

66633

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ★FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YARARLANMA KATSAYILARININ
İNGİLİZ NORMLARINA GÖRE
HESAPLANMASI VE KULLANIMI**

Y.LİSANS TEZİ

Müh. Saib ERGÖR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Ocak 1997

Tezin Savunulduğu Tarih : 5 Şubat 1997

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Dilek ENARUN 07.02.1997

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. M.Şener KÜÇÜKDOĞU 17.02.1997

Doç.Dr. Sermin ONAYGİL 12.02.1997

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

OCAK 1997

ÖNSÖZ

Bir zamanlar tavandan sallanan bir kordonun ucundaki ampul ile o mekanın görülmesi sağlanabiliyor, fakat sağlıklı aydınlatılamıyordu. İlerleyen teknoloji ve çalışan insanoğlu zekası ile aydınlatmanın daha iyi nasıl yapılabileceği araştırılınca, ortaya değişik fikirler, değişik uygulamalar çıktı. Bütün bunlar da değişik amaçlı armatürleri doğurdu. Bu sayede, amaca yönelik aydınlatma çeşitleri oluştu. Kimileri için önemli olan çarpıcılıktır, kimileri içinse güvenlik. Kimi yerde loş ortamlar yaratılır, kimi yerde ise yüksek düzeyde aydınlatılmış mekanlar. İşte bütün bunlar aydınlatma çeşitlerini doğurmaktadır.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında, bana sabırla ve güvenle destek olan ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Doç.Dr. Dilek ENARUN'a, programın oluşturulması esnasında çıkan hataların giderilmesinde yardımcı olan Sn. Soner TÜRKKAN'a, manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim sevgili aileme ve nişanlıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak 1997

Saib ERGÖR

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA</u>
ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SEMBOL LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	x
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. YARARLANMA KATSAYILARI TABLOLARININ OLUŞTURULMASI	3
2.1. Bölgesel Akı ve Işık Çıktı Oranının Hesaplanması	3
2.1.1. Işık şiddetlerinin girilmesi için gerekli tabloların düzenlenmesi	3
2.2. Aralık Yükseklik Oranı (AYO)	7
2.2.1. Nominal aralık yükseklik oranının belirlenmesi (AYO NOM)	8
2.2.1.1. Noktasal armatürler için AYO MAKS ve AYO NOM değerlerinin hesaplanmasında kullanılan tablonun oluşturulması	8
2.2.1.2. Doğrusal armatürler için AYO MAKS ve AYO NOM değerlerinin hesaplanmasında kullanılan tablonun oluşturulması	11
2.2.2. Maksimum aralık yükseklik oranının belirlenmesi (AYO MAKS)	11
2.2.3. Enine maksimum aralık yükseklik oranının belirlenmesi (AYO MAKS E)	12
2.2.3.1. Doğrusal armatürler için AYO MAKS E nin hesaplanmasında kullanılan tablonun oluşturulması	13
2.3. Dağılım Katsayıları	15
2.3.1. Noktasal armatürler için dağılım katsayılarının hesaplandığı tablonun oluşturulması	19

2.4. Yararlanma Katsayıları	19
2.4.1. Yararlanma katsayılarının hesaplanması için gerekli olan son aşama tablolarının oluşturulması	20
2.4.2. Yararlanma katsayılarının sunulduğu standart tablonun oluşturulması	33
BÖLÜM 3. DİĞER ULUSLARARASI KODLAR VE HESAPLAR	34
3.1. BZ Sınıflandırması	34
3.2. CIE Işık Akısı Kodu	36
3.3. LİTG Standartlarında Aydınlatma Hesabı.....	38
BÖLÜM 4. YARARLANMA KATSAYILARI TABLOLARININ AYDINLATMA TASARIMCISI TARAFINDAN KULLANIMI	41
4.1. Yararlanma Katsayısının Formül İçindeki Yeri	41
4.2. Yararlanma Katsayıları Tablolarındaki Kabuller	42
4.3. Ana Hacim Düzlemlerinin Tanımlanması	43
4.4. Oda İndisi	43
4.5. Bir Düzlemin Ortalama Işık Yansıtma Katsayısı	44
4.6. Pratikteki Hacimlerin Işık Yansıtma Katsayıları	44
4.7. Kabul Edilebilir Maksimum Yerleştirme Aralığı	45
4.8. Armatürlerin Uygulamadaki Düzenleri	48
4.9. Bir Yararlanma Katsayıları Tablosunun Kullanımı	49
4.10. Aydınlatma Tasarımcısının Yararlanma Katsayıları Tablolarını Hesaplaması.....	50
BÖLÜM 5. YARARLANMA KATSAYILARI HESAP PROGRAMI	52
5.1. Programın Tanınması ve İşleyişi.....	52
5.2. Yararlanma Katsayıları Hesap Programının Gerçek Verilere Uygulanması	59
5.2.1. Ölçüm	59
5.2.2. Standart tabloların çıkartılması	63
5.2.3. Uygulama	64
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR	69

EKLER

EK A. TANIMLAR	70
EK B. UZAY AÇININ TANIMI VE HESAPLANMASI.....	76
EK C. TRANSFER KATSAYILARI TABLOLARI.....	79
EK D. YÜKSEKLİK AÇILARININ VE BUNLARA KARŞILIK GELEN BÖLGESEL ÇARPANLARIN HESAPLANMASI	86
EK E. BİLGİSAYAR PROGRAM ÇIKTISI.....	91
ÖZGEÇMİŞ	113



SEMBOL LİSTESİ

A(S)	: S yüzeyinin alanı
AAO	: Aşağı-doğru akı oranı
AICO	: Aşağı-doğru ışık çıktı oranı
[AT]	: Akı transfer matrisi
AYO	: Aralık yükseklik oranı
AYO MAKS	: Maksimum aralık yükseklik oranı
AYO MAKS E	: Enine maksimum aralık yükseklik oranı
AYO NOM	: Nominal aralık yükseklik oranı
$\alpha_{1,.....,6}$	: Yükseklik açıları
BÇ	: Bölgesel çarpan
Bİ	: Boşluk indisi
BK	: Bakım katsayısı
D	: Duvar
DF	: Düzeltme Faktörü
DK(S)	: S yüzeyi üzerindeki dağılım katsayısı
[DK]	: Dağılım katsayıları matrisi
E	: Aydınlık düzeyi
EY(S)	: S yüzeyinin etkin yansıtma katsayısı
ϕ	: Bir lambanın ışık akısı
[I]	: Birim matris
I	: Işık şiddeti
I(θ)	: θ yükseklik açısına bağlı olarak ışık şiddeti dağılımı

ICO	: Işık çıktı oranı
ICOA	: Işık çıktı oranı-armatür
ICOİ	: Işık çıktı oranı-işletme
L	: Aşağı yarıküreye dağılan ışık akısı
M	: Toplam akı
Oİ	: Oda indisi
Ω	: Uzay açısı
ONO	: Orta nokta oranı
OY(S)	: S yüzeyinin ortalama yansıtma katsayısı
ÖF	: Ölçek faktörü
P(S)	: S yüzeyi üzerindeki parıltı çıkışı
ŞK(S1,S2)	: Şekil katsayısı
T	: Tavan
[T]	: Transfer katsayıları matrisi
TB	: Tavan boşluğu
TK(S1,S2)	: S1 yüzeyinden S2'ye transfer katsayısı
Y(S)	: S yüzeyinin yansıtma katsayısı
YAO	: Yukarı-doğru akı oranı
YICO	: Yukarı-doğru ışık çıktı oranı
YK(S)	: S yüzeyinin yararlanma katsayısı
YK*(S)	: S yüzeyinin düzeltilmiş yararlanma katsayısı
[YK]	: Yararlanma katsayıları matrisi
Z	: Zemin
ZB	: Zemin boşluğu

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 AYO MAKS ve AYO NOM hesaplamaları için 16 armatürlük standart karesel yerleştirme planı	7
Şekil 2.2 Dört sonsuz uzunlukta armatürlerin olduğu kabul edilerek AYO MAKS E'nin hesabı için gerekli noktalar	12
Şekil 2.3 Hacim içerisindeki düzlemler ve boşluklar	15
Şekil 3.1 Oda indisine bağlı olarak direkt ışık oranının değişimi ve BZ bölgeleri	35
Şekil 3.2 Alt yarımkürede CIE toplanmış ışık akısı bölgeleri	36
Şekil 4.1 "L" biçimindeki bir hacmin dikdörtgen şeklinde iki parçaya ayrılması	44
Şekil 4.2 Armatürler arasındaki eksenel ve ona dik durumdaki uzaklıkların birbirine eşit olduğu 1.durum	46
Şekil 4.3 Armatürler arasındaki eksenel uzaklığın ona dik durumdaki uzaklıktan daha büyük veya eşit olduğu 2.durum	46
Şekil 4.4 Armatürler arasındaki eksenel uzaklığın ona dik durumdaki uzaklıktan daha küçük olduğu 3.durum	47
Şekil 5.1 Programın başında karşılaşılan armatür tipi seçimi formu	53
Şekil 5.2 Noktasal armatürler için ışık şiddeti değerleri formu	54
Şekil 5.3 Doğrusal armatürler için ışık şiddeti değerleri formu	54
Şekil 5.4 Işık akısı girişi ve tablo seçimi formu	55
Şekil 5.5 Noktasal armatürler için standart zemin yararlanma katsayıları tablosu formu	56
Şekil 5.6 Noktasal armatürler için standart duvar yararlanma katsayıları tablosu formu	57

Şekil 5.7 Noktasal armatürler için standart tavan yararlanma katsayıları tablosu formu	57
Şekil 5.8 Noktasal armatürler için yararlanma katsayıları değerleri formu.....	58
Şekil A.1 Doğrusal bir armatür için eksen takımı	71
Şekil A.2 Doğrusal bir armatür için azimut açıları	71
Şekil B.1 Düzlemsel açının gösterimi.....	76
Şekil B.2 Uzay açının gösterimi.....	76
Şekil B.3 Düzlemsel açının ve o düzlemsel açıya ait uzay açının birim küre üzerinde gösterilmesi	77
Şekil C.1 Şekil katsayısının hesaplanması için ele alınan iki düzlem ve bunların arasındaki parametrelerin gösterimi	81
Şekil C.2 Bir hacmin boyutları.....	81
Şekil C.3 Eni ve boyu aynı uzunlukta olan bir hacim tipi.....	82
Şekil D.1 16 karelik armatür yerleşimi için 1 noktasına göre üç farklı 2 nolu noktaların belirlenmesi ve 1 noktasına olan uzaklıkları.....	86
Şekil D.2 16 karelik armatür yerleşimi için belirlenmiş 1 ve 2 noktalarının üstten görünüşü	87
Şekil D.3 Minimum aydınlık düzeyine sahip noktaların belirlenmesi için tespit edilmiş üç nokta	87
Şekil D.4 16 karelik armatür yerleşimi için belirlenmiş 1 ve 2 noktalarının üstten görünüşü	88
Şekil D.5 16 karelik armatür yerleşimi için 1 noktasına göre altı farklı 2 nolu noktaların belirlenmesi ve 1 noktasına olan uzaklıkları.....	89
Şekil D.6 Maksimum aydınlık düzeyine sahip noktaların belirlenmesi için tespit edilmiş beş nokta	89
Şekil E.1 Programın akış şeması.....	102

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1.a Noktasal armatürlerin deneyleri sonucu ölçülen ışık şiddeti değerlerinin girilmesi için hazırlanmış olan tablo	5
Tablo 2.1.b Doğrusal armatürlerin deneyleri sonucu ölçülen ışık şiddeti değerlerinin girilmesi için hazırlanmış olan tablo	6
Tablo 2.2.a Noktasal armatürler için AYO MAKS ve AYO NOM değerlerinin hesaplanmasında kullanılan tablo	9
Tablo 2.2.b Doğrusal armatürler için AYO MAKS ve AYO NOM değerlerinin hesaplanmasında kullanılan tablo	10
Tablo 2.2.c Enine maksimum aralık yükseklik oranının belirlenmesi için kullanılan tablo	14
Tablo 2.3.a Noktasal armatürler için dağılım katsayılarının hesaplandığı tablo	16
Tablo 2.3.b Doğrusal armatürler için dağılım katsayılarının hesaplandığı tablo	17
Tablo 2.3.c Bölgesel çarpan değerlerinin topluca verildiği tablo	18
Tablo 2.4.a $YZ=0,0$ değeri için zemin yararlanma katsayısının hesaplandığı tablo	21
Tablo 2.4.b $YZ=0,1$ değeri için zemin yararlanma katsayısının hesaplandığı tablo	22
Tablo 2.4.c $YZ=0,2$ değeri için zemin yararlanma katsayısının hesaplandığı tablo	23
Tablo 2.4.d $YZ=0,3$ değeri için zemin yararlanma katsayısının hesaplandığı tablo	24
Tablo 2.4.e $YZ=0,0$ değeri için duvar yararlanma katsayısının hesaplandığı tablo	25
Tablo 2.4.f $YZ=0,1$ değeri için duvar yararlanma katsayısının hesaplandığı tablo	26
Tablo 2.4.g $YZ=0,2$ değeri için duvar yararlanma katsayısının hesaplandığı tablo	27
Tablo 2.4.h $YZ=0,3$ değeri için duvar yararlanma katsayısının hesaplandığı tablo	28
Tablo 2.4.i $YZ=0,0$ değeri için tavan yararlanma katsayısının hesaplandığı tablo	29

Tablo 2.4.j $YZ=0,1$ değeri için tavan yararlanma katsayısının hesaplandığı tablo	30
Tablo 2.4.k $YZ=0,2$ değeri için tavan yararlanma katsayısının hesaplandığı tablo	31
Tablo 2.4.l $YZ=0,3$ değeri için tavan yararlanma katsayısının hesaplandığı tablo	32
Tablo 2.5 Yararlanma katsayılarının sunulduğu standart tablo	33
Tablo 3.1 Oda indisine bağlı olarak direkt ışık oranının değerleri	34
Tablo 3.2 CIE toplanmış ışık akısı bölgeleri	37
Tablo 3.3 Işık akısı dağılımına göre LITG normlarında yararlanma katsayılarının değerleri	40
Tablo 4.1 Armatür aralığına ve sayısına bağlı olarak Düzeltme Faktörü DF değerleri	49
Tablo 5.1 Ölçüm sırasında galvanometreden okunan sapma değerleri	61
Tablo 5.2 Ölçüm sonrası hesaplanan, bilgisayara girilmeye hazır durumdaki ışık şiddeti değerleri	62
Tablo 5.3 Deney sonuçlarının girilmesinden sonra bilgisayarda oluşturulmuş standart zemin yararlanma katsayıları tablosu	63
Tablo 1 Alman normlarında yararlanma katsayılarının sunulduğu tablo	67

ÖZET

Bir hacim için aydınlatma planlaması yapılırken, ilk önce o hacmin ne amaçla kullanılacağı tespit edilir. Daha sonra armatür seçimi yapılır ve istenen aydınlık düzeyini elde etmek için seçilen armatürden kaç adet kullanılacağı hesaplanır. Bunların yanında hacimlere ait olan ve o hacmin verimini belirten yararlanma katsayıları da önem taşır. Çünkü bu yararlanma katsayıları, armatür adedinin belirlenmesinde kullanılan formül içerisinde bir yere sahiptirler.

Bu çalışmada yararlanma katsayılarının, noktasal ve doğrusal iki tip armatür için nasıl elde edileceği anlatılmıştır. Bunun için bir bilgisayar programı yazılmış, böylece istenilen yararlanma katsayıları çok daha çabuk bir şekilde elde edilmiştir. Daha açıklayıcı olması açısından laboratuvar da deneyi yapılan bir armatürün ölçüm değerleri verilmiş, bunun sonucu olarak elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

SUMMARY

THE CALCULATION AND USE OF UTILISATION FACTORS ACCORDING TO THE BRITISH STANDARDS

There are several limits which have been taken under consideration to form basis of an effective illumination. Not only economical and decorative aspects of illumination, but also purpose of illumination and use of rooms should be carefully taken into account during projecting phase[1]. All calculations should be performed under the consideration of above conditions.

Before going into details about the topics mentioned above, a pre-project should be done. This pre-project should give results which are as close as possible to the final states. The most effective way to achieve this is using the utilisation factors. At the same time, these factors are the efficiency of rooms. As can be seen in this study, these factors are related to various factors. Distribution factors and reflectances of three surfaces (floor, walls, ceiling), dimensions of the room, spacing of luminaires, height of luminaires above the working plane, etc can be given as examples for these factors.

The purpose of this study is calculating of utilisation factors with the aid of a computer program. This calculation is done according to the British standards. The results are presented in a standart utilisation factor table. If it is needed, only three utilisation factor values of a special room can be calculated and presented. Easy to follow the calculation in computer, to provide visual comfort and visual adaptation, the program is written in "Visual Basic".

In the first step of this study, tables used in the program and application of these tables are explained. Later, some facts about calculation of utilisation factors in various other countries' codes are given. The BZ (British Zonal) Classification and CIE (Comission Internationale de L'Eclairage) flux codes of a luminaire are explained.

In the second step, only utilisation factors are examined. The calculation of the recommended illuminance or the necessary number of luminaires needed to accomplish this illuminance with the aid of the utilisation factors is explained in this step. For taking form of the utilisation factor tables, photometric data of the luminaire, shape of the room, positions and reflectances of the surfaces should be given. Avarage reflectances of the surfaces and related to these values, effective reflectances of the cavities and the calculation of room index are explained. For linear

luminaires, the axial and transverse spacings between luminaires in relation to maximum spacing to height ratio are examined. In addition, in relation to these spacings the equations used for getting utilisation factors in relation to distribution factors.

In chapter 2, the necessary way for getting utilisation factors are explained by aid of some tables. This way can be explained as follow. The first table is used to enter the measured values. These values are light intensity values. These values are entered into suitable row and column. Avarage of each rows are calculated. The avarage intensity values of light are multiplied by zone factors. Thus, zonal flux values can easily be calculated. Total of the values from 0^0 to 90^0 is the zonal flux in the sub-half globe. Total of the values from 0^0 to 180^0 is also the total flux in arbitrary units. By using the equations given below, the values needed can be determined. By multiplying zonal flux values by scale factor, zonal flux from lamps can be calculated. Afterwords, for determining avarage intensity according to 1000 total lm from lamps, column J (or column J and column K for linear luminaires) are completed[3].

$$ICO = M / \text{Total bare lamp flux in arbitrary units} \quad (1)$$

$$\ddot{O}F = ICO \times 1000 / M \quad (2)$$

$$AICO = L \times (\ddot{O}F / 1000) \quad (3)$$

$$YICO = ICO - AICO \quad (4)$$

For spacing to height ratio value (AYO), which is equal to 0.5, the avarage intensity values of angle of elevations are entered into the table. These values are written on the next column by multiplying zonal multipliers. Later, maximum illuminance and minimum illuminance are determined. Thus, the mid point ratio (ONO) can be calculated by using equation below.

$$ONO = \frac{E(1)}{E(2)} \quad (5)$$

This operation must be continued until finding a value less than 0,7. The highest value of spacing to height ratio that produces a mid point ratio greater than 0,7 is nominal spacing to height ratio (AYO NOM).

A different table is used to get distribution factors. Avarage intensities, according to 1000 total lm from lamps are written into suitable column in the table. For each room index, zonal multiplier values (BÇ) are taken into its column for

nominal spacing to height ratio of the luminaire. The values located in these columns are multiplied each other. Later, the distribution factors can be determined.

The last step of getting utilisation factor tables is to use the transfer factors and to take into account inter-reflections. In this way, the utilisation factors can be calculated by the equations below.

$$YK(Z) = DK(Z) \times TK(Z,Z) + DK(D) \times TK(D,Z) + DK(T) \times TK(T,Z) \quad (6)$$

$$YK(D) = DK(Z) \times TK(Z,D) + DK(D) \times TK(D,D) + DK(T) \times TK(T,D) \quad (7)$$

$$YK(T) = DK(Z) \times TK(Z,T) + DK(D) \times TK(D,T) + DK(T) \times TK(T,T) \quad (8)$$

After getting utilisation factors, for the desirable illuminance level, necessary luminaire number can be found out using following equation.

$$n = \frac{E \cdot S}{YK(S) \cdot \phi} \quad (9)$$

Where, E is the average illuminance needed, S is the area of the working surface, YK(S) is the utilisation factor coefficient of the surface S, ϕ is the bare lamp flux of a luminaire.

In the last chapter, an explanation is given for the computer program software written. Thus, when the user runs the program, he can easily learn the functions of the buttons on the forms, follow each steps and get his results needed quickly.

In the program, thirteen different forms are used. These are: "The Selection of Luminaire Type", "Intensity Values for Symmetric Luminaires", "Intensity Values for Linear Luminaires", "Entering the Total Flux and the Selection of Table", "Standard Floor Utilisation Factors Table for Symmetric Luminaire", "Standard Walls Utilisation Factors Table for Symmetric Luminaire", "Standard Ceiling Utilisation Factors Table for Symmetric Luminaire", "Utilisation Factor Values for Symmetric Luminaires", "Standard Floor Utilisation Factors Table for Linear Luminaire", "Standard Walls Utilisation Factors Table for Linear Luminaire", "Standard Ceiling Utilisation Factors Table for Linear Luminaire", "Utilisation Factor Values for Linear Luminaires" and "Entering the Total Flux and the Selection of Table for Linear Luminaires".

Firstly, "The Selection of Luminaire Type" form is seen on the screen. According to selection "Intensity Values for Symmetric Luminaires" or "Intensity Values for Linear Luminaires" is seen on the screen. Later, "Entering the Total Flux and the Selection of Table" is also seen. The flux value is entered and the table needed is selected. In this way, one of the standard tables is formed or for different

reflectances and different room index, three utilisation factor values are determined. The standart presentation of utilisation factor values for floor is like as can be seen in Table 1.

Table 1. “Standart Floor Utilisation Factors Table for Symmetric Luminaire”

STANDART ZEMİN YARARLANMA KATSAYILARI TABLOSU											
Tavan	Duvar	Zemin									
Yansıtma	Yansıtma	Yansıtma				Oda	İndeksi				
Katsayısı	Katsayısı	Katsayısı	.75	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5
.7	.5	0	.61	.69	.76	.81	.88	.92	.96	1.00	1.03
.7	.3	0	.53	.61	.69	.74	.82	.87	.91	.96	.99
.7	.1	0	.48	.55	.63	.69	.77	.83	.87	.92	.96
.5	.5	0	.60	.68	.75	.80	.86	.91	.94	.99	1.02
.5	.3	0	.53	.61	.68	.74	.81	.86	.90	.95	.99
.5	.1	0	.48	.55	.63	.69	.77	.82	.87	.92	.96
.3	.5	0	.59	.66	.73	.78	.85	.90	.93	.98	1.01
.3	.3	0	.52	.60	.68	.73	.81	.86	.90	.95	.98
.3	.1	0	.47	.55	.63	.68	.76	.82	.86	.92	.96
.7	.5	.1	.63	.71	.79	.84	.92	.97	1.01	1.06	1.09
.7	.3	.1	.54	.63	.71	.77	.85	.91	.95	1.01	1.05
.7	.1	.1	.48	.56	.65	.71	.79	.86	.90	.97	1.01
.5	.5	.1	.61	.69	.77	.82	.90	.95	.98	1.03	1.06
.5	.3	.1	.54	.62	.70	.75	.84	.89	.93	.99	1.03
.5	.1	.1	.48	.56	.64	.70	.78	.85	.89	.95	1.00
.3	.5	.1	.60	.68	.75	.80	.87	.92	.96	1.01	1.04
.3	.3	.1	.53	.61	.69	.74	.82	.88	.92	.97	1.01
.3	.1	.1	.48	.55	.64	.69	.78	.83	.88	.94	.98
.7	.5	.2	.64	.74	.82	.88	.97	1.02	1.07	1.12	1.16
.7	.3	.2	.55	.64	.73	.79	.89	.95	1.00	1.07	1.11
.7	.1	.2	.49	.57	.66	.72	.82	.89	.94	1.02	1.07
.5	.5	.2	.63	.71	.79	.85	.93	.98	1.02	1.08	1.11
.5	.3	.2	.54	.63	.71	.77	.86	.92	.97	1.03	1.07
.5	.1	.2	.48	.56	.65	.71	.80	.87	.92	.99	1.03
.3	.5	.2	.61	.69	.77	.82	.89	.94	.98	1.03	1.07
.3	.3	.2	.53	.62	.70	.75	.84	.89	.94	.99	1.03
.3	.1	.2	.48	.56	.64	.70	.79	.85	.90	.96	1.00
.7	.5	.3	.66	.76	.85	.92	1.02	1.08	1.13	1.20	1.24
.7	.3	.3	.56	.66	.75	.82	.92	1.00	1.05	1.13	1.18
.7	.1	.3	.49	.58	.67	.74	.85	.93	.99	1.07	1.13
.5	.5	.3	.64	.73	.82	.88	.96	1.02	1.07	1.13	1.17
.5	.3	.3	.55	.64	.73	.79	.89	.95	1.00	1.07	1.12
.5	.1	.3	.49	.57	.66	.72	.82	.89	.95	1.02	1.08
.3	.5	.3	.62	.70	.78	.84	.92	.97	1.01	1.06	1.10
.3	.3	.3	.54	.62	.71	.77	.85	.91	.96	1.02	1.06
.3	.1	.3	.48	.56	.65	.71	.80	.86	.91	.98	1.03

The values, which have to be entered in the main form of the program, are measured before the beginning of forming the tables. The measured result values for the linear luminaire are given in this study. By aid of these values, the utilisation factors can be found using the computer program. And necessary luminance number is find out using equation (9).



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Aydınlatmanın temel konusunu, ışığın üretimi, dağıtımı, ekonomisi ve ölçülmesi oluşturur. İyi bir aydınlatmanın insan bünyesi üzerindeki etkileri önemlidir. İyi bir aydınlatmanın faydaları aşağıda sıralanmışlardır[1].

Gözün görme yeteneğini yükseltir, göz sağlığını korur, kazaları azaltır, iş verimini yükseltir, rahat bir çalışma ortamı sağlar, ekonomik potansiyeli artırır, emniyeti sağlar, estetik duygulara hitap eder ve konfor ihtiyacını karşılar [2].

Artık günümüzde hacimlerin aydınlatılması için, o hacmin ne amaçla kullanılacağı, aydınlatmanın amacı, ekonomik yönü ve dekoratifliği de detaylı olarak düşünülmekte, ona göre projelendirilmektedir. Hesaplamalar bu şartlar gözönüne alınarak yapılmalıdır.

Aydınlatma hesabında yukarıda verilen detaylara girilmeden önce, istenen sonuca yakın netice verebilecek bir ön tasarımın yapılması gerekir. Bunun için kullanılabilecek en etkin yöntem, verim hesabıdır. Verim hesabının temelini yararlanma katsayıları (veya verim katsayıları) oluştururlar. Bu katsayılar diğer bir deyişle hacmin verimidirler. İleriki bölümlerde görüleceği gibi, bu katsayılar birçok faktöre bağlı olarak hesaplanır ve standart tablolar oluşturulur. Bu faktörler, hacme ait üç yüzeyin (tavan, duvarlar ve zemin) dağılım katsayıları, renklerine bağlı olarak yansıtma katsayıları, hacmin boyutları, armatürlerin yerleştirilme aralıkları, askı yükseklikleri, armatürlerin ışık dağılımları, vs şeklinde sıralanabilirler.

Bu çalışmanın amacı, ele alınan bir hacim için İngiliz sistemine göre yararlanma katsayılarının bilgisayar programı ile hesaplanmasıdır. İstendiğinde sonuçlar, norm yararlanma katsayıları tabloları halinde, istendiğinde de özel bir hacim için sadece üç yüzeye ait yararlanma katsayılarının sayı olarak takdimi şeklinde elde edilebilmektedir. Bilgisayarda hesaplamanın takibinin kolay olması, görsel rahatlığın

sağlanması ve görsel adaptasyonun çabukluğu açısından program “Visual Basic” ile yazılmıştır. Bu yazılım Ek E kısmında verilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında, program içerisinde kullanılan tablolar ve bu tabloların kullanımı açıklanacaktır. Böylece istenilen yararlanma katsayıları tablolarının ne şekilde oluşturulduğu daha iyi anlaşılabilecektir. Ayrıca birinci aşamada değişik ülke standartlarında hesaplamaların nasıl yapıldığına değinilecek, BZ (British Zonal - İngiliz Standartları) sınıflandırması ve bir ışık kaynağının CIE (Commission Internationale de L'Eclairage - Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) akı kodlarının nasıl elde edildiği açıklanacaktır. Yararlanma katsayıları tablolarının çıkarımının her adımı için ayrı tablolar kullanılmış ve bu tablolar mümkün olduğu kadar kendinden açıklamalı olarak tasarlanmıştır.

İkinci aşamada ise tamamen yararlanma katsayılarına değinilecektir. Tablodan bulunan yararlanma katsayısı değerine bağlı olarak, hacim içerisinde istenen aydınlık düzeyi değerinin veya benzer yöntemle gerekli olan armatür sayısının elde edilmesi anlatılmıştır. Yararlanma katsayıları tablolarının oluşturulmasında, armatürlere ait bazı fotometrik veriler, ilgilenilen hacmin şekli, düzlemlerin konumları, yansıtma katsayıları ve armatürlerin yerleşimiyle ilgili yapılan kabuller verilmiştir. Düzlemlerin ortalama yansıtmaları, bu değerlere bağlı olarak hacmin etkin yansıtma değerleri ve oda indisinin hesaplanması gösterilmiştir. Doğrusal armatürler için, maksimum aralık yükseklik oranına bağlı olarak, armatürler arası enine ve eksenel uzaklıkların durumları ele alınmıştır. Ayrıca bu uzaklıklara bağlı olarak dağılım katsayıları yardımıyla yararlanma katsayılarının elde edilmesine ilişkin bağıntılar verilmiştir.

Bu çalışma içerisinde kullanılan terimlerin açıklamaları Ek A'da alfabetik sırayla verilmiştir.

BÖLÜM 2

YARARLANMA KATSAYILARI TABLOLARININ OLUŞTURULMASI

Bu bölümde yararlanma katsayıları tablolarının elde edilmesi anlatılmıştır. Bu tabloların oluşturulması şunları içermektedir [3]:

- Fotometrik verilerin düzenlenmesi.
- Armatürler arası uzaklıkların belirlenmesi.
- Her oda indisi için, hacmin ana düzlemlerine direkt olarak gelen çıplak lamba ışık akısının hesaplanması.
- Her hacim için yansıma değerlerinin hesaba katılması.

2.1. Bölgesel Akı ve Işık Çıktı Oranının Hesaplanması:

Armatürlerin 1975’de yayınlanmış olan İngiliz standartlarına uygun ölçümleri yapılmıştır [3]. Deney düzeneği, ölçümün yapılış şekli, sonuçların elde edilmesi ile ilgili bilgiler Bölüm 5’de ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

2.1.1. Işık şiddetlerinin girilmesi için gerekli tabloların düzenlenmesi:

Bu tablolarda armatürler ile yapılan deneyler sonucu elde edilen ölçüm değerleri vardır. Bu tablolarda yapılan işlem kısaca şu şekilde özetlenebilir. Tablodaki ışık şiddeti değerlerine ait olan boşluklar, yapılan deneyler sonucu doldurulur. Daha sonra bunların ortalamaları alınır. Her açı değeri için belirlenmiş, sabit değerde olan uzay açıları ile bu ortalamalar çarpılır. Bulunan değerler ise ölçek faktörü ile

çarpılarak bölgesel akılar bulunur. Ölçek faktörü (2.2) bağıntısından da görüldüğü gibi, armatürün ışık çıktı oranının, armatürün alt ve üst yarıküreye yaydığı toplam ışık akısına oranının 1000 ile çarpımıdır. Eğer son olarak ölçek faktörü ile ortalama ışık şiddeti değerleri çarpılırsa bu tablolarda yapılan işlemler de tamamlanmış olur. Her armatür için sadece 1. - 4. adımlar tamamlanmalıdır, fakat çıplak lamba ve armatür için aynı birimler kullanılmalıdır.

Adım 1: Armatür tipine uygun kolon ve satırdaki ışık şiddeti değerleri girilir.

Adım 2: Her satır için ortalama ışık şiddetleri belirlenir. Bu işlem simetrik armatürler için 5°'lik artan aralıklarla ve di-simetrik armatürler için 10°'lik artan aralıklarla yapılır.

Adım 3: 5°, 15°, 25°, vs artışı açılardan elde edilen ortalama ışık şiddeti (IORT) kolonundaki toplam, uzay açısı değerleri (F kolonu) ile çarpılır. Böylece bölgesel akılar (G kolonunda yazılı bulunan değerler) bulunur. Uzay açısı değerlerinin ne şekilde hesaplandığı ve tablolardaki standart değerlerin hesabı Ek B'de verilmiştir.

Adım 4: 0°'den 180°'ye kadar kolon G'deki değerler toplanır. L ile gösterilen 90°'deki alt toplam, alt yarıküredeki bölgesel ışık akısıdır. M ile gösterilen 180°'deki toplam, armatürün toplam ışık akısını vermektedir.

Adım 5: (2.2) bağıntısı kullanılarak, ölçek faktörü (ÖF) bulunur.

Adım 6: (2.3) ve (2.4) bağıntıları kullanılarak yukarı ışık çıktı oranı (YICO), aşağı ışık çıktı oranı (AICO), ya da bunlar belirlenmediyse ışık çıktı oranı (ICO) bulunur.

Adım 7: G kolonundaki bölgesel akı değerlerinin her biri ölçek faktörü (ÖF) ile çarpılarak, lambalardan gelen bölgesel akılar bulunur. Sonuçlar H kolonuna yazılır.

Adım 8: Simetrik armatürlerin 1000 lümene göre düzeltilmiş ışık dağılımını bulmak için J kolonu ya da di-simetrik armatürlerin ortalama enine ve eksenel ışık dağılımlarını bulmak için J ve K kolonları tamamlanır.

Tablo 2.1.a. Noktasal armatürlerin deneyleri sonucu ölçülen ışık şiddeti değerlerinin girilmesi için hazırlanmış olan tablo

Yükseklik Açıları	Her derece ve azimut için ölçülen Işık Şiddeti Değerleri								Ortalama Işık Şiddeti IORT	Uzay Açısı F	Bölgesel Akı G	Lambalardan gelen bölgesel Akı H	Ortalama Işık Şiddeti J
	Azimut Açılar												
	0	45	90	135	180	225	270	315					
0													
5									0.095				
10													
15									0.283				
20													
25									0.463				
30													
35									0.628				
40													
45									0.774				
50													
55									0.897				
60													
65									0.993				
70													
75									1.058				
80													
85									1.091				
90													
	0 - 90 derece arası toplam akı L=												
95									1.091				
100													
105									1.058				
110													
115									0.993				
120													
125									0.897				
130													
135									0.774				
140													
145									0.628				
150													
155									0.463				
160													
165									0.283				
170													
175									0.095				
180													
	0 - 180 derece arası toplam akı M=												

Tablo 2.1.b. Doğrusal armatürlerin deneyleri sonucu ölçülen ışık şiddeti değerlerinin girilmesi için hazırlanmış olan tablo

Yük- seklilik Açıları	Her derece ve azimut için ölçülen Işık Şiddeti Değerleri (Azimut Açıları)												Ortalama Işık Şiddeti IORT	Uzay Açı F	Bölgesel Akı G	Lambalardan gelen bölgesel Akı H	Ortalama Işık Şiddeti 1/2OF(A+C) J	Ortalama Işık Şiddeti 1/2OF(B+D) K				
	A				B				C										D			
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330										
0																						
5														0.095								
10														0.283								
15														0.463								
20														0.628								
25														0.774								
30														0.897								
35														0.993								
40														1.058								
45														1.091								
50																						
55																						
60																						
65																						
70																						
75																						
80																						
85																						
90																						
	0 - 90 derece arası toplam akı L=																					
95														1.091								
100														1.058								
105														0.993								
110														0.897								
115														0.774								
120														0.628								
125														0.463								
130														0.283								
135														0.095								
140																						
145																						
150																						
155																						
160																						
165																						
170																						
175																						
180																						
	0 - 180 derece arası toplam akı M=																					

Bu tabloların oluşturulmasında,

$$ICO = M / \text{Toplam çıplak lamba ışık akısı} \quad (2.1)$$

$$\text{ÖF} = ICO \times 1000 / M \quad (2.2)$$

$$AICO = L \times (\text{ÖF} / 1000) \quad (2.3)$$

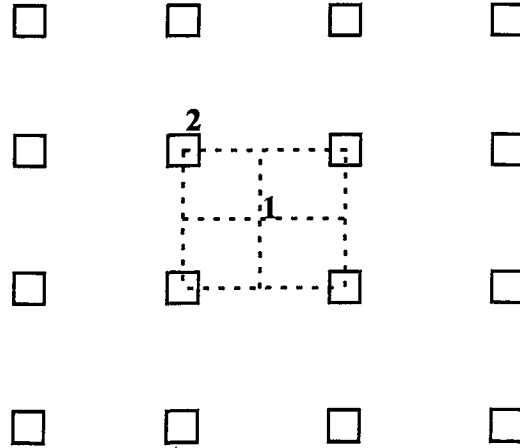
$$YICO = ICO - AICO \quad (2.4)$$

eşitlikleri kullanılır.

2.2. Aralık Yükseklik Oranı (AYO):

Düzgünlük, çalışma düzlemi üzerindeki, minimum aydınlık düzeyinin ortalama aydınlık düzeyine oranı olarak tanımlanır. Aydınlık düzeyi düzgünlüğünün sağlanması için bu değerin 0,7'den daha az olmaması gerekmektedir[3]. Standart yararlanma katsayıları tabloları oluşturulurken, düzgünlüğün sağlandığı maksimum aralık yükseklik oranına en yakın olan AYO temel alınır. Böylece en ekonomik aydınlatma uygulamasına yaklaşılmış olur. Uygulamada aydınlık düzeyinin artırılması ve gölgelerin önüne geçilmesi için yerleştirme aralığı daha sık tutulabilir.

Bu oranı hesaplamak için nokta-nokta yöntemi kullanılabilir [3]. Bu yöntem ile değişik noktalarındaki aydınlık düzeyi değerlerinin nasıl belirlendiği Ek D'de verilmiştir. Bu yöntemi her uygulama için ayrı ayrı yapmayı engellemek ve armatürün performansını yansıtan tek bir şeklin kullanımını sağlamak amacıyla, iç yansımalar gözardı edilmiş, 16 armatürlük standart karesel yerleştirme uyarlaması kullanılmıştır. Şekil 2.1'de bu durum görülmektedir.



Şekil 2.1. AYO MAK ve AYO NOM hesaplamaları için 16 armatürlük standart karesel yerleştirme planı.

Bu standart karesel düzende yerleşim kullanılarak iki aralık yükseklik oranı tanımlanmıştır: maksimum aralık yükseklik oranı (AYO MAKS), nominal aralık yükseklik oranı (AYO NOM). Maksimum aralık yükseklik oranı, merkezi bölge üzerindeki minimum aydınlık düzeyinin maksimum aydınlık düzeyine oranının 0,7 ve daha büyük olduğu en geniş yerleştirme aralığıdır. Nominal aralık yükseklik oranı ise, bu kriteri oluşturacak 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 vs serisindeki değerlerden biri olup AYO MAKS'ın bir üzerindeki standart değerdir. Yararlanma katsayıları tabloları bu değer üzerine oturtularak standartlaştırılır.

Çoğu armatür için sadece iki nokta gözönüne alınarak hesaplamalar basitleştirilebilir. Bu iki nokta Şekil 2.1.'de gösterilmiştir. Minimum aydınlık düzeyi $E(1)$ genellikle 1, maksimum aydınlık düzeyi $E(2)$ genellikle 2 noktasında elde edilir. Nokta 1'deki aydınlık düzeyinin nokta 2'deki aydınlık düzeyine oranı $E(1)/E(2)$ "Orta Nokta Oranı" (ONO) olarak bilinir. Bu değerler en basit şekilde, simetrik armatürler için Tablo 2.2.a, doğrusal armatürler için Tablo 2.2.b kullanılarak hesaplanır.

2.2.1. Nominal aralık yükseklik oranının belirlenmesi (AYO NOM):

Bu bölümde noktasal ve doğrusal ışık kaynaklı armatürler için AYO NOM değerinin hesaplanma yöntemi anlatılacaktır.

2.2.1.1. Noktasal armatürler için AYO MAKS ve AYO NOM

değerlerinin hesaplanmasında kullanılan tablonun oluşturulması:

Adım 1: $AYO=0,50$ için, ikinci kolonda belirlenmiş yükseklik açılarına karşılık gelen HESAP kolonundaki ortalama ışık şiddeti değerleri girilir. Bu değerler Tablo 2.1.a'nın J kolonundaki değerler arasında lineer interpolasyon yapılarak elde edilir.

Adım 2: HESAP kolonundaki ışık şiddeti değerleri, bölgesel çarpanlar (BÇ) ile çarpılarak bir yandaki kolona yazılır. Bölgesel çarpanlar, kurulu sistemdeki tüm armatürler için yatay referans düzlemin sınırları içine düşen bölgeye ait uzay açısının ortalamasıdır. BÇ'lerin hesaplanması Ek D'de verilmiştir.

Adım 3: $E(1)$ ve $E(2)$ toplamaları hesaplanır.

Tablo 2.2.a. Noktasal armatürler için AYO MAKS ve AYO NOM değerlerinin hesaplanmasında kullanılan tablo

Araık Yükseklik Oranı AYO	Yükseklik Açısı KA	Işık Şiddetleri HESAP	Çarpan BÇ	HESAPx BÇ	E(1,1) / E(1,2) ONO
AYO=0.50	19.5 38.3 46.7 0.0 26.6 33.3 45.0 48.2 54.7		3.352 3.862 1.291 1.000 2.862 2.177 0.707 1.185 0.192 Toplam E(1,1)=		
AYO=0.75	27.9 49.9 57.8 0.0 36.9 46.7 56.3 59.2 64.8		2.758 2.143 0.603 1.000 2.048 1.291 0.341 0.537 0.078 Toplam E(2,2)=		
AYO=1.00	35.3 57.7 64.8 0.0 45.0 54.7 63.4 65.9 70.5		2.177 1.222 0.310 1.000 1.414 0.770 0.179 0.272 0.037 Toplam E(3,2)=		
AYO=1.25	41.5 63.2 69.3 0.0 51.3 60.5 68.2 70.3 74.2		1.683 0.736 0.176 1.000 0.975 0.477 0.102 0.153 0.020 Toplam E(4,2)=		
AYO=1.50	46.7 67.1 72.6 0.0 56.3 64.8 71.6 73.4 76.7		1.291 0.469 0.108 1.000 0.683 0.310 0.063 0.093 0.012 Toplam E(5,2)=		
AYO=1.75	51.1 70.1 74.9 0.0 60.3 68.0 74.1 75.7 78.6		0.993 0.314 0.070 1.000 0.489 0.210 0.041 0.061 0.008 Toplam E(6,2)=		
AYO=2.00	54.7 72.5 76.7 0.0 63.4 70.5 76.0 77.4 80.0		0.770 0.219 0.048 1.000 0.358 0.148 0.029 0.042 0.005 Toplam E(7,2)=		
AYO=2.25	57.8 74.3 78.2 0.0 66.0 72.6 77.5 78.8 81.1		0.603 0.139 0.034 1.000 0.268 0.108 0.020 0.030 0.004 Toplam E(8,2)=		
AYO=2.50	60.5 75.8 79.3 0.0 68.2 74.2 78.7 79.9 82.0		0.477 0.118 0.025 1.000 0.205 0.081 0.015 0.022 0.003 Toplam E(9,2)=		

Tablo 2.2.b. Doğrusal armatürler için AYO MAKS ve AYO NOM değerlerinin hesaplanmasında kullanılan tablo

Aralık Yükseklik Oranı AYO	Yükseklik Açısı KA	Işık Şiddetleri HESAP	45 derece için eksenel ışık şiddeti = 0 derece için eksenel ışık şiddeti						HESAPx BÇ	E(I,1) / E(I,2) ONO		
			BÇ									
			0.325	0.385	0.460	0.545	0.650					
AYO=0.50	36.9		1.233	1.227	1.220	1.209	1.197	1.191				
	14.0		1.906	1.911	1.912	1.909	1.910	1.911				
	0.0		1.000	1.000	1.000	1.000	Toplam	E(1,1)=				
	26.6		1.556	1.551	1.551	1.539	1.532	1.530				
	45.0		0.448	0.444	0.441	0.435	0.429	0.424				
							Toplam	E(1,2)=				
AYO=0.75	48.4		0.837	0.833	0.827	0.817	0.810	0.795				
	20.6		1.719	1.730	1.737	1.742	1.749	1.747				
	0.0		1.000	1.000	1.000	1.000	Toplam	E(2,1)=				
	36.9		1.234	1.232	1.229	1.222	1.215	1.202				
	56.3		0.272	0.270	0.266	0.261	0.256	0.250				
							Toplam	E(2,2)=				
AYO=1.00	56.3		0.593	0.589	0.581	0.573	0.563	0.551				
	26.6		1.604	1.603	1.602	1.600	1.599	1.597				
	0.0		1.000	1.000	1.000	1.000	Toplam	E(3,1)=				
	45.0		0.980	0.975	0.969	0.961	0.950	0.939				
	63.4		0.180	0.177	0.174	0.170	0.166	0.161				
							Toplam	E(3,2)=				
AYO=1.25	61.9		0.407	0.407	0.405	0.401	0.396	0.389				
	32.0		1.329	1.344	1.358	1.373	1.383	1.392				
	0.0		1.000	1.000	1.000	1.000	Toplam	E(4,1)=				
	51.3		0.735	0.735	0.734	0.733	0.729	0.721				
	68.2		0.119	0.118	0.116	0.114	0.112	0.108				
							Toplam	E(4,2)=				
AYO=1.50	66.0		0.278	0.279	0.281	0.281	0.279	0.277				
	36.9		1.020	1.050	1.079	1.108	1.134	1.160				
	0.0		1.000	1.000	1.000	1.000	Toplam	E(5,1)=				
	56.3		0.534	0.539	0.543	0.546	0.547	0.546				
	71.6		0.079	0.079	0.079	0.078	0.077	0.075				
							Toplam	E(5,2)=				
AYO=1.75	69.1		0.191	0.193	0.195	0.198	0.199	0.199				
	41.2		0.751	0.786	0.823	0.860	0.898	0.935				
	0.0		1.000	1.000	1.000	1.000	Toplam	E(6,1)=				
	60.3		0.387	0.392	0.398	0.403	0.408	0.411				
	74.1		0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.053				
							Toplam	E(6,2)=				
AYO=2.00	71.6		0.134	0.137	0.140	0.142	0.144	0.145				
	45.0		0.547	0.582	0.619	0.658	0.699	0.741				
	0.0		1.000	1.000	1.000	1.000	Toplam	E(7,1)=				
	63.4		0.283	0.288	0.293	0.299	0.305	0.310				
	76.0		0.037	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038				
							Toplam	E(7,2)=				
AYO=2.25	73.5		0.097	0.100	0.102	0.104	0.106	0.108				
	48.4		0.402	0.433	0.466	0.503	0.542	0.584				
	0.0		1.000	1.000	1.000	1.000	Toplam	E(8,1)=				
	66.0		0.211	0.215	0.220	0.226	0.231	0.237				
	77.5		0.027	0.027	0.028	0.028	0.028	0.028				
							Toplam	E(8,2)=				
AYO=2.50	75.1		0.072	0.074	0.076	0.078	0.080	0.082				
	51.3		0.300	0.326	0.355	0.388	0.423	0.462				
	0.0		1.000	1.000	1.000	1.000	Toplam	E(9,1)=				
	68.2		0.161	0.164	0.168	0.173	0.178	0.183				
	78.7		0.020	0.020	0.020	0.021	0.021	0.021				
							Toplam	E(9,2)=				

Adım 4: ONO kolonuna $E(1)/E(2)$ oranları hesaplanarak girilir.

Adım 5: 1-4 arasındaki adımlar, aralık yükseklik oranının artan değerleri için, orta nokta oranı 0,7'nin altına düşünceye kadar tekrar edilir. 0,7'den daha büyük bir orta nokta oranı değerinin hesaplandığı aralık yükseklik oranının en yüksek değeri nominal aralık yükseklik oranıdır.

2.2.1.2. Doğrusal armatürler için AYO MAKS ve AYO NOM

değerlerinin hesaplanmasında kullanılan tablonun oluşturulması:

Adım 1: Tablo 2.2.b'nin K kolonundaki eksenel ışık şiddetinin 45^0 'deki değerinin, 0^0 'deki değerine oranı bulunur. B değeri, BÇ kolonundaki sütunlardan hangisinin kullanılacağını belirler. Bulunan değer, BÇ kolonunda verilmiş olan sınır değerlerin hangilerinin arasında kalıyorsa, söz konusu kolon kullanılır. Bulunan değer, bir sınır değer tam üzerine düşmüşse, bunun hemen solunda kalan kolon kullanılır.

Adım 2: $AYO=0,50$ için, ikinci kolonda belirlenmiş yükseklik açlarına karşılık gelen HESAP kolonundaki ortalama ışık şiddeti değerleri girilir. Bu değerler Tablo 2.1.b'nin J kolonundaki değerler arasında lineer interpolasyon yapılarak bulunur.

Adım 3: HESAP kolonundaki ışık şiddeti değerleri, BÇ kolonundaki değerler ile çarpılarak bir yandaki kolona yazılır.

Adım 4: $E(1)$ ve $E(2)$ toplamaları hesaplanır.

Adım 5: ONO kolonuna $E(1)/E(2)$ oranları hesaplanarak girilir.

Adım 6: 1-4 arasındaki adımlar, aralık yükseklik oranının artan değerleri için, orta nokta oranı 0,7'nin altına düşünceye kadar tekrar edilir. 0,7'den daha büyük bir orta nokta oranı değerinin hesaplandığı aralık yükseklik oranının en yüksek değeri nominal aralık yükseklik oranıdır.

2.2.2. Maksimum aralık yükseklik oranının belirlenmesi (AYO MAKS):

Yararlanma katsayılarının hesabında maksimum aralık yükseklik oranı değerine ihtiyaç olmamasına rağmen bu değer hesaplanması uygundur. Eğer

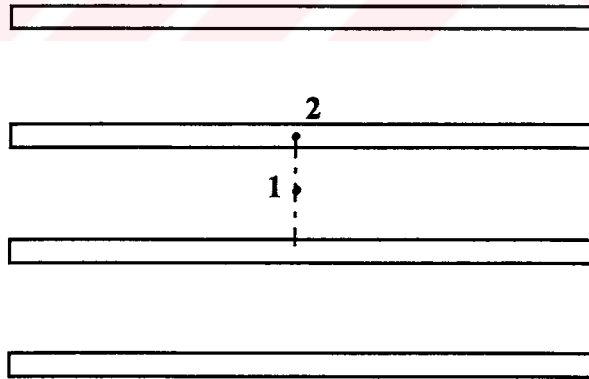
ONO(1), nominal aralık yükseklik oranına karşılık gelen orta nokta oranı ve ONO(2) de , nominal aralık yükseklik oranı+0,25'e karşılık gelen orta nokta oranı ise eşitlik;

$$AYO\ MAKS = AYO\ NOM + \frac{0,25 (ONO(1) - 0,7)}{ONO(1) - ONO(2)} \quad (2.5)$$

şeklinde verilebilir.

2.2.3. Enine maksimum aralık yükseklik oranının belirlenmesi (AYO MAKS E):

Enine maksimum aralık yükseklik oranı (AYO MAKS E), sürekli bandlar halinde doğrusal armatürler kullanıldığında, minimum aydınlık düzeyinin maksimum aydınlık düzeyine oranı olarak 0,7 değerini veren aralık yükseklik oranı değeridir. Bu değerin bulunması için Tablo 2.2.c kullanılır. Hesaplama, Şekil 2.2.'de görüldüğü gibi dört sonsuz uzun armatürün olduğu kabul edilerek ve 1 noktasındaki aydınlık düzeyinin 2 noktasındaki aydınlık düzeyine oranı bulunarak yapılır [3].



Şekil 2.2. Dört sonsuz uzunlukta armatürlerin olduğu kabul edilerek AYO MAKS E'nin hesabı için gerekli noktalar

2.2.3.1. Doğrusal armatürler için AYO MAKS E nin hesaplanmasında kullanılan tablonun oluşturulması:

Adım 1: AYO=0,50 için, ikinci kolonda verilen kesit açılarına karşılık gelen enine düzlemdeki ışık şiddeti değerleri girilir. Bunlar Tablo 2.1.b'deki J kolonundan ya da en kolayı Tablo 2.2.b'nin ilk kolonundan elde edilirler.

Adım 2: HESAP kolonundaki ışık şiddeti değerleri, yanındaki BÇ kolonundaki bölgesel çarpanlar ile çarpılırlar.

Adım 3: E(1) ve E(2) toplamı bulunur. E(1)/E(2) oranı hesaplanarak ONO kolonuna yazılır.

Adım 4: Buraya kadar yapılan işlemler orta nokta oranı 0,7'den az ya da eşit oluncaya kadar, aralık yükseklik oranının artan değerleri için tekrarlanır.

Adım 5: Adım 4'de bulunan son iki aralık yükseklik oranı değerleri için orta nokta oranları arasında lineer interpolasyon yapılarak enine maksimum aralık yükseklik oranı bulunur. Bu durumda eşitlik,

$$AYO\ MAKS\ E = AYO(1) + \frac{0,25 (ONO(1) - 0,7)}{ONO(1) - ONO(2)} \quad (2.6)$$

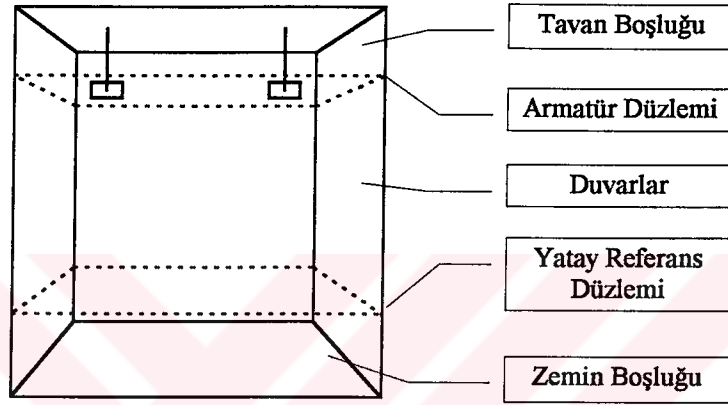
şeklinde verilebilir.

Tablo 2.2.c. Enine maksimum aralık yükseklik oranının belirlenmesi için
kullanılan tablo

Aralık Yükseklik Oranı AYO	Yükseklik Açısı KA	İşik Şiddetleri HESAP	BÇ	HESAPx BÇ	E(L1) / E(L2) ONO
AYO=0.50	36.9 14.0 0.0 26.6 45.0		1.280 1.882 Toplam E(1,1)= 1.000 1.600 0.500 Toplam E(1,2)=		
AYO=0.75	48.4 20.6 0.0 36.9 56.3		0.883 1.753 Toplam E(2,1)= 1.000 1.280 0.308 Toplam E(2,2)=		
AYO=1.00	56.3 26.6 0.0 45.0 63.4		0.615 1.600 Toplam E(3,1)= 1.000 1.000 0.200 Toplam E(3,2)=		
AYO=1.25	61.9 32.0 0.0 51.3 68.2		0.443 1.438 Toplam E(4,1)= 1.000 0.780 0.138 Toplam E(4,2)=		
AYO=1.50	66.0 36.9 0.0 56.3 71.6		0.330 1.280 Toplam E(5,1)= 1.000 0.615 0.100 Toplam E(5,2)=		
AYO=1.75	69.1 41.2 0.0 60.3 74.1		0.253 1.133 Toplam E(6,1)= 1.000 0.492 0.075 Toplam E(6,2)=		
AYO=2.00	71.6 45.0 0.0 63.4 76.0		0.200 1.000 Toplam E(7,1)= 1.000 0.400 0.059 Toplam E(7,2)=		
AYO=2.25	73.5 48.4 0.0 66.0 77.5		0.161 0.883 Toplam E(8,1)= 1.000 0.330 0.047 Toplam E(8,2)=		
AYO=2.50	75.1 51.3 0.0 68.2 78.7		0.133 0.780 Toplam E(9,1)= 1.000 0.276 0.038 Toplam E(9,2)=		
AYO=2.75	76.4 54.0 0.0 70.0 79.7		0.111 0.692 Toplam E(10,1)= 1.000 0.234 0.032 Toplam E(10,2)=		
AYO=3.00	77.5 56.3 0.0 71.6 80.5		0.094 0.615 Toplam E(11,1)= 1.000 0.200 0.027 Toplam E(11,2)=		

2.3. Dağılım Katsayıları:

İlgilenilen yüzey üzerine düşen direkt akı miktarının, lambalardan çıkan toplam lamba ışık akısına oranıdır. Bu katsayının tanımlanması ve hesabı için hacmin üç düzlemden oluştuğu kabul edilir: yatay referans düzlemi, armatür düzlemi ve bu iki düzlem arasındaki duvarlar. Armatürlerin üzerindeki boşluk tavan boşluğu, yatay referans düzleminin altındaki boşluk da zemin boşluğu olarak adlandırılır. Bunlar Şekil 2.3.'de gösterilmiştir [3].



Şekil 2.3. Hacim içerisindeki düzlemler ve boşluklar

Bu boşluklar yatay referans düzlemi ve armatür düzlemi seviyesinde yer alan imajiner düzlemler olarak kabul edilirler. Bu düzlemlerin yansıtmaları, boşlukların etkin yansıtmalarıdır. Bunların hesaplanma yöntemleri Bölüm 4.5. ve Bölüm 4.6.'da verilmiştir.

Zemin için dağılım katsayısı $DK(Z)$, zemine doğrudan ulaşan akının toplam çıplak lamba akısına oranıdır. Buna benzer olarak $DK(D)$ ve $DK(T)$, duvarlardaki ve tavan boşluğundaki dağılım katsayılarıdır.

$DK(Z)$ 'yi bulmak için, bölgesel çarpanlar kullanılır. Bölgesel çarpanların bulunması Ek D'de verilmiştir. $DK(Z)$ 'nin hesaplanması için Tablo 2.3.a kullanılır:

Tablo 2.3.a. Noktasal armatürler için dağılım katsayılarının hesaplandığı
tablo

[illegible]

2.3.1. Noktasal armatürler için dağılım katsayılarının hesaplandığı tablonun oluşturulması:

Adım 1: Tablo 2.1.a veya 2.1.b'nin H kolonundaki bölgesel akılar Tablo 2.3.a'nın H kolonuna aktarılır.

Adım 2: Her oda indisi için, armatürün daha önce hesaplanmış nominal aralık yükseklik oranı değerine karşılık gelen bölgesel çarpan değerleri Tablo 2.3.a'nın BÇ kolonuna taşınır. Bütün BÇ değerlerinin yer aldığı çizelge Tablo 2.3.c'de verilmiştir.

Adım 3: H ve B kolonundaki değerler çarpılarak HxB kolonuna yazılır.

Adım 4: HxB kolonundaki değerler toplanarak aşağıdaki C satırına yazılır.

Adım 5: Bu bulunan değerlere bağlı olarak zemin, duvar ve tavan için DK(Z), DK(D) ve DK(T) değerleri, verilen formüllerden hesaplanabilir.

2.4. Yararlanma Katsayıları:

Bundan önceki bölümlerde, zemin boşluğu, duvarlar ve tavan boşluğuna direkt olarak ulaşan toplam çıplak lamba ışık akılarının oranı hesaplanmıştı. Bundan sonra ise transfer katsayıları kullanılarak iç yansıtımlar da hesaba katılacak ve yararlanma katsayıları bulunacaktır.

Burada transfer katsayılarını açıklamak gerekir. Örneğin, duvarlardan zemin boşluğuna transfer katsayısı $TK(D,Z)$; sadece duvarlar doğrudan aydınlatıldıklarında zemin boşluğundaki toplam ışık akısının, duvarlardaki direkt ışık akısına oranıdır. Bu değerler için 4a, 4b, 4c ve 4d tabloları kullanılır. Transfer katsayılarının hesaplanması Ek C'de verilmiştir. Duvar dağılım katsayısı ile duvardan zemine transfer katsayısının çarpımıyla ($DK(D) \times TK(D,Z)$), ışığın duvarlardan yansması sonucu zemine ulaşan ışık akısı hesaplanabilir. Ancak $TK(D,Z)$ birden küçüktür, aynı şey tavan boşluğundan zemin boşluğuna olan transfer katsayısı $TK(T,Z)$ için de geçerlidir. Zemin boşluğundaki toplam ışık akısı, direkt ışık akısını da içerdiğinden, zeminden tekrar zemin boşluğuna transfer katsayısı $TK(Z,Z)$, birden daha büyük veya bire eşittir.

Doğrudan tavan boşluğuna düştükten sonra zemin boşluğuna ulaşan ışık akısı oranı $DK(T) \times TK(T,Z)$ ve zemin boşluğuna direkt düşen ışık akısı oranı

$DK(Z) \times TK(Z,Z)$ olur. O halde zemin boşluğuna ait yararlanma katsayısı $YK(Z)$ bu çarpımların toplanmasıyla elde edilir.

$$YK(Z) = DK(Z) \times TK(Z,Z) + DK(D) \times TK(D,Z) + DK(T) \times TK(T,Z) \quad (2.7)$$

Benzer olarak $YK(D)$, $YK(T)$ değerleri,

$$YK(D) = DK(Z) \times TK(Z,D) + DK(D) \times TK(D,D) + DK(T) \times TK(T,D) \quad (2.8)$$

$$YK(T) = DK(Z) \times TK(Z,T) + DK(D) \times TK(D,T) + DK(T) \times TK(T,T) \quad (2.9)$$

denklemleriyle hesaplanabilir.

2.4.1. Yararlanma katsayılarının hesaplanması için gerekli olan son aşama tablolarının oluşturulması:

Adım 1: Zemine, duvarlara ve tavana ait yararlanma katsayılarının belirlenmesi için uygun tablolar (Bunlar 4a-4d, 4e-4h veya 4i-4l gruplarıdır) seçilir. Tablo 2.3.a'dan elde edilen dağılım katsayıları değerleri, yeni tablolarda oda indislerine göre uygun boşluklara yazılır.

Adım 2: Her dağılım katsayısı değeri, kendisiyle ilişkili olan transfer katsayıları ile çarpılır ve alttaki boşluğa toplam değer yazılır. Burada bulunan değerler zemin, duvarlar ve tavan yararlanma katsayılarıdır ($YK(Z)$, $YK(D)$ ve $YK(T)$).

Tablo 2.4.d. YZ=0,3 değeri için zemin yararlanma katsayısının hesaplanacağı tablo

YANSITMA KATSAYILARI				ODA İNDİSİ (Oİ)								
YT	YD	YZ		0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
			DK(Z)									
			DK(D)									
			DK(T)									
0.7	0.5	0.3	TK(Z,Z)	1.084	1.104	1.121	1.135	1.157	1.172	1.184	1.200	1.211
			TK(D,Z)	0.244	0.284	0.315	0.339	0.374	0.398	0.416	0.440	0.456
			TK(T,Z)	0.359	0.437	0.497	0.542	0.608	0.653	0.685	0.729	0.757
			YK(Z)									
0.7	0.3	0.3	TK(Z,Z)	1.053	1.072	1.088	1.103	1.127	1.144	1.158	1.179	1.192
			TK(D,Z)	0.121	0.144	0.163	0.178	0.201	0.217	0.230	0.247	0.259
			TK(T,Z)	0.293	0.371	0.431	0.479	0.550	0.600	0.637	0.688	0.722
			YK(Z)									
0.7	0.1	0.3	TK(Z,Z)	1.031	1.047	1.063	1.078	1.102	1.121	1.137	1.160	1.176
			TK(D,Z)	0.034	0.042	0.048	0.053	0.061	0.066	0.071	0.077	0.082
			TK(T,Z)	0.247	0.322	0.381	0.430	0.503	0.556	0.596	0.653	0.690
			YK(Z)									
0.5	0.5	0.3	TK(Z,Z)	1.069	1.082	1.092	1.101	1.114	1.123	1.130	1.139	1.146
			TK(D,Z)	0.222	0.255	0.279	0.297	0.323	0.341	0.354	0.372	0.383
			TK(T,Z)	0.247	0.299	0.338	0.369	0.411	0.440	0.461	0.489	0.507
			YK(Z)									
0.5	0.3	0.3	TK(Z,Z)	1.042	1.055	1.066	1.076	1.091	1.102	1.111	1.124	1.132
			TK(D,Z)	0.112	0.132	0.147	0.158	0.176	0.188	0.198	0.210	0.219
			TK(T,Z)	0.205	0.258	0.298	0.330	0.377	0.410	0.433	0.466	0.487
			YK(Z)									
0.5	0.1	0.3	TK(Z,Z)	1.023	1.035	1.046	1.056	1.072	1.085	1.095	1.110	1.120
			TK(D,Z)	0.032	0.038	0.043	0.048	0.054	0.058	0.062	0.066	0.070
			TK(T,Z)	0.175	0.226	0.267	0.300	0.349	0.383	0.409	0.445	0.469
			YK(Z)									
0.3	0.5	0.3	TK(Z,Z)	1.055	1.061	1.066	1.070	1.075	1.079	1.081	1.085	1.088
			TK(D,Z)	0.202	0.228	0.246	0.259	0.278	0.290	0.299	0.311	0.319
			TK(T,Z)	0.143	0.172	0.194	0.211	0.234	0.250	0.262	0.277	0.286
			YK(Z)									
0.3	0.3	0.3	TK(Z,Z)	1.033	1.040	1.046	1.050	1.058	1.064	1.068	1.074	1.078
			TK(D,Z)	0.103	0.119	0.131	0.140	0.153	0.162	0.168	0.177	0.183
			TK(T,Z)	0.120	0.150	0.174	0.192	0.218	0.235	0.248	0.266	0.277
			YK(Z)									
0.3	0.1	0.3	TK(Z,Z)	1.016	1.023	1.029	1.035	1.044	1.051	1.056	1.064	1.070
			TK(D,Z)	0.030	0.035	0.039	0.042	0.047	0.050	0.053	0.056	0.059
			TK(T,Z)	0.104	0.134	0.157	0.176	0.203	0.222	0.236	0.256	0.268
			YK(Z)									

Tablo 2.4.g. YZ=0,2 değeri için duvar yararlanma katsayısının hesaplanacağı tablo

YANSITMA KATSAYILARI				ODA İNDİSİ (Oİ)								
YT	YD	YZ		0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
			DK(Z)									
			DK(D)									
			DK(T)									
0.7	0.5	0.2	TK(Z,D)	0.253	0.220	0.194	0.173	0.142	0.121	0.105	0.083	0.068
			TK(D,D)	1.497	1.422	1.367	1.324	1.265	1.224	1.195	1.155	1.129
			TK(T,D)	0.769	0.646	0.555	0.486	0.389	0.324	0.277	0.215	0.176
			YK(D)									
0.7	0.3	0.2	TK(Z,D)	0.211	0.188	0.169	0.153	0.129	0.111	0.097	0.078	0.065
			TK(D,D)	1.249	1.217	1.192	1.172	1.144	1.123	1.108	1.088	1.074
			TK(T,D)	0.642	0.553	0.484	0.430	0.351	0.297	0.257	0.203	0.168
			YK(D)									
0.7	0.1	0.2	TK(Z,D)	0.181	0.164	0.150	0.137	0.117	0.102	0.090	0.073	0.062
			TK(D,D)	1.071	1.063	1.057	1.052	1.044	1.038	1.034	1.028	1.023
			TK(T,D)	0.550	0.483	0.429	0.386	0.321	0.274	0.240	0.192	0.160
			YK(D)									
0.5	0.5	0.2	TK(Z,D)	0.232	0.198	0.173	0.153	0.125	0.150	0.091	0.071	0.058
			TK(D,D)	1.453	1.381	1.329	1.290	1.235	1.198	1.172	1.137	1.114
			TK(T,D)	0.531	0.445	0.382	0.334	0.267	0.222	0.190	0.147	0.121
			YK(D)									
0.5	0.3	0.2	TK(Z,D)	0.196	0.172	0.153	0.137	0.114	0.097	0.085	0.067	0.056
			TK(D,D)	1.230	1.198	1.174	1.156	1.129	1.110	1.097	1.078	1.065
			TK(T,D)	0.450	0.386	0.337	0.299	0.244	0.205	0.178	0.140	0.115
			YK(D)									
0.5	0.1	0.2	TK(Z,D)	0.170	0.152	0.137	0.124	0.105	0.090	0.080	0.064	0.054
			TK(D,D)	1.067	1.058	1.052	1.047	1.040	1.034	1.030	1.025	1.021
			TK(T,D)	0.390	0.341	0.302	0.271	0.224	0.191	0.167	0.133	0.110
			YK(D)									
0.3	0.5	0.2	TK(Z,D)	0.212	0.178	0.154	0.135	0.108	0.090	0.078	0.060	0.050
			TK(D,D)	1.412	1.341	1.294	1.258	1.208	1.175	1.151	1.120	1.100
			TK(T,D)	0.308	0.258	0.221	0.193	0.154	0.128	0.109	0.085	0.069
			YK(D)									
0.3	0.3	0.2	TK(Z,D)	0.182	0.157	0.138	0.122	0.100	0.085	0.073	0.058	0.048
			TK(D,D)	1.212	1.181	1.158	1.140	1.115	1.098	1.086	1.069	1.058
			TK(T,D)	0.265	0.227	0.198	0.175	0.142	0.120	0.103	0.081	0.067
			YK(D)									
0.3	0.1	0.2	TK(Z,D)	0.159	0.140	0.125	0.112	0.093	0.079	0.069	0.055	0.046
			TK(D,D)	1.062	1.054	1.048	1.043	1.036	1.031	1.027	1.022	1.019
			TK(T,D)	0.232	0.202	0.179	0.160	0.132	0.112	0.098	0.077	0.064
			YK(D)									

Tablo 2.4.h. YZ=0,3 değeri için duvar yararlanma katsayısının hesaplanacağı tablo

YANSITMA KATSAYILARI				ODA İNDİSİ (Oİ)								
YT	YD	YZ		0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
			DK(Z)									
			DK(D)									
			DK(T)									
0.7	0.5	0.3	TK(Z,D)	0.390	0.341	0.303	0.271	0.224	0.191	0.166	0.132	0.110
			TK(D,D)	1.528	1.453	1.397	1.354	1.291	1.248	1.216	1.173	1.145
			TK(T,D)	0.815	0.694	0.603	0.533	0.432	0.363	0.313	0.246	0.202
			YK(D)									
0.7	0.3	0.3	TK(Z,D)	0.322	0.289	0.261	0.238	0.201	0.174	0.153	0.124	0.104
			TK(D,D)	1.262	1.230	1.206	1.186	1.157	1.135	1.120	1.097	1.082
			TK(T,D)	0.673	0.588	0.520	0.467	0.387	0.330	0.288	0.230	0.191
			YK(D)									
0.7	0.1	0.3	TK(Z,D)	0.274	0.251	0.230	0.211	0.182	0.159	0.142	0.116	0.098
			TK(D,D)	1.074	1.067	1.060	1.055	1.047	1.041	1.037	1.030	1.026
			TK(T,D)	0.573	0.509	0.458	0.415	0.350	0.303	0.267	0.216	0.181
			YK(D)									
0.5	0.5	0.3	TK(Z,D)	0.355	0.306	0.268	0.238	0.194	0.164	0.142	0.112	0.092
			TK(D,D)	1.479	1.406	1.353	1.313	1.255	1.216	1.188	1.150	1.125
			TK(T,D)	0.560	0.475	0.411	0.362	0.292	0.245	0.211	0.165	0.135
			YK(D)									
0.5	0.3	0.3	TK(Z,D)	0.298	0.263	0.235	0.211	0.176	0.151	0.132	0.105	0.088
			TK(D,D)	1.241	1.210	1.186	1.167	1.139	1.119	1.105	1.085	1.071
			TK(T,D)	0.470	0.408	0.360	0.322	0.265	0.225	0.196	0.155	0.129
			YK(D)									
0.5	0.1	0.3	TK(Z,D)	0.257	0.231	0.209	0.190	0.161	0.140	0.123	0.100	0.084
			TK(D,D)	1.069	1.061	1.055	1.050	1.042	1.037	1.033	1.027	1.023
			TK(T,D)	0.405	0.358	0.320	0.290	0.243	0.209	0.183	0.147	0.123
			YK(D)									
0.3	0.5	0.3	TK(Z,D)	0.324	0.273	0.236	0.207	0.167	0.139	0.120	0.093	0.076
			TK(D,D)	1.434	1.363	1.312	1.275	1.223	1.188	1.163	1.129	1.108
			TK(T,D)	0.324	0.273	0.236	0.207	0.167	0.139	0.120	0.093	0.076
			YK(D)									
0.3	0.3	0.3	TK(Z,D)	0.276	0.238	0.210	0.187	0.153	0.129	0.112	0.089	0.073
			TK(D,D)	1.222	1.190	1.167	1.149	1.123	1.105	1.092	1.074	1.062
			TK(T,D)	0.276	0.238	0.210	0.187	0.153	0.129	0.112	0.089	0.073
			YK(D)									
0.3	0.1	0.3	TK(Z,D)	0.240	0.212	0.189	0.170	0.141	0.121	0.106	0.085	0.070
			TK(D,D)	1.064	1.056	1.050	1.045	1.038	1.033	1.029	1.023	1.020
			TK(T,D)	0.240	0.212	0.189	0.170	0.141	0.121	0.106	0.085	0.070
			YK(D)									

Tablo 2.4.j. YZ=0,1 değeri için tavan yararlanma katsayısının hesaplanacağı tablo

YANSITMA KATSAYILARI			ODA İNDİSİ (σ)									
YT	YD	YZ		0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
			DK(Z)									
			DK(D)									
			DK(T)									
0.7	0.5	0.1	TK(Z,T)	0.049	0.058	0.066	0.071	0.079	0.084	0.087	0.092	0.095
			TK(D,T)	0.195	0.215	0.228	0.237	0.250	0.257	0.263	0.270	0.274
			TK(T,T)	1.103	1.105	1.104	1.102	1.099	1.096	1.094	1.090	1.088
			YK(T)									
0.7	0.3	0.1	TK(Z,T)	0.040	0.051	0.058	0.064	0.072	0.078	0.082	0.088	0.091
			TK(D,T)	0.098	0.111	0.120	0.127	0.137	0.143	0.147	0.153	0.157
			TK(T,T)	1.056	1.060	1.063	1.065	1.067	1.069	1.070	1.071	1.072
			YK(T)									
0.7	0.1	0.1	TK(Z,T)	0.035	0.045	0.052	0.058	0.067	0.074	0.078	0.084	0.088
			TK(D,T)	0.028	0.033	0.036	0.038	0.042	0.044	0.046	0.049	0.050
			TK(T,T)	1.021	1.026	1.031	1.035	1.041	1.045	1.049	1.054	1.057
			YK(T)									
0.5	0.5	0.1	TK(Z,T)	0.047	0.057	0.064	0.069	0.076	0.081	0.085	0.089	0.092
			TK(D,T)	0.189	0.208	0.221	0.231	0.243	0.251	0.256	0.263	0.268
			TK(T,T)	1.072	1.073	1.072	1.071	1.069	1.067	1.065	1.063	1.061
			YK(T)									
0.5	0.3	0.1	TK(Z,T)	0.040	0.050	0.057	0.063	0.071	0.077	0.081	0.086	0.090
			TK(D,T)	0.097	0.109	0.118	0.125	0.134	0.140	0.145	0.150	0.154
			TK(T,T)	1.039	1.042	1.044	1.045	1.047	1.048	1.049	1.050	1.050
			YK(T)									
0.5	0.1	0.1	TK(Z,T)	0.034	0.044	0.052	0.058	0.067	0.073	0.077	0.083	0.087
			TK(D,T)	0.028	0.032	0.036	0.038	0.041	0.044	0.045	0.048	0.049
			TK(T,T)	1.015	1.019	1.022	1.024	1.029	1.032	1.034	1.038	1.040
			YK(T)									
0.3	0.5	0.1	TK(Z,T)	0.046	0.055	0.062	0.067	0.074	0.079	0.083	0.087	0.090
			TK(D,T)	0.184	0.202	0.215	0.224	0.236	0.244	0.249	0.257	0.261
			TK(T,T)	1.042	1.042	1.042	1.041	1.040	1.039	1.038	1.037	1.036
			YK(T)									
0.3	0.3	0.1	TK(Z,T)	0.039	0.049	0.056	0.062	0.070	0.075	0.079	0.084	0.088
			TK(D,T)	0.095	0.108	0.116	0.123	0.132	0.137	0.142	0.147	0.151
			TK(T,T)	1.023	1.025	1.026	1.027	1.028	1.028	1.029	1.029	1.030
			YK(T)									
0.3	0.1	0.1	TK(Z,T)	0.034	0.044	0.051	0.057	0.066	0.072	0.076	0.082	0.086
			TK(D,T)	0.028	0.032	0.035	0.038	0.041	0.043	0.045	0.047	0.049
			TK(T,T)	1.009	1.011	1.013	1.015	1.017	1.019	1.020	1.022	1.024
			YK(T)									

Tablo 2.4.k. YZ=0,2 değeri için tavan yararlanma katsayısının hesaplanacağı tablo

YANSITMA KATSAYILARI				ODA İNDİSİ (Oİ)								
YT	YD	YZ		0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
			DK(Z)									
			DK(D)									
			DK(T)									
0.7	0.5	0.2	TK(Z,T)	0.100	0.121	0.136	0.148	0.165	0.176	0.184	0.195	0.202
			TK(D,T)	0.206	0.231	0.248	0.260	0.278	0.289	0.297	0.308	0.315
			TK(T,T)	1.120	1.130	1.135	1.139	1.145	1.148	1.150	1.153	1.155
			YK(T)									
0.7	0.3	0.2	TK(Z,T)	0.082	0.103	0.120	0.132	0.151	0.164	0.173	0.186	0.194
			TK(D,T)	0.103	0.118	0.130	0.138	0.151	0.159	0.165	0.174	0.180
			TK(T,T)	1.068	1.079	1.087	1.095	1.106	1.114	1.120	1.128	1.134
			YK(T)									
0.7	0.1	0.2	TK(Z,T)	0.070	0.090	0.107	0.120	0.139	0.153	0.163	0.177	0.186
			TK(D,T)	0.029	0.034	0.038	0.041	0.046	0.049	0.051	0.055	0.057
			TK(T,T)	1.030	1.040	1.050	1.059	1.073	1.084	1.093	1.106	1.115
			YK(T)									
0.5	0.5	0.2	TK(Z,T)	0.096	0.116	0.131	0.143	0.159	0.169	0.177	0.187	0.193
			TK(D,T)	0.199	0.222	0.239	0.250	0.267	0.277	0.285	0.295	0.301
			TK(T,T)	1.083	1.089	1.093	1.096	1.099	1.101	1.103	1.105	1.106
			YK(T)									
0.5	0.3	0.2	TK(Z,T)	0.081	0.101	0.117	0.129	0.146	0.158	0.167	0.179	0.187
			TK(D,T)	0.101	0.116	0.126	0.135	0.146	0.154	0.160	0.168	0.173
			TK(T,T)	1.047	1.055	1.061	1.066	1.073	1.079	1.083	1.088	1.092
			YK(T)									
0.5	0.1	0.2	TK(Z,T)	0.069	0.089	0.105	0.118	0.136	0.149	0.159	0.172	0.180
			TK(D,T)	0.029	0.034	0.038	0.041	0.045	0.048	0.050	0.053	0.055
			TK(T,T)	1.021	1.029	1.035	1.041	1.051	1.059	1.065	1.073	1.079
			YK(T)									
0.3	0.5	0.2	TK(Z,T)	0.093	0.112	0.127	0.137	0.153	0.163	0.170	0.179	0.185
			TK(D,T)	0.193	0.215	0.230	0.241	0.256	0.266	0.274	0.283	0.289
			TK(T,T)	1.048	1.052	1.054	1.055	1.057	1.058	1.059	1.060	1.061
			YK(T)									
0.3	0.3	0.2	TK(Z,T)	0.079	0.099	0.114	0.126	0.142	0.154	0.162	0.173	0.180
			TK(D,T)	0.099	0.113	0.123	0.131	0.142	0.149	0.155	0.162	0.167
			TK(T,T)	1.028	1.032	1.036	1.038	1.043	1.046	1.048	1.051	1.053
			YK(T)									
0.3	0.1	0.2	TK(Z,T)	0.069	0.088	0.104	0.116	0.133	0.146	0.155	0.167	0.175
			TK(D,T)	0.029	0.034	0.037	0.040	0.044	0.047	0.049	0.052	0.054
			TK(T,T)	1.013	1.017	1.021	1.024	1.030	1.035	1.038	1.043	1.046
			YK(T)									

YANSITMA KATSAYILARI				ODA İNDİSİ (Oİ)								
YT	YD	YZ		0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
			DK(Z)									
			DK(D)									
			DK(T)									
0.7	0.5	0.3	TK(Z,T)	0.154	0.187	0.213	0.232	0.261	0.280	0.294	0.312	0.324
			TK(D,T)	0.218	0.248	0.269	0.285	0.308	0.324	0.335	0.351	0.361
			TK(T,T)	1.138	1.156	1.169	1.180	1.195	1.205	1.213	1.224	1.231
			YK(T)									
0.7	0.3	0.3	TK(Z,T)	0.126	0.159	0.185	0.205	0.236	0.257	0.273	0.295	0.309
			TK(D,T)	0.108	0.126	0.139	0.150	0.166	0.177	0.185	0.197	0.205
			TK(T,T)	1.080	1.098	1.113	1.126	1.147	1.163	1.175	1.192	1.204
			YK(T)									
0.7	0.1	0.3	TK(Z,T)	0.106	0.138	0.163	0.184	0.216	0.238	0.256	0.280	0.296
			TK(D,T)	0.031	0.036	0.041	0.045	0.050	0.054	0.057	0.062	0.065
			TK(T,T)	1.038	1.055	1.071	1.085	1.108	1.127	1.142	1.164	1.179
			YK(T)									
0.5	0.5	0.3	TK(Z,T)	0.148	0.179	0.203	0.221	0.247	0.264	0.277	0.293	0.304
			TK(D,T)	0.210	0.237	0.257	0.272	0.292	0.306	0.316	0.330	0.338
			TK(T,T)	1.095	1.107	1.115	1.122	1.132	1.139	1.144	1.151	1.155
			YK(T)									
0.5	0.3	0.3	TK(Z,T)	0.123	0.155	0.179	0.198	0.226	0.246	0.260	0.280	0.292
			TK(D,T)	0.106	0.122	0.135	0.145	0.159	0.169	0.176	0.187	0.193
			TK(T,T)	1.056	1.068	1.078	1.087	1.101	1.111	1.119	1.130	1.138
			YK(T)									
0.5	0.1	0.3	TK(Z,T)	0.105	0.136	0.160	0.180	0.209	0.230	0.246	0.267	0.281
			TK(D,T)	0.030	0.036	0.040	0.043	0.049	0.052	0.055	0.059	0.062
			TK(T,T)	1.027	1.039	1.049	1.059	1.075	1.087	1.097	1.112	1.122
			YK(T)									
0.3	0.5	0.3	TK(Z,T)	0.143	0.172	0.194	0.211	0.234	0.250	0.262	0.277	0.286
			TK(D,T)	0.202	0.228	0.246	0.259	0.278	0.290	0.299	0.311	0.319
			TK(T,T)	1.055	1.061	1.066	1.070	1.075	1.079	1.081	1.085	1.088
			YK(T)									
0.3	0.3	0.3	TK(Z,T)	0.120	0.150	0.174	0.192	0.218	0.235	0.248	0.266	0.277
			TK(D,T)	0.103	0.119	0.131	0.140	0.153	0.162	0.168	0.177	0.183
			TK(T,T)	1.033	1.040	1.046	1.050	1.058	1.064	1.068	1.074	1.078
			YK(T)									
0.3	0.1	0.3	TK(Z,T)	0.104	0.134	0.157	0.176	0.203	0.222	0.236	0.256	0.268
			TK(D,T)	0.030	0.035	0.039	0.042	0.047	0.050	0.053	0.056	0.059
			TK(T,T)	1.016	1.023	1.029	1.035	1.044	1.051	1.056	1.064	1.070
			YK(T)									

2.4.2. Yararlanma katsayılarının sunulduğu standart tablonun oluşturulması:

Bu yararlanma katsayılarının sunulduğu standart bir tablodur. Burada hacmin yansıtma katsayılarına ve standart oda indislerine bağlı olarak bulunmuş yararlanma katsayıları verilir.

Bu tablo iç aydınlatma tesisatlarında kullanılan armatürler için uygundur. Işıklı tavanlar için ise uygun değildir [3].

Tablo 2.5. Yararlanma katsayılarının sunulduğu standart tablo

YANSIMA KATSAYILARI			AYO NOM=							
TAVAN	DUVAR	ZEMİN	ODA İNDİSİ							
T	D	Z	0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	5.00
0.7	0.5 0.3 0.1	0.2								
0.5	0.5 0.3 0.1	0.2								
0.3	0.5 0.3 0.1	0.2								
0	0	0								

Işıklı tavanlarda da hesaplama yöntemi aynıdır. Fakat Tablo 2.1.a'da 90 derecenin üzerindeki ölçümler yapılamadığı için buna ait tablolar da yeniden düzenlenmelidir. Farklı olan bir diğer husus da, tavan dağılım katsayısı $DK(T)$ 'nin sıfır olmasıdır. Çünkü yukarı doğru ışık çıktı oranı YICO sıfıra eşittir. Dolayısıyla yararlanma katsayılarının hesabında sadece zemin dağılım katsayısı $DK(Z)$ ve duvar dağılım katsayısı $DK(D)$ 'li terimler vardır.

BÖLÜM 3

DİĞER ULUSLARARASI KODLAR VE HESAPLAR

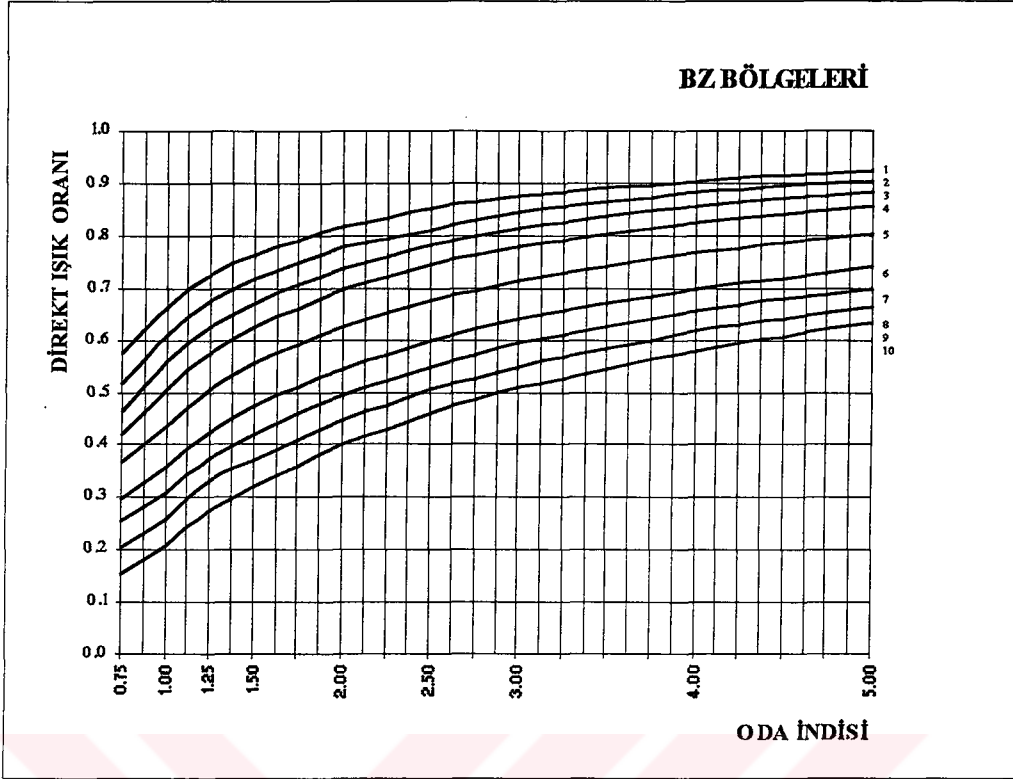
Bu bölüm bulunabilen kaynaklar sonucu, aydınlatma projelerinde en çok kullanılan standartları ele almaktadır. Bu bölüme değinilmesinin amacı, bu tezde kullanılan İngiliz standartlarındaki hesaplama yöntemlerinin, örnek olarak alınan birkaç ülke standartlarındaki hesaplama yöntemleriyle karşılaştırılmasıdır.

3.1. BZ Sınıflandırması:

BZ sınıflandırması, yararlanma katsayılarının hesabında kolaylık sağlamak için İngiliz standartlarında geliştirilmiştir. Bu sınıflandırmada kullanılan kriter direkt ışık oranıdır[3]. Yani oda indisi ve aralık yükseklik oranı için zemine ait dağılım katsayısının aşağı-doğru ışık çıktı oranına bölümüdür. Bu oran bir uygulamada armatürlerden aşağı-doğru çıkan ışık akısının zemin boşluğuna direkt varan kısmının oranıdır.

Tablo 3.1. Oda indisine bağlı olarak direkt ışık oranının değerleri

	BZ1	BZ2	BZ3	BZ4	BZ5	BZ6	BZ7	BZ8	BZ9	BZ10
0.75	0.154	0.204	0.253	0.297	0.367	0.422	0.462	0.517	0.577	
1.00	0.208	0.260	0.310	0.358	0.435	0.507	0.558	0.611	0.666	
1.25	0.274	0.332	0.374	0.424	0.504	0.576	0.624	0.674	0.724	
1.50	0.322	0.371	0.422	0.473	0.555	0.626	0.673	0.719	0.764	
2.00	0.400	0.446	0.494	0.545	0.626	0.697	0.739	0.780	0.818	
2.50	0.461	0.504	0.550	0.599	0.677	0.746	0.784	0.812	0.852	
3.00	0.509	0.550	0.593	0.641	0.716	0.781	0.816	0.847	0.875	
4.00	0.581	0.617	0.656	0.699	0.769	0.828	0.858	0.883	0.905	
5.00	0.633	0.665	0.700	0.740	0.804	0.858	0.884	0.905	0.924	



Şekil 3.1. Oda indisine bağlı olarak direkt ışık oranının değişimi ve BZ bölgeleri

Bir armatürün oda indisine bağlı olarak direkt ışık oranının değişim grafiği çizilebilir. Bu da BZ sınıflandırmasındaki grafiklerle ve BZ bölgeleri ile karşılaştırılabilir. Bu değerler Tablo 3.1.'de verilmiş, eğriler ve bölgeler ise Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Bu yöntem tesisatın sınıflandırması için kullanılır.

Armatürler için $DK(Z)$ 'lerin hesaplanmasında kullanılan fotometrik veriler, Bölüm 2'de anlatılan yöntemler kullanılarak belirlenir. Bunlardan her oda indisi için direkt ışık oranı zemin dağılım katsayılarının aşağı-doğru ışık çıktı oranına bölünmesiyle bulunur. Bu değerler daha sonra Tablo 3.1.'deki referans değerler ile veya Şekil 3.1.'deki eğriler ile karşılaştırılır. Eğri hangi bölgede bulunuyorsa, BZ bölge numarası da bulunmuş olur.

Oda indisine bağlı olarak değişen BZ bölge numarası şu şekilde gösterilir: Örneğin, bir armatür oda indisinin 0,75 ile 2,00 değerleri arasında BZ5'de, 2,00'den daha büyük değerler için BZ4'de bulunuyorsa, BZ5 / 2,00 / BZ4 şeklinde gösterilir.

3.2. CIE Işık Akısı Kodu:

Ortalama aydınlık düzeyinin hesaplanması için kullanılan ve armatürün ışık dağılım eğrisini belirleyen CIE yöntemi iki kısımdan oluşmaktadır[3]:

1) Temel Yöntem : Temel CIE Yöntemi

2) Uygulanan Yöntem : Yararlanma katsayılarını hesaplamak için temel metodun kısaltılmış bir şeklidir.

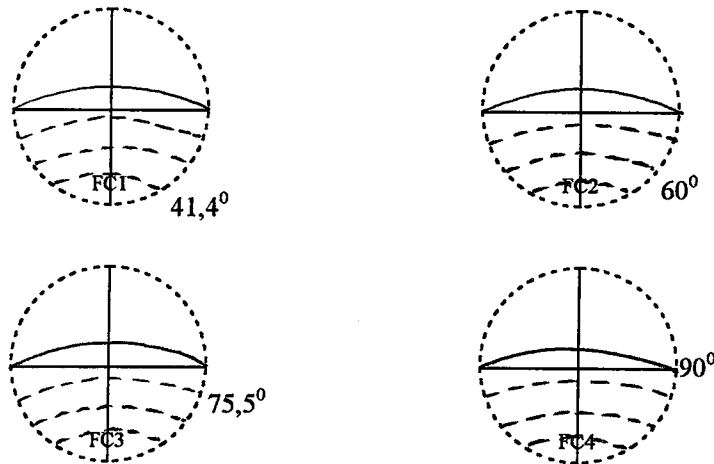
CIE yöntemi, bu çalışmadaki yöntem gibi temel yansıma teorisi üzerine oturtulmuştur. Ancak verilerin sunuluş yolu farklıdır. CIE yöntemi direkt ışık akısının hesaplanması yönteminde farklılık göstermektedir.

CIE yönteminde armatürün aşağı-doğru ışık şiddeti dağılımı polinom bir form olarak verilir.

$$I(\theta) = a + b \cdot \cos\theta + c \cdot \cos^2\theta + d \cdot \cos^3\theta + \dots \quad (3.1)$$

Burada θ yükseklik açısıdır.

Birbirinin üstüne düşen dört bölgede (Bkz. Şekil 3.2) gerçek dağılımı ile polinomdan elde edilen ışık şiddetleri, birbirinin aynı olacak şekilde a , b , c , d katsayılarının değerleri hesaplanır.



Şekil 3.2. Alt yarımkürede CIE toplanmış ışık akısı bölgeleri

Polinom gerçek bir dağılımı tam olarak göstermese de, dört noktadaki toplanmış (kümülatif) akı daima doğru olacaktır. Polinom zemin boşluğu, duvarlar ve tavan boşluğuna akı transferinin miktarı için hassas bir formülün geliştirilmesini mümkün kılar. Toplanmış ışık akıları FC1, FC2, FC3 ve FC4 olarak gösterilebilir. Bu dört bölgesel ışık akısına ek olarak armatürün ürettiği F olarak gösterilen toplam ışık akısı gereklidir.

FC1 : 0'dan 40 dereceye kadar olan bölgelerin ışık akılarının toplamıdır.

FC2 : 0'dan 60 dereceye kadar olan bölgelerin ışık akılarının toplamıdır.

FC3 : 0'dan 70 dereceye kadar olan bölgelerin ışık akılarının toplamıdır.

FC4 : 0'dan 90 dereceye kadar olan bölgelerin ışık akılarının toplamıdır.

F : 0'dan 180 dereceye kadar olan bölgelerin ışık akılarının toplamıdır.
(Toplam ışık akısı).

Tablo 3.2. CIE toplanmış ışık akısı bölgeleri

Bölge	Işık Akısı	Yükseklik Açısı	Üç Boyutlu Açı (Steradyan)
1	FC1	$0^0 - 41.4^0$	$0 - \pi/2$
2	FC2	$0^0 - 60^0$	$0 - \pi$
3	FC3	$0^0 - 75.5^0$	$0 - 3\pi/2$
4	FC4	$0^0 - 90^0$	$0 - 2\pi$
5	F	$0^0 - 180^0$	$0 - 4\pi$

Tablo 3.2'de görülen yükseklik açılarının değerleri, uzay açısı tablosundaki değere eşitken, koninin göstermiş olduğu tepe açısıdır. FC1 değeri ise 20 derecedeki uzay açısı değeri ile ışık şiddetinin çarpımı sonucu elde edilir.

Bu yöntemde beş bağıl ışık akısı değerinin aşağıdaki şekilde kullanılması önerilmektedir.

$$N1=FC1/FC4$$

(3.2)

$$N2=FC2/FC4 \quad (3.3)$$

$$N3=FC3/FC4 \quad (3.4)$$

$$N4=FC4/F \quad (3.5)$$

$$N5=\text{Armatürün ışık çıktı oranı} \quad (3.6)$$

Akı kodu olarak bilinen bu değerler, armatürün özelliklerini belirlemektedir. Bunlar iki haneli ondalık sayılardır. Gösterimde ondalık noktası konulmadan, tek sıra halinde, örneğin N1 N2 N3 N4 N5 olarak verilir. Eğer bir kod;

23 35 70 75 50

şeklinde verilmişse şunu göstermektedir:

N1=0.23 N2=0.35 N3=0.70 N4=0.75 N5=ICO=0.50

3.3. LİTG Standartlarında Aydınlatma Hesabı:

Aydınlatma hesaplamasında yaklaşık %10'luk bir hata payı konulmalıdır. Ölçülen değerler için ise bu pay %3'dür[4]. Planlamada gerekli olan veriler şunlardır:

- Hacimlere ait planlar, hacim boyutları,
- Tavan yapısının detayları,
- Hacme ait üç düzlemin (duvarlar, tavan ve zemin) ve mobilyaların rengi,
- Hacmin kullanım amacı, söz konusu olan görsel işler,
- Mobilya veya makinaların yerleşim planları,
- Sıcaklık, rutubet, toz gibi işletme koşulları.

Bu veriler elde edildikten sonra, en uygun ışık kaynağının ve armatür tipinin seçimi yapılır. Gerekli aydınlık düzeyini sağlayacak lamba sayısı hesaplanmadan önce, armatürler için en uygun düzen belirlenir. Burada aydınlatma tesisat mühendisliği ve bakımın da en az mimari kadar önemi vardır.

Kaliteli bir aydınlatma planlamasında rol oynayan faktörler DIN 5035 normlarına göre şu şekildedir:

- Aydınlik düzeyi,
- Parıltı dağılımı,
- Kamaşma sınırlaması,
- Işığın geliş doğrultusu ve modelleme,
- Işık rengi ve renksel geriverim.

Bütün bu verilere bağılı olarak gerekli olan armatür sayısı bulunur. Yine DIN 5035 normlarında verilen formül şu şekildedir[5]:

$$n = \frac{1,25.E.A}{\phi.\eta_B} \quad (3.7)$$

- E : İstenen aydınlık düzeyi (lx)
- A : Aydınlatılan yüzeyin alanı (m²)
- ϕ : Bir lambanın ışık akısı (lm)
- η_B : Yararlanma katsayısı
- n : Gerekli olan lamba sayısı

Gerekli olan armatür sayısı da, bulunan lamba sayısının (n), bir armatür içerisindeki lamba sayısına bölümüyle bulunur.

Burada E, zeminden 0,85 m yukarıda kabul edilen çalışma düzlemi üzerinde elde edilmek istenen ortalama aydınlık düzeyi değeridir. A, ölçüm yapılan bu düzlemin alanıdır. ϕ değeri armatür üreticileri tarafından kataloglarda belirtilen, testler sonucu belirlenen ışık akısı değeridir. Yararlanma katsayıları ise o hacmin yansıtma katsayılarına ve boyutlarına bağılı olarak elde edilen değerlerdir.

Tablo 3.3.'de armatürlerin ışık akısı dağılımlarına göre LİTG normlarında yararlanma katsayılarının sınır değerleri verilmiştir.

Tablo 3.3. Işık akısı dağılımına göre LİTG normlarında yararlanma katsayılarının değerleri

Işık Akısı Dağılımı (Aydınlatma Tipi)	Yararlanma Katsayısı
Direkt	0,60 - 0,45
Yarı direkt	0,55 - 0,40
Karma	0,50 - 0,35
Yarı endirekt	0,45 - 0,35
Endirekt	0,35 - 0,20
Endirekt (Korniş aydınlatması)	0,20 - 0,10

BÖLÜM 4

YARARLANMA KATSAYILARI TABLOLARININ AYDINLATMA TASARIMCISI TARAFINDAN KULLANIMI

Bu bölüme kadar yararlanma katsayılarının hesaplanmasında kullanılan tabloların oluşturulmasına değinildi. Bu bölümde ise yararlanma katsayıları tablolarının doğru olarak kullanılmasından bahsedilecek, ayrıca standartların dışındaki değerlerin hesaplanmasından da sözedilecektir.

4.1. Yararlanma Katsayısının Formül İçindeki Yeri:

Bir uygulamaya ait yararlanma katsayısı $YK(S)$, S referans düzlemi üzerine düşen toplam ışık akısının, armatürün toplam çıplak lamba ışık akısına oranıdır. S referans düzlemi üzerindeki ortalama aydınlık düzeyi $E(S)$ için aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$E(S) = \frac{YK(S) \cdot N \cdot \phi \cdot BK \cdot DF}{S \text{ düzleminin alanı}} \quad (4.1)$$

Burada;

$YK(S)$: S referans düzleminin yararlanma katsayısı

N : Tesisteki toplam lamba sayısı

ϕ : Herbir lambanın çıplak lamba ışık akısı

BK : Tesisin bakım katsayısı

DF : Düzeltme faktörü

Bu eşitlik, hesaplanması istenen bir aydınlık düzeyi $E(S)$ 'e karşılık gelen gerekli olan armatür sayısını bulmak için de yeniden düzenlenerek kullanılabilir.

4.2. Yararlanma Katsayıları Tablolarındaki Kabuller:

Yararlanma katsayıları tablolarının oluşturulması için birtakım kabuller yapılır[3]. Bir tasarımcı yararlanma katsayıları tablolarını pratik hacimlere uygularken bu kabulleri gözönüne almalıdır.

Yararlanma katsayıları tabloları oluşturulurken yapılan kabuller ve onların pratikteki uygulamalarla olan ilgisi aşağıdaki gibidir:

1) Armatürler, ışık akısı dağılımları düşey eksene göre simetrik olan noktasal kaynaklardır.

Armatürler genelde büyüktür ve/veya simetrik değildir.

Teorik koşullarda bu tip sapmalar, yararlanma katsayılarının hesabında kabul edilebilir.

2) Hacimler karesel olarak kabul edilir. Yararlanma katsayıları değerleri, uzunluklarının genişliklerine oranları 4:1'i geçmeyen dikdörtgen hacimler için de kullanılabilirler.

3) Armatürler tavan düzleminde bulunmaktadır ve zemin, yatay referans düzlemi olarak ele alınmıştır. Zemin boşluğu ve tavan boşluğunun kabulü, yararlanma katsayıları tablolarının kullanımı için hacmin oda indisi ve etkin yansımalarının bulunmasını sağlamaktadır.

4) Hacim düzlemlerindeki ışık yansıtma katsayıları düzgündürler ve yansıtma tamamen yayınlıdır.

5) Armatürler düzenli karesel şekilde yerleştirilmiştir. En dış armatürler ile duvar arası uzaklık, iki armatür arasındaki uzaklığın yarısına eşittir. Yararlanma katsayıları değerleri, ortalama aralık yükseklik oranı değerleri iki ana yönde farklı olan hacimler için de geçerlidirler, ancak bu durumda ortalama aralık yükseklik oranının her iki yönde de aynı olması ve bu iki aralığın oranının 2,5/1'i geçmemesi gerekir.

4.3. Ana Hacim Düzlemlerinin Tanımlanması:

Yararlanma katsayıları tablolarının uygulanması için bir hacmin üç temel düzlemden oluştuğunu kabul etmek gerekir; zemin, duvarlar ve tavan. Bu düzlemler Şekil 2.3’de gösterilmiştir.

Üzerinde istenen aydınlık düzeyinin hesaplanacağı düzlem, yatay referans düzlemidir. Aksi belirtilmediği sürece, bu düzlemin zeminden 0,85 m yukarıda olduğu kabul edilerek hesaplamalar yapılır. Bu düzlem zemin boşluğunun ağzında yer alır ve hesaplamalarda zemin boşluğu Z ile simgelenir.

Armatürlerin fotometrik merkezlerini içeren yatay referans düzlemi, armatür düzlemi olarak bilinir. Bu düzlem tavan boşluğunun ağzını oluşturur ve hesaplamalarda tavan boşluğu T ile simgelenir.

Yararlanma katsayılarının hesaplamalarında yatay referans düzlemi ve armatür düzlemi bunlara ait boşluklar ile aynı etkin yansıtmaya sahip, ışık geçirmez düzlemler olarak kabul edilirler. Bu yolla pratikte hacimler, zemin, duvar ve tavandan oluşan basit bir yapıya indirgenmiş olurlar.

4.4. Oda İndisi (OI):

Bir hacmin oda indisi Oİ, hacmin plan alanının yatay referans düzlemi ve armatür düzlemi arasında kalan duvarların alanına bölümünün iki katıdır. Dikdörtgen hacimler için;

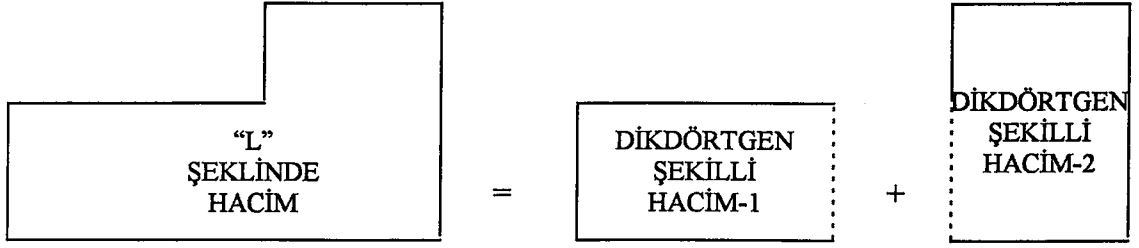
$$OI = \frac{L \times W}{(L+W) \cdot H} \quad (4.2)$$

şeklinde verilir. Burada,

L : Hacmin boyu

W : Hacmin genişliği

H : Armatür düzlemi ile yatay referans düzlemi arasındaki yükseklik



Şekil 4.1. “L” biçimindeki bir hacmin dikdörtgen şeklinde iki parçaya ayrılması

Bir hacim için bulunan oda indisi değeri, 0,75; 1,00; 1,25; 1,50; 2,00; 2,50; 3,00; 4,00; 5,00 serisindeki en yakın değere yuvarlanabilir. Eğer hacim “L” şeklinde ise, bu hacim ayrı ayrı hesap yapılabilecek iki dikdörtgen parçaya bölünebilir. Bu durum Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

4.5. Bir Düzlemin Ortalama Işık Yansıtma Katsayısı:

Bir S düzleminin ortalama ışık yansıtma katsayısı OY(S) şu şekilde belirlenir:

$$OY(S) = \frac{Y(1).A(1) + Y(2).A(2) + + Y(N).A(N)}{A(1) + A(2) + + A(N)} \quad (4.3)$$

Burada, A(1), A(2),..., A(N) parça düzlemlerin alanları; Y(1), Y(2),...,Y(N) ise bu düzlemlerin ışık yansıtma katsayılarıdır.

4.6. Pratikteki Hacimlerin Işık Yansıtma Katsayıları:

Yararlanma katsayıları tablolarını kullanmak için, ilgilenilen hacme ait olan üç ana düzlemin etkin yansıtma katsayılarının doğru olarak belirlenmesi gereklidir. Bu etkin yansıtma katsayıları tablolarında T, D, Z harfleri ile simgelenir ve tanımları şöyledir:

T : Tavan boşluğunun etkin ışık yansıtma katsayısı

- D : Duvarların etkin ışık yansıtma katsayısı (Armatür düzlemi ile yatay referans düzleminin arasındaki duvar parçalarının ortalama ışık yansıtma katsayıları)
- Z : Zemin boşluğunun etkin ışık yansıtma katsayısı

Bir boşluğun etkin ışık yansıtma katsayısı $EY(S)$ için,

$$EY(S) = \frac{BI \times OY(S)}{BI + 2[1 - OY(S)]} \quad (4.4)$$

bağıntısı kullanılabilir.

BI : Boşluk indisi (2xağız alanı / duvar alanı)

OY(S) : Alanlarına göre ölçülmüş boşluk içindeki tüm düzlemlerin ortalama ışık yansıtma katsayıları

4.7. Kabul Edilebilir Maksimum Yerleştirme Aralığı:

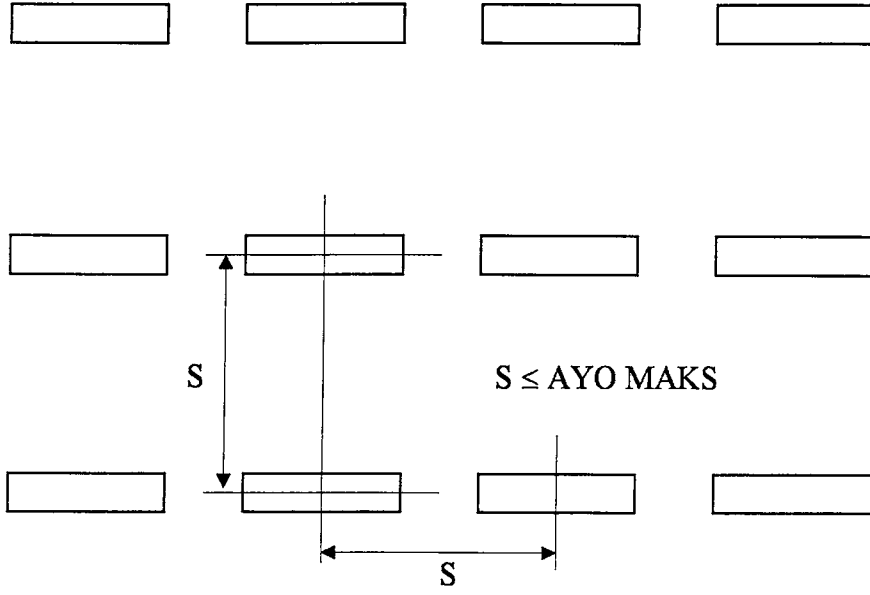
Maksimum aralık yükseklik oranı ve enine maksimum aralık yükseklik oranı, düzgünlüğün sağlanması açısından armatürler arasındaki kabul edilebilir maksimum yerleştirme aralığı ile ilgili terimlerdir. Aşağıda doğrusal armatürler için bazı özel durumlar verilmiştir. Armatürlerin merkezleri arasındaki maksimum aralık yükseklik oranı, AYO MAKS'dır ve bu değer aşılmamalıdır[3].

Durum 1:

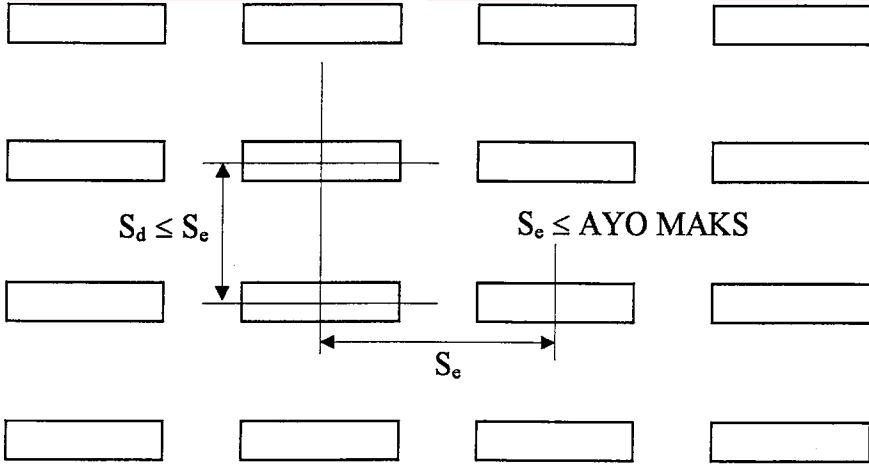
Armatür merkezlerinin eksenel ve ona dik yöndeki aralıklarının S' 'e eşit olduğu durumdur. Her iki yöndeki bu aralık değeri maksimum aralık yükseklik oranını geçmemelidir. Bu durum Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Durum 2:

Armatürlerin eksenel aralığı S_e , olarak kabul edilirse ona dik durumdaki aralığın (S_d 'nin), S_e 'den daha küçük olduğu durumdur. Bu durum Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Burada eksenel durumdaki aralık S_e , maksimum aralık yükseklik oranından daha küçük veya eşit olmalıdır.



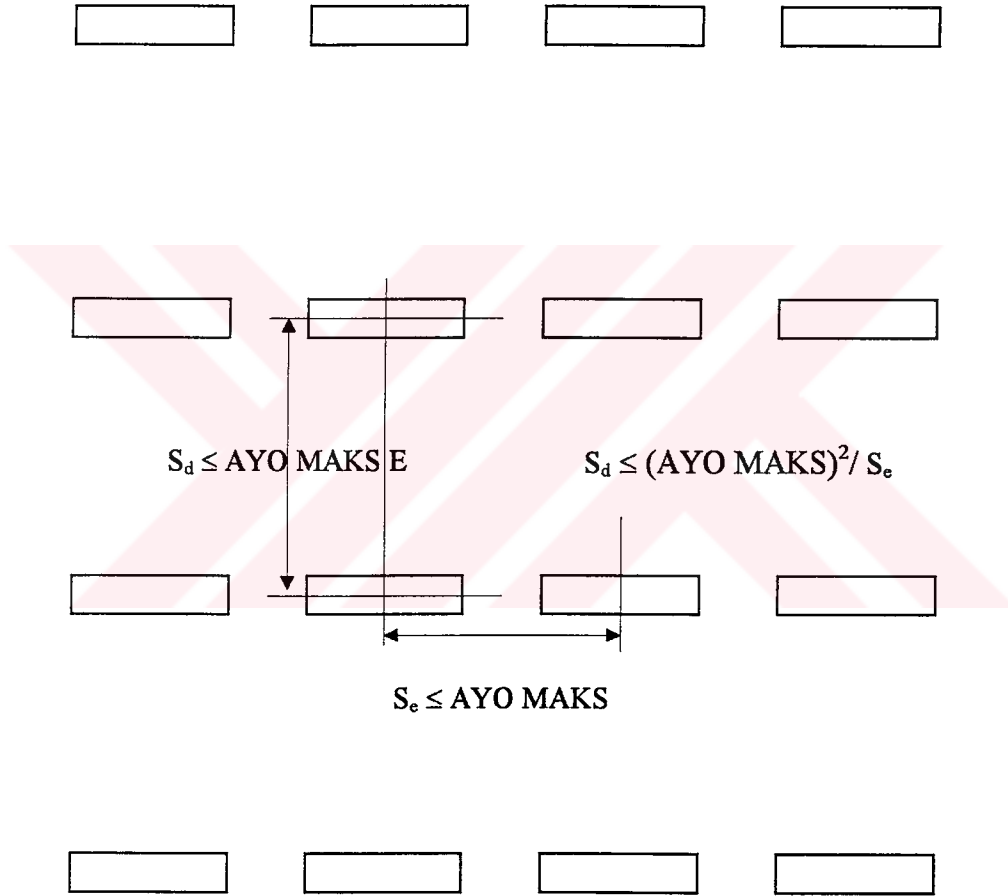
Şekil 4.2. Armatürler arasındaki eksenel ve ona dik durumdaki uzaklıkların birbirine eşit olduğu 1. durum



Şekil 4.3. Armatürler arasındaki eksenel uzaklığın ona dik durumdaki uzaklıktan daha büyük veya eşit olduğu 2. durum

Durum 3:

Armatürler arasındaki eksenel aralığın ona dik durumdaki aralıktan daha küçük olduğu durumdur. Bu durum Şekil 4.4’de gösterilmiştir. Burada eksenel aralığın maksimum aralık yükseklik oranını, ona dik durumdaki uzaklığın da enine maksimum aralık yükseklik oranını aşmaması gerekir. Ayrıca S_d değer olarak (AYO MAKS)²/ S_e ’yi aşmamalıdır.



Şekil 4.4. Armatürler arasındaki eksenel uzaklığın ona dik durumdaki uzaklıktan daha küçük olduğu 3. durum

4.8. Armatürlerin Uygulamadaki Düzenleri:

Aydınlatma tasarımcısı, bir düzenin aralık yükseklik oranı değerinin yararlanma katsayıları tablosunda belirlenen aralığa (tablodaki AYO NOM'dan 0,5 daha küçük ya da daha büyük) uygun olup olmadığını kontrol etmelidir. Eğer pratikteki düzenlemede armatürler iki yönde de eşit olarak yerleştirilmediyse, iki yerleştirmenin aritmetik ortalaması alınır. Eğer düzenin aralık yükseklik oranı değeri, yararlanma katsayısı tablosunun aralığının dışındaysa, yararlanma katsayılarını tekrar hesaplamak gerekecektir. Bu durum Bölüm 4.10'da ele alınmıştır.

Eğer armatür yerleşiminde, armatürlerin duvarlara olan uzaklığı, armatürler arası uzaklığın yarısından daha farklı bir değere sahip olursa -ki bu da yararlanma katsayıları tablolarının oluşturulmasında yapılan kabullerden biridir- direkt ışık dağılımı daha farklı olacaktır. Bu değişikliğin sonucunda şu işlemlerin yapılması gerekir[3]:

- 1) Düzenekdeki armatürlerin sayısı bulunur.
- 2) Armatürlerin enine aralığının, buna dik durumdaki aralığa oranı hesaplanır. Eğer bu oran iki yönde farklı ise, aritmetik ortalaması alınır.
- 3) Tablo 4.1'den uygun düzeltme faktörü (DF) bulunur. Diğer adımlara geçmeden önce, bu düzeltme faktörünün yaklaşık etkisi (4.5) bağıntısında verilen formülle hesaplanabilir[3]:

$$YK(Z)^* = YK(Z) + DK(Z).(DF - 1) \quad (4.5)$$

Burada;

$YK(Z)^*$ düzeltilmiş yeni yararlanma katsayısıdır.

$YK(Z)$ Yararlanma katsayısı tablosundan alınan değerdir.

$DK(Z)$ Yararlanma katsayısı tablosundaki dağılım katsayısıdır.

DF Tablo 4.1'den bulunan düzeltme faktörüdür.

Tablo 4.1. Armatür aralığına ve sayısına bağlı olarak Düzeltme Faktörü
DF değerleri

Armatür Duvar Arası Uzaklık/Armatürler Arası Uzaklık	Armatür Sayısı							
	2	4	10	20	40	100	200	400
0.2	0.87	0.76	0.81	0.85	0.88	0.92	0.94	0.96
0.3	0.93	0.87	0.90	0.92	0.94	0.96	0.97	0.98
0.4	0.97	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99
0.5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.6	1.02	1.04	1.03	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01
0.7	1.03	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01
0.8	1.04	1.09	1.08	1.07	1.05	1.04	1.03	1.02

Eğer YK değerindeki bu değişimin anlamlı olmadığına karar verilirse, aşağıdaki adımlar ihmal edilebilir:

- 4) Tablo 4.1'deki düzeltme faktörü ile zemin dağılım katsayısı çarpılır.
- 5) Yeni duvar dağılım katsayısı hesaplanır ve böylece Bölüm 4.10'daki zemin yararlanma katsayısı değeri bulunur.
- 6) Yeni yararlanma katsayısı değeri, düzeltilmiş ortalama aydınlık düzeyinin hesaplanmasında kullanılır veya ihtiyaç duyulan armatür sayısı düzenlenir. Daha sonra, yeniden bir yararlanma katsayısı değeri hesaplamak durumunda olup olunmadığı kontrol edilir. Bu arada tabloların sadece direkt ışık akısı üzerinde, son armatür duvar aralığının etkisini verdiği unutulmamalıdır. Hacim ışık yansıtma katsayılarının değerleri arttıkça, bunun YK değeri üzerine etkisi azalır.

4.9. Bir Yararlanma Katsayıları Tablosunun Kullanımı:

- 1) Bölüm 4.4, 4.5 ve 4.6'ya uygun olarak pratikteki düzenlemelerde oda indisi ve etkin yansımalar hesaplanır.
- 2) Yapılan düzenleme için aralık yükseklik oranı değerinin yararlanma katsayısı tablosundaki aralığa düşüp düşmediğine bakılır. Ayrıca maksimum aralık

yükseklik oranı ve enine maksimum aralık yükseklik oranının değeri olarak aşıp aşılmadığı kontrol edilir.

3) Tablodan yararlanma katsayısının uygun değeri okunur. Oda indisi ya da ışık yansıtma katsayıları değerleri arasındaki hafif farklılıklar genelde önemli değildir. Eğer oda indisi 5,0'den daha büyükse, oda indisi için 5,0 değeri alınıp buna karşılık gelen yararlanma katsayısı değeri kullanılabilir.

4) Eğer gerekiyorsa, armatürün tavana montaj veya askılı olması durumuna ilişkin üretici tarafından verilen bir katsayı ile çarpılır.

Yukarıdaki adımların sırası, problemin cinsine göre değişebilir. Örneğin, bir uygulama planlanırken, ikinci adım genelde en sona bırakılır.

Birçok uygulama için tablodan alınan yararlanma katsayısı değerleri, hizmet düzeltme faktörleri ile çarpılır. Bu faktörlere örnek olarak şunlar verilebilirler: sınıflandırma faktörü, balast lümen faktörü, amalgam faktörü, hava kullanma faktörleri.

Diğer düzeltme faktörleri, uygulamanın tipine göre gerekebilir. Bunlar, bakım faktörü, ortam sıcaklığı faktörü, besleme gerilimi, atmosferik emilim, vs olabilirler[3].

4.10. Aydınlatma Tasarımcısının Yararlanma Katsayıları Tablolarını Hesaplaması:

Bölüm 4.8'de anlatıldığı gibi, armatür için uygun yararlanma katsayıları tablosu yoksa ya da uygulama koşullarına uymuyorsa gerekli değerler hesaplanır. (Örneğin, uygulamanın aralık yükseklik oranı değeri yararlanma katsayısı tablosunun aralığının dışında olabilir.)

Verilen bir uygulamada, yararlanma katsayılarının hesaplanması iki ayrı aşamadan oluşur;

1) Zemin, duvarlar ve tavana ait dağılım katsayıları ile verilen direkt ışık akısı dağılımının hesaplanması.

2) Transfer katsayıları yardımıyla, zemin, duvarlar ve tavana ait yararlanma katsayılarının hesaplanması.

Klasik uygulamalar için dağılım katsayıları, Bölüm 2.4’de verilen yöntemlerle bulunabilir. Alternatif olarak, eğer uygun olan bir zemin yararlanma katsayıları tablosu varsa, zemin dağılım katsayısı doğrudan bulunabilir. Bu değer tüm yüzey yansıtma katsayıları sıfıra eşit olduğunda $YK(Z)$ ’ye eşittir. Diğer dağılım katsayıları ise şöyle bulunur:

$$DK(D) = AICO - DK(Z) \quad (4.6)$$

$$DK(T) = YICO \quad (4.7)$$

Garip şekilli hacimler gibi klasik olmayan uygulamalar için dağılım katsayıları uygun bir metodla bulunabilir. Örneğin, nokta-nokta hesaplamaları, CIE temel yöntemi, vs.

Zemin, duvarlar ve tavan için yararlanma katsayıları $YK(Z)$, $YK(D)$ ve $YK(T)$, transfer katsayılarının yardımıyla Bölüm 2.5’de anlatıldığı gibi bulunabilir. Bu denklemler (2.7), (2.8) ve (2.9) bağıntılarıyla verilmiştir.

Standart olmayan ışık yansıtma katsayıları üçlülere için transfer katsayıları tabloları mevcuttur. Transfer katsayıları, karesel biçimli hacimlere uygun olarak hazırlanmıştır, ancak aynı oda indisine sahip olan dikdörtgen hacimlere de uygulanabilirler.

BÖLÜM 5

YARARLANMA KATSAYILARI HESAP PROGRAMI

Bu bölümde, çalışmanın temelini oluşturan yararlanma katsayıları hesap program hakkında bilgi verilecektir.

5.1. Programın Tanınması ve İşleyişi:

İlk önce programın işleyişi hakkında bilgi verilecektir. Böylece, kullanıcı programı çalıştırdığında karşısına gelen formlarda, hangi tuşun ne işlev gördüğünü öğrenecek, adımları kolayca takip edebilecek ve istediği sonuçları çabucak elde edecektir.

Programda toplam olarak onüç ayrı form kullanılmıştır. Bunlar sırasıyla Armatür Tipi Seçimi, Noktasal Armatürler İçin Işık Şiddeti Değerleri, Doğrusal Armatürler İçin Işık Şiddeti Değerleri, Işık Akısı Girişi ve Tablo Seçimi, Noktasal Armatürler İçin Standart Zemin Yararlanma Katsayıları Tablosu, Noktasal Armatürler İçin Standart Duvar Yararlanma Katsayıları Tablosu, Noktasal Armatürler İçin Standart Tavan Yararlanma Katsayıları Tablosu, Noktasal Armatürler İçin Yararlanma Katsayıları Değerleri, Doğrusal Armatürler İçin Işık Akısı Girişi ve Tablo Seçimi, Doğrusal Armatürler İçin Standart Zemin Yararlanma Katsayıları Tablosu, Doğrusal Armatürler İçin Standart Duvar Yararlanma Katsayıları Tablosu, Doğrusal Armatürler İçin Standart Tavan Yararlanma Katsayıları Tablosu ve Doğrusal Armatürler İçin Yararlanma Katsayıları Değerleri olarak gösterilsin.

Armatür Tipi Seçimi, programın ana formunu oluşturmaktadır. Program çalıştırıldığında ilk olarak bu form ile karşılaşılır. Bu form Şekil 5.1’de gösterilmiştir.

Bu form üzerinde, hangi armatür tipi için yararlanma katsayıları tablosunun oluşturulmak istendiğine dair seçenekler (Noktasal Armatürler seçeneği ve Doğrusal

Armatürler seçeneği), Tamam ve İptal butonları yer almaktadır. Seçim yapıldıktan sonra Tamam butonuna basılırsa bir sonraki form ekrana gelir ve program çalışmaya devam eder. İptal butonu sayesinde ise programdan tamamen çıkılır.

Şekil 5.1. Programın başında karşılaşılan Armatür Tipi Seçimi formu

Armatür seçimi yapıldıktan sonra, yapılan seçime bağlı olarak Noktasal Armatürler İçin Işık Şiddeti Değerleri veya Doğrusal Armatürler İçin Işık Şiddeti Değerleri ile gösterilen formlardan biri ekrana gelir. Bunlardan Noktasal Armatürler İçin Işık Şiddeti Değerleri ile gösterilen form, noktasal armatürler seçeneği işaretlendiğinde, diğeri ise doğrusal armatürler seçeneği işaretlendiğinde ekrana gelir. Bu iki form sırasıyla Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’de gösterilmiştir. İki form üzerinde de veri girmek için kullanılan bir tablo, bir adet Tamam butonu ve bir adet İptal butonu vardır. Farklılık tablonun boyutlarındadır. Noktasal Armatürler İçin Işık Şiddeti Değerleri üzerindeki tablo 37 satır ve 8 sütundan oluşmaktadır. Diğerindeki tablo ise 37 satır ve 12 sütundan oluşmaktadır. Bu tablolarda Tablo 2.1.a ve Tablo 2.1.b’nin giriş değerleri yer alırlar. Bu tablo üzerindeki hücreler tamamen doldurulduktan sonra, yani yapılan deney sonucu ölçülen ışık şiddeti değerleri girildikten sonra, Tamam butonuna basılırsa bir sonraki form ekrana gelir ve programın çalıştırılması sürdürülmüş olur. İptal butonuna basılırsa da bir önceki Armatür Tipi Seçimi formuna dönülür. Böylece seçim tekrar edilebilir.

NOKTASAL ARMATÜRLER İÇİN IŞIK ŞİDDETİ DEĞERLERİ									
Yükseklük Armatür	Işık Armatür		Şiddet Armatür		Değerler				*
0	859	859	859	859	859	859	859	859	
5	855	856	846	855	855	856	846	855	
10	839	846	839	849	839	846	839	849	
15	819	834	839	855	819	834	839	855	
20	799	826	829	857	799	826	829	857	
25	777	812	819	849	777	812	819	849	
30	714	789	804	829	714	789	804	829	
35	617	719	759	732	617	719	759	732	
40	488	560	608	575	488	560	608	575	
45	359	385	417	417	359	385	417	417	
50	228	269	299	239	228	269	299	239	
55	126	189	210	131	126	189	210	131	
60	70	123	129	76	70	123	129	76	
65	46	67	72	53	46	67	72	53	
70	42	40	43	49	42	40	43	49	
75	37	33	39	45	37	33	39	45	
80	28	28	33	35	28	28	33	35	
85	11	13	16	15	11	13	16	15	
90	0	0	0	0	0	0	0	0	
95	0	0	0	0	0	0	0	0	
100	0	0	1	1	0	0	1	1	
105	28	26	28	28	28	26	28	28	
110	71	69	70	67	71	69	70	67	
115	120	110	120	115	120	110	120	115	

TAMAM

IPTAL

Şekil 5.2. Noktasal Armatürler İçin Işık Şiddeti Değerleri formu

DOĞRUSAL ARMATÜRLER İÇİN IŞIK ŞİDDETİ DEĞERLERİ													
Yükseklük Armatür	Işık Armatür		Şiddet Armatür		Değerler								*
0	593	592	590	589	590	592	595	592	590	589	590	592	
5	600	0	0	580	0	0	600	0	0	580	0	0	
10	609	601	582	566	581	601	609	601	581	566	581	601	
15	618	0	0	546	0	0	618	0	0	546	0	0	
20	633	604	553	522	553	604	633	604	553	522	553	604	
25	649	0	0	493	0	0	649	0	0	493	0	0	
30	663	618	516	459	516	618	663	618	516	459	516	618	
35	671	0	0	421	0	0	671	0	0	421	0	0	
40	677	620	478	378	478	620	677	620	478	378	478	620	
45	681	0	0	332	0	0	681	0	0	332	0	0	
50	683	609	432	284	432	609	683	609	432	284	432	609	
55	686	0	0	232	0	0	686	0	0	232	0	0	
60	689	598	375	181	375	598	689	598	375	181	375	598	
65	685	0	0	131	0	0	685	0	0	131	0	0	
70	669	577	324	84	324	577	669	577	324	84	324	577	
75	639	0	0	44	0	0	639	0	0	44	0	0	
80	606	512	267	16	267	512	606	512	267	16	267	512	
85	585	0	0	6	0	0	585	0	0	6	0	0	
90	573	478	230	6	230	478	573	478	230	6	230	478	
95	578	0	0	6	0	0	578	0	0	6	0	0	
100	582	493	221	6	221	493	582	493	221	6	221	493	
105	576	0	0	6	0	0	576	0	0	6	0	0	
110	528	426	157	6	157	426	528	426	157	6	157	426	
115	472	0	0	6	0	0	472	0	0	6	0	0	
120	410	315	96	5	96	315	410	315	96	5	96	315	

TAMAM

IPTAL

Şekil 5.3. Doğrusal Armatürler İçin Işık Şiddeti Değerleri formu

Bir sonraki form Şekil 5.4'de gösterildiği gibi Işık Akısı Girişi ve Tablo Seçimi'dir. Burada klavye yardımıyla, deneyi yapılan armatürün Toplam Çıplak

Lamba Işık Akısı değerinin girileceği bir kutu, Tamam butonu ve İptal butonu bulunmaktadır. Eğer bir şekilde geri dönmek istenirse, İptal butonuna basılır ve bir önceki form ekrana gelir. Tamam butonuna basıldığında ise bütün bu görüntüler kaybolur ve aynı form üzerinde oluşturulmak istenen yararlanma katsayıları tablosunun seçiminin yer aldığı seçenekler maddeler halinde gözükürler. Bu seçeneklerden yalnız biri seçilir ve Tamam butonuna basılırsa, bir sonraki form ekrana gelir. Eğer İptal butonuna basılırsa, bir önceki form ile karşılaşılır. Buradaki seçeneklerden ilk üçü benzerdirler. Farklılıkları birinin zemine ait, diğerinin duvarlara ait, bir diğerinin ise tavana ait yararlanma katsayıları tablosunu göstermeleridir.

Şekil 5.4. Işık Akısı Girişi ve Tablo Seçimi formu

En alttaki dördüncü seçenek ise, oda indisinin standart tablo değerleri dışında bir değere sahip olması veya hacmin yüzeylerinin yansıtma katsayılarının renklerine bağlı olarak standart değerlerden sapması durumunda, zemine, duvarlara ve tavana ait üç adet yararlanma katsayısı değerinin hesaplanması istendiğinde seçilmelidir.

Eğer ilk üç seçenekten biri seçilirse, yani standart bir tablo oluşturulmak istenirse, yapılan seçim sırasına göre ekrana Noktasal Armatürler İçin Standart Zemin

Yararlanma Katsayıları Tablosu (Zemin için), Noktasal Armatürler İçin Standart Duvar Yararlanma Katsayıları Tablosu (Duvarlar için) ve Noktasal Armatürler İçin Standart Tavan Yararlanma Katsayıları Tablosu (Tavan için) ile gösterilen formlardan biri gelir. Bu formların da herbirinin üzerinde Şekil 5.5, Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de görüldüğü gibi, sonuçların verilebileceği bir tablo, bir İptal butonu, bir de Çıkış butonu vardır. İptal butonu seçildiğinde bir önceki form ekrana gelir. Çıkış butonu ile programın çalışmasına son verilir. Bu aşamada program zaten sonuna gelmiş, tablo üzerinde sonuçlar verilmiştir.

The image shows a software window titled "STANDART ZEMİN YARARLANMA KATSAYILARI TABLOSU". Inside the window is a large grid with a shaded header row and a shaded left column. To the right of the grid, there are two buttons: "ÇIKIŞ" (Exit) and "İPTAL" (Cancel).

Şekil 5.5. Noktasal Armatürler İçin Standart Zemin Yararlanma Katsayıları Tablosu formu

Eğer dördüncü seçenek işaretlenirse, kullanıcı standart değerlerin dışında, üç adet yararlanma katsayısı hesaplayacağı için, ekranda gerekli değerlerin girilebileceği kutular ve bunların açıklamaları gözükür. Bu Noktasal Armatürler İçin Yararlanma Katsayıları Değerleri'dir ve Şekil 5.8'de gösterilmiştir. Bu değerler, standart olmayan oda indisinin hesaplanması için gerekli olan hacmin eni, boyu ve yüksekliği, yine standart olmayan yansıtma katsayılarının girilmesi için gerekli olan hacmin üç yüzeyinin ışık yansıtma katsayıları değerleridir. Bu değerler girilip, Tamam butonuna basılırsa, üç değer hesaplanır, bu görüntüler kaybolur ve aynı form üzerinde sözkonusu üç değer verildiği içi dolu kutular gözükür. Eğer İptal butonuna basılırsa, bir önceki forma geri dönülür. Çıkış butonu ise programdan tamamen çıkmak için kullanılır.

Şekil 5.8. Noktasal Armatürler İçin Yararlanma Katsayıları Değerleri formu

Diğer Doğrusal Armatürler İçin Işık Akısı Girişi ve Tablo Seçimi, Doğrusal Armatürler İçin Standart Zemin Yararlanma Katsayıları Tablosu, Doğrusal Armatürler İçin Standart Duvar Yararlanma Katsayıları Tablosu, Doğrusal Armatürler İçin Standart Tavan Yararlanma Katsayıları Tablosu ve Doğrusal Armatürler İçin Yararlanma Katsayıları Değerleri ile gösterilen formlar ise sadece doğrusal armatürler

için kullanılmaktadır ve görünüş olarak sırasıyla Işık Akısı Girişi ve Tablo Seçimi, Noktasal Armatürler İçin Standart Zemin Yararlanma Katsayıları Tablosu, Noktasal Armatürler İçin Standart Duvar Yararlanma Katsayıları Tablosu, Noktasal Armatürler İçin Standart Tavan Yararlanma Katsayıları Tablosu ve Noktasal Armatürler İçin Yararlanma Katsayıları Değerleri ile tamamen aynıdır. Sadece programın çalışması esnasında kolaylık sağlamak amacıyla ayrı ayrı isimlendirilmişlerdir.

5.2. Yararlanma Katsayıları Hesap Programının Gerçek Verilere Uygulanması:

Bu bölümde söz konusu olan programa girilen deney sonuçları ve elde edilen yararlanma katsayıları değerleri verilecektir.

5.2.1. Ölçüm:

Deneyde 2x36W değerinde floresan lambalı, arkası tamamen reflektörlü bir armatür kullanılmıştır. Deney düzeneğinde ise bir adet galvanometre, bir adet lüksmetre, bir adet ölçümü yapılacak olan doğrusal armatür ve galvanometrenin sapmasını sağlamak için gerekli olan fotopil kullanılmıştır. Armatürün merkezi ile fotopilin gözü, aynı hizada, aynı yükseklikte olacak şekilde 15 m aralıkla yerleştirilmiştir. Bu mesafe arttıkça yapılan ölçme de o kadar hassas olur. Bilinmektedir ki, armatürün en büyük boyutunun on katı mesafede yapılan ölçme hatası %1 kadardır. Ölçümler bütün düzlemleri siyah renkte boyalı, kapalı bir mekanda yapılmıştır.

Armatür ilk önce 0° - 180° düzleminde iken ölçüme başlanmış, 5° artan yükseklik açılarıyla ölçüme devam edilmiştir. Armatür ilk önce sağ tarafına doğru, sonra da sol tarafına doğru 5° lik artan aralıklarla çevrilmiştir. Bu çalışmada verilen tabloda ise armatürün tamamen simetrik olduğu kabul edilmiş, dolayısıyla tek bir tarafa doğru, örneğin sağa doğru yapılan ölçüm değerleri için tablo hazırlanmıştır. Ölçüm yapılırken her konum için galvanometredeki sapma değeri gözlenmiştir. Fotopil armatürün karşısında olduğu için bir göz gibi kendisine gelen ışık ile uyarılmakta ve doğru akım üreterek galvanometrenin sapmasını sağlamaktadır. Eğer armatür arkasını tamamen örten bir reflektöre sahip ise, yapılan ölçümlerde 90° den

sonra galvanometre sapmamaktadır. Yani sıfır değerini göstermektedir. Fakat çıplak lambaya ait değerler ölçülürse, lamba arka tarafına da ışık verecek, dolayısıyla galvanometre sapacaktır.

Daha sonra armatür 30^0 - 210^0 azimut düzlemine yatırılmış, aynı ölçümler tekrar edilmiştir. Bu ölçüm 30^0 artan azimut açıları için 330^0 ye kadar devam etmiştir. Bundan sonra armatürün 90^0 - 270^0 düzleminde ve 0^0 yükseklik açısına ait olan 15 m uzaklıktaki ölçülen aydınlık düzeyi değerine bakılmıştır. Bu değer armatürün 90^0 - 270^0 düzleminde ve 0^0 yükseklik açısında iken galvanometrenin sapmasına ait olan aydınlık düzeyi değerini verir. Tablodaki diğer değerler için de lineer interpolasyon yapılarak aydınlık düzeyinin ne olduğu bulunmuştur. İstenilen ışık şiddeti değeri ise,

$$I = E \times r^2 \quad (5.1)$$

bağıntısıyla elde edilebilir.

Tablo 2.1.a, düşey eksene göre simetrik bir ışık dağılımı olan armatürler için kullanılır. Bu armatürler için azimut olarak 45^0 'lik aralıklarla ölçüm gerekmektedir (Tipik olarak akkor telli lamba armatürleri). Tablo 2.1.b düşey açıda di-simetrik ışık dağılımı olan armatürler için kullanılır (Tipik olarak floresan lambalı armatürler). Bu armatürler için azimut olarak 30^0 'lik aralıklarla ölçüm gerekmektedir[3].

Tablo 5.1'de deney yapılırken galvanometreden okunan değerler verilmiştir. Deneyde söz konusu olan maksimum aydınlık düzeyi değeri 6,7 lx olarak ölçülmüştür. Ayrıca deneyi yapılan lambanın çıplak lamba ışık akısı 2500 lm'dir. Armatürde iki lamba bulunduğundan Toplam Çıplak Lamba Işık Akısı değeri 5000 lm alınacaktır. Bu durumda (5.1) bağıntısı kullanılacak olursa, Tablo 2.1.b'ye veya bilgisayar programında doğrusal armatürler için hazırlanmış tabloya girilecek değerler hesaplanabilir. Örneğin, galvanometrenin 75 sapması için ölçülen aydınlık düzeyi değeri 6,7 lx ise, lineer interpolasyonla galvanometrenin 63 sapması için aydınlık düzeyi değerinin 5,63 lx olacağı bulunur. Benzer şekilde bütün aydınlık düzeyi değerleri hesaplanıp, son olarak armatür-fotopil uzaklığının, yani 15 m'nin karesiyle çarpılır. Böylece istenilen ışık şiddeti değerleri bulunmuş olur. Bu değerler toplu halde Tablo 5.2'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Ölçüm sırasında galvanometreden okunan sapma değerleri

[illegible]

Tablo 5.2. Ölçüm sonrası hesaplanan, bilgisayara girilmeye hazır durumdaki ışık şiddeti değerleri

[illegible]

5.2.2. Standart tabloların çıkartılması:

Tablo 5.2’de bilgisayara girilen bütün bu değerler kullanılarak, Bölüm 5.1’de anlatıldığı gibi, gerekli olan yol takip edilerek standart tablolar oluşturulur. Bu değerlerin bilgisayara girilmesiyle elde edilen standart zemin yararlanma katsayıları tablosu örnek olarak Tablo 5.3’de verilmiştir.

Tablo 5.3. Deney sonuçlarının girilmesinden sonra bilgisayarda oluşturulmuş standart zemin yararlanma katsayıları tablosu

STANDART ZEMİN YARARLANMA KATSAYILARI TABLOSU											
Tavan	Düvar	Zemin									
Yansıma	Yansıma	Yansıma				Oda	İndeksi				
Katsayısı	Katsayısı	Katsayısı	.75	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5
.7	.5	0	.61	.69	.76	.81	.88	.92	.96	1.00	1.03
.7	.3	0	.53	.61	.69	.74	.82	.87	.91	.96	.99
.7	.1	0	.48	.55	.63	.69	.77	.83	.87	.92	.96
.5	.5	0	.60	.68	.75	.80	.86	.91	.94	.99	1.02
.5	.3	0	.53	.61	.68	.74	.81	.86	.90	.95	.99
.5	.1	0	.48	.55	.63	.69	.77	.82	.87	.92	.96
.3	.5	0	.59	.66	.73	.78	.85	.90	.93	.98	1.01
.3	.3	0	.52	.60	.68	.73	.81	.86	.90	.95	.98
.3	.1	0	.47	.55	.63	.68	.76	.82	.86	.92	.96
.7	.5	.1	.63	.71	.79	.84	.92	.97	1.01	1.06	1.09
.7	.3	.1	.54	.63	.71	.77	.85	.91	.95	1.01	1.05
.7	.1	.1	.48	.56	.65	.71	.79	.86	.90	.97	1.01
.5	.5	.1	.61	.69	.77	.82	.90	.95	.98	1.03	1.06
.5	.3	.1	.54	.62	.70	.75	.84	.89	.93	.99	1.03
.5	.1	.1	.48	.56	.64	.70	.78	.85	.89	.95	1.00
.3	.5	.1	.60	.68	.75	.80	.87	.92	.96	1.01	1.04
.3	.3	.1	.53	.61	.69	.74	.82	.88	.92	.97	1.01
.3	.1	.1	.48	.55	.64	.69	.78	.83	.88	.94	.98
.7	.5	.2	.64	.74	.82	.88	.97	1.02	1.07	1.12	1.16
.7	.3	.2	.55	.64	.73	.79	.89	.95	1.00	1.07	1.11
.7	.1	.2	.49	.57	.66	.72	.82	.89	.94	1.02	1.07
.5	.5	.2	.63	.71	.79	.85	.93	.98	1.02	1.08	1.11
.5	.3	.2	.54	.63	.71	.77	.86	.92	.97	1.03	1.07
.5	.1	.2	.48	.56	.65	.71	.80	.87	.92	.99	1.03
.3	.5	.2	.61	.69	.77	.82	.89	.94	.98	1.03	1.07
.3	.3	.2	.53	.62	.70	.75	.84	.89	.94	.99	1.03
.3	.1	.2	.48	.56	.64	.70	.79	.85	.90	.96	1.00
.7	.5	.3	.66	.76	.85	.92	1.02	1.08	1.13	1.20	1.24
.7	.3	.3	.56	.66	.75	.82	.92	1.00	1.05	1.13	1.18
.7	.1	.3	.49	.58	.67	.74	.85	.93	.99	1.07	1.13
.5	.5	.3	.64	.73	.82	.88	.96	1.02	1.07	1.13	1.17
.5	.3	.3	.55	.64	.73	.79	.89	.95	1.00	1.07	1.12
.5	.1	.3	.49	.57	.66	.72	.82	.89	.95	1.02	1.08
.3	.5	.3	.62	.70	.78	.84	.92	.97	1.01	1.06	1.10
.3	.3	.3	.54	.62	.71	.77	.85	.91	.96	1.02	1.06
.3	.1	.3	.48	.56	.65	.71	.80	.86	.91	.98	1.03

5.2.3. Uygulama:

Şimdi Bölüm 5.1’de anlatılan ve Şekil 5.4’de görülen formun ekranda olduğu varsayalım. Burada dördüncü seçeneğin seçilmesi durumunda karşımıza Şekil 5.8’deki Yararlanma Katsayıları Değerleri formu gelecektir. Buradaki altı değer için örnek bir uygulama yapılsın.

İlk önce standart oda indisi ve standart yansıtma katsayıları için değer hesaplınsın. Eğer hacmin boyutları sırasıyla (en, boy, yükseklik) 6m, 10m, 3m; yansıtma katsayıları da sırasıyla (zemin, duvar, tavan) 0.2, 0.5, 0.7 alınırsa, standart tablonun bir elemanını kontrol etme imkanına kavuşulur. Bu değerler standart tabloda 0,82 olarak çıkmıştır ve Tablo 5.3’de görülmektedir. Burada yapılan hesapta ise bilgisayarda Tamam butonuna basıldığında bu değer karşılığı 0,821 olarak görülmektedir. Bu iki değer çok büyük yaklaşıklıkla aynı olduğu açıktır. Böylece standart tablo değerleri tek tek kontrol edilebilir.

Eğer kullanılan hacmin yansıtma katsayıları, oda renklerine bağlı olarak standart değerlerin dışında ise ve ara yansıtma katsayısı değerlerine karşılık gelen yararlanma katsayıları değerleri hesaplanmak isteniyorsa, bu durumda ekrana gelen altı kutunun son üç tanesine istenilen yansıtma katsayıları değerleri girilir ve standart oda indisi için yararlanma katsayıları değerleri bulunur. Örneğin, aynı oda indisi için (yani 6mx10mx3m’lik hacim için oda indisi değeri 1,25’dir) ve yansıtma katsayıları 0.2, 0.4, 0.75 olan bir hacimde yararlanma katsayıları sırasıyla zemin için 0,778, duvarlar için 0,812, tavan için de 0,180 olacaktır.

Eğer oda indisi de standart değerler dışında istenirse, hacme ait boyutların uzunlukları da yeniden girilir ve yeni yansıtma katsayıları ve yeni oda indisine sahip bir hacim için, üç adet yararlanma katsayısı hesaplanmış olur.

Şimdi küçük bir uygulama için tablodan elde edilen yararlanma katsayısı değerinin kullanılmasına bakalım: Boyutları yine 6m, 10m, 3m olan bir büro ele alınsın. Bürolarda istenilen aydınlık düzeyi ortalama olarak 500 lx’dür. Hacmin yüzey renklerine bağlı olarak yansıtma katsayılarının yine 0.2, 0.5, 0.7 olduğu varsayalım. Bu durumda tablodan daha önce yararlanma katsayısı değerinin 0,82 olduğu

bulunmuştur. Deneyde kullanılan armatürün toplam çıplak lamba ışık akısı değeri 5000 lm'dir.

Eğer (4.1) bağıntısı kullanılırsa ve bu bağıntıda bakım faktörü ile düzeltme katsayısı 1 olarak alınırsa gerekli olan armatür sayısı,

$$n = \frac{E \cdot S}{\phi \cdot \eta} \quad (5.2)$$

bağıntısıyla hesaplanabilir. Dolayısıyla gerekli armatür sayısı,

$$n = \frac{500 \cdot 6.10}{5000 \cdot 0.82} = 7.31$$

olarak elde edilecektir. Bu değer en yakın tamsayıya yuvarlanırsa 8 bulunur. Bunun anlamı ortalama aydınlık seviyesinin minimum 500 lx olması için 8'den daha az armatür kullanılamaz. Ters işlem ile 8 armatür kullanılması durumunda elde edilen ortalama aydınlık düzeyi değerinin de 547 lx olacağı belirgindir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın başında (Bölüm 1, Bölüm 2), yararlanma katsayılarının önemine, kullanım alanlarına kısaca değinildikten sonra, hesaplama kısımlarının nasıl yapıldığı ve hesaplamalarda kullanılan tablolar açıklamalarıyla verilmiştir. Daha sonra, Bölüm 3’de değişik ülke standartlarında hesaplamalar karşılaştırılmış ve görülmüştür ki İngiliz standartlarında yapılan ve bu çalışmada bahsedilen hesaplama yöntemi daha sağlam temellere dayandırılmıştır.

Ayrıca, Bölüm 4’de yararlanma katsayıları tablolarının elde edilmesinden önceki yapılan kabullere değinilmiş, dolayısıyla kullanıcı, yaptığı işlem ve takip ettiği sıra ile ilgili olarak uyarılmıştır. Son olarak da elde edilen yararlanma katsayılarının ne şekilde kullanılabileceği gösterilmiştir.

Bu çalışmanın en belirgin özelliği ve sonucu, yararlanma katsayılarını bulmak için hazırlanmış olan bilgisayar programıdır. Bu program sayesinde, deney düzeneğinde ölçülen ışık şiddeti değerleri anında hesaplamaya sokularak, istenen değerler çok çabuk elde edilebilirler.

Programın kullanımı Bölüm 5’de ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Orada da görüldüğü gibi kullanım gayet kolaydır. Tek dikkat edilmesi gereken husus, baştan armatür tipinin iyi seçilmesidir. Sonra program kullanıcıya rehberlik etmekte ve istenen sonuçlara ulaşılmaktadır.

Aynı bölümün ikinci kısmında, kullanıcıya kolaylık sağlaması açısından bir uygulama verilmiştir. Laboratuvarda yapılan deney şekli açıklanmış, ölçüm sonuçları verilmiş, tabloların hatasız kullanımı için hesaplama yöntemi anlatılmış ve kontrol amacıyla, elde edilen sonuçların değerleri de tablo halinde eklenmiştir. Programın kullanılmasıyla elde edilen yararlanma katsayısının formül içerisinde nasıl kullanılacağı bir sonraki alt bölümde ele alınmıştır. Görülmüştür ki, daha önceden planlaması

yapılan ve ne amaçla kullanılacağı belirlenen bir hacim için (dolayısıyla hacmin istenen ortalama aydınlık düzeyi belirlenmiştir), ele alınan armatürden kaç adet kullanılacağı rahatlıkla bulunabilmektedir. Benzer olarak ters işlem ile, kullanılacak armatür sayısı belli olduğundan, elde edilecek olan aydınlık düzeyi hesaplanabilecektir.

Programda elde edilen ve Tablo 5.3’de verilen değerleri, Prof.Dr.Muzaffer Özkaya’nın Aydınlatma Tekniği kitabındaki değerlerle karşılaştıralım. Bu kitapta yeni tesisata ait floresan lambalı bir armatür için yararlanma katsayıları değerleri bir tablo halinde verilmiştir. Bu tablolar Hollanda’da hazırlanmıştır[1]. Örnek olarak verilirse, bizim bulduğumuz 0.5, 0.5, 0.3 satırında 1 oda indisi değerine karşılık gelen yararlanma katsayısı değeri 0.73’dür. Kitaptaki tabloda ise bu değer 0.26’dır.

Aynı değerleri Alman normlarında verilmiş olan Handbuch für Beleuchtung’dan karşılaştırdığımızda bu değer 0.62 olduğunu görürüz. Bu değerler, Tablo 1’de gösterilmiştir[6]. Diğer satırlar için de bulunan değerler karşılaştırılabilir. Tablodaki $\phi = 1,0$ değeri armatürün alt yarı uzaya armatürden çıkan toplam ışık akısının yüzde kaçını verdiğini gösterir. Bu değer 1,0 olması ışığın tamamının alt yarı uzaya geçtiğini, yani direkt bir armatür olduğunu gösterir. $\phi_s=0,54$ değeri ise direkt ışık oranıdır. Yani, çalışma düzlemine doğrudan varan ışık akısı oranını göstermektedir. Programda elde edilen sonuçlarda bu değer yaklaşık olarak 0,5 olduğu için bu tablo ele alınmıştır. Diğer değer ise üst yarı küreye verilen ışık oranıdır. Dolayısıyla bu değer 0,0’dır.

Tablo 1. Alman normlarında yararlanma katsayılarının sunulduğu tablo

$\varphi = 1,0$	$\varphi_s=0,54$			$\varphi_s= -$				
Hacmin yüzeylerine ait yansıtma katsayıları								
Tavan	0.8	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0
Duvar	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	0
Zemin	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0
Tavana monte edilebilen tipte armatürler için								
k	Oda İndisi							
0.6	0.46	0.37	0.44	0.36	0.42	0.35	0.35	0.28
0.8	0.57	0.47	0.54	0.46	0.51	0.44	0.44	0.37
1.0	0.66	0.56	0.62	0.54	0.59	0.52	0.51	0.44
1.5	0.82	0.73	0.76	0.69	0.72	0.66	0.65	0.58
2.0	0.91	0.82	0.84	0.78	0.78	0.73	0.72	0.65
3.0	1.03	0.96	0.95	0.90	0.87	0.83	0.82	0.76
5.0	1.13	1.07	1.03	0.98	0.93	0.91	0.89	0.84

Değerler arasında az da olsa farklılıklar olduğu açıktır. Bunun bazı sebepleri vardır. Bu farklılıklardan bir tanesi ve en önemlisi, deneyi yapılan armatürdür. Armatürün tipinin, bu tablodaki armatür tiplerinden en yakın olanına karşılık gelmesine dikkat edilmiştir. Fakat tıpa-tıp benzemesine imkan yoktur.

Ayrıca oda indisi değerleri bu tabloda 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 5.0 değerleri için verilmiştir. Bizim elde ettiğimiz tabloda daha çok oda indisine karşılık gelen değerler sunulmuştur. Bu değerler 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00, 4.00, 5.00 olarak verilmiştir.

Bunun yanında diğer bir farklılık da yansıtma katsayılarıdır. LİTG normlarında verilen ve Tablo 1’de gösterilen tabloda en çok kullanılan birkaç yansıtma katsayısı değerine karşılık, bu çalışmada İngiliz normlarında sunulan değerlerin, belli standart değerlerin kombinasyonu olmasına dikkat edilmiş, dolayısıyla daha doğru yaklaşıklıkli sonuçlar hesaplanabilmektedir. Bu da planlamanın daha doğru yapılabilmesine olanak sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **ÖZKAYA, M.** Aydınlatma Tekniği, Bursa Üniversitesi Elektrik Fakültesi, (1981)
- [2] **ESKENAZİ, M.** İTÜ Aydınlatma Tekniği Dersinin Bazı Konularının Özetleri, İkinci Baskı, Sayfa 6, (1981)
- [3] **CIBSE.** The Chartered Institution of Building Services, The Calculation and Use of Utilization Factors Technical Memoranda TM 5, London, (1980)
- [4] **LİTG.** Projektierung von Beleuchtungsanlage nach dem Wirkungsgradverfahren, Publication Nr.3.5, 5.Auflage, (Sayfa 53-54), (1988)
- [5] **SEİP, GÜNTER G.** Siemens Electrical Installations Handbook, Part2, 2nd revised and enlarged edition, Sayfa 913-915, (1987)
- [6] **GIRARDET, W.** Handbuch für Beleuchtung, Essen, 4. Auflage, (1975)
- [7] **KAUFMAN, J.E.** Lighting Handbook, Reference Volume, Illuminating
CHRISTENSEN, J.F. Engineering Society of North America, New York, (Sayfa 9/52), (1984)
- [8] **SIEGEL, H.** Thermal Radiation Heat Transfer, McGraw-Hill Book Company, New-York, (1972)

EK A

TANIMLAR

Kullanılan kısaltmalar ve semboller, aşağıda verilmişlerdir[3]. Karışıklığın engellenmesi için ana parametrenin yanında parantez içinde belirleyici parametre kullanılmıştır. Örneğin, YK(D) duvarlar için yararlanma katsayısı anlamına gelmektedir.

Aşağı-doğru Akı Oranı AAO

Bir armatürün aşağı yarı uzaya yaydığı ışık akısının, tüm uzaya yaydığı toplam ışık akısına oranıdır.

Aşağı-doğru Işık Çıktı Oranı AICO

Bir armatürün ışık çıktı oranı (ICO) ile aşağı-doğru akı oranının (AAO) çarpımıdır. Işık çıktı oranı, Aşağı-doğru Işık Çıktı Oranı-Armatür (AICOA) veya Aşağı-doğru Işık Çıktı Oranı-İşletme (AICOİ) olabilir.

Aralık Yükseklik Oranı AYO

Birbirlerine komşu armatürlerin fotometrik merkezleri arasındaki belirli bir yöndeki aralığın, bunların yatay referans düzleminden olan yüksekliklerine oranıdır. Aksi belirtilmediği sürece, armatürlerin düzenli karesel diziler şeklinde yerleştirildikleri kabul edilir.

Armatür Düzlemi

Armatür düzlemi, armatürlerin fotometrik merkezlerinin oluşturduğu yatay düzlemdir. Bu düzlem tavan boşluğunun ağzıdır.

Bakım Katsayısı BK

Bir tesisatta hizmet sırasında beklenen ortalama kirlilik koşullarındaki aydınlık düzeyinin, temiz durumdaki aydınlık düzeyine oranıdır.

Boşluk İndisi Bİ

Boşluk ağız alanının iki katının, boşluk içindeki duvarların alanlarının toplamına bölümüdür.

Bölge Katsayısı

Bir lamba veya armatürün fotometrik merkezinden bir bölgenin sınırlarına kadar açılan uzay açıdır. Bu çalışmada bölgeler, fotometrik merkez küre merkezinde

olmak üzere, kürenin aşağı doğru yüzeyden ölçülen 10° , 20° , 30° , ... vs, enlem çizgileriyle sınırlanmışlardır.

Bölgesel akı, lamba veya armatürün bölge içinde ortalaması alınmış akı şiddetinin bölge katsayısı ile çarpımından elde edilir.

Bölgesel Çarpan BÇ

Bölge katsayısında tarif edildiği şekilde, bir kurulu sistemdeki tüm armatürler için yatay referans düzleminin sınırları içine düşen bölgeye ait uzay açısı oranının ortalamasıdır.

Çalışma Düzlemi

Görsel ışın üzerinde bulunduğu yatay, düşey veya eğimli bir düzlemdir.

Dağılım D(S)

Bir S yüzeyi için dağılım, yüzey üzerine düşen toplam direkt akının, kurulu sistemden yayılan toplam akıya oranıdır. D(Z): zemin boşluğu için dağılımı, D(D): duvarlar için dağılımı, D(T): tavan boşluğu için dağılımı göstermektedir.

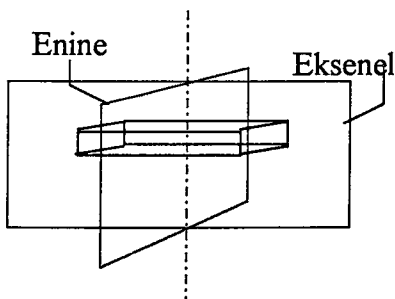
Dağılım Katsayısı DK(S)

Bir S yüzeyi için dağılım katsayısı, yüzey üzerine düşen direkt akının, kurulu sistemin toplam çıplak lamba ışık akısına oranıdır. DK(Z): zemin boşluğu için dağılım katsayısını, DK(D): duvarlar için dağılım katsayısını, DK(T): tavan boşluğu için dağılım katsayısını göstermektedir.

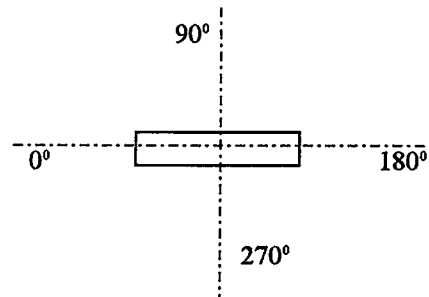
Di-simetrik Armatür

Armatürün fotometrik merkezinden geçen birbirine dik iki düzleme göre ışık dağılımına sahip bir armatürdür.

Böyle bir armatür doğrusal olduğunda uzun eksenden geçen düşey düzleme eksenel düzlem ve kısa eksenden geçen düşey düzleme enine eksen denir. Bu düzlemler Şekil A.1 ve Şekil A.2’de gösterilmiştir. Bu düzlemlerde alınan düşey ışık dağılımları sırasıyla enine ve eksenel dağılımlardır. Şekil A.2 azimut açılarının belirlenmesi için bu çalışmada kullanılan kabulü vermektedir.



Şekil A.1. Doğrusal bir armatür için eksen takımı



Şekil A.2. Doğrusal bir armatür için azimut açıları

Direkt Işık Oranı

Alışa gelinmiş düzende yerleştirilmiş armatürlerden çıkıp yatay referans düzlemine doğrudan düşen toplam aşağı-doğru akının miktarıdır. Direkt ışık oranı, zemin dağılım katsayısı $DK(Z)$ 'nin armatürlerin AICO'na bölümüne eşittir.

Doğrusal Armatür

Aydınlatma hesaplarında genişliği ihmal edilebilen, sadece uzunluğu dikkate alınan armatürdür.

Duvarlar

Armatür düzlemi ile yatay referans düzlemi arasındaki düşey düzlemlerdir. Duvarlar için D kısaltması kullanılmıştır.

Etkin Işık Yansıtma Katsayısı EY(S)

Bir S referans yüzeyinin etkin ışık yansıtma katsayısı, yansıyan ışınım veya ışık akısının, referans yüzey üzerine düşen akıya oranıdır.

Fotometrik Merkez

Fotometrik merkez armatür veya lambanın içinde bir noktadır. Bu nokta, buradan hareketle hesaplama yapıldığında, maksimum ışık şiddeti yönünde "Uzaklıkların Karesiyle Ters Orantı Yasası" en doğru geçerli olacak şekilde belirlenir.

Işık Akısı Katsayısı

Test balastıyla çalıştırılan bir etalon lambanın ışık akısının, aynı lambanın referans balastla çalıştırılması durumundaki ışık akısına oranıdır.

Işık Çıktı Oranı ICO

Armatürün belirli özel koşullar altında ölçülmüş ışık çıktısının, lambaların yine belirli referans koşullar altında armatür dışında çalıştırılarak ölçülmüş ışık akılarının toplamına oranıdır. Bu özel koşullar referans balast kullanılmasını şart koşmazlar.

Işık Çıktı Oranı-Armatür ICOA

Armatürün belirli özel koşullar altında ölçülmüş ışık çıktısının, lambaların yine belirli referans koşullar altında armatür dışında çalıştırılarak ölçülmüş ışık akılarının toplamına oranıdır. Armatür dışında lamba ışık akısı ölçümünde, lamba içinde kullanılan balast kullanılmalıdır.

Işık Çıktı Oranı-İşletme ICOİ

Armatürün belirli özel koşullar altında ölçülmüş ışık çıktısının, lambaların yine belirli referans koşullar altında armatür dışında çalıştırılarak ölçülmüş ışık akılarının toplamına oranıdır. Armatür dışında lamba ışık akısı ölçümünde, referans balast kullanılmalıdır.

Maksimum Aralık Yükseklik Oranı AYO MAKS

Armatürlerin karesel diziler şeklinde düzenlenmesi durumunda aralık yükseklik oranı, en içteki dört armatür ortasında kalan merkez alan üzerinde, minimum aydınlık düzeyinin maksimum aydınlık düzeyine oranı 0,7 olduğunda maksimum aralık yükseklik oranı olarak elde edilir. Bu durum Şekil 2.1’de gösterilmiştir.

Maksimum Enine Aralık Yükseklik Oranı AYO MAKS E

Sürekli bantlar halinde kullanılmış olan armatürlerde, en iç iki sıra arasında kalan merkez bölgede direkt aydınlık düzeyinin minimumunun maksimumuna oranı olarak 0,7 değerini veren aralık-yükseklik oranıdır.

Noktasal Armatür

Boyutu aydınlatma hesaplarında ihmal edilebilen bir armatürdür.

Nominal Aralık Yükseklik Oranı AYO NOM

Aralık yükseklik oranının 0,5; 0,75; 1,0 vs dizisindeki maksimum aralık yükseklik oranından büyük olmayan en yüksek değeridir. Yararlanma katsayıları tabloları normalde nominal değerde bir aralık yükseklik oranı için hesaplanırlar.

Oda İndisi OI

Hacmin zemin alanının iki katının duvar alanına bölümüdür. Hacimde zemin ve tavanın birbirine paralel olduğu ve duvarların bu yüzeylerle dik açı yaptıkları kabul edilmektedir. Hacimdeki herhangi bir noktadan, o hacmin tüm yüzeyleri görülebilir olmalıdır.

Orta Nokta Oranı ONO

Armatürlerin karesel diziler halindeki düzeninde merkezdeki direkt aydınlık düzeyinin, en içteki dört armatürden birinin merkezinin altındaki direkt aydınlık düzeyine oranıdır.

Ortalama Işık Yansıtma Katsayısı OY(S)

Bir S yüzeyi üzerindeki yüzey ağırlıklı ortalaması alınmış, ortalama yansıtma katsayısı değeridir.

Parıltı Çıkışı (Fotometrik Işıntı) P(S)

Işık yayan bir S yüzeyinin ışık akısı yoğunluğudur. Fotometrik ışıntının birimi aydınlık düzeyinin birimine benzemektedir. Fakat fotometrik ışıntı aktif, aydınlık düzeyi ise pasif bir büyüklüktür. Birimi $\text{lm/m}^2[1]$.

Referans Balast

Etalon lamba seçiminde ve balast testlerinde kullanılmak üzere tasarlanmış özel bir endüktif balasttır. Akım değişimlerinden, çevrenin ısı ve magnetik koşullarından

nisbeten az etkilenen, stabil bir gerilim/akım oranı referans balastlar için karakteristiktir.

Referans Düzlem

Üzerinde aydınlık düzeyinin hesaplanacağı alandır. Referans düzlemin üzerinde görsel bir iş bulunması gerekmez.

Simetrik Armatür

Armatürün fotometrik merkezinden geçen, düşey eksene göre simetrik bir ışık dağılımına sahip armatürdür.

Şekil Katsayısı $\text{ŞK}(S_1, S_2)$

S_1 yüzeyi üzerindeki aydınlık düzeyinin, S_2 yüzeyindeki ışık çıkışına oranıdır.

Tavan Boşluğu TB

Bir hacimdeki armatürlerin oluşturduğu armatür düzleminin üzerindeki boşluktur.

Transfer Katsayısı $\text{TK}(S_1, S_2)$

Bir S_1 yüzeyinden diğer bir S_2 yüzeyine transfer katsayısı $\text{TK}(S_1, S_2)$, S_1 'i aydınlatan ışık akısının sonucu olarak S_2 yüzeyine düşen toplam ışık akısının, S_1 yüzeyi üzerindeki direkt ışık akısına oranıdır[7,8].

S_1 ve S_2 farklı yüzeyler olduğunda, transfer katsayısının değeri birden küçüktür. İki yüzey aynı olduğunda, transfer katsayısı birden büyük ya da eşittir, çünkü toplam akı direkt ışık akısıyla birlikte yansıyan ışık akısını da içerir. Z, D ve T kısaltmaları S_1 ve S_2 yüzeyleri yerine üç hacim yüzeyini belirtmek için kullanılırlar. Örneğin, $\text{TK}(T, Z)$ tavan boşluğundan, zemin boşluğuna transfer katsayısını gösterir.

Yansıtma Katsayısı $Y(S)$

Yansıyan ışınım veya ışık akısının, yüzeye düşen akıya oranıdır.

Yararlanma Katsayısı $YK(S)$

Bir S yüzeyi için yararlanma katsayısı, S yüzeyi üzerine direkt veya yansıma ile düşen toplam akının, tesisattaki çıplak lambaların toplam ışık akısına oranıdır. $YK(Z)$: zemin boşluğu yararlanma katsayısı, $YK(D)$: duvar yararlanma katsayısı, $YK(T)$: tavan boşluğu yararlanma katsayısı.

Yatay Referans Düzlemi

Yatay referans düzlemi genellikle zeminden 0,85 m yukarıdadır ve yatay çalışma düzlemiyle çakıştığı kabul edilir. Yatay referans düzlemi zemin boşluğunun ağızıdır.

Yukarı-doğru Akı Oranı YAO

Bir armatürün yukarı yarı uzaya yaydığı ışık akısının, tüm uzaya yaydığı toplam ışık akısına oranıdır.

Yukarı-doğru Işık Çıktı Oranı YICO

Bir armatürün ışık çıktı oranı (ICO) ile yukarı-doğru akı oranının (YAO) çarpımıdır. Işık çıktı oranı, Yukarı-doğru Işık Çıktı Oranı-Armatür (YICOA) veya Yukarı-doğru Işık Çıktı Oranı İşletme (YICOİ) olabilir.

Zemin Boşluğu ZB

Bir hacimdeki yatay referans düzleminin altında kalan boşluktur. Yatay referans düzlemi ve zemin boşluğu “Z” kısaltması ile gösterilmektedir.



EK B

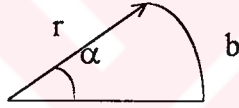
UZAY AÇININ TANIMI VE HESAPLANMASI

İçinden kısmi bir ışık akısı geçen koni veya piramit şeklindeki uzay parçasına uzay açısı denir. Birimi “steradyan”dır. “sr” ile gösterilir. Düzlemsel açı birim dairede yay olarak ölçülürken, uzay açısı birim kürede yüzey olarak ölçülür[1].

B.1. Düzlemsel Açı İle Uzay Açısının Karşılaştırılması:

B.1.1. Düzlemsel açı:

İki yarım doğru ile sınırlanan yay uzunluğunun yarıçapa oranı ile bulunur. Daire için düzlemsel açının değeri 2π rad.’dır.

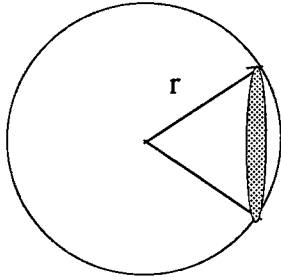


Şekil B.1. Düzlemsel açının gösterimi

$$\alpha = \frac{b}{r} \quad (B.1)$$

B.1.2. Uzay açısı:

Küre ile eşkenarlı bir koninin, yarıçapı r olan küre yüzeyinden ayırdığı küre kapağının alanının, kürenin yarıçapının karesine oranı ile bulunur. Küre için uzay açısının değeri 4π str.’dir.



Şekil B.2. Uzay açının gösterimi

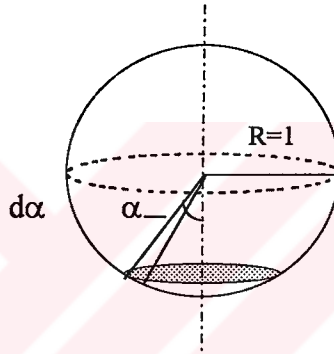
$$\Omega = \frac{S_n}{r^2} \quad (B.2)$$

Şekil B.3’de görüldüğü gibi yarıçapı 1 birim olan küre ele alınırsa, aşağıdaki (B.3) bağıntısı yazılabilir. Bu bağıntının 0’dan α ’ya kadar integrali alınırsa, istenilen (B.5) uzay açısı bağıntısı bulunmuş olur.

$$d\Omega_\alpha = 2\pi \cdot \sin\alpha \cdot d\alpha \quad (B.3)$$

$$\Omega_\alpha = 2\pi \cdot \int_0^\alpha \sin\alpha \cdot d\alpha = 2\pi \cdot [-\cos\alpha]_0^\alpha \quad (B.4)$$

$$\Omega_\alpha = 2\pi \cdot (1 - \cos\alpha) \quad (B.5)$$



Şekil B.3. Düzlemsel açının ve o düzlemsel açıya ait uzay açının birim küre üzerinde gösterilmesi

B.2. Bir Koninin Düzlemsel Tepe Açısına Bağlı Olarak Uzay Açının Hesaplanmasına İlişkin Örnekler:

İngiliz normlarında 5 derecelik farklılıklarla ışık şiddeti ölçümleri gerekmektedir. Bu nedenden 5° , 15° , 25° , vs değerleri için uzay açısı değerlerinin bulunması gerekir. Eğer Alman normlarında ölçüm yapılsaydı, 2,5 derecelik farklılıklarla ölçüm yapılacağından, uzay açısı da $2,5^\circ$, $7,5^\circ$, $12,5^\circ$, vs değerleri için bulunacaktı.

Aşağıda verilen düzlemsel açı değerleri için (B.1) bağıntısı kullanılırsa;

5 dereceye ait olan uzay açısı:

$$\Omega_{10} = 2\pi \cdot (1 - \cos 10) = 0,095$$

$$\Omega_0 = 2\pi \cdot (1 - \cos 0) = 0$$

$$\} \Rightarrow \Omega_5 = \Omega_{10} - \Omega_0 = 0,095$$

25 dereceye ait olan uzay açısı:

$$\Omega_{30} = 2\pi \cdot (1 - \cos 30) = 0,842$$

$$\Omega_{20} = 2\pi \cdot (1 - \cos 20) = 0,379$$

$$\} \Rightarrow \Omega_{25} = \Omega_{30} - \Omega_{20} = 0,463$$

şeklinde bulunurlar.



EK C

TRANSFER KATSAYILARI TABLOLARI

Yararlanma katsayıları ve dağıtım katsayıları arasındaki ilişki aşağıdaki üç bağıntıdan oluşmaktadır:

$$YK(Z)=DK(Z).TK(Z,Z) + DK(D).TK(D,Z) + DK(T).TK(T,Z) \quad (C.1)$$

$$YK(D)=DK(Z).TK(Z,D) + DK(D).TK(D,D) + DK(T).TK(T,D) \quad (C.2)$$

$$YK(T)=DK(Z).TK(Z,T) + DK(D).TK(D,T) + DK(T).TK(T,T) \quad (C.3)$$

Bu denklemlerin çözülebilmesi için TK' lar hesaplanmalıdır. Eğer bu denklemler matris halinde yazılacak olursa, hesaplama daha kolay olur[3] .

$$[YK]=[T].[DK] \quad (C.4)$$

$$[YK]=\begin{bmatrix} YK(Z) \\ YK(D) \\ YK(T) \end{bmatrix} \quad (C.5)$$

$$[DK]=\begin{bmatrix} DK(Z) \\ DK(D) \\ DK(T) \end{bmatrix} \quad (C.6)$$

$$[T]=\begin{bmatrix} TK(Z,Z) & TK(D,Z) & TK(T,Z) \\ TK(Z,D) & TK(D,D) & TK(T,D) \\ TK(Z,T) & TK(D,T) & TK(T,T) \end{bmatrix} \quad (C.7)$$

Transfer katsayılarını çıkartmak için yansıma denklemlerini kurmak ve çözmek gerekir.

C.1. Akı Transferi Teorisi:

Yansıma analizleri yapılmadan önce, iki düzlem arasındaki akı transferinin belirlenmesi için bir metod gereklidir. Bunun için şekil katsayısı kullanılabilir.

Şekil C.1’ de görüldüğü gibi S1 ve S2 iki homojen dağıtııcıdır. $\text{ŞK}(S1,S2)$ şekil katsayısı, S1 düzlemi üzerindeki aydınlık düzeyinin, S2 düzleminin fotometrik ışıntısına oranıdır. Aynı şekilde $\text{ŞK}(S1,S2)$ ’ de S2 üzerindeki aydınlık düzeyinin, S1 düzleminin fotometrik ışıntısına oranıdır[3].

Böylece,

$$\text{ŞK}(S1,S2) = \frac{E(S2).A(S2)}{P(S1).A(S1)} \quad (C.8)$$

$$\text{ŞK}(S1,S2).A(S1) = \text{ŞK}(S2,S1).A(S2) \quad (C.9)$$

$$\text{ŞK}(S2,S1) = \frac{E(S1).A(S1)}{P(S2).A(S2)} \quad (C.10)$$

$P(S1)$ = S1 düzleminin fotometrik ışıntısı

$P(S2)$ = S2 düzleminin fotometrik ışıntısı

$E(S1)$ = S1 düzlemindeki aydınlık düzeyi

$E(S2)$ = S2 düzlemindeki aydınlık düzeyi

$A(S1)$ = S1 düzleminin alanı

$A(S2)$ = S2 düzleminin alanı

$\text{ŞK}(S1,S2)$; aydınlık düzeyinin fotometrik ışıntıya oranı olarak kullanıldığında, akı transferinin S2’ den S1’ e yönlendiği anlaşılır.

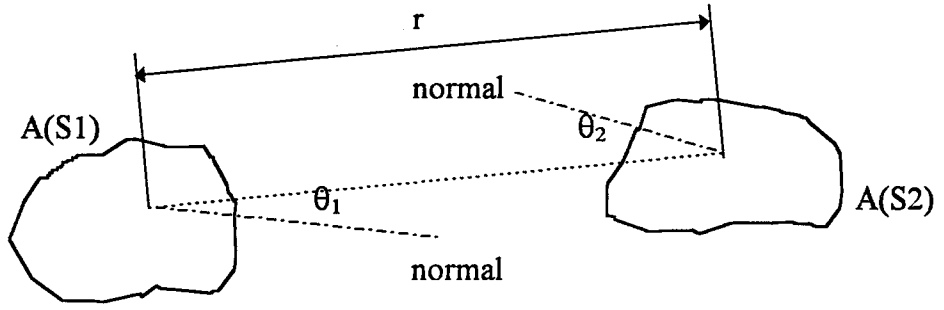
$\text{ŞK}(S1,S2)$; akıların oranı olarak kullanıldığında ise akı transferinin ters yönde olduğu, yani S1’ den S2’ye yönlendiği anlaşılır.

Şekil katsayısı birimsizdir ve sadece düzlemlerin geometrisine bağlıdır.

Şekil C.2’deki şekle göre şekil katsayısı

$$\text{ŞK} = \iint_{S_2} \frac{\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2}{\pi r^2 A(S1)} dS1.dS2 \quad (C.11)$$

şeklinde verilebilir.



Şekil C.1. Şekil katsayısının hesaplanması için ele alınan iki düzlem ve bunların arasındaki parametrelerin gösterimi

Şekil C.2’de gösterildiği gibi birbirine dik ve ortak bir kenara sahip iki dikdörtgen düzlem için, bu integralin çözümü aşağıdaki gibidir[8]:

$$\text{ŞK}(S1,S2)=L/(\pi.W)\{H(a) + H(b) - H(c)\} \quad (\text{C.12})$$

Burada,

$$H(x)=x.\cot x + 1/2\{ \cot^2 x . \ln(\cos x) - \ln(\sin x) \} \quad (\text{C.12.a})$$

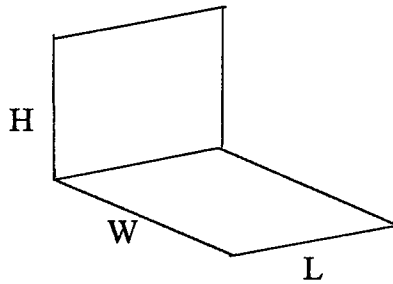
ve

$$a=\arctan(L/H) \quad (\text{C.12.b})$$

$$b=\arctan(L/W) \quad (\text{C.12.c})$$

$$c=\arctan(L/\sqrt{W^2+H^2}) \quad (\text{C.12.d})$$

şeklinde verilebilir.



Şekil C.2. Bir hacmin boyutları

Şekil C.3’deki gibi oda indisi $O\tilde{I}$ olan ve üç homojen dağıtıcı düzlemi olan basit bir hacim ele alındığında, düzlemlerden herhangi biri için şekil katsayısı, $\text{ŞK}(Z,D)$

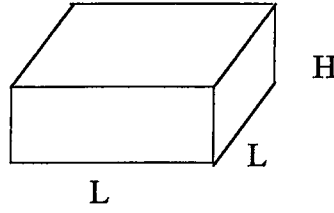
terimlerine bağılı olarak hesaplanabilir. $\text{ŞK}(Z,D)$, zeminden duvarlara akı transferi için şekil katsayısıdır.

$$\text{ŞK}(T,D) = \text{ŞK}(Z,D) \quad (\text{C.13.a})$$

$$\text{ŞK}(Z,T) = \text{ŞK}(T,Z) = 1 - \text{ŞK}(Z,D) \quad (\text{C.13.b})$$

$$\text{ŞK}(D,T) = \text{ŞK}(D,Z) = O\dot{I} / 2 \cdot \text{ŞK}(Z,D) \quad (\text{C.13.c})$$

$$\text{ŞK}(D,D) = 1 - O\dot{I} \cdot \text{ŞK}(Z,D) \quad (\text{C.13.d})$$



Şekil C.3. Eni ve boyu aynı uzunlukta olan bir hacim tipi

Uzunluk ve genişliği L, yüksekliği H olan kare şeklindeki bir hacim için, şekil katsayısı $\text{ŞK}(Z,D)$ şöyle bulunabilir:

$$\text{ŞK}(Z,D) = 4 / \pi \{ H(a) + H(b) - H(c) \} \quad (\text{C.14})$$

$$H(x) = x \cdot \cot x + 1/2 \{ \cot^2 x \cdot \ln(\cos x) - \ln(\sin x) \} \quad (\text{C.14.a})$$

$$a = \arctan(L/H) \quad a = \arctan 2 \cdot O\dot{I} \quad (\text{C.14.b})$$

$$b = \arctan 1 = \pi/4 \quad \Rightarrow \quad b = \pi/4 \quad (\text{C.14.c})$$

$$c = \arctan(L / \sqrt{L^2 + H^2}) \quad c = \arctan 2 \cdot O\dot{I} / \sqrt{(2 \cdot O\dot{I})^2 + 1} \quad (\text{C.14.d})$$

C.2. Yansıma Teorisi:

Bir düzleme sonuç olarak gelen ışık akısı, her düzlemden transfer edilen akı ve armatürden gelen direkt akının toplamına eşittir.

Şekil C.3'deki gibi sadece duvarlar, tavan ve zemini içeren basit bir hacim için aşağıdaki denklem takımı yazılabilir:

$$YK(Z) = DK(Z) + YK(D) \cdot Y(D) \cdot \text{ŞK}(D,Z) + YK(T) \cdot Y(T) \cdot \text{ŞK}(T,Z) \quad (\text{C.15})$$

$$YK(D)=DK(D)+YK(Z).Y(Z).ŞK(Z,D)+YK(D).Y(D).ŞK(D,D)+YK(T).Y(T).ŞK(T,D) \quad (C.16)$$

$$YK(T)=DK(T)+YK(Z).Y(Z).ŞK(Z,T)+YK(D).Y(D).ŞK(D,T) \quad (C.17)$$

Burada $Y(Z)$, $Y(D)$, $Y(T)$ zemin, duvar ve tavan ışık yansıtma katsayılarıdır. Bu formüllerde $DK(Z)$, $DK(D)$, $DK(T)$ eşitliğin sol tarafına alınılırsa;

$$DK(Z)=YK(Z)-YK(D).Y(D).ŞK(D,Z)-YK(T).Y(T).ŞK(T,Z) \quad (C.18)$$

$$DK(D)=YK(D)-YK(Z).Y(Z).ŞK(Z,D)-YK(D).Y(D).ŞK(D,D)-YK(T).Y(T).ŞK(T,D) \quad (C.19)$$

$$DK(T)=YK(T)-YK(Z).Y(Z).ŞK(Z,T)-YK(D).Y(D).ŞK(D,T) \quad (C.20)$$

elde edilir.

Yararlanma katsayılarının bulunabilmesi için bu denklem sisteminin çözülmesi gerekir. Bunun için transfer katsayıları çıkartılacaktır.

$$[DK]=[AT].[YK] \quad (C.21)$$

↓

Akı Transfer Matrisi

$$[AT]=\begin{bmatrix} 1 & -Y(D).ŞK(D,Z) & -Y(T).ŞK(T,Z) \\ -Y(Z).ŞK(Z,D) & 1-Y(D).ŞK(D,D) & -Y(T).ŞK(T,D) \\ -Y(Z).ŞK(Z,T) & -Y(D).ŞK(D,T) & 1 \end{bmatrix} \quad (C.22)$$

$$[T].[AT]=[I] \Rightarrow [T]=[AT]^{-1} \quad (C.23)$$

$[DK]=[AT].[YK]$ 'nin iki tarafı $[T]$ ile çarpılırsa,

$$[I]=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (C.24)$$

$$[T].[DK]=[T].[AT].[YK] \quad (C.25)$$

$$[T].[DK]=[I].[YK]=[YK] \quad (C.26)$$

$[T]$: Transfer matrisidir ve transfer katsayılarından oluşur .

$$[T]=\begin{bmatrix} TK(Z,Z) & TK(D,Z) & TK(T,Z) \\ TK(Z,D) & TK(D,D) & TK(T,D) \\ TK(Z,T) & TK(D,T) & TK(T,T) \end{bmatrix} \quad (C.27)$$

$$[T]=[AT]^{-1}=\frac{[AT]^{adj}}{\Delta AT} \quad (C.28)$$

$$[AT]^{adj}=\begin{bmatrix} a & d & g \\ b & e & h \\ c & f & i \end{bmatrix} \quad (C.29)$$

ise

$$\Delta AT = a \{1-Y(Z)\} + b \{1-Y(D)\} + c \{1-Y(T)\} \quad (C.30.a)$$

$$=d \{1-Y(Z)\} + e \{1-Y(D)\} + f \{1-Y(T)\} \quad (C.30.b)$$

$$=g \{1-Y(Z)\} + h \{1-Y(D)\} + i \{1-Y(T)\} \quad (C.30.c)$$

C.3. Transfer Katsayılarının Bulunması İçin Takip Edilecek Yol:

- Şekil katsayısı $\$K(Z,D)$, formüller yardımıyla hesaplanır.
- Aşağıdaki sonuçlar hesaplanır:

$$a=Y(Z).\$K(Z,D) \quad (C.31.a)$$

$$b=Y(Z).\$K(Z,T) \quad \text{veya} \quad Y(Z)-a \quad (C.31.b)$$

$$c=Y(T).\$K(T,D) \quad (C.31.c)$$

$$d=Y(T).\$K(Z,T) \quad \text{veya} \quad Y(T)-c \quad (C.31.d)$$

$$e=Y(D).\$K(D,Z) \quad \text{veya} \quad Y(D).\$K(Z,D).OI/2 \quad (C.31.e)$$

$$f=Y(D).\$K(D,D) \quad \text{veya} \quad 1-Y(D)+2e \quad (C.31.f)$$

- ΔAT hesaplanır:

$$\Delta AT= f (1-bd) - e \{ a (1+d) + c (1+ b) \} \quad (C.32)$$

- Transfer katsayıları aşağıdaki formüllerden hesaplanır[3].

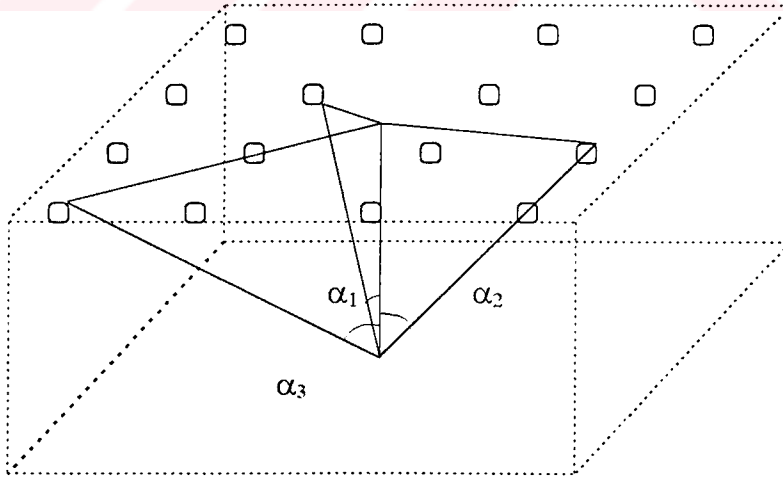
$$\begin{aligned}
 \text{TK}(Z,Z) &= \frac{f - e.c}{\Delta[AT]} & \text{TK}(D,Z) &= \frac{e(1 + d)}{\Delta[AT]} & \text{TK}(T,Z) &= \frac{e.c + f.d}{\Delta[AT]} \\
 \text{TK}(Z,D) &= \frac{a + b.c}{\Delta[AT]} & \text{TK}(D,D) &= \frac{1 - b.d}{\Delta[AT]} & \text{TK}(T,D) &= \frac{c + a.d}{\Delta[AT]} \\
 \text{TK}(Z,T) &= \frac{a.e + b.f}{\Delta[AT]} & \text{TK}(D,T) &= \frac{e(1 + b)}{\Delta[AT]} & \text{TK}(T,T) &= \frac{f - e.a}{\Delta[AT]}
 \end{aligned} \tag{C.33}$$

EK D

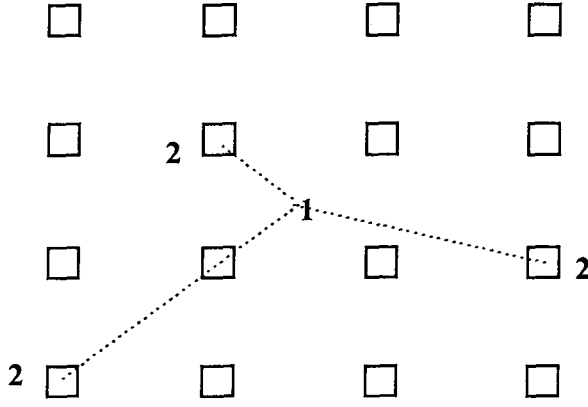
YÜKSEKLİK AÇILARININ VE BUNLARA KARŞILIK GELEN BÖLGESEL ÇARPANLARIN HESAPLANMASI

D.1. Minimum Aydınlik Düzeyine Sahip Noktaların Belirlenmesi:

Şekil D.1'deki gibi, bir hacim içerisinde 16 armatürün karesel formda yerleştirildiği kabul edilsin. Bu yerleştirmenin üstten görünüşü Şekil D.2'deki gibidir. Bu yerleştirmeye göre 1 noktası minimum aydınlık düzeyine sahip olan noktadır. Diğer 2 nolu noktalar ise, 1 nolu noktaya göre değişik uzaklıktaki armatürlerin bulunduğu ve 1 nolu noktada minimum aydınlık düzeyini veren noktalardır. Burada üç değişik 2 noktası elde edilir. Tablo 2.2.a'da, benzer şekilde Tablo 2.2.b'de kullanılan yükseklik açıları (KA) ve bunlara karşılık gelen bölgesel çarpanlar (BÇ), Şekil D.1 yardımıyla hesaplanabilir. Şekil D.3'de söz konusu üç nokta gösterilmiştir. Yükseklik açıları 1 noktasından inilen dikin zemini kestiği nokta ile, diğer üç noktanın birleştirilmesi sonucu oluşan doğruların, aynı 1 noktasından inilen dik ile yaptığı açılardır. Bölgesel çarpanlar ise, (D.1) bağıntısında görüldüğü gibi aydınlık düzeyini bulmak için ışık şiddetinin çarpılması gereken değerdir.



Şekil D.1. 16 karelik armatür yerleşimi için 1 noktasına göre üç farklı 2 nolu noktaların belirlenmesi ve 1 noktasına olan uzaklıkları



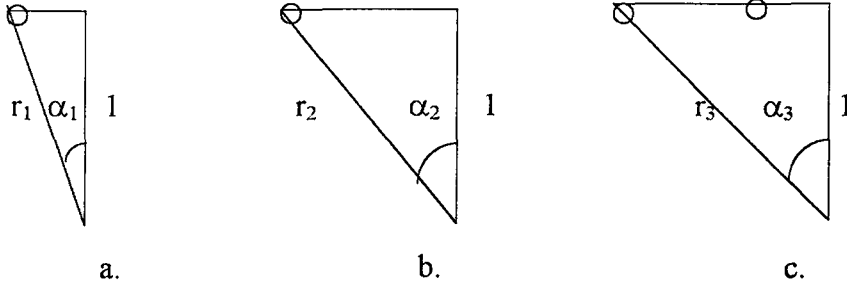
Şekil D.2. 16 karelik armatür yerleşimi için belirlenmiş
1 ve 2 noktalarının üstten görünüşü

Bilindiği gibi noktasal aydınlatma formülü,

$$E = \frac{I_{\alpha}}{r^2} \cos \alpha \quad (D.1)$$

şeklinde verilebilir[1]. İşte burada her aynı aydınlık düzeyine sahip olan nokta için ışık şiddeti ile çarpılan $\cos \alpha / r^2$ değeri BÇ değerini verir. Yani BÇ değeri bulunurken hacimde bulunan aynı özellikteki nokta sayısı ile bu değer çarpılır.

Aralık yükseklik oranının 0,5 olması için minimum aydınlık düzeyine sahip noktalar belirlenirse, yani armatür aralıkları armatür yüksekliklerinin yarısı kadar 0,5 birim alınırsa,



Şekil D.3. Minimum aydınlık düzeyine sahip noktaların belirlenmesi için
tespit edilmiş üç nokta

a. Birinci nokta

b. İkinci nokta

c. Üçüncü nokta

1. nokta için: Bu durumda olan dört nokta vardır.

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \sqrt{0,25^2 + 0,25^2} / 1 = 0,354 \quad \alpha_1 = 19,47^\circ = \text{KA}(1)$$

$$r_1 = \sqrt{(0,354)^2 + 1^2} = 1,061$$

$$\cos\alpha_1 / r_1^2 = 0,838 \quad 0,838 \times 4 = 3,35 = \text{BÇ}(1)$$

2. nokta için: Bu durumda olan sekiz nokta vardır.

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \sqrt{0,25^2 + 0,75^2} / 1 = 0,791 \quad \alpha_2 = 38,33^\circ = \text{KA}(2)$$

$$r_2 = \sqrt{(0,791)^2 + 1^2} = 1,275$$

$$\cos\alpha_2 / r_2^2 = 0,483 \quad 0,483 \times 8 = 3,86 = \text{BÇ}(2)$$

3. nokta için: Bu durumda olan dört nokta vardır.

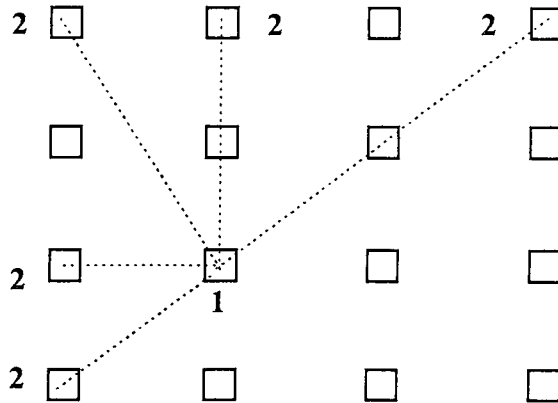
$$\operatorname{tg}\alpha_3 = \sqrt{0,75^2 + 0,75^2} / 1 = 1,061 \quad \alpha_3 = 46,69^\circ = \text{KA}(3)$$

$$r_3 = \sqrt{(1,061)^2 + 1^2} = 1,458$$

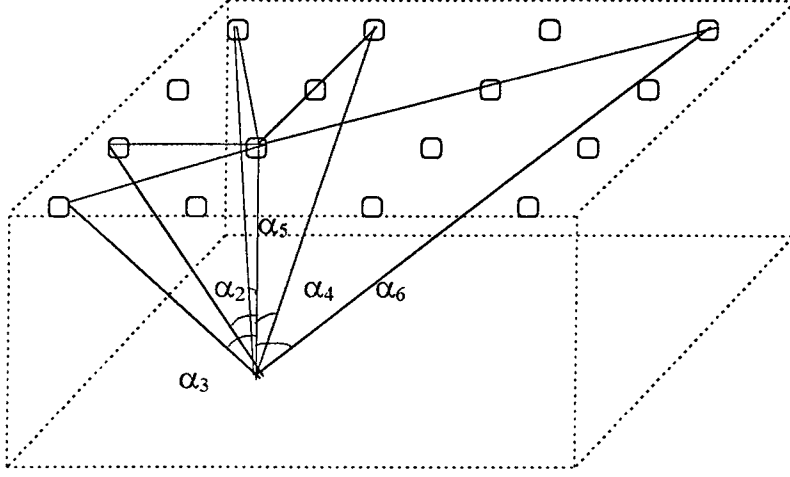
$$\cos\alpha_3 / r_3^2 = 0,323 \quad 0,323 \times 4 = 1,291 = \text{BÇ}(3)$$

D.2. Maksimum Aydınlik Düzeyine Sahip Noktaların Belirlenmesi:

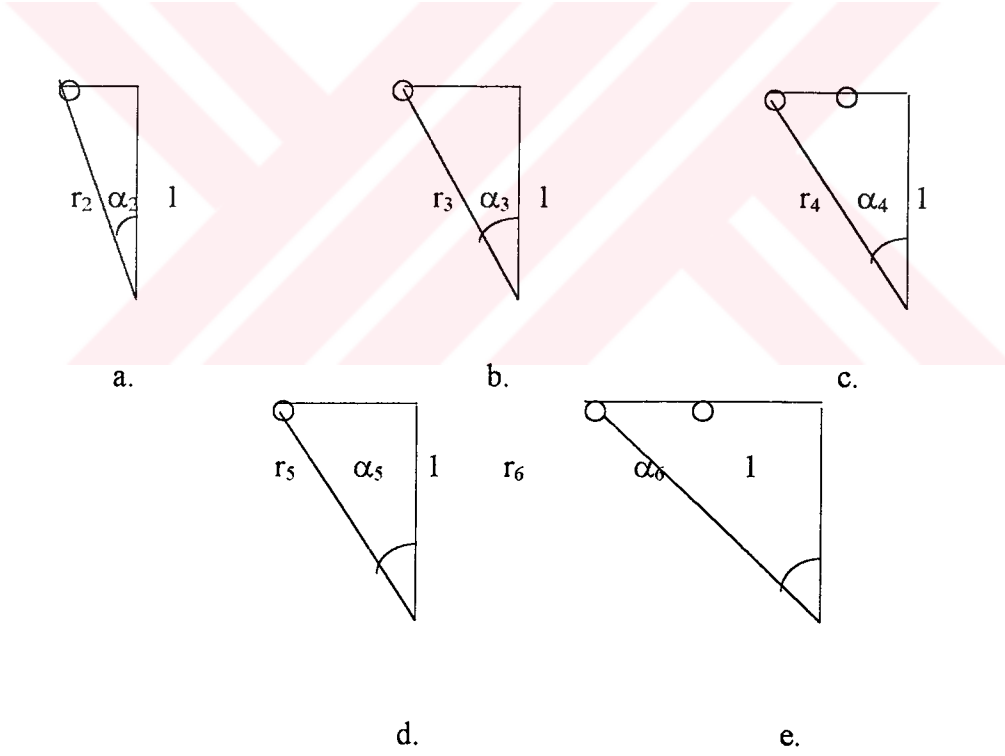
Burada da 1 noktası maksimum aydınlık düzeyine sahip noktadır. Bu noktayla etkileşime giren 2 noktası ise Şekil D.4’de gösterilmiştir. Bu noktalardan bir tanesi de 1 noktasının tam altında yer almaktadır. Dolayısıyla 1 noktası aynı zamanda 2 noktasıdır. Böylece altı farklı nokta tespit edilebilir. Diğer beş nokta Şekil D.5’de gösterilmiştir. Dolayısıyla altı değişik yükseklik açısı (KA) ve bölgesel çarpan da bulunmuş olur.



Şekil D.4. 16 karelik armatür yerleşimi için belirlenmiş 1 ve 2 noktalarının üstten görünüşü



Şekil D.5. 16 karelik armatür yerleşimi için 1 noktasına göre altı farklı 2 nolu noktaların belirlenmesi ve 1 noktasına olan uzaklıkları



Şekil D.6. Maksimum aydınlık düzeyine sahip noktaların belirlenmesi için tespit edilmiş beş nokta

- a. İkinci nokta
- b. Üçüncü nokta
- c. Dördüncü nokta
- d. Beşinci nokta
- e. Altıncı nokta

1. nokta için: Bu nokta armatürün tam altındadır ve bu durumda olan sadece bir nokta vardır.

$$r_1=1$$

$$\alpha_1 = 0^0 = \text{KA}(4)$$

$$\cos\alpha_1 / r_1^2 = 1$$

$$1 \times 1 = 1 = \text{BÇ}(4)$$

2. nokta için: Bu durumda olan dört nokta vardır.

$$\text{tg}\alpha_2 = 0,5 / 1 = 0,5$$

$$\alpha_2 = 26,57^0 = \text{KA}(5)$$

$$r_2 = \sqrt{(0,5)^2 + 1^2} = 1,118$$

$$\cos\alpha_2 / r_2^2 = 0,716$$

$$0,716 \times 4 = 2,862 = \text{BÇ}(5)$$

3. nokta için: Bu durumda olan dört nokta vardır.

$$\text{tg}\alpha_3 = \sqrt{0,5^2 + 0,5^2} / 1 = 0,707$$

$$\alpha_3 = 35,26^0 = \text{KA}(6)$$

$$r_3 = \sqrt{(0,707)^2 + 1^2} = 1,225$$

$$\cos\alpha_3 / r_3^2 = 0,544$$

$$0,544 \times 4 = 2,177 = \text{BÇ}(6)$$

4. nokta için: Bu durumda olan iki nokta vardır.

$$\text{tg}\alpha_4 = 1 / 1 = 1$$

$$\alpha_4 = 45^0 = \text{KA}(7)$$

$$r_4 = \sqrt{1^2 + 1^2} = 1,414$$

$$\cos\alpha_4 / r_4^2 = 0,354$$

$$0,354 \times 2 = 0,707 = \text{BÇ}(7)$$

5. nokta için: Bu durumda olan dört nokta vardır.

$$\text{tg}\alpha_5 = \sqrt{0,5^2 + 1^2} / 1 = 1,118$$

$$\alpha_5 = 48,19^0 = \text{KA}(8)$$

$$r_5 = \sqrt{(1,118)^2 + 1^2} = 1,5$$

$$\cos\alpha_5 / r_5^2 = 0,296$$

$$0,296 \times 4 = 1,185 = \text{BÇ}(8)$$

6. nokta için: Bu durumda olan bir nokta vardır.

$$\text{tg}\alpha_6 = \sqrt{1^2 + 1^2} / 1 = 1,414$$

$$\alpha_6 = 54,74^0 = \text{KA}(9)$$

$$r_6 = \sqrt{(1,414)^2 + 1^2} = 3$$

$$\cos\alpha_6 / r_6^2 = 0,192$$

$$0,192 \times 1 = 0,192 = \text{BÇ}(9)$$

EK E

VISUAL BASIC PROGRAM YAZILIMI

E.1. Noktasal Armatürler İçin Program Yazılımı:

Global KORTE_N(37) As Single
Global ORTE_N(37) As Single
Global EE_N(37, 8) As Single
Global F_N(37) As Single
Global G_N(37) As Single
Global OF_N As Single
Global YICO_N As Single
Global ICO_N As Single
Global AICO_N As Single
Global L_N As Single
Global M_N As Single
Global K_N As Single
Global AKI_N As Single
Global AYONOM_N As Single
Global MP_N As Single
Global T11_N As Single
Global T12_N As Single
Global T13_N As Single
Global T21_N As Single
Global T22_N As Single
Global T23_N As Single
Global T31_N As Single
Global T32_N As Single
Global T33_N As Single
Global SEC_N As Single
Global A11_N As Single
Global A12_N As Single
Global A13_N As Single
Global A21_N As Single
Global A22_N As Single
Global A23_N As Single
Global A31_N As Single
Global A32_N As Single
Global A33_N As Single
Global I_N As Single
Global ODI_N As Single

Global DFZE_N As Single
 Global DFTE_N As Single
 Global DFDE_N As Single
 Global CE_N As Single
 Global UZE_N As Single
 Global UDE_N As Single
 Global UTE_N As Single
 Global H_N(19) As Single
 Global JE_N(37) As Single
 Global KA_N(81) As Single
 Global BF_N(81) As Single
 Global E_N(9, 2) As Single
 Global ONO_N(9) As Single
 Global AYO_N(10) As Single
 Global AB_N(81) As Single
 Global HESAP_N(81) As Single
 Global ABC_N(9, 9) As Single
 Global C_N(9) As Single
 Global OI_N(9) As Single
 Global ZM_N(9, 9) As Single
 Global DFZ_N(9) As Single
 Global DFD_N(9) As Single
 Global DFT_N(9) As Single
 Global UZ_N(9) As Single
 Global UD_N(9) As Single
 Global UT_N(9) As Single
 Global T_N(3, 9) As Single

Sub ALTO (EE_N() As Single, KORTE_N() As Single, G_N() As Single, F_N() As
 Single, ORTE_N() As Single)

Y = 0

For I = 1 To 37

Y = Y + 1

KORTE_N(Y) = 0

For J = 1 To 8

KORTE_N(Y) = KORTE_N(Y) + EE_N(I, J)

If J = 8 Then

ORTE_N(Y) = KORTE_N(Y) / 8

End If

Next J

Next I

Open "C:\tez-saib\12\UZAYACI" For Input As #2

For K = 1 To 37

Input #2, F_N(K)

Next K

For K = 1 To 37

G_N(K) = ORTE_N(K) * F_N(K)

Next K

End Sub

```

Sub Command1_Click ()
For I = 1 To 37
Grid1.Row = I + 2
For J = 1 To 8
Grid1.Col = J
EE_N(I, J) = Val(Grid1.Text)
Next J
Next I
ALT0 EE_N(), KORTE_N(), G_N(), F_N(), ORTE_N()
Form4.Show
End Sub

```

```

Sub ALT1 (AKI_N As Single, K_N As Single, G_N() As Single, M_N As Single,
L_N As Single, ICO_N As Single, AICO_N As Single, YICO_N As Single, OF_N
As Single)
L_N = 0
For K = 1 To 19
L_N = L_N + G_N(K)
Next K
M_N = L_N
For K = 20 To 37
M_N = M_N + G_N(K)
Next K
ICO_N = M_N / AKI_N
OF_N = ICO_N * 1000 / M_N
AICO_N = L_N * OF_N / 1000
YICO_N = ICO_N - AICO_N
End Sub

```

```

Sub ALT2 (OF_N As Single, G_N() As Single, ORTE_N() As Single, H_N() As
Single, JE_N() As Single)
For K = 1 To 19
H_N(K) = OF_N * G_N(K)
Next K
For K = 1 To 37
JE_N(K) = OF_N * ORTE_N(K)
Next K
End Sub

```

```

Sub ALT3 (KA_N() As Single, BF_N() As Single, JE_N() As Single, HESAP_N()
As Single)
Open "c:\tez-saib\12\KADE" For Input As #3
For I = 1 To 81
Input #3, KA_N(I)
Next I
Close #3
Open "c:\tez-saib\12\BFDE" For Input As #4
For I = 1 To 81
Input #4, BF_N(I)

```

```

Next I
Close #4
INTER KA_N(), BF_N(), JE_N(), HESAP_N()
End Sub

```

```

Sub Command1_Click ()
If option3d1.Value = True Then
SEC_N = 1
Call STANDART(SEC_N, DFZ_N(), DFD_N(), DFT_N(), T_N(), UZ_N(),
UD_N(), UT_N())
Form5.Show
ElseIf option3d2.Value = True Then
SEC_N = 2
Call STANDART(SEC_N, DFZ_N(), DFD_N(), DFT_N(), T_N(), UZ_N(),
UD_N(), UT_N())
Form6.Show
ElseIf option3d3.Value = True Then
SEC_N = 3
Call STANDART(SEC_N, DFZ_N(), DFD_N(), DFT_N(), T_N(), UZ_N(),
UD_N(), UT_N())
Form7.Show
ElseIf option3d4.Value = True Then
Form8.Show
End If
End Sub

```

```

Sub Command3_Click ()
ALT1 AKI_N, K_N, G_N(), M_N, L_N, ICO_N, AICO_N, YICO_N, OF_N
ALT2 OF_N, G_N(), ORTE_N(), H_N(), JE_N()
ALT3 KA_N(), BF_N(), JE_N(), HESAP_N()
ONOHESABI JE_N(), BF_N(), AB_N(), E_N(), ONO_N(), AYO_N(), MP_N,
AYONOM_N, HESAP_N()
DAGFA ZM_N(), ABC_N(), C_N(), H_N(), AYONOM_N, YICO_N, AICO_N,
DFZ_N(), DFD_N(), DFT_N()
End Sub

```

```

Sub DAGFA (ZM_N() As Single, ABC_N() As Single, C_N() As Single, H_N() As
Single, AYONOM_N As Single, YICO_N As Single, AICO_N As Single, DFZ_N()
As Single, DFD_N() As Single, DFT_N() As Single)
K_N = (AYONOM_N - .25) / .25
DZM$ = "c:\tez-saib\12\ZM" + LTrim$(RTrim$(Str$(CInt(K_N))))
Open DZM$ For Input As #5
For I = 1 To 9
For J = 1 To 9
Input #5, ZM_N(I, J)
Next J
Next I
Close #5
For I = 1 To 9

```

```

TOPL = 0
For J = 1 To 9
ABC_N(I, J) = ZM_N(I, J) * H_N(2 * J)
TOPL = TOPL + ABC_N(I, J)
C_N(I) = TOPL
Next J
DFZ_N(I) = C_N(I) / 1000
DFD_N(I) = AICO_N - DFZ_N(I)
DFT_N(I) = YICO_N
Next I
End Sub

```

```

Sub INTER (KA_N() As Single, BF_N() As Single, JE_N() As Single, HESAP_N()
As Single)
For K = 1 To 81
M_N = 1
a = KA_N(K)
For I = a To 0 Step -5
If I < 5 Then
HESAP_N(K) = JE_N(M_N) + I / 5 * (JE_N(M_N + 1) - JE_N(M_N))
Else
M_N = M_N + 1
End If
Next I
Next K
End Sub

```

```

Sub ONOHESABI (JE_N() As Single, BF_N() As Single, AB_N() As Single, E_N()
As Single, ONO_N() As Single, AYO_N() As Single, MP_N As Single,
AYONOM_N As Single, HESAP_N() As Single)
For K = 1 To 81
AB_N(K) = HESAP_N(K) * BF_N(K)
Next K
For I = 1 To 9
For J = 1 To 2
E_N(I, J) = 0
If J = 1 Then
For K = 1 To 3
M_N = (I - 1) * 9 + K
E_N(I, J) = E_N(I, J) + AB_N(M_N)
Next K
Else
For K = 4 To 9
M_N = (I - 1) * 9 + K
E_N(I, J) = E_N(I, J) + AB_N(M_N)
Next K
End If
Next J
ONO_N(I) = E_N(I, 1) / E_N(I, 2)

```

```

Next I
AYO_N(1) = .5
For I = 1 To 9
If ONO_N(I) < .7 Then
MP_N = ONO_N(I - 1)
AYONOM_N = AYO_N(I - 1)
Exit Sub
Else
AYO_N(I + 1) = AYO_N(I) + .25
AYONOM_N = AYO_N(I + 1)
End If
Next I
End Sub

```

```

Sub SONTAB1 (DFZ_N() As Single, DFD_N() As Single, DFT_N() As Single,
T_N() As Single, UZ_N() As Single, UD_N() As Single, UT_N() As Single)
For J = 1 To 9
UZ_N(J) = DFZ_N(J) * T_N(1, J) + DFD_N(J) * T_N(2, J) + DFT_N(J)*T_N(3,J)
Form5.Grid1.Col = J + 2
Form5.Grid1.Text = Format(UZ_N(J), "#.#0")
Next J
End Sub

```

```

Sub SONTAB2 (DFZ_N() As Single, DFD_N() As Single, DFT_N() As Single,
T_N() As Single, UZ_N() As Single, UD_N() As Single, UT_N() As Single)
For J = 1 To 9
UD_N(J) = DFZ_N(J) * T_N(1, J) + DFD_N(J) * T_N(2, J) + DFT_N(J)*T_N(3, J)
Form6.Grid1.Col = J + 2
Form6.Grid1.Text = Format(UD_N(J), "#.#0")
Next J
End Sub

```

```

Sub SONTAB3 (DFZ_N() As Single, DFD_N() As Single, DFT_N() As Single,
T_N() As Single, UZ_N() As Single, UD_N() As Single, UT_N() As Single)
For J = 1 To 9
UT_N(J) = DFZ_N(J) * T_N(1, J) + DFD_N(J) * T_N(2, J) + DFT_N(J)*T_N(3, J)
Form7.Grid1.Col = J + 2
Form7.Grid1.Text = Format(UT_N(J), "#.#0")
Next J
End Sub

```

```

Sub STANDART (SEC_N As Single, DFZ_N() As Single, DFD_N() As Single,
DFT_N() As Single, T_N() As Single, UZ_N() As Single, UD_N() As Single,
UT_N() As Single)
R = 7
S = 11
Q = 15
For Dongu = 0 To 3
If SEC_N = 1 Then

```

```

TAAB$ = "C:\tez-saib\12\TAB-Z" + LTrim$(RTrim$(Str$(CInt(Dongu))))
Open TAAB$ For Input As #R
For K = 1 To 9
For I = 1 To 3
For J = 1 To 9
Input #R, T_N(I, J)
Next J
Next I
Form5.Grid1.Row = Form5.Grid1.Row + 1
Call SONTAB1(DFZ_N(), DFD_N(), DFT_N(), T_N(), UZ_N(), UD_N(), UT_N())
Next K
Close #R
R = R + 1
ElseIf SEC_N = 2 Then
TAAB$ = "C:\tez-saib\12\TAB-D" + LTrim$(RTrim$(Str$(CInt(Dongu))))
Open TAAB$ For Input As #S
For K = 1 To 9
For I = 1 To 3
For J = 1 To 9
Input #S, T_N(I, J)
Next J
Next I
Form6.Grid1.Row = Form6.Grid1.Row + 1
Call SONTAB2(DFZ_N(), DFD_N(), DFT_N(), T_N(), UZ_N(), UD_N(), UT_N())
Next K
Close #S
S = S + 1
ElseIf SEC_N = 3 Then
TAAB$ = "C:\tez-saib\12\TAB-T" + LTrim$(RTrim$(Str$(CInt(Dongu))))
Open TAAB$ For Input As #Q
For K = 1 To 9
For I = 1 To 3
For J = 1 To 9
Input #Q, T_N(I, J)
Next J
Next I
Form7.Grid1.Row = Form7.Grid1.Row + 1
Call SONTAB3(DFZ_N(), DFD_N(), DFT_N(), T_N(), UZ_N(), UD_N(), UT_N())
Next K
Close #Q
Q = Q + 1
End If
Next Dongu
End Sub

Sub Text1_Change ()
AKI_N = Val(text1.Text)
End Sub

```

Dim Shared w_N As Single
 Dim Shared L_N As Single
 Dim Shared HH_N As Single
 Dim Shared YZ_N As Single
 Dim Shared YD_N As Single
 Dim Shared YT_N As Single

Sub Command1_Click ()
 IMAGE1.Picture = LoadPicture("c:\VB\ICONS\MISC\LIGHTON.ICO")
 IMAGE2.Picture = LoadPicture("C:\VB\ICONS\MISC\LIGHTON.ICO")
 IMAGE3.Picture = LoadPicture("C:\VB\ICONS\MISC\LIGHTON.ICO")
 Call TRANSFER(DFZ_N(), DFD_N(), DFT_N(), C_N(), T11_N, T12_N, T13_N,
 T21_N, T22_N, T23_N, T31_N, T32_N, T33_N, AICO_N, YICO_N)
 LABEL10.Caption = Format(UZE_N, "#.###")
 LABEL11.Caption = Format(UDE_N, "#.###")
 LABEL12.Caption = Format(UTE_N, "#.###")
 End Sub

Sub INTC (ODI_N As Single, OI2() As Single, CE_N As Single, C_N() As Single,
 DFZE_N As Single, DFDE_N As Single, DFTE_N As Single, AICO_N As Single,
 YICO_N As Single, T11_N As Single, T12_N As Single, T13_N As Single, T21_N
 As Single, T22_N As Single, T23_N As Single, T31_N As Single, T32_N As Single,
 T33_N As Single)
 For I = 1 To 9
 If ODI_N < OI2(I) Then

$$CE_N = ((ODI_N - OI2(I - 1)) / (OI2(I) - OI2(I - 1))) * (C_N(I) - C_N(I - 1)) + C_N(I - 1)$$

 Exit For
 Else
 CE_N = C_N(I)
 End If
 Next I
 DFZE_N = CE_N / 1000
 DFDE_N = AICO_N - DFZE_N
 DFTE_N = YICO_N
 End Sub

Sub MATRIS (I_N As Single, A11_N As Single, A12_N As Single, A13_N As
 Single, A21_N As Single, A22_N As Single, A23_N As Single, A31_N As Single,
 A32_N As Single, A33_N As Single, T11_N As Single, T12_N As Single, T13_N
 As Single, T21_N As Single, T22_N As Single, T23_N As Single, T31_N As Single,
 T32_N As Single, T33_N As Single)

$$DT = A11_N * A22_N * A33_N + A21_N * A32_N * A13_N + A31_N * A12_N * A23_N - A13_N * A22_N * A31_N - A32_N * A23_N * A11_N - A33_N * A12_N * A21_N$$

 ADJ11 = A22_N * A33_N - A32_N * A23_N
 ADJ12 = -(A21_N * A33_N - A31_N * A23_N)
 ADJ13 = A21_N * A32_N - A31_N * A22_N
 ADJ21 = -(A12_N * A33_N - A32_N * A13_N)

```

ADJ22 = A11_N * A33_N - A31_N * A13_N
ADJ23 = -(A11_N * A32_N - A31_N * A12_N)
ADJ31 = A12_N * A23_N - A22_N * A13_N
ADJ32 = -(A11_N * A23_N - A21_N * A13_N)
ADJ33 = A11_N * A22_N - A12_N * A21_N
T11_N = ADJ11 / DT
T12_N = ADJ21 / DT
T13_N = ADJ31 / DT
T21_N = ADJ12 / DT
T22_N = ADJ22 / DT
T23_N = ADJ32 / DT
T31_N = ADJ13 / DT
T32_N = ADJ23 / DT
T33_N = ADJ33 / DT
End Sub

```

```

Sub SONTABLO (DFZE_N As Single, DFDE_N As Single, DFTE_N As Single,
T11_N As Single, T12_N As Single, T13_N As Single, T21_N As Single, T22_N As
Single, T23_N As Single, T31_N As Single, T32_N As Single, T33_N As Single,
UZE_N As Single, UDE_N As Single, UTE_N As Single)
UZE_N = DFZE_N * T11_N + DFDE_N * T12_N + DFTE_N * T13_N
UDE_N = DFZE_N * T21_N + DFDE_N * T22_N + DFTE_N * T23_N
UTE_N = DFZE_N * T31_N + DFDE_N * T32_N + DFTE_N * T33_N
End Sub

```

```

Sub Text1_Change ()
w_N = Val(TEXT1.Text)
End Sub

```

```

Sub Text2_Change ()
L_N = Val(TEXT2.Text)
End Sub

```

```

Sub Text3_Change ()
HH_N = Val(TEXT3.Text)
End Sub

```

```

Sub Text4_Change ()
YZ_N = Val(TEXT4.Text)
End Sub

```

```

Sub Text5_Change ()
YD_N = Val(TEXT5.Text)
End Sub

```

```

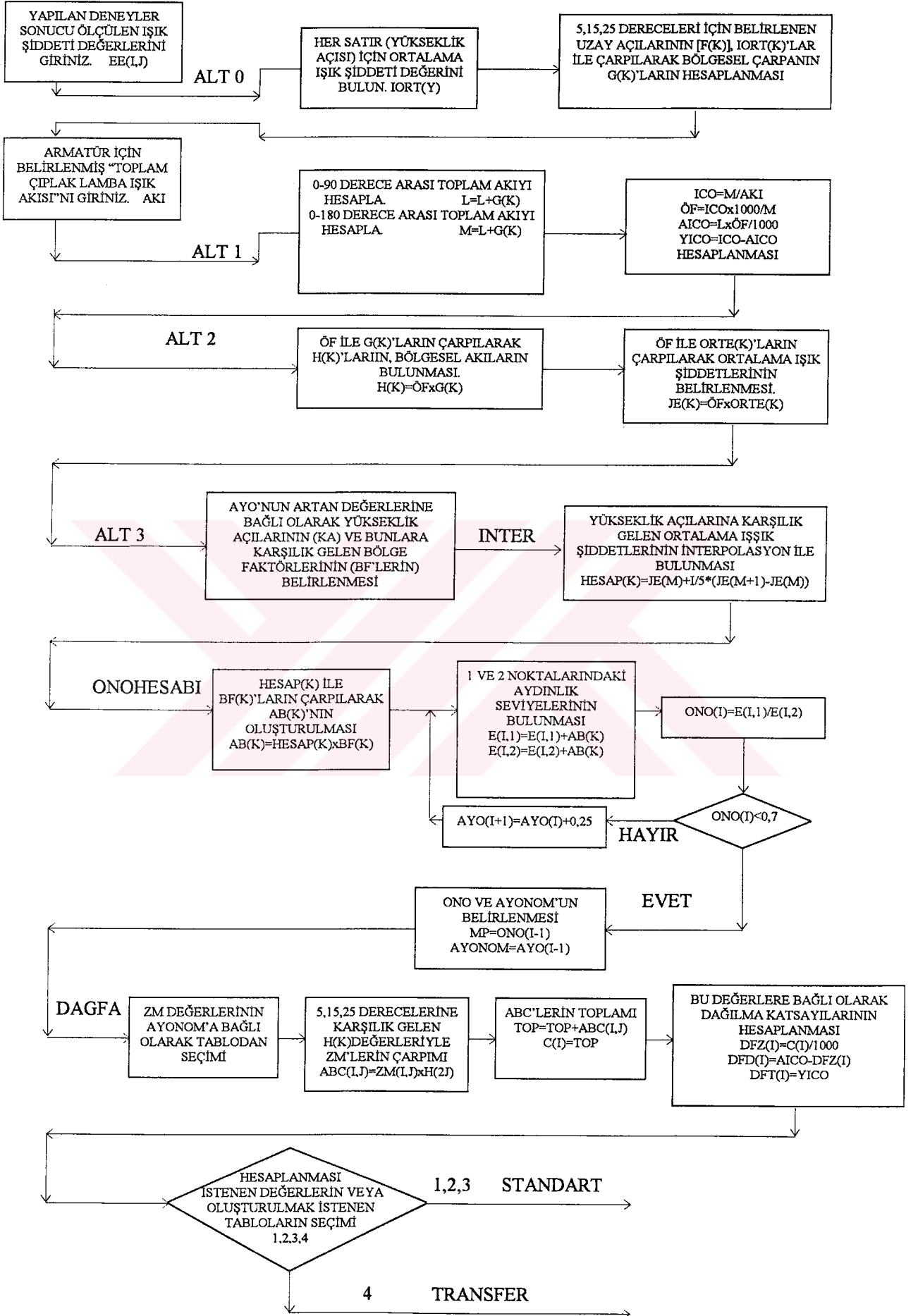
Sub Text6_Change ()
YT_N = Val(TEXT6.Text)
End Sub

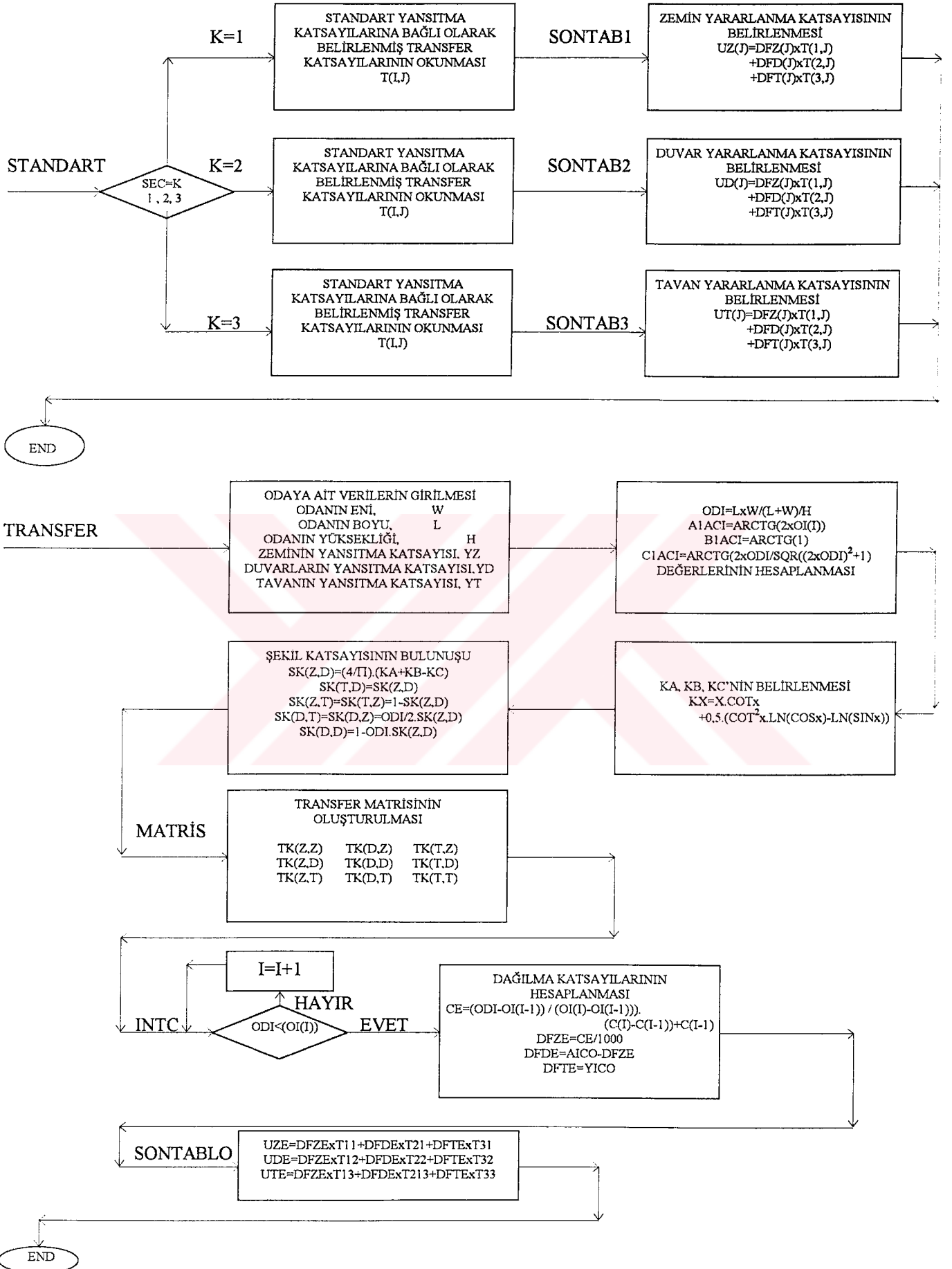
```

```

Sub TRANSFER (DFZ_N() As Single, DFD_N() As Single, DFT_N() As Single,
C_N() As Single, T11_N As Single, T12_N As Single, T13_N As Single, T21_N As
Single, T22_N As Single, T23_N As Single, T31_N As Single, T32_N As Single,
T33_N As Single, AICO_N As Single, YICO_N As Single)
ReDim AT(3, 3)
ReDim OI2(9) As Single
Dim KA_N
Const PI = 3.141592653589
ODI_N = (L_N * w_N) / ((L_N + w_N) * HH_N)
Open "C:\tez-saib\12\ODAIN.D" For Input As #6
For I = 1 To 9
Input #6, OI2(I)
Next I
Close #6
AACI = Atn(2 * ODI_N) * 180 / PI
A1ACI = Atn(2 * ODI_N)
BACI = Atn(1) * 180 / PI
B1ACI = Atn(1)
CACI = Atn(2 * ODI_N / Sqr((2 * ODI_N) ^ 2 + 1)) * 180 / PI
C1ACI = Atn(2 * ODI_N / Sqr((2 * ODI_N) ^ 2 + 1))
AA = 1 / Tan(A1ACI)
BB = 1 / Tan(B1ACI)
CC = 1 / Tan(C1ACI)
KA_N = (A1ACI * AA) + (1 / 2) * ((AA ^ 2) * Log(Cos(A1ACI)) -
Log(Sin(A1ACI)))
KB = (B1ACI * BB) + (1 / 2) * ((BB ^ 2) * Log(Cos(B1ACI)) - Log(Sin(B1ACI)))
KC = (C1ACI * CC) + (1 / 2) * ((CC ^ 2) * Log(Cos(C1ACI)) - Log(Sin(C1ACI)))
SK = (4 / PI) * (KA_N + KB - KC)
SK1 = SK
SK2 = 1 - SK
SK3 = ODI_N / 2 * SK
SK4 = 1 - ODI_N * SK
A11_N = 1
A12_N = -YD * SK3
A13_N = -YT * SK2
A21_N = -YZ * SK
A22_N = 1 - YD * SK4
A23_N = -YT * SK1
A31_N = -YZ * SK2
A32_N = -YD * SK3
A33_N = 1
Call MATRIS(I_N, A11_N, A12_N, A13_N, A21_N, A22_N, A23_N, A31_N,
A32_N, A33_N, T11_N, T12_N, T13_N, T21_N, T22_N, T23_N, T31_N, T32_N,
T33_N)
Call INTC(ODI_N, OI2(), CE_N, C_N(), DFZE_N, DFDE_N, DFTE_N, AICO_N,
YICO_N, T11_N, T12_N, T13_N, T21_N, T22_N, T23_N, T31_N, T32_N,
T33_N)
Call SONTABLO(DFZE_N, DFDE_N, DFTE_N, T11_N, T12_N, T13_N, T21_N,
T22_N, T23_N, T31_N, T32_N, T33_N, UZE_N, UDE_N, UTE_N)
End Sub

```





Şekil E.1. Programın akış şeması

E.2. Doğrusal Armatürler İçin Program Yazılımı:

Global KORTE(37) As Single
 Global ORTE(37) As Single
 Global EE(37, 12) As Single
 Global F(37) As Single
 Global G(37) As Single
 Global OF As Single
 Global YICO As Single
 Global ICO As Single
 Global AICO As Single
 Global L As Single
 Global M As Single
 Global K As Single
 Global AKI As Single
 Global AYONOM As Single
 Global MP As Single
 Global T11 As Single
 Global T12 As Single
 Global T13 As Single
 Global T21 As Single
 Global T22 As Single
 Global T23 As Single
 Global T31 As Single
 Global T32 As Single
 Global T33 As Single
 Global SEC As Single
 Global A11 As Single
 Global A12 As Single
 Global A13 As Single
 Global A21 As Single
 Global A22 As Single
 Global A23 As Single
 Global A31 As Single
 Global A32 As Single
 Global A33 As Single
 Global I As Single
 Global ODI As Single
 Global DFZE As Single
 Global DFTE As Single
 Global DFDE As Single
 Global CE As Single
 Global UZE As Single
 Global UDE As Single
 Global UTE As Single
 Global H(19) As Single
 Global JE(37) As Single
 Global KE(45) As Single
 Global KA(45) As Single

```

Global BF(45) As Single
Global E(9, 2) As Single
Global ONO(9) As Single
Global AYO(10) As Single
Global AB(45) As Single
Global HESAP(45) As Single
Global ABC(9, 9) As Single
Global C(9) As Single
Global OI(9) As Single
Global ZM(9, 9) As Single
Global DFZ(9) As Single
Global DFD(9) As Single
Global DFT(9) As Single
Global UZ(9) As Single
Global UD(9) As Single
Global UT(9) As Single
Global T(3, 9) As Single

```

```

Sub ALTO (EE() As Single, KORTE() As Single, G() As Single, F() As Single,
ORTE() As Single)

```

```

Y = 0

```

```

For I = 1 To 37

```

```

Y = Y + 1

```

```

KORTE(Y) = 0

```

```

For J = 1 To 12

```

```

KORTE(Y) = KORTE(Y) + EE(I, J)

```

```

If J = 12 Then

```

```

ORTE(Y) = KORTE(Y) / 12

```

```

End If

```

```

Next J

```

```

Next I

```

```

Open "C:\tez-saib\12\UZAYACI" For Input As #2

```

```

For K = 1 To 37

```

```

Input #2, F(K)

```

```

Next K

```

```

For K = 1 To 37

```

```

G(K) = ORTE(K) * F(K)

```

```

Next K

```

```

End Sub

```

```

Sub Command1_Click ()

```

```

For I = 1 To 36

```

```

Grid1.Row = I + 2

```

```

For J = 1 To 12

```

```

Grid1.Col = J

```

```

EE(I, J) = Val(Grid1.Text)

```

```

Next J

```

```

Next I

```

```

ALTO EE(), KORTE(), G(), F(), ORTE()

```

```

Form14.Show

```

```

End Sub

```

Sub ALT1 (AKI As Single, K As Single, G() As Single, M As Single, L As Single,
ICO As Single, AICO As Single, YICO As Single, OF As Single)

L = 0

For K = 1 To 19

L = L + G(K)

Next K

M = L

For K = 20 To 37

M = M + G(K)

Next K

ICO = M / AKI

OF = ICO * 1000 / M

AICO = L * OF / 1000

YICO = ICO - AICO

End Sub

Sub ALT2 (OF As Single, G() As Single, ORTE() As Single, H() As Single, JE() As
Single, KE() As Single, EE() As Single)

For K = 1 To 19

H(K) = OF * G(K)

Next K

For K = 1 To 37

JE(K) = (1 / 2) * OF * (EE(K, 1) + EE(K, 7))

Next K

For K = 1 To 37

KE(K) = (1 / 2) * OF * (EE(K, 4) + EE(K, 10))

Next K

End Sub

Sub ALT3 (KA() As Single, BF() As Single, JE() As Single, KE() As Single,
HESAP() As Single)

Open "c:\tez-saib\34\KADE3" For Input As #3

For I = 1 To 45

Input #3, KA(I)

Next I

Close #3

TT = KE(10) / KE(1)

If TT < .325 Then K = 1

If .325 < TT < .385 Then K = 2

If .385 < TT < .46 Then K = 3

If .46 < TT < .545 Then K = 4

If .545 < TT < .65 Then K = 5

If TT > .65 Then K = 6

DBFDE\$ = "c:\tez-saib\34\BFDE" + LTrim\$(RTrim\$(Str\$(K)))

Open DBFDE\$ For Input As #4

For I = 1 To 45

Input #4, BF(I)

Next I

Close #4

INTER KA(), BF(), JE(), HESAP()

End Sub

```

Sub Command1_Click ()
If option3d1.Value = True Then
sec = 1
Call STANDART(sec, DFZ(), DFD(), DFT(), T(), UZ(), UD(), UT())
form15.Show
ElseIf option3d2.Value = True Then
sec = 2
Call STANDART(sec, DFZ(), DFD(), DFT(), T(), UZ(), UD(), UT())
form16.Show
ElseIf option3d3.Value = True Then
sec = 3
Call STANDART(sec, DFZ(), DFD(), DFT(), T(), UZ(), UD(), UT())
form17.Show
ElseIf option3d4.Value = True Then
form18.Show
End If
End Sub

```

```

Sub Command3_Click ()
ALT1 AKI, K, G(), M, L, ICO, AICO, YICO, OF
ALT2 OF, G(), ORTE(), H(), JE(), KE(), EE()
ALT3 KA(), BF(), JE(), KE(), HESAP()
ONOHESABI JE(), BF(), AB(), E(), ONO(), AYO(), MP, AYONOM, HESAP()
DAGFA ZM(), ABC(), C(), H(), AYONOM, YICO, AICO, DFZ(), DFD(), DFT()
End Sub

```

```

Sub DAGFA (ZM() As Single, ABC() As Single, C() As Single, H() As Single,
AYONOM As Single, YICO As Single, AICO As Single, DFZ() As Single, DFD()
As Single, DFT() As Single)
K = (AYONOM - .25) / .25
DZM$ = "c:\tez-saib\12\ZM" + LTrim$(RTrim$(Str$(CInt(K))))
Open DZM$ For Input As #5
For I = 1 To 9
For J = 1 To 9
Input #5, ZM(I, J)
Next J
Next I
Close #5
For I = 1 To 9
TOPL = 0
For J = 1 To 9
ABC(I, J) = ZM(I, J) * H(2 * J)
TOPL = TOPL + ABC(I, J)
C(I) = TOPL
Next J
DFZ(I) = C(I) / 1000
DFD(I) = AICO - DFZ(I)
DFT(I) = YICO
Next I
End Sub

```

```

Sub INTER (KA() As Single, BF() As Single, JE() As Single, HESAP() As Single)
For K = 1 To 45
M = 1
a = KA(K)
For I = a To 0 Step -5
If I < 5 Then
HESAP(K) = JE(M) + I / 5 * (JE(M + 1) - JE(M))
Else
M = M + 1
End If
Next I
Next K
End Sub

```

```

Sub ONOHESABI (JE() As Single, BF() As Single, AB() As Single, E() As Single,
ONO() As Single, AYO() As Single, MP As Single, AYONOM As Single, HESAP()
As Single)
For K = 1 To 45
AB(K) = HESAP(K) * BF(K)
Next K
For I = 1 To 9
For J = 1 To 2
E(I, J) = 0
If J = 1 Then
For K = 1 To 2
M = (I - 1) * 5 + K
E(I, J) = E(I, J) + AB(M)
Next K
Else
For K = 3 To 5
M = (I - 1) * 5 + K
E(I, J) = E(I, J) + AB(M)
Next K
End If
Next J
ONO(I) = E(I, 1) / E(I, 2)
Next I
AYO(1) = .5
For I = 1 To 9
If ONO(I) < .7 Then
MP = ONO(I - 1)
AYONOM = AYO(I - 1)
Exit Sub
Else
AYO(I + 1) = AYO(I) + .25
AYONOM = AYO(I + 1)
End If
Next I
End Sub

```

```

Sub SONTAB1 (DFZ() As Single, DFD() As Single, DFT() As Single, T() As
Single, UZ() As Single, UD() As Single, UT() As Single)
For J = 1 To 9
UZ(J) = DFZ(J) * T(1, J) + DFD(J) * T(2, J) + DFT(J) * T(3, J)
form15.Grid1.Col = J + 2
form15.Grid1.Text = Format(UZ(J), "#.#0")
Next J
End Sub

```

```

Sub SONTAB2 (DFZ() As Single, DFD() As Single, DFT() As Single, T() As
Single, UZ() As Single, UD() As Single, UT() As Single)
For J = 1 To 9
UD(J) = DFZ(J) * T(1, J) + DFD(J) * T(2, J) + DFT(J) * T(3, J)
form16.Grid1.Col = J + 2
form16.Grid1.Text = Format(UD(J), "#.#0")
Next J
End Sub

```

```

Sub SONTAB3 (DFZ() As Single, DFD() As Single, DFT() As Single, T() As
Single, UZ() As Single, UD() As Single, UT() As Single)
For J = 1 To 9
UT(J) = DFZ(J) * T(1, J) + DFD(J) * T(2, J) + DFT(J) * T(3, J)
form17.Grid1.Col = J + 2
form17.Grid1.Text = Format(UT(J), "#.#0")
Next J
End Sub

```

```

Sub STANDART (sec As Single, DFZ() As Single, DFD() As Single, DFT() As
Single, T() As Single, UZ() As Single, UD() As Single, UT() As Single)
R = 7
S = 11
Q = 15
For Dongu = 0 To 3
If sec = 1 Then
TAAB$ = "C:\tez-saib\12\TAB-Z" + LTrim$(RTrim$(Str$(CInt(Dongu))))
Open TAAB$ For Input As #R
For K = 1 To 9
For I = 1 To 3
For J = 1 To 9
Input #R, T(I, J)
Next J
Next I
form15.Grid1.Row = form15.Grid1.Row + 1
Call SONTAB1(DFZ(), DFD(), DFT(), T(), UZ(), UD(), UT())
Next K
Close #R
R = R + 1
ElseIf sec = 2 Then
TAAB$ = "C:\tez-saib\12\TAB-D" + LTrim$(RTrim$(Str$(CInt(Dongu))))
Open TAAB$ For Input As #S

```

```

For K = 1 To 9
For I = 1 To 3
For J = 1 To 9
Input #S, T(I, J)
Next J
Next I
form16.Grid1.Row = form16.Grid1.Row + 1
Call SONTAB2(DFZ(), DFD(), DFT(), T(), UZ(), UD(), UT())
Next K
Close #S
S = S + 1
ElseIf sec = 3 Then
TAAB$ = "C:\tez-saib\12\TAB-T" + LTrim$(RTrim$(Str$(CInt(Dongu))))
Open TAAB$ For Input As #Q
For K = 1 To 9
For I = 1 To 3
For J = 1 To 9
Input #Q, T(I, J)
Next J
Next I
form17.Grid1.Row = form17.Grid1.Row + 1
Call SONTAB3(DFZ(), DFD(), DFT(), T(), UZ(), UD(), UT())
Next K
Close #Q
Q = Q + 1
End If
Next Dongu
End Sub

```

```

Sub Text1_Change ()
AKI = Val(text1.Text)
End Sub

```

```

Dim Shared W As Single
Dim Shared L As Single
Dim Shared HH As Single
Dim Shared YZ As Single
Dim Shared YD As Single
Dim Shared YT As Single

```

```

Sub Command1_Click ()
IMAGE1.Picture = LoadPicture("c:\VB\ICONS\MISC\LIGHTON.ICO")
IMAGE2.Picture = LoadPicture("C:\VB\ICONS\MISC\LIGHTON.ICO")
IMAGE3.Picture = LoadPicture("C:\VB\ICONS\MISC\LIGHTON.ICO")
Call TRANSFER(DFZ(), DFD(), DFT(), C(), T11, T12, T13, T21, T22, T23, T31,
T32, T33, AICO, YICO)
LABEL10.Caption = Format(UZE, "#.###")
LABEL11.Caption = Format(UDE, "#.###")
LABEL12.Caption = Format(UTE, "#.###")
End Sub

```

Sub INTC (ODI As Single, OI2() As Single, CE As Single, C() As Single, DFZE As Single, DFDE As Single, DFTE As Single, AICO As Single, YICO As Single, T11 As Single, T12 As Single, T13 As Single, T21 As Single, T22 As Single, T23 As Single, T31 As Single, T32 As Single, T33 As Single)

For I = 1 To 9

If ODI < OI2(I) Then

CE = ((ODI - OI2(I - 1)) / (OI2(I) - OI2(I - 1))) * (C(I) - C(I - 1)) + C(I - 1)

Exit For

Else

CE = C(I)

End If

Next I

DFZE = CE / 1000

DFDE = AICO - DFZE

DFTE = YICO

End Sub

Sub MATRIS (I As Single, A11 As Single, A12 As Single, A13 As Single, A21 As Single, A22 As Single, A23 As Single, A31 As Single, A32 As Single, A33 As Single, T11 As Single, T12 As Single, T13 As Single, T21 As Single, T22 As Single, T23 As Single, T31 As Single, T32 As Single, T33 As Single)

DT = A11 * A22 * A33 + A21 * A32 * A13 + A31 * A12 * A23 - A13 * A22 * A31 - A32 * A23 * A11 - A33 * A12 * A21

ADJ11 = A22 * A33 - A32 * A23

ADJ12 = -(A21 * A33 - A31 * A23)

ADJ13 = A21 * A32 - A31 * A22

ADJ21 = -(A12 * A33 - A32 * A13)

ADJ22 = A11 * A33 - A31 * A13

ADJ23 = -(A11 * A32 - A31 * A12)

ADJ31 = A12 * A23 - A22 * A13

ADJ32 = -(A11 * A23 - A21 * A13)

ADJ33 = A11 * A22 - A12 * A21

T11 = ADJ11 / DT

T12 = ADJ21 / DT

T13 = ADJ31 / DT

T21 = ADJ12 / DT

T22 = ADJ22 / DT

T23 = ADJ32 / DT

T31 = ADJ13 / DT

T32 = ADJ23 / DT

T33 = ADJ33 / DT

End Sub

Sub SONTABLO (DFZE As Single, DFDE As Single, DFTE As Single, T11 As Single, T12 As Single, T13 As Single, T21 As Single, T22 As Single, T23 As Single, T31 As Single, T32 As Single, T33 As Single, UZE As Single, UDE As Single, UTE As Single)

UZE = DFZE * T11 + DFDE * T12 + DFTE * T13

UDE = DFZE * T21 + DFDE * T22 + DFTE * T23

UTE = DFZE * T31 + DFDE * T32 + DFTE * T33

End Sub

```
Sub Text1_Change ()
W = Val(TEXT1.Text)
End Sub
```

```
Sub Text2_Change ()
L = Val(TEXT2.Text)
End Sub
```

```
Sub Text3_Change ()
HH = Val(TEXT3.Text)
End Sub
```

```
Sub Text4_Change ()
YZ = Val(TEXT4.Text)
End Sub
```

```
Sub Text5_Change ()
YD = Val(TEXT5.Text)
End Sub
```

```
Sub Text6_Change ()
YT = Val(TEXT6.Text)
End Sub
```

```
Sub TRANSFER (DFZ() As Single, DFD() As Single, DFT() As Single, C() As
Single, T11 As Single, T12 As Single, T13 As Single, T21 As Single, T22 As Single,
T23 As Single, T31 As Single, T32 As Single, T33 As Single, AICO As Single,
YICO As Single)
ReDim AT(3, 3)
ReDim OI2(9) As Single
Dim KA
Const PI = 3.141592653589
ODI = (L * W) / ((L + W) * HH)
Open "C:\tez-saib\12\ODAIN.D" For Input As #6
For I = 1 To 9
Input #6, OI2(I)
Next I
Close #6
AACI = Atn(2 * ODI) * 180 / PI
A1ACI = Atn(2 * ODI)
BACI = Atn(1) * 180 / PI
B1ACI = Atn(1)
CACI = Atn(2 * ODI / Sqr((2 * ODI) ^ 2 + 1)) * 180 / PI
C1ACI = Atn(2 * ODI / Sqr((2 * ODI) ^ 2 + 1))
AA = 1 / Tan(A1ACI)
BB = 1 / Tan(B1ACI)
CC = 1 / Tan(C1ACI)
KA = (A1ACI * AA) + (1 / 2) * ((AA ^ 2) * Log(Cos(A1ACI)) - Log(Sin(A1ACI)))
KB = (B1ACI * BB) + (1 / 2) * ((BB ^ 2) * Log(Cos(B1ACI)) - Log(Sin(B1ACI)))
```

```

KC = (C1ACI * CC) + (1 / 2) * ((CC ^ 2) * Log(Cos(C1ACI)) - Log(Sin(C1ACI)))
SK = (4 / PI) * (KA + KB - KC)
SK1 = SK
SK2 = 1 - SK
SK3 = ODI / 2 * SK
SK4 = 1 - ODI * SK
A11 = 1
A12 = -YD * SK3
A13 = -YT * SK2
A21 = -YZ * SK
A22 = 1 - YD * SK4
A23 = -YT * SK1
A31 = -YZ * SK2
A32 = -YD * SK3
A33 = 1
Call MATRIS(I, A11, A12, A13, A21, A22, A23, A31, A32, A33, T11, T12, T13,
T21, T22, T23, T31, T32, T33)
Call INTC(ODI, OI2(), CE, C(), DFZE, DFDE, DFTE, AICO, YICO, T11, T12,
T13, T21, T22, T23, T31, T32, T33)
Call SONTABLO(DFZE, DFDE, DFTE, T11, T12, T13, T21, T22, T23, T31, T32,
T33, UZE, UDE, UTE)
End Sub

```

ÖZGEÇMİŞ

1 Mayıs 1972’de İstanbul’da doğdu. Orta ve lise öğrenimini Fenerbahçe Lisesi’nde tamamladı. 1988 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği bölümünde lisans eğitime başladı ve 1992’de Elektrik Mühendisi ünvanıyla mezun oldu. Aynı sene Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Anabilimdalı Elektrik Programı’nda yüksek lisans eğitime hak kazandı. Halen aynı programda öğrenim görmektedir.



T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOĞU ANKARA