

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAMAŞMA VE KAMAŞMANIN  
BELİRLENMESİNDE  
KULLANILAN YÖNTEMLERİN  
İNCELENMESİ**

**Mimar Esra KILIÇ**

**F.B.E. Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında  
hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Rengin ÜNVER**

**Istanbul, 1994**

## İÇİNDEKİLER

### TÜRKÇE ÖZET

### İNGİLİZCE ÖZET

### GİRİŞ

## 1. GÖRSEL KONFOR ÖLÇÜTLERİ VE KAMAŞMA

### 1.1. Görme Organı Yapısı ve İşleyişi

### 1.2. Gözün Uyması

### 1.3. Görme Alanı

## 2. GÖRSEL ALGILAMA

### 2.1. Karşıtlık

#### 2.1.1. Işıklılık Karşıtlığı

#### 2.1.2. Renk Türü Karşıtlığı

### 2.2. Karşıtlığın Algılanması

### 2.3. Görme Keskinliği

### 2.4. Karşıtlık Geriverim İndeksi

## 3. KAMAŞMA

### 3.1. Kamaşmanın Türleri

#### 3.1.1 Konforsuzluk Kamaşması

#### 3.1.2 Yetersizlik Kamaşması

#### 3.1.3 Köreltici Kamaşma

#### 3.1.4 Dolaysız ve Yansımayla Kamaşma

### 3.2 Gün Işığı ve Kamaşma

#### 3.2.1 Gün Işığı ve Konforsuzluk Kamaşması

#### 3.2.2 Gün Işığı ve Yetersizlik Kamaşması

#### 3.2.3 Gün Işığından Ötürü Oluşan Kamaşmaya

#### Karşı Alınabilecek Önlemler

i

1

2

3

7

8

11

11

12

14

14

17

18

20

27

28

29

31

32

34

34

36

37

37

4. KONFORSUZLUK KAMAŞMANIN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER	39
4.1. CIBSE Kamaşma İndeksi (GI ) Yöntemi	40
4.1.1 Kamaşma İndeksi	41
4.1.1.1 Kamaşma Değişiminin Hesaplanması	41
4.1.1.1.1 Kamaşma Değişimi Değerine Göre Konforsuzluk Kamaşmasının Değerlendirilmesi	48
4.1.1.2 Kamaşma İndeksinin Hesaplanması	49
4.1.1.2.1 Kamaşma İndeksi Değerine Göre Konforsuzluk Kamaşmasının değerlendirilmesi	49
4.1.2 Kamaşma İndeksi Hesabının Kolaylaştırılması	50
4.1.2.1 Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksinin Hesabı İçin Yapılan Varsayımlar	50
4.1.2.2 Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi	51
4.1.2.3 Belli bir Aydınlatma Aygıtının Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi Çizelgesinin Oluşturulmasında İzlenebilecek İşlem Sırası ve Bir Örnek	58
4.1.3 Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi Çizelgelerinden Kamaşma İndeksinin Bulunması	7-
4.1.4 UGI ve Dönüşüm Değerlerini Kullanarak Ortamdaki Konforsuzluk Kamaşmasının Belirlenmesi	79
4.2. Görsel Konfor Olasılığı (VCP)	84
4.2.1 Görsel Konfor Olasılığının (VCP) Hesaplanması	85
4.2.1.1 Görsel Konfor Olasılığı (VCP) Değerlerine Göre Konforsuzluk Kamaşmasının Değerlendirilmesi	89
4.2.2 Görsel Konfor Olasılığı (VCP) Yönteminin Kolaylaştırılması	90
4.2.2.1 VCP Çizelgelerinin Oluşturulması için Yapılan Varsayımlar	90
4.2.2.2 Kamaşma Değişimi Formülünün Yeniden Düzenlenmesi	92
4.2.2.3 VCP Çizelgelerindeki Değerlerin Hesaplanması	102
4.2.2.4 Belli Bir Aydınlatma Aygıtının VCP Çizelgesinin Oluşturulmasında İzlenebilecek İşlem Sırası ve Bir Örnek	111

4.3. Kamaşma İndeksi (GI) ve Görsel Konfor Olasılığı (VCP) Yöntemlerinin Karşılaştırılması	128
4.3.1 GI ve VCP Yöntemlerinin Değerlendirilmesi	128
4.3.1.1 CIBSE Kamaşma İndeksi Yönteminin Değerlendirilmesi	129
4.3.1.2 Görsel Konfor Olasılığı Yönteminin Değerlendirilmesi	129
4.3.2 GI ve VCP Yöntemlerinin Karşılaştırılması <i>ve Bir     rnek</i>	130
5. KONFORSUZLUK KAMAşMANIN DENETİMİ	132
5.1 Dolaysız Konforsuzluk Kamaşmasının Denetimi	133
5.2 Yansımaya Konforsuzluk Kamaşmasının Denetimi	137
6. SONUÇ	139
KAYNAKLAR	141
ZGEÇMİş	

## ÖZET

İnsan dış dünya ile olan ilişkisini büyük oranda görsel algılama aracılığı ile gerçekleştirir. Bundan ötürü, bir ortamda, görsel algılama için gerekli olan iyi görme koşullarının ya da başka bir deyişle, görsel konforun sağlanması büyük önem taşır.

İyi görme koşulları ise ortamda oluşturulan aydınlığın, nicelik ve niteliğine bağlıdır. Bu çalışmada, bir ortamda, görsel konfor açısından, varlığı kabul edilemez olan kamaşma, türleri ve kamaşmanın değerlendirilmesi konuları incelenmiştir. Ancak, konunun daha iyi anlaşılabilmesi açısından, kamaşmanın oluşumunda önemli birer etken olan, görme organı, işleyiş biçimi ve görsel algılamanın temelini oluşturan, karşıtlık konularına da değinilmiştir.

Kamaşmanın oluşumunu inceleyerek, buna bağlı olarak yapılan değerlendirmeleri ve alınabilecek önlemleri kapsayan bu çalışma 5 bölümden oluşmaktadır.

1. bölümde, kamaşma olayının oluşmasında büyük bir etken olan, görme organı ve özellikleri incelenmiştir.

2. bölümde, görsel algılamanın koşulu olan ancak, belirli sınırları geçmesi durumunda, kamaşmaya neden olan karşıtlık konusuna değinilmiştir.

3. Bölümde ise, 1.ve 2. bölümde anlatılan, görme organının yapısı ve karşıtlık konularına bağlı olarak oluşan kamaşma ve kişide yarattığı duyulanmalara bağlı olarak, değişik isimler alan kamaşma türleri incelenmiştir.

4. bölümde, kapalı bir mekanda, yapay ışık kaynaklarının kullanılması durumunda, oluşabilecek kamaşmanın sayısal değer olarak hesaplanması için, çeşitli ülkelerde kullanılan yöntemlerden, "*CIBSE kamaşma indeksi (GI)*" ve "*görsel konfor olasılığı (VCP)*" yöntemleri, incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

5. bölümde ise, oluş nedeni ve biçimi bilinen kamaşmaya karşı alınabilecek önlemlerle ilgili ana ilkeler ortaya konulmuştur.

## SUMMARY

Humans realize their interaction with the outer world by visual perception to a great extent. Hence, it is very important that conditions for comfortable vision should exist in an environment.

Conditions for comfortable vision heavily depends on the quality of illumination in the environment. In this study, glare which is unacceptable in an environment from the visual comfort point of view, its types and evaluation of glare have been examined. For the sake of being more explicit, visual organ -a major factor for glare, its method of operation, and concept of contrast which forms the basis of visual perception have been emphasized.

This study examines the formation of glare, the methods of evaluation based on the formation, and possible precautions that could be taken. The study consists of 5 sections.

In the first section, visual organ -a major factor for the formation of glare, and its properties have been investigated.

In the second section, concept of contrast which is a must for visual perception, which also causes glare in the case of exceeding some defined limits, have been emphasized.

In the third section, glare caused by the anatomy of the visual organ and the concept of contrast as described in the first two sections have been investigated. The different types of glare that are named differently according to the impressions they have on humans have been examined.

In the fourth section, methods used in various countries to calculate numerical values for the glare in an environment have been investigated. Among those CIBSE Glare Index (GI) and Visual Comfort Probability (VCP) have been examined and compared in detail.

In the fifth section, main principles concerning the precautions against the glare of which reason and formation is well defined, have been put forward.

## GİRİŞ

İnsan, dış dünyası ile olan ilişkisini duyu organları aracılığı ile gerçekleştirir. Görme organı ise bu ilişkinin kurulmasında %90 gibi büyük bir paya sahiptir. Yani, çevremizden haberdar olmamız, büyük oranda görsel algılama aracılığı ile gerçekleşir.

Göz, çevredeki nesnelere yansıyan ışık enerjisini, sinirsel uyarılar biçimine dönüştürerek beyne iletir. Beyin, belleğinde yardımıyla, gelen uyarıların nicelik ve niteliğine bağlı olarak bir yargıya varır. Gelen uyarıların nicelik ve nitelikte, yeterli ve doğru olması, yargı işlemini kolaylaştırdığı gibi, yargının doğruluğunu da etkiler

Bir ortamda görsel konforun, ortamdaki aydınlığın niteliğinden ötürü zedelenmesi, yapılan işlemin niteliğini bozduğu gibi, çalışan kişilerin ruhsal ve fiziksel sağlığını da doğrudan etkiler.

Genelde ortamdaki aşırı ışıklılık ayrımlar sonucu oluşan ve görsel konfor ölçütlerinden biri olan kamaşma ise, o ortamda görsel konforu olumsuz olarak etkileyen en önemli etkenlerden biridir. Bundan ötürü kamaşma, bir ortamda aydınlığın niteliği açısından varlığı kesinlikle kabul edilemez bir olgudur.

Kamaşma, görsel algılamayı bozduğundan ve zorlaştırdığından ötürü önlenmesi gerekir. Ancak, kamaşma kişilerin duyulanmasına bağlı olan öznel bir olgu olduğundan hesaplanması basit ve kesin değildir. Bu nedenle, bir ortamda oluşan kamaşmanın değerlendirilmesi için geliştirilen yöntemler birbirlerinden oldukça değişiktir.

Bu çalışmanın amacı, kamaşmaya neden olan etkenleri inceleyerek, kamaşmanın oluşumuna bağlı olarak alınabilecek önlemleri ilkeler halinde ortaya koymak ve yapay ışık kaynaklarının neden olduğu kamaşmanın değerlendirilmesinde, yaygın olarak kullanılan iki yöntemi inceleyerek karşılaştırmaktır.

Kamaşmanın değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerin incelenmesi ve alınabilecek önlemlerin belirlenebilmesi içinse, kamaşma konusunun temel özelliklerin bilinmesi gerekir. Bundan dolayı kamaşmanın en önemli iki nedeninden biri olan gözün yapısı ve işleyişi 1. bölümde, karşıtlık ve görsel algılama konuları da 2. bölümde, kapsamlı olarak incelenmiştir.

## 1 GÖRSEL KONFOR ÖLÇÜTLERİ VE KAMAŞMA

Aydınlığın niceliği, görsel konforun sağlanması için önemli bir öge olmakla birlikte, asıl önemli olan, oluşturulan aydınlığın niteliğidir. Çünkü, çoğu kez ortamda yeterli aydınlığın sağlanmasına karşın, aydınlatma tekniği açısından var olan eksik ve hatalardan yani, aydınlatmanın biçimindeki bozukluklardan ötürü, sözkonusu ortamda iyi görme koşulları sağlanamamaktadır.

Görsel konforun sağlanmasının iki genel ölçütten biri olan *aydınlığın niceliği*, aydınlığın azlığını çokluğunu belirten tek boyutlu basit bir kavram olmasına karşın *aydınlığın niteliği*,

- aydınlığın dağılışı.
- durağanlığı.
- devingenliği.
- oluşturduğu gölgenin biçimi.
- aydınlığı oluşturan ışığın rengi.
- alansal yapısı.
- yayınlık oranı.

gibi birçok ögesel kavramı ve tanımını içeren oldukça karmaşık ve zor anlaşılır bir kavramdır. (Sirel Ş., Aydınlatmayı Aydınlatma adlı makaleden)

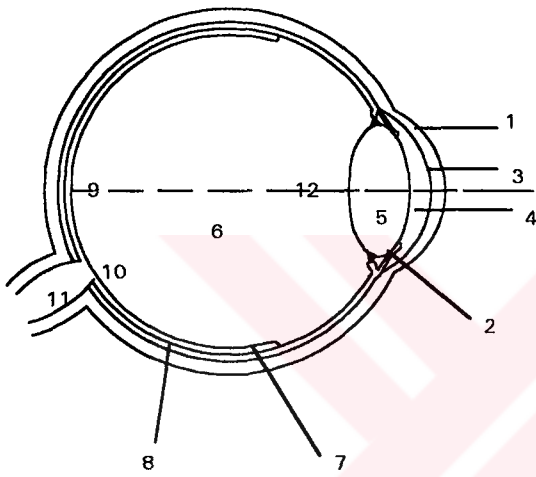
Bir ortamda özenle ve yukarıda sıralanan görsel konfor ölçütlerini göz önüne alarak oluşturulan aydınlığın, mekanın kullanma amacına, mimari karakter ve uslubuna, görünür kıldığı nesnelere biçimsel, renksel ve dokusal özelliklerine uyması, onları gözlemciye en doğru, en güzel biçimde ve gerçek özellikleri ile göstermesi, bu özelliklere, üsluba ve karaktere yabancı kalmaması ve onu zayıflatmaması gerekir. Ayrıca, oluşturulan aydınlık ile, görülmesi gereken ayrıntıların rahatça görülmesi, bunların uzun süre yorulmadan incelenebilmesi, bu aydınlığın, kişide fizyolojik ya da psikolojik zararlı birikimlere neden olmaması gerekir. Bir ortamda yapılan aydınlatma düzeni ile oluşturulan aydınlık ile ilgili gerçekleşmesi beklenen ve gereken tüm bu koşullar, aydınlığın niteliğini, yani görsel konfor ölçütlerini belirleyen en önemli etkenlerdir.

Görsel konfor ölçütlerinden biri olan aydınlığın dağılışı ile ilgili, ortamdaki aşırı ışıklılık ayrımları, sonucu oluşan **kamaşma** ise, o ortamda görsel konforu olumsuz olarak etkileyen en önemli etkenlerden biridir. Kamaşma konusunu incelemeye başlamadan önce, oluşumunun en önemli etkenlerinden biri olan, görme organı ve işleyişi aşağıdaki bölümde ele alınmıştır.



### 1.1. Görme Organı Yapısı ve İşleyişi

**Görme organı;** göz, görme sinirleri ve beyinden oluşan, gelen ışık uyarılarını sinirsel uyarımlar biçimine dönüştüren ve bunlardan bir yargıya varan sistemin bütünüdür. (Sirel Ş., Aydınlatma Terimleri Sözlüğü 1984) Göz, görme organının, içinde dış dünyanın görüntüsünün oluştuğu ve bu görüntünün sinirsel uyarımlara dönüştüğü başlangıç parçasıdır. Gözün yapısı ise, aşağıdaki gibidir. (Ünver R., Parıltı ve Işıklılık Terimlerinde Tarihsel Gelişme ve Bugünkü Tanımlar, 1990)



Şekil 1.1 - Gözün şematik kesiti

- 1 Saydam tabaka
- 2 İris
- 3 Gözbebeği
- 4 Ön oda
- 5 Mercek
- 6 Camsı sıvı
- 7 Ağtabaka
- 8 Göz akı
- 9 Sarı leke ve fovea
- 10 Kör nokta
- 11 Görme sinirleri
- 12 Göz eksenini

1) **Saydam tabaka:** Gözün en dışında bulunan ve gözü çevreleyen bu katman, sert bir yapıya sahiptir. Gözün ön kısmına doğru saydam bir yapıya bürünür.

2) **İris:** Gözbebeğinin çapını değiştirir.

3) **Gözbebeği:** Bakılan nesnelere gelen ışığın, niceliğini denetler. Daire şeklinde olan bu açıklık, gelen ışığın niceliğine bağlı olarak büyür veya küçülür. Bu dairenin çapı, 2-8 mm arasında değişebilir. Yani, yüksek ışıklılık düzeylerinde 2 mm, düşük ışıklılık düzeylerinde ise 8 mm kadar olabilir.

4) **Ön oda :** Gözbebeğinin hemen önünde olan bir tür koruyucu tabakadır.

5) **Mercek:** Bakılan nesnenin uzaklığına bağlı olarak, bir takım kaslarının yardımı ile fiziksel biçimini ve dolayısıyla odak uzaklığını değiştirir ve bakılan nesnenin netlik ayarını yapar. Normal bir insan gözü, 15 cm den sonsuza kadar net görebilir.

6) **Camsı sıvı:** Göz boşluğunu doldurur ve çok saydam bir yapısı vardır.

7) **Ağtabaka:** Gözün arka tarafını kaplayan oldukça ince ve saydam bir tabakadır. Ağtabaka, üzerine gelen ışık enerjisini, fotoelektrik olaylar sonucu, sinirsel uyarımlar biçimine

dönüştürür. Işığın, sinirsel uyarılar biçimine dönüşmesi, niceliğine bağlı olarak değişik alıcılar tarafından gerçekleşir. Biçimlerinden dolayı, *sopacıklar ve koniler* olarak adlandırılan bu alıcıların, işlevleri de biçimleri kadar birbirinden ayrıdır.

**Sopacıklar**, ışığa çok duyarlı olan ve fotokimyasal özellikleri iyi bilinen *görsel mor* adlı bir özdek içerir. Bu özdek nedeniyle ışığa duyarlılıkları çok fazladır. Sopacıklar üzerinde yapılan araştırmalar, ağtabaka en duyarlı durumda iken, bir ya da iki ışık taneciğinin, bir sopacığın kimyasal yönden etkilemesi ile ışık duyulanmasının olduğunu göstermiştir. Işığa bu kadar çok duyarlı olan sopacıkların, renkleri algılama yeteneği yoktur, yani, sopacıklarla çevremizi, siyah beyaz film gibi görürüz. Sonuç olarak aydınlık düzeyi düşük iken, başka bir deyişle, ışıklılık düzeyleri  $10^{-5}$  ile 0.5 asb arasındayken, yalnız, renklere karşı duyarlılığı olmayan sopacıklar çalışır. Sopacıklar aracılığı ile görmeye *gece görmesi* denir

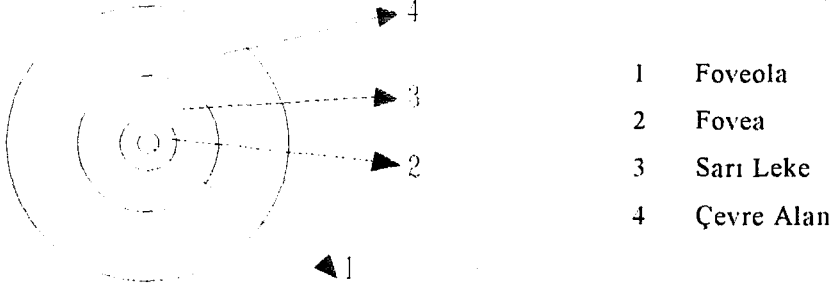
**Konilerde** ise görsel mor ya hiç yoktur ya da o kadar azdır ki, bunların bir duyulanma yaratabilmesi için ağtabakaya düşen ışığın niceliğinin, belli bir düzeyin üzerinde olması gerekir. Bu alıcılar ise renklere karşı duyarlıdır ve ayrıntıların algılanması bunlar aracılığı ile olur. Aydınlık düzeyi orta ve yüksek iken, başka bir deyişle, ışıklılık düzeyleri 10 ile 10.000 asb arasındayken, yalnız koniler çalışır. Koniler aracılığı ile görmeye, *gündüz görmesi* adı verilir.

Birbirinden değişik biçimleri olan, ve değişik aydınlık düzeylerinde çalışan koni ve sopacıkların duyarlı olduğu ışıklılık sınırları aşağıdaki gibidir. (W. Köhler, Lichtarchitectur)

$10^{-5}$ - $10^{-4}$	asb arası	: Sopacıklarla görme alt sınırı
0.05 - 0.5	asb arası	: Sopacıklarla görme üst sınırı
0.5 - 10	asb arası	: Koni ve sopacıklarla birlikte görme
10 - 12	asb arası	: Yalnız koniler çalışır.
200 - 10 000	asb arası	: En iyi görme koşulu

Koni ve sopacıkların, ağtabaka üzerindeki dağılımları da ayrım gösterir. Ağtabakanın tam ortasında ve göz ekseninin ağtabakayı kestiği noktada, 0.3 mm çapında yalnızca konilerin bulunduğu *Foveola* olarak adlandırılan bölge bulunur. Foveola'nın çevresinde yaklaşık 0.4 ile 0.8 mm çapında *Fovea* ya da *Fovea Merkezi* adı verilen bölüm bulunur. Fovea'da, hemen hemen yalnız koniler bulunur. Burası, en net ve ayrıntılı görme alanıdır. Fovea'nın çevresinde, yaklaşık 2mm çapında, sarı renkli *Sarı Leke* adlı bölüm bulunur. Fovea'dan uzaklaştıkça, konilerin sayısı azalırken sopacıkların sayısı artar. Sarı lekenin çevresinde ise,

konilerin az sopacıkların çok sayıda olduğu ve *Çevre Alan* olarak adlandırılan ağtabaka bölümü bulunur.( Bkz. Şekil 1.2. )



Şekil 1.2. - Koni ve sopacıkların ağtabaka üzerindeki dağılımı

Herhangi bir ayrıntıyı görmek istediğimizde gözümüzü o noktaya dikip, başımızı sabit tutarak, görüntünün fovea üzerine düşmesini sağlarız. Böyle bir durumda, aydınlık düzeyi azaltılacak olursa bu bölgede sopacıklar bulunmadığından baktığımız ayrıntıyı göremeyiz. Bu durumda bakışımızı hafifçe çevirirsek ( $5^\circ \sim 6^\circ$ ) görüntü, sopacıkların daha yoğun olduğu bölgeye düşeceğinden ayrıntıyı yeniden algılayabiliriz.

Koni ve sopacıkların, nicelikleri ve sınırlara bağlanma biçimleri de aynı değildir. Ağtabakada yaklaşık olarak 120 - 125 milyon sopacık, 6.5 - 7 milyon koni bulunmaktadır. Bunlar bir milyon sinir lifi ile görme merkezine bağlanmıştır. Fovea'daki tüm konilerin her biri ayrı sinir lifi aracılığıyla, görme merkezine bağlanır. Fovea'dan uzaklaştıkça bir sinir lifine bağlanan koni ve sopacık sayısı artar, hatta, çevre alanda 100 sopacığın aynı sinir lifine bağlı olduğu bölgeler vardır.

Buradan da anlaşılacağı gibi, fovea'da bulunan her koni bir sinir lifi ile görme merkezine bağlandığı için, bakılan nesnenin görüntüsü bu bölgede oluştuğunda en net algılama gerçekleşir. Oluşan görüntü bu sınırların dışına çıktıkça, bir sinir lifine bağlanan alıcı hücre sayısı arttığından, algılanan görüntünün netliği de bozulur.

Özetle, ağtabaka üzerinde bulunan ve ışık erkesini sinirsel uyarılar biçimine dönüştüren, sopacıklar, düşük aydınlık düzeylerinde, çalışırlar. Sopacıklar, nesnenin renksel özelliklerini algılayamadıkları gibi, ayrıntıları algılama nitelikleri de düşüktür. Koniler ise, orta ve

yüksek aydınlık düzeylerinde çalışır. Renk ve ayrıntıları algılama, bu hücreler aracılığı ile gerçekleşir.

- 8) **Göz akı** : Ağtabakayı ve camı sıvıyı çevreleyen katmandır.
- 9) **Sarı leke ve fovea** : Ağtabakada bulunan alıcı hücrelerden, ayrıntılı algılamayı gerçekleştiren konilerin bulunduğu bölgedir.
- 10) **Kör nokta** : Görme sinirlerinin, ağtabakaya birleştiği noktadır. Bu noktada görsel algılama olmaz.
- 11) **Görme sinirleri** : Ağtabaka tarafından, algılanan uyarıları, beyne ileten sinirlerdir.
- 12) **Görme eksen** : Bakılan nesne ile foveayı birleştiren doğrudur. Bu eksen, ayrıca bakış doğrultusunu da belirler.

Yukarıda belirtilen, bölümlerden ve beyinden oluşan görme organının işleyişi ise kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilir. Nesnelere göze gelen ışık, bir tür koruyucu olan, *saydam tabakadan* geçtikten sonra, açıklığı *iris* tarafından denetlenen *gözbebeğine* gelir. Çapı, 2 ile 8 mm arasında değişen gözbebeği, bu hareketi ile, içeriye giren ışığın niceliğini denetler. Niceliği belli ölçülerde denetlenen ışık, koruyucu bir tabaka olan *ön odadan* geçtikten sonra, merceğe gelir. Işık, *mercekten* geçerken, bakılan noktanın uzaklığına bağlı olarak kırılır ve ağtabaka üzerine düşer. Işık, ağtabakaya gelmeden önce, göz boşluğunu dolduran, saydam, ancak heterojen yapısından ötürü görüntünün tam olarak odaklanmasına engel olan *camı sıvıdan* geçer. Tüm bu katmanlardan geçen ışık, *ağtabakaya* gelir.

Ağtabakaya gelen ışık, niceliğine bağlı olarak, sopacıklar veya koniler aracılığı ile algılanarak beyne iletmeye uygun bir biçime dönüştürür. Dönüştürme işleminin bitmesiyle görme organının, başlangıç bölümü olan gözün işlevi sona erer. Beynin algılayacağı biçime dönüşen ışık erkesi, daha sonra, görme sinirleri aracılığı ile, beynin, görme ile ilgili merkezine iletilir. Beynin görme merkezi ise, gelen uyarılara göre belleğin de yardımıyla bir yargıya varır ve böylece görme olayı tamamlanır.

## 1.2. Gözün Uyması

Yaşayan organizmaların karşılaştıkları ortam değişikliklerine alışma özelliklerine, bilimsel dilde *uyma (adaptasyon)* adı verilir (Sirel Ş., Aydınlatma Terimleri Sözlüğü 1984). Gözün ise:

- 1) renksel uyma ve
- 2) ışıklılık uyması

olmak üzere iki tür uyması söz konusudur.

**Gözün renksel uyması:**

Gözün renksel uyması, ağtabakada yer alan alıcıların, ışığın dalga boyuna, başka bir deyişle, renklere olan duyarlılıklarını değiştirmesi sonucu oluşur. Bu, bir bakıma renklere alışma biçiminde düşünülebilir. Gözün renksel uyması, nesnenin görünen renksel doymuşluğuna duyarlılığını azaltması olarak da tanımlanabilir. Gözün renksel uyması, bu çalışmanın kapsamına girmediği için, bu konu kapsamlı olarak incelenmemiştir.

**Gözün ışıklılık uyması :**

Gözün ışıklılık uyması, genel olarak, karanlığa alışma, karanlıkta ya da karanlıktan aydınlığa çıkıldığında görmeye başlama, aydınlığa alışma biçiminde tanımlanır.

Göz birbirinden çok değişik aydınlık düzeylerinde çevresini algılayabilir. Buna, kişinin, açık, güneşli bir günde ve ay ışığı altında - aynı nitelikte olmasa da - çevresini algılayabilmesi, örnek olarak verilebilir. Bu iki değişik koşulda, ortalama aydınlık düzeyleri arasındaki oran, bir milyon kadardır. Buradan da anlaşılacağı gibi görme organı, aralarında, büyük ışıklılık ayrımları olan ortamlarda, çevresini algılama yetisindedir ve bu yeteneğine, *gözün ışıklılık uyması* denir.

Gözün ışıklılık uyması, değişen ortam ışıklılıklarının oranına bağlı olarak, gözbebeği ve ağtabaka, olmak üzere görme organının iki ayrı bölümünde oluşur.

**1) Gözbebeğinin ışıklılık uyması:**

Gözbebeğinin, ortamın değişik ışıklılıklarına uymak, için büzülüp genişlemesidir. Gözbebeğinin çapı, değişik ışıklılıklar altında 4 kat, yani yüzey alanı olarak 16 kat değişebilir. Bu değişim, ışıklılıklar arasında çok büyük ayrım olmadığı durumlarda, görsel algılama için yeterlidir. Ancak, karanlıktan, yüksek aydınlığa çıkılması gibi, ışıklılıkların çok büyük değişim gösterdiği durumlarda, gözbebeğinin hareketleri, görsel algılamanın gerçekleşmesi için yeterli değildir. Bu durumda, gözün çevreyi algılaması, ağtabakanın ortama uyması ile gerçekleşir.

## 2) Ağtabakanın ışıklılık uyması

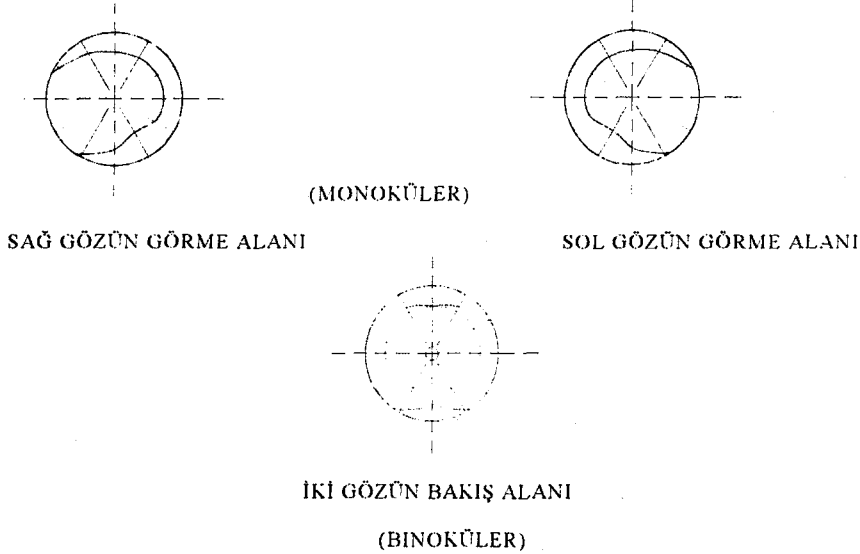
Karanlıktan aydınlığa ya da aydınlıktan karanlığa geçmek gibi, ortamların ışıklılıklarında ani ve büyük değişimlerin olması durumunda, görme organının, yeni ortamda çevresini algılaması değişik sürelerde (zaman dilimlerinde) gerçekleşir. Geçen süre içinde, ağtabakada görsel algılamayı gerçekleştiren, alıcı hücrelerin türü değişir. Bunun sonucunda, görsel algılamamanın gerçekleşmesine ise, *ağtabakanın ışıklılık uyması* denir. Ağtabakanın ışıklılık uyması, gözbebeğinin ışıklılık uymasına göre, daha ağır ve de zor gerçekleşen ve günlük hayatta daha az karşılaşılan bir durumdur.

Görme organı devamlı olarak ortamın genel ışıklılığına uyma yapmaya çalıştığından, görme alanında bulunan ışıklılıkların dağılımı, yukarıda anlatılan gözün ışıklılık uyması bakımından büyük önem taşır.

### 1.3. Görme Alanı

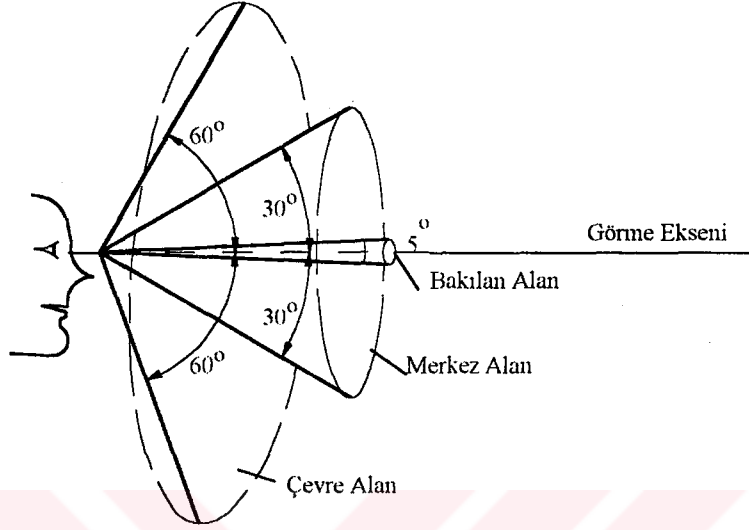
**Görme alanı**, gözün, hareket etmediği durumlarda görebildiği noktaların tamamıdır. Bu alan, gözün tepe noktası olduğu ve açısı yaklaşık 120 derece olan bir koninin, kaş ve burunla sınırlanan eğri tabanıdır.

Sağ ve sol gözün birbirinden farklı görme alanları vardır. Bir gözle görülen alana *monoküler* görme alanı, iki gözle birlikte görülen alana *binoküler* görme alanı denir. (Bkz Şekil 1.3)



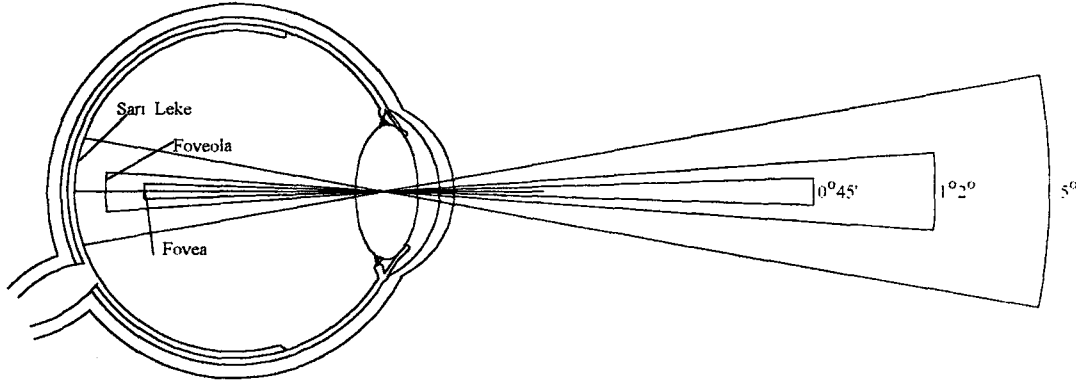
Şekil 1.3.-Sağ sol ve iki gözün beraber görme alanı (Robbins, Daylighting Design and Analysis, 1986)

Görme alanının her yerinde görüntüyü algılama niteliği aynı değildir. Görme niteliğine bağlı olarak, söz konusu koninin içinde, içiçe ve birbirini kesmeyen bir takım koniler bulunur. Bu konilerin tepe açıları, *görme açıları* oluşturur. (Bkz. Şekil 1.4 )



Şekil 1.4.- Görme alanının sınırlarını belirleyen görme açıları (Sirel Ş., Konutlarda Sun'i Aydınlatma 1974)

Söz konusu açıları, sopacık ve konilerin ağtabaka üzerindeki yerleşimi belirler (Bkz. Şekil 1.5). Görme açısı küçük iken, yani görüntü fovea'nın üzerindeyken ayrıntılı görme gerçekleşir. Açı büyüdükçe, görüntü foveanın dışına çıkar ve görüntünün netliği bozulur.



Şekil 1.5. - Ağtabakada yer alan bölümler ve bunların görüş açıları. (Ünver R., Parıltı ve Işıklılık Terimlerinde Tarihsel Gelişme ve Bugünkü Tanımlar, 1990)

Buradan da anlaşılacağı gibi, bakılan nesne, görme alanında merkezden kenara doğru gittikçe, algılanan görüntünün netliği bozulur.

Örneğin, gözümüz hareketsizken, görme ekseninde tuttuğumuz bir kalemi, gözümüze çok yaklaştırsak kalemin tümünü net bir şekilde göremeyiz. Kalem gözümüzden uzaklaştıkça, bütünü net bir şekilde görürüz. Bunun nedeni, kalem gözümüze çok yakın olduğunda ağtabaka üzerinde oluşan görüntünün foveanın dışına çıkmasıdır. Bu örnekten de anlaşılacağı gibi, büyüklüğü görme açıları ile değişen görme alanı, ayrıca nesnenin gözden uzaklığına bağlı olarak da büyür veya küçülür.





## 2. GÖRSEL ALGILAMA

Nesneden yansıyarak veya geçerek nicel ya da nitel değişimlere uğrayan ışığın, göze gelmesi, ağtabaka aracılığıyla sinirsel uyarılar biçimine dönüştürülmesi ve bunların beynin ilgili merkezine gönderilmesi sonucu gerçekleşen *görsel algılama*, görme organı, ışık ve nesne üçlüsünün varlığına bağlıdır.

Ancak, görme olayı için gerekli olan bu koşul, her zaman görsel algılamanın gerçekleşebilmesi için yeterli değildir. Örneğin, düzgün olarak aydınlatılmış, beyaz bir zemin üzerindeki, beyaz bir kağıttan göze ışık uyarıları gelmesine karşın, kağıt görsel olarak algılanamayabilir. Bunun nedeni, ağtabakada tamamen düzgün yayılmış bir aydınlık oluşması ve bunların sinirsel uyarılar olarak bir ayrım göstermemesi, bunun sonucunda da beynin, kağıdı ve çevresini, beraber ve aynı olarak değerlendirmesidir.

Sonuç olarak, *görsel algılama*, görme alanındaki nesnelere, görme olayı sonucu varlıklarının anlaşılmasıdır. Eğer, görme alanındaki değişik bölgelerden, göze gelen ışıkta nicel veya nitel herhangi bir ayrım yoksa, yani, bakılan alan ışıklılık ve renk türü bakımından bir bütün oluşturuyorsa, ve bu durum zaman içinde değişmiyorsa, görsel algılamadan bahsedilemez.

Buradan da anlaşılacağı gibi, görsel algılamanın gerçekleşebilmesi için, görme alanında, ışıklılık ve/ ya da renk türü bakımından ayrımlar olmalıdır. Görme alanında bulunan bu tür ayrımlara ise *karşıtlık* denir.

### 2.1. Karşıtlık

Karşıtlık öznel olarak; özellikle, mekan ya da zaman içinde, (aynı anda ya da art arda) yan yana duymasal uyarılarda, nicel yada nitel bir karşı olma etkisi olarak tanımlanır.

Görme alanı içinde oluşabilecek iki türlü karşıtlık vardır :

- 1) Işıklılık karşıtlığı
- 2) Renk türü karşıtlığı

### 2.1.1. Işıklılık Karşıtlığı

Işıklılık karşıtlığı, nesne ile arkaplan ışıklılıklarının oranıdır ve genellikle aşağıdaki formül ile tanımlanır. (IES Lighting Handbook Ref. Volume. 1984)

$$C = \frac{L_n - L_b}{L_n} \quad (2.1)$$

Burada:  $L_n$ : Nesnenin ışıklılığı.  
 $L_b$ : Arkaplanın ışıklılığı.

olarak gösterilmiştir.

Örneğin, ortalama aydınlık düzeyi 300 lm/m<sup>2</sup> olan beyaz ( $r = 0.9$ ) bir masanın üzerindeki orta grilikteki ( $r = 0.6$ ) bir nesnenin karşıtlığı aşağıdaki gibi hesaplanır.

1- Nesnenin ışıklılığı  $L_n = 0.6 \times 300 = 180$  asb

2-Arkaplanın ışıklılığı  $L_b = 0.9 \times 300 = 270$  asb

3- Karşıtlık  $C = \frac{180 - 270}{180} = 0.5$

Yani, ışıklılığı 180 asb olan nesnenin, ışıklılığı 270 asb olan arkaplan ile karşıtlığı % 50 dir.

Genel olarak ışıklılık karşıtlığı yukarıdaki formül ile tanımlanmasına karşın, ışıklılığın tanımından dolayı, özel durumlar için değişik formüller de yazılabilir. Işıklılık, yüzeylerin yansıtma çarpanları ile üzerlerinde bulunan aydınlık düzeyinin çarpımı ( $L = E \times r$ ) olduğuna göre; karşıtlık, nesne ve arkaplanın yansıtma çarpanına ya da aydınlık düzeyine bağlı olarak da tanımlanabilir. Bu durumda,

- Eşit aydınlık düzeyleri ve değişik yansıtıcılıklar için, karşıtlık,

$$C = \frac{r_b - r_k}{r_b} \quad (2.2)$$

formülü ile gösterilir. (IES Lighting Handbook Ref. Volume. 1984)

Burada:  $r_b$ : Büyük yansıtma çarpanı.

$r_k$ : Küçük yansıtma çarpanıdır.

Örneğin yukarıdaki formül uyarınca, beyaz kağıdın ( $r = 0.80$ ) üzerindeki siyah boyanın ( $r = 0.05$ ) karşılığı,

$$C = \frac{0.8 - 0.05}{0.8} = \frac{0.75}{0.8} = \%94 \text{ dür.}$$

• Eşit yansıtıcılık ve değişik aydınlık düzeyleri için karşılık:

$$C = \frac{E_b - E_k}{E_b} \quad (2.3)$$

formülü ile gösterilir.

Burada:  $E_b$  : Yüksek aydınlık düzeyi.

$E_k$  : Düşük aydınlık düzeyidir.

Örneğin, açık renkli bir odada, oda ile aynı renkte bir masa, üzerindeki masa lambası ile aydınlatılmış olduğunda ve odada başka ışık kaynağı bulunmaması durumunda, ışık kaynağının, masa kenarına uzaklığı 70 cm ve masanın kenarından görünen döşeme parçasına uzaklığı ortalama 250 cm ise, masanın kenarı ile döşeme arasındaki karşılık söz konusu iki noktanın aydınlıkları arasındaki oran uzaklığa bağlı olarak,  $70^2/250^2 = 1/13$  olup masanın kenarı, döşemeden 13 kez daha aydınlıktır.)

$$C = \frac{13 - 1}{13} = \frac{12}{13} = \%92 \text{ olur.}$$

• Karşıtlığın hesaplanmasında kullanılan başka bir formül ise aşağıdaki gibidir.

$$C = \frac{L_q - L_l}{L_q} \quad (2.4)$$

Burada:  $L_q$  : Yüksek ışıklılık.

$L_l$  : Düşük ışıklılık dır.

Bu formül, özellikle, siyah çizgili beyaz kağıt gibi, bakılan hedefin nerede bittiği, arkaplanın nerede başladığı belli olmayan düzenler için kullanılır.(IES Lighting Handbook Ref.1984)

### 2.1.2 Renk Türü Karşıtlığı

Görme alanı içinde nesne ile arkaplanı arasında, ışıklılık karşıtlığına ek olarak, görsel algılamayı kolaylaştıran ve hızlandıran renk türü karşıtlıkları da bulunabilir. Renk türü karşıtlığı özellikle, ışıklılık karşıtlığının düşük olduğu durumlarda, görsel algılamamanın kolaylığı açısından önem kazanır.

Renk türü karşıtlıkları günlük hayatta sürekli olarak yüzyüze olduğumuz bir durumdur. Işıklılıkların birbirine yakın olduğu durumlarda, daha da önem kazanan renk türü karşıtlığının sayısal anlatımı pek olanaklı olmamakla birlikte, (2.1 nolu) çizelgede renk türü karşıtlıkları büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. (Şerefhanoglu M., Konutlarda Aydınlatma 1972)

Çizelge 2.1 - Renk türü karşıtlıklarının büyükten küçüğe sıralanması

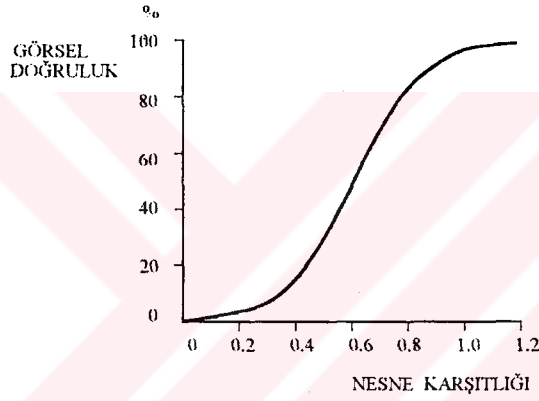
1	Sarı	üzerine	siyah
2	Beyaz	üzerine	yeşil
3	Beyaz	üzerine	kırmızı
4	Beyaz	üzerine	mavi
5	Mavi	üzerine	beyaz
6	Beyaz	üzerine	siyah
7	Siyah	üzerine	sarı
8	Kırmızı	üzerine	beyaz
9	Yeşil	üzerine	beyaz
10	Siyah	üzerine	beyaz
11	Sarı	üzerine	kırmızı
12	Kırmızı	üzerine	yeşil
13	Yeşil	üzerine	kırmızı

### 2.2. Karşıtlığın Algılanması

Bölüm 2'de de belirtildiği gibi, görmenin temelini, görme alanında bulunan karşıtlığın algılanması oluşturur. Görme alanında bulunan karşıtlıkların niceliği ise, görsel algılamamanın hızı ve niteliği ile doğrudan ilişkilidir.

Bu ilişki konusunda yapılan çalışmalarda, görsel algılamının gerçekleştiği en küçük karşıtlık değeri ile görsel algılamının hızı ve niteliğinin birbirini nasıl etkilediği araştırılmıştır.

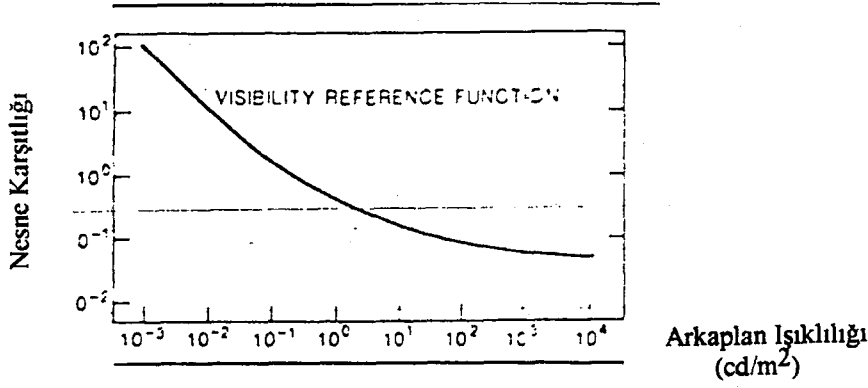
Işıklılığı belli bir arkaplan üzerinde bulunan ve ışıklılığı belirli bir değerde olan nesne, belli bir zaman dilimi içinde, kişiye belli sayıda tekrarlanarak gösterilmiştir. Aynı işlem, arkaplan ışıklılığı ve üzerindeki nesnenin ışıklılığı değiştirilerek, değişik koşullarda birçok kişiye uygulanmıştır. Belli bir bakma süresi içinde, belli ışıklılıkta bir arkaplan üzerinde, sözkonusu nesnenin ışıklılığı değiştirilerek, değişen her yeni koşulda, nesnenin algılanabilme yüzdesini saptamayı amaçlayan bu çalışmalar sonucunda da, şekil 2.1 deki eğri elde edilmiştir. (IES Lighting Handbook Ref.1984)



Şekil 2.1 - Karşıtlık arttıkça, gösterilme sayısına bağlı olarak, nesnenin doğru olarak görülebilme sayısı artar. Bu artış, nesnenin doğru algılanma sayısı, gösterilme sayısına eşit olana kadar devam eder. (IES Lighting Handbook Ref.1984)

Bu eğriye göre, görsel algılamının doğruluk yüzdesi, yani, nesnenin her gösterimde doğru olarak algılama sayısı, nesnenin arkaplanla olan karşıtlığı arttıkça, artmaktadır ve bu artış bakılan nesnenin doğru olarak görülme sayısı, gösterim sayısına eşit olana kadar devam etmektedir.

Bakılan nesnenin algılanması, verilen sürenin 1/2'si gibi bir bölümünde gerçekleşiyorsa, bu karşıtlığa *Eşik Karşıtlığı (Threshold contrast)* denir. Eşik karşıtlığı, kişiden kişiye, zamana, nesnenin boyutlarına ve arkaplanın ışıklılığına bağlı olarak ayrımlar gösterir. Eşik karşıtlığının, arkaplan ışıklılığına bağlı değişimi şekil. 2.2 de görülmektedir.

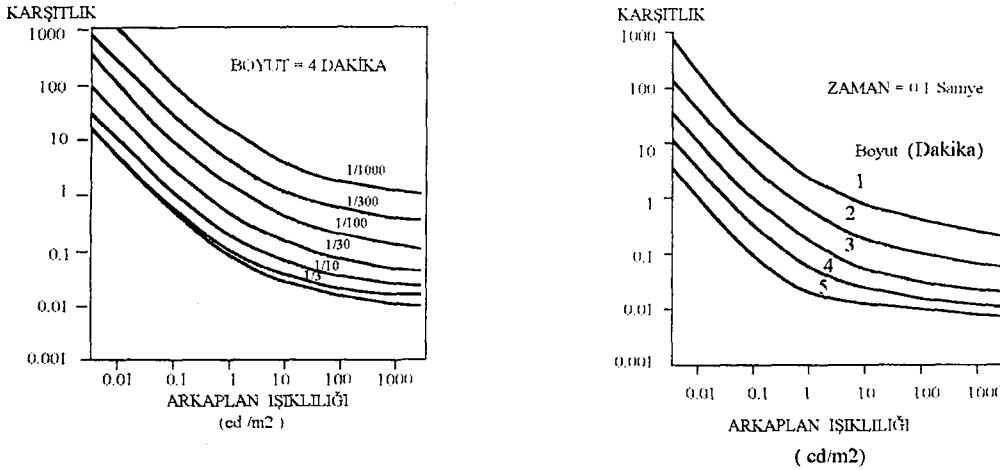


Şekil 2.2 - Görsel referans eğrisi. (visual reference) 4 dakika büyüklüğündeki ışıklı bir diskin 1/5 saniye süre içinde, değişik arkaplan ışıklılıklarında, görülebilmesi için gereken eşik karşıtlık değerleri. (IES Lighting Handbook Ref.1984)

Yukarıdaki eğriden de anlaşılacağı gibi, arkaplan ışıklılığı arttıkça, görsel algılama için gerekli, eşik karşıtlığı değeri düşmektedir.

Bu eğrinin biçimi, denetimli ortamlarda ve basit görsel algılama işlevleri için hemen hemen değişmezdir. Hatta, bu eğrinin harflerin ya da kelimelerin görülebilmesi gibi, daha karmaşık görsel işlevlerin gerçekleşmesi için de bilgi verebileceği varsayılmaktadır.

Ancak, bakılan nesnenin boyutlarının ve bakma eyleminin süresinin de, nesnenin algılanabilmesi için gerekli karşıtlık düzeyini etkilediği unutulmamalıdır. Bunların, eşik karşıtlığını nasıl etkilediği 2.3a ve 2.3b nolu şekillerde görülmektedir.



Şekil-2.3 (IES Lighting Handbook Ref.1984)

a) Aynı boyutta, değişik ışıklıdaki nesnelerin arkaplan ışıklılığına bağlı olarak değişen eşik karşıtlığı değerleri

b) Eşit bakma süresinde, boyutları birbirinin katı olan nesnelerin arkaplan ışıklılığına bağlı olarak değişen eşik karşıtlığı değerleri

### 2.3. Görme Keskinliği

Görme alanı içinde bulunan ve görsel algılamamanın koşulu olan karşıtlıklar, niceliklerine bağlı olarak, her zaman nesnenin ayrıntıların algılanmasına yetmez. Yani, her karşıtlık düzeyi, görme keskinliği için yeterli değildir. Karşıtlığın niceliği, görsel algılamayı olduğu gibi, görme keskinliğini de doğrudan etkiler.

*Görme keskinliği*, nitel olarak, birbirine çok benzer gibi görünen iki nesneyi ayrı olarak algılayabilme yeteneği, nicel olarak ise, yine birbirine çok benzer gibi görünen iki nesneyi, gözün ayrı olarak algılayabildiği, en küçük açının dakika türünden değerinin tersidir. (TDK Aydınlatma Terimleri Sözlüğü, 1973)

Örneğin, siyah bir kağıt üzerine, siyah kalemle yazılan yazı görülemezken, aynı kağıtın üzerine koyu gri kalemle yazılan yazı, kolay olmasa da okunabilir. Kalem renksel değeri artıka, görsel algılama hem kolaylaşır hem de hızlanır. Kalem beyaz olduğunda ise görsel algılama ve keskinlik, kolaylık ve hız bakımından en üst düzeydedir.

Ancak görsel keskinlik, karşıtlığın algılanması ile karşılaştırıldığında, daha karmaşık bir işlevdir.

Görme keskinliğin iki ayrı bileşeni vardır .

1) *Çözölüm (karar verme ) keskinliği*: Görme alanında bulunan iki değişik uyarının, birbirinden ayrı olduğunun algılanabilmesidir. Yani, görme alanında iki tane olan nesnelerin ayrı ayrı görülebilmesidir. İki ayrı nesnenin, iki değişik uyarı olarak algılanabildiği en küçük açı görsel keskinliğin sınırını oluşturur. Bu sınır, öznel ve ışıklılık, karşıtlık, bakma süresi, boyut gibi niceliklere bağlı olarak değişiklik gösterir. (IES Lighting Handbook Ref.1984)

2) *Tanımlama keskinliği*: Bakılan nesnenin ayrıntılarının algılanması ve doğru olarak tanımlanabilmesidir. Örneğin, 'C' ve 'G' harflerinin arasındaki ayrımın algılanması veya bir sekizgen ile bir çemberin birbirinden ayrı olduğunun algılanması gibi. Tanımlama keskinliği, her ne kadar çözölüm keskinliği ile aynı gibi görünse de, çözölüm keskinliği ile bağlantılı olmayan, karmaşık bir olaydır.(IES Lighting Handbook Ref.1984)

Yukarıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak belirtildiği gibi, bir nesnenin görülebilmesi için, ışık ve göz gerekli, ancak, yeterli değildir. Nesneyi görünür kılan, o ve arkaplan arasındaki renk türü veya ışıklılık ayrımlarıdır. Ancak bu ayrımların varlığı, görsel algılamanın doğruluğu açısından, her koşul için yeterli değildir. Bir nesnenin ayrıntılarıyla algılanması, yani, görsel keskinlik ise, karşıtlığın niceliğine, süreye ve bakılan nesnenin boyutlarına bağlıdır.

Bu nedenle, bir nesnenin görülebilirliğini doğrudan etkileyen değişkenler genel olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir.(IES Lighting Handbook Ref. 1984)

- 1) nesnenin ışıklılığı
- 2) arka plan ışıklılığı
- 3) karşıtlık (1 ve 2 nin sonucudur.)
- 4) nesnenin boyutları
- 5) eylemin süresi
- 6) nesnenin bakış doğrultusuyla olan konumu
- 7) nesnenin hareketliliği
- 8) nesne ve arkaplandaki düzgün olmayan ışıklılık

Ayrıca, bakılan nesnenin görünürlüğünün iyi olması, yukarıdakilere ek olarak, kişinin dikkatine, beklentisine ve alışkanlığına da bağlıdır.

Sonuç olarak, bakılan nesnenin arkaplanıyla olan karşıtlığı azaldığında görme keskinliği düşer ve buna bağlı olarak görsel algılama zorlanır. Bir ortamda bulunan yüzeylerin, yansıtma biçimleri izotrop yayıncı yansıma olmadığı durumlarda ise, nesne karşıtlığının değerlendirilmesinde *karşıtlık geriverim indeksinden* yararlanır.

#### 2.4. Karşıtlık Geriverim İndeksi

İzotrop yayıncı yansıma yapan nesnelerin (mat) karşıtlığı, ve buna bağlı olan görünürlüğü, tamamen yüzeylerinin ve önünde buldukları arkaplanın ışık yansıtma özelliklerine bağlıdır.

Ancak, mat olmayan, yani, gelen ışığı değişik doğrultulara, değişik oranlarda yansıtan yüzey ve nesnelerin, ayrı doğrultudaki karşıtlıkları ve buna bağlı olarak görünürlükleri değişir. Bu tür ortamlarda karşıtlık, kişinin, nesnenin ve ışık kaynağının konumuna göre değişik değerler alır.



Karşıtlığın, nesnenin yansıtma özelliklerine bağlı olduğu durumlarda, kişinin, nesnenin ya da ışık kaynağının yeri değiştirildiğinde, karşıtlık değişir. Bunun nedeni, nesnenin ışık yansıtma biçimine bağlı olarak, ışığın her yöne eşit yansımamasıdır. Böyle ortamlarda, değişen her konum için yeni değerler alan, ve bir tür karşıtlık oranı olan, *karşıtlık geriverim indeksinden* yararlanır. (Code for Interior Lighting, 1984)

Karşıtlık geriverim indeksi (Contrast Rendering Factor, CRF), bir nesnenin karşıtlık oranıdır. Bu, belirli bir aydınlatma düzenindeki, belirli bir nesnenin, belirli bir bakış doğrultusunda ve belirli bir aydınlık düzeyi altındaki, ışıklılık karşıtlığı ile, ölçün ortamda, aynı nesnenin, aynı bakış doğrultusunda ve aynı aydınlık düzeyi altındaki, ışıklılık karşıtlığı arasındaki oran olup, 2.6 nolu formülde verilen biçimde hesaplanır.

Sözü edilen ölçün ortamda, ortam yüzeylerinin yansıtma biçimi izotrop yayınlıdır ve aydınlık düzeyi, yüzeylerde tamamen düzgün yayılmıştır. Buradan da anlaşılacağı gibi, bu tür ortamda bulunan nesnelerin arkaplanı ile olan karşıtlığı, sıradan bir ortamdaki karşıtlığı ile karşılaştırıldığında, algılama bakımından en üst düzeydedir.

$$\left| \text{CRF} = \frac{C_1}{C_2} \right| \quad (2.6)$$

Burada: C1 : Bakılan nesnenin sözkonusu aydınlatma düzenindeki ışıklılık karşıtlığı  
C2 : Bakılan nesnenin ölçün ortamın, aydınlatma düzenindeki ışıklılık karşıtlığıdır

Yukarıda da belirtildiği gibi, CRF değeri, belirli bir nesne belirli bir bakış doğrultusu ve belirli bir aydınlatma düzenine aittir. Bu ölçütlerden birinin değişmesi, hesaplanan CRF değerini doğrudan etkiler. Yani, ölçütlerden birinin değişmesi ile oluşan her yeni durum için, özellikle izotrop yayınlı yansıtma yapmayan nesnelerin, karşıtlık oranını veren, ayrı bir karşıtlık geriverim (CRF) değeri bulunur.

Sonuç olarak, bakılan nesnenin ışık yansıtma biçimi izotrop yayınlı yansımadan, düzgün yansımaya gittikçe ve/ya da ışık kaynağı küçülüp, ışıklılığı arttıkça, bir ortamdaki, olası karşıtlık geriverim indeksi sayısı artar.

Örneğin, parlak yüzeylerin, küçük ışık kaynakları ile aydınlatıldığı ortamlarda, birbirinden değişik çok sayıda CRF değeri oluşur. Mat yüzeylerin bulunduğu, ve ışıklı tavanlar gibi düzgün yayılmış aydınlık oluşturan kaynakların bulunduğu ortamlarda ise, CRF sayısı, oldukça azdır.

CRF değerleri her zaman 0 dan büyük değerler alır. Ancak bu değerlerin 0'a yaklaşması veya 1den daha büyük değerler alması, nesne karşıtlığının görsel keskinlik açısından değerlendirilmesinde büyük önem taşır.

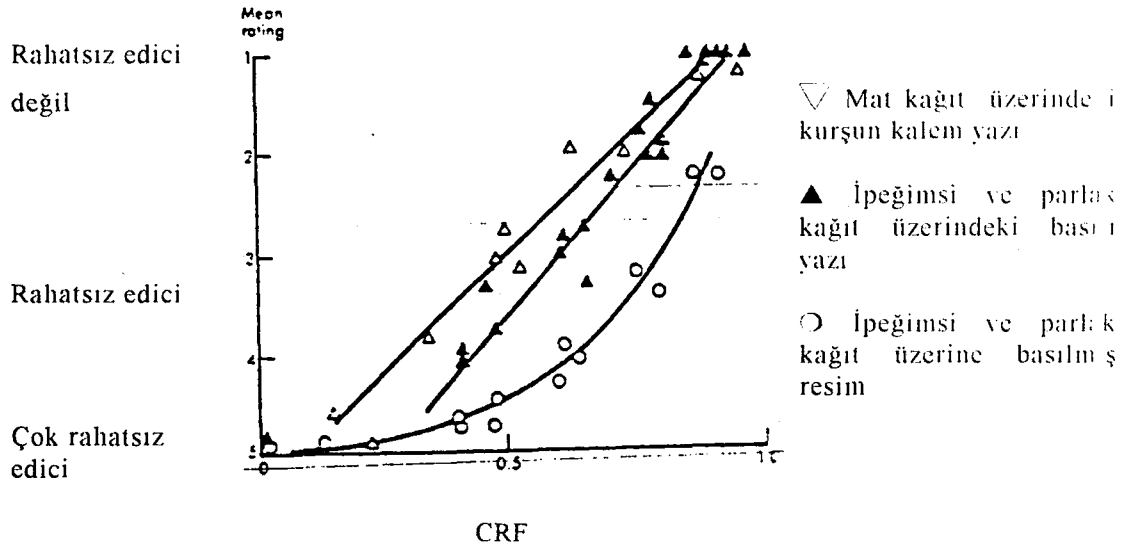
CRF, bakılan nesnenin söz konusu düzen içindeki karşıtlığı, ölçün düzendeki karşıtlığından büyük olduğunda, 1 den büyük; bakılan nesnenin söz konusu düzen içindeki karşıtlığı, ölçün düzen içindeki karşıtlığı ile hemen hemen aynı olduğunda, 1'e yakın; bakılan nesnenin söz konusu düzen içindeki karşıtlığı, ölçün düzen içindeki karşıtlığından daha küçük olduğunda ise, 0 'a yakın değerler alır.

#### **Karşıtlık Geriverim Değerlerinin Etkileri**

CRF, 1 ve 1 den büyük değerler aldığı anda nesne karşıtlığı, görsel algılama bakımından, konfor sınırları içindedir. Ancak, CRF 'nin 1 den küçük ve özellikle 0'a yakın olması nesnenin bakılan doğrultudaki ışıklılık karşıtlığının az olması demektir. Bölüm 2.2 ve 2.3'de anlatıldığı gibi, karşıtlığın az olması ise nesnenin özellikle ayrıntılarının algılanmasını zorlaştırır veya olanaksız hale getirir. Bu da görsel konfor açısından, olumsuz bir etki yaratır. Bir ortamda CRF'nin düşük değerler almasına ise, kusurlu bölgeler ve maskeleye yansımaları neden olur.

Karşıtlık geriverimi değerinin düşük olması, görsel algılamayı zorlaştırdığından, hem görsel konforu olumsuz etkiler hem de iş veriminin düşmesine neden olur. CRF değerinin düşük olması, çoğu durumda, konumun değiştirilmesi ile iyileştirilebileceğinden önemsiz gibi görünebilir. Ancak, çalışma düzeninin ve bakış doğrultusunun değişmez olduğu ortamlarda büyük önem kazanır.

Değişik yansıtma özellikleri olan nesnelerin çeşitli karşıtlık oranları için yapılan deneyler ile, kişilerin görsel algılamaları araştırılmış ve sonuçta şekil 2.4 deki eğri elde edilmiştir. (Code for Interior Lighting, 1984)



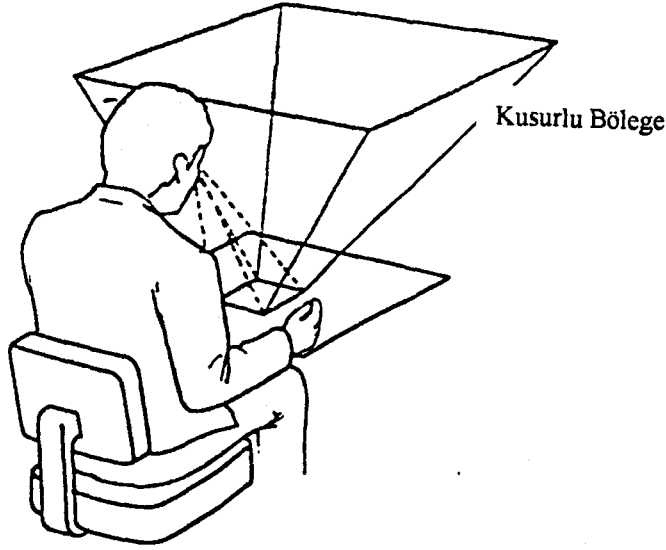
Şekil 2.4 -Değişik karışıklık geriverim değerleri ve değişik gereçler için, maskeleyme yansımalarının neden olduğu rahatsızlık duyulanmasının değerlendirilmesi

Bu eğriden de anlaşılacağı gibi, CRF 1 ve 1 den büyük değerler alması durumunda rahatsızlık söz konusu olmazken, CRF değeri düşüp 0'a yaklaştıkça, bakılan nesnenin ışık yansıtma özelliklerine de bağlı olarak, duyulan rahatsızlık artmaktadır. Bir ortamda görsel konforun sağlanması için, o ortamda bulunan CRF değerlerinin en az 0.7 olması gerekir.

#### Kusurlu Bölge (Offending Zone )

Yüzey ışık yansıtma biçiminin, ortamın her yerinde izotrop yayınlık yansıma olmadığı durumlarda, bakılan nesneye gelen ışığın, yansıyarak göze gelmesine neden olan yüzeylerle, bu yüzeylerin ışık aldığı kaynakları bulunduğu alanların oluşturduğu bölgeye *kusurlu bölge (offending zone )* denir. Başka bir deyişle, kusurlu bölgeler, bakılan nesnenin karışıklığını düşüren yansımaların olduğu alanlar olarak tanımlanır. (Bkz. Şekil 2.5)

Bakılan nesnenin ışık yansıtma biçimi, düzgün yansımaya yaklaştıkça, kusurlu bölgenin sınırları daralırken, etkileri artar. Bakılan nesnenin ışık yansıtma biçimi izotrop yayınlık yansımaya yaklaştıkça, kusurlu bölgenin sınırları genişlemekle birlikte etkileri azalır.



Şekil 2.5 - Kusurlu bölgenin şematik olarak görünüşü (Code for Interior Lighting 1984)

#### **Maskeleme Yansımaları (Veiling Reflections)**

Maskeleme yansımaları, bakılan nesnenin karşıtlığını düşüren, ışıklılığı yüksek yansımalarlardır. Bu olay, bir örnekle şöyle açıklanabilir. Bakılan nesne ile göz arasına, buzlu cam veya çok ince yağlı kağıt gibi, düzgün geçme yapmayan, bir engel konulduğunda, nesneden yansıyarak göze gelen ışık, aradaki engelden geçerken biraz yutulur ve büyük oranda dağılır. Bunun sonucunda bakılan nesnenin karşıtlığı düşer, algılanması zorlaşır. Maskeleme yansımaları, verilen örnekteki engelin, bakılan nesne karşıtlığı üzerinde yaptığı azalmaya benzer bir etki yapan yansımalarlardır.

Bakılan nesne ve çevre yüzeylerinin yüksek ışıklılıkta ve parlak olması maskeleme yansımalarını oluşturur. Yüzey ışıklılıklarının artması, yüzeyin ışık yansıtma biçiminin, izotrop yayınıktan düzgün yansımaya doğru gitmesi, bu yansımaların etkilerini artırır.

Sonuç olarak maskeleme yansımalarının etkileri.

- 1) Bakılan nesnenin yüzey özellikleri yani yansıtma biçimi ve yansıtma çarpanı.
- 2) Kusurlu bölgenin ışıklılığı.
- 3) Göz, ışık kaynağı ve bakılan nesnenin yerleşimi yani, birbirleriyle olan konumu, olmak üzere 3 değişkene bağlıdır.



at this provision has been ir—this provision has been incr  
has led to a deterioration i s led to a deterioration in  
rovisions. isions.

ason for this deterioration and on for this deterioration and tl  
y reviewing lighting design m reviewing lighting design met  
against a changing climate. inst a changing climate. i  
ts, traditional building servi -traditional building service  
ation in lighting. on in lighting.

hat much will be improved w t much will be improved wh  
ylindrical as to horizontal ill ndrical as to horizontal illu  
of the review, from 1950 to f the review, from 1950 to 19  
over a time when many chang r a time when many changes

1) Konumu, gözlemcinin üstü ve arkası  
olan ışık kaynağı ile aydınlatılmış, mat kağıt  
üzerindeki mat mürekkep yazı

2) Konumu, gözlemcinin üstü ve önü olan ışık  
kaynağı ile aydınlatılmış, mat kağıt  
üzerindeki mat mürekkep yazı

which has led to industrial lighting  
for this deterioration  
in explanation by  
sent and judging  
ed by market  
industry procedure

3) Konumu, gözlemcinin üstü ve arkası olan  
ışık kaynağı ile aydınlatılmış, mat kağıt  
üzerindeki kurşun kalem yazı.

4) Konumu, gözlemcinin üstü ve önü olan ışık  
kaynağı ile aydınlatılmış, mat kağıt  
üzerindeki kurşun kalem yazı

Şekil 2.7 - Değişik aydınlatma düzenlerinde, ışık yansıtma biçimleri ayrı iki nesnenin  
maskeleye yansımalarından etkilenme biçimi. ( Code for Interior Lighting, 1984)

Bir numaralı resimde mat kağıt üzerindeki mat yazı, hem yüzey özelliğinden hem de kaynağın konumundan ötürü, çok az maskeleme yansıması oluşturmaktadır. İki numaralı resimde ise, aynı nesne ve arkaplan, kaynağın yerinin değişmesinden ötürü, daha çok maskeleme yansıması oluşturmaktadır ve bu da, yazının karışıklığını düşürmektedir. Bunun nedeni, kaynaktan gelen ışığın gözlemcinin gözüne doğru yansımasıdır. Şekil 3 ve 4 deki kurşun kalemle yazılan metin ise kurşun kalemin yansıtma özelliğinden ötürü, aynı şekilde aydınlatılmış olmasına karşın, maskeleme yansımalarından daha çok etkilenmiştir.







düşük yüzeylerin ayrıntılarını algılayamaz. Karşıtlıkların niceliğine göre, gözün ışıklılık uymasından ötürü oluşan görsel algılamadaki bu azalmaya ve/ya da zorlanmaya **kamaşma** denir.

Yani, kamaşma, bir ortamda karşıtlıkların çok artması nedeniyle, bakılan nesnenin kendi karşıtlığının azalması sonucu, görme olayının zorlanması ya da olanaksız duruma gelmesi olarak tanımlanır. Bir başka deyişle, ışıklılıkların uygun olmayan dağılışı, çok yüksek ışıklılıklar ya da zaman veya mekan içinde aşırı ışıklılık ayrımları sonucunda nesnelere ayırt etme yeteneğindeki azalma veya görmenin zorlanması ya da, her ikisinin aynı anda olması kamaşma olayını doğurur.

Kamaşma konusuna genel olarak bakıldığında, kamaşmaya neden olan etkenler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

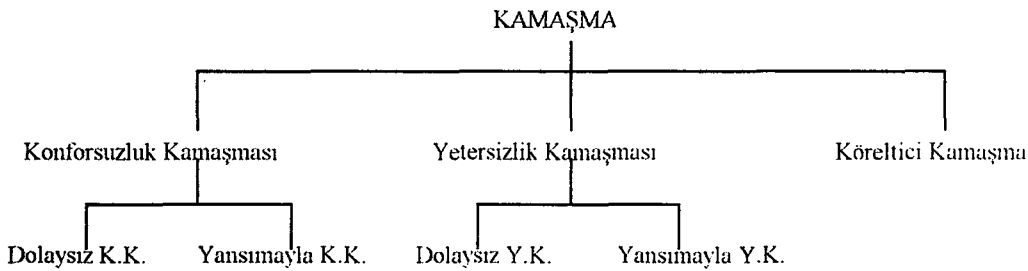
- 1) Kamaşma kaynağının büyüklüğü ve ışıklılığı.
- 2) Kamaşma kaynağının, ilgili doğrultudaki ışık yeğinliği.
- 3) Kamaşma kaynağının, görme alanındaki konumu.
- 4) Ortamın genel ışıklılığı.
- 5) Görsel işlevin süresi.

### 3.1 Kamaşmanın Türleri

Yukarıdaki etkenlere bağlı olarak oluşan kamaşma, kişide yarattığı duyulanmaların niteliğine göre:

- 1) Konforsuzluk kamaşması (psikolojik kamaşma)
- 2) Yetersizlik kamaşması (fizyolojik kamaşma)
- 3) Köreltici kamaşma

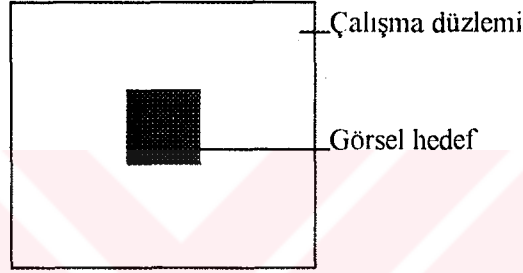
olmak üzere 3 değişik isim altında toplanır. Bu kamaşma türleri ise oluş biçimlerine göre, *dolaysız ve yansımayla kamaşma* olarak kendi içlerinde ikiye ayrılır. (Bkz. şema 3.1)



Şema 3.1- Kamaşma ve türleri

### 3.1.1 Konforsuzluk Kamaşması (Discomfort Glare)

Konforsuzluk kamaşması, karşıtlığın artması sonucu gözbebeğinin, büyüyüp küçülerek, ortamdaki değişik ışıklılıklara uyumaya çalışması, bunun sonucunda da görme organının aşırı zorlanmasından ve yorulmasından kaynaklanır. Ortamdaki ışıklılıkların arasındaki oranlar, olması gerekenden daha fazla olduğunda göz, ortalama ışıklılığa uyum göstermeye çalışırken, gözbebeği, gelen ışığın niceliğine göre sürekli olarak değişir. Kişinin görme organında, denetiminin dışında ve sürekli olan bu hareketler, kişide, hemen belli olmayan, yorgunluk, rahatsızlık, dikkatin dağılması gibi olumsuz etkilere neden olur. Kişide bu tür ruhsal ve fiziksel bozukluklara neden olan kamaşmaya **konforsuzluk kamaşması** denir.



Şekil 3.2

Örneğin, şekil 3.2 deki gibi bir çalışma düzeninde, görülmesi istenen nesnenin ışıklılığı çok düşük, yakın çevresinin ışıklılığı ise oldukça yüksektir. Böyle bir durumda kişi, hedefe baktığında, gözbebeği ayrıntıları görebilmek için açılır. Bu arada, göz çok hareketli bir organ olduğundan ve bakış doğrultusunu sürekli olarak değiştirdiğinden, görsel hedefin yakın çevresi de sürekli olarak görme alanına girer. Yakın çevrenin ışıklılığına bağlı olarak gözbebeği yeni bir ayarlama yapma gereği duyar ve tekrar büzülür. Böyle bir ortamda, gözbebeği, değişik ışıklılıklara uyma yapabilmek için sürekli olarak biçim değiştirir. Bu arada ağtabaka da, sürekli olarak hareket eder ve değişen koşullara uyma yapmaya zorlanır. Görme organında sürekli olan ve kişinin denetimi dışındaki bu tür hareketler, zaman içinde kişide rahatsızlık ve yorgunluğa neden olur.

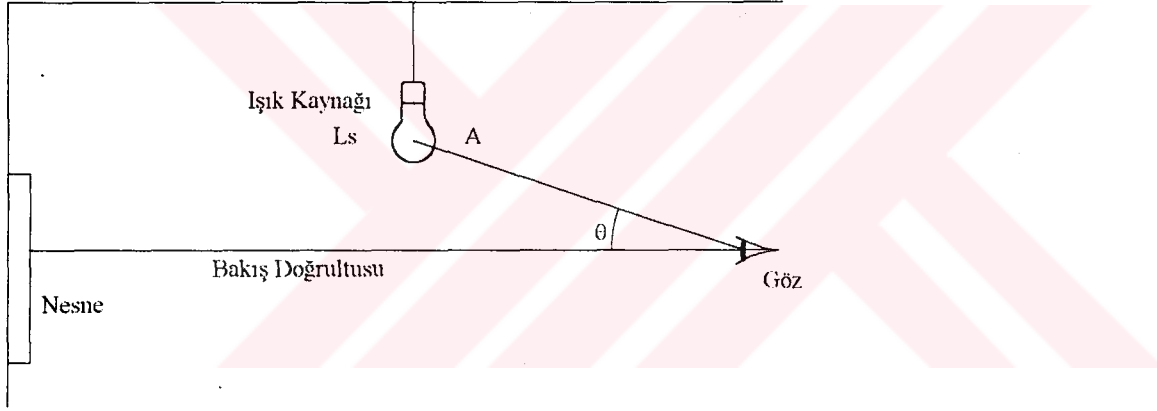
Ayrıca, bakılan nesne ile yakın çevrenin ışıklılığı arasında bir etkileşim söz konusudur. Yüksek ışıklılıklar, düşük ışıklılıkları devamlı olarak maskeler. Yani, yüksek ışıklı bölgeler, aynı doğrultuda olan ışıklılığı düşük nesnelerin ayrıntılarının görülmesini engeller. Bu ise kişinin eylemi gerçekleştirebilmesi için, daha çok çaba harcamasını gerektirir. Kişi düşük karşıtlıktan ötürü daha çok çaba harcadıkça, daha çok yorulur. Daha çok yoruldukları da, daha

çok çaba harcaması gerekir. Kişinin içine girdiği bu kısır döngü, zamanla sinir bozukluğu, verim düşüklüğü, hata olasılığının artması gibi olumsuz etkiler yaratır.

Genel aydınlatma düzeyi çok düşük veya aydınlatılmamış bir ortamda, masa lambası ile aydınlatılan bir düzlemde çalışmak, ya da, çalışma düzleminin üzerine veya yakınına güneş ışığının düşmesi, konforsuzluk kamaşmasına örnek olarak gösterilebilir.

### 3.1.2 Yetersizlik Kamaşması (Disability Glare)

**Yetersizlik kamaşması**, kişide hoş olamayan bir duyulanma yaratması zorunlu olmayan, ancak görsel algılamayı bozan ve ayrıntıların seçilmesini olanaksız hale getiren kamaşma türüdür. Başka bir deyişle, yetersizlik kamaşması, normalin üzerinde çaba harcamadan görsel algılamının gerçekleşmesini, olanaksız hale getiren kamaşma türüdür.



Şekil 3.3- (Architectural Physics Lighting, 1963 )

Gözün karşıtlık duyarlılığının düşmesi olarak da tanımlanabilen yetersizlik kamaşması, kaynağın, bakış doğrultusundaki ışık yoğunluğu ve alanı ile doğru orantılı aradaki açı ile ters orantılıdır. (Bkz. şekil 3.3) Buradan yola çıkılarak yapılan çalışmalar sonucunda, yetersizlik kamaşması hesabı için üretilen en basit ve genel eşitlik aşağıda verilmiştir. ( CIBSE Code for Lighting, 1984)

$$YK = \frac{L_s \times A}{\theta^2} \quad (3.1)$$

Burada:  $L_s$  : kaynağın ışıklılığı  
 $A$  : kaynağın görünen alanı  
 $\theta$  : kaynakla göz arasındaki açı

olarak gösterilmiştir.

Bu eşitlikten de anlaşılacağı gibi, göz ile kaynak arasındaki açı büyüdükçe kamaşma azalırken, kaynağın ışıklılığının ve görünen alanının büyüdükçe kamaşma artar.

Işıklılık karşıtlıklarının çok fazla artması durumunda oluşan ve konforsuzluk kamaşmasının ileri durumu olan yetersizlik kamaşması temelde.

- 1) gözün ışıklılık uyması.
  - 2) gözün yapısı (camsı sıvı )
- gibi iki etkenden ötürü oluşur.

1) Gözün ışıklılık uymasına bağlı olarak oluşan yetersizlik kamaşması:

Ortama, karşıtlığın çok ve/ya da ani olarak artması durumunda, görsel algılamamın gerçekleşebilmesi için, gözbebeğinin çabaları yeterli gelmez. Çevrenin algılanabilmesi için ağtabakanın, ortamın ışıklılığına uyması gerekir. Ağtabakanın ışıklılık uyması ise değişik durumlarda ayrımlar göstermekle birlikte, zaman alan bir işlem olduğundan, bir süre için çevreyi görmek olanaksız olabilir.

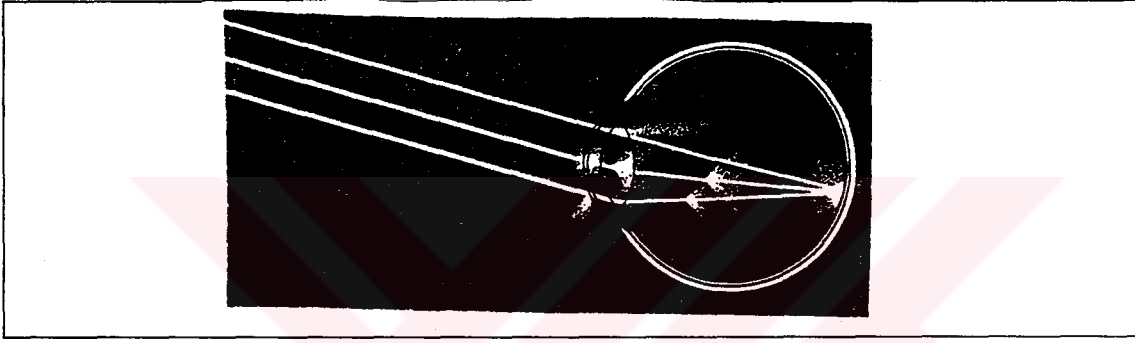
- Gece karşıdan gelen arabanın farlarından yayımlanan ışıklardan ötürü, araba ve çevrenin görülememesi.
- Uzun süre karanlıkta kaldıktan sonra, aydınlığa çıkıldığında çevrenin bir süre algılanamaması.
- Güneşli ve parlak bir günde dışardan karanlık bir ortama - bodrum veya az ışıklı bir oda gibi - girildiğinde etrafın algılanamaması ve ayrıntıların görülememesi gözün ışıklılık uymasına bağlı olarak oluşan yetersizlik kamaşmasına örnek olarak verilebilir.

Ancak yapay aydınlatma yapılmış ortamlarda, bu gibi durumlarla, çok az karşılaşıldığından bu olay, genellikle aydınlatma tekniğini dışında kalır.

2) Gözün yapısından ötürü oluşan yetersizlik kamaşması.

Göze gelen ışık, ağtabakaya gelmeden önce, camsı sıvıdan geçerken, camsı sıvının heterojen yapısına bağlı olarak dağılır. Işığın gözün içinde dağılması ağtabakanın üzerine düşen görüntünün karışıklığının düşmesine neden olur. Bu da, nesnenin ayrıntılarının görülmesini olanaksız kılar.

Gözün yapısından ötürü, nesnenin karışıklığında oluşan bu azalma nedeniyle, kişinin görsel iş yeteneği düşer ve büyük çaba harcamadan iş yapması olanaksızlaşır.



Şekil- 3.4- Işığın camsı sıvıdan ötürü gözün içinde dağılması

Bu durum için aşağıdaki örnekleri verebiliriz.

- Çıplak bir ışık kaynağı ile aynı doğrultuda olan ayrıntıların seçilememesi
- Bina girişlerinde, girişi aydınlatmak için konulan çok ışıklı kaynaklardan ötürü çevrenin görülememesi

Sonuç olarak yetersizlik kamaşması: bir iç mekanda, varlığı kesinlikle istenmeyen, bakılan nesnenin ayrıntılarını örten, görsel eylemi olanaksız kılan kamaşma türüdür.

### 3.1.3 Köreltici Kamaşma

Köreltici kamaşma, kamaşmanın en uç durumudur ve kişinin görme işlevini bir süre için engeller. Genelde acı veren ve etrafı görmeyi bir süre için olanaksız kılan kamaşma türüne **köreltici kamaşma** denir. Işıklılığı çok yüksek olan kaynaklara, doğrudan ve çıplak gözle bakıldığında köreltici kamaşma oluşur. Örneğin, öğle vaktinde, güneşe doğrudan

bakıldığında, gözde bir acı hissi oluşur ve göz, başka yere çevrildiğinde bile güneşin görüntüsü bir süre gözün önünden gitmez. Gözümüzün önünde patlayan bir flaşın yarattığı duyulanma da aynıdır.

Bu tür kamaşma, bir aydınlatma düzeninde, çok nadir karşılaşılabilecek bir durum olduğundan, aydınlatma tekniği ile ilgili çalışmaların kapsamına girmez.

### 3.1.4 Dolaysız Ve Yansımayla Kamaşma (Direct and Reflected Glare)

3.1.1. ve 3.1.2. nolu bölümlerde anlatılan kamaşma türleri, oluş biçimlerine göre değişik isimler alır.

- 1) dolaysız kamaşma
- 2) yansımayla kamaşma

#### **Dolaysız kamaşma :**

Kamaşma, birincil ışık kaynaklarından ötürü oluşuyorsa buna **dolaysız kamaşma** denir. Bu da kişide oluşturduğu duyulanmaya göre ikiye ayrılır :

- 1) Dolaysız konforsuzluk kamaşması
- 2) Dolaysız yetersizlik kamaşması

Eğer ışık kaynağı, kişinin görsel algılamasını bozmuyor, ancak rahatsızlığa neden oluyorsa, buna **dolaysız konforsuzluk kamaşması** denir.

Karanlık bir ortamda televizyon seyretmek veya bilgisayarla uğraşmak bu durum için verilebilecek en güncel örneklerdir. Her iki eylemi de gerçekleştirirken görsel keskinlik ve konsantrasyon en üst düzeydedir. Ancak, böyle ortamlarda uzun süre çalışmak kişide yorgunluğa neden olur.

Işıklılıkların düzensiz dağıldığı ve sürekli değiştiği diskotek ve gece klüpleri gibi mekanlarda yorucu ve rahatsız edicidir.

Eğer birincil ışık kaynakları görüşü bozup, ayrıntıların görülmesini olanaksız hale getiriyorsa buna **dolaysız yetersizlik kamaşması** denir.

Vitrinlere konan ışık kaynaklarından ötürü, sergilenen nesnelerin iyi görülememesi, masada bulunan ışıklı bir elemandan dolayı - bu mum veya masa lambası olabilir - karşıda oturan kişinin veya bulunan bir nesnenin iyi görülememesi, bu durum için verilebilecek örneklerdir.

### **Yansımaya kamaşma :**

Kamaşma, birincil ışık kaynağından ötürü oluşmuyorsa, yani kamaşma kaynağı, ışığın yansıdığı bir yüzey ise, bu durumda oluşan kamaşmaya **yansımaya kamaşma** denir.

Yansımaya kamaşmanın oluşumuna bölüm 2.4 de anlatılan *maskeleme yansımaları* (veiling reflections) neden olur. Bu yansımalar, bakılan nesnenin karşıtlığını düşüren dolayısıyla ayrıntılarını örten, ışıklılıkları yüksek yansımalar olduğundan görsel algılamayı etkiler.

Bölüm 2.4 de anlatılan etkenlere bağlı olarak, maskeleme yansımalarının ışıklılığı arttıkça etkileri de artar.

Yansımaya kamaşma da kişide oluşturduğu duyulanmaya göre ikiye ayrılır.

- 1) Yansımaya konforsuzluk kamaşması
- 2) Yansımaya yetersizlik kamaşması

Yansıyan ışık, kişide görseiliği bozmadan, rahatsızlığa neden oluyorsa bu durum **yansımaya konforsuzluk kamaşması** olarak adlandırılır.

Eğer maskeleme yansımalarının ışıklılıkları çok artarsa, bu durumda kişinin ayrıntıları görmesi olanaksız hale gelir, bu durum ise **yansımaya yetersizlik kamaşması** biçiminde tanımlanır. Bu durum genelde, yansıtma biçimi yayıncı veya düzgün olan yüzeylerin, görsel hedef olduğu durumlarda oluşur.

Parlak sayfalı bir dergiyi okurken, sayfanın konumunu değiştirmeye çalıştığımız çok olmuştur. Bunun nedeni, yazıları görmemize engel olan maskeleme yansımalarının, doğrultusunu değiştirmeye çalışmaktır. Güneşli bir günde, mağaza vitrinlerinde oluşan aynalaşma olayı, maskeleme yansımalarına en uç örneklerden biridir. Bilgisayarlarla çalışan ortamlarda, ışık kaynağının görüntüsünün ekran üzerinde oluşması, yansımaya kamaşmanın en çok sorun olduğu ve çözümü için bir çok çalışmanın yapıldığı bir durumdur. Gece televizyon seyredirken, ışık kaynaklarının ekran üzerinde, seyredilen programdan daha çok görülmesi, başka bir örnek olarak verilebilir.

### 3.2 Gün Işığı ve Kamaşma

Bölüm 3.1 de anlatıldığı gibi kamaşma, insan gözünün yapısı ve işleyine, ortamdaki ışık kaynağının ışıkölçümsel özelliklerine ve ortamdaki ışıklılık dağılımına bağlı olarak oluşur. Yapay ışık kaynaklarının kullanıldığı aydınlatma düzenlerinde, kamaşma kaynağı genellikle ortamda kullanılan aygıtlardır. Ancak, gün ışığından yararlanılan ortamlarda, görme alanına giren gök de, kamaşma kaynağı olarak sıkça karşımıza çıkar.

Güneş ve/ya da göğün kamaşma kaynağı olması durumunda da bölüm 3.1 de anlatıldığı gibi neden olduğu duyulanmaya göre kamaşma:

- Konforsuzluk kamaşması.
- Yetersizlik kamaşması.
- Köreltici kamaşma

olarak 3'e ayrılır

#### 3.2.1 Gün ışığı ve konforsuzluk kamaşması:

Konforsuzluk kamaşması bilindiği gibi, ortamda bulunan karşıtlık ayrımlarına ve ortamın ışıklılık derecesine bağlı olarak oluşur. Bilindiği gibi, gün ışığı, gök ışığı ya da gök + güneş ışığından oluşur. Buradan da anlaşılabileceği gibi, gün ışığından yararlanılan ortamlarda kamaşma kaynağı güneş ve/ ya da gök'tür.

Genelde, gök ışığının yayınık bir ışık alanı oluşturmasından ötürü, açık havada aşırı ışıklılık karşıtlıklarına bağlı olarak konforsuzluk kamaşması oluşmaz. Ancak, gök ışığının, güneş ışığının varlığından ötürü çok yüksek ışıklılıklara çıkması son derece rahatsız edici kamaşmalara neden olabilir. Örneğin açık güneşli bir günde, karla kaplı yüzeylerde aşırı ışıklılık karşıtlıkları pek oluşmazken, yüzeyin aydınlığının yüksek olmasına bağlı olarak oluşan çok yüksek ışıklılık düzeyi oldukça rahatsız edicidir ve konforsuzluk kamaşmasına neden olur.

Kapalı mekanlarda ise konforsuzluk kamaşması pencerelerin konumuna ve boyutlarına bağlı olarak oluşur.



Yapılan çalışmaların sonucunda, bir ortamda, gün ışığının neden olabileceği kamaşmanın derecesi,

- Pencereden görünen göğün ışıklılığı.
- Pencereden görünen göğün alansal büyüklüğü, yani oluşturduğu hacim açısı.
- Pencereden görünen göğün bakış doğrultusuna göre konumu.
- Ortamın genel ışıklılığı.

gibi etkenlere bağlanmıştır.

Yukarıda sıralanan etkenler göz önüne alınarak yapılan çalışmalar sonucunda, kamaşma derecesinin değerlendirilebilmesi için, aşağıdaki 3.2 nolu formül geliştirilmiştir.(Hopkinson R. G. et. al. Daylighting, 1980)

$$g = \frac{B_S^{1.6} \cdot \omega^{0.8}}{B_b^{1.0}} \cdot P \quad (3.2)$$

Burada:

$g$  : Kamaşmayı derecesini değerlendiren *kamaşma değişmezi*

$B_S$  :Pencereden görünen gök parçasının ışıklılığı.

$\omega$  : Pencereden görünen gök parçasının oluşturduğu *hacim açısı (str.)*

$B_b$  : Ortamın genel ışıklılığı

$P$  : Konum indeksi

olarak tanımlanmıştır.

3.2 nolu formülden de anlaşılacağı gibi, gün ışığından ötürü oluşan konforsuzluk kamaşmasının etkileri, göğün ışıklılığı ve pencere boyutu büyüdükçe artarken, ortamın genel ışıklılığı - içeriye giren ışık akısı miktarına ve ortam yüzeylerinin yansıtma çarpanlarına bağlı olarak- artıkça azalmaktadır.

Yukarıda 3.2 nolu formül aracılığı ile bir pencere için hesaplanan kamaşma değişmezi ( $g$ ), kamaşmadan ötürü duyulan rahatsızlık duyulanmasının öznel karşılığıdır. Ortamda bulunan her pencere için hesaplanan kamaşma değişmezi değerlerinin 3.3 nolu formül uyarınca toplanmasıyla ise, ortamın *Kamaşma İndeksi (G)* değeri bulunur.

$$GI = 10 \log_{10} \Sigma g \quad (3.3)$$

Yapılan çalışmalar sonucunda, ortamda gerçekleştirilen eylemin niteliğini bağlı olarak, kamaşma indeksi değerine, çizelge 3.1 de verilen sınırlamalar getirilmiştir. (Hopkinson R. G., et. al., 1980)

Çizelge 3.1- Ortamda gerçekleştirilen işleve bağlı olarak, izin verilen en yüksek kamaşma indeksi değerleri

<b>Bina ve Eylem Niteliği</b>	<b>En Fazla Kamaşma İndeksi Değeri</b>
<i>Fabrikalar</i>	
Kaba iş	28
Parça montajı	25
İnce montaj	22
Makina montajı	19
Kişilerin çalıştığı tarım binaları	25
Mücevher montajı	10
Laboratuvarlar	19
Müzeler	16
Sanat galerileri	10
<i>Ofisler</i>	
Genel	19
Çizim	16
<i>Okullar</i>	
Sınıflar v.b.	19
Dikiş odaları	16
Hastane odaları	13

Yukarıda verilen 3.1 nolu çizelgeden de anlaşılacağı gibi, dikkat ve konsantrasyonun önemli olduğu eylemlerde, kamaşma indeksi değerinin düşük olması gerekmektedir.

### 3.2.2 Gün Işığı ve Yetersizlik Kamaşması

Gün ışığından ötürü oluşan yetersizlik kamaşması, gök ve/ya da güneş ışığının, ortamda bulunan pencereden doğrudan görülmesi durumunda, ışığın ağıtabaka üzerine dağılması sonucu, görsel algılamada oluşan, azalma ve aşırı zorlanmadır.

Gün ışığından ötürü yetersizlik kamaşması, genelde yetersiz aydınlatılmış kapalı hacimlerde oluşur. Örneğin, yalnızca sonundaki pencereden aydınlanan uzun bir koridorda yetersizlik kamaşmasının oluşması gibi. Bu tür ortamlarda kamaşma, hem karşıtlığın aşırı artışından, hem de ışığın göz içinde dağılmasından ötürü gerçekleşir. Ortamın, ışık kaynağı bir tek pencere olduğundan, pencereye uzak kalan yerlerde aydınlık düzeyi oldukça düşük iken pencere kenarları ve pencere alanı oldukça aydınlık ve ışıklıdır. Karşıtlık oranındaki bu uç durum, görsel algılamada ciddi bozukluklara neden olur. Ayrıca, bakış doğrultusu, pencereye doğru olduğunda, pencereden gelen ışık akısı göz içinde dağılacığından görme hemen hemen olanaksız hale gelir ve yetersizlik kamaşması oluşur. Bu durum, pencere boyutu küçülüp, koridor uzadıkça daha da kötü bir durum alır. İç ortamlarda, bu tür durumlar, önlenmesi gereken büyük kusurlar olarak değerlendirilir.

### 3.2.3 Gün ışığından ötürü oluşan kamaşmaya karşı alınabilecek önlemler

Gün ışığının bileşenleri olan, gök ve güneş ışığının neden olduğu kamaşma, kapalı ortamlarda çalışanları olumsuz olarak etkilediğinden, kesinlikle önlenmelidir. Buna karşı alınabilecek önlemler,

- Gök ışığına karşı alınabilecek önlemler,
- Güneş ışığına karşı alınabilecek önlemler

olarak iki ana bölüme ayrılır. (IES Technical Report No 4, 1972)

#### **Gök ışığına karşı alınabilecek önlemler:**

Kapalı bir mekanda pencereden görünen göğün neden olduğu kamaşmayı engellemek ya da azaltmak için, uygulanabilecek yöntemler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

##### *1) İç ortam ışıklılığını yükseltmek.*

İç mekanda yeterli düzeyde yapay aydınlık oluşturarak ya da, pencerelerin boyutları küçültüp, sayısı çoğaltılarak, iç ortam ışıklılığı yükseltilebilir. Ancak, ikinci koşulun, tasarım sırasında göz önüne alınması gereken bir konu olduğu açıktır. Ayrıca, iç düzenlemede kullanılan mobilya ve eşyaların renklerinin ve de iç yüzey yansıtma çarpanlarının, yüksek değerli olmasının da, iç ortam ışıklılığının yükselmesine katkı sağlayacağı unutulmamalıdır.

2) *Pencereden görünen göğün ışıklılığını düşürmek.*

Pencerelerin önüne, perde jaluzi gibi, örtücü elemanların yerleştirilmesi ile pencerelerin ışıklılığı düşürülebilir. Başka bir yöntem ise, geçirgenliği düşük camların ya da benzer etki sağlayan film gibi gereçlerin pencerelerde kullanılmasıdır.

3) *Kamaşma kaynağını görme alanından uzaklaştırmak.*

Bakış doğrultusuna yakın yerlerdeki pencerelerden görünen göğün, kamaşmayı arttıracak açıdır. Bu durum göz önüne alınarak yapılan iç düzenlemeler ile, kullanıcıların genel bakış doğrultuları pencerelerden uzaklaştırılarak, göğün neden olduğu kamaşma azaltılabilir.

**Güneş ışığına karşı alınabilecek önlemler:**

Güneş ışığının doğrudan kullanıcının gözüne gelmesi ya da, iç yüzeyleri aydınlatması sonucu, yüksek ışıklılık ve ışıklılık karşıtlıkları oluşmasıyla, güneş ışığından ötürü, kamaşma olur. Böyle ortamlarda güneş ışığı, kamaşma kaynağı olarak büyük bir sorundur. Güneş ışığına karşı alınabilecek önlemler, aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1) *Genel tasarım sürecinde, güneş ışığının göz önüne alınması.*

Binanın işlevine ve mekanların kullanma amacına göre, bina yönelmesinin doğru olarak yapılabilmesi ile, kamaşma ve bir çok sorun çözümlenebilir.

2) *Güneş ışığının içeriye girmesini önleyecek elemanların kullanılması*

Perde, panjur, tente, yada güneş kıran benzeri elemanların kullanılması ile, güneş ışığı büyük oranda engellenebilir. Bu elemanların pencerenin içinde ya da dışında olması, kamaşma açısından önem taşımamakla birlikte, hacimdeki ısı kazançları bakımından önem taşır.

Sonuç olarak, gün ışığından yararlanılan okul, büro gibi çalışma ortamlarında, gün ışığı kamaşma açısından büyük önem taşır. Bu bakımdan, gerek tasarım aşamasında, gerekse iç düzenleme sırasında, gün ışığı dikkate, alınması gereken önemli bir konudur. Bu konu ile ilgili olarak çeşitli ülkelerde bir çok çalışma yapılmıştır. Ancak, bu tezde yapay ışık kaynaklarının neden olduğu kamaşma incelendiğinden, gün ışığının neden olduğu kamaşmaya ilişkin çalışmalar, ele alınmamıştır.

#### 4. KONFORSUZLUK KAMAŞMASININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Bir ortamda, yapay ışık kaynaklarından ötürü oluşan konforsuzluk kamaşmasının değerlendirilmesi ve saptanmasıyla ilgili, yıllardan beri değişik ülkelerde, bir çok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmaların amacı, ortamdaki ışıklılıkların, dağılımı ve oranlarının neden olduğu konforsuzluğun niceliğini belirleyebilmektir.

Ancak, insan gözü ve yüzünün özelliklerdeki bireysel ayrımlar nedeniyle, kişilerin aynı ortamlardaki duyuşal izlenimleri aynı olmamaktadır. Bundan ötürü, konforsuzluk kamaşmasının değerlendirilmesi için kullanılan nicelikler, deneysel yöntemlerle bulunur.

Yapılan bir çok deney ve çalışma sonucunda, ortamda tek bir ışık kaynağının neden olduğu kamaşmanın değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerde belli bir uzlaşma sağlanmış olmakla beraber, genel olarak değişik ülkelerde birbirinden ayrı formüller ve yöntemler geliştirilmiştir. Söz konusu formüllerin, değişik olmasının nedeni ise, yukarıda da belirtildiği gibi, konforsuzluk kamaşmasının öznel olması ve bu formüllerin deneysel yöntemlerin sonucunda geliştirilmiş olmasıdır.

Konforsuzluk kamaşmasının belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin temelini, genelde, ortamdaki bir ışık kaynağının oluşturduğu kamaşmayı nicelik olarak hesaplamayı olanaklı kılan bir formül oluşturur. Bu formüldeki değişkenler ise genelde, kişinin bakış doğrultusu ve konumu, oda yüzeylerinin ışık yansıtma çarpanları, oda boyutları, aygıtların ışık yeğnilik diyagramları, konumları ve boyutlarıdır.

Konforsuzluk kamaşması niceliğinin, söz konusu formüller aracılığı ile hesaplanması bir çok matematiksel işlemler gerektirir. Hesaplama sırasında, bir bilgisayar ve uygun bir yazılım programı kullanılmadığı sürece bu tür uygulamalar kolay değildir. Bu nedenle, yapılan çalışmalar sonucunda, belli varsayımlara dayandırılan ve temelini söz konusu formüllerin oluşturduğu, daha kısa ve kolay yöntemler de geliştirilmiştir.

Konforsuzluk kamaşmasının değerlendirilmesinde kullanılan bazı yöntemler.

- 1) CIBSE Kamaşma İndeksi (GI)
- 2) Görsel Konfor Olasılığı (VCP)
- 3) CIE Kamaşma İndeksi

- 4) Avrupa Kamaşma Denetleme Yöntemleri
  - 5) Işıklılık Eğrisi Yöntemi
- olarak sıralanabilir.

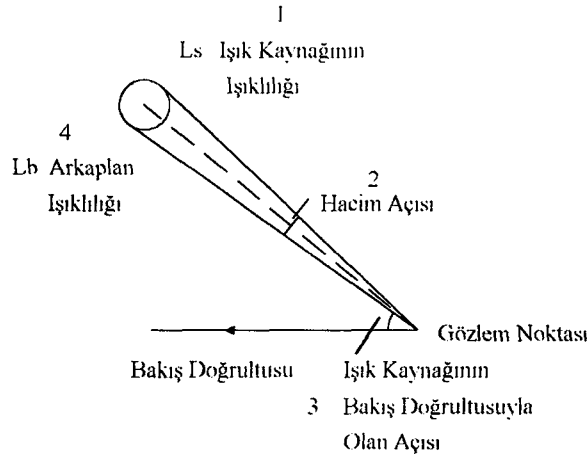
Bu çalışma içinde, konforsuzluk kamaşmasının değerlendirilmesi ile ilgili olarak, "CIBSE Kamaşma İndeksi" ve "Görsel Konfor Olasılığı (VCP)" adlı iki değerlendirme yöntemi ele alınmıştır.

#### 4.1. CIBSE KAMAŞMA İNDEKSİ

*CIBSE Kamaşma İndeksi*. CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers) tarafından geliştirilen ve 1985 yılında Technical Memoranda 10'da yayımlanan, yapay ışık kaynakları ile aydınlatılan ortamlarda, bu kaynakların oluşturabileceği konforsuzluk kamaşmasının niceliğini hesap edebilmek için kullanılan bir yöntemdir

Bölüm 3'de belirtildiği gibi, konforsuzluk kamaşmasının oluşumunu etkileyen başlıca etkenler: (Bkz. şekil 4.1)

- 1) ışık kaynağının ışıklılığı,
- 2) ışık kaynağının görünen büyüklüğü,
- 3) ışık kaynağının görme alanındaki yeri, ve
- 4) ortamın genel ışıklılığıdır.



Şekil 4.1

Sözkonusu etkenler, yapay ışık kaynakları ile aydınlatılan bir ortamda oluşabilecek, konforsuzluk kamaşmasının niceliğini hesap etmek için, **kamaşma değişmezi** olarak adlandırılan bir formülde, uygun bir biçimde bir araya getirilmiştir.

Kamaşma değişmezi, yalnız bir ışık kaynağının, belli bir gözleme noktasına göre, oluşturacağı, kamaşma değerini hesaplar. Eğer ortamda birden fazla ışık kaynağı varsa, ortamda oluşacak kamaşmanın niceliğini bulmak için, her bir ışık kaynağının, kamaşma değişmezinin ayrı ayrı hesaplanması gerekir.

Ortamdaki her ışık kaynağı için ayrı ayrı hesaplanan kamaşma değişmezi değerleri, logaritmik olarak toplanarak, söz konusu gözleme noktasındaki **kamaşma indeksi** değeri bulunur. Bir ortamın kamaşma indeksinin bu biçimde hesaplanması ile, ortamdaki ışık kaynaklarının her türlü yerleşimi ve kişinin değişen her konumu için, oluşabilecek kamaşmanın niceliği bulunabilir.

Ancak bu yöntem, yöntemin dayandığı temel eşitliğe aykırı olduğu için, ışıklı tavan ya da geniş paletli aygıtlar gibi alanı çok büyük olan ışık kaynakları için geçersizdir. Çünkü, böyle durumlarda kaynak boyutlarını neyin belirlediğine karar vermek çok zordur.

#### 4.1.1 Kamaşma İndeksi

Yukarıdaki bölümde belirtildiği gibi, bir ortamda birincil ışık kaynaklarının neden olduğu kamaşma indeksinin bulunabilmesi için, o ortamda bulunan tüm aygıtların kamaşma değişmezi değerlerinin hesaplanması gerekir.

##### 4.1.1.1 Kamaşma değişmezinin hesaplanması

Bir aydınlatma düzeninde, yer alan her bir aygıtın neden olacağı, kamaşmanın niceliği, *kamaşma değişmezi* olarak adlandırılan formül ile hesap edilir. Bu formül aşağıdaki gibidir.

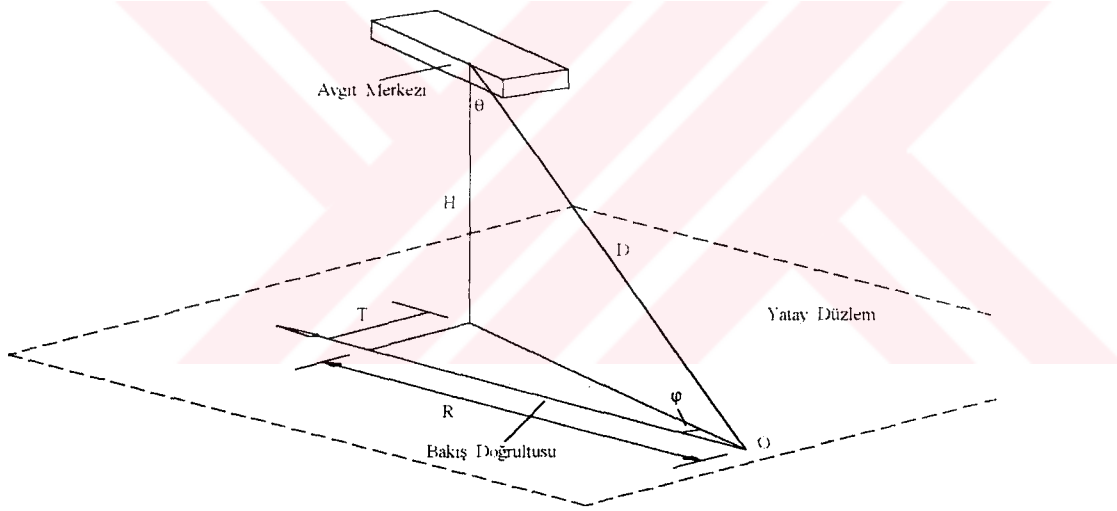
$$g = \frac{0.9L_s^{1.6} \cdot \omega^{0.8}}{L_b \cdot P^{1.6}} \quad (4.1)$$

Burada,  $g$  :Kamaşma değişmezi

- $L_s$ : Söz konusu ışık kaynağının (aygıtın), kişinin bakış doğrultusundaki ışık yeğinliği (*kaynak ışıklılığı*) ( $\text{cd/m}^2$ ).
- $\omega$ : Söz konusu ışık kaynağının, görünen alanını belirleyen *hacim açısı* (str.).
- $L_h$ : Aydınlatma düzeninde söz konusu ışık kaynağının dışında kalan, diğer ışık kaynaklarının oluşturduğu ve düzgün yayıldığı varsayılan ortamın genel ışıklılığı (*arkaplan ışıklılığı*) ( $\text{cd/m}^2$ ).
- $P$ : Herbir ışık kaynağının bakış doğrultusuna göre konumu. (*Konum indeksi*).

olarak tanımlanmıştır.

Yukarıda tanımları verilen bu değişkenlerin hesaplanmasında kullanılan formüller, aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.2

### Kaynak ışıklılığı: ( $L_s$ )

$$L_s = \frac{I_{\varphi\theta}}{A} \quad (4.2)$$

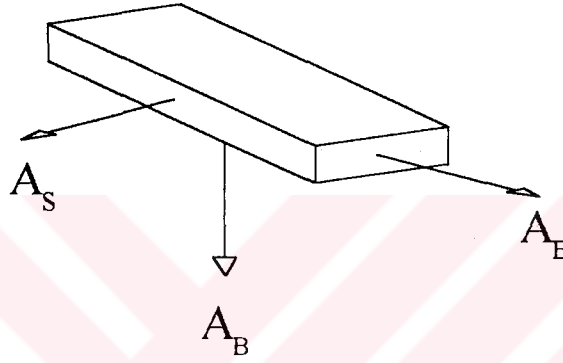
Burada:  $I_{\varphi\theta}$ : Şekil 1.1 de belirtildiği üzere, gözlem noktasına bağlı olarak, ışık kaynağının yatay ( $\varphi$ ) ve düşey ( $\theta$ ) açılarındaki ışık yeğinliğidir. ( $\text{cd/m}^2$ )  
Yatay ve düşey açıları aşağıdaki gibi hesap edilir. (Bkz.Şekil 4.2 )



$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{H}{D}\right) \quad (4.3)$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{T}{R}\right) \quad (4.4)$$

( $I_{\varphi\theta}$ , ışık yeğİnliği çizelgelerinden, ( $\varphi$ ) açısı için yapılan lineer interpolasyon sonrası, ( $\theta$ ) açısı için yapılan lineer interpolasyon ile, elde edilir.)



Şekil- 4.3

#### Aygıtın görünen alanı (A) :

Gözlemcinin bulunduğu 'O' konumundan, aygıtın görünen yüzeyinin alanıdır. Aygıtın dörtgen ve bakış doğrultusuna göre konumunun paralel olması durumunda, aygıtın görülen alanı (A) aşağıdaki gibi hesaplanır. (Bkz. Şekil 4.2 ve 4.3)

$$A = A_B \frac{H}{D} + A_S \frac{T}{D} + A_E \frac{R}{D} \quad (4.5a)$$

Aygıtın bakış doğrultusun göre konumunun dik olması durumunda, 4.5a nolu formül aşağıdaki biçimi alır.

$$A = A_B \frac{H}{D} + A_S \frac{R}{D} + A_E \frac{T}{D} \quad (4.5b)$$

- Burada.
- H:** Aygıt merkezinin, bakış doğrultusundan geçen yatay düzlemde, olan düşey uzaklığı (yükseklik)
  - T :** Bakış doğrultusu, ile aygıt merkezinin yatay düzlemdeki izdüşüm noktası arasında kalan dik uzunluk.
  - R:** Aygıt merkezinin yatay düzlemdeki izdüşüm noktasından, bakış doğrultusuna çıkılan dikin, bu doğruyu kestiği nokta ile gözlem noktası arasında kalan uzunluk.
  - D :** Aygıtın merkezinden gözleme noktasına olan eğik uzunluk. (bkz.Şekil 4.3)  
Bu uzunluk değeri ..

$$D = \left( H^2 + R^2 + T^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4.6)$$

olarak tanımlanmıştır.

- Gözleme noktasından, aygıtın görünen alanın hesaplanması için aygıtın yerleşimine bağlı olan veriler çizelge 4.1 de verilmiştir.
- Aydınlatma biçimi ve tipi değişik olan aygıtların görünen alan hesabı için CIBSE'nin BS5225<sup>10</sup> nolu yayından yararlanılır.

#### **Hacim açısı ( $\omega$ ):**

$$\omega = \frac{A}{D^2} \quad (4.7)$$

Buradaki A ve D değişkenleri, 4.5 ve 4.6 nolu formüllerde belirtildiği gibi hesaplanır.

(Bir ortamın kamaşma indeksinin bulunabilmesi için, aydınlatma düzeninde kullanılan aygıtların oluşturduğu en büyük hacim açısı 0.1 str. olmalıdır.)

#### **Kaynağın konum indeksi: (P)**

Bu büyüklük; söz konusu kaynağın ışıklılığı ile; bakış doğrultusu üzerinde olan, eşit büyüklükteki ve eşit konforsuzluk kamaşması yaratan kaynağın, ışıklılığı arasındaki orandır.

- Luckiesh ve Guth tarafından T/R ve H/R'ye bağlı olarak hesaplanan konum indeksi (P) değerleri çizelge 4.2 de verilmiştir.

Çizelge - 4.1 Aygıtın görünüş alanını (A) , hesap etmek için gerekli veriler

T/H	0.5			1.5			2.5			3.5			4.5			5.5		
	H/D	R/D	T/D	H/D	R/D	T/D	H/D	R/D	T/D	H/D	R/D	T/D	H/D	R/D	T/D	H/D	R/D	T/D
0.5	0.816	0.408	0.408	0.535	0.802	0.267	0.365	0.913	0.183	0.272	0.953	0.136	0.216	0.97	0.108	0.178	0.98	0.089
1.5	0.535	0.267	0.802	0.426	0.64	0.64	0.324	0.811	0.487	0.254	0.889	0.381	0.206	0.928	0.309	0.173	0.95	0.259
2.5	0.365	0.183	0.913	0.324	0.487	0.811	0.272	0.68	0.68	0.226	0.793	0.566	0.191	0.858	0.477	0.163	0.898	0.408
3.5	0.272	0.136	0.953	0.254	0.381	0.889	0.226	0.566	0.793	0.198	0.693	0.693	0.173	0.777	0.605	0.152	0.834	0.531
4.5	0.216	0.108	0.97	0.206	0.309	0.928	0.191	0.477	0.858	0.173	0.605	0.777	0.155	0.699	0.699	0.139	0.766	0.627
5.5	0.178	0.089	0.98	0.173	0.259	0.95	0.163	0.408	0.898	0.152	0.531	0.834	0.139	0.627	0.766	0.128	0.701	0.701
6.5	0.152	0.076	0.986	0.148	0.222	0.964	0.142	0.355	0.924	0.134	0.47	0.873	0.125	0.565	0.816	0.117	0.642	0.758
7.5	0.132	0.066	0.989	0.13	0.194	0.972	0.125	0.314	0.941	0.12	0.42	0.9	0.114	0.511	0.852	0.107	0.588	0.802
8.5	0.117	0.058	0.991	0.115	0.173	0.978	0.112	0.28	0.953	0.108	0.379	0.919	-	-	-	-	-	-
9.5	0.105	0.052	0.993	0.103	0.155	0.982	0.101	0.253	0.962	0.098	0.344	0.934	-	-	-	-	-	-
10.5	0.095	0.047	0.994	0.094	0.141	0.986	0.092	0.231	0.969	0.09	0.315	0.945	-	-	-	-	-	-
11.5	0.087	0.043	0.995	0.086	0.129	0.988	0.085	0.212	0.974	0.083	0.29	0.953	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.2 - Konum İndeksi (P) Değerleri Çizelgesi

## Konum İndeksi

T/R	H/R																				
	0.00	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.90	1.00	1.1	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	
0.00	1.00	1.26	1.53	1.90	2.35	2.86	3.50	4.20	5.00	6.00	7.00	8.10	9.25	10.35	11.70	13.50	14.70	16.20	-	-	-
.10	1.05	1.22	1.46	1.80	2.20	2.75	3.40	4.10	4.80	5.80	6.80	8.00	9.10	10.30	11.60	13.00	14.60	16.10	-	-	-
.20	1.12	1.30	1.50	1.80	2.20	2.66	3.18	3.88	4.60	5.50	6.50	7.60	8.75	9.85	11.20	12.70	14.00	15.70	-	-	-
.30	1.22	1.38	1.60	1.87	2.25	2.70	3.25	3.90	4.60	5.45	6.45	7.40	8.40	9.50	10.85	12.10	13.70	15.00	-	-	-
.40	1.32	1.47	1.70	1.96	2.35	2.80	3.30	3.90	4.60	5.40	6.40	7.30	8.30	9.40	10.60	11.90	13.20	14.60	16.00	-	-
.50	1.43	1.60	1.82	2.10	2.48	2.91	3.40	3.98	4.70	5.50	6.40	7.30	8.30	9.40	10.50	11.75	13.00	14.40	15.70	-	-
.60	1.55	1.72	1.98	2.30	2.65	3.10	3.60	4.10	4.80	5.50	6.40	7.35	8.40	9.40	10.50	11.70	13.00	14.10	15.40	-	-
.70	1.40	1.88	2.12	2.48	2.87	3.30	3.78	4.30	4.88	5.60	6.50	7.40	8.50	9.50	10.50	11.70	12.85	14.00	15.20	-	-
.80	1.82	2.00	2.32	2.70	3.08	3.50	3.92	4.50	5.10	5.75	6.60	7.50	8.60	9.50	10.60	11.75	12.80	14.00	15.10	-	-
.90	1.95	2.20	2.54	2.90	3.30	3.70	4.20	4.75	5.30	6.00	6.75	7.70	8.70	9.65	10.75	11.80	12.90	14.00	15.00	16.00	16.00
1.00	2.11	2.40	2.75	3.10	3.50	3.91	4.40	5.00	5.60	6.20	7.00	7.90	8.80	9.75	10.80	11.90	12.95	14.00	15.00	16.00	16.00
1.10	2.30	2.55	2.92	3.30	3.72	4.20	4.70	5.25	5.80	6.55	7.20	8.15	9.00	9.90	10.95	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	16.00
1.20	2.40	2.75	3.12	3.50	3.90	4.35	4.85	5.50	6.05	6.70	7.50	8.30	9.20	10.00	11.02	12.10	13.10	14.00	15.00	16.00	16.00
1.30	2.55	2.90	3.30	3.70	4.20	4.65	5.20	5.70	6.30	7.00	7.70	8.55	9.35	10.20	11.20	12.25	13.20	14.00	15.00	16.00	16.00
1.40	2.70	3.10	3.50	3.90	4.35	4.85	5.35	5.85	6.50	7.25	8.00	8.70	9.50	10.40	11.40	12.40	13.25	14.05	15.02	16.00	16.00
1.50	2.85	3.15	3.65	4.10	4.55	5.00	5.50	6.20	6.80	7.50	8.20	8.85	9.70	10.55	11.50	12.50	13.30	14.05	15.05	16.00	16.00
1.60	2.95	3.40	3.80	4.25	4.75	5.20	5.75	6.30	7.00	7.65	8.40	9.00	9.80	10.80	11.75	12.60	13.40	14.20	15.10	16.00	16.00
1.70	3.10	3.55	4.00	4.50	4.90	5.40	5.95	6.50	7.20	7.80	8.50	9.20	10.00	10.85	11.85	12.75	13.45	14.20	15.10	16.00	16.00
1.8	3.25	3.70	4.20	4.65	5.10	5.60	6.10	6.75	7.40	8.00	8.65	9.35	10.10	11.00	11.90	12.80	13.50	14.20	15.10	16.00	16.00
1.9	3.43	3.86	4.30	4.75	5.20	5.70	6.30	6.90	7.50	8.17	8.80	9.50	10.20	11.00	12.00	12.82	13.55	14.20	15.10	16.00	16.00
2.00	3.50	4.00	4.50	4.90	5.35	5.80	6.40	7.10	7.70	8.30	8.90	9.60	10.20	11.00	12.00	12.85	13.60	14.30	15.10	16.00	16.00
2.10	3.60	4.17	4.65	5.05	5.50	6.00	6.60	7.20	7.82	8.45	9.00	9.75	10.50	11.20	12.10	12.90	13.70	14.35	15.10	16.00	16.00
2.20	3.75	4.25	4.72	5.20	5.60	6.10	6.70	7.35	8.00	8.55	9.15	9.85	10.60	11.30	12.10	12.90	13.70	14.40	15.20	16.00	16.00
2.30	3.85	4.35	4.80	5.25	5.70	6.22	6.80	7.40	8.10	8.65	9.30	9.90	10.70	11.40	12.20	12.95	13.70	14.45	15.20	16.00	16.00
2.40	3.95	4.40	4.90	5.35	5.80	6.30	6.90	7.50	8.20	8.80	9.40	10.00	10.80	11.50	12.25	13.00	13.75	14.50	15.25	16.00	16.00
2.50	4.00	4.50	4.95	5.40	5.85	6.40	6.95	7.55	8.25	8.85	9.50	10.05	10.85	11.55	12.30	13.00	13.80	14.50	15.25	16.00	16.00
2.60	4.07	4.55	5.05	5.47	5.95	6.45	7.00	7.65	8.35	8.95	9.55	10.10	10.90	11.60	12.32	13.00	13.80	14.50	15.25	16.00	16.00
2.70	4.10	4.60	5.10	5.53	6.00	6.50	7.05	7.70	8.40	9.00	9.60	10.16	10.92	11.63	12.35	13.00	13.80	14.50	15.25	16.00	16.00
2.80	4.15	4.62	5.15	5.56	6.05	6.55	7.08	7.73	8.45	9.05	9.65	10.20	10.95	11.65	12.35	13.00	13.80	14.50	15.25	16.00	16.00
2.90	4.20	4.65	5.17	5.60	6.07	6.57	7.12	7.75	8.50	9.10	9.70	10.23	10.95	11.65	12.35	13.00	13.80	14.50	15.25	16.00	16.00
3.00	4.22	4.67	5.20	5.6	6.12	6.60	7.15	7.80	8.55	9.12	9.70	10.23	10.95	11.65	12.35	13.00	13.80	14.50	15.25	16.00	16.00

### Arkaplan ışıklılığı ( $L_b$ ):

Bu büyüklük, ortam duvarlarında oluşan toplam aydınlığın, yansımış aydınlık düzeyi bileşenidir ve aşağıdaki 4.8 nolu formül aracılığı ile hesap edilir.

$$L_b = \frac{UF(W, ID) \times F \times N}{\pi \times A(W)} \quad (4.8)$$

Burada, **A(W)**: Bakış düzleminde geçen yatay düzlem ile aygıtların bulunduğu yatay düzlem arasında kalan duvarların toplam alanı ( $m^2$ )

**F** : Lamba ışık akısı (lümen)

**N** : Lamba sayısı

**UF(W, ID)** : Ortam duvarlarında oluşan yansımış ışığa bağlı olan kullanma çarpanı olup aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$UF(W, ID) = DF(F) \times TF(F, W) + DF(C) \times (TF(W, W) - 1) + DF(C) \times TF(C, W) \quad (4.9)$$

Burada ise:

#### Kullanma Çarpanı (Utilisation Factor) UF(S):

Bir yüzeyin (S), kullanma çarpanı, yüzeye gelen toplam, yansımış ışık akısının, lambadan çıkan toplam ışık akısına oranıdır.

#### Dağıtma Çarpanı (distribution factor) DF(S):

Bir yüzeyin (S) dağıtma çarpanı, yüzeye gelen dolaysız ışık akısının, lambadan çıkan toplam ışık akısına olan oranıdır. DF(F), DF(W), DF(C) hacimdeki, döşeme, duvar ve tavanın dağıtma çarpanını simgeler.

#### Aktarım Çarpanı (Transfer Factor) TF(S1, S2):

S1 yüzeyinden, S2 yüzeyine olan aktarım çarpanı TF(S1, S2), S1 yüzeyini aydınlatan ışık akısının bir sonucu olarak, S2 yüzeyine düşen toplam ışık akısının, S1 yüzeyine düşen, dolaysız ışık akısına oranıdır. S1 ve S2 yüzeyleri farklı ise TF < 1 dir. Eğer ikisi aynı yüzeyse TF > 1 dir.

(4.9 nolu formülde parantez içinde olan F.W.C harfleri, sırası ile odanın, döşemesini, duvarlarını ve tavanını simgeler. Örneğin TF(C.F) Tavandan döşemeye olan aktarım çarpanı gibi.)

#### 4.1.1.1.1 Kamaşma Değişmezi (g) Değerine Göre Konforsuzluk Kamaşmasının Değerlendirilmesi

Yukarıda verilen 4.1 nolu formül aracılığı ile hesaplanan, *kamaşma değişmezi (g)* değerine bağlı olarak, konforsuzluk kamaşmasının kişide yarattığı duyulanmaya ilişkin değerlendirme çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3-Kamaşma değişmezi değerine göre, konforsuzluk kamaşmasının değerlendirilmesi (Hopkinson R.G..et. al., Architectural Physics Lighting, 1963)

Kamaşma Değişmezi (g)	Kamaşma Derecesi
600	Hemen hemen katlanılmaz
600-150	Rahatsızlık verici
150	Hemen hemen rahatsızlık verici
150-35	Dikkat dağıtıcı, ancak rahatsızlık verici değil
35	Ancak kabul edilebilir.
35-8	Kabul edilebilir, ancak hissedilmez değil
8	Hemen hemen hissedilmez

4.3 nolu çizelgeden de anlaşılacağı gibi, yapay bir ışık kaynağının, sözkonusu gözleme noktasına göre oluşturduğu kamaşma değişmezi değeri, 8 ile 35 arasında olduğunda, konforsuzluk kamaşması açısından önemli bir sorun yoktur. Kamaşma değişmezi değeri, 35 ile 150 arasında olduğunda, konforsuzluk kamaşması, rahatsızlık vericidir ve etkileri, zaman ve işlevin gerektirdiği dikkate bağlı olarak artar. Kamaşma değişmezinin değeri, 150 ile 600 arasında olduğunda, kamaşmanın etkileri, kendini hemen belli eder ve kısa sürede kişide rahatsızlık ve yorgunluğa neden olur. Kamaşma değişmezi değerinin 600 ve üzeri olması ise, söz konusu ortamda, sözkonusu aygıt ile görsel işlevin gerçekleştirilmesinin olanaksız olduğunu gösterir.

Sonuç olarak, belli bir ışık kaynağı ile yapılan aydınlatma düzeninde, sözkonusu ışık kaynağının, genel görme alanı ve genel bakış doğrultusu için kamaşma değişmezi değerinin, 8 ile en fazla 150 arasında olması gerekir

#### 4.1.1.2 Kamaşma İndeksinin (GI) Hesaplanması

Ortamda birden fazla ışık kaynağı varsa, herbirinin kamaşma değışmezi yukarıda verilen formül ile hesaplanır. Aydınlatma düzeninin *kamaşma indeksi* ise, her kaynak için hesaplanan kamaşma değışmezlerinin ( $g_1, g_2, g_3, \dots, g_n$ ) aşığıdaki 4.10 nolu formül uyarınca toplanması ile belirlenir.

$$GI = 10 \log_{10} [0.5(g_1 + g_2 + g_3 \dots g_n)] \quad (4.10)$$

##### 4.1.1.2.1 Kamaşma İndeksi (G) Değerine Göre Konforsuzluk Kamaşmasının Değerlendirilmesi

Herhangi bir ortamda, 4.10 nolu formül uyarınca hesaplanan kamaşma indeksinin değerine göre, konforsuzluk kamaşmasının kişide yarattığı duyulanmaya ilişkin değerlendirme izelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4-Kamaşma İndeksinin değerine göre konforsuzluk kamaşmanın değerlendirilmesi (Architectural Physics Lighting, R. G. Hopkinson, 1963)

Kamaşma Derecesi	Kamaşma İndeksi (G)
Hemen hemen hissedilmez	10
	13
Ancak kabul edilebilir	16
	19
Rahatsızlık verici	22
	25
Katlanılmaz rahatsızlık	28

Çizelge 4.4'den de anlaşıldığı gibi, bir aydınlatma düzeninin, görsel konfor koşullarını sağlayabilmesi için, genel görme alanı içinde ve genel bakış doğrultusundaki kamaşma indeksi değerinin 22'yi kesinlikle aşmaması gerekir. Kamaşma indeksi değerinin 10 ile 16 arasında olması ise, görsel konfor açısından gerekli koşulu sağlar.

#### 4.1.2 Kamaşma İndeksi Hesabının Kolaylaştırılması

CIBSE, 4.1 nolu bölümde, hesaplanma biçimi anlatılan, *kamaşma indeksine* kullanım kolaylığı getirmek amacıyla, ortam koşullarında belli varsayımların yapıldığı hacimler için, bölüm 4.1.1 de verilen, 4.1 nolu kamaşma değişmezi formülünü yeniden düzenleyerek, belli çizelgelerin hazırlanmasını sağlamıştır.

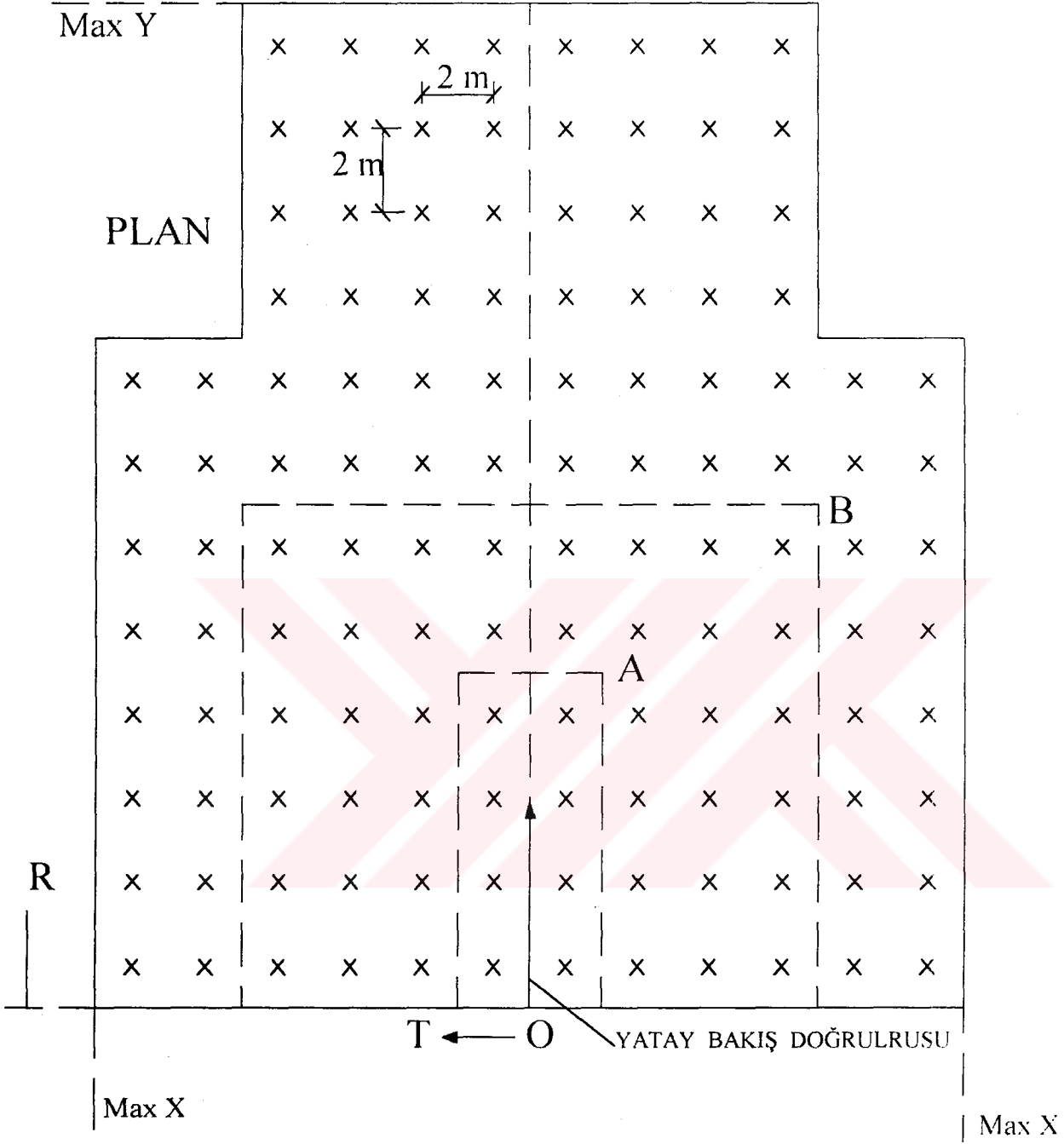
Genellikle aygıt üreten firmalar tarafından, CIBSE'nin geliştirdiği "kamaşma indeksi yöntemi" ile, hazırlanan ve *Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksleri (Uncorrected Glare Indices, UGI)* olarak adlandırılan bu çizelgelerin, geçerli olduğu ortamlarda kabul edilen varsayımlar aşağıda verilmiştir.

##### 4.1.2.1 Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi (UGI) Çizelgelerinin Oluşturulmasında Yapılan Varsayımlar

Belli bir aygıt için verilen UGI çizelgesi hazırlanırken, ortam koşulları ile ilgili yapılan varsayımlar aşağıdaki gibidir.

- Işık kaynakları, şekil 4.4 de görüldüğü gibi, 2m aralıklarla, düzgün olarak yerleştirilmiştir.
- Gözlemcinin konumu, arka duvarın orta noktasında (O) ve bakış doğrultusu karşı duvarın merkezini görecek biçimdedir (Bkz. şekil 4.4).
- Bakış doğrultusundan geçen yatay düzlemin yerden yüksekliği 1.2 m olarak alınmıştır (  $h=1.2m$ ; Bkz. şekil 4.6)
- Aygıtların, bakış doğrultusundan geçen yatay düzlemden olan yüksekliği, 2m olarak belirlenmiştir (  $H=2$  m; Bkz. şekil 4.6).
- Aygıt aralığının, aygıt yüksekliğine oranı 1 olarak seçilmiştir (SHR=1).
- Yatay düzlem ile aygıtların bulunduğu düzlem arasında kalan duvarların yükseklikleri 2m alınmıştır. (  $H=2m$ , Bkz şekil 4.6).
- Oda eni (X), bakış doğrultusuna dik; oda boyu (Y), bakış doğrultusuna paralel kenar olacak biçimde, aygıt yüksekliğine (H) bağlı olarak tanımlanmıştır. ( Bkz.Şekil 4.4 ve 4.5.
- Her bir aygıtın ışık akısı 1000 lm olarak belirlenmiştir.

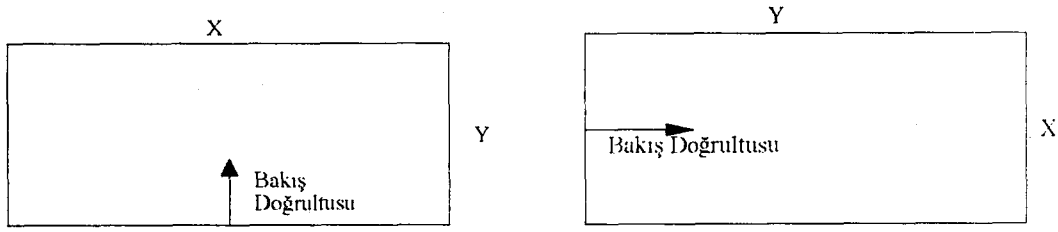




Şekil 4.4 -Aygıtların standard düzeni (A ve B 19 oda biçimine örnek olarak verilmiştir.)

$$A : X = 2H \quad Y = 4H$$

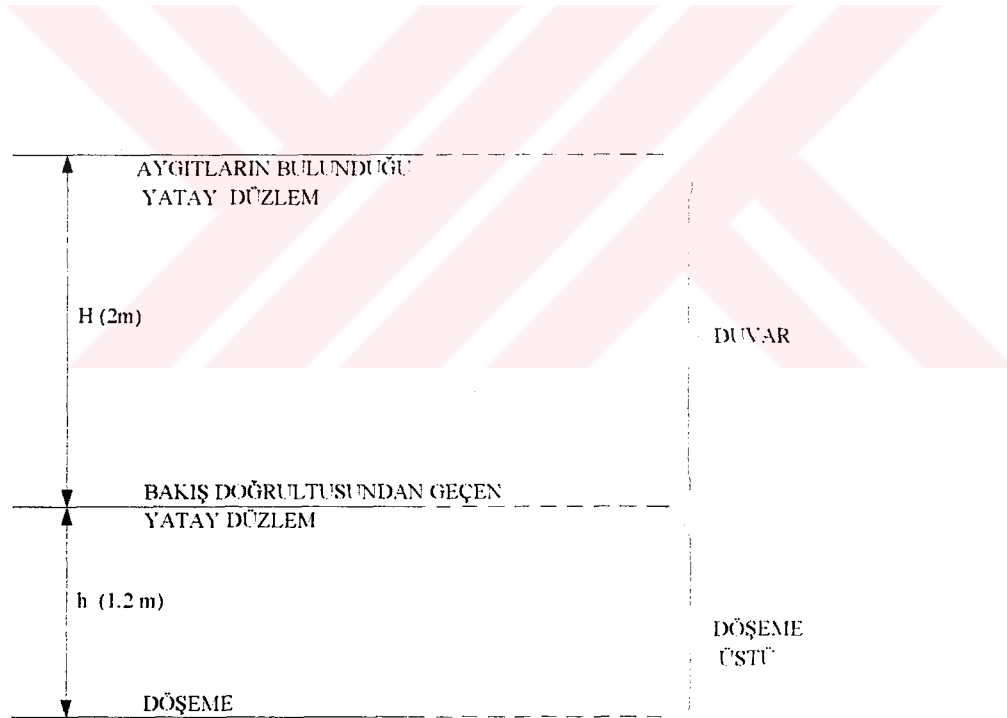
$$B : X = 8H \quad Y = 6H$$



Şekil 4.5-Oda boyutlarının bakış doğrultusuna göre konumu

X: H cinsinden, bakış doğrultusuna dik oda kenarı

Y: H cinsinden, bakış doğrultusuna paralel oda kenarı



Şekil 4.6-Yüksekliklerle ilgili yapılan varsayımlar

#### 4.1.2.2 Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi

##### Kamaşma Değişmezi formülünün Yeniden Düzenlenmesi:

Bölüm 4.1.2 de belirtildiği gibi, düzeltilmemiş kamaşma indeksi değerleri hesaplanırken, hacimde bulunan her ışık kaynağının neden olduğu kamaşmanın bulunması için, bölüm 4.1.1 de verilen 4.1 nolu kamaşma değişmezi formülü yeniden düzenlenmiş, ve aşağıda verilen 4.11 nolu formül biçimine dönüştürülmüştür.

$$g = 0.9 \frac{I_{\theta\phi}^{1.6}}{A^{1.6}} \times \frac{A^{0.8}}{D^{1.6}} \times \frac{1}{P^{1.6}} \times \frac{\pi}{E(W, ID)}$$

$$g = K \times \frac{I_{\theta\phi}^{1.6}}{A^{0.8}} \times \frac{1}{E(W, ID)} \quad (4.11)$$

Burada,

$$K = \frac{0.9\pi}{P^{1.6} \cdot D^{1.6}} \quad (4.12)$$

4.11 nolu formüldeki değişkenlerin tanımı ve hesabı, bölüm 4.1.1 de anlatıldığı biçimdedir.

- Hesap kolaylığı açısından K değerleri, T/D ve R/H bağlı olarak, yatay ( $\phi$ ) ve düşey ( $\theta$ ) açıları ile birlikte, 4.5 nolu çizelgeden alınabilir.
- E (W, ID) yansımış ışık akısının duvarlarda oluşturduğu aydınlık düzeyi ise, 4.13 nolu formül aracılığı ile bulunur.

$$E(W, ID) = \frac{UF(W, ID) \times N \times 1000}{A(W)} \quad (4.13)$$

Burada:

**N:** Aygıt sayısı

**A(W):** Yararlı düzlemle, aygıtların bulunduğu, yatay düzlem arasında kalan duvarların toplam alanı ( $m^2$ )

olarak verilmiştir.

Çizelge-4.6 Duvarlarda yansımış ışığın oluşturduğu aydınlığın (E.W.ID), hesabı için gerekli veriler

Oda Boyutları X	Y	Oda İndeksi	Aygit Sayısı N	Duvar Alanı m <sup>2</sup> A(W)	C
2H	2H	1.00	4.00	32.00	125.00
	3H	1.20	6.00	40.00	150.00
	4H	1.33	8.00	48.00	166.67
	6H	1.50	12.00	64.00	187.50
	8H	1.60	16.00	80.00	200.00
	12H	1.71	24.00	112.00	214.29
4H	2H	1.83	8.00	48.00	166.67
	3H	1.71	12.00	56.00	214.29
	4H	2.00	16.00	64.00	250.00
	6H	2.40	24.00	80.00	300.00
	8H	2.67	32.00	96.00	333.33
	12H	3.00	48.00	128.00	375.00
8H	4H	2.67	32.00	96.00	333.30
	6H	3.43	48.00	112.00	428.57
	8H	4.00	64.00	128.00	500.00
	12H	4.80	96.00	160.00	600.00
12H	4H	3.00	48.00	128.00	375.00
	6H	4.00	72.00	144.00	500.00
	8H	4.80	96.00	160.00	600.00

$$\frac{1000 \times N}{A(W)} = C \quad (4.14)$$

olarak gösterildiğinde. E(W,ID)'nin hesabı. 4.15 nolu formülde olduğu gibi daha basit bir biçim alır.

$$E(W, ID) = C \times UF(W, ID) \quad (4.15)$$

- Duvarlarda yansımış ışığın oluşturduğu aydınlık düzeyinin hesaplanması için gereken veriler. çizelge 4.6'da. UF(W,ID) değerlerinin hesaplanabilmesi için aktarım çarpanları (transfactor factor) değerleri ise. çizelge 4.7 de verilmiştir.

### **Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi (UGI) Değerlerinin Hesabı**

Yukarıda açıklaması yapılan. 4.11 nolu formül ve verilen çizelgeler aracılığı ile. ortamda bulunan her aygıtın için. kamaşma değişmezi hesap edilir. Ancak. uygulama alanında aygıtların düzeni. gözlemcinin bakış doğrultusuna göre bakışlımlı olduğundan. aydınlatma düzeninde bulunan aygıtların yarısı için kamaşma değişmezinin hesaplanması yeterli olur.

Bulunan kamaşma değişmezi değerlerinin. 4.16 nolu formül uyarınca logaritmik olarak toplanması ile sözkonusu aygıtların. belli koşullardaki o ortamda. neden olabileceği kamaşmanın değeri bulunur.

$$\text{Düzeltilmemiş Kamaşma indeksi (UGI)} = 10 \log_{10} \left( 0.5 \sum g \right) \quad (4.16)$$

### **Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi Çizelgesi**

Varsayımlar uyarınca oluşturulan bir aydınlatma düzeninde bulunan. aynı tipteki tüm aygıtlar için. kamaşma değişmezinin hesaplanıp logaritmik olarak toplanması işlemi. 19 ayrı oda biçimi ve 5 değişik yüzey ışık yansıtma çarpanının kombinasyonu ile oluşan tüm ortamlar için ayrı ayrı uygulanır. Bunun sonucunda. söz konusu aygıtın. bölüm 4.1.2 de belirtilen ortam koşullarında kullanılması durumunda geçerli olan. tüm düzeltilmemiş kamaşma indeksi değerleri hesaplanmış olur. Bu değerler aracılığı ile sözkonusu aygıt için geçerli olan düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) çizelgesi hazırlanır.

Çizelge - 4.5 Aygıtlar için T/H ve R/H 'a bağlı olarak hesaplanan, yatay ve düşey açt. ve K değerleri

T/H	0.50			1.50			2.50			3.50			4.50			5.50				
	f	q	K	f	q	K	f	q	K	f	q	K	f	q	K	f	q	K		
R/H																				
0.5	45.00	35.30	N:A	71.60	57.70	N:A	78.70	68.60	N:A	81.90	74.20	N:A	25.60	15.90	N:A	43.80	29.90	N:A		
1.5	18.40	57.70	0.04	45.00	64.80	0.02	59.00	71.10	0.01	66.80	75.30	0.00	18.40	57.70	0.04	45.00	64.80	0.00		
2.5	11.30	68.60	0.05	31.00	71.10	0.03	45.00	74.20	0.02	54.50	76.90	0.01	11.30	68.60	0.05	31.00	71.10	0.00		
3.5	8.10	74.20	0.05	23.20	75.30	0.04	35.50	76.90	0.02	45.00	78.60	0.01	8.10	74.20	0.05	23.20	75.30	0.01		
4.5	6.30	77.50	0.04	18.40	78.10	0.03	29.10	79.00	0.02	37.90	80.10	0.01	6.30	77.50	0.04	18.40	78.10	0.01		
5.5	5.20	79.70	0.03	15.30	80.10	0.03	24.40	80.60	0.02	32.50	81.30	0.02	5.20	79.70	0.03	15.30	80.10	0.01		
6.5	4.40	81.30	0.03	13.00	81.50	0.03	21.00	81.80	0.02	28.30	82.30	0.02	4.40	81.30	0.03	13.00	81.50	0.01		
7.5	3.80	82.40	0.02	11.30	82.60	0.02	18.40	82.80	0.02	25.00	83.10	0.01	3.80	82.40	0.02	11.30	82.60	0.01		
8.5	3.40	83.30	0.02	10.00	83.40	0.02	16.40	83.60	0.02	22.40	83.80	0.01	3.40	83.30	0.02	10.00	83.40			
9.5	3.00	84.00	0.02	9.00	84.10	0.02	14.70	84.20	0.02	20.20	84.40	0.01	3.00	84.00	0.02	9.00	84.10			
10.5	2.70	84.60	0.02	8.10	84.60	0.02	13.40	84.70	0.01	18.40	84.80	0.01	2.70	84.60	0.02	8.10	84.60			
11.5	2.50	85.00	0.01	7.40	85.10	0.01	12.30	85.10	0.01	16.90	85.20	0.01	2.50	85.00	0.01	7.40	85.10			

N:A - Bu aygıtlar görüş alanı dışındadır.

Çizelge 4.7 - Aktarım Çarpanı Değerleri

Yansıtma Çarpanı			Oda indeksi (RI)									
C	W	F	TF	1.000	1.250	1.500	2.000	2.500	3.000	4.000	5.000	
70	50	20	TF(F,W)	0.220	0.194	0.173	0.142	0.121	0.105	0.083	0.068	
			TF(W,W)-I	0.422	0.367	0.324	0.265	0.224	0.195	0.155	0.129	
			TF(C,W)	0.646	0.555	0.486	0.389	0.324	0.277	0.215	0.176	
70	30	20	TF(F,W)	0.188	0.169	0.153	0.129	0.111	0.097	0.078	0.065	
			TF(W,W)-I	0.217	0.192	0.172	0.144	0.123	0.108	0.088	0.074	
			TF(C,W)	0.553	0.484	0.430	0.351	0.297	0.257	0.203	0.168	
50	50	20	TF(F,W)	0.198	0.173	0.153	0.125	0.105	0.091	0.071	0.058	
			TF(W,W)-I	0.381	0.329	0.290	0.235	0.198	0.172	0.137	0.114	
			TF(C,W)	0.445	0.382	0.334	0.267	0.222	0.190	0.147	0.121	
50	30	20	TF(F,W)	0.172	0.153	0.137	0.114	0.097	0.085	0.067	0.056	
			TF(W,W)-I	0.198	0.174	0.156	0.129	0.110	0.097	0.078	0.065	
			TF(C,W)	0.386	0.337	0.299	0.244	0.205	0.178	0.140	0.115	
30	30	20	TF(F,W)	0.157	0.138	0.122	0.100	0.085	0.073	0.058	0.048	
			TF(W,W)-I	0.181	0.158	0.140	0.115	0.098	0.086	0.069	0.058	
			TF(C,W)	0.227	0.198	0.175	0.142	0.120	0.103	0.081	0.067	

### 4.1.2.3 Belli Bir Aydınlatma Aygıtının Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi Çizelgesinin (UGI) Oluşturulmasında İzlenebilecek İşlem Sırası ve Bir Örnek

Bölüm 4.1.2.1 de anlatılan varsayımlar uyarınca, bölüm 4.1.2.2 de anlatılan yöntem aracılığı ile, belli bir aydınlatma aygıtının, düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) çizelgesinin hazırlanması için izlenebilecek işlem sırası aşağıda verilmiştir.

#### 1)Aygıt ile ilgili özelliklerin belirlenmesi

Seçilen aygıt ile ilgili,

- Aygıt tipinin ve aydınlatma biçiminin, belirlenmesi
- Aygıtın boyutlarının belirlenmesi.
- Aygıtın yüzey alanlarının ( $A_E$ ,  $A_S$ ,  $A_B$ ) belirlenmesi.
- Aygıtın ışık yeğİnliği ile ilgili kapsamlı verinin sağlanması gerekir.

#### 2) Oda ile ilgili özelliklerin belirlenmesi:

Varsayımlar uyarınca belirlenen oda ile ilgili,

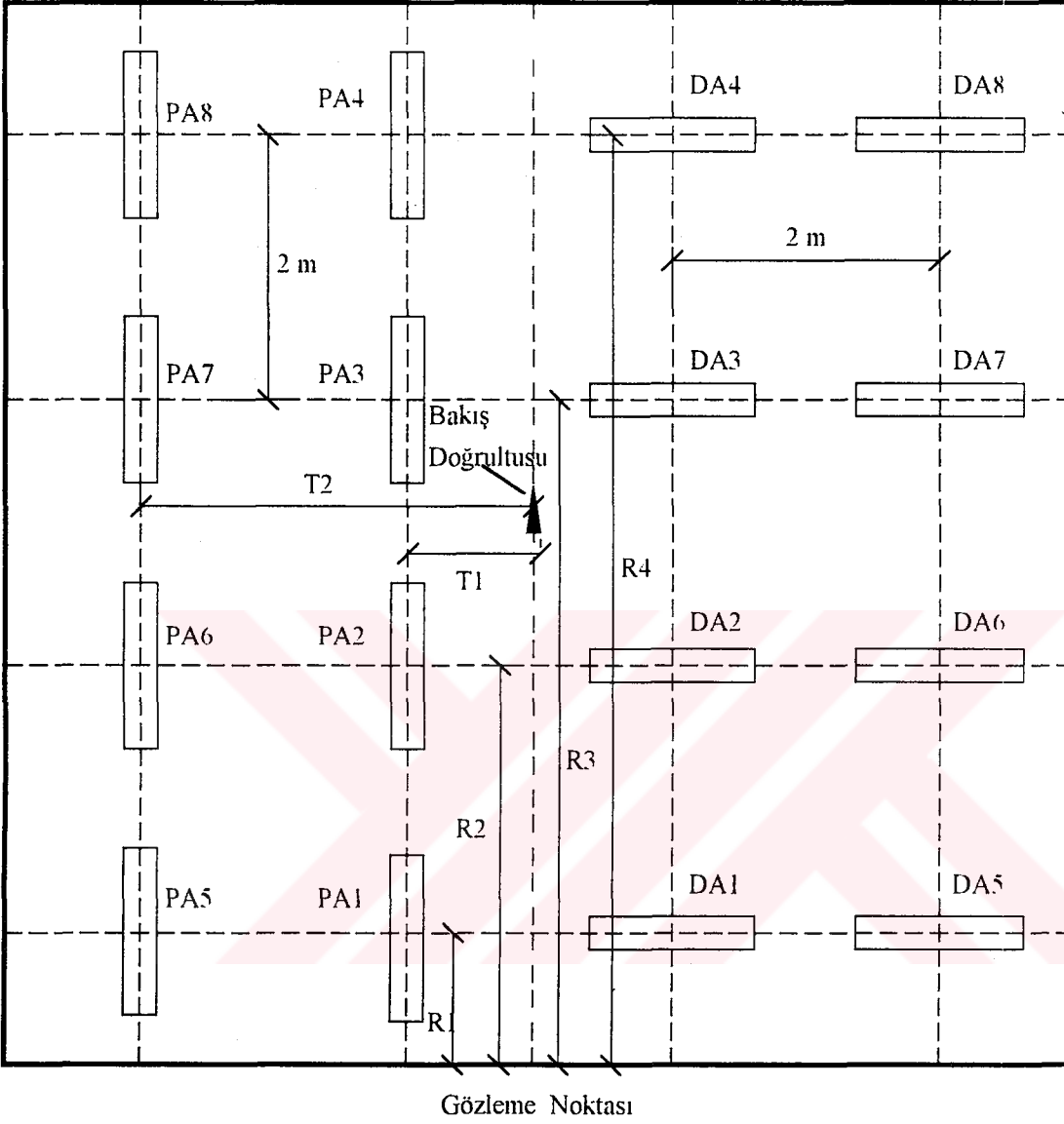
- Odanın boyutuna bağlı olarak, çizelge 4.6'dan döşemdeki aygıt sayısının belirlenmesi (Aygıtların yerleşimi varsayımlar uyarınca bakış doğrultusuna göre bakışumlu olduğundan hesaplarda, aygıt sayısının yarısı ile işlemler yapılır.)
- Aygıtların, şekil 4.7'de görüldüğü gibi, varsayımlar uyarınca yerleştirilmesi.
- Oda boyutuna bağlı olarak, çizelge 4.6 dan oda indeksinin(RI) belirlenmesi.
- Oda boyutuna bağlı olarak, çizelge 4.6 dan C değerinin belirlenmesi gerekir.

#### 3) Ortamda bulunan aygıtların konumu ile ilgili verilerin sağlanması:

Sözkonusu aygıtın, boyutları belli oda içine varsayımlara göre bakış doğrultusuna dik ve paralel olarak yerleştirilmesi sonucu. (Bkz. Sekil 4.7)

- Ortamda bulunan her aygıt merkezinin, bakış doğrultusundan geçen yatay düzlemden olan düşey uzaklar (**H**).
- Bakış doğrultusu ile, ortamda bulunan her aygıt merkezinin, yatay düzlemdaki iz düşüm noktası arasında kalan dik uzunluklar (**T**).
- Ortamda bulunan her aygıt merkezinin, yatay düzlemdaki izdüşüm noktalarından, bakış doğrultusuna çıkılan diklerin, bu doğruyu kestiği noktalarla, gözlem noktası arasında kalan uzunluklar (**R**) belirlenir.





Şekil 4.7- Yapay ışık kaynaklarının, Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi (UGI) çizelgelerinin hazırlanması için, kabul edilen varsayımlar uyarınca, bakış doğrultusuna dik ve paralel olarak yerleşimi. ( Kaynakların yerleşimi, gözleme noktasına göre simetrik olduğundan ve hesaplar odanın bir yarısı için yapıldığından, iki tür yerleşim bir şekil üzerinde gösterilmiştir.)

4) Sözkonusu aygıtın görünen yüzey alanlarının(1) ve gözlem noktası doğrultusundaki ışık yeğiniği değerinin ( $\theta\phi$ ) bulunması. (hesapçizelgesi 1)

Ortamdaki aygıtların, gözleme noktasına göre görünen alan (A) değerlerinin ve her aygıtın gözlem noktası doğrultusundaki ışık yeğiniği değerinin bulunması için, hesapçizelgesi 1'in oluşturulmasında izlenecek işlem sırası aşağıda verilmiştir.

- Aygıtların kodu, hesap çizelgesi 1'in 1. kolonuna yazılır. (Bkz. şekil 4.7)
- Belirlenen H değerleri, 1. hesapçizelgesinin 2. kolonuna yazılır.
- Belirlenen T değerleri, 1. hesapçizelgesinin 3. kolonuna yazılır.
- Belirlenen R değerleri, 1. hesapçizelgesinin 4. kolonuna yazılır.
- Formül 4.6 uyarınca hesaplanan D değerleri, 1. hesapçizelgesinin 5. kolonuna yazılır.
- T/H, R/H değerleri, 1. hesapçizelgesinin sırasıyla 6. ve 7. kolonlarına yazılır.
- R/D ve T/D değerleri, çizelge 4.1 den alınarak ya da hesaplanarak, 1. hesapçizelgesinin sırasıyla 8., 9. ve 10. kolonlarına yazılır.
- Ortamdaki aygıtların, gözleme noktasına göre görünen alan (A) değerleri, formül 4.5a ve b uyarınca hesaplanarak, 1. hesapçizelgesinin 11. kolonuna yazılır.
- $\phi$  ve  $\theta$  açıların değerleri, sırası ile, 4.3 ve 4.4 nolu formüller ile hesaplanarak ya da T/H ve R/H'a bağlı olarak çizelge 4.5 den alınarak, 1. hesapçizelgesinin 12. ve 13. kolonlarına yazılır.
- 12. ve 13. kolonlarda bulunan  $\phi$  ve  $\theta$  değerlerine bağlı olarak, aygıtın ışık yeğiniği çizelgesinden, lineer interpolasyon yapılarak, her aygıtın, bakış doğrultusu yönündeki ışık yeğiniği değeri bulunur ve 1. hesapçizelgesinin 14. kolonuna yazılır. (Bkz.çizelge 4.8 hesapçizelgesi 1)



5) K değerinin bulunması. (Hesapçizelgesi 2)

4.11 nolu kamaşma değişmezi formülünde bulunan ve 4.12 nolu formül aracılığı ile hesaplanan K değerinin bulunması için, hesapçizelgesi 2'nin oluşturulmasında izlenecek işlem sırası aşağıdaki gibidir.

- Aygıt kodları, hesapçizelgesi 2'nin 1. kolonuna yazılır. Ancak aygıtların gözlem noktasına göre, dik ve paralel yerleşimi için, K değerleri aynı olduğundan, iki yerleşim için tek hesap yapılır.
- T/R ve H/R değerleri hesaplanarak 2. hesapçizelgesinin sırasıyla 2. ve 3. kolonlarına yazılır.
- Konum indeksi (P) değeri, T/R ve H/R değerlerine bağlı olarak, çizelge 4.2 den alınarak 2. hesapçizelgesinin 4. kolonuna yazılır.
- Hesapçizelgesi 1'in 5. kolonunda bulunan yatay uzunluk (D) değerleri 2. hesapçizelgesinin 5. kolonuna yazılır.
- K değerleri her aygıt için ayrı ayrı, 4.12 nolu formül uyarınca hesaplanarak yada çizelge 4.5 den alınarak hesapçizelgesi 2'nin 6. kolonuna yazılır. (Bakınız çizelge 4.9 hesapçizelgesi 2 )

6)  $U(W, ID)$  ve  $E(W, ID)$  değerlerinin hesaplanması. (Hesapçizelgesi 3)

Duvarlarda, yansımış ışık ile oluşan aydınlık düzeyinin ( $E W, ID$ ), 4.15 nolu formül uyarınca hesabı için hesapçizelgesi 3'ün oluşturulmasında izlenecek işlem sırası aşağıda verilmiştir.

- UGI çizelgelerinde, beş ayrı ortam yüzeyleri yansıma çarpanı değerleri, hesap çizelgesi 3'ün 1. kolonuna yazılır.
- CIBSE tarafından yayımlanan Technical Memoranda TM5 'de (The Calculation and Use of Utilisation Factors) anlatılan yöntem uyarınca, değişik yüzey yansıtma çarpanlar için hesaplanan dağılım katsayıları, (Disturibition factor)  $DF(F)$ ,  $DF(W)$ ,  $DF(C)$  değerleri, sırası ile 3. hesapçizelgesinin 2..3. ve 4. kolonuna yazılır.
- Aktarım çarpanları (Transfer factors),  $TF(F, W)$ ,  $TF(W, W)-1$  ve  $TF(C, W)$  değerleri, oda indeksine ve yüzey yansıtma çarpanlarına bağlı olarak, çizelge 4.7 ' den alınarak hesapçizelgesi 3 'ün, sırası ile 5., 6. ve 7. kolonlarına yazılır.
- $UF(W, ID)$  değerleri 4.9 nolu formül uyarınca, değişik 5 yüzey yansıtma çarpanı değerleri için hesaplanarak hesapçizelgesi 3 'ün 8. kolonuna yazılır.
- Duvarlardaki yansımış ışık ile oluşan aydınlık düzeyi ( $E W, ID$ ) değeri, 4.15 nolu formül uyarınca, değişik 5 yüzey yansıtma çarpanı değerleri için hesaplanarak, hesapçizelgesi 3'ün 9. kolonuna yazılır. (Bakınız çizelge 4.10 hesapçizelgesi 3)

Çizelge 4.9  
HESAPÇİZELGESİ 2

Firma Adı:  
Aygıt Kodu:

Oda Boyutu:

1	2	3	4	5	6
Aygıt kodu	T/R	H/R	P	D	K
DP1					
DP2					
DP3					
DP n					

Çizelge 4.10  
HESAPÇİZELGESİ 3

Firma Adı:  
Aygıt Kodu:

Oda Boyutu:  
Oda indeksi Rl=

C =

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Y. Y. Çarpanları duv.. tav.. döş.	DF(F)	DF(W)	DF(C)	TF(F.W)	TF(W.W)-I	TF(C.W)	UF(W.ID)	E(W.ID)
70. 50. 20								
70. 30. 20								
50. 50. 20								
50. 30. 20								
30. 30. 20								

7) Düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) değerlerinin bulunması. (Hesapçizelgesi 4)

Varsayımlar uyarınca boyutları belirlenen ortamda, sözkonusu aygıt ile kurulan aydınlatma düzeninin, yüzey yansıtma çarpanı değişik 5 ayrı koşulda neden olabileceği kamaşma değerinin bulunması için, hesapçizelgesi 4'ün oluşturulmasında izlenecek işlem sırası aşağıdaki gibidir.

- Hesapçizelgesi 2'nin 6. kolonunda bulunan K değerleri, 4. hesapçizelgesinin, 2. kolonuna yazılır.
- Hesapçizelgesi 1'in 14. kolonunda bulunan  $I\phi\theta$  değerleri, 4. hesapçizelgesinin 3. kolonuna yazılır.
- Hesapçizelgesi 1'in 11. kolonunda bulunan A değerleri, 4. hesapçizelgesinin 4. kolonuna yazılır.
- Hesapçizelgesi 3'ün 1..2..3..4. ve 5. sıralarında bulunan, ayrı yansıtma çarpanları için değişik değerler alan E (W.ID), 4. hesapçizelgesinin sırasıyla 5..6..7..8..ve 9.. kolonlarına yazılır.
- 4.11 nolu formül uyarınca her aygıt için ve değişen yüzey yansıtma çarpanları için ayrı ayrı hesaplanan kamaşma değişmezi (g) değerleri sırası ile 4. hesapçizelgesinin, 10..11..12..13. ve 14. kolonlarına yazılır.
- 4 hesapçizelgesinin 10..11..12..13. ve 14. kolonlarında hesaplanan kamaşma değişmezi (g) değerleri, iki ile çarpılıp, 4.16 nolu formül uyarınca toplanarak, söz konusu odanın yüzey yansıtma çarpanlarının ayrı olduğu 5 durum için, düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) değerleri bulunur, ve en son kamaşma değişmezi (g) değerinin, altındaki satıra yazılır. (Bkz. çizelge 4.11 hesapçizelgesi 4)
- Sözkonusu satırda bulunan düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) değerleri, aygıtın UGI çizelgesinin ilgili yerine taşınır. (Bakınız çizelge 4.12)

Yukarıda sıralanan işlemler sonucunda, söz konusu ortamda, sözkonusu aygıt ile, varsayımlar uyarınca oluşturulmuş aydınlatma düzeninin neden olabileceği kamaşma (UGI) değerleri, 5 ayrı ortam ve aygıtların bakış doğrultusuna göre, iki türlü yerleşimi için bulunmuş olur.

Bu işlemlerin, 19 oda biçimi için ayrı ayrı tekrarlanması ile, söz konusu aygıt için geçerli olan tüm düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) değerleri hesaplanmış olur. Bulunan bu değerlerle oluşan aygıtın Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi (UGI) çizelgesinin genel görünüşü ise, çizelge 4.12'de olduğu gibidir.

Çizelge 4.11  
HESAPÇİZELGESİ 4

Firma Adı:  
Aygıt Kodu:

Oda Boyutu:  
Oda İndeksi RI :

Aygıt Sayısı N :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Aygıt Kodu	K	Ifq	A	E 7.5.2	E 7.3.2	E 5.5.2	E 5.3.2	E 3.3.2	g 7.5.2	g 7.3.2	g 5.5.2	g 5.3.2	g 3.3.2
DA1													
DA2													
DA3													
DA n													
								Toplam g =					
								UGI =					
PA1													
PA2													
PA3													
PA n													
								Toplam g =					
								UGI =					

Çizelge 4.12- Gl-1 kodlu Aygıtın Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi Çizelgesi  
Aygıt Kodu :Gl-1

		Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi Değerleri											
		Enine Bakış						Boyuna Bakış					
		.70	.70	.50	.50	.30	.30	.70	.70	.50	.50	.30	.30
Tavan Yansıtma Çarpanı		.70	.70	.50	.50	.30	.30	.70	.70	.50	.50	.30	.30
Duvar Yansıtma Çarpanı		.50	.30	.50	.30	.30	.30	.50	.30	.50	.30	.30	.30
Döşeme Yansıtma Çarpanı		.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20
Oda Boyutları		Enine Bakış						Boyuna Bakış					
2H	2H	4.8	6.1	5.8	7.2	8.6	8.6	1.9	3.2	3.0	4.4	5.8	
	3H	8.4	9.6	9.5	10.8	12.2	12.2	4.3	5.5	5.4	6.6	8.1	
	4H	10.2	11.4	11.3	12.5	14	14	5.3	6.4	6.4	7.6	9.0	
	6H	12.0	13.1	13.1	14.2	15.7	15.7	6.1	7.1	7.2	8.3	9.7	
	8H	12.7	13.8	13.8	14.9	16.4	16.4	6.3	7.3	7.4	8.5	9.9	
	12H	13.4	14.4	14.5	15.6	17.1	17.1	6.4	7.4	7.5	8.6	10.1	
4H	2H	5.6	6.8	6.7	7.9	9.4	9.4	3.7	4.8	4.8	6.0	7.4	
	3H	9.7	10.7	10.8	11.8	13.3	13.3	6.3	7.3	7.4	8.5	10.0	
	4H	11.8	12.7	12.9	13.9	15.4	15.4	7.6	8.5	8.7	9.7	11.2	
	6H	13.7	14.6	14.9	15.7	17.3	17.3	8.6	9.4	9.7	10.6	12.1	
	8H	14.6	15.4	15.8	16.6	18.1	18.1	8.9	9.7	10.1	10.9	12.4	
	12H	15.5	16.2	16.7	17.4	18.9	18.9	9.2	9.9	10.3	11.1	12.6	
8H	4H	12.4	13.2	13.6	14.4	15.9	15.9	9.4	10.1	10.5	11.3	12.8	
	6H	14.7	15.4	15.9	16.6	18.1	18.1	10.6	11.3	11.8	12.5	14.0	
	8H	16.0	16.6	17.1	17.8	19.3	19.3	11.2	11.8	12.3	13	14.5	
	12H	17.0	17.6	18.2	18.8	20.3	20.3	11.5	12.0	12.7	13.2	14.8	
12H	4H	12.5	13.2	13.7	14.4	15.9	15.9	10.0	10.8	11.2	12	13.5	
	6H	15.0	15.6	16.2	16.8	18.4	18.4	11.5	12.1	12.7	13.3	14.9	
	8H	16.3	16.8	17.5	18	19.6	19.6	12.1	12.7	13.3	13.9	15.4	



## Belli Bir Aygıtın Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi Çizelgesinin (UGI) Hazırlanmasına Bir Örnek:

Zumtobel firmasının 1991 yılı ürün kataloğunun 60. sayfasında bulunan, KOP (KOP 2/36) kodlu aygıtın, bölüm 4.1.2.3'de anlatılan işlem sırası uyarınca UGI çizelgesinin hazırlanması.

### 1)Aygıt ile ilgili özellikler,

- Aygıt tipi:  
Yayınık yansıtıcı, fluorescent lambalı sıva üstü aygıt (yarı dolaysız aydınlatma biçimi)
- Aygıtın boyutları:  
1262 x 192 x 100 mm
- Aygıtın yüzey alanları:  
 $A_B=0.2423m^2$   
 $A_S=0.1262m^2$   
 $A_E=0.0192m^2$
- Aygıtın ışık yeğinalığı ile ilgili veri aynı kataloğun 108 nolu sayfasından elde edilmiştir.  
(Bkz. Şekil 4.8)

### 2)Oda ile ilgili özellikler

Bu örnek için 4HX4H (8m x 8m) boyutlu oda ele alınmıştır.

- Aygıt sayısının belirlenmesi  
Aygıt sayısı = 16 adet
- Aygıtların odaya yerleştirilmesi  
Bakınız şekil 4.9
- Çizelge 4.6'dan oda indeksinin belirlenmesi  
 $RI = 2$
- Çizelge 4.6'dan C katsayısının belirlenmesi  
 $C = 250$

### 3)Ortamda bulunan aygıtların konumu ile ilgili verilerin sağlanması

Ortamda bulunan her aygıtın konumu ile ilgili veriler şekil 4.9 aracılığı ile sağlanır.

- Her aygıt için H değerinin belirlenmesi  
Varsayım gereği, her aygıt, yerden 2m yüksekte olduğundan, tüm aygıtlar için,  
 $H=2m$  dir.
- Her aygıt için T değerinin, şekil 4.9'dan belirlenmesi
- Her aygıt için R değerinin, şekil 4.9'dan belirlenmesi

KOP	L x W x H	Weight
KOP 1/36 W	1262 x 103 x 118 mm	4.10 kg
KOP 1/58 W	1562 x 103 x 118 mm	5.50 kg
KOP 2/36 W	1262 x 192 x 100 mm	6.90 kg
KOP 2/58 W	1562 x 192 x 100 mm	8.80 kg
KOP 4/18 W	658 x 658 x 100 mm	11.40 kg*

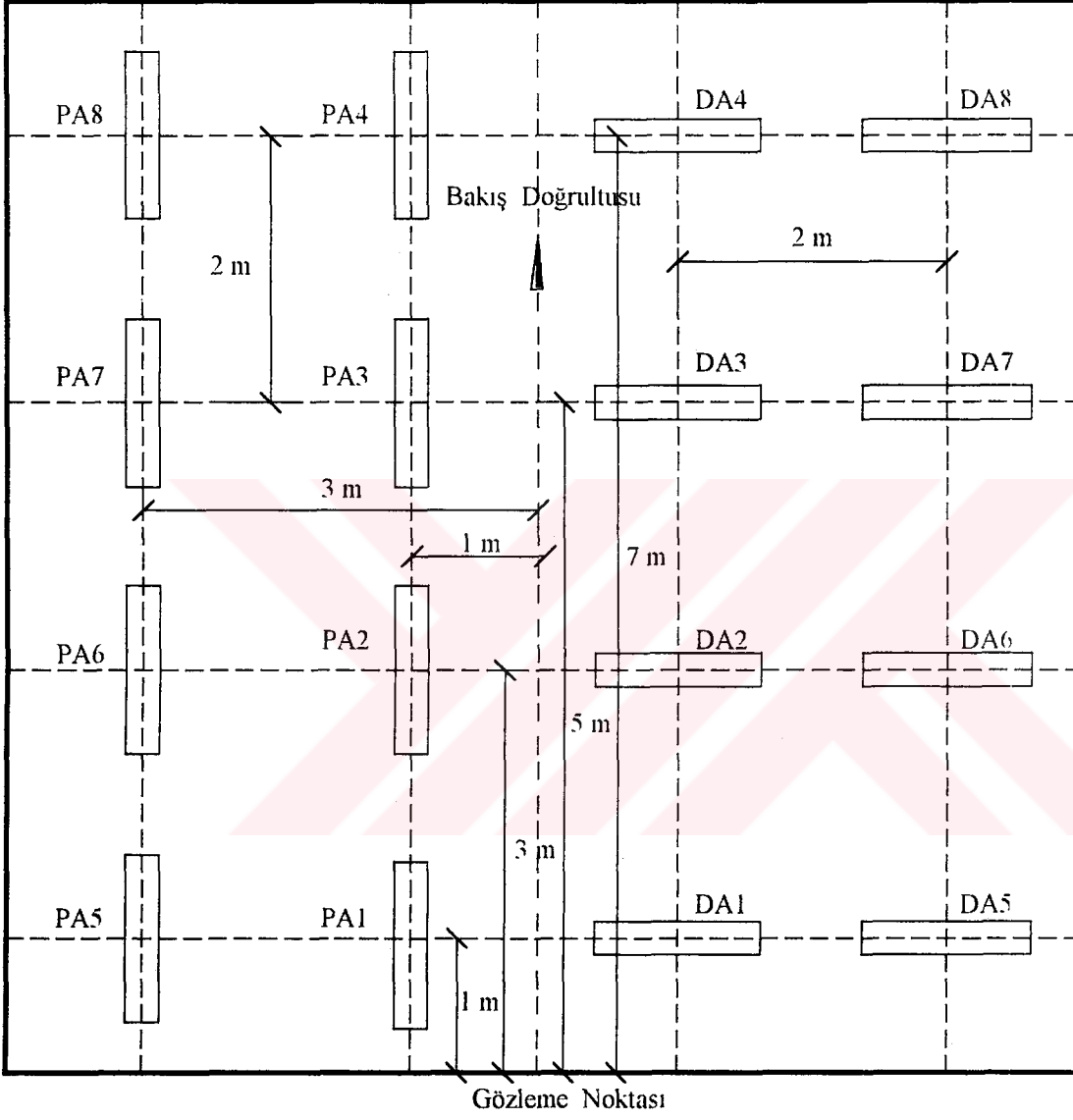
Accessories	Article no.
KOP 1/36 W spare diffuser	20 125 408
KOP 1/58 W spare diffuser	20 125 445
KOP 2/36 W spare diffuser	20 125 492
KOP 2/58 W spare diffuser	20 125 530
KOP 4/18 W spare diffuser	20 004 142

\* High-grade economy ballast

## KOP 2/36

INTENSITY DISTRIBUTION	UTILIZATION FACTORS							
	A	C-0	C-15	C-30	C-45	C-60	C-75	C-90
<p>250 cd / 1000 lm</p>	0	98	98	98	98	98	98	98
	5	99	99	98	98	98	97	97
	10	100	100	99	98	97	96	96
	15	101	100	99	98	97	94	94
	20	101	100	99	97	95	92	92
	25	101	100	99	95	93	89	88
	30	100	98	97	93	90	85	84
	35	98	95	93	90	87	81	79
	40	95	93	92	87	83	76	74
	45	92	89	88	82	78	70	68
	50	88	85	84	77	72	64	61
	55	83	80	78	72	67	57	54
	60	78	73	71	65	60	50	47
	65	72	69	67	59	53	42	38
	70	65	62	60	52	45	34	30
	75	58	55	53	44	38	28	23
	80	52	48	46	38	30	18	14
	85	47	44	41	32	24	12	8
	90	44	42	38	30	21	10	7
	95	43	42	37	30	21	10	7
100	43	41	37	28	20	10	7	
105	42	40	36	28	20	10	7	
110	41	39	35	28	19	9	6	
115	39	37	33	27	19	9	6	
120	37	35	32	25	18	9	6	
125	35	32	30	24	16	8	5	
130	32	30	28	22	15	8	5	
135	29	27	25	20	14	7	5	
140	26	25	23	18	12	7	5	
145	24	22	20	15	12	6	5	
150	20	19	17	13	10	5	5	
155	17	15	15	11	9	5	5	
160	14	12	12	9	8	5	5	
165	11	10	10	8	7	4	4	
170	9	8	8	6	6	4	4	
175	7	6	7	6	5	4	4	
180	5	5	5	5	5	5	5	

Şekil 4.8- Zumtobel firmasının 1991 yılı ürün katologunda yayınlanan KOP (2/36) kodlu aydınlatma aygıtı ve sözkonusu aygıtın ışıkölçümsel verileri



Şekil 4.9- Sözkonusu aygıtın,  $4H \times 4H$  boyutlarındaki odanın içine, varsayımlar uyarınca, bakış doğrultusuna dik ve paralel olarak yerleştirilmesinin şematik çizimi

4) Söz konusu aygıtın yüzey alanlarının (A) ve gözleme noktası doğrultusundaki ışık yegünliği değerlerinin ( $I_{\phi\theta}$ ) bulunması

- Bölüm 4.1.2.3'ün 4. adımında anlatılan işlem sırası ile hesapçizelgesi 1'in hazırlanması.  
(Bakınız çizelge 4.13)

5) K değerinin bulunması

- Bölüm 4.1.2.3'ün 5. adımında anlatılan işlem sırası ile hesapçizelgesi 2'nin hazırlanması.  
(Bakınız çizelge 4.14)

6)  $U(W, ID)$  ve  $E(W, ID)$  değerlerinin hesaplanması

- Bölüm 4.1.2.3'ün 6. adımında anlatılan işlem sırası ile hesapçizelgesi 3'ün hazırlanması.  
(Bakınız çizelge 4.15)

7) Düzeltilmemiş Kamaşma indeksi (UGI) değerlerinin bulunması

- Bölüm 4.1.2.3'ün 7. adımında anlatılan işlem sırası ile hesapçizelgesi 4'ün hazırlanması.  
(Bakınız çizelge 4.16)

Bu örnekte yalnızca, 4HX4H (8x8 m) boyutlarındaki oda için hazırlanan hesapçizelgelerinin (1, 2, 3, 4) ve yapılan hesapların, diğer 18 oda boyutu için de yapılması sonucunda, elde edilen Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi (UGI) değerlerinin, çizelge 4.12'de görüldüğü biçimde yerleştirilmesi ile, KOP (2/36) kodlu aygıtın UGI çizelgesi hazırlanmış olur.

Çizelge 4.13  
HESAPÇİZELGESİ I

Firma Adı : Zumtobel Oda Boyutu : 4H X 4H Aygıt Sayısı : 16  
Aygıt Kodu : KOP (2/36) Oda İndeksi RI : 2 C : 250

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Aygıt	H	T	R	D	T/H	R/H	H/D	R/D	T/D	A	F	Q	lfq	
DA1	2	1	1	2.45	0.50	0.50	0.82	0.41	0.41	0.26	45.00	35.26	90.35	
DA2	2	1	3	3.74	0.50	1.50	0.53	0.80	0.27	0.24	18.43	57.69	79.05	
DA3	2	1	5	5.48	0.50	2.50	0.37	0.91	0.18	0.21	11.31	68.58	68.09	
DA4	2	1	7	7.35	0.50	3.50	0.27	0.95	0.14	0.19	8.13	74.21	60.77	
DA5	2	3	1	3.74	1.50	0.50	0.53	0.27	0.80	0.18	71.57	57.69	69.18	
DA6	2	3	3	4.69	1.50	1.50	0.43	0.64	0.64	0.20	45.00	64.76	65.74	
DA7	2	3	5	6.16	1.50	2.50	0.32	0.81	0.49	0.19	30.96	71.07	60.80	
DA8	2	3	7	7.87	1.50	3.50	0.25	0.89	0.38	0.18	23.20	75.29	56.09	
PA1	2	1	1	2.45	0.50	0.50	0.82	0.41	0.41	0.26	45.00	35.26	80.26	
PA2	2	1	3	3.74	0.50	1.50	0.53	0.80	0.27	0.18	18.43	57.69	62.53	
PA3	2	1	5	5.48	0.50	2.50	0.37	0.91	0.18	0.13	11.31	68.58	47.10	
PA4	2	1	7	7.35	0.50	3.50	0.27	0.95	0.14	0.10	8.13	74.21	39.20	
PA5	2	3	1	3.74	1.50	0.50	0.53	0.27	0.80	0.24	71.57	57.69	56.09	
PA6	2	3	3	4.69	1.50	1.50	0.43	0.64	0.64	0.20	45.00	64.76	48.80	
PA7	2	3	5	6.16	1.50	2.50	0.32	0.81	0.49	0.16	30.96	71.07	43.95	
PA8	2	3	7	7.87	1.50	3.50	0.25	0.89	0.38	0.13	23.20	75.29	36.66	

Çizelge 4.14  
HESAPÇİZELGESİ 2

Firma adı : **Zumtobel**  
Aygıt Kodu : **KOP (2/36)**

Oda Boyutu : **4H X 4H**

1	2	3	4	5	6
Aygıt	T/R	H/R	P	D	K
DP1	1.00	2.00	NA	2.45	
DP2	0.33	0.67	3.70	3.74	0.04
DP3	0.20	0.40	2.20	5.48	0.05
DP4	0.14	0.29	1.75	7.35	0.05
DP5	3.00	2.00	NA	3.74	
DP6	1.00	0.67	4.80	4.69	0.02
DP7	0.60	0.40	2.65	6.16	0.03
DP8	0.43	0.29	2.00	7.87	0.03

Çizelge 4.15  
HESAPÇİZELGESİ 3

Firma Adı : **Zumtobel**  
Aygıt Kodu : **KOP (2/36)**

Oda Boyutu : **4H X 4H**  
Oda İndeksi : **2**

C: **250**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Çarpımları duy., tav., döş.	DF(F)	DF(W)	DF(C)	TF(F,W)	TF(W,W)-1	TF(C,W)	UF(W,ID)	E(W,ID)
70, 50, 20	0.23	0.16	0.14	0.14	0.27	0.39	0.13	32.50
70, 30, 20	0.23	0.16	0.14	0.13	0.14	0.35	0.10	25.33
50, 50, 20	0.23	0.16	0.14	0.13	0.24	0.27	0.11	26.53
50, 30, 20	0.23	0.16	0.14	0.11	0.13	0.24	0.08	19.93
30, 30, 20	0.23	0.16	0.14	0.10	0.12	0.14	0.06	15.45

Çizelge 4.16  
HESAPÇİZELGESİ 4

Firma Adı : **Zumtobel** Oda Boyutu : **4H X 4H** Aygıt Sayısı N : **16**  
Aygıt Kodu : **KOP (2/36)** Oda İndeksi RI : **2.00**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Aygıt	K	Ifq	A	E (7.5.2)	E (7.3.2)	E (5.5.2)	E (5.3.2)	E (3.3.2)	g (7.5.2)	g (7.3.2)	g (5.5.2)	g (5.3.2)	g (3.3.2)
DA1		90.35	0.26	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45					
DA2	0.04	79.05	0.24	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45	4.49	5.76	5.50	7.32	9.45
DA3	0.05	68.09	0.21	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45	4.90	6.28	6.00	7.99	10.30
DA4	0.05	60.77	0.19	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45	3.96	5.09	4.86	6.46	8.34
DA5		69.18	0.18	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45					
DA6	0.02	65.74	0.20	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45	1.78	2.28	2.18	2.90	3.74
DA7	0.03	60.80	0.19	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45	2.69	3.45	3.29	4.38	5.65
DA8	0.03	56.09	0.18	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45	2.61	3.35	3.19	4.25	5.48
									Toplam g =	26.21	25.02	33.31	42.96
									13.10	14.18	13.98	15.23	16.33
									UGI =				
PA1		80.26	0.26	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PA2	0.04	62.53	0.18	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45	3.85	4.95	4.72	6.29	8.11
PA3	0.05	47.10	0.13	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45	3.97	5.09	4.86	6.47	8.35
PA4	0.05	39.20	0.10	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45	3.23	4.15	3.96	5.27	6.80
PA5		56.09	0.24	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PA6	0.02	48.80	0.20	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45	1.10	1.42	1.35	1.80	2.32
PA7	0.03	43.95	0.16	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45	1.88	2.41	2.30	3.06	3.95
PA8	0.03	36.66	0.13	32.50	25.33	26.53	19.93	15.45	1.76	2.25	2.15	2.87	3.69
									Toplam g =	15.79	19.35	25.76	33.22
									11.98	13.07	12.87	14.11	15.21
									UGI =				

#### 4.1.3 Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi Çizelgelerinden, Kamaşma İndeksi Değerinin Bulunması

Aydınlatma düzeni için seçilen aygıtın, yukarıda anlatılan yöntem uyarınca hazırlanmış olan düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) çizelgesinden (Bkz. örnek çizelge 4.12), aygıtın bakış doğrultusuna göre konumuna, hacmin boyutlarına ve yüzey yansıtma çarpanlarına göre uygun olan UGI değeri saptanır. Ortam koşullarının, yapılan varsayımlarla aynı olması durumunda, bulunan bu değerler, ortamın kamaşma indeksi değerini verir ve aşağıdaki eşitlikle tanımlanır.

$$GI = UGI \quad (4.17)$$

Ancak uygulamada ele alınan ortamların, çizelgeler için yapılan varsayımlara uymadığı durumlar olacaktır. Bu gibi durumlarda, ortamın kamaşma indeksini belirleyebilmek için, seçilen aygıt için geçerli olan düzeltilmemiş kamaşma indeksi değerlerine, gerekli *dönüşüm değerlerinin eklenmesi* gerekir.

#### Dönüşüm Değerleri

Uygulama ile yapılan varsayımlar(Bkz. bölüm 4.1.2.1) arasında,

- ışık akısı,
- aygıt yüksekliği, ve
- aygıt boyu

bakımından ayrımların olması durumunda aşağıdaki bölümde hesap biçimi anlatılan çizelgeler ve eğriler aracılığı ile (Bkz. çizelge 4.17 ve 4.18, veya şekil 4.10a ve 4.10b) ortam ayrımlarından ötürü, ortamın düzeltilmemiş kamaşma indeksi değerinde eklenecek dönüşüm değerleri bulunur.(CIBSE Technical Memoranda 10, 1985)

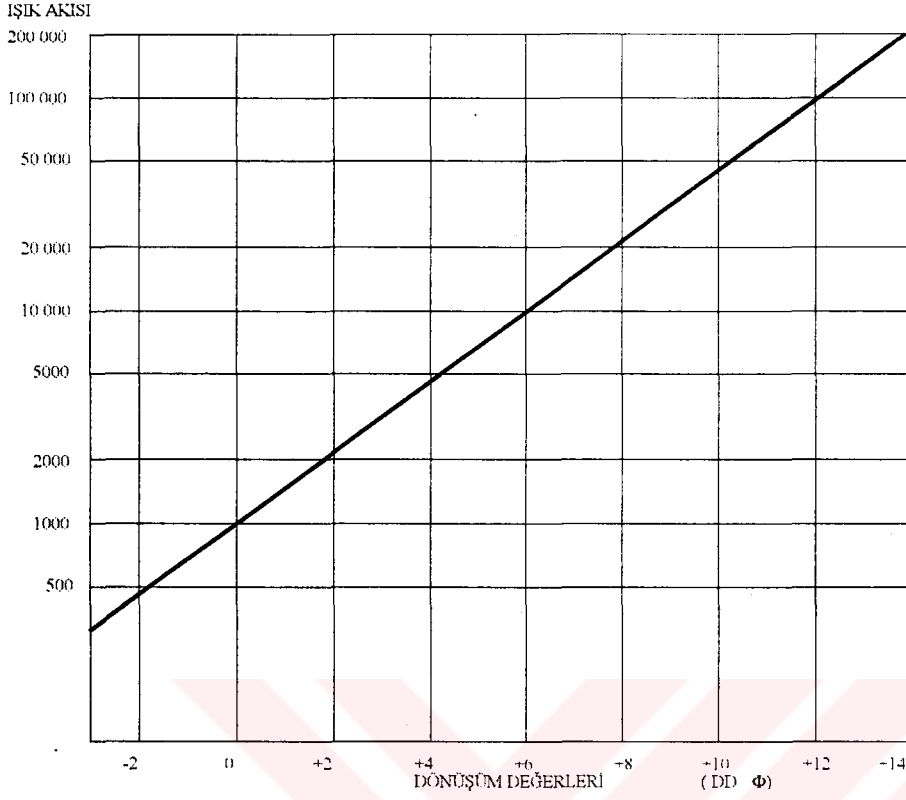


Çizelge - 4.17 Aygıtta bulunan lambalardan çıkan  
Toplam ışık akısındaki ayrımlar için dönüşüm değerleri

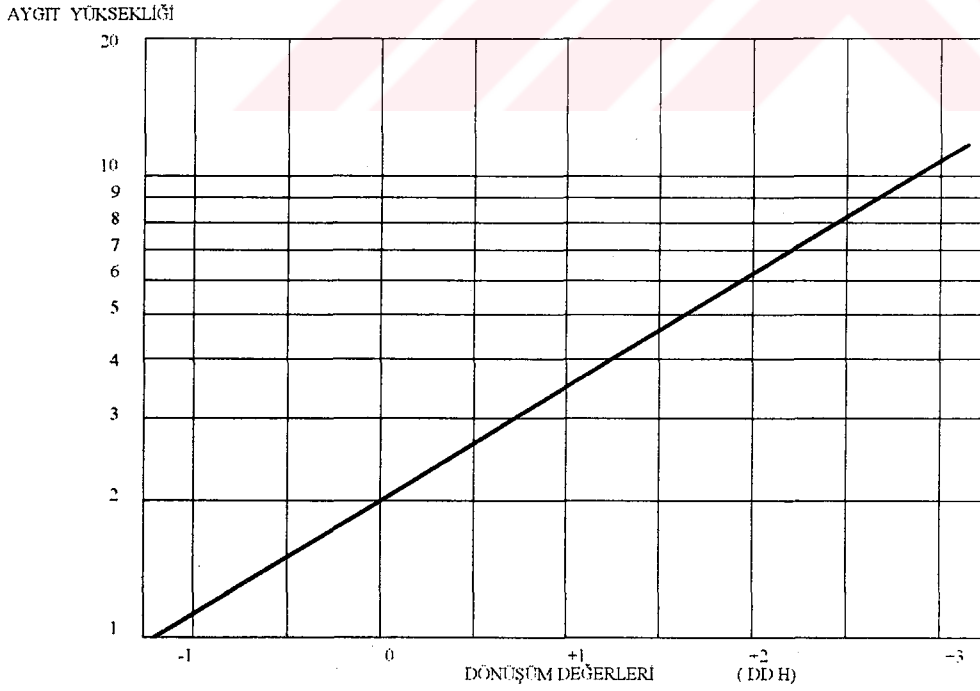
DD $\Phi$	
Aygıtta Çıkan Toplam Işık Akısı	Dönüşüm Değerleri
Lümen	DD $\Phi$
500	-1.8
700	-0.9
1000	0.0
1500	+1.1
2000	+1.8
3000	+2.9
5000	+4.2
7000	+5.1
10000	+6.0
15000	+7.1
20000	+7.8
30000	+8.9
50000	+10.2
70000	+11.1
100000	+12.0
150000	+13.1
200000	+13.8

Çizelge- 4.18 Yatay düzlem üzerinde kalan  
Aygıt yüksekliği ayrımları için dönüşüm değerleri

DDH	
1.2m Yükseklikteki Yatay Düzlem Üzerinde Kalan Aygıt Yüksekliği	Dönüşüm Değerleri
m	DDH
1	-1.2
1.5	-0.5
2	0.0
2.5	+0.4
3	+0.7
3.5	+1.0
4	+1.2
5	+1.6
6	+1.9
7	+2.2
8	+2.4
9	+2.6
10	+2.8
11	+3.0
12	+3.1



Şekil 4.10 a- Aygıtta bulunan lambalardan yayımlanan ışık akısındaki ayrımlar için dönüşüm değerleri. (DD $\Phi$ )



Şekil 4.10 b- 1.2m yükseklikteki yatay düzlem üzerinde kalan aygıt yüksekliği için dönüşüm değerleri. (DD $H$ )

### Dönüşüm Değerlerinin Hesaplanması:

Yukarıda eğriler ya da çizelgeler halinde verilen dönüşüm değerlerinin hesaplanması için kullanılan formüller aşağıdaki gibidir.(CIBSE Technical Memoranda 10 1985)

- *Yayımlanan toplam ışık akısındaki değişiklikler için, dönüşüm değerlerinin hesaplanması (DD $\Phi$ ):*

$$DD_{\Phi} = [6 \log_{10}(n \cdot F)] - 18 \quad (4.18)$$

Burada.

F: lambanın yayımladığı ışık akısı (lümen)

n: Herbir aygıtta olan lamba sayısı

olarak gösterilmiştir.

- *Aygıt yüksekliklerindeki değişiklikler için, dönüşüm değerlerinin hesaplanması (DD $H$ )*

$$DD_H = (4 \log_{10} H) - 12 \quad (4.19)$$

Burada.

H : 1.2m yükseklikte bulunan yatay düzlemin üzerinde kalan aygıt yüksekliği

olarak gösterilmiştir.

- *Aygıtın boyutundaki ayrımlar için dönüşüm değerlerinin hesaplanması (DD $L$ )*

Seçilen aygıtın: tipi, ışık yegînlîği diyagramı ve geriverimi, UGI çizelgesi bulunan özgün aygıt ile aynı, ancak, boyu ayrı ise, bu durumda özgün aygıtın düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) değerleri, dönüşüm değerinin (DD $L$ ) yardımı ile, seçilen aygıt için de kullanılabilir. Aygıt boyu için olan dönüşüm değerinin bulunmasında kullanılan formül aşağıdaki gibidir

$$DD_L = 8 \log_{10} \frac{l_0}{l_n} \quad (4.20)$$

Burada.

$l_0$ : standard aygıtın uzunluğu

$l_n$ : kullanılan aygıtın uzunluğu

olarak gösterilmiştir.

### **Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi (UGI) değeri aracılığı ile, ortamın Kamaşma İndeksi değerinin bulunması**

Yukarıda da belirtildiği gibi, yapılan belli varsayımlara uyan ortamlarda kamaşma indeksi, seçilen aygıtın, düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) çizelgelerinden, ortam verilerine uygun olarak saptanır ve 4.17 nolu eşitlikle tanımlanır.

Ancak kurulan aydınlatma düzeninde, yukarıdaki bölümde anlatılan ayrımların olması durumunda, 4.17 ve 4.18 nolu çizelgelerden ya da 4.10 a ve 4.10 b nolu eğrilerden saptanan dönüşüm değerleri, ortam boyutlarına ve yüzey yansıtma çarpanlarına göre belirlenmiş olan UGI değerine eklenir. Bunun sonucunda da belli bir aygıtın belli koşullardaki ortamda kullanılması ile oluşan kamaşma indeksi bulunur ve aşağıdaki, 4.21 nolu eşitlikle tanımlanır.

$$GI = UGI + DD_{\Phi} + DD_H \quad (4.21)$$

4.21 nolu eşitlik, varsayımlara göre, yayımlanan ışık akısında ve aygıt yüksekliğinde ayrımlar olması durumunda, kamaşma indeksi (GI) değerini verir. Bu ayrımlarla beraber, seçilen aygıtın, boyundan ötürü bir ayrımların olması durumunda, kamaşma indeksi aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$GI = UGI + DD_{\Phi} + DD_H + DD_L \quad (4.22)$$

Sonuç olarak herhangi bir ortamda, kamaşma indeksi değeri, ortamda bulunan herbir aygıt için kamaşma değişiminin hesaplanması sonucunda bulunurken, ortam koşullarının, önceden yapılan varsayımlara dayandırılması durumunda, sözkonusu aygıt için önceden hazırlanmış düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) değerleri aracılığı ile, ortamın kamaşma indeksi (GI) değeri, yukarıda belirtilen biçimde, 4.21 ve 4.22 nolu eşitlikler aracılığı ile daha kolay şekilde bulunur.

#### 4.1.4 UGI ve Dönüşüm Değerlerini Kullanarak Ortamdaki Konforsuzluk Kamaşmanın Belirlenmesi:

Bir hacimde, belli bir aygıt ile, varsayımlar uyarınca yapılan aydınlatma düzeninin, o ortamda oluşturabileceği kamaşma indeksi değerinin, UGI çizelgesi ve dönüşüm değerleri aracılığı ile belirlenmesinde, izlenecek işlem sırası aşağıda verilmiştir.

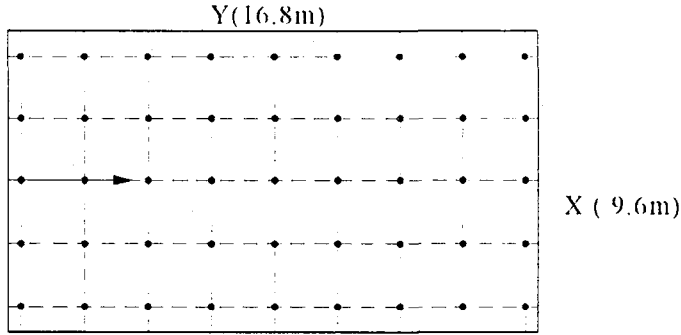
- 1) Oda boyutları (X.Y): 1.2 m de bulunan yatay düzlem üzerinde kalan aygıt yüksekliği (H) cinsinden bulunur.
- 2) Ortamın düzeltilmemiş kamaşma indeksi değeri, sözkonusu aygıtın UGI çizelgesinden, oda boyutlarına, aygıtların bakış doğrultusuna göre konumlarına ve oda yüzeylerinin yansıtma çarpanına bağlı olarak, saptanır.
- 3) Aygıtlarda bulunan lambaların, toplam ışık akısından ötürü olan ayrımlar için, çizelge 4.17'den veya şekil 4.10 a'daki eğriden gerekli dönüşüm değeri ( $DD_{\Phi}$ ) bulunur.
- 4) Aygıt yüksekliklerinden ötürü oluşan ayrımlar için, çizelge 4.18'den veya şekil 4.10b' deki eğriden gerekli dönüşüm değeri ( $DD_H$ ) bulunur.
- 5) Oluşturulan aydınlatma döşeminde, kullanılan aygıtın boyu ile, UGI çizelgesinin geçerli olduğu özgün aygıt boyu arasında bir değişiklik varsa, bu ayırım için bölüm 4.1.3'de verilen, 4.15 nolu formül aracılığı ile hesaplanan dönüşüm değeri ( $DD_L$ ) bulunur.
- 6) Bulunan dönüşüm değerlerinden ( $DD_{\Phi}$   $DD_H$   $DD_L$  ) gerekli olanlar, saptanmış olan düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) değerlerine eklenir.

$$GI = UGI + DD_{\Phi} + DD_H + (DD_L)$$

- 7) Hesaplanan kamaşma indeksinin değerine bağlı olarak, çizelge 4.4' de göre, sözkonusu ortamda oluşan konforsuzluk kamaşmasının, neden olabileceği duyulanma değerlendirilir.

Yukarıda sıralanan işlemler sonucunda, seçilen aygıt ile varsayımlar uyarınca oluşturulan sözkonusu aydınlatma döşeminin, oluşturabileceği kamaşma indeksi (GI) değeri bulunur ve böylece, neden olabileceği duyulanma değerlendirilebilir.

UGI çizelgesinin ve dönüşüm değerlerinin kullanılması ile bir ortamdaki konforsuzluk kamaşmasının değerlendirilmesine örnek 1a :



Şekil 4.11-Aygıtların şematik olarak yerleşimi

Koşulları aşağıda, planı şekil 411'de verilen bir ortamda, GI-1 kodlu aygıt ile oluşturulacak bir aydınlatma düzeninin, ortamda oluşturacağı kamaşma indeksinin, UGI çizelgesi (çizelge 4.12) ve dönüşüm değerleri aracılığı ile bulunması

Kurulan aydınlatma düzenini ile ilgili veriler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Odanın eni 9.6m
- Odanın boyu 16.8m
- Aygıtların döşemeden yüksekliği (Aygıtlar tavana yerleştirilmiş) 3.6 m
- Aygıtların yatay düzlem üzerinde kalan yüksekliği  $3.6 - 1.2 = 2.4m$
- Tavan yansıtma çarpanı 0.70
- Duvar yansıtma çarpanı 0.50
- Döşeme yansıtma çarpanı 0.20
- Aygıt eksenlerinin bakış doğrultusuna göre konumu dik
- Aygıt tipi 1800mm uzunlukta beyaz aygıt
- Lamba tipi MCF/U 75W 1800mm
- Aygıtlardaki lamba sayısı 2
- Lambaların yayımladığı ışık akısı  $2 \times 6050 = 12100$  lumen

1- Oda boyutları, yatay düzlem üzerinde kalan aygıt yüksekliği (H) cinsinden hesaplanır.

$$\text{Bakış doğrultusuna dik oda kenarı} \quad X = 9.6 / 2.4 = 4H$$

$$\text{Bakış doğrultusuna paralel oda kenarı} \quad Y = 16.8 / 2.4 = 7H$$

2- GI-1 kodlu aygıt için hazırlanan, düzeltilmemiş kamaşma indeksi çizelgesinden (Bkz. çizelge 4.12), oda boyutlarına, aygıt yerleşimine ve yüzey yansıtma çarpanlarına bağlı olarak düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) değeri bulunur

$$\text{Düzeltilmemiş kamaşma indeksi değeri(UGI)} = 14.2$$

3- Aygıtta bulunan lambaların yayımladığı toplam ışık akısına (12100lümen) bağlı olarak, dönüşüm değeri, ( $DD_{\Phi}$ ) çizelge 4.17'den ya da şekil 4.10 a'daki eğriden saptanır.

$$DD_{\Phi} = + 6.5$$

4- Döşemdeki aygıtların, yatay düzlemde yüksekliğine bağlı olarak, dönüşüm değeri, ( $DD_H$ ) çizelge 4.18'den ya da şekil 4.10 b'deki eğriden saptanır.

$$DD_H = +0.3$$

5- Seçilen aygıt tipinde bir ayırım olmadığından, aygıt boyuyla ilgili dönüşüm değerlerinin bulunmasına gerek yoktur.

6- 2. adımda, 4.12 nolu çizelgeden saptanan, düzeltilmemiş kamaşma indeksi değerine, 3. ve 4. adımlarda bulunan dönüşüm değerleri eklenerek, seçilen aygıtın sözkonusu koşullarda neden olacağı kamaşma indeksi değeri bulunur.

$$GI = 14.2 + 6.5 + 0.3 = 21$$

7- Çizelge 4.4 de verilen değerlendirmelere göre, örnekteki hacimde, sözkonusu aygıt ile varsayımlara göre oluşturulan aydınlatma düzeninin, neden olacağı konforsuzluk kamaşması, kabul edilebilir olmakla beraber rahatsızlık verici sınıra çok yakındır.

### Örnek 1b

Ortam koşulları ve planı yukarıdaki örnekle aynı olan ancak seçilen aygıtın, ışık yeğinliği diyagramı, geriverimi ve tipi değişmemekle birlikte, boyunun özgün aygıtın daha uzun olması durumunda, ortamın kamaşma indeksini hesap etmek için aygıt ile ilgili özellikler ve izlenecek işlem sırası aşağıda verilmiştir.

- Aygıt tipi 2400mm uzunlukta beyaz baton
- Lamba tipi MCF/U 125W 2400mm
- Aygıtlardaki lamba sayısı 2
- Lambalardan çıkan ışık akısı  $2 \times 9500 = 19000$  lumen

1- Oda boyutları, yatay düzlem üzerinde kalan aygıt yüksekliği (H) cinsinden hesaplanır.

$$\text{Bakış doğrultusuna dik oda kenarı} \quad X = 9.6 / 2.4 = 4H$$

$$\text{Bakış doğrultusuna paralel oda kenarı} \quad Y = 16.8 / 2.4 = 7H$$

2- GI-1 kodlu aygıt için hazırlanan düzeltilmemiş kamaşma indeksi çizelgesinden (Bkz. çizelge 4.12), oda boyutlarına, aygıt yerleşimine ve yüzey yansıtma çarpanlarına bağlı olarak düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) değeri bulunur

$$\text{Düzeltilmemiş kamaşma indeksi değeri(UGI)} = 14.2$$

3- Aygıtta bulunan lambaların yayınladığı toplam ışık akısına (19000lümen) bağlı olarak, dönüşüm değeri ( $DD_{\Phi}$ ), çizelge 4.17'den ya da şekil 4.10 a'daki eğriden saptanır.

$$DD_{\Phi} = + 7.7$$

4- Döşemdeki aygıtların, yatay düzlemde yüksekliğine bağlı olarak, dönüşüm değeri, ( $DD_H$ ) çizelge 4.18'den ya da 4.10 b' deki eğriden saptanır.

$$DD_H = +0.3$$

5- Seçilen aygıtın boyundaki ayrıma bağlı olarak, dönüşüm değerleri, 4.20 nolu formül uyarınca aşağıdaki biçimde hesaplanır.



$$DD_L = 8 \log_{10} \left( \frac{1800}{2400} \right) = -1.0$$

- 6- 2. adımda, 4.12 nolu çizelgeden saptanan, düzeltilmemiş kamaşma indeksi değerine, 3., 4. ve 5. adımlarda bulunan dönüşüm değerleri eklenerek, seçilen aygıtın sözkonusu koşullarda neden olacağı kamaşma indeksi değeri bulunur.

$$GI = 14.2 + 7.7 + 0.3 - 1.0 = 21.2$$

- 7- Aydınlatma düzeninde kullanılan aygıtın boyunun ve ışıklılığının değişmesi ile ortamın kamaşma indeksi değeri artmıştır. Çizelge 4.4 de verilen değerlendirmelere göre, ortamda, söz konusu aygıtın oluşturduğu kamaşmanın neden olduğu duyulanma, rahatsızlık verici olmasa da, bu sınıra örnek 1b'den daha yakındır.



## 4.2 Görsel Konfor Olasılığı (VCP)

IES (Illuminating Engineering Society) tarafından geliştirilen, *Görsel Konfor Olasılığı (Visual Comfort Probability -VCP-)*, bir ortamda, yapay ışık kaynaklarından ötürü oluşan, konforsuzluk kamaşmasının değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir.

Görsel konfor olasılığı yönteminin temelini de. 4.1 de verilen değişkenlerin kamaşmayı etkileme biçimleri oluşturur. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, bu değişkenler, kamaşma değişmezi (M) olarak adlandırılan bir formülde uygun biçimde bir araya getirilmiştir. Ortamda bulunan her aygıt için, belli bir gözleme noktasına göre ayrı ayrı hesaplanan kamaşma değişmezi (M) değerleri, her aygıtın neden olduğu kamaşmanın niceliğinin verir.

Aydınlatma döşeminde bulunan her aygıt için hesaplanan kamaşma değişmezi (M) değerlerinin, geliştirilen formül uyarınca toplanmasıyla, sözkonusu ortamda aydınlatma düzeninin oluşturacağı konforsuzluk kamaşması oranı (Discomfort Glare Rating-DGR-) bulunur.

Sözkonusu ortam için hesaplanan konforsuzluk kamaşması oranı (DGR) değeri, bir nomogram ya da formül aracığı ile, aydınlatma düzeninin, sözkonusu ortamda sağlayabileceği iyi görme koşulu yüzdesini veren, *görsel konfor olasılığı (VCP)* değerine dönüştürülür.

Yani, *görsel konfor olasılığı (VCP)*, kişilerin, belli bir bakış doğrultusu ve gözleme noktasına göre, bir ortamdaki aydınlatma düzeninden rahatsız olup olmadığını belirler. Başka bir deyişle VCP, verilen koşullarda, aydınlatma düzenini rahatsız bulmayan gözlemcilerin oranı olarak da tanımlanabilir. VCP'yi hesaplamak için izlenecek işlem sırası ve formüller aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

### 4.2.1 Görsel Konfor Olasılığının (VCP) Hesaplanması

Herhangi bir ortamda, oluşabilecek konforsuzluk kamaşmasının, görsel konfor olasılığı yöntemi ile, değerlendirilmesinde izlenen işlem sırası aşağıdaki gibidir.

### 1-Kamaşma değışmezinin (M) hesaplanması

Her ışık kaynağının neden olduğu kamaşma değışmezi (M) 4.23 nolu formül ile hesaplanır.(IES Lighting Handbook Ref., 1984)

$$M = \frac{L_s Q}{PF^{0.44}} \quad (4.23)$$

Burada:

**M:** Her ışık kaynağı için ayrı ayrı hesaplanan kamaşma değışmezi değeri.

**Q:** Aygıtın görünen büyüklüğünü belirleyen hacim açısıdır ve aşağıdaki formül ile hesap edilir.

$$Q = 20.4\omega_s + 1.52\omega_s - 0.075 \quad (4.24)$$

Burada:

$\omega_s$ : Işık kaynağının oluşturduğu hacim açısıdır. (str.)\*

$$\omega_s = \frac{A_p}{D^2} \quad (4.25)$$

Burada :

$A_p$ : aygıtın gözleme noktasına göre görünen ışıklı alanıdır.

$D^2$ : Işık kaynağının gözleme noktasına olan eğik uzaklığıdır.

**L<sub>s</sub>:** Işık kaynağının gözleme noktası doğrultusundaki ışıklılık değeridir ve aşağıdaki gibi hesaplanır.\*

$$L_s = \frac{\pi \cdot I}{A_p} \quad (4.26)$$

Burada.

**I:** Işık kaynağının gözleme noktası doğrultusundaki ışık yeğlinliği değeridir.

\* Kaynak ışıklılığı ve ışık kaynağının oluşturduğu hacim açısı değeri. ışık kaynağının gözleme noktasından görünen alana ( $A_p$ ) bağlı olarak hesaplanır.

**F:** Tüm görme alanının ortalama ışıklılığıdır ve aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$F = \frac{L_w \omega_w + L_f \omega_f + L_c \omega_c + \sum L_s \omega_s}{5} \quad (4.27)$$

Burada:

$L_C$ : Tavanın ortalama ışıklılığı.

$L_f$ : Döşemenin ortalama ışıklılığı.

$L_S$ : Kaynağın ortalama ışıklılığı.

$L_W$ : Duvarların ortalama ışıklılığı

$\omega_C$ : Tavanın oluşturduğu hacim açısı (str.)

$\omega_f$ : Döşemenin oluşturduğu hacim açısı (str.)

$\omega_W$ : Duvarların oluşturduğu hacim açısı (str.) .

$\omega_S$ : Kaynağın oluşturduğu hacim açısı (str.) olarak tanımlanmıştır

5 : 5 sayısının nedeni, görme alanının oluşturacağı hacim açısının 5str. olarak kabul edilmesidir.

**P**: Kaynağın gözleme noktasına göre konumunu belirleyen konum indeksidir ve genellikle aşağıdaki formül aracılığı ile hesap edilir

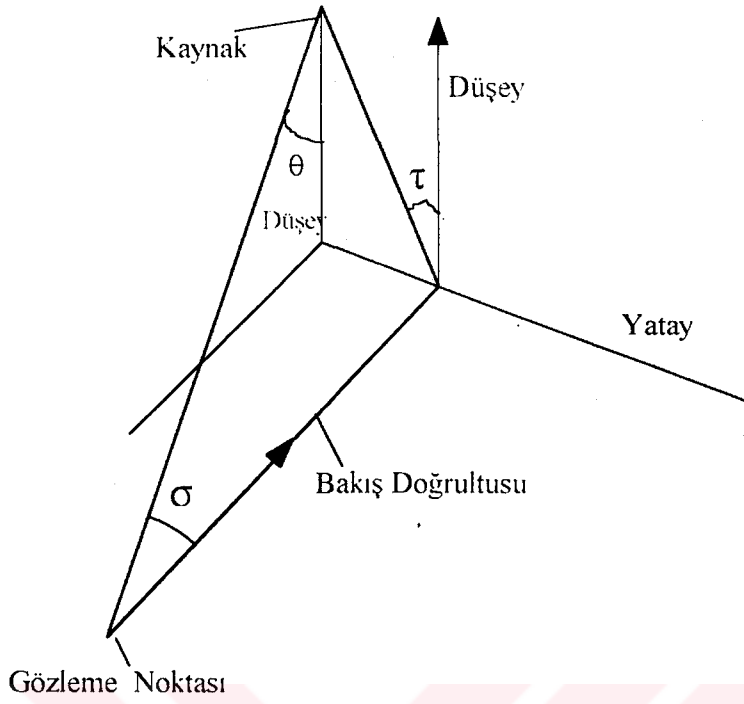
$$\ln P = \left[ 35.2 - 0.31889 \tau - 1.22e^{\frac{-2\tau}{9}} \right] 10^{-3} \sigma + \left[ 21 + 0.26667 \tau - 0.002963 \tau^2 \right] 10^{-5} \sigma^2$$

(4.28)

- Buradaki  $\sigma$  ve  $\tau$ , aygıtın bakış doğrultusuna göre olan konumunu belirleyen açılarıdır.(Bkz. Şekil 4.12)

$\sigma$ : Işık kaynağı ile bakış doğrultusu arasındaki açı

$\tau$ : Bakış doğrultusu ve kaynaktan geçen düzlem ile düşey doğrultu arasında kalan açı



Şekil 4.12- Işık kaynağının gözleme noktasına göre konumunun belirlenmesi

## 2-Konforsuzluk Kamaşması Oranının (Discomfort Glare Rating, DGR ) Hesplanması:

4.23 nolu formül aracılığı ile hesap edilen kamaşma değışmezi (M) değerlerinin, aşağıdaki 4.27 nolu formül uyarınca toplanmasıyla, ortamın *konforsuzluk kamaşması oranı (DGR)* değeri bulunur.

$$DGR = [M_t]^{n-0.0914} \quad (4.29)$$

Burada:

n: Görme alanı içindeki kaynakların sayısı

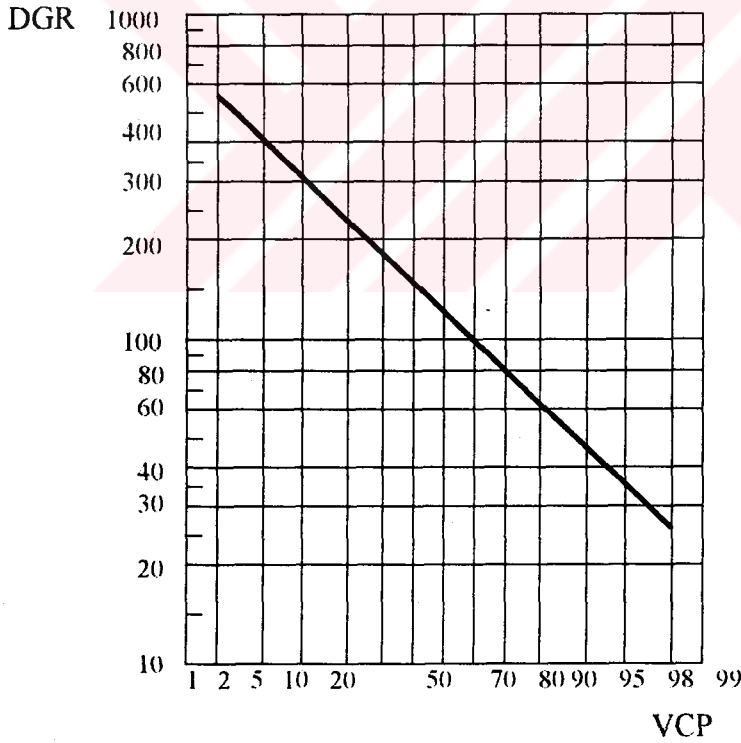
$M_t$ : Ortamda bulunan aygıtların kamaşma değışmezi(M) değerlerinin toplamıdır.

### 3-Konforsuzluk Kamaşması Oranı Değerlerinin Görsel Konfor Olasılığı (VCP) değerlerine dönüştürülmesi

4.29 nolu formül uyarınca hesaplanan *konforsuzluk kamaşması oranı değeri*, şekil 4.13'de verilen grafik ya da aşağıdaki 4.28 nolu formül aracılığı ile VCP değerlerine dönüştürülür. (IES Lighting Handbook Ref., 1984)

$$VCP = \frac{100}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{6.374 - 1.3227 \ln(DGR)} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (4.30)$$

Bu işlem sonucunda, bir ortamda bulunan aygıtların neden olduğu konforsuzluk kamaşması değerine bağlı olarak, aydınlatma düzeninin, kişilerin görsel konforunu sağlama yüzdesi bulunur.



Şekil 4.13-DGR değerlerinin VCP değerlerine dönüştürülmesi için kullanılan grafik

#### 4.2.1.1. Görsel Konfor Olasılığı (VCP) Değerine Göre Konforsuzluk Kamaşmasının Değerlendirilmesi:

Görsel konfor olasılığı yöntemine göre, VCP değeri azaldıkça, konforsuzluk kamaşmasının neden olduğu rahatsızlık hissi artarken, VCP değeri arttıkça, konforsuzluk kamaşmasının etkileri azalmaktadır. Sonuç olarak,

- 1) VCP değeri 70 ve üzerinde olması.
- 2) Şekil 4. 12'de  $\theta$  olarak gösterilen düşey açının 45, 55, 65, 75 ve 85 derece değerleri için, görünen aygıt ışıklılığının, en üst ve en alt değerlerinin 1/5'i geçmemesi.
- 3) Enine ve boyuna olmak üzere, aygıt ışıklılığının, 4.19 nolu çizelgede verilen değerleri geçmemesi durumunda, sözkonusu ortamda, bakış doğrultusunda ve aydınlatma düzeninde, konforsuzluk kamaşması sorun olmayacaktır. (IES Lighting Handbook Ref., 1984)

Çizelge 4.19- Kamaşmanın etkilerini azaltmak için belli açılar için ışıklılık sınırlamaları.

Düşeyle olan açı	Işıklılık (cd/m <sup>2</sup> )
45	7710
55	5500
65	3860
75	2570
85	1695

#### 4.2.2 Görsel Konfor Olasılığı Yönteminin Kolaylaştırılması:

Genel hesap biçimi 4.2.1. bölümde anlatılan Görsel Konfor Olasılığına (VCP) kullanım kolaylığı sağlamak amacıyla, bölüm 4.2 de verilen 4.23 nolu kamaşma değişmezi formülü yeniden düzenlenmiştir. Bu düzenleme ile, belli varsayımların yapıldığı belli ortamlarda, belli bir aygıtın VCP çizelgesinin oluşturulması amaçlanmıştır. (Journal of IES / April 1972)

Genellikle, aygıt üreten firmalar tarafından IES'in geliştirdiği yöntem ile hazırlanan *Görsel Konfor Olasılığı (Visual Comfort Probability -VCP-)* çizelgelerinin geçerli olduğu varsayımlar aşağıda verilmiştir.

#### 4.2.2.1 Görsel Konfor Olasılığı (VCP) Çizelgelerinin Oluşturulmasında Yapılan Varsayımlar:

Belli bir aygıt için hazırlanan VCP çizelgelerinde, ortam koşulları ile ilgili yapılan varsayımlar aşağıdaki gibidir.

- Yatay düzlemde 100 footcandles ( $1000 \text{ lm m}^{-2}$ ) aydınlık düzeyinin sağlanması önkoşul olarak alınmıştır.
- Oda yüzeylerinin yansıtma çarpanı değerleri, çizelgenin hazırlanma sırasında, isteğe bağlı olarak belirlenir. Ancak, genelde, tavan için  $r_t=0.8$ , duvar için  $r_{duv}=0.5$ , döşeme için  $r_{döş}=0.2$  değerleri kullanılır.
- Oda boyutları için (en. boy), 20x20(6.2x6.2 m) feet'den 100x100 (31x31 m) feet'e değişen, 24 değişik biçim belirlenmiştir.
- Aygıtların döşemeden yüksekliği için, 8.5, 10, 13 ya da 16 feet (2.6, 3, 4 veya 4.9m) olmak üzere 4 değişik yükseklik belirlenmiştir.
- Gözlemcinin konumu, arka duvarın 4 feet (1.2 m) önünde olarak belirlenmiştir.
- Bakış doğrultusu, yatay düzlemde yerden 4 feet (1.2m) yüksekte, ve karşı duvarı görececek biçimde belirlenmiştir.
- Aygıtların oda içinde düzgün olarak dağılımını öngören standard bir yerleşim düzeni geliştirilmiştir. (Bkz. Şekil 4.14)
- Görme alanı yukarıya doğru 53 derecelik bir açı ile sınırlandırılmıştır.

Yukarıda verilen varsayımlar ile, bazı verilerin ve çarpanların önceden hesaplanmasına olanak sağlanmıştır. Ayrıca bu varsayımlar ile, aygıt üreticileri ve kullanıcılar arasında bir anlatım ve hesap bütünlüğünün sağlanması amaçlanmıştır.

#### **Standard yerleşim düzeni:**

VCP hesaplarında kullanılan standard yerleşim düzeni, 4.1.1 nolu bölümde anlatılan *Düzeltilmemiş Kamaşma İndeksi* çizelgeleri için kullanılan yerleşim düzenine göre oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir Standard yerleşim düzeni, aygıtların oda içinde düzgün olarak dağılımını öngörür. Ancak, kurulacak aydınlatma düzeninin, düzgün yayılmış 100 fc'lık bir aydınlık düzeyini sağlaması koşulu, değişmez belli sıralardan oluşan bir yerleşim düzenine izin vermez. Yapılan ayrıntılı çalışmalar sonucunda, değişmez sıralardan oluşan bir düzen yerine, şekil 4.14'de görülen ve aşağıda açıklanan yerleşim düzeni ile, hesaplar için en uygun çözüm sağlanmıştır. (Illuminating Engineering, October 1966, Visual Comfort Ratings for Interior Lighting, Report No-2)



Geliştirilen bu düzende, 100f x100f x10f boyutlarındaki oda temel alınmıştır. Söz konusu oda, 5x5 f boyutlarındaki kare modüllere bölünmüştür. (Bkz. Şekil 4.14)

Aygıt özelliklerine bağlı olarak, söz konusu odada 100 fc'lık aydınlık düzeyini sağlamak için gerekli olan aygıt sayısı bellidir. Bu sayıya ve odadaki 5x5'lik modül sayısına bağlı olarak modül başına düşen aygıt sayısı bulunur. Böylece modül içindeki aygıt sayısına ve aygıt özelliklerine bağlı olarak modüllerin ışıklı alanı, oluşturduğu hacim açısı ve ışıklılığı hesaplanabilir. Böylece, modüller hesaplarda ışık kaynağı olarak ele alınır.

Ancak, VCP hesaplarının, her modülün ışıklı alanlarını temel alınarak yapılması durumunda her ışıklı alan için hesaplanacak kamaşma değişmezi (M) değerleri, odadaki 5x5 ft'lik modül sayısına eşit olacaktır. Bu durumda da, özellikle büyük boyutlu odalarda, VCP hesapları çok fazla işlem gerektirecektir. Bu nedenle, şekil 4.14 de kesik çizgilerle tanımlanan 5x5 ft'lik modül düzeni, hesapları kolaylaştırmak için geliştirilerek, kullanım açısından daha uygun duruma getirilmiştir.

Hesaplanacak kamaşma değişmezi (M) sayısını azaltmak amacıyla, yapılan ayrıntılı çalışmalar sonucunda, gözleme noktasına göre ışıklılıkları ve konum indeksleri çok az değişen 5x5 ft'lik modüller birleştirilmiş ve oluşan birimler *tavan elemanı* olarak adlandırılmıştır. Söz konusu tavan elemanları, oda boyutlarına bağlı olarak, görüş alanı içinde kalan modülleri kapsar. Bundan ötürü, görme alanına yakın tavan elemanları birden daha az modül içerirken, uzaktakiler birden çok modül içerir. Buradan da anlaşıldığı gibi, bir tavan elemanı, oda boyutlarına bağlı olarak, kesirli ya da çoklu olarak, değişik sayıda modül içerebilir. Bunun sonucunda, şekil 4.14'de sürekli çizgilerle tanımlanan ve 100x100x10 f'lik bir oda için geçerli olan tavan elemanları oluşur. Buradan da anlaşılabilceği gibi, tavan elemanlarının sayıları ve boyutları, oda boyutlarına göre değişiklik gösterir.

Standard yerleşim düzeninin yeniden düzenlenmesi ile, VCP çizelgelerinde yer alan oda boyutlarından en büyüğünde bile, hesaplanacak kamaşma değişmezi sayısı, 180'den 56'ya inmiştir.

Sonuç olarak, VCP çizelgelerinin hazırlanması için yapılan hesaplar, standard yerleşim düzeni ile oluşturulan tavan elemanlarını esas alır. Tavan elemanlarının ışıklılık ve hacim açısı hesapları, her elemanın ortasında bulunduğu varsayılan aygıtın temel alınmasıyla yapılır.



$$M = \left[ \frac{I \cdot K_1}{A_{ef}} \right] \left[ \frac{\bar{K}}{PF^{1.44}} \right] \left[ \frac{A_{ef} \cdot K_2}{(\text{ışıkakısı} / \text{aygıt}) \cdot CU} \right] \quad (4.31)$$

Burada:

**M** : Kamaşma değışmezi

**A<sub>ef</sub>** : Standard yerleşim düzenindeki enine ya da boyuna bir sıra içinde bulunan tavan elemanının merkezinde olduğu varsayılan aygıtın görünen ışıklı alanı.

**K<sub>1</sub>** : Standard yerleşim düzeninde bulunan her tavan elemanın, ışıklı alanının ortalama ışıklılığının hesabı için kullanılan çarpan.

**K<sub>2</sub>** : Standard yerleşim düzeninde bulunan her tavan elemanın oluşturduğu hacim açısının hesaplanmasında kullanılan çarpan.

**K̄** : 4.23 nolu formüldeki Q değeri ile ilgili hacim açısı fonksiyonu.

**CU** : Odanın boyutlarına bağılı olarak bulunan kullanma çarpanı.

**I** : Her aygıtın gözleme noktası doğrultusunda olan ışık yeğİnliğı değeri.(footlambert)

**P** : Konum indeksi değeri.

**F** : Ortamın, ortalama ışıklılık değeri.

**ışık akısı/aygıt** : Her aygıtın çıkan ışık akısı niceliğidir.

#### **Aygıtın görünen alanının hesaplanması (A<sub>p</sub>) ve A<sub>ef</sub>'in bulunması**

Kullanılan aygıtın ışıklı alanın, yalnızca tabanın oluşturması durumunda, yani dolaysız aydınlatma biçimi sözkonusu ise, aygıtın görünen ışıklı alanı (A<sub>p</sub>), cos θ'nın bir fonksiyonu olarak, 4.32 nolu formül uyarınca basit bir şekilde hesap edilebilir.

$$A_p = A \times \cos\theta \quad (4.32)$$

Burada,

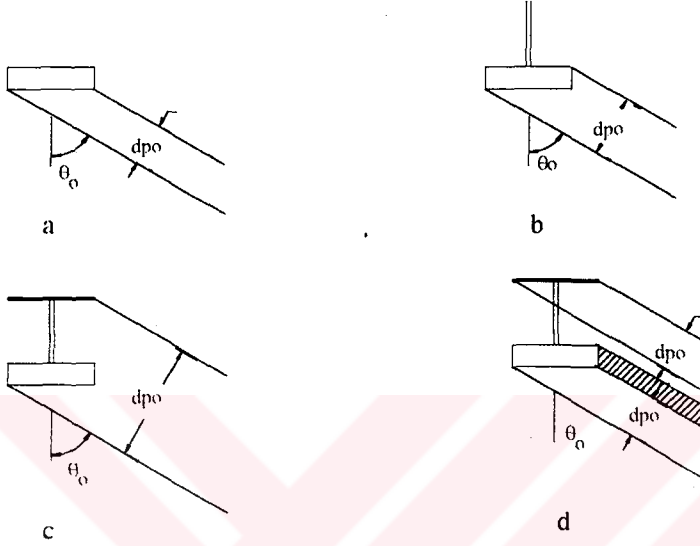
**A**: Aygıtın gerçek ışıklı alanı.

**θ** :Aygıtın gözleme noktasına göre düşeyle yaptığı açıdır.

Ancak aygıt alanının, yalnız aygıt tabanından oluşmaması ya da, tavanın kaynağı dahil olması gibi durumlarda yani, yayınlık ve dolaylı aydınlatma biçimlerinde, aygıtın görünen ışıklı alanının hesabı için, yeni yaklaşımlar gerekir. Ayrıca, aygıtın bakış doğrultusuna göre konumu da, ışıklı alanın hesabını etkilediğinden, daha kapsamlı hesaplar için, basit yöntemlere gereksinim vardır.



- c) Tavanın ışıklı alana dahil olduğu, kenarları ışıklı sarkıt aygıtlar.(Yayınık aydınlatma biçimi)
- d) Tavanın ışıklı alana dahil olduğu, kenarları saydamsız sarkıt aygıtların, görünen ışıklı alanın genişliği (dpo) hesabında kullanılan çizim yöntemleri gösterilmiştir.



Şekil 4.16- Değişik aydınlatma biçimlerine bağlı olarak, aygıt tiplerindeki ayrımlara göre, görünen alanın genişliğinin(dpo) bulunması.

Şekil 4.16'dan da anlaşılabilceği gibi, So konumundaki aygıtın belli bir açıdan görünen alanın genişliği (dpo), aygıtın ışıklı bölgelerinin köşelerinden çıkılan belli açıdaki doğru çiftleri aracılığı ile bulur ve aygıtın ışıklı olmayan bölümleri hesaplara katılmaz

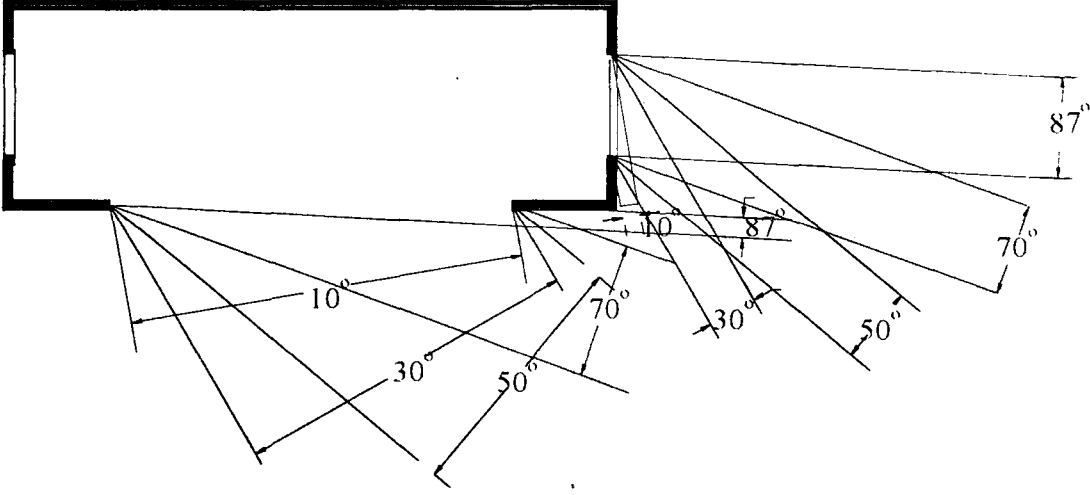
Bu durumda, So konumundaki aygıtın, ışıklı alanı (Apo), şekil 4.16'da gösterilen biçimde bulunan ışıklı görünen alanın genişliğinin (dpo), aygıtın gerçek uzunluğu (da) ile çarpılması ile bulunur.

$$Apo = da \times dpo \quad (4.33)$$

Burada,

da : Aygıtın uzunluğu.

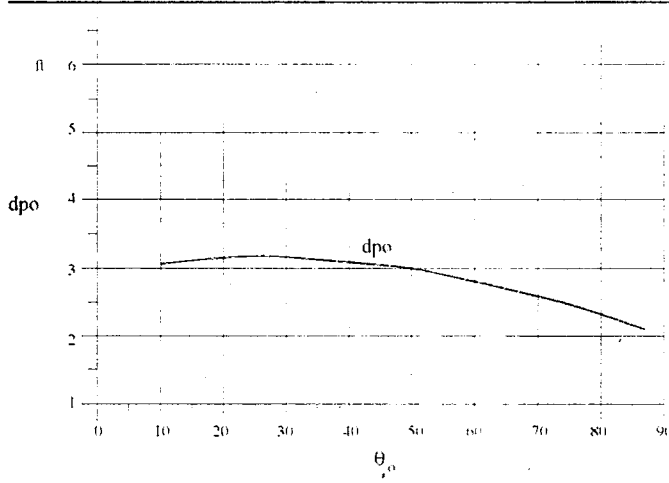
dpo: Aygıtın gözleme noktası yönündeki görünen ışıklı alanının genişliğidir.



Şekil 4.17- Aygıtın enine kesiti üzerine 5 ayrı açı için çizilmiş doğru çiftleri aracılığıyla görünen alanın genişliğinin (dpo) bulunması ve bu değerlerin aracılığıyla görünen alanın hesaplanması

Ayrıntılı hesaplar ve değişen konumlar için, dpo değerlerinin, aygıtın enine kesiti üzerine çizilmiş, beş ayrı açıdaki doğru çiftleri aracılığıyla Şekil 4.17'de görüldüğü gibi, ayrı ayrı bulunması ve sağlanan bu veri aracılığıyla,  $dpo-\theta$  eğrisinin çizimi gerekir. Bu çizim için işlenecek işlem sırası ise aşağıdaki gibidir.

- Aygıtın enine ölçekli kesiti çizilir.
  - Bu çizim üzerinde, aygıtının ışıklı yüzeylerinin köşe noktalarından, ayrı açılar için 5 doğru çifti çizilir.
  - Doğru çiftlerinin arasındaki uzunluk değeri yani, aygıtın sözkonusu açıdaki görünen ışıklı alanının genişliği (dpo), çizim üzerinden ölçülerek bulunur.
  - Bu değerler, Şekil 4.17'de görüldüğü gibi, çizelge halinde yazılır. (Şekil 4.17'deki, dpo değerleri ölçülerek bulunan genişliklerin toplamıdır.)
  - Beş görünen ışıklı genişlik değeri,  $\theta$  açısına bağlı olarak, y eksenini dpo değerlerini, x eksenini 0-90 arasındaki açıları gösteren bir koordinat sistemine girilir ve böylece, dpo değerlerinin  $\theta$  değerlerine göre değişimini veren Şekil 4.18'deki gibi bir eğri elde edilir.
- Not :** Aygıtın, boyutlarının ayrı olması durumunda, aygıtların bakış doğrultusuna dik konumu için gerekli olan, ikinci bir  $dpo_2-\theta$  eğrisinin çizilmesi gerekir.



Şekil 4.18- Aygıtın görünen ışıklı alanının genişliğinin  $\theta$ 'ya göre değişimini gösteren eğri.

Bu eğri ile So konumundaki aygıtın,  $10^\circ$  - $87^\circ$  arasında değişen tüm açılardan görünen ışıklı alan genişliği (dpo) değerlerini ve buna bağlı olarak görünen alan (Apo) değerlerini bulmak olanaklıdır.

Aygıtın So konumundan, içinde bulunduğu sırada, ilerlemesi durumunda yani, SoS doğrusu boyunca hareket etmesi durumunda, görünen alan (Apo),  $\cos \phi$  nin bir fonksiyonu olarak kısalır ve bu durumda aygıtın yeni konumundaki görünen alanı (Ap), aşağıdaki gibi bulunur.

$$Ap = Apo \times \cos \phi \quad (4.34)$$

Burada:

Ap : Aygıtın SoS doğrusu üzerindeki yeni konumu için görünen ışıklı alanı.

Apo : Aygıtın So konumundaki görünen ışıklı alanı.

Cos  $\phi$  : Aygıtın gözleme noktasına göre konumunu belirleyen açıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\cos \phi = \frac{(L^2 + V^2)^{0.5}}{D} \quad (4.35)$$

Benzer biçimde  $\cos\theta_0$  açısı 4.36 nolu formül aracılığı ile aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\cos\theta_0 = \frac{V}{(L^2 + V^2)^{0.5}} \quad (4.36)$$

Ayrıca  $\cos\theta$  değeri aşağıda verilen 4.37nolu formül ile de bulunur.

$$\cos\theta = \frac{V}{D} \quad (4.37)$$

Buradan da, 4.36 ve 4.37 nolu formüllerin birbirine bölümü, 4.35 nolu formülü vereceğinden,  $\cos\phi$  aşağıdaki 4.35a formülü ile de tanımlanabilir.

$$\cos\phi = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_0} \quad (4.35a)$$

4.35, 4.36 ve 4.37 nolu formüllerde geçen değişkenler.

- L: Aygıt merkezinin yatay düzlemdaki iz düşüm noktasının, bakış doğrultusuna(R) olan uzaklığı.  
V: Aygıt merkezinin çalışma düzleminden olan yüksekliği.  
D: Aygıt merkezinin, gözleme noktasına olan eğik uzaklığı.  
olarak belirlenmiştir.(Bkz.şekil 4.15)

Bu işlemler sonucunda, boyuna bir sıra üzerinde, herhangi bir yerdeki aygıtın görünen alanı ( $A_p$ ), 4.34a nolu formül ile aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$A_p = \frac{A_{po} \cdot \cos\theta}{\cos\theta_0} \quad (4.34a)$$

Böylece, boyuna sırada herhangi bir yerde bulunan aygıtın görünen alanı ( $A_p$ ), So konumunda bulunan aygıtın görünen alanı ( $A_{po}$ ), ve  $\phi$  açısına göre bulunur.  $A_{po}$ 'nun hesabı için verilen 4.33 nolu formülün, 4.34a nolu formüle eklenmesi ile,  $A_p$  aşağıdaki gibi tanımlanabilir.



$$A_r = \frac{d_{po} \cdot d_a \cdot \cos\theta}{\cos\theta_o} \quad (4.34b)$$

Buradan da A<sub>ef</sub>.

$$A_{ef} = \frac{d_{po}}{\cos\theta_o} \times d_a \quad (4.38)$$

olarak tanımlanabilir.

Aygıtların bakış doğrultusuna paralel olarak yerleştirilmesi durumunda, 4.38 nolu formül aşağıdaki biçimi alır.

$$A_{ef} = \frac{d_{po1}}{\cos\theta_{o1}} \times d_a \quad (4.38 a)$$

Aygıtların bakış doğrultusuna dik olarak yerleştirilmesi durumunda, 4.38 nolu formül aşağıdaki biçimi alır.

$$A_{ef} = \frac{d_{po2}}{\cos\theta_{o2}} \times d_a \quad (4.38 b)$$

**Kaynak ışıklılığının hesaplanması (L<sub>s</sub>) ve K<sub>1</sub> çarpanının bulunması :**

Standard yerleşim düzeninde bulunan bir tavan elemanının ortalama ışıklılığını hesap etmek için kullanılan 4.26 nolu formül. Ap için yukarıda verilen 4.34b formül uyarınca yeniden yazılırsa, tavan elemanının ışıklılığı (L<sub>s</sub>) 4.26 a ve b nolu formülde olduğu gibi tanımlanabilir.

$$L_s = \frac{\pi \cdot cp}{A_p} \quad (4.26)$$

$$L_s = \frac{\pi(cp) \cdot \cos\theta_o}{A_{po} \cdot \cos\theta} \quad (4.26 a)$$

$$K_1 = \frac{\pi}{\cos\theta} \quad (4.39)$$

olarak tanımlanırsa.

$$L_s = K_1 \frac{I \cdot \cos\theta_c}{d_{pc} \cdot da} \quad (4.26 b)$$

olarak tanımlanabilir

Burada  $\pi$  ve  $\cos\theta$  değerleri standard yerleşim düzeni için belli olduğundan, tüm tavan elemanları için  $K_1$ 'in değerleri önceden hesaplanarak çizelge halinde getirilmiştir. (Bkz. çizelge 4.20)

### **Tavan Elemanının ışıklı alanının oluşturduğu hacim açısının ( $\omega_s$ ) ve K2 çarpanının bulunması:**

Standard yerleşim düzeninde bulunan tavan elemanlarının ışıklı alanlarının oluşturduğu hacim açısının ve buna bağlı olarak K2 değerlerinin bulunması ise aşağıdaki gibidir.

Her tavan elemanının ışıklı alanı ( $\bar{A}$ ), her modül içindeki aygıt sayısına ve özelliklerine, ve her eleman içindeki modül sayısına bağlı olarak.

$$\bar{A} = c \cdot \bar{N} \cdot A_p \quad (4.40)$$

yukarıdaki 4.40 nolu formül uyarınca hesaplanır.

Burada.

$c$  : Her tavan elemanın içerdiği modül sayısıdır. (Bkz. şekil 4.14)

$\bar{N}$  : Her modül başına düşen aygıt sayısı

$A_p$ : Söz konusu tavan elemanının merkezinde olduğu varsayılan aygıtın, görünen alanının ( $A_p$ ) hesabı. formül 4.34b 'de olduğu gibidir.

Bu değişkenlerin hesap biçimi aşağıdaki gibidir.

### **Her modül başına düşen aygıt sayısının hesaplanması ( $N^*$ ) :**

100 fc'lık aydınlık düzeyini sağlayacak aygıt sayısının, oda boyutuna bağlı olarak bulunan modül sayısına bölünmesi ile her modül içindeki aygıt sayısı bulunmuş olur.

$$\bar{N} = \frac{N}{n} \quad (4.41)$$

Burada:

N : 100 fc aydınlık düzeyini sağlayan aygıt sayısıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$N = \frac{\text{oda alanı} \times 100 \text{ fc}}{I\Phi / \text{aygıt} \times CU} \quad (4.42)$$

CU (coefficient of utilization) :Kullanma çarpanı değeridir

IΦ : Aygıtta bulunan lambaların toplam ışık akısıdır

n : 5 x 5'lik modül sayısıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\bar{n} = \frac{\text{oda alanı}}{25} \quad (4.43)$$

Yukarıda anlatılanlar gözönüne alındığında, her tavan elemanının ışıklı alanının oluşturduğu hacim açısının hesaplandığı 4.25 nolu formül, aşağıdaki biçime dönüşür.

$$\omega = \frac{2500 \times c \times A_{po} \times \cos\theta}{I\Phi / \text{aygıt} \times CU \times D^2 \times \cos\theta} \quad (4.25a)$$

Ancak, bu formülde,

$$\frac{2500 \cdot c \cdot \cos\theta}{D^2} = K_2 \quad (4.44)$$

olarak gösterildiğinde,

$$\omega = \frac{K_2 \times A_{ef}}{I\Phi / \text{aygıt} \times CU} \quad (4.25b)$$

eşitliğine ulaşılır..

Buradaki  $\cos\theta$  ve  $D^2$  değerleri, kabul edilen varsayımlar aracılığı ile önceden hesaplanarak, her tavan elemanı için geçerli olan  $K_2$  değerleri çizelge olarak oluşturulmuştur.(Bkz. çizelge 2.20)

K'nın bulunması:

K ise 4.23 nolu formülde geçen hacim açısının fonksiyonu olan Q'nun hesabına bağlı olarak oluşan değişken bir fonsiyondur ve aşağıdaki 4.45 nolu formül aracılığı ile bulunur.

$$\bar{K} = 20.4 + 1.52\omega^{-0.8} - 0.075\omega^{-1} \quad (4.45)$$

K'nın değişen hacim açısı için aldığı değerler hesaplanarak çizelge haline getirilmiştir. (Bkz. çizelge 4.21)

Sonuç olarak, yukarıda bulunma biçimleri ve formülleri verilen, aygıt ışıklılığı (L<sub>s</sub>), aygıtın konumuna bağlı olarak tavan elemanın oluşturduğu hacim açısı (ω<sub>s</sub>), ve buna bağlı olarak Q'nun 4.23 nolu kamaşma değişmezi formülüne eklenmesi sonucunda, kamaşma değişmezi formülü yeniden düzenlenerek, bu bölümün başında verilen 4.31 nolu formül biçimine dönüşür.

#### 4.2.2.3 Görsel Konfor Olasılığı (VCP) Çizelgelerindeki Değerlerinin Hesaplanması

Boyutları ve yüzey yansıtma çarpanları, 4.2.2.1 nolu bölümde verilen varsayımlar uyarınca belirlenen bir ortamda, sözkonusu aygıtın neden olduğu kamaşma duyulanmasına bağlı olarak bulunan *görsel konfor olasılığı (VCP)* hesabında izlenecek işlem sırası aşağıdaki gibidir.

1. Ortam boyutlarına bağlı olarak, standard yerleşim düzeni aracılığı ile belirlenen her tavan elemanlarının neden olacağı kamaşma değeri, 4.2.1 nolu bölümde verilen 4.23 nolu kamaşma değişmezi formülü ile bulunur.

Ancak, 4.23 nolu formül değişkenlerinden olan ortamın *ortalama ışıklılık* değeri (F<sup>0.44</sup>), her tavan elemanı için hesaplanacak kamaşma değişmezi için, aynı değer olduğundan, kamaşma değişmezlerinin hesabına ayrı ayrı katılmaz. Bu nedenle, hesaplar sırasında, *göreceli kamaşma değişmezi (Mr)* olarak adlandırılan, aşağıdaki 4.46 nolu formül kullanılır.

$$M_r = \frac{L_s \cdot \bar{K} \cdot \omega_s}{P} \quad (4.46)$$

- Konum indeksi (P) değerleri, oda boyutlarına bağlı olarak çizelge 4.20 'de

verilmiştir.

- Hacim açısı ile ilgili olan  $K$  çarpanı,  $\omega s$  değerlerine bağlı olarak, çizelge 4.21'de verilmiştir.
2. Aygıtların yerleşimi, bakış doğrultusuna göre, simetrik olduğundan, hesaplar odaların bir yarısındaki tavan elemanlarını içerir. Bundan ötürü 1. adımda bulunan  $M_r$  değerleri 2 ile çarpılarak toplanır.
  3. Ortamın genel ışıklılık ( $F$ ) değeri, oda boyutlarına bağlı olarak, bölüm 4.2.2.2 de verilen 4. 27 nolu formül uyarınca, hesaplanır.
    - Değişen oda boyutları için, önceden hesaplanan oda yüzeylerinin oluşturduğu hacim açısı değerleri ( $\omega_{fc}$ ,  $\omega_w$ ,  $\omega_{cc}$ ), 4.22 nolu çizelgede verilmiştir.
  4. Toplam  $\Sigma M_r$  değerinin, ortamın genel ışıklılık değeri olan  $F^{0.44}$  değerine bölünmesi ile, söz konusu ortamda, sözkonusu aygıtın 100 fc aydınlık düzeyi oluşturması durumundaki kamaşma değişmezi ( $M_t$ ) değeri bulunmuş olur.
  5. Hesaplanan  $M_t$  değerinin, şekil 4.19'da verilen nomogram ya da 4.29 nolu formül aracılığı ile konforsuzluk kamaşması oranı ( $DGR$ ) değerine dönüştürülür.
  6. Bulunan  $DGR$  değeri, şekil 4.19'da verilen nomogram ya da 4.30 nolu formül aracılığı ile görsel konfor olasılığı ( $VCP$ ) değerine dönüştürülür.
  7. Yukarıda sıralanan işlemler, aygıtın, söz konusu oda içinde, bakış doğrultusuna dik olması koşulu için de uygulanır.

Yukarıda sıralanan işlemlerin, 24 ayrı oda biçimi ve 4 değişik oda yüksekliği kombinasyonu ile oluşan tüm ortamlar için ayrı ayrı uygulanması sonucunda, söz konusu aygıtın görsel -konfor olasılığı ( $VCP$ ) çizelgesindeki tüm değerler hesaplanmış olur.

Çizelge 4.20

Tavan Elemanları için çarpanlar

Yükseklik = 8.5ft(2.6m)

(1) Element	(2) $\theta$	(3) $\beta_L$	(4) $\beta_c$	(5) $K_1$	(6) $K_2$	(7) P	(8) $\theta_{o1}$	(9) $\cos \theta_{o1}$	(10) $\theta_{o2}$	(11) $\cos \theta_{o2}$
1	50	28	62	4.88	16.4	6.30	28	0.883	47	0.682
2	63	58	32	6.91	6.89	6.80	59	.515	47	.682
3	71	69	21	9.85	2.40	7.50	70	.342	47	.682
4	76	75	15	13.0	.874	8.00	76	.242	47	.682
5	80	79	11	18.9	.652	8.60	80	.174	47	.682
6	83	82	8	24.9	.249	9.00	83	.122	47	.682
7	84	84	6	31.8	.120	9.25	84	.105	47	.682
8	63	16	74	6.91	11.6	3.00	28	.883	62	.470
9	68	41	49	8.52	6.22	3.50	59	.515	62	.470
10	73	56	34	10.9	2.90	4.30	70	.342	62	.470
11	77	64	26	13.9	1.42	5.05	76	.242	62	.470
12	80	71	19	18.7	1.17	5.90	80	.174	62	.470
13	83	76	14	25.3	.470	6.60	83	.122	62	.470
14	84	79	11	30.8	.231	7.30	84	.105	62	.470
15	72	10	80	10.0	3.75	2.00	28	.883	71	.326
16	74	29	61	11.2	2.70	2.50	59	.515	71	.326
17	76	43	47	13.2	1.64	2.75	70	.342	71	.326
18	78	52	38	15.7	.985	3.33	76	.242	71	.326
19	81	62	28	20.1	.945	4.15	80	.174	71	.326
20	83	69	21	26.4	.417	5.00	83	.122	71	.326
21	85	73	17	33.1	.214	5.65	84	.105	71	.326
22	78	7	83	15.1	2.23	1.56	28	.883	78	.208
23	79	20	70	15.9	1.92	1.63	59	.515	78	.208
24	80	31	59	17.4	1.47	1.90	70	.342	78	.208
25	81	40	50	19.4	1.06	2.27	76	.242	78	.208
26	82	50	40	23.1	1.26	2.82	80	.174	78	.208
27	84	59	31	28.8	.649	3.55	83	.122	78	.208
28	85	65	25	34.9	.362	4.20	84	.105	78	.208
29	82	5	85	22.0	.725	1.36	28	.883	82	.139
30	82	14	76	22.4	.675	1.40	59	.515	82	.139
31	82	22	68	23.1	.585	1.52	70	.342	82	.139
32	83	29	61	25.1	.486	1.70	76	.242	82	.139
33	84	39	51	28.1	.698	2.05	80	.174	82	.139
34	84	48	42	32.7	.434	2.58	83	.122	82	.139
35	85	55	35	38.3	.273	3.05	84	.105	82	.139
36	84	3	87	32.4	.453	1.22	28	.883	84	.105
37	84	9	81	32.7	.438	1.26	59	.515	84	.105
38	85	15	75	33.3	.409	1.33	70	.342	84	.105
39	85	21	69	34.5	.373	1.43	76	.242	84	.105
40	85	28	62	36.5	.618	1.60	80	.174	84	.105
41	86	37	53	40.3	.460	1.90	83	.122	84	.105
42	86	44	46	44.9	.334	2.22	84	.105	84	.105
43	86	2	88	46.2	.155	1.16	28	.883	86	.070
44	86	7	83	46.2	.152	1.17	59	.515	86	.070
45	86	11	79	46.9	.147	1.22	70	.342	86	.070
46	86	15	75	47.6	.140	1.29	76	.242	86	.070
47	86	21	69	49.1	.254	1.39	80	.174	86	.070
48	87	28	62	51.5	.214	1.54	83	.122	86	.070
49	87	34	56	56.9	.176	1.73	84	.105	86	.070
50	87	2	88	60.4	.0704	1.12	28	.883	87	.052
51	87	5	85	60.4	.0697	1.13	59	.515	87	.052
52	87	8	82	60.4	.0683	1.18	70	.342	87	.052
53	87	11	79	61.6	.0662	1.22	76	.242	87	.052
54	87	16	74	62.8	.113	1.30	80	.174	87	.052
55	87	22	68	65.5	.112	1.40	83	.122	87	.052
56	87	28	62	68.3	.0980	1.52	84	.105	87	.052

Çizelge 4.20 Devam

Yükseklik=10ft (3.1m)

(1) Element	(2) $\theta$	(3) $\beta_L$	(4) $\beta_c$	(5) $K_1$	(6) $K_2$	(7) P	(8) $\theta_{o1}$	(9) $\cos \theta_{o1}$	(10) $\theta_{o2}$	(11) $\cos \theta_{o2}$
1	44	25	65	4.40	7.65	8.50	23	0.920	41	0.755
2	57	55	35	5.76	3.41	8.40	51	.629	41	.755
3	66	67	23	7.76	1.38	8.60	64	.438	41	.755
4	72	73	17	10.0	.634	8.90	71	.326	41	.755
5	77	78	12	13.7	.498	9.20	76	.242	41	.755
6	80	81	9	18.8	.248	9.50	80	.174	41	.755
7	82	83	7	24.0	.0943	9.65	82	.139	41	.755
8	56	16	74	5.60	12.3	4.20	23	.920	55	.574
9	62	41	49	6.70	7.15	4.85	51	.629	55	.574
10	68	56	34	8.49	3.50	5.20	64	.438	55	.574
11	73	64	26	10.6	1.79	5.80	71	.326	55	.574
12	77	71	19	14.2	1.51	6.50	76	.242	55	.574
13	81	76	14	19.2	.615	7.30	80	.174	55	.574
14	83	79	11	24.2	.305	7.80	82	.139	55	.574
15	66	10	80	7.86	4.48	2.50	23	.920	66	.407
16	69	29	61	8.70	3.30	2.70	51	.629	66	.407
17	72	43	47	10.1	2.08	3.17	64	.438	66	.407
18	75	52	38	12.0	1.25	3.70	71	.326	66	.407
19	78	62	28	15.2	1.22	4.50	76	.242	66	.407
20	81	69	21	19.9	.545	5.30	80	.174	66	.407
21	83	73	17	24.7	.282	5.95	82	.139	66	.407
22	74	7	83	11.5	2.82	1.81	23	.920	74	.276
23	75	20	70	12.1	2.44	1.86	51	.629	74	.276
24	76	31	59	13.2	1.88	2.11	64	.438	74	.276
25	78	40	50	14.7	1.36	2.47	71	.326	74	.276
26	80	50	40	17.4	1.64	3.02	76	.242	74	.276
27	82	59	31	21.7	.852	3.75	80	.174	74	.276
28	83	65	25	26.2	.479	4.40	82	.139	74	.276
29	79	5	85	16.6	.945	1.50	23	.920	79	.191
30	79	14	76	17.0	.875	1.51	51	.629	79	.191
31	80	22	68	17.8	.765	1.64	64	.438	79	.191
32	81	29	61	18.9	.640	1.82	71	.326	79	.191
33	81	39	51	21.1	.917	2.17	76	.242	79	.191
34	83	48	42	24.7	.572	2.68	80	.174	79	.191
35	84	55	35	28.8	.361	3.18	82	.139	79	.191
36	83	3	87	24.4	.598	1.32	23	.920	83	.122
37	83	9	81	24.5	.578	1.32	51	.629	83	.122
38	83	15	75	25.1	.541	1.39	64	.438	83	.122
39	83	21	69	25.9	.492	1.49	71	.326	83	.122
40	83	29	61	27.6	.820	1.66	76	.242	83	.122
41	84	37	53	30.5	.612	1.97	80	.174	83	.122
42	85	44	46	33.8	.444	2.30	82	.139	83	.122
43	85	2	88	34.7	.216	1.22	23	.920	85	.087
44	85	7	83	34.9	.202	1.22	51	.629	85	.087
45	85	11	79	35.3	.196	1.26	64	.438	85	.087
46	85	15	75	35.9	.186	1.31	71	.326	85	.087
47	85	21	69	37.1	.338	1.42	76	.242	85	.087
48	85	28	62	39.2	.286	1.58	80	.174	85	.087
49	86	34	56	41.9	.234	1.78	82	.139	85	.087
50	86	2	88	45.1	.0942	1.17	23	.920	86	.070
51	86	5	85	45.3	.0932	1.17	51	.629	86	.070
52	86	8	82	45.5	.0914	1.20	64	.438	86	.070
53	86	12	78	46.0	.0886	1.23	71	.326	86	.070
54	86	16	74	47.0	.167	1.31	76	.242	86	.070
55	86	22	68	48.6	.150	1.42	80	.174	86	.070
56	86	28	62	50.8	.131	1.52	82	.139	86	.070

## Çizelge 4.20 Devam

Yükseklik=13ft (4m)

(1) Element	(2) $\theta$	(3) $\beta_L$	(4) $\beta_r$	(5) $K_1$	(6) $K_2$	(7) P	(8) $\theta_{r1}$	(9) $\cos \theta_{o1}$	(10) $\theta_{o2}$	(11) $\cos \theta_{o2}$
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	46	16	74	4.54	8.24	7.00	14	0.970	45	0.707
9	53	40	50	5.17	5.58	7.00	40	.766	45	.707
10	60	54	36	6.22	3.18	7.10	54	.588	45	.707
11	69	63	27	8.77	1.14	7.40	63	.454	45	.707
12	73	70	20	10.8	1.23	7.80	70	.342	45	.707
13	77	76	14	13.8	.588	8.40	76	.242	45	.707
14	79	79	11	17.0	.316	8.70	79	.191	45	.707
15	57	10	80	5.73	5.10	3.95	14	.970	56	.559
16	60	29	61	6.26	3.95	4.00	40	.766	56	.559
17	64	43	47	7.16	2.62	4.30	54	.588	56	.559
18	68	52	38	8.35	1.66	4.70	63	.454	56	.559
19	72	62	28	10.3	1.70	5.30	70	.342	56	.559
20	77	69	21	13.5	.785	6.10	76	.242	56	.559
21	79	73	17	16.7	.412	6.70	79	.191	56	.559
22	67	7	83	8.03	3.71	2.41	14	.970	67	.391
23	68	20	70	8.38	3.25	2.42	40	.766	67	.391
24	70	31	59	9.08	2.55	2.67	54	.588	67	.391
25	72	40	50	10.1	1.88	3.00	63	.454	67	.391
26	75	50	40	11.8	2.31	3.48	70	.342	67	.391
27	77	59	31	14.6	1.23	4.20	76	.242	67	.391
28	78	65	25	17.6	.700	4.80	79	.191	67	.391
29	74	5	85	11.3	1.33	1.84	14	.970	74	.276
30	74	14	76	11.5	1.24	1.81	40	.766	74	.276
31	75	22	68	12.1	1.09	1.90	54	.588	74	.276
32	76	29	61	12.8	.910	2.09	63	.454	74	.276
33	77	39	51	14.2	1.32	2.44	70	.342	74	.276
34	79	48	42	16.6	.834	2.93	76	.242	74	.276
35	81	55	35	19.4	.530	3.42	79	.191	74	.276
36	79	3	87	16.4	.871	1.50	14	.970	79	.191
37	79	9	81	16.6	.841	1.48	40	.766	79	.191
38	79	15	75	16.9	.789	1.52	54	.588	79	.191
39	80	21	69	17.4	.719	1.60	63	.454	79	.191
40	80	28	62	18.6	1.20	1.79	70	.342	79	.191
41	81	37	53	20.4	.900	2.11	76	.242	79	.191
42	82	44	46	22.8	.656	2.45	79	.191	79	.191
43	82	2	88	23.3	.304	1.34	14	.970	82	.132
44	82	7	83	23.4	.299	1.32	40	.766	82	.132
45	82	11	79	23.6	.289	1.34	54	.588	82	.132
46	82	15	75	24.0	.275	1.39	63	.454	82	.132
47	83	21	69	24.9	.500	1.49	70	.342	82	.132
48	83	28	62	26.2	.422	1.65	76	.242	82	.132
49	84	34	56	28.0	.346	1.86	79	.191	82	.132
50	84	2	88	30.2	.139	1.27	14	.970	84	.105
51	84	5	85	30.2	.138	1.25	40	.766	84	.105
52	84	8	82	30.5	.135	1.27	54	.588	84	.105
53	84	11	79	30.8	.131	1.29	63	.454	84	.105
54	84	16	74	31.4	.246	1.35	70	.342	84	.105
55	84	22	68	32.7	.222	1.47	76	.242	84	.105
56	85	28	62	34.1	.194	1.60	79	.191	84	.105



Çizelge 4.20 Devam

Yükseklik=16ft (4.9m)

(1) Element	(2) $\theta$	(3) $\beta_L$	(4) $\beta_r$	(5) $K_1$	(6) $K_2$	(7) P	(8) $\theta_{e1}$	(9) $\cos \theta_{e1}$	(10) $\theta_{e2}$	(11) $\cos \theta_{e2}$
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	41	14	76	4.13	3.04	9.30	10	0.985	40	0.766
9	46	37	53	4.52	2.31	9.00	32	.848	40	.766
10	53	51	39	5.23	1.50	9.00	46	.695	40	.766
11	59	60	30	6.18	.924	9.00	55	.574	40	.766
12	66	68	22	7.72	.936	9.10	64	.438	40	.766
13	72	74	16	10.0	.426	9.25	71	.326	40	.766
14	75	77	13	12.5	.333	9.40	75	.259	40	.766
15	47	10	80	4.77	4.98	5.80	10	.985	49	.656
16	52	29	61	5.11	4.02	5.80	32	.848	49	.656
17	57	43	47	5.76	2.82	5.90	46	.695	49	.656
18	61	52	38	6.57	1.89	6.10	55	.574	49	.656
19	67	62	28	8.06	2.04	6.60	64	.438	49	.656
20	72	69	21	10.3	.980	7.20	71	.326	49	.656
21	76	73	17	12.7	.510	7.60	75	.259	49	.656
22	61	7	83	6.36	4.18	3.26	10	.985	60	.500
23	62	20	70	6.62	3.70	3.26	32	.848	60	.500
24	64	31	59	7.12	2.98	3.40	46	.695	60	.500
25	66	40	50	7.79	2.26	3.70	55	.574	60	.500
26	70	50	40	9.10	2.85	4.10	64	.438	60	.500
27	74	59	31	11.1	1.56	4.75	71	.326	60	.500
28	76	65	25	13.4	.899	5.30	75	.259	60	.500
29	69	5	85	8.73	1.62	2.05	10	.985	69	.358
30	69	14	76	8.92	1.52	2.04	32	.848	69	.358
31	70	22	68	9.30	1.34	2.10	46	.695	69	.358
32	71	29	61	9.85	1.13	2.48	55	.574	69	.358
33	73	39	51	10.9	1.67	2.78	64	.438	69	.358
34	76	48	42	12.7	1.06	3.25	71	.326	69	.358
35	78	55	35	14.7	.684	3.75	75	.259	69	.358
36	75	3	87	12.5	1.11	1.73	10	.985	75	.259
37	76	9	81	12.6	1.07	1.70	32	.848	75	.259
38	76	15	75	12.9	1.01	1.70	46	.695	75	.259
39	76	21	69	13.3	.922	1.79	55	.574	75	.259
40	77	28	62	14.1	1.55	1.97	64	.438	75	.259
41	78	37	53	15.5	1.17	2.28	71	.326	75	.259
42	79	44	46	17.2	.856	2.60	75	.259	75	.259
43	80	2	88	17.5	.397	1.49	10	.985	80	.174
44	80	7	83	17.6	.390	1.46	32	.848	80	.174
45	80	11	79	17.8	.378	1.46	46	.695	80	.174
46	80	15	75	18.2	.360	1.49	55	.574	80	.174
47	80	21	69	18.7	.652	1.58	64	.438	80	.174
48	81	28	62	19.8	.554	1.74	71	.326	80	.174
49	81	34	56	21.1	.456	1.96	75	.259	80	.174
50	82	2	88	22.8	.183	1.36	10	.985	82	.139
51	82	5	85	22.8	.181	1.35	32	.848	82	.139
52	82	8	82	22.9	.178	1.35	46	.695	82	.139
53	82	11	79	23.3	.173	1.37	55	.574	82	.139
54	82	16	74	23.6	.326	1.42	64	.438	82	.139
55	83	22	68	24.5	.292	1.52	71	.326	82	.139
56	83	28	62	25.5	.256	1.66	75	.259	87	.139



Çizelge - 4.22 Döşeme, Duvarlar, ve Tavan İçin Hacim Açısı Değerleri

Oda Genişlik	Uzunluk	Yükseklik = 8.5 ft (2.6 m)			Yükseklik = 10 ft (3.1 m)			Yükseklik = 13 ft (4 m)			Yükseklik = 16 ft (4.9 m)		
		Döşeme wfc	Duvarlar ww	Tavan wcc	Döşeme wfc	Duvarlar ww	Tavan wcc	Döşeme wfc	Duvarlar ww	Tavan wcc	Döşeme wfc	Duvarlar ww	Tavan wcc
20	20	2.480	1.336	1.184	2.480	1.562	0.958	2.840	1.940	0.580	2.840	2.180	0.340
	30	2.512	1.210	1.278	2.512	1.430	1.058	2.512	1.752	0.736	2.512	1.988	0.500
	40	2.522	1.170	1.308	2.522	1.378	1.100	2.522	1.692	0.786	2.522	1.908	0.570
	60	2.528	1.144	1.328	2.528	1.344	1.128	2.528	1.650	0.822	2.528	1.854	0.618
30	20	2.558	1.002	1.440	2.558	1.282	1.160	2.558	1.666	0.776	2.558	1.966	0.476
	30	2.601	0.861	1.538	2.601	1.093	1.306	2.601	1.439	0.960	2.601	1.703	0.695
	40	2.615	0.807	1.578	2.615	1.045	1.340	2.615	1.347	1.038	2.615	1.591	0.794
	60	2.625	0.765	1.610	2.625	0.999	1.376	2.625	1.289	1.086	2.625	1.513	0.862
40	80	2.628	0.752	1.620	2.628	0.982	1.390	2.628	1.262	1.110	2.628	1.480	0.892
	20	2.592	0.914	1.494	2.592	1.134	1.274	2.592	1.564	0.844	2.592	1.808	0.600
	30	2.642	0.720	1.638	2.642	0.916	1.442	2.642	1.284	1.074	2.642	1.520	0.838
	40	2.660	0.652	1.688	2.660	0.844	1.496	2.660	1.184	1.156	2.660	1.376	0.964
60	60	2.672	0.600	1.728	2.672	0.782	1.546	2.672	1.102	1.226	2.672	1.262	1.066
	80	2.676	0.584	1.740	2.676	0.756	1.568	2.676	1.068	1.256	2.676	1.224	1.100
	100	2.678	0.574	1.748	2.678	0.746	1.576	2.678	1.062	1.260	2.678	1.206	1.115
	30	2.678	0.570	1.752	2.678	0.926	1.396	2.678	1.022	1.300	2.678	1.258	1.064
60	40	2.701	0.481	1.818	2.701	0.797	1.502	2.701	0.821	1.478	2.701	1.033	1.266
	60	2.718	0.428	1.854	2.718	0.732	1.550	2.718	0.742	1.540	2.718	0.926	1.356
	80	2.724	0.398	1.878	2.724	0.714	1.562	2.724	0.702	1.574	2.724	0.874	1.402
	100	2.726	0.384	1.890	2.726	0.682	1.592	2.726	0.682	1.592	2.726	0.850	1.424

elid 3 roman



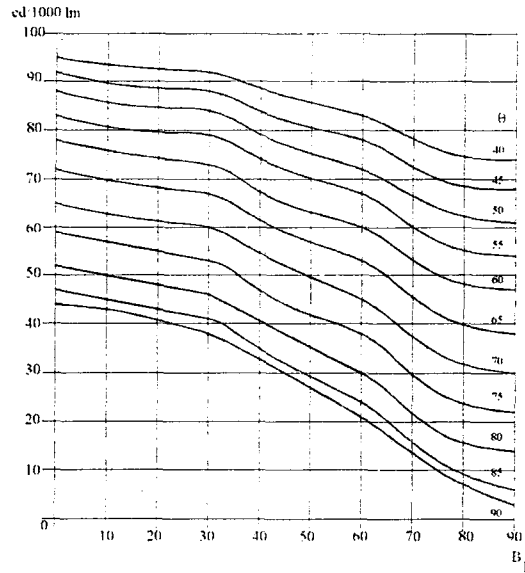
#### 4.2.2.4 Belli Bir Aydınlatma Aygıtının Görsel Konfor Olasılığı(VCP) Çizelgesinin Oluşturulmasında İzlenebilecek İşlem Sırası ve Bir Örnek

Bölüm 4.2.2.1 de anlatılan varsayımlar uyarınca, ve bölüm 4.2.2.2 de anlatılan yöntem aracılığı ile, belli bir aydınlatma aygıtının görsel konfor olasılığı çizelgesinin hazırlanmasında izlenebilecek işlem sırası aşağıda verilmiştir.

##### 1) Aygıt ile ilgili özelliklerin belirlenmesi ve gerekli verilerin sağlanması

Seçilen aygıt ile ilgili.

- Aygıt tipinin ve aydınlatma biçiminin belirlenmesi.
- Aygıt boyutlarının belirlenmesi.
- Aygıtın enine ölçekli kesitinin çizilmesi ve belli açılar için " $dpo_1$ " değerlerinin bulunması.
- Aygıtın boyuna ölçekli kesitinin çizilmesi ve belli açılar için " $dpo_2$ " değerlerinin bulunması.
- Yapılan çizimlerle elde edilen veriler aracılığı ile bölüm 4.2.2.2 de anlatılan yöntem uyarınca, aygıtın görünen ışıklı genişlik değerlerini veren olan " $dpo_1-\theta_1$  ve  $dpo_2-\theta_2$ " eğrilerinin çizilmesi.
- Aygıtın ışık yeğinliği verilerinden, aygıt ile gözleme noktası arasındaki eğrinin, yatayla yaptığı ( $\beta$ ) açığıya bağlı olarak, düşey ( $\theta$ ) açılarındaki ışık yeğinliği değişimlerini gösteren eğrilerin çizilmesi.



Şekil 4.20-Aygıtın ışık yeğinliği değerlerinin, β'e göre değişimin gösteren eğri

2) Oda ile ilgili özelliklerin belirlenmesi

- VCP değerlerinin bulunacağı odanın boyutlarının belirlenmesi.
- Oda yüksekliği belirlenmesi.
- Oda indeksine (RCR) ve yüzey yansıtma çarpanlarına bağlı olarak, aygıtın ışıkölçümsel verilerinden, kullanma çarpanının (CU) bulunması. (Oda boyutlarına bağlı olarak, oda indeksi (RCR) değerleri, çizelge 4.23 de verilmiştir.)

3) Ortamda bulunan her tavan elemanı için göreceli kamaşma değişiminin (Mr) hesaplanması (hesapçizelgesi 1)

Göreceli kamaşma değişimi (Mr) değerlerinin hesaplanması için hazırlanan, hesapçizelgesi 1'in oluşturulmasında izlenecek işlem sırası aşağıda verilmiştir.

- Standard yerleşim düzeninden, odanın boyutlarına bağlı olarak görüş alanına giren tavan elemanları belirlenir ve 1. hesapçizelgesinin 1. kolonuna yazılır.
- Çizelge 4.20'den, oda yüksekliğine bağlı olarak, sözkonusu tavan elemanları için geçerli olan, paralel aygıtların So konumu için olan  $\theta_{o1}$  değerleri bulunur ve hesapçizelgesi 1'in 2. kolonuna yazılır.
- Bulunan  $\theta_{o1}$  değerlerine karşılık gelen  $dpo_1$  değerleri, görünen genişlik eğrisinden okunarak, hesapçizelgesi 1'in 3. kolonuna yazılır.
- Aygıtın konumunu belirleyen,  $\theta$  ve  $\beta_1$  açıları çizelge 4.20'den sözkonusu tavan elemanları için belirlenir ve hesapçizelgesi 1'in sırası ile 4. ve 5. kolonlarına yazılır.
- Belirlenen  $\theta$  ve  $\beta_1$  açıları için geçerli olan ışık yeglinliği değerleri (I), 1. adımda çizilen sözkonusu eğrilerden bulunur ve hesapçizelgesi 1'in 6. kolonuna yazılır.
- Söz konusu tavan elemanları için geçerli olan,  $K_1$  çarpanlarının değerleri çizelge 4.20'den alınarak hesapçizelgesi 1'in 7. kolonuna yazılır.
- Söz konusu tavan elemanları için geçerli olan  $\cos\theta_{o1}$  değerleri çizelge 4.20'den bulunarak hesapçizelgesi 1'in 8. kolonuna yazılır.
- 4.26b nolu formül uyarınca her tavan elemanı için hesaplanan ışıklılık  $L_s$  değerleri, hesapçizelgesi 1'in 9 kolonuna yazılır.
- Söz konusu tavan elemanları için geçerli olan  $K_2$  çarpanlarının değerleri çizelge 4.20'den alınarak hesapçizelgesi 1'in 10. kolonuna yazılır.
- Söz konusu tavan elemanlarının ışıklı alanlarının oluşturduğu hacim açısı ( $\omega_s$ ) değerleri 4.25 nolu formül uyarınca hesaplanarak, hesapçizelgesi 1'in 11. kolonuna yazılır.

- Söz konusu tavan elemanları için geçerli olan  $K$  çarpanlarının değerleri, çizelge 4.21'den  $\omega s$  değerlerine bağlı olarak bulunup, hesapçizelgesi I'in 12. kolonuna yazılır.
- Söz konusu tavan elemanları için geçerli olan *konum indeksi (P)* çarpanları değerleri, çizelge 4.11' den alınarak hesapçizelgesi I'in 13. kolonuna yazılır.
- Söz konusu tavan elemanlarının *göreceli kamaşma değişmezi (Mr)* değerleri 4.46 nolu formül uyarınca ayrı ayrı hesaplanarak, hesapçizelgesi I'in 14. kolonuna yazılır.
- Hesapçizelgesi I'in 14 kolonunda bulunan Mr değerlerinden 5'den büyük olan değerler toplanarak 2 ile çarpılır ve 14 nolu kolonun altına yazılır.
- Hesapçizelgesi I'in 9. kolonunda bulunan *Ls değerleri*, 11. kolonda bulunan  *$\omega s$  değerleri* ile çarpılır ve bulunan *Lsws değerleri*, hesapçizelgesi I'in 15. kolonuna yazılır.(Bkz. Çizelge 4.24 )

Sözkonusu aygıtın VCP çizelgesinin hazırlanabilmesi için, hesapçizelgesi I'in, 24 oda boyutu ve 4 oda yüksekliğinin kombinasyonu ile oluşan tüm ortamlar ve aygıtın bakış doğrultusuna göre dik olması durumu için ayrı ayrı oluşturulması gerekir.

Çizelge 4.23 Oda İndeksi Değerleri (RCR)

Oda		Aygıt Yüksekliği			
Genişlik	Uzunluk	8.5	10	13	16
20	20	3.00	3.75	5.25	6.75
	30	2.50	3.13	4.38	5.62
	40	2.25	2.81	3.94	5.06
	60	2.00	2.50	3.50	4.50
30	20	2.50	3.13	4.38	5.62
	30	2.00	2.50	3.50	4.50
	40	1.75	2.19	3.06	3.94
	60	1.50	1.88	2.62	3.38
	80	1.38	1.72	2.41	3.09
40	20	2.25	2.81	3.94	5.06
	30	1.75	2.19	3.06	3.94
	40	1.50	1.88	2.62	3.38
	60	1.25	1.56	2.19	2.81
	80	1.12	1.41	1.97	2.53
	100	1.05	1.31	1.84	2.36
60	30	1.50	1.88	2.62	3.38
	40	1.25	1.56	2.19	2.81
	60	1.00	1.25	1.75	2.25
	80	0.88	1.09	1.53	1.97
	100	0.80	1.00	1.40	1.80
100	40	1.05	1.31	1.84	2.36
	60	0.80	1.00	1.40	1.80
	80	0.68	0.84	1.18	1.52
	100	0.60	0.75	1.05	1.35



**Çizelge 4.24**  
**HESAP ÇİZELGESİ I**

Firma Adı :

Aygıt Kodu :

Oda yüksekliği :

Işık Akısı/Aygıt :

Oda boyutu:

Aygıt uzunluğu (da):

Kullanma çarpanı (CU):

Aygıtların doğrultusu:

T. elemanı	Øo1	Øpo1	θ	BL	I	KI	Cos(øo1)	Ls	K2	Ws	$\bar{K}$	P	Mr	LsWs
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
													top Mr	top LsWs

4) Ortamın genel ışıklılığının bulunması (Hesapçizelgesi 2)

Ortamın genel ışıklılığının (F) hesaplanması için hesapçizelgesi 2'nin oluşturulmasında izlenen işlem sırası aşağıdaki gibidir.

- 20 x20 feet'den. (6.2x6.2 m) 100 x 100 feet'e (31x31 m) değişen oda boyutları hesap çizelgesinin 1. kolonuna yazılır.
- Duvarlar ve tavan için belirlenen *ışıklılık çarpanı (LC)* değeri, hesap çizelgesi 2'nin 2 ve 3. kolonlarına yazılır.
- Her oda boyutu için bulunan *kullanma çarpanı (CU)* değerleri, hesap çizelgesi 2'nin 4. kolonuna yazılır.
- *Duvarların ve tavanın ışıklılığı (Lw, Lcc)*, aşağıdaki 4.47 nolu formül uyarınca hesaplanarak, hesapçizelgesi 2'nin, sırası ile 5. ve 6. kolonlarına yazılır.

$$L = \frac{100 \times LC}{CU} \quad (4.47)$$

- *Döşemenin ışıklılığı (Lfc)* ise,  $rd\delta = 0.2$  yansıtma çarpanı ve  $E = 100$  fc aydınlık düzeyi için  $Ld\delta = 20$  footlambert (68cd/m<sup>2</sup>) olarak bulunur ve hesapçizelgesi 2'nin 7. kolonuna yazılır.
- Değişik boyutaki odaların, duvar, tavan ve döşeme için önceden hesaplanmış *hacim açıları (ws)* değerleri, çizelge 4.22 den bulunarak, hesapçizelgesi 2'nin, sırası ile 8., 9., ve 10. kolonlarına yazılır.
- Hesapçizelgesi 2'in 4., 5., ve 6. kolonlarında bulunan yüzey ışıklılık değerlerinin sırası ile 8., 9., ve 10. kolonlardaki  $\omega s$  değerleri ile çarpılması ile elde edilen  $LwWw$ ,  $LfcWfc$ , ve  $LccWcc$  değerleri, aynı hesapçizelgesinin 11., 12. ve 13. kolonlarına yazılır.
- Hesapçizelgesi 1'in 15. kolonunda bulunan  $LsWs$  değerlerinin toplamı 2 ile çarpılarak hesapçizelgesinin 14. kolonuna yazılır.
- Hesapçizelgesi 2'nin 11., 12., 13. ve 14. kolonlarında bulunan değerlerin 4.27 nolu formül uyarınca toplanması ile bulunana *ortamın genel ışıklılık (F)* değerleri aynı çizelgenin 15. kolonuna yazılır.
- Hesapçizelgesi 2'nin 15.kolonunda bulunan F değerlerinin 0.44 kuvveti ( $F^{0.44}$ ) alınarak aynı hesapçizelgesinin 16. kolonuna yazılır.(Bkz. Çizelge 4.25)



4) Boyutları belli bir ortamda görsel konfor olasılığı değerinin (VCP) bulunması (hesapçizelgesi3):

Boyutları belirlenmiş bir ortamda, varsayımlar uyarınca oluşturulan bir aydınlatma düzeninin neden olacağı kamaşma duyulanması değerinin (DGR) ve kişinin böyle bir ortamda görsel konforunun sağlanma yüzdesi (VCP) değerinin, bulunması için hesapçizelgesi 4'ün oluşturulmasında izlenen işlem sırası aşağıdaki gibidir.

- Oda boyutları hesapçizelgesi 4'ün 1. kolonuna yazılır.
- Oda indeksine ve yansıtma çarpanlarına göre bulunan kullanma çarpanı değerleri (CU) hesapçizelgesi 4'ün 2. kolonuna yazılır.
- Hesapçizelgesi 1'in 14. kolonunda bulunan Mr değerlerinin 5 den büyük olanları toplam 2 ile çarpılır ve hesapçizelgesi 4'ün 3. kolonuna yazılır.
- Söz konusu ortamda, 100 fc'lik aydınlık düzeyini sağlayacak aygıt sayısı 4.42 formül uyarınca bulunarak hesapçizelgesi 4'ün 4. kolonuna yazılır.
- Söz konusu ortamın yüzey ışıklılıklarına göre, hesapçizelgesi 3'ün 15. kolonunda bulunan ortamın genel ışıklılığının 0.44. kuvveti ( $F^{0.44}$ ) değeri hesapçizelgesi 4'ün 5. kolonuna yazılır.
- Hesapçizelgesi 4'ün 3 kolonunda bulunan Mr değerinin, aynı hesapçizelgesinin 5. kolonunda bulunan  $F^{0.44}$  değerine bölünmesiyle bulunan söz konusu ortamın kamaşma değişmezi (Mt) değerleri aynı hesapçizelgesinin 6. kolonuna yazılır.
- Hesapçizelgesi 4'ün 6. kolonunda bulunan Mt değerleri aracılığıyla, 4.29 nolu formül uyarınca ya da şekil 4.19'daki nomogram ile, ortamdaki *konforsuzluk kamaşması oranı (DGR)* değeri bulunur ve aynı hesapçizelgesinin 7.kolonuna yazılır.
- Hesapçizelgesi 4'ün 7. kolonunda bulunan DGR değeri aracılığı ile *görsel konfor olasılığı (VCP)* değeri yine şekil 4.19'daki nomogram ya da 4.30 nolu formül aracılığı ile bulunur ve aynı hesapçizelgesinin 8. kolonuna yazılır. (Bkz. Çizelge 4.26)

**Çizelge 4.26**  
**HESAP ÇİZELGESİ 3**

Firma Adı :

Aygıt Kodu :

Oda yüksekliği :

Işık Akısı/Aygıt :

Aygıtların doğrultusu:

1	2	3	4	5	6	7	8	
En	Boy	CU	T Mr	n	F 0.44	Mt	DGR	VCP
20	20							
	30							
	40							
	60							
30	20							
	30							
	40							
	60							
	80							
	100							
40	20							
	30							
	40							
	60							
	80							
	100							
60	30							
	40							
	60							
	80							
	100							
100	40							
	60							
	80							
	100							

Yukarıda verilen işlemlerin 24 oda biçimi ve 4 ayrı oda yüksekliğinin kombinasyonundan oluşan tüm ortamlar ve aygıtın bakış doğrultusuna göre dik yerleşimi için tekrarlanması sonucunda söz konusu aygıtın VCP çizelgesi için gerekli olan tüm değerler bulunmuş olur. Bulunan bu değerlerle oluşturulan bir VCP çizelgesinin genel görünüşü, çizelge 4.27'de görüldüğü gibidir. (IES Lighting Handbook Ref.1984)

Çizelge 4.27-000 kodlu aygıtın VCP çizelgesi

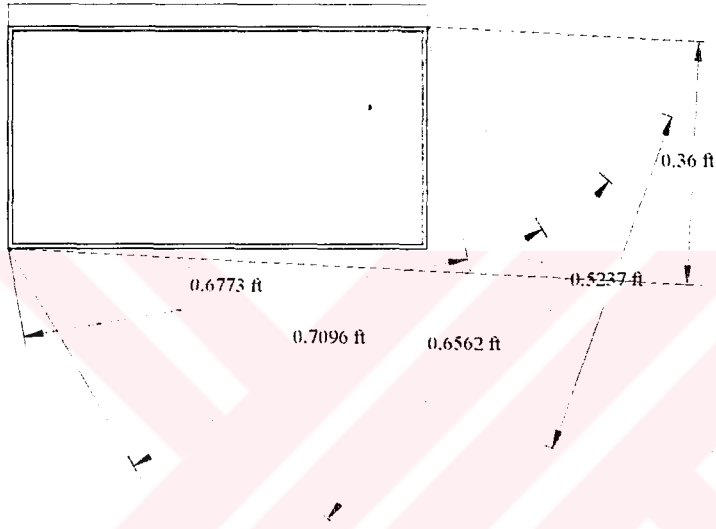
Duvar Yansıtma Katsayısı:%50 Tavan YK:%80									
Döşeme YK:%20 Aygıt Kodu: 000									
Çalışma düzlemi aydınlık düzeyi 100 Footcandles									
oda	Boyuna Aygıtlar					Enine Aygıtlar			
En	Boy	8.5	10	13	16	8.5	10	13	16
20	20	78	82	90	94	77	81	89	93
20	30	73	76	82	88	72	75	81	86
20	40	71	73	78	82	70	72	76	80
20	60	69	71	74	78	68	70	73	76
30	20	78	82	88	92	77	81	87	92
30	30	73	75	80	85	72	74	79	84
30	40	70	72	75	78	69	71	74	77
30	60	68	69	71	74	67	69	70	73
30	80	67	69	69	72	67	68	68	71
40	20	79	82	87	92	79	82	87	91
40	30	74	76	79	84	73	75	78	83
40	40	71	72	74	77	70	71	73	76
40	60	68	69	70	72	68	69	69	71
40	80	67	68	68	70	67	68	67	69
40	100	67	68	67	69	67	67	66	68
60	30	75	76	79	83	74	76	78	82
60	40	71	72	74	76	71	72	73	76
60	60	69	69	69	71	68	69	68	70
60	80	68	68	67	69	67	68	66	68
60	100	67	67	66	67	67	67	65	66
100	40	74	75	75	78	74	74	75	77
100	60	71	71	71	72	71	71	70	72
100	80	70	70	68	69	70	69	67	69
100	100	69	68	66	67	69	68	66	67

**Görsel konfor olasılığı çizelgesi hazırlanmasına bir örnek:**

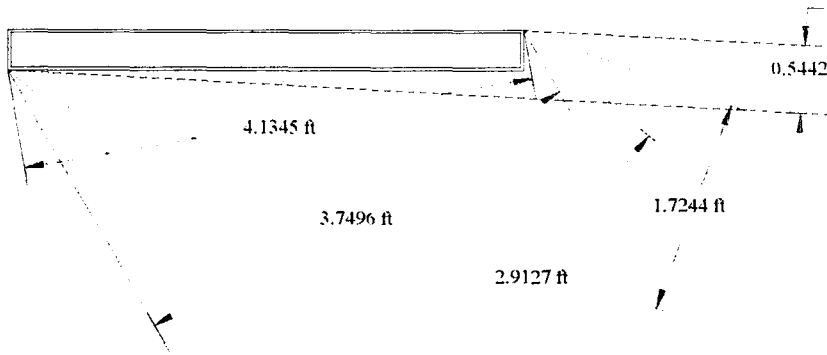
Zumtobel firmasının 1991 yılı ürün kataloğunun 60. sayfasında bulunan KOP (KOP 2/36) kodlu aygıtın (Bkz Şekil 4.8), bölüm 4.2.2.4'de anlatılan işlem sırası uyarınca görsel konfor olasılığı (VCP) çizelgesinin hazırlanması.

1) Aygıt ile ilgili özelliklerin belirlenmesi ve gerekli verilerin sağlanması

- Aygıtın tipi:  
Yaynık yansıtıcı, flourışıl lambalı siva üstü aygıt (Yarı dolaysız aydınlatma biçimi)
- Aygıtın boyutları:  
1262 x 192 x 100
- dp01 eğrisinin bulunması için aygıtın enine ölçekli kesitinin çizilmesi :
- dp02 eğrisinin bulunması için aygıtın boyuna ölçekli kesitinin çizilmesi:

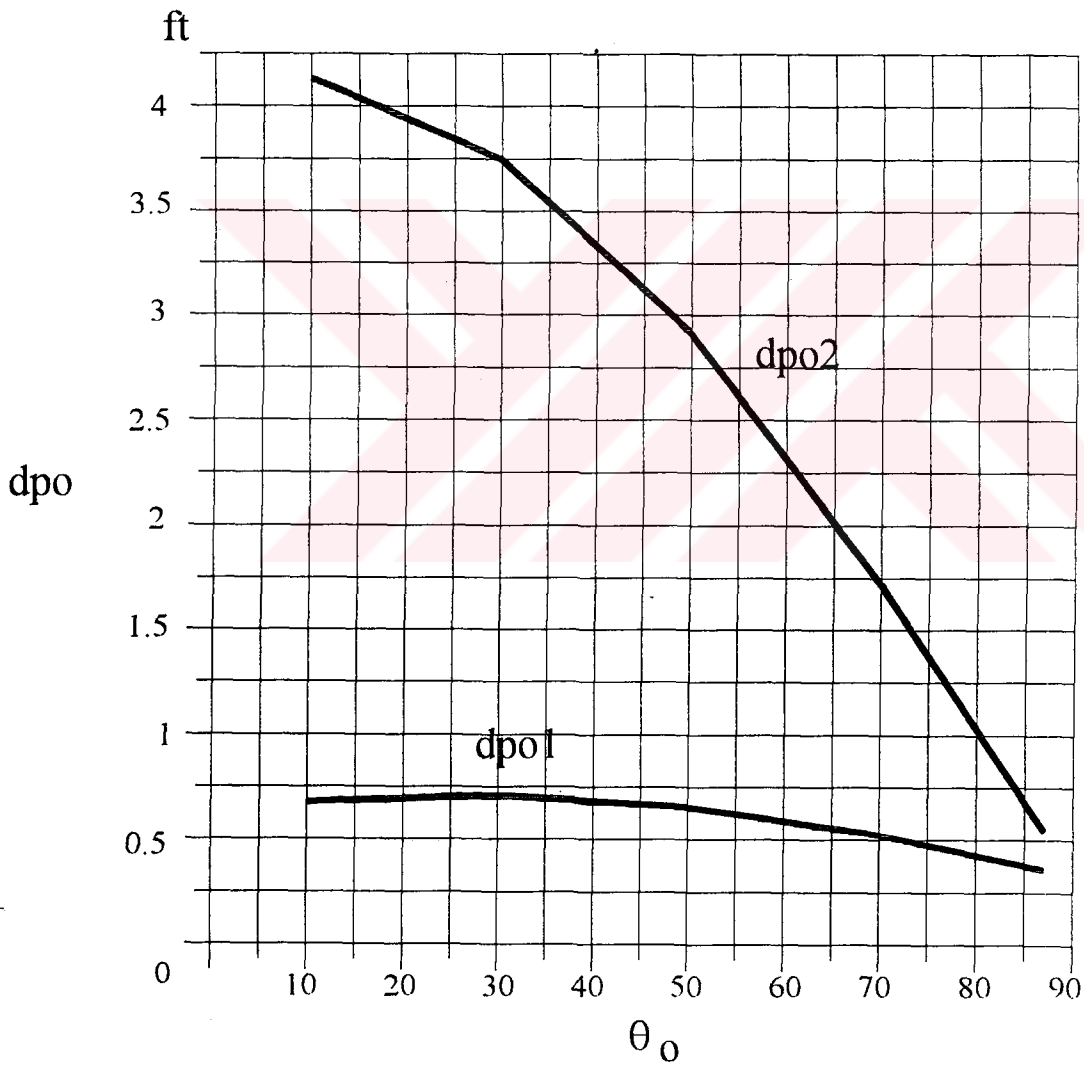


Şekil 4.21- KOP 2/36 kodlu aygıtın enine kesiti.



Şekil 4.22- KOP (2/36) kodlu aygıtın enine kesiti.

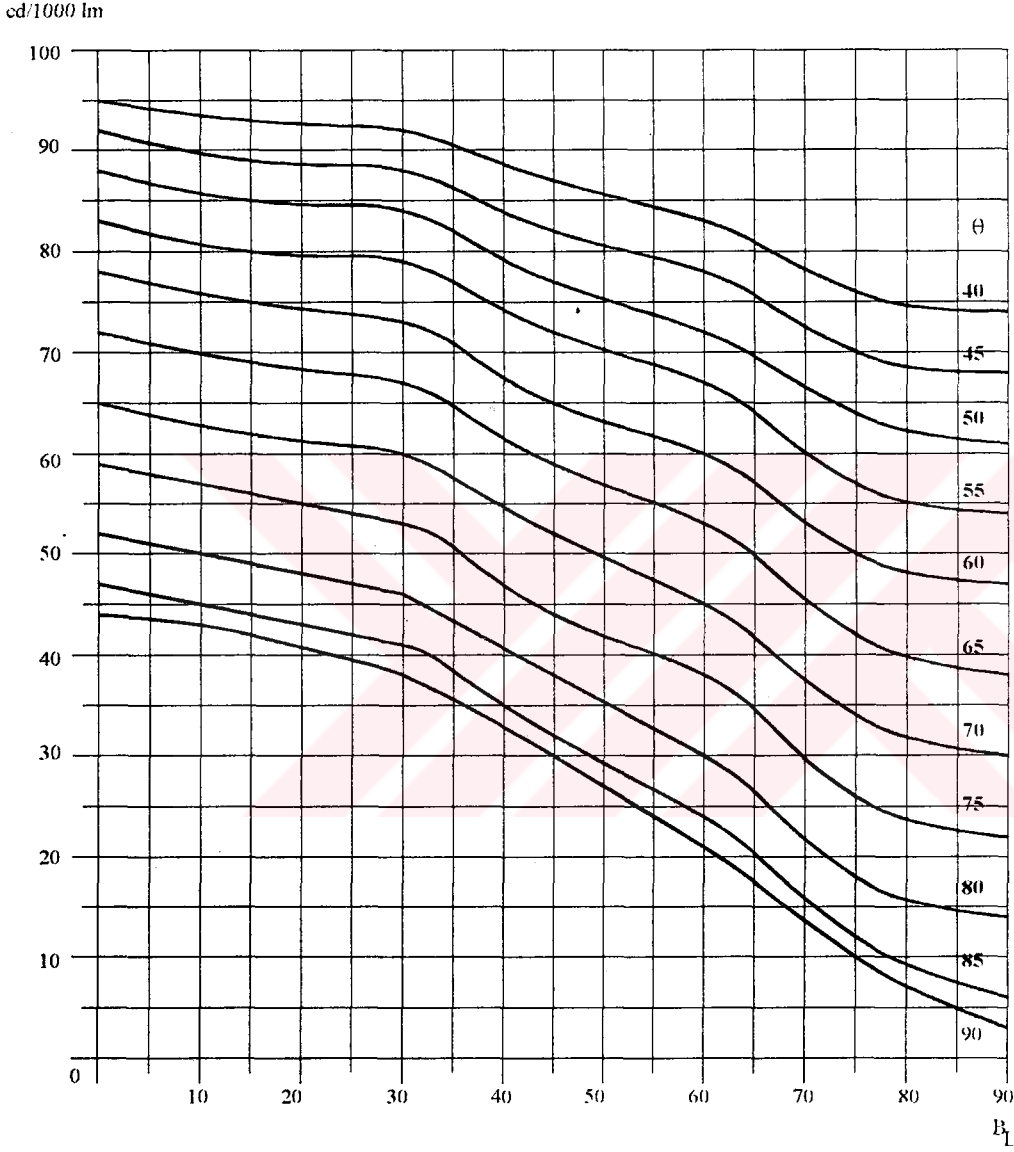
$q_0$	dpo1	dpo2
10	0.67	4.13
30	0.71	3.75
50	0.65	2.91
70	0.52	1.72
87	0.36	0.54



Şekil 4.23-KOP (2/36) kodlu aygıtın So konumundaki görünen alanının genişliğinin  $\theta_0$  açısına göre değişimini veren eğriler.



- Ayrıtın ışık yeğintiliği ile ilgili verilerden ışık yeğintiliği eğrileri 4.2.2.2.4 nolu bölümde 1. adımda anlatılan yöntemle çizilir.



Şekil 4.24

### 2) Oda ile ilgili özelliklerin belirlenmesi

- Oda boyutlarının belirlenmesi  
Bir aygıtın VCP çizelgesinin hazırlanması için varsayımlarla belirlenen tüm ortamlar için hesap yapılması gerekir. Ancak, bu örnekte yalnız 30 x30x10 feet boyutlarındaki oda için hesap yapılmıştır.
- Oda yüksekliğinin belirlenmesi

H = 10 foot (3.1 m)

- Oda indeksi değerleri (Room Cavity Ratios RCR) çizelge 4.23'den bulunur.  
RCR = 2.50
- Kullanma çarpanı (CU) değeri aygıtın ışıkölçümsel verilerinden bulunur.  
CU = 42

3) Ortamda bulunana tavan elemanları için göreceli kamaşma değişmezi ( $\Delta r$ ) değerlerinin hesaplanması (Hesapçizelgesi 1)

Yukarıda 3. adımda anlatılan işlem sırası ile hesapçizelgesi 1 hazırlanır. (Bkz. çizelge 4.28)

4) Ortamın genel ışıklılık değerinin yalnızca sözkonusu oda için bulunması (hesapçizelgesi)

Yukarıda 4. adımda anlatılan işlem sırası ile, hesapçizelgesi 2 hazırlanır. (Bkz. çizelge 4.29)

5) Görsel konfor olasılığı değerlerinin bulunması (hesapçizelgesi 3)

Yukarıda 5. bölümde anlatılan işlem sırası ile, bu örnek için 30 x 30 x 10 feet'lik oda da görsel konfor olasılığı değerleri bulunur ve hesapçizelgesi 3 oluşturulur. (Bkz. çizelge 4.30)

Bu örnekte, yalnızca 30 x30 x 10 feet (9.3 x 9.3 x 3.1 m) boyutlarındaki odada, aygıtların bakış doğrultusuna göre paralel yerleşimi için hazırlanan hesapçizelgeleri ile yapılan hesapların diğer 23 oda ve 4 aygıt yüksekliği için de yapılması sonucunda elde edilen VCP değerlerinin çizelge 4.27'de görüldüğü biçimde yerleştirilmesi ile, KOP (2/36) kodlu aygıtın VCP çizelgesi hazırlanmış olur.

Çizelgesi 4.28  
HESAP ÇİZELGESİ I  
Firma Adı : Zumbel  
Aygıt Kodu : KOP (2/36)

Oda yüksekliği : 10 ft Oda boyutu: 30 x 30 Kullanma çarpanı (CU): 0.40  
Işık Akısı/Aygıt : 4700 lm/aygıt Aygıt uzunluğu (da): 4.14 ft arın doğrultusu: Paralel

T. Elemen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	ep1	ep1	epol	q	Bi	I	K1	Cosθ <sub>ol</sub>	Ls	K2	Ws	K	P	Mr	LsWs
1	23	0.722	44	4.4	408.9	4.4	0.92	553.76	7.65	0.0132207	63.7	8.5	54.86481	7.32	
2	51	0.656	57	5.76	310.2	5.76	0.629	413.82	3.41	0.0078316	84.6	8.4	32.64013	5.24	
3	64	0.558	66	7.76	232.18	7.76	0.438	341.61	1.38	0.0038715	131.9	8.6	20.28402	1.32	
8	23	0.722	56	5.6	380.7	5.6	0.92	656.18	12.3	0.0212568	50.3	4.2	167.0463	13.95	
9	51	0.656	62	6.7	326.18	6.7	0.629	506.15	7.15	0.0164211	57.3	4.85	98.19587	8.31	
10	64	0.558	68	8.49	418.3	8.49	0.438	673.34	3.5	0.0098191	74.2	5.2	94.34227	6.61	
15	23	0.722	66	7.86	321.48	7.86	0.92	777.73	4.48	0.0077423	85.2	2.5	205.2089	6.02	
16	51	0.656	69	8.7	293.28	8.7	0.629	590.95	3.3	0.0075790	86.6	2.7	143.6321	4.48	
17	64	0.558	72	10.1	334.64	10.1	0.438	640.82	2.08	0.0058353	101	3.17	119.1425	3.74	
22	23	0.722	74	11.5	277.3	11.5	0.92	981.52	2.82	0.0048735	113.6	1.81	300.2194	4.78	
23	51	0.656	75	12.1	258.5	12.1	0.629	724.42	2.44	0.0056038	103.2	1.86	225.2395	4.06	
24	64	0.558	76	13.2	244.4	13.2	0.438	611.67	1.88	0.0052742	108.1	2.11	165.2793	3.23	
											top Mr	top LsWs			
											1626.115	67.06			
											3252.23	134.13			



### HESAP ÇİZELGESİ 3

Firma Adı : **Zumtobel**  
Aygıt Kodu : **KOP (2/36)**

Oda yüksekliği : **10 Ft**  
Işık Akısı/Aygıt : **4700lm/aygıt**

Aygıtların doğrultusu: **Paralel**

1	2	3	4	5	6	7	8	
En	Boy	CU	T Mr	n	F 0.44	Mi	DGR	VCP
20								
30	0.42	3252,23027	24	5.74	566,869078	105		57
40								
60								
30	20							
30								
40								
60								
80								
100								

### 4.3 Kamaşma İndeksi (GI) ve Görsel Konfor Olasılığı (VCP) Yöntemlerinin Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması

Konforsuzluk kamaşması, ortamda görsel konforu olumsuz olarak etkileyen, ve varlığı aydınlatma niteliği açısından kabul edilemez olan, bir olgudur. Bundan ötürü de, bir ortamda oluşabilecek konforsuzluk kamaşmasının sınırlanması ve denetlenmesi gerekir. Bunun gerçekleştirilebilmesi içinde, ortamda oluşan konforsuzluk kamaşmasının sayısal olarak ölçülendirilebilmesi ve buna bağlı olarak yaratacağı duyulanmanın değerlendirilebilmesi gerekir. Bu gereksinime yönelik olarak geliştirilen ve, 4.1 ve 4.2 nolu bölümlerde, hesaplanma ve kullanılma biçimleri ayrıntılı olarak anlatılan *CIBSE Kamaşma İndeksi* ve *Görsel Konfor Olasılığı* yöntemlerinin değerlendirme ve karşılaştırılması aşağıdaki bölümlerde ele alınmıştır..

#### 4.3.1 GI ve VCP Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

Konforsuzluk kamaşmasının niceliği, bireysel duyulanmalara bağlı olduğundan, söz konusu yöntemlerin geliştirilmesinde, deneysel yöntemler temel alınmıştır. Yapılan ayrıntılı çalışmalarla, konforsuzluk kamaşmasına neden olan değişkenler bulunmuş, ve bu değişkenlerin, konforsuzluk kamaşmasını ne yönde etkilediği saptanmıştır. Bu verilerin ışığında da, kamaşmanın hesabı için gereken temel formüller geliştirilmiştir. Kamaşmayı oluşturan etkenler belli olduğundan, geliştirilen formüller benzer olacağı ortadadır. Her iki yöntemde de, kullanılan kamaşma değişmezi formüllerinde, kamaşmanın niceliği, kaynak ışıklılığına ve aygıtın görünen büyüklüğüne göre doğru orantılı, arkaplan ışıklılığına ve kaynağın konumuna göre ters orantılı olarak artmaktadır. Söz konusu kamaşma değişmezi formülleri arasındaki ayrımlar, yöntemlerin geliştirilmesindeki değişikliklerden kaynaklanır

Esaslarını bir temel formülün oluşturduğu, iki yöntem de, hesaplama işlemlerini kolaylaştırmak ve kullanılabilirliği arttırmak amacıyla, belli varsayımlar yaparak, kamaşma değerlerini kapsayan çizelgeler hazırlanmasını olanaklı kılmıştır.

Her iki yöntemde de hazırlanan çizelgeler (UGI VCP), yalnız belli bir aygıt için geçerlidir ve bu aygıtın sözkonusu varsayımlara göre oluşturulan ortamlarda kullanılması durumunda, oluşabilecek kamaşma değerlerini kapsar.

#### 4.3.1.1. CIBSE Kamaşma İndeksi Yönteminin (GI) Değerlendirilmesi

Kamaşma indeksi(GI), daha çok İngiltere ve Belçika gibi Avrupa ülkelerinde kullanılan, konforsuzluk kamaşmasının değerlendirilmesi için CIBSE tarafından geliştirilen, bir yöntemdir. Bu yöntemle oluşturulan düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) çizelgeleri ise, belli bir aygıtın bölüm 4.1.2.1'de verilen varsayımlar uyarınca oluşturulmuş ortamlardaki kamaşma indeksi değerlerini verir.

CIBSE kamaşma indeksi yöntemi ile hazırlanan UGI çizelgelerinden yararlanırken, oluşturulan aydınlatma düzeninde yapılan varsayımlara uymayan koşullar olması durumunda, kullanılması için dönüşüm değerleri çizelgeleri oluşturulmuştur. Bununla, kamaşma indeksi yönteminin, uygulama alanında kullanılabilirliğinin artırılması amaçlanmıştır.

Düzeltilmemiş kamaşma indeksi (UGI) çizelgeleri, 19 ayrı oda boyutu oranına bağlı olarak oluşan, tüm oda boyutları ve ortam yüzeylerinin, 5 ayrı yansıtma çarpanları kombinasyonu için kamaşma indeksi değerlerini bulundurur. Ayrıca, aygıt yüksekliği ve aygıtta kullanılan lambanın ışık akısı için verilen dönüşüm değerleri (DDH ve DDΦ) ile, düzeltilmemiş kamaşma indeksi değerleri, dönüştürülerek koşulları, varsayımlardan değişik olan ortamlarda da kullanımı sağlanmıştır.

Ancak, aygıtların oda içine varsayımlar uyarınca 2 m ara ile yerleştirilmesi, kullanıcıyı, aygıt sayısı ve buna bağlı olarak oluşan aydınlık düzeyi, gibi kararların alınmasında sınırlamaktadır. Aydınlatma düzenlerinin kurulması ve hesaplanmasında aydınlık düzeyi ve buna bağlı olarak aygıt sayısı ilk veri olduğundan sözkonusu varsayım kullanıcıyı oldukça kısıtlar.

#### 4.3.1.2. Görsel Konfor Olasılığı Yönteminin (VCP) Değerlendirilmesi

Görsel konfor olasılığı (VCP), IES tarafından geliştirilen ve daha çok ABD'de kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle oluşturulan VCP çizelgeleri ise, belli bir aygıtın bölüm 4.2.2.1'de verilen varsayımlar uyarınca oluşturulmuş ortamlardaki görsel konfor olasılığı değerlerini verir. Bu değerler, kişilerin sözkonusu ortamdan görsel olarak hoşnut olma yüzdesini belirtir.

Görsel konfor olasılığı çizelgeleri, 24 ayrı oda biçimi ve 4 değişik aygıt yüksekliği kombinasyonu ile oluşan tüm ortamlar için sözkonusu aygıt ile oluşturulan aydınlatma düzeninin görsel konfor olasılığı değerlerini kapsar. Uygulamada, söz konusu ortamlar için,

çizelgede verilen yüzey yansıtma çarpanlarının kullanılmaması durumunda, çizelgedeki değerlerin kullanılması olanaklı değildir. Bu koşul ise kullanıcıyı, yüzey yansıtma çarpanları açısından belli değerlerin kullanılmasına zorlamaktadır. Ayrıca yatay düzlemde, 100 fc 'lik aydınlık düzeyinin oluşturulması koşulu, işlevlerin ayrımlar gösterdiği ortamlarda, sözkonusu aygıt ile oluşturulan aydınlığın, görsel konfor olasılığı değerlerinin belirlenmesini güçleştirir.

#### 4.3.2 Kamaşma İndeksi (GI) ve Görsel Konfor Olasılığı (VCP) Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Kamaşma indeksi değerlerinin ve görsel konfor olasılığı değerlerinin bulunmasında kullanılan genel hesap aşamaları aşağıda verildiği gibi sıralanabilir.

Kamaşma İndeksi (GI) genel hesap biçimi	Görsel Konfor Olasılığı (VCP) genel hesap biçimi
1) Kamaşma Değişmezi $g = \frac{0.9L_s^{1.6} \cdot \omega^{0.8}}{L_b \cdot P^{1.6}}$	Kamaşma değişmezi $M = \frac{L_s Q}{PF^{0.44}}$
2) Kamaşma İndeksi $GI = 10 \log_{10} [0.5(\sum g)]$	Kamaşma Oranı $DGR = \left[ \frac{\sum M}{n} \right]^{n^{-0.0914}}$
3)	Görsel Konfor Olasılığı $VCP = \frac{100}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{6.374-1.3227 \ln(DGR)} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$

Burada da görüldüğü gibi, her iki yöntemin de, temelini oluşturan kamaşma değişiminin hesabı birbirine benzemektedir. Ayrıca, ortamın kamaşma değerini bulunması her iki yöntemde de, hesaplanan kamaşma değişimlerinin (g ve M ) toplanması ile bulunmaktadır.

Ancak, *kamaşma indeksinde*, kamaşmanın neden olacağı duyulanmanın değerlendirilmesi, bulunan toplam değere göre yapılırken, *görsel konfor olasılığı yönteminde*, bulunan toplam değer, duyulanmanın değerlendirilebilmesi için, bir işlemden daha geçer. Bu işlemin sonucunda, ortamdaki kamaşma, kişilerin, sözkonusu ortamda, görsel konfor içinde olmaları yüzdesi ile değerlendirilir.



Yani, kamaşma indeksinin sayısal değeri arttıkça kamaşmanın etkileri artarken, görsel konfor olasılığının sayısal değeri arttıkça, hoşnut olanların sayısı arttığından, kamaşmanın etkileri azalmaktadır. Sonuç olarak iki yöntem arasındaki en önemli ayırım, kamaşmayı değerlendirme biçimlerindedir. Bununla birlikte, sözkonusu yöntemler aracılığı ile hazırlanan çizelgeler arasında özellikle yapılan varsayımlardan ileri gelen ayrımlar vardır. Bu ayrımları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

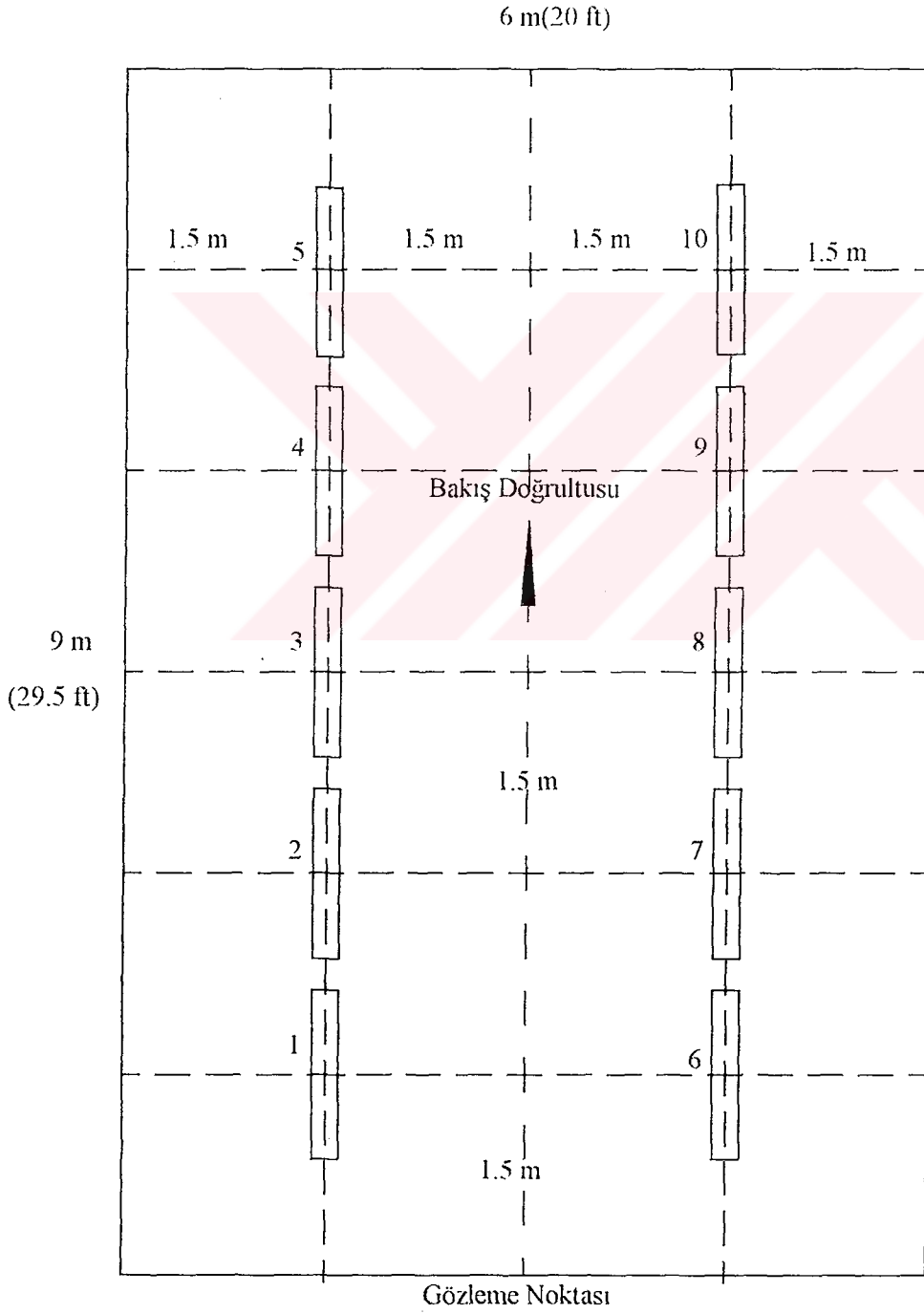
1. Kamaşma İndeksi yöntemi ile, yapılan varsayımlar uyarınca hazırlanan çizelgelerde (UGI), 19 değişik hacim boyutu ve iç yüzeylerin 5 ayrı ışık yansıtma çarpanı için, kamaşma değerleri bulunurken; VCP yöntemi ile hazırlanan çizelgelerde, 24 değişik oda boyutu, 4 ayrı aygıt yüksekliği ve iç yüzeylerin belli ışık yansıtma çarpanı için, kamaşma değerleri bulunur.
2. UGI çizelgelerinde, aygıtların yerleşimi için sabit belli sıralar kullanılırken, VCP çizelgelerinin hazırlanmasında, daha esneklik sağlayan, bölüm 4.2.1.2'de anlatılan, 5x5 ft'lik standard yerleşim düzeni kullanılır.
3. VCP çizelgelerinde, yatay düzlemdeki aydınlık düzeyi için 100 fc (1000) gibi bir sınırlama getirilirken, UGI çizelgelerinde, bu tür sınırlama yoktur. Ancak yerleşim ile ilgili varsayımdan ötürü, istenen herhangi bir aydınlık düzeyi değeri için, kamaşma indeksi değerinin çizelgeden bulunması olanaklı değildir.
4. Her iki çizelgenin oluşturulmasında, gözleme noktası belli bir yere konumlandırılmıştır ve bakış doğrultusu belirlenmiştir.

Ortamda oluşan kamaşmanın değerlendirilmesi için geliştirilen ve kamaşmanın oluşumuna bağlı olarak, temelleri aynı olan kamaşma indeksi ve görsel konfor olasılığı yöntemi, dünyanın ayrı yerlerinde, uygulayıcılar ve aydınlatma aygıtı üreten firmalar tarafından kullanılır. Aygıt üreten firmalar, sözkonusu yöntemler uyarınca, aygıtlar için oluşturdukları çizelgeleri, aygıtın ışıkölçümsel verileri ile birlikte, ürün katoloğunda yayımlarlar.

Yukarıda da belirtildiği gibi, bu çizelgelerin kullanılması bir çok koşula bağlıdır. Bundan ötürü, uygulayıcı tarafından, herhangi bir ortamda, sözkonusu aygıt ile oluşturulan aydınlatma düzeninin oluşturacağı kamaşma değerinin, sözkonusu çizelgelerden tam olarak bulunabilmesi olanaklı olmayabilir. Ancak, bu çizelgelerin temel amacı, uygulayıcıya, kullanmak üzere olduğu aygıt ile ilgili genel bir bilgi vermek ve aygıtlar arasında seçim yapma olanağı sağlamaktır.

**CIBSE Kamaşma İndeksi ve Görsel Konfor Olasılığı Yöntemleri ile Aynı Ortam İçin Konforsuzluk Kamaşmasının Hesaplanıp Karşılaştırılmasına Bir Örnek**

Koşulları aşağıda, planı şekil 4.20'de verilen ortamda, kurulan aydınlatma düzeninin neden olacağı kamaşma değerinin, *CIBSE Kamaşma İndeksi* ve *Görsel Konfor Olasılığı* yöntemleri ile hesaplanarak, sonuçların değerlendirilmesi ve karşılaştırılması



Şekil 4.20

Planı şekil 4.20'de verilen odanın ve aydınlatma düzeninin koşulları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

• Oda boyutları	6 x 9 m (20 x 29.5 ft)
• Oda yüzeylerinin Yansıtma Çarpanları	r tavan = 70 r duvar = 50 r döşeme = 20
• Oda yüksekliği	H = 4.2 m
• Çalışma düzleminin yerden yüksekliği	h = 1.2 m
• Çalışma düzleminde sağlanmak istenen aydınlık düzeyi	E = 750 lm/m <sup>2</sup>
• Seçilen Aygıt	Zumtobel KOP (2/36) Opal yayıcılı. floürişil lambalı sıva üstü aydınlatma aygıtı (Bkz şekil4.8)
• Kullanılan Lamba	36 W Floürişil (2750lm)
• Aydınlatma düzeninde kullanılan aygıt adedi	10 (20 adet lamba)
• Aygıtların bakış doğrultusuna göre yerleşimi	Paralel

Koşulları yukarıda verilen aydınlatma düzeninin söz konusu gözleme noktası ve bakış doğrultusu için neden olabileceği kamaşma, bölüm 4.1 de anlatılan *CIBSE kamaşma indeksi* yöntemi uyarınca hesaplandığında, kamaşma indeksi(GI).

GI= 16.55 olarak bulunmuştur.

Hesaplanan kamaşma indeksi değerine göre, ortamda oluşan konforsuzluk kamaşması, çizelge 4.4 uyarınca değerlendirildiğinde, söz konusu ortamda, verilen konum ve bakış doğrultusu için, söz konusu aygıt ile kurulan aydınlatma düzeninin neden olduğu kamaşma, ancak kabul edilebilir sınırlar içindedir. Yani ortamda, KOP (2/36) kodlu aygıt, verilen ortam ve koşullarda, görsel konforu ancak sağlamaktadır. Sonuç olarak, ortamda aydınlatma düzeninden ve ortam koşullarından ötürü oluşan konforsuzluk kamaşması, ortamda bulunan kişilerin görsel konforu bakımından, rahatsız edici olmamakla beraber bu sınıra yakındır.

Aynı ortamın ve aydınlatma düzeninin neden olacağı kamaşma, bölüm 4.2 de anlatılan görsel konfor olasılığı yöntemi uyarınca hesaplandığında, görsel konfor olasılığı (VCP).

VCP = 64 olarak bulunmuştur.

Sözkonusu ortamda, sözkonusu aydınlatma düzeninin, belirlenen gözleme noktası ve bakış doğrultusu için neden olduğu konforsuzluk kamaşmasının, görsel konfor olasılığı, bölüm 4.2.1.1'de verilen %70 değerinin altında kalmıştır. Hesaplanan görsel konfor olasılığı değerine göre, ortamda görsel konforun sağlanma olasılığı %64 'dür. Yani, söz konusu ortam ve koşullarda bulunan 100 gözlemciden, 64 'ü konforsuzluk kamaşmasından rahatsız olmazken, % 36'sı söz konusu ortamda, konforsuzluk kamaşması, bakımından rahatsızdır. Yani, ortamda oluşan konforsuzluk kamaşmasının görsel konfor bakımından rahatsızlık yaratma olasılığı % 36 dır.

Bu değere göre, ortamda sözkonusu aydınlatma düzeninin neden olacağı konforsuzluk kamaşması, rahatsızlık verme ile vermeme sınırı arasında olarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak, iki ayrı yöntemle, aynı ortamda, aynı aydınlatma düzeninin oluşturacağı konforsuzluk kamaşması hesaplandığında, değerlendirmeler birbirine yakın çıkmaktadır.

Bölüm 4.1 ve 4.2'de ayrıntılı olarak anlatılan *CIBSE kamaşma indeksi* ile *görsel konfor olasılığı* yöntemlerinde, hesap biçimleri ve izlenen yol birbirinden ayrı olmasına karşın, sonuçlarda, yöntemlerde olduğu kadar ayrılık yoktur. Bunun nedeni ise, iki yöntemin de yapay ışık kaynaklarından ötürü oluşan kamaşmaya, aynı şekilde yaklaşımları ve temellerini bu yaklaşıma göre oluşturmasıdır. Buradan da anlaşılacağı gibi, izlenen hesap yöntemi ne kadar ayrı olursa olsun sonuçların birbirine yakın çıkacağı açıktır.

## 5 KONFORSUZLUK KAMAŞMASININ DENETİMİ

Konforsuzluk kamaşmasının en önemli nedeni, bölüm 3.1.1 de anlatıldığı gibi, bir ortamda, ışıklılıkların düzgün olmayan dağılışıdır. Özellikle, görme alanı içinde olan birbirinden çok ayrı ışıklılık düzeyleri görsel konforu oldukça bozar. Buradan da anlaşılacağı gibi, özellikle, ortamda bulunan ışık kaynaklarının, ışıklılıkları, denetlendiği sürece, bu ortamda bulunan kişilerin, kamaşmadan rahatsız olmaları önlenir.

Ancak, konforsuzluk kamaşmasının niceliği, ortamda bulunan kaynakların ışıklılıklarına bağlı olduğu kadar, ortamda yapılan işlevin niteliğine de bağlıdır. Yapılan işlevlerin gerektirdiği görsel konsantrasyonun niceliği ,arttıkça, ortamdaki uygun olmayan ışıklılık dağılımlarının neden olduğu kamaşmanın niceliği de artar. Ancak, ortamdaki işlevi gerçekleştiren kişilerin devinimi artıkça, aynı ışıklılık düzeninin neden olacağı kamaşma daha azdır. Buradan da anlaşılacağı gibi, bir ortamda bulunan ışık kaynaklarının ışıklılık denetimi, o ortamda yapılan işlevin niteliğine göre, değişim gösterir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, ortamda yapılan işleve göre, ışık kaynaklarının ışıklılıklarında sağlanması gereken denetim, 5 ayrı grup içinde toplanmıştır (Bkz. çizelge 5.1) (CIE Guide on Interior Lighting, 1986 )

Çizelge 5.1

<b>Işık kaynaklarının ışıklılıklarında sağlanması gereken denetim düzeyi</b>	<b>Yapılan işlevin niteliği</b>
1	Çok fazla görsel dikkat gerektiren işlevler
2	Görsel dikkatin önemli olduğu işlevler
3	Görsel dikkatin önemli olduğu ve kişilerin belli oranda devinimini
4	<del>Görsel dikkatin</del> çok gerekli olmadığı ve kişilerin devinimini
5	<del>Kısmen</del> gerektiren işlevlerin kullanılmadığı ortamlar ya da kişilerin sürekli hareketli olduğu işlevler

Sonuç olarak bir aydınlatma düzeninde yapılacak konforsuzluk kamaşması denetiminin önemi o ortamın ne amaçla kullanıldığına bağlıdır. Yapılan işlevin gerektirdiği iyi görme koşulları arttıkça, alınması gereken önlemler hem artar, hem de önem kazanır.

Genel olarak, konforsuzluk kamaşmasının denetimi için bir ortamda karşıtlıklar arasında sağlanması gereken oranlar bölüm 3.4 de verildiği gibi olmalıdır. Ancak bu oranların sağlanması her zaman yeterli olmadığı gibi, kamaşmanın oluş biçimine göre de ayrılıklar gösterir. Bundan dolayı bu kamaşmanın denetimi,

- 1) Dolaysız kamaşmanın denetimi
  - 2) Yansımayla kamaşmanın denetimi
- olmak üzere 2 ayrı başlık altında incelenmiştir.

### 5.1 Dolaysız Konforsuzluk Kamaşmasının Denetimi

Ortamda bulunan yapay ışık kaynaklarının neden olduğu konforsuzluk kamaşmasının niceliği, kamaşmaya neden olan ışık kaynağının konumuna, ışıklılığına, görünen büyüklüğüne, ve ortamın genel ışıklılığına bağlıdır. Konforsuzluk kamaşmasını, kaynağın ışıklılığı ve görünen büyüklüğü doğru orantılı, arkaplan ışıklılığı ve kaynak ile bakış doğrultusu arasındaki açı ters orantılı olarak etkiler. Yani kaynağın ışıklılığı ve boyutları büyüdükçe kamaşmanın niceliği artarken, açı ve arkaplan ışıklılığı artıkça kamaşmanın niceliği azalır.

Buradan yola çıkarak dolaysız konforsuzluk kamaşmasının denetim ilkeleri, aşağıdaki gibi belirlenebilir:

- 1) Kaynak ışıklılığının denetimi
- 2) Ortamın genel ışıklılığının artırılması
- 3) Kaynağın bakış doğrultusundan uzaklaştırılması

#### 1) Kaynak ışıklılığının denetimi

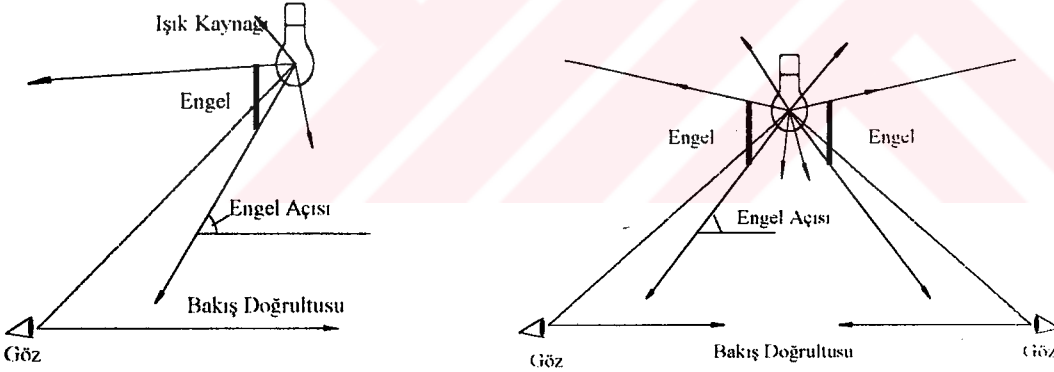
Dolaysız kamaşmanın denetiminde, kaynağın ışık yeğinliğinin, bununla beraber ışıklılığının azaltılması alınabilecek en etkili önlemlerden biridir. Ancak bir ortamda yapılan işleve göre, belli bir aydınlık düzeyinin sağlanması gerektiğinden, ışık kaynaklarının ışıklılığını azaltmak, genellikle olanaklı değildir. Bunun yerine kaynağın ışıklılığı denetlenerek, kaynağın ışıklılıklı alanının görme alanının içine girmesi önlenir.

Işık kaynaklarının ışıklılıklarının denetimi aşağıdaki yöntemlerle sağlanabilir.

- Engelleme ile denetim (shielding)
- Yönlendirme ile denetim (Deflection)
- Geçirgenlik ile denetim (Translucence)
- Dolaylı aydınlatma ile denetim (indirect lighting)

**a) Engelleme ile denetim;** ışık kaynağı ile göz arasına saydam olmayan bir elemanın konulması ile kaynağın ışıklı alanının, görme alanı sınırları dışında kalmasını sağlamaktır.

Işık kaynaklarını gözden gizleyerek, görme alanının dışında bırakmak için, en çok uygulanan yöntem, onları ışık geçirmeyen yani, saydamsız bir elemanla beraber kullanmaktır. Kullanılan eleman bir aydınlatma aygıtının parçası olabileceği gibi, mimari yapının da bir parçası olabilir. Uygulamada kullanılan aydınlatma aygıtlarının çoğu bu amaca yöneliktir. 5.1 nolu şekilde, engelleme ile denetim için uygulanan yöntemler gösterilmiştir.

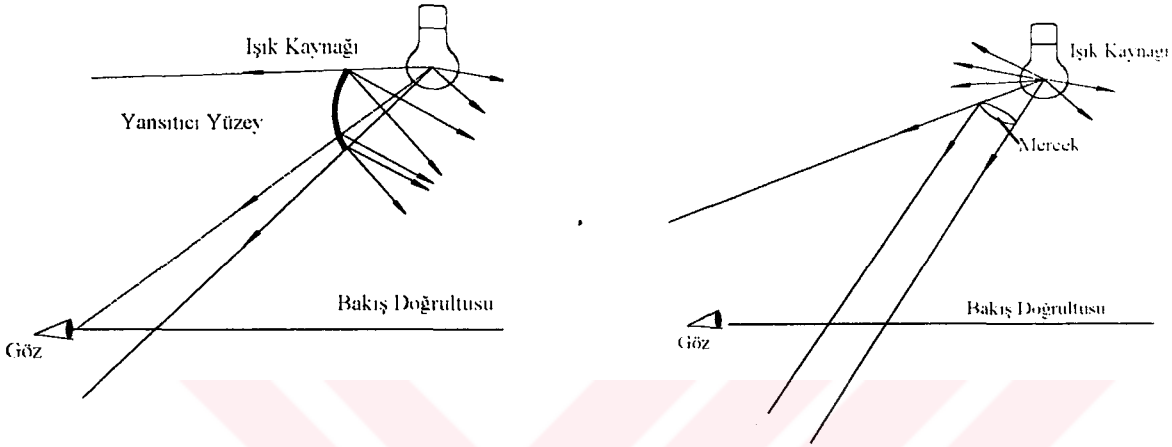


Şekil 5.1

Engelleme ile denetimin etkili olduğu bölge, engel açısıyla (shielding angle) belirlenir. Bu açı, bakış doğrultusuna paralel bir düzlem ile, kaynak merkezi ile engelin uç noktasını birleştiren doğru arasında kalan açıdır. Bu açının büyüklüğü, sözkonusu ışık kaynağına göre, ortamda, sağlanan kamaşmadan bağımsız bölgenin sınırlarını belirler ve açı büyüdükçe bölgenin alanı da büyür.

**b) Yönlendirme ile denetim ;** kaynaktan çıkan ışık akısının doğrultusunun değiştirilmesinde amaç, engelleme ile denetimde olduğu gibi ışık kaynağının görme alanının dışında kalmasını

sağlamaktır. Bu denetim biçiminde, ayna veya mercek gibi, gelen ışığın doğrultusunu değiştiren gereçler, kaynak ile göz arasına yerleştirilir. Özellikle, ışığın yansıtıcılarla yönlendirilmesi ve göze gelmesinin önlenmesi, engelleme ve yönlendirme ile denetimin beraber uygulanmasıdır.(Bkz. Şekil 5.2)



Şekil 5.2

Burada engelleme ile denetimden ayrılan nokta, ışığın doğrultusunun denetlenmesi ve istenen yöne yoğunlaşarak gitmesini sağlamaktır. Aydınlatma düzenlerinde sıkça kullanılan bu yöntem, geriverim ve ışıklılıklarının düzenlenmesi açısından en iyi sonucu verir.

**c) Geçirgenlik ile denetimde ;** amaç ışığın yönünü değiştirmeden, kaynak yüzeyini artırarak ışıklılığının düşmesini sağlamaktır. Işık kaynağı ile kullanılacak olan izotrop yayımlık geçme yapan bir gereç, kaynaktan yayımlanan ışığın niceliğinde fazla bir değişim yapmadan geçmesine izin verir. Ancak, kaynağın yüzeyi büyüdüğünden, ışıklılığı düşer ve bu da kamaşmanın etkilerini azaltır.

Lambaları, yayımlık geçme yapan, globların, sifindirlerin veya değişik biçimdeki elemanlarla beraber kullanmak, ışıklılık denetiminin yüksek olması gereken ortamlarda yeterli olmaz. Bundan ötürü, ışık kaynaklarının ışıklılıklarının bu şekilde denetimi, genellikle pek iyi sonuç vermez.

**d) Dolaylı aydınlatma ile denetim :** Bir ortamda dolaylı aydınlatma yapıldığında, lamba ortamdaki her noktaya göre gözden saklanmış olduğundan, ışık kaynağı kamaşma kaynağı



olmaktan çıkar. Ancak bu kez de, ışığın dolaysız olarak geldiği yüzeyler, kamaşma kaynağı durumuna gelebileceği unutulmamalı ve buna göre önlem alınmalıdır.

Sonuç olarak bir ortamda, aydınlatma düzeni kurarken, ışık kaynaklarının kesinlikle gözden gizlenmesi ve görme alanından olabildiğince uzaklaştırılması gerekir.

## **2) Ortamın genel ışıklılığının artırılması**

Ortamın genel ışıklılığının artırılması ile ışık kaynağının ışıklılığı, genel oranların içinde kalacağından, neden olacağı kamaşmanın etkileri de azalır. Ortamın genel ışıklılığının artırılması ise iki şekilde gerçekleştirilebilir.

- 1) Ortam iç yüzeylerin yansıtma çarpanını yüksek tutularak ve/veya
- 2)Gözden gizlenmiş ek ışık kaynakları kullanarak ortamın genel ışıklılığı artırılır.

Buradan da anlaşılacağı gibi bir mekânın, duvarlar tavan döşeme gibi iç yüzeylerinde düşük değerli renklerin kullanılmasından kaçınılmalıdır. Ayrıca, tefriş için seçilen mobilyaların renklerinin de, düşük değerli olmamasında yarar vardır. Işık kaynaklarının doğrultusunun, ortamda bulunan yansıtma çarpanlarının yüksek yüzeylere çevrilmesiyle ortamdaki genel ışıklılık düzeyi artar.

Bununla beraber uygulanabilecek diğer yöntem ise, gözden tamamen gizlenmiş, ışıklılığı yüksek ek ışık kaynaklarının; ortamın, genel aydınlık düzeyini dolayısı ile ışıklılığını artırması için kullanılmasıdır.

## **3) Işık kaynaklarının bakış doğrultusundan uzaklaştırılması:**

Işık kaynağı, bakış doğrultusuna yaklaştıkça, görme alanın içine girdiğinden kamaşmanın niceliğinin de artacağı açıktır. Bundan ötürü, kamaşma kaynağının bakış doğrultusundan olabildiğince uzaklaştırılması gerekmektedir.

Bunun için mekanda, aşağıya doğru sarkıtılan ışık kaynaklarının kullanımından kaçınılmalıdır.

## **5.2 Yansımaya Konforsuzluk Kamaşmasının Denetimi**

Bölüm 3.1.3 de de anlatıldığı gibi, yüksek ışıklı yansımalar olan maskeleme yansımaları, yansımayla konforsuzluk kamaşmasının en önemli nedenidir. Bakılan nesnenin karşıtlığını düşüren ve eylemin gerçekleşmesini güçleştiren bu yansımaların niceliği, kişi kaynak ve nesnenin birbiriyle olan konumuna, bakılan nesnenin yüzey özelliklerine, ve kaynağın ışıklılığına doğrudan bağlıdır. Buradan yola çıkarak, yansımayla konforsuzluk kamaşmasının denetim ilkeleri:

- a) Kişi, ışık kaynağı, nesne üçlüsünün konumunun ayarlanması
  - b) Kaynak ışıklılıklarının denetimi
  - c) Bakılan nesnenin yüzey özelliklerinin denetimi
- olarak sıralanabilir:

**a) Kişi, ışık kaynağı, nesne üçlüsünün konumunun ayarlanması**

Yansımayla kamaşmanın temelini, kaynaktan gelen ışığın, parlak bir yüzeyden yansıyarak göze gelmesi oluşturduğundan, bunların uygun biçimde düzenlenmesi ile ışığın başka bir doğrultuya yansıtılması sağlanır. Yani, kaynağı kusurlu bölgenin dışına çıkarmakla, yansımayla kamaşmaya karşı en etkin denetimlerden biri uygulanmış olur. Ancak, bu yöntem genellikle tek bir kaynak sözkonusu olduğunda ve kişinin konumunun kaynağa göre ayarlanabildiği durumlarda etkilidir.

**b) Kaynak ışıklılıklarının denetimi**

Yansımayla kamaşmanın etkileri kaynak ışıklılığı ile doğru orantılı olduğundan kaynak ışıklılığının denetlenmesi ile kamaşmanın etkileri azaltılabilir. Kaynak ışıklılığının denetimi ile ilgili ilkeler bölüm 5.1 de anlatılmıştır.

**c) Yapılan işlevin niteliklerinin değiştirilmesi**

-Bu yöntemle kamaşmanın denetimi, genellikle aydınlatma düzenini yapan kişinin dışında kalmasına karşın, aydınlatma düzeninin denetime göre ayarlanması kadar etkili bir yöntemdir. Ayrıca, yapılan işlevin niteliğinde yapılacak bir kaç küçük değişiklik aydınlatma düzeninde yapılacak ayarlamalara göre hem daha kolay hemde daha ucuzdur.

işlev niteliklerinin değiştirilmesi ile ilgili yapılabilecek birkaç düzenleme aşağıda verilmiştir:

- 1) Çalışma düzlemi ve görme alanına giren alanlarda parlak malzemenin kullanımından kaçınılmalıdır.
- 2) Özellikle ofis işlerinde kullanılan kağıt kalem gibi malzemelerin mat olmasına dikkat edilmelidir.
- 3) Çalışma düzenin ayarlanabilmesi ile kişinin bakış doğrultusu ve konumunun değişebilir olması, maskeleme yansımalarından sakınabilmek için etkili bir yöntemdir



## 6 SONUÇ

İnsan gözü, birbirinden çok değişik ışıklılık düzeylerine uyma yetisine sahiptir. Ancak bu uyma işlemi, hem görme organında bir hareket, hem de belli bir süre gerektirir. Işıklıkların sürekli değiştiği durumlarda ise, görme organı, değişen ışıklılıklara uyma yapabilmek için sürekli çalışmak zorunda kalır. Görme organının sürekli olarak hareket etmesi ise, zaman içinde, kişide yorgunluğa ya da görsel algılamada bir azalmaya neden olur.

Karşıtlıklardan ötürü, gözün yapısına ve işleyişine bağlı olarak, oluşan ve görsel algılamamın zorlaşmasına neden olan kamaşma, kişide yarattığı duyulanmalara göre değişik isimler alır.

Karşıtlıkların belli oranları biraz geçmesi, kullanıcıda görsel algılamayı bozmazken, bu oranların çok aşılması durumunda, görsel algılama olanaksız hale gelebilir. Kişide rahatsızlık ve yorgunluk gibi, duyulanmalar yaratan kamaşma, konforsuzluk kamaşması olarak tanımlanırken, görsel algılamayı olanaksız hale getiren kamaşma, yetersizlik kamaşması olarak adlandırılır. Aslında, yetersizlik kamaşması, konforsuzluk kamaşmasının ileri durumu olarak da nitelendirilebilir.

Kapalı ortamlarda, yetersizlik kamaşması, ender olarak oluşurken, konforsuzluk kamaşması sık karşılaşılan bir olgudur, ve özellikle, yapılan işlev açısından dikkatin önemli olduğu ortamlarda, denetimi şarttır. Söz konusu ortamda, konforsuzluk kamaşmasının denetlenebilmesi için, önce ortamda yapay ışık kaynaklarından ötürü oluşan, ya da oluşacak konforsuzluk kamaşmasının sayısal olarak ölçülendirilebilmesi gerekir.

Bu amaçla, çalışmanın 1., 2. ve 3. bölümlerinde, görsel konfor ölçütlerinden biri olan kamaşma olgusunun nedenleri ve türleri incelenmiş ve kamaşmanın değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan iki yöntem olan *kamaşma indeksi (GI)* ve *görsel konfor olasılığı (ICP)* yöntemlerinin hesap ve kullanılma biçimleri, çalışmanın 4.1 ve 4.2 nolu bölümlerde, ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

İncelenen yöntemlerin temelini oluşturan formüller, birbirlerine benzemekle beraber, hesap biçimi açısından, birbirlerinden ayrımlar gösteren olan bu yöntemler, ortamda, söz konusu aydınlatma düzeninin, oluşturacağı kamaşmanın, neden olacağı duyulanmayı değerlendirmeye yöneliktir.

CIBSE Kamaşma indeksi yöntemi, ortamda oluşabilecek kamaşma değerini sayısal olarak hesapladığı gibi, neden olacağı duyulanmayı da, çizelgeler aracılığı ile değerlendirir. Görsel konfor olasılığı (VCP) yöntemi ise, ortamda oluşan, kamaşma oranını (DGR) hesaplayarak, sözkonusu ortamda, sözkonusu aydınlatma düzeninin, sağlayacağı görsel konfor değerini yüzde olarak bulur. Kamaşmayı değerlendirme biçimleri ayrı olan iki yönteme de, kullanım ve hesap kolaylığı getirmek için, belli koşullardaki ortamların kamaşma ya da görsel konfor olasılığı değerlerini kapsayan çizelgelerin hazırlanması olanaklı kılınmıştır.

Belli bir aygıt için hazırlanan bu çizelgeler ile, kullanıcılara, aygıt ile ilgili kamaşma durumunun verilmesi amaçlanmıştır. Kullanıcı bu çizelgelerden, sözkonusu aygıtın belli koşullardaki ortamlarda neden olduğu kamaşma değerini bulabileceği gibi, benzer ortamlarda oluşturabileceği kamaşma ile ilgili bir fikir de edinir.

Bir ortamda, sözkonusu aydınlatma düzeninin oluşturacağı kamaşma, yukarıdaki yöntemler uyarınca hesaplanıp, neden olacağı duyulanma değerlendirildikten sonra, kamaşmanın önlenmesi için gereken denetim ilkeleri belirlenir. Bu nedenle, çalışmanın 5. bölümünde, denetim ilkeleri ele alınmıştır.

Kişilerin, eylemlerini, iyi görme koşullarında gerçekleştirmeleri ile, yaptıkları işin niceliği ve niteliği artacağı gibi, fiziksel ve ruhsal sağlıkları da korunur. Bundan ötürü, bir ortamda, yapay ışık kaynaklarının oluşturacağı kamaşma değerinin bilinmesi, ve gereken önlemlerin, kamaşmanın oluş biçimine bağlı olarak alınması gerekir.

## KAYNAKLAR

- 1- CIE. 1986. Guide on Interior Lighting Second Edition. Publication CIE. Vienna: 18-33
- 2- Flynn J.E., Mills M.S.. 1983. Architectural Lighting Graphics. Reinhold Publishing Co.,  
New York: 57-64
- 3- Hopkinson R.G., 1963. Architectural Physics Lighting. Her Majesty's Stationery Office. London: 96-108.
- 4- Hopkinson R.G., Petherbridge P., Longmore J., 1980. Daylighting . Heinemann, London: 301- 330.
- 5- IES. 1984. IES Lighting Handbook Reference Volume. IES of North America, New York: 9.46- 9.49
- 6- Kaufman J.E., 1984. IES Lighting Handbook Reference Volume. IES of North America, New York: 3.9- 3.27.
- 7- Küçükdoğu M.Ş., 1976. İklimsel Konfor ve Aydınlik Seviyesine Bağlı Olarak Konfor Gereksinimleri Açısından, Pencereilerin Tasarlanmasında Kullanılabilecek bir Yöntem. İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul: 25-27
- 8- Küçükdoğu M.Ş., Berköz E., 1977. İTU Mimarlık Fakültesi FÇK Kürsüsü Ders Notları. İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul:24-34
- 9- Moore F., 1985. Cocepts and Practice of Architectural Daylighting. Van Nostrand Reinhold, NewYork: 24-29.
- 10- Robbins C.L., 1986. Daylighting Design and Analysis. Van Nostrand Reinhold Co., New York: 235-244
- 11- Sirel Ş., 1974. Konutlarda sun'i Aydınlatma. İstanbul :17-81
- 12- Stein B., Reynolds J.S., McGuiness W.J., 1986. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, Seventh Edition. John Wiley & Sons, New York: 880-910
- 13- The Chatered Institution of Building Services, 1984. Code for International Lighting. CIBS, London: 18-20, 130-137.
- 14- The Chatered Institution of Building Services, 1985. Technical Memorandum. CIBSE, London: 3-19
- 15- Ünver R., 1985. Yapıların İçinde Işık Renk İlişkisi. Yıldız Üniversitesi Matbaası, İstanbul :6-19
- 16- Ünver R., 1990. Parıltı ve Işıklılık Terimlerinde Tarihsel Gelişme ve Bugünkü Tanımlar. Yıldız Üniversitesi Matbaası, İstanbul :2-9
- 17- Sirel Ş., 1973. Aydınlatma Terimleri Sözlüğü. Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara
- 18- Kaufman J.E., Christensen J.E., 1985. IES Lighting Ready Reference. Illuminating Engineering Society, New York.
- 19- Sirel Ş., 1974. Aydınlatma Terimleri. Üçüncü basım, Yıldız Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- 20- Şerefhanoglu M., 1972. Konutlarda Aydınlatma. Karaca Ofset Basımevi, İstanbul.

- 21- Arredamento- Dekorasyon. 1994. Dosya: Aydınlatmayı Aydınlatma. Istanbul.
- 22- Subcommittee on Direct Glare. 1973. RQQ Report No:2 Outline of a standard Procedure for Computing Visual Comfort Ratings for Interior Lighting. Journal of IES. New York: 328- 344.
- 23- McGowan T.K., Sylvester K.G., 1969. Extending and Applying the IES Visual Rating Procedure. IES Transactions. New York: 253- 259.
- 24- Subcommittee on Direct Glare. 1966. Visual Comfort Ratings for Interior Lighting. IES Transactions. New York: 643- 666.
- 25- Fischer D., 1983. Contrast Rendering in Office Tasks. International Lighting Review vol.34. Eindhoven: 9-13.
- 26- Glenn A.F., 1976. A Simplified Formula for Discomfort Glare. Journal of IES. October. New York: 10-20
- 27- Luckiesh M., Guth S.K., 1949. Brightnesses in Visual Field Borderline Between Comfort and Discomfort. Journal of IES. November . New York: 650-670.
- 28- Jack M., Glenn A.F., 1956. Relation of Changes in Pupil Size to Visual Discomfort. Journal of IES. July. New York: 537- 549.
- 29- IES Technical Report No.4. July 1972. IES. New York: 5-7.

## ÖZGEÇMİŞ

Esra KILIÇ

1969 da Niğde'de doğdu. 1981 yılında Mersin Çankaya İlkokulunu bitirdikten sonra 1981-1987 yılları arasında, İçel Anadolu Lisesinde lise öğrenimi tamamladı. 1987-1991 yılları arasında Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl Yıldız Üniversitesi, Yapı Fiziği Anabilim Dalında yüksek lisans programına katıldı.

