aydınlatma armatürlerinde olduğu gibi, ışığı yansıtma ve uygun şekilde dağıtma amacı ile kullanılan elemanların yapıldıkları malzemelerin, armatürün içindeki ışık kaynağı tarafından üretilen ışığı armatürden dışarıya en verimli şekilde yayacak özellikte olmaları gerekir. **(Armatür verimi: Bir aydınlatma armatüründen çıkan ışık akısının, armatürün içindeki ışık kaynağının ürettiği ışık akısına oranı olarak tanımlanır;**

$$\eta_a = \Phi_a / \Phi_k$$

bakımından uygun seçilmiş bu elemanlar yardımı ile bir yol ay-



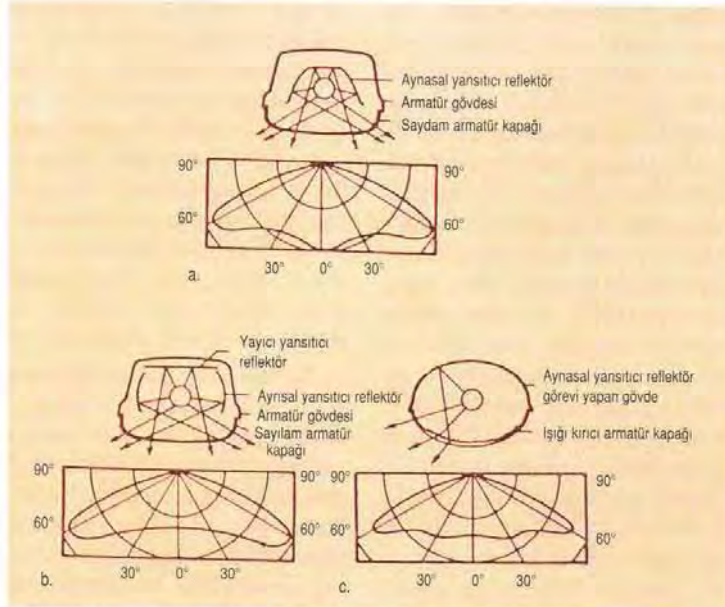
Şekil: 3- Bir yol aydınlatma armatürünün maksimum ışık şiddeti vektörünün bulunduğu düzey düzlemlerdeki ışık dağılım eğrisi.

dınlatma armatürünün ışık dağılım yüzeyine (Armatürden uzayın çeşitli doğrultularında çıkan ışık şiddeti vektörlerinin uç noktalarının oluşturduğu yüzey) amaca uygun bir biçim verilebilir. **Şekil:3**'te bir yol aydınlatma armatürünün ışık dağılım yüzeyinin, armatürden geçen ve maksimum ışık şiddeti vektörünün bulunduğu düzey düzlem ile ara kesiti olan **"Işık Dağılım Eğrisi"** görülmektedir. Bu şekilde bir dağılım yol aydınlatması için genellikle en uygun dağı-

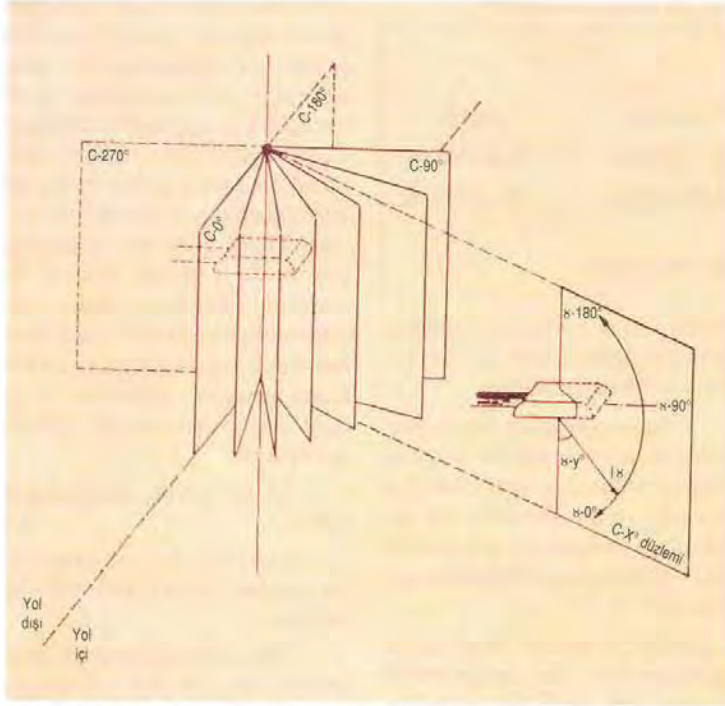
lımdır. Şekil: 3'te görülen yanlara açılmış kesik çizgili dar dağılımlar, armatürün içindeki ışık kaynağının iki yanında bulunan yansıtıcılar ile elde edilir. Düşey doğrultudaki, diğerlerine göre daha geniş olan dairesel ışık dağılımı ise, büyük bir kısmı, ışık kaynağından direkt olarak gelen ışık ışınlarından oluşmakla beraber, kısmen de kaynağın arkasındaki, daha başka bir deyimle armatürün tavanındaki, yansıtıcı ile elde edilirler.

Yukarıda açıklanan iki ayrı ışık dağılımının bileşkesi Şekil:3'te sürekli çizgi ile gösterilen "Işık Dağılım Eğrisi"dir. Bu ve buna benzer şekildeki ışık dağılım eğrileri, armatür içindeki yansıtıcı veya armatür kapağındaki kırıcı elemanlar yardımı ile bazen de her ikisi birden kullanılarak elde edilirler. **(Şekil: 4).**

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIE'e göre yol aydınlatma armatürlerinin ışık dağılım eğrileri, armatürden geçen düşey eksen etrafında



Şekil: 4- a, b, c çeşitli yol aydınlatma armatür prensip örnekleri ve bunlara karşılık olan ışık dağılım eğrisi biçimleri



Şekil: 5- Bir yol aydınlatma armatürünün ışık dağılım eğrisinin elde edilmesinde kullanılan düzlem ve açılar. (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIE'ye göre)

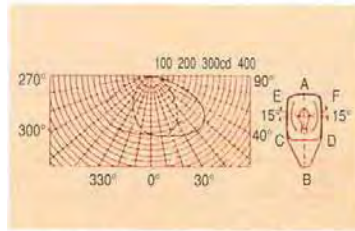
dönen düzlemler (C düzlemleri) ve bu düzlemler içinde düşeyle çeşitli γ açıları yapan ışık şiddeti vektörleri için verilir. (Şekil: 5)

Yol aydınlatmasında kullanılan armatürlerin ışık dağılımları genellikle, armatürden geçen ve yolun boyuna eksenine dik olan düşey düzleme göre simetrik.

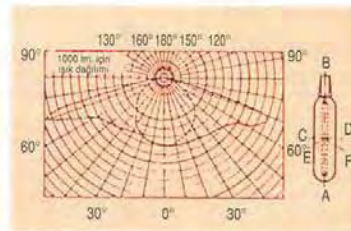
Bununla beraber bazı armatürlerin ışık dağılım yüzeyleri, armatürden geçen düşey doğrultu etrafında dönele simetriye de sahip olabilir. Dönele simetrik ol-

mayan aydınlatma armatürlerinin ışık dağılım eğrileri, armatürün boyuna ve enine eksenlerinden geçen en az iki düşey düzlem için verilir. Bazı hallerde bu gösteriliş yeterli olabilir ve armatürün ışık dağılımı hakkında bir fikir verebilir. Günümüzde yol aydınlatma armatürlerinin ışık dağılım eğrileri genellikle (dönele simetrik armatürlerde bir tek düzlem için) üç ayrı düşeydüzlem için verilmektedir.

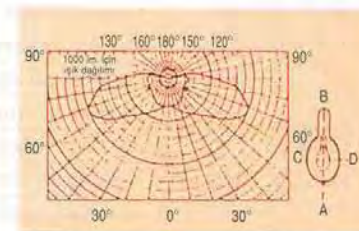
(Şekil: 6, Şekil: 7, Şekil: 8).



Şekil: 6- Kesimli bir yol aydınlatma armatürü için çeşitli düzlemlerdeki ışık dağılım eğrileri



Şekil: 7- Yarı kesimli bir yol aydınlatma armatürü için çeşitli düzlemlerdeki ışık dağılım eğrileri



Şekil: 8- Kesimsiz bir yol aydınlatma armatürü için çeşitli düzlemlerdeki ışık dağılım eğrileri

Yol aydınlatma armatürlerinin optik özellikleri bakımından sınıflandırılması, çok önemli bir husus olan kamaşma sınırlamasına göre yapılır. Meydana getirdikleri kamaşma derecesi bakımından yol aydınlatma armatürleri, armatürden geçen ve yol eksenine paralel düşey düzlemdeki ışık dağılım eğrilerinin biçimine göre: kesimli (cut-off), yarı kesimli (semi cut-off), kesimsiz (non cut-off) olmak üzere üç ana gruba ayrılabilir. Bu üç ana gruba ait ışık dağılım biçimlerinin Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIE tarafından belirlenen karakteristik değerleri Tablo: 1'de gösterilmiştir. bu sınıflama yalnızca armatürlerin kamaşma sıralamasını esas alarak yapılmış olup, bu armatür tipleri kullanılarak yapılan yol aydınlatmalarının kaliteleri hakkında tam doğru bir fikir vermeyebilir.

Örneğin, en az kamaşma yaratan kesimli bir armatür kullanılarak yapılmış bir yol aydınlatması, belirli bir yol yüzeyi için, aydınlatma düzgünlüğü bakımından yarı kesimli bir armatüre göre çok daha kötü sonuçlar verebilir. Buna karşılık kesimli bir armatür de, kullanılan ışık kaynağının ışık şiddetine ve yol yüzeyi parlaklığına bağlı olan "aydınlatma kamaşma derecesi" bakımından bazı yollarda yarı kesimli bir armatürden daha iyi sonuçlar verebilir.

Tablo: I- Yol aydınlatma armatürlerinin CIE'ye göre sınıflandırılması

Armatör tipi	Maksimum ışık şiddeti doğrultusu		
	0°-65°	$\gamma=90^\circ$ için	$\gamma=80^\circ$ için
Kesimli	0°-65°	$\gamma=90^\circ$ için	$\gamma=80^\circ$ için
Yarı kesimli	0°-75°	10°cd/1000 lm	30°cd/1000 lm
Kesimsiz	-	50°cd/1000 lm	100°cd/1000 lm

(*) Işık akısı ne olursa olsun ışık şiddeti en fazla 1000 cd olabilir

Şekil: 6, Şekil: 7, Şekil: 8'de sırasıyla kesimli, yarı kesimli ve kesimsiz tip yol aydınlatma armatürlerine ilişkin ışık dağılım eğrileri için birer örnek verilmiştir.

Yol aydınlatmasında kullanılacak armatürlerin seçimi, kamaşma sınırlaması, yoldaki parlaklık düzeyi, aydınlatma düzgünlüğü ve ekonomiklik gözönüne alınarak yapılmalı ve konunun uzmanlarıncı bilgisayar kullanılarak uygulanan "Parlık Yöntemi"ne göre yapılacak hesaplamalar sonucu belirlenmelidir.

Tablo: II'de yalnızca kamaşma sınırlamasına göre çeşitli yol türleri için tavsiye edilen aygıt tipleri verilmiştir.

3. AYDINLATMA DÜZENLERİ

Aydınlatması yapılacak bir yolda, aydınlatma armatürleri

yolun enine ve boyuna doğrultularda olmak üzere iki ayrı şekilde yerleştirilebilir;

Yolun enine doğrultuda yerleştirmede, armatürün boyuna eksenini yolun boyuna eksenine dik olur ve armatürlerin ışık dağılımları, maksimum ışık şiddetleri yolun boyunca dağılacak şekildedir.

Yolun boyuna doğrultuda yerleştirmede ise armatürlerin boyuna eksenleri yol eksenine paraleldir ve armatürlerin ışık dağılımları, maksimum ışık şiddetleri yolun enince dağılacak şekildedir.

Her iki yerleştirme şeklinde başlıca aydınlatma düzenleri **Şekil: 9**'da gösterilmiştir.

Kompleks kavşaklarda ve otoyol girişlerindeki para girişleri bölgesinde, normal boydaki direkler üzerine yerleştirilen ay-

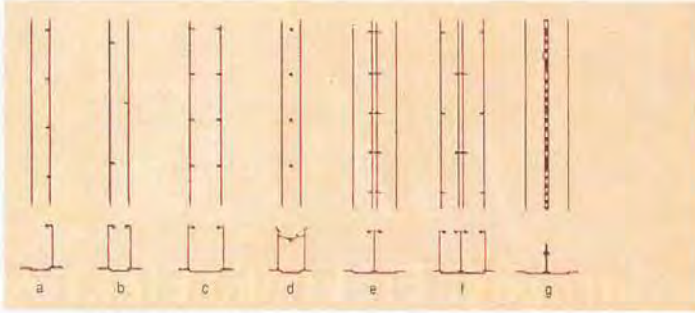
dınlatma armatürlerinin aydınlatılacak olanının genişliği ve çok sayıda yol ayrımalarının olması nedeni ile çok fazla olması gerekeceğinden, uzaktan bakıldığında sürücüler için karışık bir görüntü meydana getirir ve görsel kılavuzlama tam olarak sağlanamaz. Daha önce de belirtildiği gibi böyle yerlerde yüksek direkler ile (20 m veya daha yüksek direkler ve her bir direk üzerinde çok sayıda armatür) aydınlatma yapmak, sağladığı aşağıdaki üstünlüklerinden dolayı tercih edilir:

- İyi bir parlaklık düzgünlüğü sağlanır,
- Kompleks kavşaklarda daha iyi bir görsel kılavuzlama sağlanır,
- Uygun olmayan hava koşullarında (sis, tipi v.b.) aydınlatılan bölge uzaktan daha kolay belirlenebilir,
- Şehir içindeki kavşaklarda, kavşak civarında yaya yollarının da bulunması halinde, çevrenin aydınlatılması da sağlanabilir,
- Normal boydaki direklerle yapılan aydınlatmaya göre, gerek ilk tesis ve gerekse işletme masrafları bakımından daha ekonomik çözümler elde edilebilir.

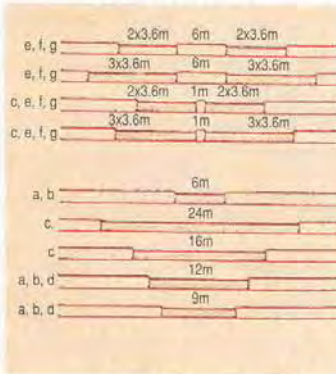
Tablo: II- Çeşitli yol türleri için tavsiye edilen armatür tipleri

YOL TÜRÜ		ARMATÜR TİPİ		
		KESİMLİ (cut-off)	YARI KESİMLİ (semi cut-off)	KESİMSİZ (non cut-off)
ŞEHİRLERARASI YOLLAR	Çok yoğun trafikli otoyollar kompleks kavşaklar, ekspres yollar, ana yollar	3	2	0
	Tali yollar, çok amaçlı tali yollar	2	3	0
	Çevre yollar, rodyal yollar	3	2	0
ŞEHİR YOLLARI	Ana caddeler, bulvarlar vb.	2	3	0
	Tali caddeler, semt yolları	0	3	1
	Kavşaklar, meydanlar, vb.	3*		
		2	3	2

0: Kullanılması uygun olmaz, 1: Kullanılabilir, 2: Tatmin edici sonuç verir, 3: Kullanılması en uygundur, *: Yüksek direklerle aydınlatma



Şekil: 9- Çeşitli aydınlatma düzenleri yolun enine doğrultuda yerleştirme, **a-** Tek taraflı düzen, **b-** İki taraflı kaydırılmış düzen, **c-** İki taraflı karşılıklı düzen, **d-** Enine askı düzeni, **e-** Refüjde konsollu düzen, **f-** Karma düzen. Yolun boyuna doğrultuda yerleştirme, **g-** Refüjde boyunca askı düzeni



Şekil: 10- Çeşitli yol tipleri ve her tip için uygun olabilecek aydınlatma düzenleri

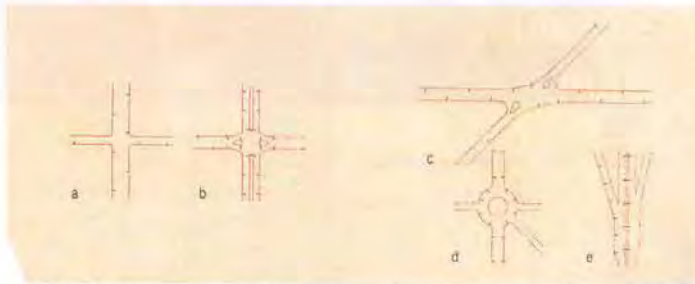
Yukarıda açıklanan üstünlüklerine rağmen yüksek direklerle yapılan aydınlatma düzeninde iyi bir sonuç alınabilmesi için tesisatın bakımının kolaylıkla yapılabilecek bir şekilde düşünülmesi gerekir. Ampul değiştirme, onarım ve bakım çalışmaları için, direk üzerinde bulunduğu yüksekliğe çıkma-

nın zorluğu göz önüne alınarak armatürlerin bulunduğu platformun direk boyunca inip çıkabilecek bir tertip ile donatılması genellikle uygun olur.

Yukarıda belirtilen aydınlatma düzenlerinin seçilmesi, büyük ölçüde aydınlatılacak yolun tipine bağlıdır. Yolda refüj olup oluşu, otoyol veya ekspres yol olması halleri kullanılacak aydınlatma düzeninin seçiminde etkili olur. **Şekil 10**'da verilen tip yol kesitlerinin yanlarında, her kesit için uygun olabilecek aydınlatma düzenleri **Şekil 9**'daki harflendirmeye göre belirtilmiştir.

Aydınlatılacak yola uygun aydınlatma düzeninin seçilmesinde etkili olan diğer faktörler de;

- a. Ekonomiklik,
- b. Bakım kolaylığı,



Şekil: 11- Kavşaklar ve yol ayrımalarında uygulanabilecek örnek aydınlatma düzenleri

c. Görsel kılavuzlamanın sağlanmasıdır.

Şekil 11'de kavşaklar ve yol ayrımaları için çeşitli örnek aydınlatma düzenleri gösterilmiştir.

4. YOL AYDINLATMASI HESAPLARI

Günümüzde yol aydınlatması, hemen hemen tüm dünya ülkelerinde, yol yüzeyi parlıtısını esas alan ve buna göre aydınlatmanın kalitesini belirleyici bazı büyüklükler tanımlayan "Parıltı Yöntemi"ne göre yapılmaktadır.

Bu yöntem ile yapılan bir yol aydınlatmasını karakterize eden en önemli büyüklükler, yol yüzeyinin ortalama parıltısı ile sürücünün görüş alanı içindeki parıltı dağılımıdır. Yol yüzeyi parıltısının hesaplanabilmesi için, aydınlatılan yola ait yol yüzeyinin (yol kaplamasının) yansıtma özelliklerinin bilinmesi gerekir. Çünkü yol üzerindeki bir noktanın parıltısı ile o noktadaki yatay aydınlık düzeyi arasında

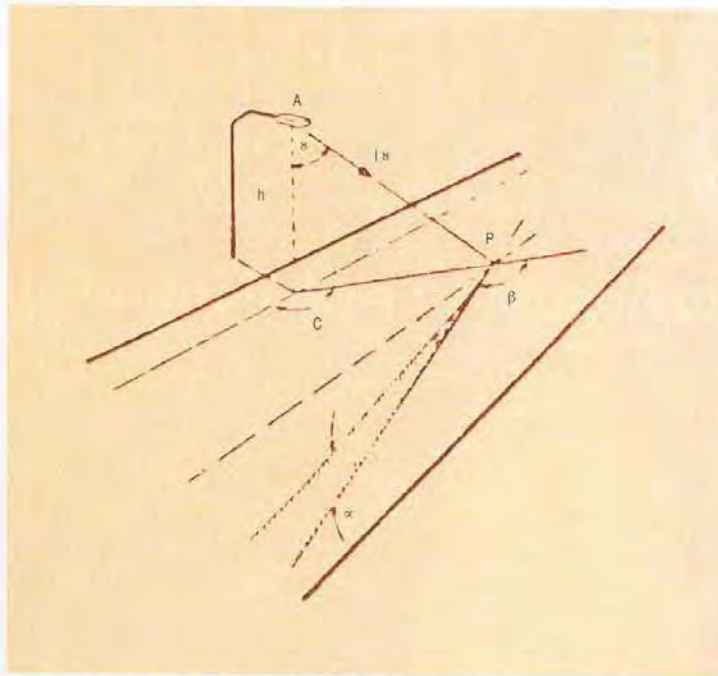
$$L = q.E \quad (1)$$

bağlantısı vardır. Bir yol yüzeyinin yansıtması özelliğini belirleyen q katsayısına "Parıltı Faktörü" denir. Parıltı faktörü belirli bir yol yüzeyi için, **Şekil 12**'de görüldüğü gibi, yol yüzeyindeki yarıltısı hesaplanacak noktanın, armatürlere ve gözlemciye göre konumuna bağlıdır;

$$q = q(\alpha, \beta, \gamma)$$

Yol üzerinde, göz önüne alınan bir armatürün, bir P noktasında oluşturduğu yatay aydınlık düzeyi;

$$E_p = \frac{I_\gamma}{h^2} \cos^3 \gamma \quad (2)$$



Şekil: 12- Parıltı faktörü q'nun belirlenmesi ve yol üzerindeki P noktasının parıltısının hesaplanması için gerekli açılar

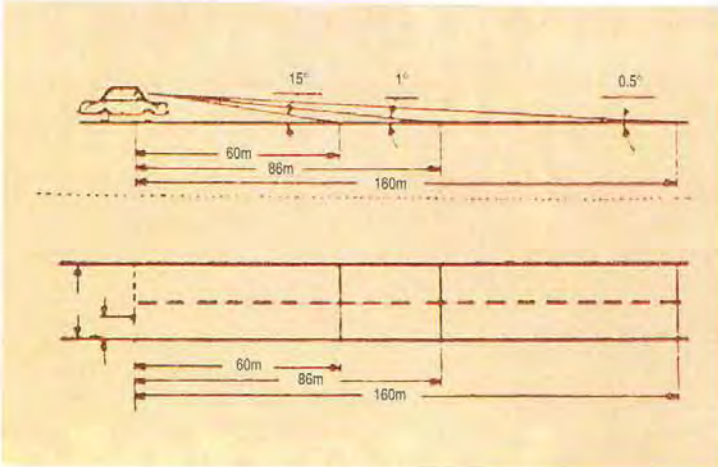
olduğuna göre, bu noktanın parıltısı;

$$L_p = \frac{I_\gamma}{h^2} q \cos^3 \gamma \quad (3)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada I_γ göz önüne alınan armatürün P noktası doğrultusundaki ışık şiddeti, γ bu ışık şiddeti vektörünün

düseyle yaptığı açı ve h'de armatür yüksekliğidir. I (cd), h (m) cinsinden alınır L (cd/m²) olarak bulunur.

Eğer birden fazla armatürün P noktasında meydana getirdikleri toplam parıltı bulunmak istenirse, bu durumda (3) bağıntısı;



Şekil: 13- Sürücünün görüş alanı ve gözleme açılar

$$L_p \text{ top} = \sum_{i=1}^n L_i = \sum_{i=1}^n \frac{I_\gamma^i}{h^2} q^i \cdot \cos^3 \gamma^i \quad (4)$$

şeklini alır.

Bir taşıt sürücüsünün (gözlemci) yoldaki görüş alanı, kendisinden itibaren 60 m ile 160 m arasındaki yol parçasını kapsar ve gözlemcinin, yolun gidiş yönüne göre sağ kenarından, yol genişliğinin 1/4'ü kadar içeride bulunduğu kabul edilir, (Şekil 13).

Şekil: 13'te de görüldüğü gibi yaklaşık olarak 1,5 m yükseklikten önünde uzanan yola baktığı kabul edilen sürücünün yukarıda belirtilen görüş alanı için gözlemeleme açısı $0,5 < \alpha < 1,5^\circ$ 'dir. α açısının bu değerler arasındaki değişiminin q'ya etkisi ihmal edilebilir. Böylece yol aydınlatması hesapları için parıltı faktörü q'nun yalnızca β ve γ açlarına bağlı olduğu kabul edilebilir. (3) bağıntısında;

$$q = (\beta, \gamma) \cdot \cos \gamma = r(\beta, \gamma) \quad (5)$$

konur ve $I_\gamma(C, \gamma)$ olduğu gözönüne alınırsa:

$$L_p = r(\beta, \gamma) \cdot \frac{I_\gamma(C, \gamma)}{h^2} \quad (6)$$

olur.

(6) bağıntısında görüldüğü gibi yol yüzeyi parıltısı, kullanılan aydınlatma armatürlerinin C ve γ açıları ile belirlenen ışık dağılım biçimlerine, yol yüzeyinin β ve γ doğrultularına bağlı yansıtma özelliklerine ve armatürlerin yüksekliklerine bağlıdır.

Sürücüdenden itibaren 60 m ile 160 m arasındaki yol yüzeyinin ortalama parıltısı:

$$L_o = \frac{\int \int L \cdot dS}{\int \int dS} \quad (7)$$

bağıntısı ile tanımlanır. Burada S, sürücünün görüş alanı olan 100 m'lik yok yüzeyinin alanıdır.

Eğer yolun ortalama parlıltısı, S yüzeyinin enine ve boyuna doğrultularda bölünmesiyle elde edilen çok sayıda küçük ΔS yüzeylerinin parlıltılarının ortalaması olarak belirlenmek istenirse bağıntısı;

$$L_o = \frac{\sum(L_i \Delta S)}{\sum \Delta S} \quad (8)$$

şeklini alır.

Yol yüzeyi üzerindeki tüm noktalarda yeterli bir aydınlık elde etmek için görüş alanı içindeki minimum ve ortalama yol yüzeyi parlıltıları arasındaki farkın

belirli bir değerin üzerinde olması gerekir. Bu nedenle parlıltı yönteminin ikinci önemli kalite büyüklüğü olan (Bileşke düzgünlük" tanımlanmıştır.

$$U_o = \frac{L_{\min}}{L_o} \quad (9)$$

Görsel rahatlık açısından, sürücünün önünde uzanan yol parçasındaki ardarda aydınlık ve karanlık bölgeler, sürücü için oldukça rahatsız edici ve bunun doğal sonucu olarak da trafik güvenliğini bozucu etki yapar. "Zebra etkisi" olarak anılan bu durum yoldaki aydınlık-karanlık noktalar arasındaki parlıltı farkının sınırlanmasıyla;

başka bir deyişle yol yüzeyindeki maksimum ve minimum parlıltılar arasındaki farkın belirli bir değerin altında kalmasıyla azaltılabilir veya istenirse yok edilebilir. Bunun için de parlıltı yönteminde "Boyuna Düzgünlük" adı verilen bir büyüklük tanımlanır,

$$U_L = \frac{L_{\min}}{L_{\max}} \quad (10)$$

(10) bağıntısında, L maks ve L min, yolun 1/4'ünde bulunduğu kabul edilen gözlem noktasından geçen ve yolun boyuna eksenine paralel olan doğrultu üzerinde ve sürücünün görüş alanı içindeki maksimum ve minimum parlıltılardır.

Yol Aydınlatmasına İlişkin Uluslararası Öneriler

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIE'ye göre yollar trafik türü ve yoğunluğuna göre **Tablo III**'te görüldüğü gibi sınıflandırılmıştır:

Tablo III'te, A, B, C, D, E harfleri ile gösterilen yol sınıfları için, yol çevresinin aydınlık veya karanlık oluşuna göre, yol aydınlatmasına ilişkin kalite büyüklüklerinin CIE'ye göre tavsiye edilen değerleri **Tablo IV**'de gösterilmiştir. Tablo IV'deki değerler tavsiye edilen minimum

değerler olup, kullanılan ışık kaynağının eskime faktörü ve aygıtların kirlenme (bakım) faktörleri göz önüne alınarak hesaplanmalıdır. Az yoğun ve düşük hızlı motorlu taşıt trafiği olan ve kaza olma olasılığı düşük yollar için ekonomik zorunluluk varsa, Tablo IV'deki U_L için verilen değerler biraz düşürülebilir; bununla beraber her halde L_o ve U_o değerlerinin verilen değerlerin altına düşürülmemesi tavsiye edilir.

CIE'YE GÖRE YOL TANIMLARI

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIE'nin "Motorlu Trafik Yollarının Aydınlatılması İçin Tavsiyeler" adlı, 1977 yılında yayımlanan 12 numaralı yayınında Yol Tipleri'ne ilişkin terminoloji aşağıdaki gibi verilmiştir;

YOL: Kamu'ya ait taşıt trafiği için kullanılan her türlü yol'a verilen genel ad. ➔

Tablo: III- Trafik türü ve yoğunluğuna göre yolların sınıflandırılması

	Yol sınıfı	Trafik yoğunluğu ve türü	Yol türleri
Yalnızca motorlu taşıt trafiği	A	Çok yoğun ve yüksek hızlı	otoyol ve ekspres yollar
	B	Motorlu taşıt trafiği	Ana yollar
	C	Yoğun ve orta hızlı motorlu taşıt trafiği	Çevre yolları
		Yoğun ve orta hızlı karışık Trafik (yaya trafiği var)	Radyal yollar
Karışık trafik	D	Orta yoğunlukta ve büyük bir kısmını yavaş giden motorlu araçlar ve yayaların oluşturduğu karışık trafik	Ticari caddeler Alış-veriş caddeleri
	E	Düşük hızlı az yoğun karışık trafik (yaya trafiği hakim)	Şehir içi yolları

Tablo: IV- CIE'ye göre çeşitli yol sınıfları için yol aydınlatmasının kalite büyüklüklerinin tavsiye edilen değerleri

Yol sınıfı	Çevre	L_0 (cd/m ²)	U_0	U_L
A	nasıl olursa olsun	2	0,4	0,7
B	aydınlık karanlık	2 1	0,4	0,7
C	aydınlık karanlık	2 1	0,4	0,5
D	aydınlık	2	0,4	0,5
E	aydınlık karanlık	1 0,5	0,4	0,5

Roadway (USA, CD), Voie Publique (F), Strasse (D)

CADDE: Bir veya iki yanından, kısmen veya tamamen binalar ve yaya kaldırımları ve sınırlanmış yol. Street (USA, CD), Rue (F), Stadtstrasse (D)

OTOYOL: Yalnızca motorlu taşıt trafiği için kullanılan ve yalnızca hemzemin olmayan kavşaklar yardımı ile girilip çıkılabilen, durma ve park etmenin yasaklandığı yollar. Bu tip yollar iki veya daha fazla, bir birinden ayrı ve tek yönlü, yanyana giden (gidiş ve geliş trafik yönleri için) yol ihtiva eder.

Freeway (USA, CD), Autoroute (F), Autobahn (D)

EKSPRES YOL: Otoyol'a benzeyen fakat,

– İki veya daha fazla tek yönlü yol (yanyana ve birbirinden refüj v.b. ile ayrılmış gidiş ve geliş yolları) ihtiva etmeyen,

– Kavşakların hepsi hemzemin olmayan yollardır.

Expressway (USA, CD), Voie express (F), Schnellverkehrsstrasse (D)

ÇOK AMAÇLI YOL: Her türlü taşıt trafiğine açık yol, (yayalar, bisiklet ve motosiklet dahil). Diğer yolları Otoyol'dan ayırt etmek amacı ile kullanılan bir ad.

Route Ordinaire (F), Öffentliche Strasse (D)

ANA YOL: Ülkenin iç ulaşım sisteminde kullanılan yoğun trafikli yollar.

Major Highway, Arterial Highway (USA, CD); Raute à grand traf-

fic, Route primaire (F); Hauptverkehrsstrasse Verkehrsstrasse (D)

TALİ YOL: Ülke içi ulaşımda kullanılan ve trafik yoğunluğu ana yol'a göre daha az olan yollar.

Minor Highway (USA, CD), Route secondaire (F), Nebenstrasse (D)

ÇEVRE YOLU: Şehirlerin çevresini dolaşan ve trafiği şehir merkezinden uzaklaştıran yollar.

Belt Highway (USA, CD), Voie de ceinture Rode (F), Ringstrasse (D).

Baulevard périphérique (F), Ortsumgehung (D),

RADYAL YOL: Bir şehrin merkezi yerleşim bölgelerini, şehir dışı yerleşim bölgelerine direkt olarak bağlayan yollar.

Radial Highway (USA, CD), Radiale (F), Radialstrasse (D),

TİCARİ CADDE: Yanlarında binalar olan, ticari amaçlarla kullanılan ve ağır yüklü taşıt trafiğinin fazla olduğu, geceleri genellikle aydınlatmasına gerek olmayan yollar.

Commercial Street (USA, CD), Rue de commerce (F), Industriestrasse (D)

ALIŞ VERİŞ CADDESİ: Yanlarında binalar ve çoğunlukla dükkanlar ve büyük mağazalar bulunan, geceleri genellikle aydınlatılan ve yoğun yaya trafiği olan yollar.

Shopping Street (USA, CD), Rue Commercante (F), Geschäftsstrasse (D)

Not: Yukarıdaki tanımlarda;

USA: Amerika Birleşik Devletleri

CD: Kanada

F: Fransa

D: Federal Almanya anlamına gelmektedir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

– Van Bommel, W. J. M., de Boer, J. B.: Road Lighting, Eindhoven, Philips Technical Library, (1980).

– Adrian, W., Hochstadt, E., Roch, J., Schram, W., Stolzenberg, K.: Methoden der Leuchtdichteberechnung für Strassenbeleuchtung, IITG, Veröffentlichung des Fachausschusses "Aussenbeleuchtung", Karlsruhe (1970).

– de Boer, J. B.: Public Lighting, Philips Technical Library, Eindhoven (1967).

– de Boer, J. B.: Quality Aspects in Public Lighting, Philips Engineering Report 24, (1972).

– v. Bommel, W. J. M.: Luminance Calculations for Road Lighting, Philips Engineering Report 26, (1975).

– v. Bommel, W. J. M.: Luminance Calculations for Road Lighting, Philips Engineering Report 27, (1976).

– v. Bommel, W. J. M.; van den Bijlaardt, D., Defraipont, W. J., Tan, T. H.: Catenary Lighting, Philips Engineering Report 41, (1979).

– v. Bommel, W. J. M.: Optimum Utilization of Energy in Public Lighting, Philips Engineering Report 31, (1975).

– v. Bommel, W. J. M.: Public Lighting in Urban Planning, III. African Highway Conference, (1976)

– v. Bommel, W. J. M.: Principles of Road Lighting, Philips Engineering Report 39, (1976).

– CIE Publication No. 8: Street Lighting and Accidents, Paris (1960).

– CIE Publication No. 12: International Recommendations for the Lighting of Public Thoroughfares, Paris (1965).

– CIE Publication No. 12: Recommendations for the Lighting of Roads for Motorized Traffic, Paris (1977).

– CIE Publication No. 17: International Lighting Vocabulary, Paris (1970).

– CIE Publication No. 23: International Recommendations for Motorway Lighting Paris (1972).

– CIE Publication No. 30: No:31 No. 32, b: