

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AYDINLATMA ARMATÜR TASARIMINDA GERÇEK
DEĞER İLE TASARIM DEĞERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Hasan Gürkan GÜLER**

**Anabilim Dalı : Elektrik Mühendisliği
Programı : Elektrik Mühendisliği**

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

Yüksek lisansı bitirmemde desteklerini benden esirgemeyen aileme, bu tez çalışmamda bilgisini ve hoşgörüsünü benimle paylaşan İ.T.Ü. Enerji Enstitüsü Enerji Planlaması ve Yönetimi Anabilim Dalı Başkanı ve tez danışmanım Prof. Dr. Sermin ONAYGİL'e, bu çalışmada armatür tasarımı konusundaki tecrübelerini ve birikimlerini bana yansıtan EAE firmasına ve Burak ORHANOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

MAYIS, 2007

HASAN GÜRKAN GÜLER

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	V
TABLO LİSTESİ	VI
ŞEKİL LİSTESİ	IX
SEMBOL LİSTESİ	XII
ÖZET	XIII
SUMMARY	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. AYDINLATMA ARMATÜRÜ İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER	3
2.1. Optik Özellikler	3
2.1.1. Işık Kontrol Elemanları	3
2.1.1.1. Yansıtıcılar	3
2.1.1.2. Mercekler ve Işın Kırıcılar	16
2.1.1.3. Dağıtıcılar	19
2.1.1.4. Ekranlar	19
2.1.1.5. Renk Filtreleri	21
2.1.2. Işık Dağılımı	23
2.1.2.1. Simetrik ve Asimetrik	23
2.1.2.2. Direkt ve Endirekt	25
2.1.2.3. Dağınık ve Odaklanmış	26
2.2. Diğer Özellikler	28
2.2.1. Elektriksel Özellikler	28
2.2.2. Isıl Özellikler	29
2.3. Malzeme Özellikleri	32
2.3.1. Cam	32
2.3.2. Plastikler	35
2.3.3. Metaller	38
2.3.3.1. Çelik	38
2.3.3.2. Alüminyum	38
2.3.3.3. Diğer Metaller	39
2.3.4. Aydınlatmada Kullanılan Bitiş Yüzeyi	40
2.3.4.1. Kaplamalar	40
2.3.4.2. Laminantlar	41
2.3.4.3. Kimyasal Dönüşüm Bitiş Yüzeyi	41

3. FOTOMETRİK ÖZELLİKLER	43
3.1. Fotometrik Ölçümler	43
3.1.1. Işık Şiddeti	43
3.1.2. Işık Şiddeti Dağılımı	47
3.1.3. Işık Akısı	62
3.2. Fotometrik Veriler	67
3.2.1. İç Aydınlatma	67
3.2.1. Dış Aydınlatma	73
4. ARMATÜR TASARIM BİLGİSAYAR PROGRAMI (SOLID WORKS OPTIS)	78
4.1. Genel Bilgiler	78
4.2. Solid Works Optis Programı ile PM Downlight Armatürünün Tasarımı	80
4.3. PM Downlight Armatürü Hakkında Bilgi	83
5. ÖLÇÜM ve TASARIM DEĞERLERİ	85
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	162
KAYNAKLAR	164
ÖZGEÇMİŞ	166

KISALTMALAR

UV	: Ultraviole
HID	: Deşarj Lambaları
ADC	: Air Diffusion Council (Hava Dağıtım Konseyi)
NEMA	: National Electrical Manufacturers Association (Ulusal Elektrik İmalatçıları Derneği)
AG	: Aydınlık Alanın Genişliği
ABS	: Akrilonitril Bütadien Stirendir
AISI	: Amerikan Demir Çelik Enstitüsü
PMMA	: Polimetakrilat
SPF	: PMMA fiberleri
LPF	: Kopolimer ürünler
POF	: Plastik Fiber Optik
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
ENEC	: European Nuclear Energy Community (Avrupa Nükleer Enerji Birliği)
CELMA	: Avrupa Birliği Enerji Sınıflandırma Sistemi
EEI	: Energy Efficiency Index (Enerji Verimliliği Sınıflandırması)

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	Düzlem yansıma malzemelerin yansıtma faktörü değerleri..... 5
Tablo 2.2	İzotrop yayınlık yansıtıcının yansıtma faktörü değerleri..... 6
Tablo 2.3	Aydınlatma enerji dağılım yüzdesi..... 30
Tablo 2.4	Farklı aydınlatma yapılanmaları için lamba duvar ısılarının ortam ısısı üzerine yükseliş etkilerini gösterir..... 31
Tablo 2.5	Aydınlatma armatürlerinde kullanılan camların özellikleri..... 34
Tablo 2.6	Aydınlatma armatürlerinde kullanılan reçineler..... 36
Tablo 2.7	Aydınlatma armatürlerinde kullanılan plastiklerin özellikleri..... 37
Tablo 2.8	Aydınlatma armatürlerinde kullanılan bitiş yüzeyinin özellikleri.... 42
Tablo 3.1	Dönüşüm Tablosu..... 54
Tablo 3.2	Önerilen ölçüm verileri..... 68
Tablo 5.1	Armatürün ölçüm değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi..... 87
Tablo 5.2	Tasarlanan armatürün 1000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi..... 88
Tablo 5.3	Tasarlanan armatürün 10.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi..... 89
Tablo 5.4	Tasarlanan armatürün 100.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi..... 90
Tablo 5.5	Tasarlanan armatürün 200.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi..... 91
Tablo 5.6	Tasarlanan armatürün 400.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi..... 92
Tablo 5.7	Tasarlanan armatürün 600.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi..... 93
Tablo 5.8	Tasarlanan armatürün 800.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi..... 94
Tablo 5.9	Tasarlanan armatürün 1.000.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi..... 95
Tablo 5.10	Tasarlanan armatürün 2.000.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi..... 96
Tablo 5.11	Tasarlanan armatürün 4.000.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi..... 97
Tablo 5.12	Tasarlanan armatürün 6.000.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi..... 98
Tablo 5.13	Tasarlanan armatürün 8.000.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi..... 99
Tablo 5.14	Tasarlanan armatürün 10.000.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi..... 100
Tablo 5.15	1000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu..... 101

Tablo 5.16	10.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.....	102
Tablo 5.17	100.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.....	103
Tablo 5.18	200.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.....	104
Tablo 5.19	400.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.....	105
Tablo 5.20	600.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.....	106
Tablo 5.21	800.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.....	107
Tablo 5.22	1.000.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.....	108
Tablo 5.23	2.000.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.....	109
Tablo 5.24	4.000.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.....	110
Tablo 5.25	6.000.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.....	111
Tablo 5.26	8.000.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.....	112
Tablo 5.27	10.000.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.....	113
Tablo 5.28	C=0° için derece-fark eğrisi.....	114
Tablo 5.29	C=15° için derece-fark eğrisi.....	115
Tablo 5.30	C=30° için derece-fark eğrisi.....	116
Tablo 5.31	C=45° için derece-fark eğrisi.....	117
Tablo 5.32	C=60° için derece-fark eğrisi.....	118
Tablo 5.33	C=75° için derece-fark eğrisi.....	119
Tablo 5.34	C=90° için derece-fark eğrisi.....	120
Tablo 5.35	C=105° için derece-fark eğrisi.....	121
Tablo 5.36	C=120° için derece-fark eğrisi.....	122
Tablo 5.37	C=135° için derece-fark eğrisi.....	123
Tablo 5.38	C=150° için derece-fark eğrisi.....	124
Tablo 5.39	C=165° için derece-fark eğrisi.....	125
Tablo 5.40	C=180° için derece-fark eğrisi.....	126
Tablo 5.41	C=195° için derece-fark eğrisi.....	127
Tablo 5.42	C=210° için derece-fark eğrisi.....	128
Tablo 5.43	C=225° için derece-fark eğrisi.....	129
Tablo 5.44	C=240° için derece-fark eğrisi.....	130
Tablo 5.45	C=255° için derece-fark eğrisi.....	131
Tablo 5.46	C=270° için derece-fark eğrisi.....	132

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 5.47 C=285° için derece-fark eğrisi.....	133
Tablo 5.48 C=300° için derece-fark eğrisi.....	134
Tablo 5.49 C=315° için derece-fark eğrisi.....	135
Tablo 5.50 C=330° için derece-fark eğrisi.....	136
Tablo 5.51 C=345° için derece-fark eğrisi.....	137
Tablo 5.52 C=0° için derece-fark eğrisi.....	138
Tablo 5.53 C=15° için derece-fark eğrisi.....	139
Tablo 5.54 C=30° için derece-fark eğrisi.....	140
Tablo 5.55 C=45° için derece-fark eğrisi.....	141
Tablo 5.56 C=60° için derece-fark eğrisi.....	142
Tablo 5.57 C=75° için derece-fark eğrisi.....	143
Tablo 5.58 C=90° için derece-fark eğrisi.....	144
Tablo 5.59 C=105° için derece-fark eğrisi.....	145
Tablo 5.60 C=120° için derece-fark eğrisi.....	146
Tablo 5.61 C=135° için derece-fark eğrisi.....	147
Tablo 5.62 C=150° için derece-fark eğrisi.....	148
Tablo 5.63 C=165° için derece-fark eğrisi.....	149
Tablo 5.64 C=180° için derece-fark eğrisi.....	150
Tablo 5.65 C=195° için derece-fark eğrisi.....	151
Tablo 5.66 C=210° için derece-fark eğrisi.....	152
Tablo 5.67 C=225° için derece-fark eğrisi.....	153
Tablo 5.68 C=240° için derece-fark eğrisi.....	154
Tablo 5.69 C=255° için derece-fark eğrisi.....	155
Tablo 5.70 C=270° için derece-fark eğrisi.....	156
Tablo 5.71 C=285° için derece-fark eğrisi.....	157
Tablo 5.72 C=300° için derece-fark eğrisi.....	158
Tablo 5.73 C=315° için derece-fark eğrisi.....	159
Tablo 5.74 C=330° için derece-fark eğrisi.....	160
Tablo 5.75 C=345° için derece-fark eğrisi.....	161

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>SayfaNo</u>
Şekil 2.1 : Yansıma biçimleri	4
Şekil 2.2 : Yayıcı yansıtıcılar iç aydınlatma armatürlerinde tek tip aydınlatma sağlamak istenen yerlerde kullanılır.....	6
Şekil 2.3 : Aydınlatma armatürlerinde kullanılan yüzey biçimleri.....	8
Şekil 2.4 : Işık kaynağından çıkan ışık ışınları kaynağın, yüzeyi görme açısına bağlı olarak değişik doğrultulara belli açılarla yansır.....	8
Şekil 2.5 : Işık kaynağından çıkan ışıklar, yansıtıcı yüzeyin her noktasından sonsuz doğrultuya yayılır.....	9
Şekil 2.6 : Soldan sağa küresel, parabolik, elipsoidal ve hiperbolik yansıtıcı formları.....	9
Şekil 2.7 : Dairesel silindir ; küresel yansıtıcılar.....	10
Şekil 2.8 : Parabolik silindir ; parabolit yansıtıcılar.....	10
Şekil 2.9 : Parabolün elemanları.....	11
Şekil 2.10 : Parabolün odağa ve doğrultmana eşit uzaklıktaki iki noktası....	11
Şekil 2.11 : Parabolün odağa ve doğrultmana eşit uzaklıktaki doğruları.....	12
Şekil 2.12 : Parabolde, doğrultman ışını (PL) ve odak ışını (PF) arasındaki geometrik ilişkiler.....	12
Şekil 2.13 : Eliptik silindir ; elipsoit yansıtıcılar.....	13
Şekil 2.14 : Elipsin elemanları.....	15
Şekil 2.15 : İki noktaya uzaklıkları toplamı değişmeyen iki elips noktası....	15
Şekil 2.16 : Hiperbolün elemanları.....	15
Şekil 2.17 : Hiperbolün odak noktalarına uzaklıklarının farkı değişmeyen iki noktası.....	15
Şekil 2.18 : Hiperbolün odak noktalarına uzaklıklarının farkı değişmeyen noktaları.....	16
Şekil 2.19 : Paralel ışık ışını solda konveks yada birleşen, sağda konkav yada dağılan mercek şeklinde yansır.....	17
Şekil 2.20 : Solda dağılan ışık ışınının konveks mercekten, sağda birleşen ışık ışınının konkav mercekten yansıması gösterilmiştir.....	17
Şekil 2.21 : Fresnel merceğinin silindirik versiyonu.....	17
Şekil 2.22 : İç aydınlatma armatüründe kullanılan tipik prizmatik kontrolör yada yansıtıcı panel.....	18
Şekil 2.23 : Tipik yansıtıcı panel kesit alanı.....	18
Şekil 2.24 : Tüp flüoresan lambalarda kullanılan siperler.....	19
Şekil 2.25 : Lamba panjuru örneği.....	20
Şekil 2.26 : Tipik düz kamalı paneller.....	21
Şekil 2.27 : Odaklanma yada aynasal panel.....	22
Şekil 2.28 : Tipik barn-door ek parçaları dikkat çekici ışık yaratmak amacıyla kullanılır.....	22

Şekil 2.29	: Parazit filtreleri renkli ışıkların arzu edildiği yerlerde kullanılır.....	23
Şekil 2.30	: Küresel biçimindeki armatürlerin rotasyonlu simetrik ışık dağılımı.....	24
Şekil 2.31	: Oluk armatür iki düzlemde sergilenir bu sebepten dolayı düzlem simetri olarak adlandırılır.....	24
Şekil 2.32	: Asimetrisinin olduğu yerde , bir düzlemde de olsa , asimetric ışık dağılımı terimi kullanılır. Şekilde duvar aydınlatmasının asimetric yansıtıcısı böyle bir dağılım sağlar.....	25
Şekil 2.33	: Uluslararası standartlara göre (CIE) genel aydınlatma armatürleri altı çeşit ışık dağılımına sahip olabilir.....	25
Şekil 2.34	: Dar, orta ve geniş-ışın ışık dağılımını gösteren kutup diyagramları.....	27
Şekil 2.35	: Yarasa kanadı ışık dağılımını bazı yol aydınlatması armatürlerinde kullanılır.....	27
Şekil 2.36	: Tavandan aydınlatma armatürüne ısı transferi etkisini gösterir. Flüoresan aydınlatma armatürünün direkt-endirekt toplam enerji dağılımı sınıflandırmasını gösterir.....	31
Şekil 3.1	: Noktasal bir ışık kaynağının α doğrultusundaki I_α ışık şiddetinin tanımlanması.....	43
Şekil 3.2	: Noktasal olmayan ışık kaynakları için ışık şiddeti tanımlanamaz.....	44
Şekil 3.3	: Işık şiddeti birimi candelanın tanımına yarayan etalon siyah cisim.....	45
Şekil 3.4	: Eşitlik fotometresinin ilke şeması.....	46
Şekil 3.5	: Armatürün ışık şiddeti dağılımının belirlenmesinde kullanılan dört temel tekniğin şematik gösterilimi.....	47
Şekil 3.6	: Tipik goniofotometre.....	49
Şekil 3.7	: Dikdörtgen koordinatlarda asimetric bir ışık dağılımı.....	49
Şekil 3.8	: Şekil 3.7’de gösterilen asimetric ışık dağılımının poler fotometrik eğrisi.....	50
Şekil 3.9	: Ortalama ışık dağılımı eğrisi.....	50
Şekil 3.10	: Aydınlatmanın ışık şiddeti dağılımını tanımlamak için kullanıla üç koordinat sistemi.....	50
Şekil 3.11	: B- β sistemi için özel önemdeki üç-düzlem.....	51
Şekil 3.12	: C- γ koordinatlar sistemi.....	52
Şekil 3.13	: Yol aydınlatması armatürünün poler fotometrik eğrileri.....	53
Şekil 3.14	: İç aydınlatma için projektörlerin ışık şiddeti dağılımı eğrileri.....	55
Şekil 3.15	: İç aydınlatma için gömme armatürlerin ışık şiddeti dağılımı eğrileri.....	56
Şekil 3.16	: İç aydınlatma için endirekt armatür ışık şiddeti dağılımı eğrileri.....	57

	<u>SayfaNo</u>
Şekil 3.17 : İç aydınlatma için direkt-endirekt armatür ışık şiddeti dağılımı eğrileri.....	58
Şekil 3.18 : İç aydınlatma için vurgulama spotlu armatür ışık şiddeti dağılımı eğrileri.....	58
Şekil 3.19 : İç aydınlatma için endüstriyel armatür ışık şiddeti dağılımı eğrileri.....	59
Şekil 3.20 : Dış aydınlatma armatürleri için ışık şiddeti . dağılımı eğrileri.....	60
Şekil 3.21 : Dış aydınlatma armatürleri için ışık şiddeti dağılımı eğrileri.....	61
Şekil 3.22 : Kısmi ışık akıları ve kısmi uzay açıları.....	62
Şekil 3.23 : Uzay açının tanımı.....	63
Şekil 3.24 : S yüzeyinin N noktasına göre uzay açısı.....	64
Şekil 3.25 : Işık akısı ölçmek için kullanılan Ulbricht küre fotometresi.....	64
Şekil 3.26 : Ulbricht küresinin şematik gösterilimi.....	65
Şekil 3.27 : Işık kaynağını etalonaja iştirak ettiren Ulbricht küresi.....	67
Şekil 3.28 : Genel amaçlı iç aydınlatma armatürleri.....	68
Şekil 3.29 : Genel amaçlı iç aydınlatma armatürü için, beyaz kare petekli panel ve gözlü ayna yansıtıcı ile donatılan iki lambalı tüp flüoresan lambalı armatürün tipik bir fotometrik veri sayfası örneğidir.....	69
Şekil 3.30 : Vurgulama spotlu iç aydınlatma armatürleri.....	69
Şekil 3.31 : Tepe açısı 24° olan ışın dağılımına sahip küresel yansıtıcılı bir sahne ışığı örneğidir.....	70
Şekil 3.32 : K-Işın sınıflandırması.....	72
Şekil 3.33 : Dekoratif iç aydınlatma armatürleri.....	73
Şekil 3.34 : Genel amaçlı aydınlatma için kullanılan dış aydınlatma armatürleri.....	74
Şekil 3.35 : Projektör için ışık şiddeti dağılım eğrisi. Düşey düzlemdeki dağılım ve maksimum ışık şiddetini gösterir.....	74
Şekil 3.36 : Bağlı eş-ışık şiddeti (izokandela) eğrileri.....	75
Şekil 2.37 : İki boyutlu düzlemde eş-ışık şiddeti (izokandela) eğrileri.....	76
Şekil 2.38 : Genel amaçlı/dekoratif aydınlatmalar için kullanılan dış aydınlatma armatürleri.....	76
Şekil 2.39 : Sadece dekoratif aydınlatmalar için kullanılan dış aydınlatma armatürleri.....	77
Şekil 4.1 : Solid Works Optis programı ile PLC 26 W ampül çizimi.....	80
Şekil 4.2 : Solid works Optic programı ile yansıtıcının çizilmesi.....	81
Şekil 4.3 : Solid works Optic programı ile yansıtıcının ve lambanın bitmiş hali.....	81
Şekil 4.4 : Lambadan çıkan 1000 ışın için yansıtıcı örneği.....	82
Şekil 4.5 : Lambadan çıkan 10.000 ışın için yansıtıcı örneği.....	82
Şekil 4.6 : PM Downlight armatürünün montajı.....	83

SEMBOL LİSTESİ

I_{ort} , I , I_x , I_n , I_α	: Işık şiddeti
$\Delta\Omega_\alpha$, Ω	: Uzay açısı
$\Delta\Phi$, Φ , Φ_{end} , Φ_x , Φ_n	: Işık akısı
E_x , E_n , E_p , E_{end}	: Aydınlanma düzeyi
L_x , L_n	: Parlaklık
F	: Enerji akısı
K_0	: Enerji akısının ışıksal (fotometrik) eşdeğeri
r	: Kürenin yarıçapı
ρ	: Kürenin iç yüzeyine ait yansıtma faktörü

AYDINLATMA ARMATÜR TASARIMINDA GERÇEK DEĞER İLE TASARIM DEĞERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Aydınlatma armatür tasarımının başlangıç noktası uygun ışık kaynaklarının seçimidir. Bu ışık kaynaklarının ışığı istenilen doğrultularda, istenilen yoğunluklarda yönlendiren, lamba ve aksamını dış koşullardan koruyan, çalışmaları için gerekli fiziksel ortamı sağlayan armatürler içine yerleştirilmeleri de tasarımın kalitesini ve sürekliliğini birinci derecede etkiler. Aydınlatma armatür tasarımı Türkiye’de uzun yıllardır yapılmaktadır. Ancak mevcut üretimlerin bir çoğu, halen günümüzde bile fotometrik tasarım ve ölçümler yapılmadan tamamen kopyalama yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir. Diğer yandan yerli üretimlerin uluslararası pazarlarda yer bulabilmesi ve kapsamlı projelerde kullanılabilmesi için mutlaka fotometrik verilerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu gereklilikler karşısında yerli aydınlatma armatürü üreticilerimiz son yıllarda tasarım hesaplarına dayalı ürünler üretebilmek ve tüketiciye fotometrik verileri bilinen armatürler sunabilmek için çalışmalar yapmaktadır. Aydınlatma armatür tasarımı, bilgisayar ortamlarında mekanik ve optik tasarım olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Özellikle optik tasarım ile elde edilen değerlerin gerçek üretimde sağlanıp sağlanamayacağı her zaman önemli bir sorundur. Malzeme, üretim teknikleri gibi detaylara bağlı olarak çok büyük değişimler gösterebilen fotometrik özelliklerin tasarım aşamasında da gerçeğe uygun şekilde belirlenebilmesi, kullanılan optik tasarım programlarının tekniklerine ve hassasiyetlerine çok bağlıdır. Bu tez çalışmasında, aydınlatma armatür imalatında dünyada yaygın olarak kullanılan Solid Works Optis tasarım programının değişik fonksiyonları ile bir kompakt flüoresan lambalı direkt (downlight) aydınlatma armatür tasarımı yapılmıştır. Tasarımı yapılan armatür numunesi imal edilmiş ve gerçek numunenin fotometrik değerleri laboratuarda ölçülmüştür. Ölçüm değerleri ile tasarım değerleri karşılaştırılarak en gerçekçi tasarım fonksiyonlarına ulaşılması amaçlanmıştır. Tezin başka bir amacı ise, aydınlatma armatür üreticilerimiz ve kullanıcılar için gerekli teknik bilgilerin derlenip bir Türkçe kaynak oluşturulmasıdır.

Anahtar Kelimeler:Solid Works, Optis, Tasarım, Fotometrik Veri

COMPARE THE REAL VALUE AND DESIGN VALUE IN THE DESIGN OF LUMINAIRES

ABSTRACT

The starting point of the design of luminaires is the selection of appropriate light sources. The placement of these light sources into luminaires which direct the light into the directions required, in the intensity requested, and which protect the lamp and its components from outer conditions and provide the physical conditions necessary for their operation, primarily affects the quality and consistency of the design. The design of luminaires has been realizing in Turkey for long years. However, most of the existing productions are still realized entirely by copying methods without the performance of any photometric design and measurements even today. On the other hand, in order to enable the launching of domestic productions on the international market and their application in extensive projects, photometric data have to be certainly known. In consideration of these necessities, our domestic luminaire manufacturers have been working to be able to produce products based on design calculations and to present the consumers luminaires, the photometric data of which are known, in the recent years. The design of luminaires is realized in two stages in computer media, the mechanical and optical design. Especially the fact, whether the values obtained in optical design can be provided in real production, is always an important problem. The proper determination of photometric characteristics, which may greatly vary depending on details such as materials, production methods, during the design phase is very much related to the techniques and sensitiveness of optical design programmes used. In this study of thesis, a design of a compact fluorescent lamp downlight luminaire has been made with the different functions of the Solid Works Optis design programme which is extensively used worldwide in the manufacture of luminaires. The sample of the luminaire designed has been produced and the photometric values of the real sample have been measured. The measurement values have been compared with the design values and it has been aimed at reaching the most realistic design functions. Whereas another aim of the thesis is to compile the technical information necessary for our luminaire producers and users and thus to form a Turkish resource.

Key Words: Solid Works, Optis, Design, Photometric Data

1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

İnsan bütün çalışmalarında ışığa bağlıdır. Doğal ışık (güneş, ay ve yıldızların ışığı) yetmediğinde, yapay ışıkla aydınlanmak zorunluluğu duyulur. Bilindiği gibi, uygarlığın ve özellikle uygulamalı bilimlerin gelişmesine, yani ondokuzuncu yüzyılın ortalarına kadar henüz çıra, mum ve yağ lambaları ile aydınlanılıyordu. 1859'da Kuzey Amerika'da petrolün bulunması ile yağ lambaları önemini kaybetti. 1879'da T. A. Edison tarafından akkor telli lambaların icat edilmesiyle, aydınlatma tekniğinde yeni bir çığır açıldı. Gerçekte akkor telli lamba ilk kez 1845'de H. Goebel tarafından icat edilmişti. Ancak Goebel akkor telli lambayı bulduğu zaman yeter derecede kuvvetli elektrik üretici kaynaklar yoktu ve bu yüzden icat zamanla unutuldu. Ancak 1866'da W. Siemens tarafından ilk dinamonun bulunmasından sonra 1879'da T. A. Edison akkor telli lambayı icat etmiştir. Şüphesiz akkor telli lambaların gelişmesi, yorucu ve uzun çalışmaları gerektirmiştir. Böylece bambu liflerinden ve kömürleştirilmiş selülozdan yapılmış ışık yayan sistemden, ancak uzun zaman sonra osmiyum, tantal ve tungsten tellerine geçilebildi. Bu arada deşarj lambalarında da büyük gelişmeler oldu. Flüoresan lambanın yayılması ile aydınlatma tekniği bugünkü düzeyine ulaştı. Bir uzmanlık kolu olacak kadar gelişmiş olan aydınlatma tekniğine bugün kısaca aydınlatmacılık adı verilmektedir. Aydınlatmacılığın temel konusunu ışığın üretimi, dağıtımı, ekonomisi ve ölçülmesi oluşturur. Ayrıca aydınlatma, ışığın insan bünyesindeki etkilerini de inceler. Bugün özellikle Amerika ve Avrupa'da aydınlatma tekniği mühendislikte ve mimarlıkta çok önemli bir yer tutar. Artık bir odanın aydınlatması için tavanın ortasına bir lamba asılması yetmemektedir. Her aydınlatılacak yerin özel bir problem olarak incelenmesi gerekir. İyi bir aydınlatma ile özet olarak aşağıdaki yararlar sağlanır:

Gözün görme yeteneği (kontrast duyarlılığı, şekil duyarlılığı, hız ve benzeri) arttırılır,

Göz sağlığı korunur,

Kazalar azalır,

Yapılan işin verimi yükselir,

Ticarette iş hacmi büyür,

Ekonomik potansiyel artar,

Güvenlik sağlanır (bir sokak lambası bir polise bedeldir),

Estetik hislere ve konfor gereksinimine yanıt verilir.

Aydınlatma armatürü tasarımının başlangıç noktası uygun ışık kaynaklarının seçimidir. Bu ışık kaynaklarının, ışığı istenilen doğrultularda, istenilen yoğunluklarda yönlendiren, lamba ve aksamını dış koşullardan koruyan, çalışmaları için gerekli fiziksel ortamı sağlayan armatürlerin, içine yerleştirilmeleri de tasarımın kalitesini ve sürekliliğini birinci derecede etkiler. Aydınlatma armatür tasarımı Türkiye’de uzun yıllardır yapılmaktadır. Ancak mevcut üretimlerin bir çoğu, halen günümüzde bile fotometrik tasarım ve ölçümler yapılmadan tamamen kopyalama yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir. Diğer yandan yerli üretimlerin uluslararası pazarlarda yer bulabilmesi ve kapsamlı projelerde kullanılabilmesi için mutlaka fotometrik verilerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu gereklilikler karşısında yerli aydınlatma armatürü üreticilerimiz son yıllarda tasarım hesaplarına dayalı ürünler üretebilmek ve tüketiciye fotometrik verileri bilinen armatürler sunabilmek için çalışmalar yapmaktadır. Aydınlatma armatür tasarımı, bilgisayar ortamlarında mekanik ve optik tasarım olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Özellikle optik tasarım ile elde edilen değerlerin gerçek üretimde sağlanıp sağlanamayacağı her zaman önemli bir sorundur. Malzeme, üretim teknikleri gibi detaylara bağlı olarak çok büyük değişimler gösterebilen fotometrik özelliklerin tasarım aşamasında da gerçeğe uygun şekilde belirlenebilmesi, kullanılan optik tasarım programlarının tekniklerine ve hassasiyetlerine çok bağlıdır.

Bu tez çalışmasında, aydınlatma armatür imalatında dünyada yaygın olarak kullanılan Solid Works Optis tasarım programının değişik fonksiyonları ile bir kompakt flüoresan lambalı direkt (downlight) aydınlatma armatür tasarımı yapılmıştır. Tasarımı yapılan armatür numunesi yerli bir üreticimiz tarafından imal edilmiş ve gerçek numunenin fotometrik değerleri laboratuvarında ölçülmüştür. Ölçüm değerleri ile tasarım değerleri karşılaştırılarak en gerçekçi tasarım fonksiyonlarına ulaşılması amaçlanmıştır.

Tezin başka bir amacı ise, aydınlatma armatür üreticilerimiz ve kullanıcılar için gerekli teknik bilgilerin derlenip bir Türkçe kaynak oluşturulmasıdır.

2. AYDINLATMA ARMATÜRÜ İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Bu bölümde, aydınlatma armatürlerinin optik, elektriksel, ısı ve malzeme özellikleri incelenecektir. Optik özellikler altında kısaca değinilecek fotometrik özellikler bölüm-3’de daha detaylı olarak ele alınacaktır.

2.1 Optik özellikler

Bu alt başlık altında armatürlerin ışık kontrol elemanları ve ışık dağılımları hakkında bilgiler verilecektir.

2.1.1 Işık kontrol elemanları

Optik ışık kontrol sistemleri lambanın oluşturduğu ışığı yayan ve kamaşmasız ışık dağılımını sağlayan elemanlardır. Bu sistemler ışığın renklendirilmesi veya koruyucu siperle göz kamaşmasına engel olmak amacıyla yada her ikisi için de kullanılır. Her koşulda şu ışık kontrol elemanları kullanılır.

- Yansıtıcılar
- Mercekler ve ışın kırıcılar
- Dağıtıcılar
- Ekranlar
- Renk filtreleri

2.1.1.1 Yansıtıcılar

Işık kaynağından – lambadan – çıkan ışığın biçimlendirilmesi ve buna bağlı olarak gerekli yerlerde, istenen nicelik ve niteliklerde aydınlıkların elde edilmesi, aydınlatma armatürleri aracılığı ile olur. Bu biçimlendirme, ışık kaynağının yaydığı ışığın, amaca uygun olarak oluşturulmuş aydınlatma armatürlerinde, kimi yüzeylerden yansıtılması ve/veya da kimi yüzeylerden geçirilmesi ile gerçekleşir.

Lamba ışığının denetim altına alınması, yani belli konum ve büyüklükteki bir düzlem üzerine düşmesi yada belli bir açı içinde kalan doğrultulara yönelmesi gereken koşullarda, ışığın, yansıma yolu ile biçimlendirilmesi önem taşır. Yansımanın biçimi ise söz konusu koşulların sağlanmasında belirleyici rol oynar. Aygıtta kullanılan yansıtıcının ışığı yansıtma biçiminin, yayınlık yada karışık yansıma olması durumunda, yansıtıcı üzerine gelen ışık ışınlarının yansıma doğrultuları konusunda kesin bir saptama yapılamamaktadır. İzotrop yayınlık yansıma yapan yansıtıcı armatürlerde ise, yansıtıcının herhangi bir noktasından yansıyan ışık, sonsuz doğrultuya yayıldığından, yansımış ışık ışınlarını belli doğrultulara göndermek olanaklı değildir. Oysa, bir lambadan çıkan ışık, yansıtıcı düzgün yansıma (aynasal yansıma) yapan armatürler aracılığı ile istenen doğrultulara yollanabilir. Çünkü, ışığı yansıtma biçimlerinden, yalnızca düzgün yansıma biçiminde, yüzeyin belli bir noktasına gelen ışık, bu noktadan tek bir doğrultuda yansır ve ışığın yansıma

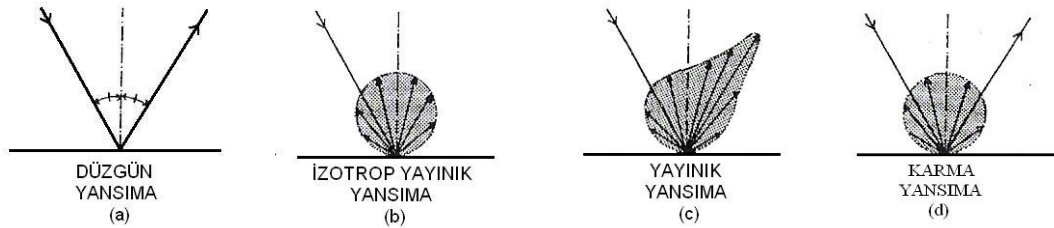
doğrultusu kesinlikle belirlenir. Bunun doğal sonucu olarak da, yalnızca “düzgün yansımaya” ile ilgili bir geometriden söz edilebilir.

Aydınlatma armatürlerinde kullanılan ve yüzeyleri düzgün yansımaya yapan yansıtıcılar, geometrik biçimleri açısından; düzlem yüzeyli yansıtıcılar ve bükümlü yüzeyli yansıtıcılar olmak üzere iki ayrı grupta toplanabilir. Gerek düzlem gerekse bükümlü yüzeyli yansıtıcısı olan bir ışık kaynağından çıkan ışığı belli doğrultulara gönderebilmek için, ışık ışınlarının yansımaya doğrultularının saptanmasında izlenecek yolun bilinmesi gerekir. Düzgün yansımaya yapan yansıtıcı yüzeyinden yansıyan ışık ışınlarının gideceği doğrultular ise, yansıtıcı biçimine göre ayırım gösterir. Ayrıca, bükümlü yüzeyli yansıtıcılardan, parabolit ve elipsoit yansıtıcısının önemli bir özelliği vardır. Bu tür yansıtıcılı bir ışık kaynağından çıkan ışığın düştüğü düzlem üzerinde, kimi koşullarda, ışık kaynağının yada aydınlatma armatürünün görüntüsü biçiminde beliren bir ışık lekesi oluşur.

Yansıtıcı tasarımında belirleyici olan, ışığın yansımaya doğrultusunun ve yansıyan ışık ışınlarının yayılma alanlarının saptanmasında, yansıtıcıların geometrik özelliklerinin kolay anlaşılabilmesi açısından, ışık kaynağı ilk aşamada boyutsuz noktasal kaynak varsayılmıştır. Oysa, gerçekte her ışık kaynağının belli bir boyutu vardır ve kaynak boyutundan ötürü ortaya çıkan dağılma açısının dikkate alınması zorunludur. Bu nedenle, düzlem ve bükümlü yüzeyli yansıtıcıların değişik özellikleri ışık kaynağının noktasal ışık kaynağı varsayılması koşuluna göre ele alındıktan sonra, ikinci aşamada, dağılma açısı kavramının tanımlanması ve incelenen tüm yansıtıcı türleri için, ışığın yansımaya doğrultusunun ve yansıyan ışık ışınlarının yayılma alanlarının, dağılma açısı göz önüne alınarak yeniden belirlenmesi uygun görülmüştür.

Yansımaya

Yansımaya, ışığın geldiği yüzeyden biçimi, oranı, doğrultusu, tayfsal yapısı nasıl olursa olsun, geri dönmesi anlamına gelir. Işığın yansımaya, iki ortamı ayıran bir yüzeyde, bir nesnenin yüzeyinde düşünülecek bir olaydır. Bir yüzeyden yansıyan ışık, o yüzeye giden ışığın ufak yada büyük bir bölümü olabilir. Buna, yansımaya niceliği denir, ve doğrudan doğruya yüzeyin yansıtma çarpanı (ρ) ile belirlenir. Yani, yüzeyin yansıtma çarpanı büyükse, yüzeyden yansıyan ışık çok, yansıtma çarpanı küçükse, yansıyan ışık az olacaktır. Yansıtma çarpanı bir oran olduğu için, hiçbir zaman (1) den büyük olamaz. Yüzeyden yansıyan ışığın, hangi doğrultuya ne oranda yansıyacağı (yansıdığı) ise yüzeyin ışığı yansıtma biçimi ile belirlenir ve doğrudan doğruya yüzeyin “doku” özelliği ile ilgilidir. Yansımaya biçimleri, düzgün yansımaya (aynasal yansımaya), izotrop yayınlı yansımaya, yayınlı yansımaya, karışık yansımaya olmak üzere dört temel grupta toplanır.



Şekil 2.1 : Yansımaya tipleri.

a. Düzgün Yansım (Aynasal Yansım):

Bir yüzeyin pürüzleri, yüzeye gelen ışığın dalga boyundan daha küçükse, ışık yüzey normali ile eşit açı yaparak yansır ve gelen ışık-yüzey normali-yansıyan ışık aynı düzlem içinde bulunur (Şekil 2.1a). Yani yansıyan ışığın doğrultusu, yüzeye gelen ışığın doğrultusu ile kesin bir biçimde belirlenir. Ayna gibi parlak olan bu tür yüzeyler görünmezler, yüzey sınırları içinde başka yüzey ve nesnelerin görüntüleri algılanır. Bu tür yüzeylerin görünürlükleri sıfırdır. Düzgün yansım, tanım olarak, yansım kanunlarına uyan durumdur. Bu kanunlara göre ışık sürekli aynı yüzeyden ve sabit açıyla yansır. Bu açı gelme açısına eşittir. Bu tür yansıtıcılar, belli doğrultularda yoğun ışığın gerektiği projektör, spot ve yol aydınlatması armatürlerinde kullanılır. Düzlem yansıtıcı yüzey elde etmek için birkaç yöntem vardır.

- ❖ En uygun olanı alüminyum yaprağıdır . Gümüş aynadan daha hafif daha az kırılğan ve yeterince ince üretilebilen bu alüminyum yapraklar, yansıtıcı olarak rahatlıkla kullanılabilir. Alüminyumdan düzlem yansım özelliği elde etmek için cilalamak gerekir. Bu cilalama; mekanik olarak, kimyasal olarak, elektrolitik olarak yada bunların hepsinin bir arada kullanıldığı sistemlerle yapılabilir.
- ❖ Ucuz alüminyuma saf alüminyum veya gümüş kaplanarak elde edilen düzlem yansımalar, yansım değeriinde %80 - %90 güvenilirlik sağlarlar.
- ❖ Aynasal alüminyum katmanının metal yada ametal yumuşatıcıya maruz bırakılmasıyla vakum-metalleştirme yapılabilir. Vakumla tortu bırakarak kaplanan bu yüzeyin yansım değeri, cilalanmış yüzeyden daha iyidir.

Düzlem yansım genelde paslanmaz oksit filmle korunur. Bu ise anotlaşma esnasında gerçekleştirilen bir olaydır. Alüminyum-plastikler düzlem yansım olarak iç aydınlatma armatürlerinde kullanılabilirler. Dış koşullara elverişli değildirler. Ancak vernik astarla kaplandıktan sonra dışta da kullanılabilirler. Paslanmaz çelik ve krom plakalar nispeten daha az yansıtır ve armatür yansıtıcılarında nadiren kullanılırlar. Bu malzemelerin yansım faktörü değeri Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1 : Düzlem yansım malzemelerinin yansım faktörü değeri [1].

MALZEME	BİTMİŞ HALİ	YANSITMA FAKTÖRÜ
Alüminyum – Ticari nitelikte	cilalı ve anotlaştırılmış	0.70
Süper saf alüminyum	cilalı ve anotlaştırılmış	0.80
Gümüş	cilalı ve anotlaştırılmış	0.90
Cam veya plastik	alüminyumlaştırılmış	0.85-0.88
Krom	cilalı	0.65
Paslanmaz çelik	cilalı	0.60

b. İzotrop Yayınık Yansıma :

Bir yüzeyin pürüzleri, yüzeye gelen ışığın dalga boyundan daha büyükse, yansıyan ışık ışınlarını gösteren vektörlerin uçları, yüzeye teğet bir küre oluşturur (Şekil 2.1b). Yani, bu yansıma biçiminde, gelen ışığın doğrultusunun hiçbir belirleyiciliği yoktur, yansıyan ışık her doğrultuya (sonsuz doğrultuya) yayılır. Bu tür yansıma yapan yüzeyler, tam mat (donuk) olup, Lambert yüzeyi olarak da adlandırılmaktadır. Yeni kireç badana, sıkıştırılmış toz/pudra, reçinesiz kimi yumuşak ağaç kesitleri, bu tür yansıma yapan yüzeylere örnek olarak gösterilebilir ve bunların görünürlükleri tam “1” dir.

Teorik olarak kusursuz bir izotrop yayınık yansıma, ışığı her açıdan her yöne yayandır. Açı değişikliğinde yüzeyin parlaklığı değişmez. Mat-bitmiş metal ve düzleştirme boyaları izotrop yayınık yansıma yüzeyi sağlar. Metaldeki mat beyaz boyada izotrop yayınık yansıma sağlar. Düzlem yüzeylerde kamaşmanın kontrolü zordur. Ama bu yüzeyler temizlik açısından daha kolaydır. Magnezyum oksit ve titanyum oksit izotrop yayınık yansıma sonuçlarına sebep olur. İkincisi daha çok yansıma yaratır. Aşağıdaki Tablo 2.2, en çok tercih edilen izotrop yayınık yansıma yüzeylerinin yansıtma faktörü değerlerini göstermektedir.

Tablo 2.2 : İzotrop yayınık yansıtıcısının yansıtma faktörü değerleri [1].

MALZEME	BITMİŞ HALİ	YANSITMA FAKTÖRÜ
Çelik	Parlak beyaz boya	0.84 e kadar
Plastik	Parlak beyaz	0.90 a kadar

İç aydınlatmada, düzgün dağılımlı aydınlık düzeyleri sağlanmak istenen yerlerde kullanılır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 : İzotrop yayınık yansıtıcılar iç aydınlatma armatürlerinde düzgün aydınlatma sağlamak istenen yerlerde kullanılır.

c. Yayınık Yansımaya :

Düzgün yansımaya ile, izotrop yayınık yansımanın oluşturduğu iki sınır durum arasındaki ara yansımaya biçimleri bu ad ile adlandırılır (Şekil 2.1c). Yayınık yansımaya biçiminde, yüzeye gelen ışığın doğrultusu, yansıyan sonsuz doğrultudaki ışığın baskın doğrultusunu belirler. Bu baskın doğrultuda, yani düzgün yansımanın olacağı doğrultuda, az yada çok bir yansımaya fazlalığı olur. Bu tür yansımaya yapan yüzeyler, ipeğimsi parlaklığı olan yüzeylerdir. İpek kumaşlar, deri ve deri taklidi plastik yüzeyler, çok parlak olmayan yağlı boya vb. yüzeyler yayınık yansımaya yaparlar.

d. Karışık Yansımaya :

Düzgün yansımaya ile izotrop yayınık yansımaya yada yayınık yansımaya biçiminin birlikte olması durumudur (Şekil 2.1d). Üstü parlak ve saydam bir nesne ile kaplı mat/ipeğimsi yüzeyler (peş peşe iki ayrı tür yansımaya) ve tozlanmış parlak yüzeyler (yan yana iki ayrı tür yansımaya) karışık yansımaya yaparlar. Cilalı mermer, ahşap yüzeyler, tozlu, kirli yada az buğulanmış cam yüzeyler, bu tür yansımaya yapan yüzeylere örnek olarak verilebilirler.

Yansıtıcı Yüzey Geometrik Özelliği (Biçimi)

Genel olarak aydınlatma armatürlerinde kullanılan yüzey biçimleri aşağıdaki gibi iki temel grupta toplanabilir (Şekil 2.3).

A. Düzlem yüzeyler (düzlem yansıtıcılar) (Şekil 2.3a),

B. Düzlem olmayan yüzeyler (bükey yüzeyli yansıtıcılar) (Şekil 2.3c,d,e),

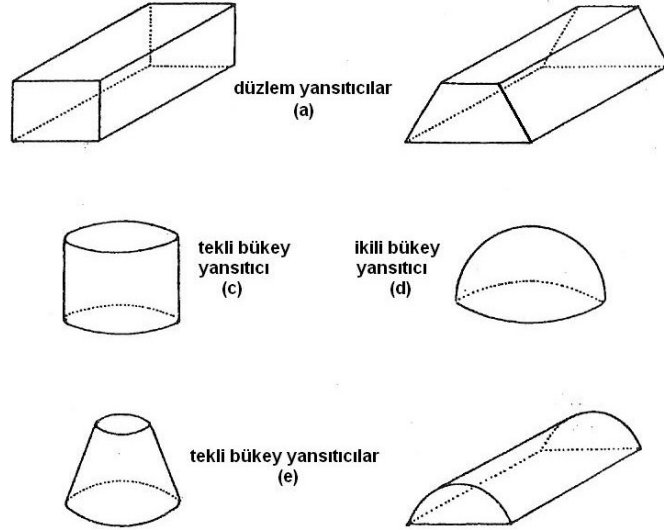
1. Tekli bükey yüzeyler (açılıp düzlem olabilen yüzeyler) (Şekil 2.3c,e),

- Dairesel silindir, koni vb. dönel yüzeyler,
- Sinüoit kesitli (oluklu saç); eliptik silindir, parabolik silindir gibi silindir yüzeyler,

2. İkili bükey yüzeyler (açılıp düzlem olmayan yüzeyler) (Şekil 2.3d),

- Küre, tor, elipsoit, parabolik vb. yüzeyler.

Bir aydınlatma armatüründe yer alan yansıtıcının, üzerine gelen ışık ışınlarını hangi doğrultu yada doğrultulara yansıtacağı, yada belli bir düzlem üzerinde nasıl bir aydınlık düzeyi dağılımı sağlayacağı, temelde onun ışık yansıtma biçimi ve geometrik özelliklerine bağlıdır. Yukarıda da belirtildiği üzere, bir yüzeyin ışığı yansıtma biçimi, düzgün, izotrop yayınık, yayınık, karışık yansımaya olabilir. Bunlara ilişkin açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, yayınık yansımaya ve karışık yansımanın temelinin düzgün yansımaya ve izotrop yayınık yansımaya oluşturmaktadır. Bu nedenle, burada yalnızca, düzgün yansımaya ve izotrop yayınık yansımaya biçimleri ele alınarak, bunların yansıtıcı geometrik biçimlerine göre bunların yansıyan ışık açısından yansıtıcı geometrik biçimleri ile ilişkileri kurulmuştur. Bu ilişki kurulurken ışık kaynağının “izotrop dağılımlı (tüm doğrultularda ışık şiddeti aynı olan, yani ışık dağılım diagramı bir küre olan) noktasal ışık kaynağı” olduğu varsayılmıştır.



Şekil 2.3 : Aydınlatma armatüründe kullanılan yüzey biçimleri.

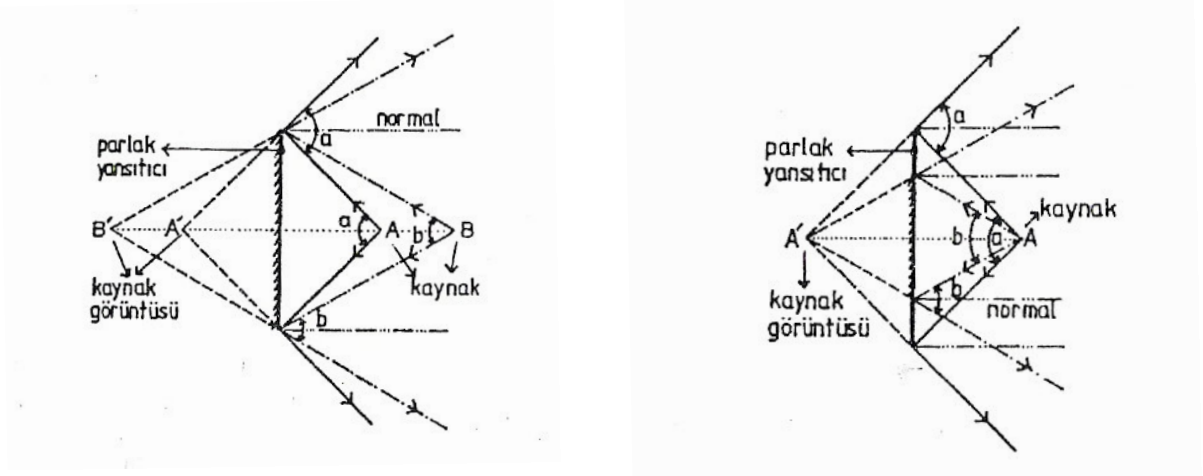
1. Düzlem yüzeyli yansıtıcılar :

a. Düzlem yüzey + düzgün yansıma :

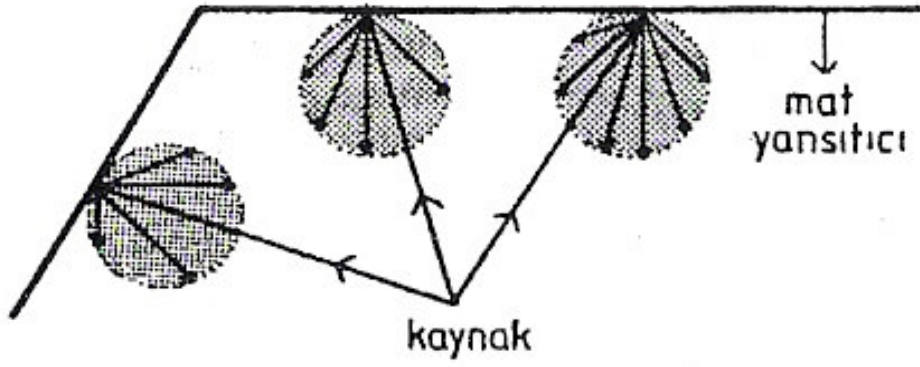
Işık kaynağından çıkan ışık ışınları, kaynak ile yansıtıcı yüzey arasındaki uzaklık ve yansıtıcı yüzey büyüklüğüne, bir başka deyişle kaynağın, yüzeyi görme açısına bağlı olarak değişik doğrultulara belli açılarla yansır (Şekil 2.4). Yani kaynak-yüzey arası uzaklık yada yüzey büyüklüğü göz önüne alınarak, yansıtıcıdan yansıyan ışıkları belli doğrultulara göndermek ve istenilen aydınlık düzeyi dağılımını elde etmek olanaklıdır.

b. Düzlem yüzey + izotrop yayınlık yansıma :

Işık kaynağından çıkan ışıklar, yansıtıcı yüzeyin her noktasından sonsuz doğrultuya yayılır (Şekil 2.5). Bu nedenle, yansıyan ışığın doğrultusu düzgün yansıma yapan yüzeyler gibi kolayca belirlenemez.



Şekil 2.4 : Işık kaynağından çıkan ışık ışınları kaynağın, yüzeyi görme açısına bağlı olarak değişik doğrultulara belli açılarla yansır.

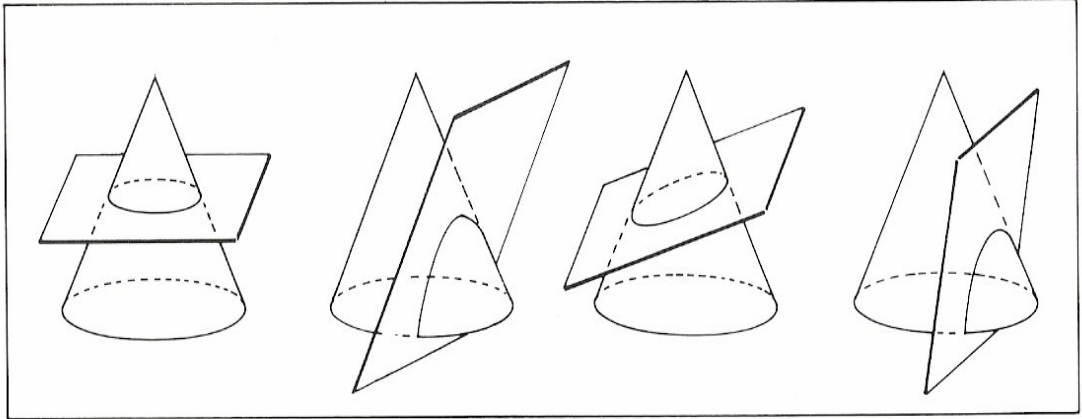


Şekil 2.5 : Işık kaynağından çıkan ışıklar, yansıtıcı yüzeyin her noktasından sonsuz doğrultuya yayılır.

2. Düzlem olmayan (bükey) yüzeyli yansıtıcılar :

a. Bükey yüzey + düzgün yansıma :

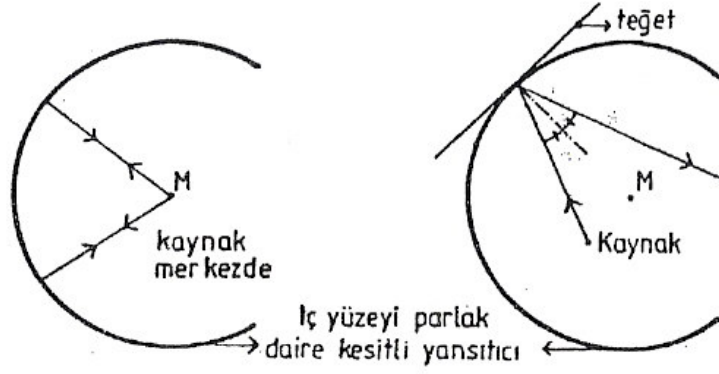
Bükey yüzeyin geometrik özelliğine bağlı olarak, yansıtıcıdan yansıyan ışıkları belli doğrultulara göndermek ve istenilen aydınlık düzeyi dağılımını elde etmek olanaklıdır. Bükey yüzeyli yansıtıcının en az bir kesitinin daire, elips, parabol, hiperbolik olması durumunda, söz konusu kesit için yansıyan ışıkların doğrultuları aşağıdaki gibidir. Şekil 2.6 'da bükey yüzeyli yansıtıcılara örnekler gösterilmektedir.



Şekil 2.6 : Soldan sağa küresel, parabolik, elipsoidal ve hiperbolik yansıtıcı formları.

I. Dairesel silindir ; küresel yansıtıcılar :

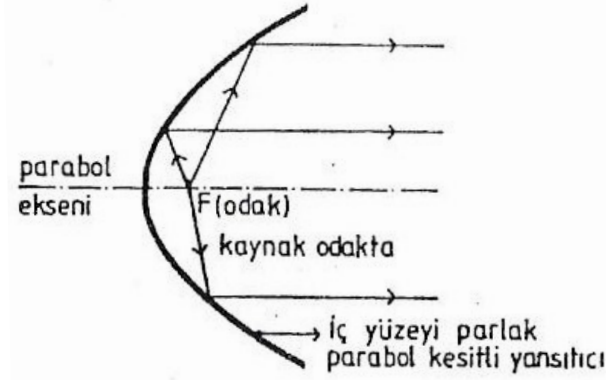
Işık kaynağının daire yada küre merkezine yerleştirilmesi durumunda, yüzeyden yansıyan ışıklar tekrar merkeze dönerler. Kaynağın merkezden başka bir yerde olması durumunda, yüzeyin noktalarına ait teğetler çizilerek yansıyan ışıkların doğrultusu saptanır (Şekil 2.7). Ancak bu durumda yansıyan ışıkların hangi doğrultuya gideceklerini önceden kesin olarak bilmek olanaksızdır.



Şekil 2.7 : Dairesel silindir ; küresel yansıtıcılar.

II. Parabolik silindir ; parabolit yansıtıcılar :

Işık kaynağının, parabolün odağına yerleştirilmesi durumunda, yüzeye gelen ışıklar, parabolün eksenine paralel doğrultuda yansır (Şekil 2.8).

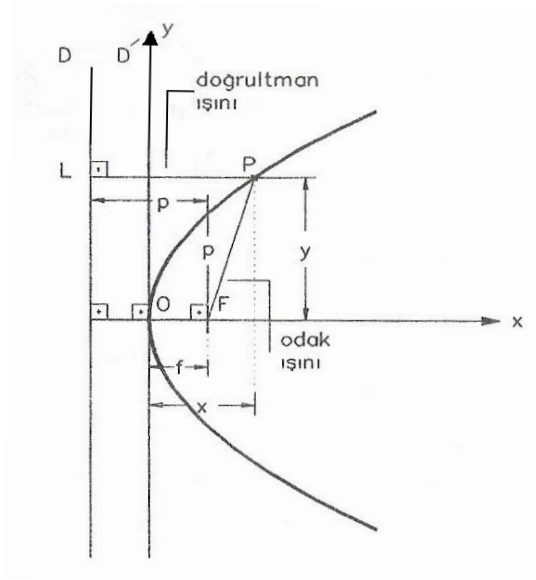


Şekil 2.8 : Parabolik silindir ; parabolit yansıtıcılar.

Kaynağın odaktan başka yerde olması durumunda, yüzeyin noktalarına ait teğetler çizilerek yansıyan ışıkların eksene paralel gitmeyeceği açıktır.

Şekil 2.9'da gösterilen parabol elemanlarının açıklamaları aşağıda verilmektedir.

- F = Odak,
- f = odak uzaklığı,
- D = doğrultman,
- O = parabolün tepe noktası,
- x = P noktasının y eksenine uzaklığı,
- y = P noktasının x eksenine uzaklığı,
- D^1 = tepe teğeti (parabolün tepe noktasından geçen ve x eksenine dik olan doğru),
- P = parabolün bir noktası,
- PF = odak ışını (parabolün bir noktasını odak noktasına birleştiren doğru parçası),
- PL = doğrultman ışını (parabolün bir noktasından doğrultmana çizilen dik doğru parçası),
- p = yarı parametre (odak ile doğrultman arasındaki uzaklık ve odak ile, x eksenine odaktan çizilen dik doğrunun parabolü kestiği nokta arasındaki uzaklık).



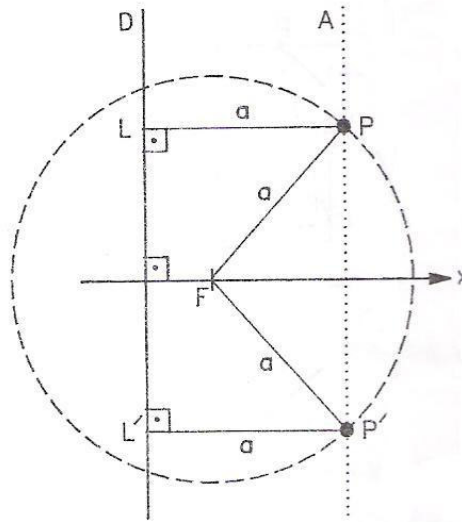
Şekil 2.9 : Parabolün elemanları.

Odak olarak adlandırılan değişmez bir F noktasına ve doğrultman olarak adlandırılan değişmez bir D doğrusuna eşit uzaklıktaki noktaların geometrik yeri, paraboldür.

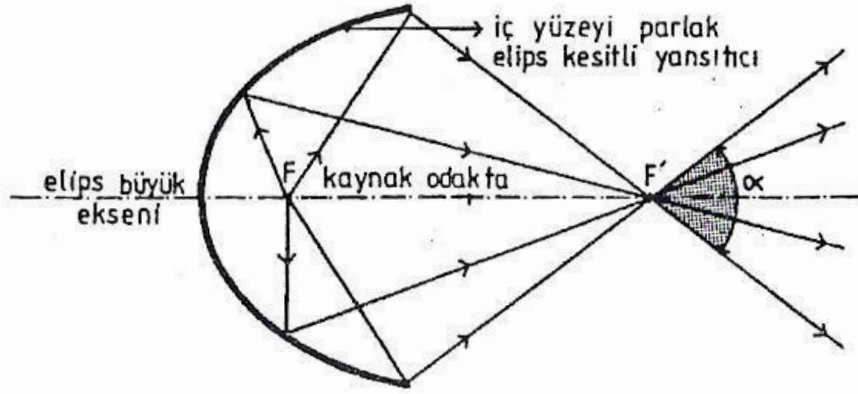
Bir parabole ait noktaların yeri, parabolün tanımında verilen,

- bir F noktasından, belli bir a uzaklığındaki noktaların geometrik yeri olan bir çemberin, ve
- bir D doğrusuna aynı a uzaklığındaki noktaların geometrik yeri olan başka doğrunun,

çizilmesi yolu ile bulunabilir. Merkezi F, yarıçapı a olan çember (Şekil 2.10) ile D doğrusundan a uzaklığında ve bu doğruya paralel olan A doğrusunun kesim noktaları parabolün P ve P^1 noktalarını verir. a uzaklığının değişmesi ile parabolün başka noktaları elde edilir (Şekil 2.11).



Şekil 2.10 : Parabolün odağa ve doğrultmana eşit uzaklıktaki iki noktası.

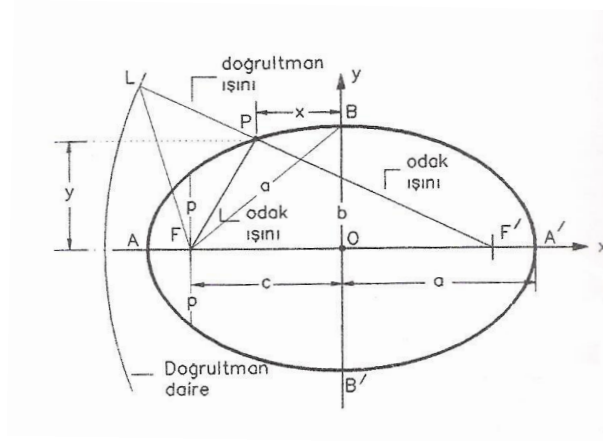


Şekil 2.13 : Eliptik silindir ; elipsoit yansıtıcılar.

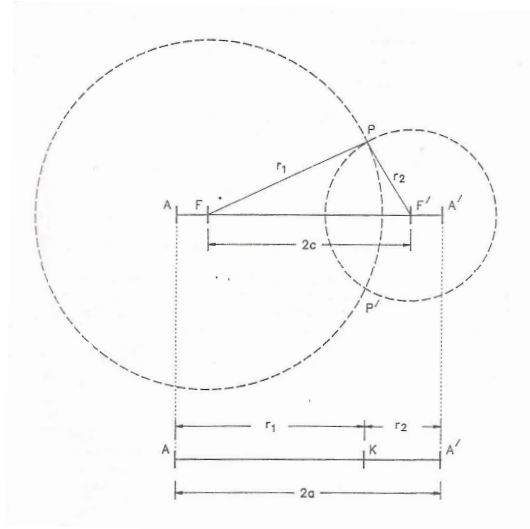
Elipsin Elemanları : Şekil 2.14’de gösterilen elips elemanlarının açıklamaları aşağıda verilmektedir.

F, F^1	= Odaklar,
$AA^1 = 2a$	= asal-büyük-eksen,
A, A^1	= asal köşeler,
$BB^1 = 2b$	= yedek-küçük-eksen (asal eksene O noktasında dik olan doğru),
B, B^1	= yedek köşeler,
O	= elipsin merkezi (iki eksenin kesim noktası),
$OF=OF^1=c$	= odak uzaklığı (merkezin bir odağa olan uzaklığı),
$PF=PF^1$	= odak ışını (elipsin bir P noktası ile bir odağını birleştiren doğru parçası),
PL	= doğrultman ışını (elipsin bir P noktası ile PF^1 odak ışını uzantısının doğrultmanı kestiği L noktası arasındaki uzaklık),
p	= yarı parametre (odak ile x eksenine odaktan çizilen dik doğrunun elipsi kestiği nokta arasındaki uzaklık),
x	= P noktasının y eksenine uzaklığı,
y	= P noktasının x eksenine uzaklığı,
asal daire	= merkezi elipsin merkezi, yarıçapı a olan daire ($AA^1 = 2a$ çaplı daire)
yedek daire	= merkezi elipsin merkezi, yarıçapı b olan daire ($BB^1 = 2b$ çaplı daire)
doğrultman daire	= merkezi odaklardan biri, yarıçapı 2a olan daire.

Odaklar olarak adlandırılan F ve F^1 noktalarına uzaklıklarının toplamı değişmeyen noktaların geometrik yeri, elipstir. Bir doğru üzerinde yer alan ve aralarındaki uzaklık 2c kadar olan F ve F^1 odaklarına uzaklıklarının toplamı 2a olan ($a > c$) noktaların geometrik yerini belirleyebilmek için, 2a uzunluğundaki AA^1 doğru parçası herhangi iki parçaya ($AK=r_1$, $KA^1 = r_2$) ayrılır. F merkez olmak üzere r_1 yarıçaplı ve F^1 merkez olmak üzere r_2 yarıçaplı çemberler çizilir. Bu iki çemberin P ve P^1 kesim noktaları, $r_1 + r_2 = 2a$ olması nedeniyle, elipse ait iki ayrı noktayı verir (Şekil 2.15) .



Şekil 2.14 : Elipsin elemanları.

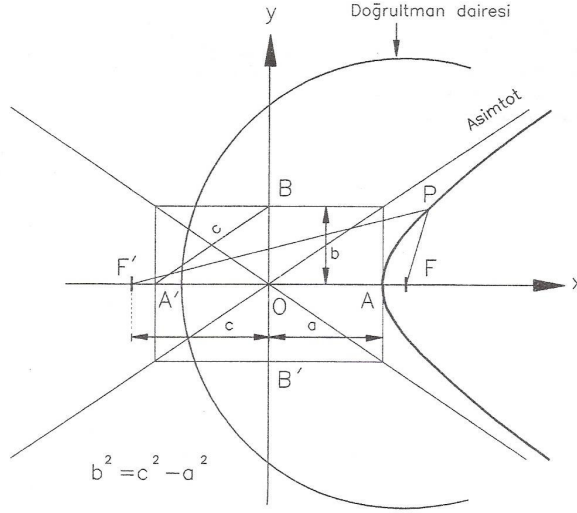


Şekil 2.15 : İki noktaya uzaklıkları toplamı değişmeyen iki elips noktası.

IV. Hiperbolik yansıtıcılar :

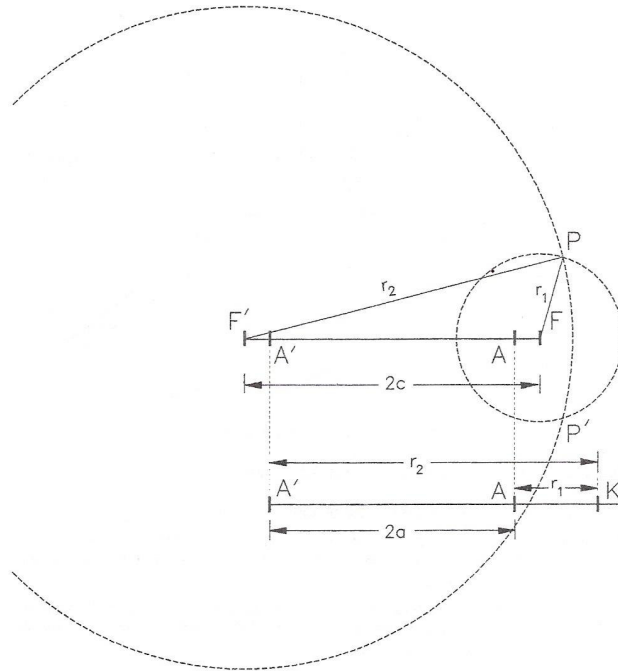
Hiperbolün elemanları Şekil 2.16 'da gösterilmiştir.

F, F^1	= odaklar,
$AA^1 = 2a$	= asal eksen,
A, A^1	= asal köşeler,
$BB^1 = 2b$	= yedek eksen,
B, B^1	= yedek köşeler,
O	= simetri-bakışım-ekseni,
c	= odak uzaklığı (merkezin bir odağa uzaklığı = $OF, OF^1, BA, BA^1, AB^1, A^1B^1$),
P	= hiperbolün bir noktası,
x	= P noktasının y eksenine uzaklığı,
y	= P noktasının x eksenine uzaklığı,
$PF=PF^1$	= odak ışını (hiperbolün bir noktası ile bir odağını birleştiren doğru parçası)
p	= yarım parametre (odak ile x eksenine odaktan çizilen dik doğrunun hiperbolü kestiği nokta arasındaki uzaklık,
asal daire	= merkezi O , yarıçapı a olan daire ($AA^1 = 2a$ çaplı daire)
dogrultman daire	= merkezi odaklardan biri, yarıçapı $2a$ olan daire.



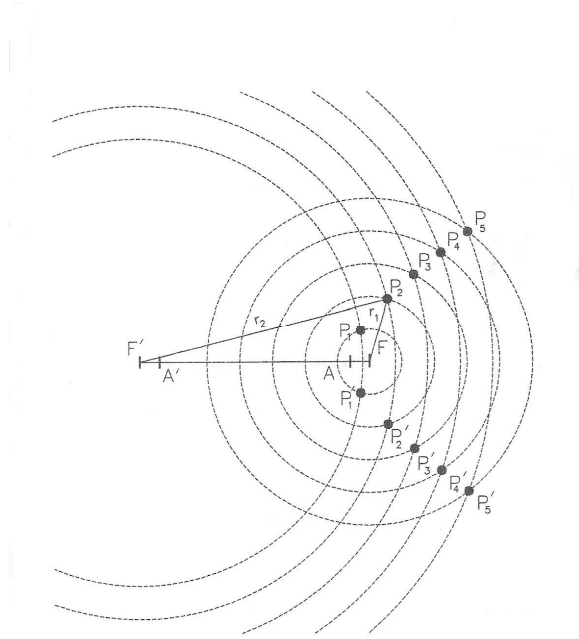
Şekil 2.16 : Hiperbolün elemanları.

F ve F^I odak noktalarına uzaklıklarının farkı değişmeyen noktaların geometrik yeri, hiperboldür. Bir doğru üzerinde bulunan ve aralarındaki uzaklık $2c$ olan F ve F^I odaklarına uzaklıklarının farkı $2a$ olan ($a < c$) noktalarının geometrik yerini saptayabilmek için, $2a$ uzunluğundaki AA^I doğru parçasının uzantısı üzerinde bir K noktası işaretlenir ($AK=r_1$, $A^IK=r_2$). Merkezi F, yarıçapı r_1 olan ve merkezi F^I , yarıçapı r_2 olan çemberler çizilir. Bu iki çemberin P ve P^I kesim noktaları $r_1 - r_2 = 2a$ olmasından ötürü, hiperbole ait iki ayrı noktayı verir (Şekil 2.17).



Şekil 2.17 : Hiperbolün odak noktalarına uzaklıklarının farkı değişmeyen iki noktası.

K noktasının AA^I doğru parçasının uzantısı üzerinde yer değiştirmesi ile hiperbole ilişkin başka noktalar bulunur (Şekil 2.18).



Şekil 2.18 : Hiperbolün odak noktalarına uzaklıklarının farkı değişmeyen noktaları.

b. Bükey yüzey + izotrop yayınlık yansıma :

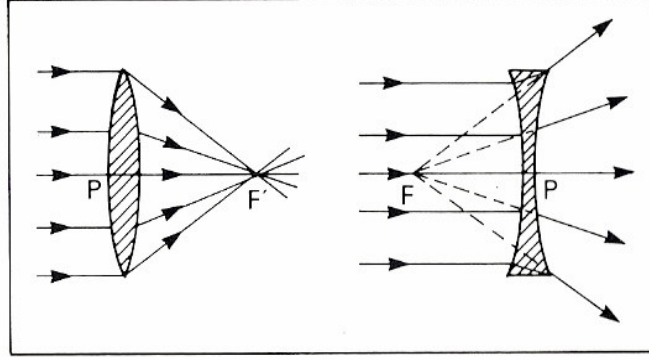
İzotrop yayınlık yansıma yapan yüzeyler, üzerlerine gelen ışığı her doğrultuya (sonsuz doğrultuya) yansıtırlar. Bu nedenle, bu yüzeylerin, belli geometrik özellikleri olan bükey yansıtıcılarda kullanılması, ışığı belli doğrultulara yönlendirme açısından yarar sağlamaz. Bu nedenle, bükey yüzeyli yansıtıcıların iç yüzeyleri mat değil, parlak yapılmalıdır.

2.1.1.2 Mercekler ve Işın Kırıcılar

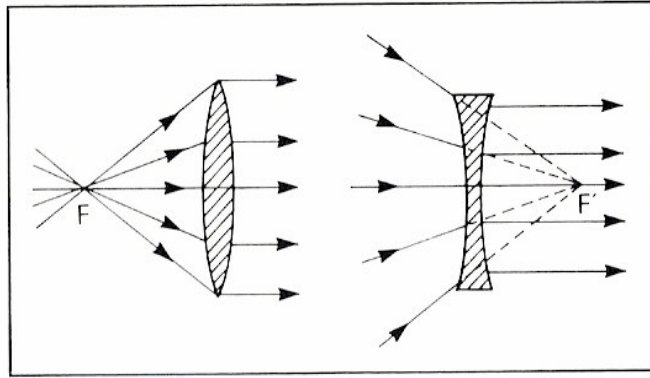
Kırılma ışığın bir ortamdan diğerine geçerken ışığın eğilmesidir. Bu düz cam tabakası ile basit prizma örneğiyle anlatılmıştır. Bu bölümde aydınlatma armatürü optik sistemlerinde kullanılan havadan cama ve havadan plastiğe kırılma olayını (yani mercekler ve ışın kırıcılar) inceleyeceğiz.

Mercekler

Genel anlamda, uygun yön kontrol çıkışı mercek kullanımına gerek kalmadan elde edilebilir. Ancak , sahne ve sinema aydınlatmasında, belli uzaklıktan hedefe büyük miktarlarda ışığın doğru şekilde yönlendirilmesi gerekir. Bu tip aydınlatmalar sadece mercekler sayesinde gerçekleştirilebilir. Mercekler (genelde havadan cama ve camdan havaya) iki içbükey yüzeyde kırılma içerirler (veya bir içbükey bir düz). Küresel yüzeylerin eğiminin merkezlerini birleştiren çizgi temel aks olarak adlandırılır. Şekil 2.19 soldaki resim konveks lens üzerinde ışın paralellerini birincil ekseninde gösterir. Onlar yansımadan sonra F^1 noktasında birleşir. F^1 noktası birincil odak olarak adlandırılır. Şekil-19 sağdaki resim konkav lensle uyuşan durumu gösterir, birincil odak burada geçerli değildir. PF uzunluğuna, lensin fokal uzaklığı denir. Şekil 2.20 soldaki resim bir miktar ışığın F noktasından lensin eksenine kırılmasını gösterir. Böylece paralel ışınlar oluşur. Bu F noktası başka bir birincil odaktır. Konkav lens durumunda ise F birincil odak Şekil 2.20 sağdaki resimdeki gibi kaynaktan uzakta merceğin yanındadır.



Şekil 2.19 : Paralel ışık ışını solda konveks yada birleşen, sağda konkav yada dağılan mercek şeklinde yansır.



Şekil 2.20 : Solda dağılan ışık ışınının konveks mercekten, sağda birleşen ışık ışınının konkav mercekten yansması gösterilmiştir.

Fresnel Mercek

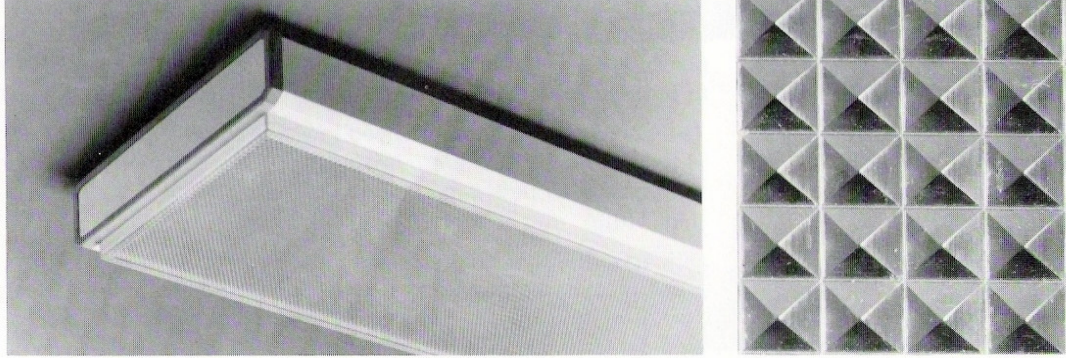
Fresnel merceği özel bir tip mercektir (Şekil 2.29). Düz dış bükey bir mercek olan Fresnel merceği ile ağırlık ve maliyet azaltılırken, optik özellikler aynı kalmaktadır. Silindir şeklinde de üretilebilir (Şekil 2.30).



Şekil 2.21 : Fresnel merceğinin silindirik versiyonu.

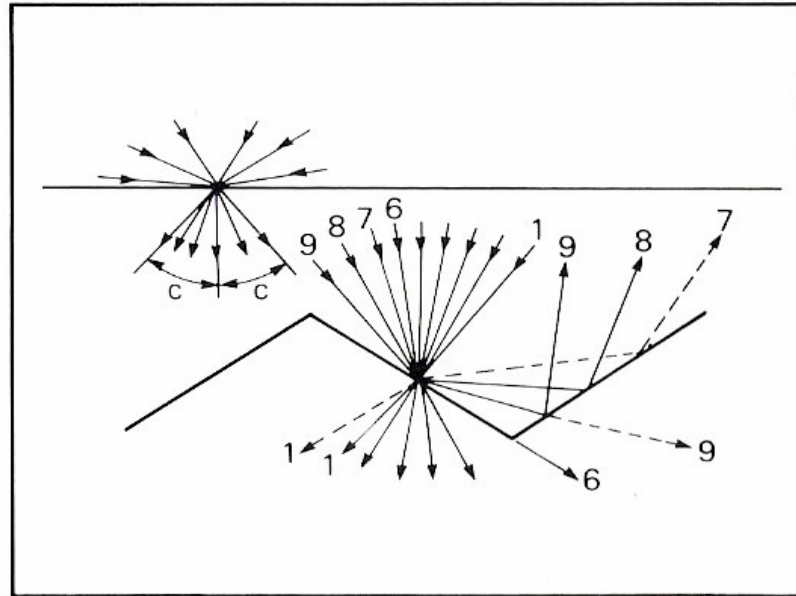
Işın kırıcılar

Mercek terimi kırılma aygıtlarını genel anlamda tanımlamak için bazen kullanılır. Işın kırıcı, bir lamba tarafından yayılan ışığa yön kontrolü sağlanması gerektiğinde kullanılır.



Şekil 2.22 : İç aydınlatma armatüründe kullanılan tipik prizmatik kontrolör yada yansıtıcı panel.

Şekil 2.22’de iç aydınlatmada kullanılan tüp flüoresan lambalı armatürlerde kullanılan ışın kırıcı örneği gösterilmiştir. Lambaların tam altına monte edilen yan yüzeyleri de olan yatay plastik bir panodan oluşur. Panonun üstü düz biçimdedir ve alt tarafında ise piramit veya koni şeklinde prizmaları vardır. Şekil 2.23 prizmanın nasıl çalıştığını göstermektedir. Prizmanın açısı 9 sayılı ışın ikinci iç yüzeyden kritik açıda yansıtılacak şekilde seçilmiştir. Şayet prizmanın açıları daha küçük yapılmış olsaydı, 9 no’lu ışın bu yüzeyden noktalı çizgi yönünde geçecekti ve burada bir kamaşma oluşturacaktı. Daha büyük yapılmış olsaydı, 1 sayılı ışın ilk yüzeyi gerektiğinden daha yüksek bir açıdan terk edecek (noktalı çizgi), ve bu da kamaşma oluşturacaktı.



Şekil 2.23 : Tipik yansıtıcı panel kesit alanı.

Dikey yan panolar, aydınlatma armatürünün yanlarından yayılan ışığı dağıtmak için kullanılan ışık geçirmeyen plastiklerdir. Ayrıca ışığı yukarıya tavana yansıtmak için uygun prizmaları olabilir. Bu panoların imalatında polistiren ve akrilik kullanılır. Polistiren daha ucuzdur, ama kimyasal olarak stabilize edilmedikçe ısı ve ultraviyole ışınlarından etkilenir ve sararır. Akrilik, diğer yanda, daha pahalı olmakla birlikte, UV den fazla etkilenmez. Ayrıca, aktarma faktörü polistirenden yaklaşık % 5 daha yüksektir. Ancak, polistiren kadar güçlü değildir. Bazı dış aydınlatmalarda kullanılan ışın kırıcı belli yayım açılarında olur ve çizgisel prizma şeklinde şekillenmiş ön cam şeklindedir. İstenilen ışık dağılımı prizma hatlarının uygun tasarım ve yerleşimiyle elde edilir.

2.1.1.3 Dağıtıcılar

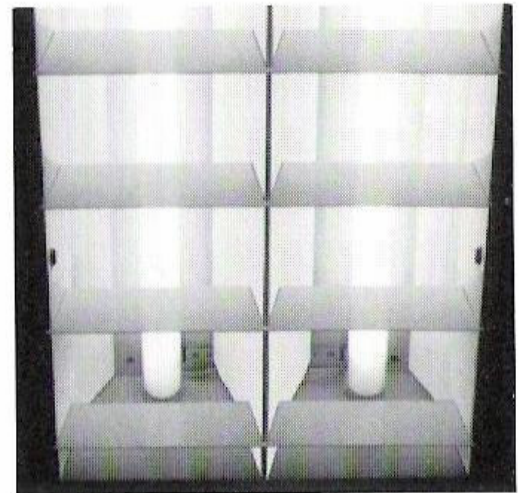
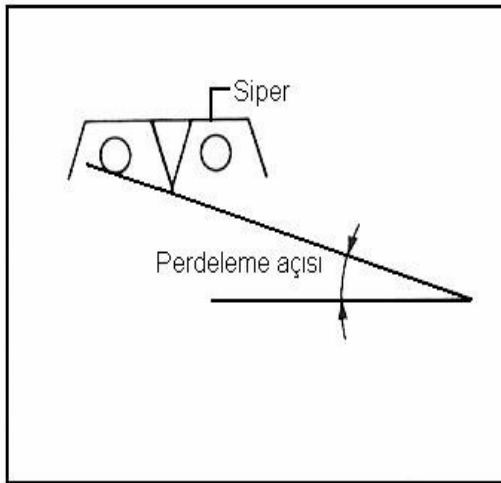
Yarı saydam dağıtıcı, lambadan yayılan ışığı her yöne saçar ve böylece kamaşmayı her görüş açısı için azaltır. Dağıtıcılar genelde içinde enkandesen lamba bulunan aydınlatmalar için opal camdan ve flüoresan olanlar için de yarı saydam plastikten (yaygın olarak polistiren veya akrilik) yapılmıştır. Bir başka dağıtıcı malzeme, narin dokusu nedeniyle bazen dekoratif aydınlatmalarda kullanılan, parşömendir. Aydınlatma armatüründe dağıtıcı yüzey olarak kullanılacak malzemenin yüksek miktarda ışık emilmesi ile yüksek derecede ışık dağılımı gösteren bir malzeme olması son derecede önemlidir. İyi bir dağıtıcıda bile, lamba yüzey arasında belli bir mesafe olmalıdır. Aksi halde aşırı ısınma nedeniyle rengini bile kaybedebilir.

2.1.1.4 Ekranlar

Bir aydınlatma armatürünün ışığını kontrol etmek yada yönlendirmek için veya lambaları gözden saklamak için kullanılan teknik ekranlamadır. Ekranlar armatür içinde veya dışında olabilir.

İçine yerleşik ekranlama

Aydınlatma armatürlerinde ışık kaynağı kamaşma yaratmamalıdır. Bunun için, yansıtıcı yüzey ve armatür gövdesi ekran oluşturacak şekilde tasarlanır.



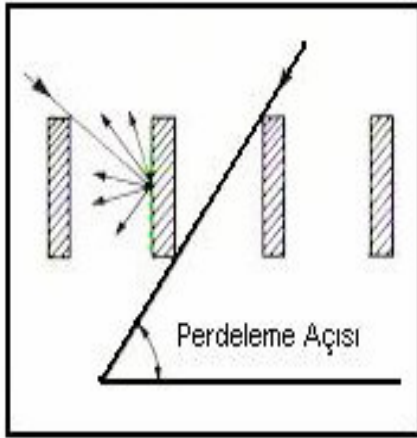
Şekil 2.24 : Tüp flüoresan lambalarda kullanılan siperler.

Bir lambanın gözden saklanma derecesi yatayla lambaların görüş alanından çıktığı yön arasındaki açı olan perdeleme açısı ile ifade edilir. Bazen kesme açısı değimi de kullanılır. Ekranlama yansıtıcı ile sağlanacaksa, yansıtıcının oldukça derin olması gerekir. Ancak bu problem uygun bir siper eklenerek kolayca halledilebilir.

Tüp flüoresan lambalar içeren aydınlatmalarda kullanılan siper (Şekil 2.24) lambalara paralel olarak aralarına yerleştirilen V biçiminde bir perdeleme elemanıdır. Lambalara yakın olduğundan, daha iyi perdeleme sağlanır ve gövdenin derinliği azalır. Bir başka iç siper tipi dar ışınlı projektörlerde kullanılır. Lamba üstüne yerleştirilen siper yansıtıcının bir tarafından diğerine uzanan alt tarafı ayna gibi cilalı olan küçük yatay bir levhadan ibarettir. İşlevi lambayı görüş alanından saklamak ve projektörün normal ışık dağılımını saçılan ışığı azaltacak şekilde değiştirmektir. Hafif asimetrik bir ışık dağılımı yaratır.

Lamba Panjurları

Aydınlatmanın ana gövdesine yerleşik ekranlar yetersiz olduğunda lamba panjurları olarak adlandırılan uygun bir ilave kullanılabilir. Lamba panjurları geniş bir kullanım alanına uygun olarak, çeşitli biçimlerde olabilir. Bazı türleri sadece lamba veya lambaları gözden ekranlamaya yarar ve aydınlatmanın ışık dağılımını değiştirmede çok etkili değildirler. Diğer yandan bazı lamba panjurları ekranlamayı sağlarken, aynı zamanda ışığa ihtiyaç olan yere fazla ışınım yönlendirilmesine de yardımcı olabilirler.



Şekil 2.25 : Lamba panjuru örneği.

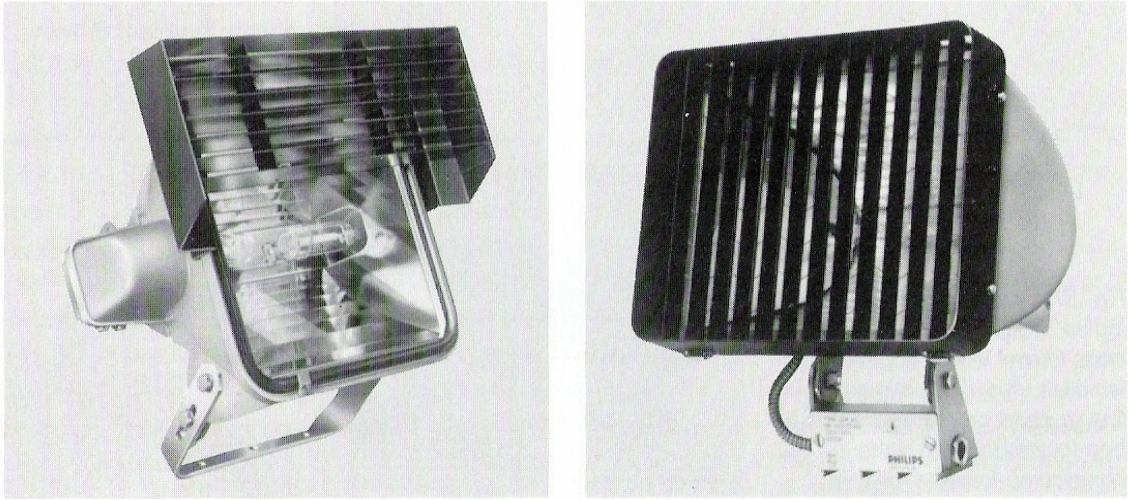
Genel aydınlatma sağlayan iç aydınlatmalarda kullanılması amaçlanan odaklanmayan panjurlar genelde beyaz plastikler gibi dağınık yansıtıcı malzemeden yapılır. Lambanın ekseninden geçen paralel dikey lamalar veya şeritlerden oluşur. Bunlar paralel lamalı panjur veya lamba panjurları olarak adlandırılır (Şekil 2.25).

Kamaşma sınırlama seviyesi, paneli oluşturan yüzeylerin uzaklıkları ve derinlikleri ile ilgilidir. Kamaşma sınırlandırma açısı 40° veya 45° olmalıdır. Paralel kamalı paneller ışık kaynağından lamba eksenine paralel doğrultuda ışınların çıkmasını engeller. Yuvarlak ağı panel, lambayı bütün yönlerde perdeler. Bu, tüm taraflı perdeleme daha büyük ışık kaybına neden olur.

Projektör için odaklanmamış paneller

Plastik yerine metalden yapılan odaklanmayan paneller, ışık kirliliği veya kamaşma olasılığı bulunduğunda, projektörlere de takılabilir. İki çeşit panel kullanılır; düz kamalı panel ve açan yüzük paneli (Şekil 2.26). Eski tip panellerde, kamalar dikey yada yatay veya her iki şekilde de yerleştirilebilir. Kamalar tek yönde olduğunda doğru açılardan o noktaya gelen ışınlardan lambayı korur.

Çapraz kamalarda ise geniş bir alan ile tüm açılardan koruma sağlanır. Açan yüzük paneli, projektörün tüm ön camını kaplayan yoğun panellerden oluşur, lambanın bütün yönlerden görünmesini önler ve koruma açısı sabittir. Paneller de kendisinin bir kamaşma kaynağı olmaması için, paneller boyanmaktadır.



Şekil 2.26 : Tipik düz kamalı paneller.

Ayna panelin odaklanması

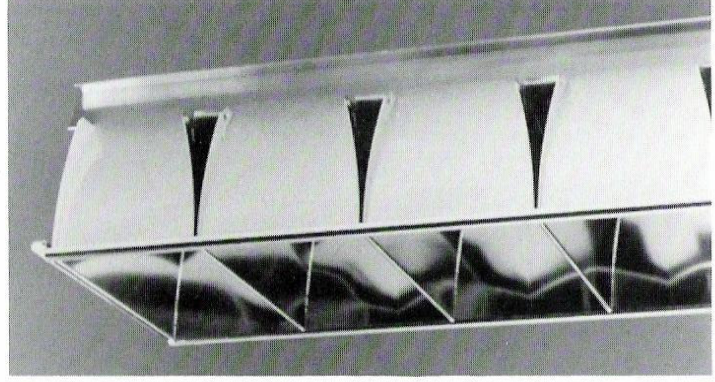
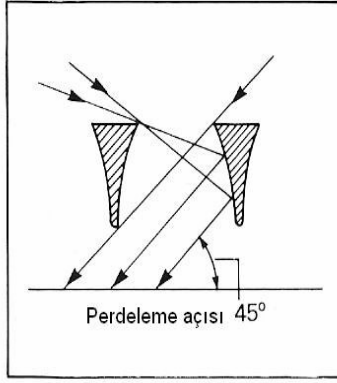
Çalışması daha karışık olan odaklanma veya aynasal panellerdir (Şekil 2.27). Bu paneller parabolik yada kama şeklindeki kesit alana sahip olan cilalanmış alüminyum veya plastik kaplanmış malzemeden yapılmıştır. Çoğunlukla genel iç aydınlatma kaynaklarında kullanılan aynasal paneller aslında üç katlı fonksiyon gerçekleştirir. Lambaların görünmesini engellemelerinin yanı sıra parabolik hücreleri ışıklandırılan yüzeye doğru ışığın tekrar yönlendirilmesine yardım eder. Böylece korunma açısının dışında görüldüğünde ışık kaynağının parlaklığını azaltır.

Barn-door

Şartlara göre iç engelleyiciler ve panel ek parçaları ekranlar ile sabitlenir. Barn-door ek parçaları tamamen ayarlanabilir (Şekil 2.28). Barn-door ek parçaları tiyatro yada film aydınlatmalarında, projektörler kadar etkili kullanım sağlarlar.

2.1.1.5 Renk Filtreleri

Bazı durumlarda, lambanın kendisinin oluşturduğu renk yeterlidir. Farklı renklere ihtiyaç duyulduğunda armatürlere renk filtreleri ilave edilir (Şekil 2.29).



Şekil 2.27 : Odaklanma yada aynasal panel.



Şekil 2.28 : Tipik barn-door ek parçaları dikkat çekici ışık yaratmak amacıyla kullanılır.

Emme filtreleri

Renk filtrelerinin büyük çoğunluğu saydam boyanmış plastik ve camdan yapılmıştır. Emici tipte olan bu filtrelerde istenmeyen dalga boyları emilir. Filtrelerce emilen ışığın büyük bir bölümü azalır. Belli renk filtreleri için bu azalmanın ne kadar olduğu aşağıda gösterilmiştir.

Mavi	%5	Kırmızı	%20
Yeşil	%15	Amber	%40

Şekil 2.29 : Parazit filtreleri renkli ışıkların arzu edildiği yerlerde kullanılır.

Parazit filtreleri

Emme filtrelerinin istenmeyen bir özelliği de emme radyasyonunu ısıya çevirmesidir. Bu da filtre malzemelerinin çok ısınmasına neden olur. Çoğu durumda bu büyük bir problem çıkarmaz. Çok güçlü lambalarla ve aşırı ısınma nedeniyle çıkabilecek hasar riskinin büyük olduğu yerlerde, çözüm parazit filtrelerle bulunabilir.

Çok tabakalı parazit filtreleri de kullanılır. Armatürün ürettiği ışıkları, daha önceden karar verilmiş bölgelere yansıtmak ve geçirmek için kullanılır. Görünmeyeni geçirmek görüneni yansıtmak prensibi ile üretilirler. Buna alternatif olarak belli dalgaları geçirmek ve tüm diğerlerini yansıtmak için de dizayn edilebilir. Bu geçen ışıkta renklenmeyle sonuçlanır. Bunlar da bir çeşit renk filtreleridir. İki tipte dikroik (çift renkli) filtre olarak adlandırılır.

Parazit filtrelerle geçirilemeyen dalgalar çok küçük bir emmeyle filtreye yansıtılır. Bu tipler emme filtrelerinden daha soğuktur. Ancak daha pahalıdırlar ve daha az güvenilirlerdir.

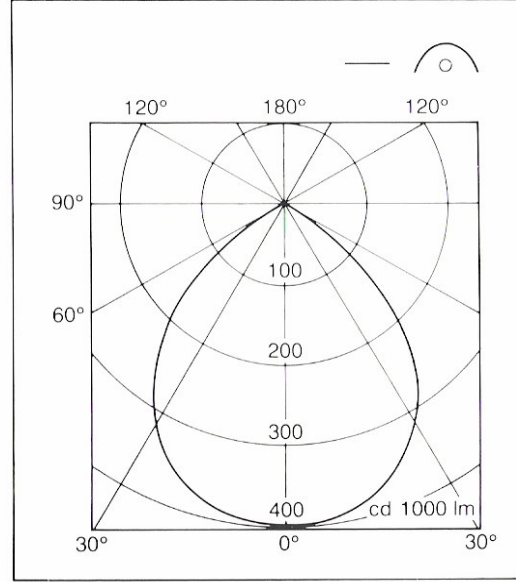
2.1.2 Işık Dağılımları

Işık dağılımları simetrik-asimetrik, direkt-endirekt, dağınık-odaklanmış olabilirler.

2.1.2.1 Simetrik ve Asimetrik

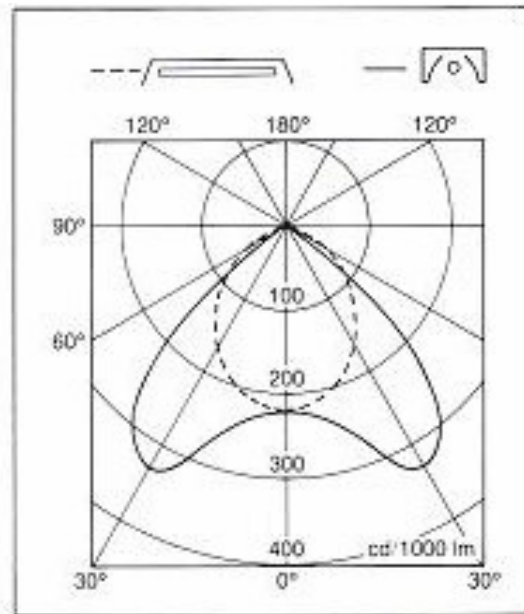
Işık dağılımlarının önemli bir genel sınıflandırması simetriyle ilgilenir. Temel olarak değerlendirilecek üç durum mevcuttur: rotasyonlu simetri, düzlem simetrisi ve asimetri.

Rotasyonlu simetri : Şekil 2.30'da gösterilen aydınlatma armatürü eksenı boyunca simetrik olan bir ışık dağılımına sahiptir. Ayrıca, armatür küre veya çanak şeklinde olduğunda, bu ışık dağılımı, armatürden geçen her eksen için aynı olur. Böyle bir dağılım rotasyonlu simetrik olarak adlandırılır.



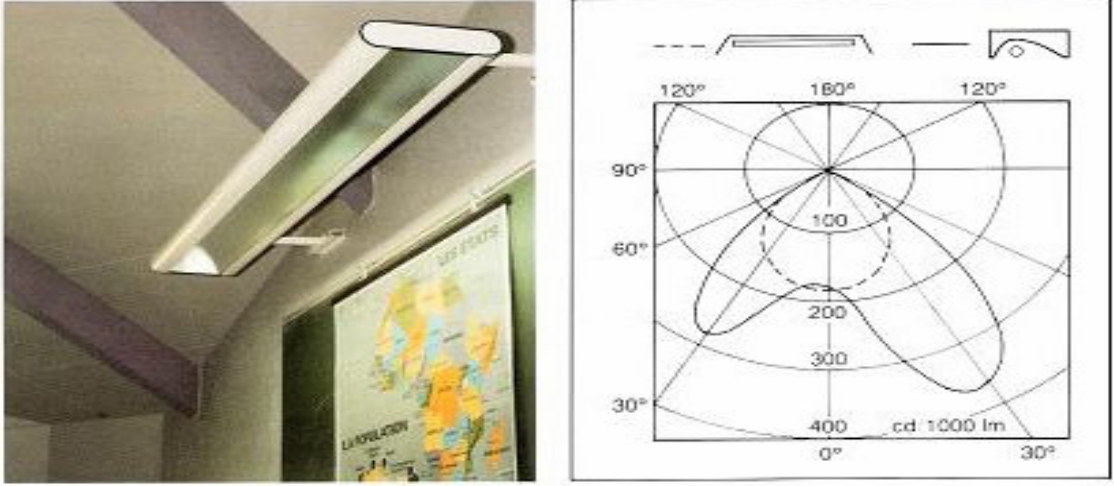
Şekil 2.30 : Küresel biçimindeki armatürlerin rotasyonlu simetrik ışık dağılımı.

Düzlem simetrisi : Şekil 2.31'de gösterilen tüp biçimindeki lambanın da simetrik bir ışık dağılımı vardır, fakat burada simetri sadece iki düşey düzlemle sınırlanmıştır. Bir düzlem lamba eksenine göre dik diğeri ise paraleldir. Rotasyonlu simetrinin bulunmadığı böyle bir ışık dağılımı düzlem simetrisi olarak adlandırılır.



Şekil 2.31 : Oluk armatür iki düzlemde sergilenir. Bu sebepten dolayı düzlem simetrisi olarak adlandırılır.

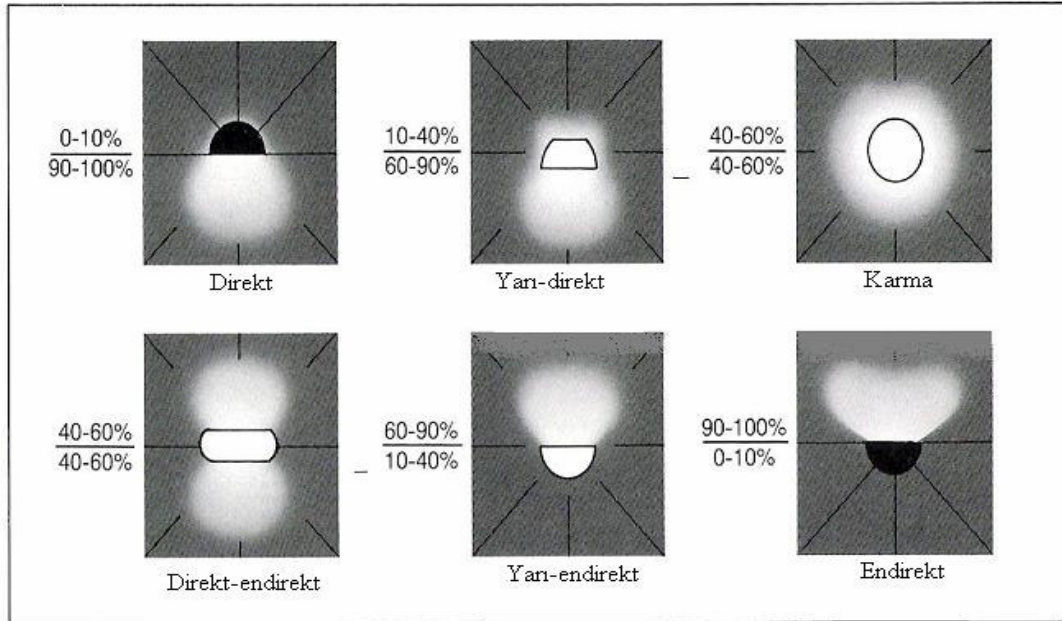
Asimetri : Üçüncü tip ışık dağılımı ya lamba eksenine dik açıda olan düzlemde veya ona paralel olan düzlemde asimetri bulunan ışık dağılımıdır. Asimetrinin olduğu yerde, bir düzlemde de olsa, asimetrik ışık dağılımı terimi kullanılır. Şekil 2.32’de bulunan duvar aydınlatma armatürünün asimetrik yansıtıcısı böyle bir dağılım sağlar.



Şekil 2.32 : Asimetrinin olduğu yerde, bir düzlemde de olsa, asimetrik ışık dağılımı terimi kullanılır. Şekilde duvar aydınlatmasının asimetrik yansıtıcısı böyle bir dağılım sağlar.

2.1.2.2 Direkt ve Endirekt

Genel aydınlatma amaçlı aydınlatma armatürleri lambadan geçen yatay düzlemin altına ve üstüne yayılan toplam ışık akısının yüzdesine göre sınıflandırılır (Şekil 2.33). Işık dağılım eğrileri aydınlatmanın tasarımına bağlı olarak birçok Şekil alabilirler.



Şekil 2.33 : Uluslararası önerilere göre (CIE) genel aydınlatma armatürleri altı çeşit ışık dağılımına sahip olabilir.

Direkt aydınlatma armatürü :

Toplam ışık akısının %90 ile %100'ü alt uzaya gider. Örneğin aşağıya doğru yönelmiş yarı küresel yansıtıcı. Tavanları yansıtmasız ve duvarları az yansıtıcı olan hacimlerde bu tip aydınlatma aygıtları kullanılır.

Yarı-direkt aydınlatma armatürü :

Toplam ışık akısının %60 ile %90'ı alt uzaya gider. Tavan ve duvarları az yansıtıcı hacimlerde kullanılır.

Karışık aydınlatma armatürü :

Toplam ışık akısının %40 ile %60'ı alt uzaya gider. Örneğin camlı küresel aydınlatma armatürü. Açık renkli hacimlerin aydınlatmasında kullanılır. Yatay ve düşey aydınlatma iyi, gölge orta ve kamaşmaya karşı koruma iyidir.

Yarı-endirekt aydınlatma armatürü :

Toplam ışık akısının %10 ile %40'ı alt uzaya gider. Örneğin yukarıya doğru yönelmiş yarı küresel opal camlı yansıtıcılar. Yansıtma faktörü normal olan hacimlerde kullanılır. Yatay ve düşey aydınlatma orta, düzgünlük iyi, gölge zayıf ve kamaşmaya karşı koruma iyidir.

Endirekt aydınlatma armatürü :

Toplam ışık akısının %0 ile %10'u alt uzaya gider. Yansıtma faktörü yüksek olan hacimlerde kullanılır. Aydınlatma etkisi yarı endirekt aydınlatma armatürünününe benzerdir.

2.1.2.3 Dağınık ve Odaklanmış

Yukarıda belirtilen simetri ve ışığın genel yönünün göz önünde bulundurulduğu sınıflandırmalara ilaveten, üçüncü ve nihai bir sınıflandırma dikkate alınmalıdır. Bu ışık dağılım eğrisinin genel şeklini içerir. Yaygın ışık dağılımı ile ilgili olarak sınıflandırma konusunda fazla bir şey söylemeğe gerek yoktur. Böyle dağılımları resmi bir sınıflandırma yolu aslında yoktur. Yaygın bir dağılım, doğası itibariyle, fiilen tanımlanamazdır, dolayısıyla bu dağılımları adlandıran terminoloji mevcut değildir. Sık kullanılan bir ışık dağılımı sınıflandırması %50 maksimum ışık şiddeti yayılma değerine dayalıdır. Dar, orta ve geniş ışınlar olarak ayırım yapılabilir:

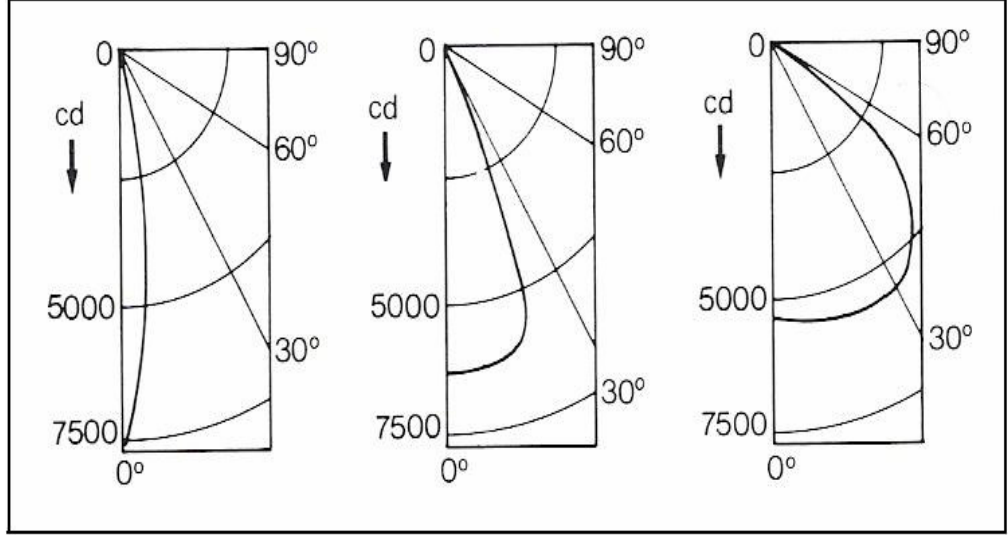
Işın dağılımı % 50 $I_{maksimum}$

Dar ışın $< 20^\circ$

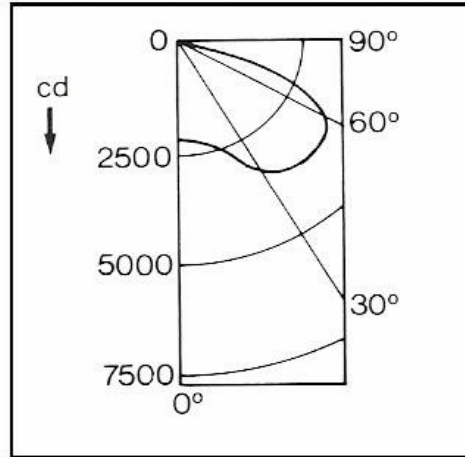
Orta ışın $20^\circ - 40^\circ$

Geniş Işın $> 40^\circ$

Bu dağılımlar Şekil 2.34’de ifade edilmiştir. Şekil 2.34’deki geniş ışın ışık dağılımı ile 0° ile 20° arasındaki dağılım eğrisinin şekli göreceli olarak düzdür. Şekil 2.35’de gösterilen alt yarı uzaydaki ışık dağılımında uygun tasarımlarla, geniş dağılımlar oluşturulmuştur.



Şekil 2.34 : Dar, orta ve geniş-ışın ışık dağılımını gösteren kutup diyagramları.



Şekil 2.35 : Yarasa kanadı ışık dağılımı bazı yol aydınlatması armatürlerinde kullanılır.

2.2 Diğer Özellikler

Aydınlatma armatürlerinin başarılı Şekilde kullanımı, yerine getirdikleri aydınlatma görevini ve içinde işlev gördükleri ortamı anlamaktan geçer. Işık yayma görevi açısından uygun bir aydınlatma armatürü uygun fotometrik özelliklere sahip ve çevre ile uyumlu olmalıdır. Bir aydınlatmanın elektriksel, ısı, mekanik, akustik ve bakım özellikleri performansı da iyi olmalıdır.

2.2.1 Elektriksel Özellikler

Her aydınlatma armatürü, aydınlatma sisteminin bir parçası olarak görülebileceği gibi elektrik iç tesisat sisteminin de bir parçasıdır. Panolar ve besleme hatları yıldıırımın elektrik yükünü kaldıracak Şekilde dizayn edilmiş olmalıdırlar. Tasarımcıların elektrik sistemleri dizaynının temel kavramlarını, esneklik ve maliyeti optimize edebilmek için bilmeleri gerekmektedir. Bu gereklerin karşılanmasını sağlamak için, elektrik sistemi her zaman profesyonel bir mühendis tarafından projelendirilmelidir. Koordine aydınlatma ve elektrik sisteminin tasarımında ilk adım sistemin gerilim kademesini belirlemektir.

En sık rastlanan elektrik özellikleri 120/240V, tek faz, konutlarda üç kablo; daha eski ve ticari binalar için 120V/208V, üç faz, dört kablo; ve daha yeni ve büyük ticari binalar için 277/480V, üç faz, dört kablodur. Kanada'da konutlar için gerilim kademeleri 120/240 V, tek faz üç kablodur, ticari binalar için 347/600 V, üç faz ,dört kablodur, ve bazı bölgelerde ve alanlarda endüstriyel binalar için üç faz, dört kablo 277/480 V'tur. Meksika'da, elektrik karakteristikleri konut ve ticari binalar için üç faz, dört kablo 127/220 V ve endüstriyel yapılar için 220/440V, üç faz dört kablodur. Konut ve ticari uygulamalarda dallanma-devre kablolarlarında Meksika'da 127 V, tek faz uygulanmaktadır. Türkiye'deki sistem ise konutlarda 220 V tek faz, sanayide ise 380 V üç fazdır. 277/480V'luk şebekelerde, tungsten halojen lambalar kullanmak için indirgeyici transformatörler kullanılması gereklidir. Panoların ve transformatörlerin yeri muhtemelen binanın mimarisi tarafından belirlenir. Örnek vermek için, yüksek bir ofis binasının muhtemelen her hattında 277/480 V dikey dağılımlı ve 120/208 V için indirgeyici transformatörlü bir elektrik odası vardır.

Enerjinin etkin kullanımı amaçlı kontroller, aydınlatma armatür tasarımının ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Muhtelif kontrol teknikleri tasarımcıların kullanımına sunulmuştur. Bu aydınlatma kontrolleri üç veya dört lambalı flüoresan aydınlatmaların iki veya üç kademe anahtarlamalarını ve gün ışığı ve hareket meşguliyet sensörlerinin fotoelektrik kontrollerini içermektedir. Yüksek frekanslı elektronik balastlar flüoresan lambalı aydınlatmalar için hem içeride hem dışarıda HID kaynakları için ise 208 veya 490 V tavsiye edilir. 480-V aydınlatma donanımı kullanımında yasal kısıtlamalar vardır.

Toplam donanım değişmezken, çalıştırma akımı artmaktadır. Yüksek frekanslı elektronik balastlar ile acil durum gücü için kare dalga redresörlerin kullanılmasında tedbirli olmak gerekmektedir. Balastta kullanılan güç faktör düzeltici kondansatör kare dalga redresörlerine kısa devre gibi görünebilir ve devre kesici sorunlar yaratabilir. Elektronik balastların elektrik sisteminin nötr iletkenlerine hasar verebilecek içsel bir harmonik çarpıtmaları vardır. Bazı durumlarda, nötr iletkenin boyutunu arttırmak gerekebilir.

2.2.2 Isıl Özellikler

İnşaat sistemleri arasındaki etkileşimler olduğu kadar binanın dış koşullara tepkisi ve kullanıcıların faaliyetleri binanın her bileşeninin performansını etkiler. Bu bağlamda, aydınlatma sistemi performansı binanın ısı ortamı ile ilgilidir. Bir aydınlatma sisteminin performansı ile ilgili başlıca ısı kaygı aydınlatma sisteminin ışık akısının ve etkinliğinin lamba ısısına bağımlılığı ve bunun için tüketilen enerji nedeniyle soğutma yüküdür. Isıl ortamın ışık çıktısı ve etkinliğine etkileri birincil olarak aydınlatma tasarımcısının alanına girer, soğutma yükü daha ziyade mekanik sistemler tasarımcısının ilgi alanındadır. Binadan şeffaf yüzeyler vasıtasıyla doğrudan dışarıya ışıyan herhangi bir ışık hariç olmak üzere, aydınlatma sistemine sağlanan elektrik gücünün tamamı bina alanına ısı olarak yayılmaktadır. Aydınlatma sisteminden kazanılan ısı bina koşullarına bağlı olarak ya soğutma yükünü artırır veya ısıtma gereklerini karşılamaya yardımcı olur. Büyük ticari binaların çoğunun, bilgisayarlar ve diğer elektrikli donanım gibi, büyük iç ısı kaynakları vardır ve yıl boyunca soğutma gerektirirler. Klima sistemi olmayan binalarda aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı içerdeki alanları aşırı ısıtabilir. Aydınlatma bina elektrik enerjisi kullanımının % 20 ila 50'sine tekabül edebilir. Aydınlatma tarafından empoze edilen soğutma yüklerini karşılamak için gerekli klima elektrik enerjisi % 10 ila % 20 ilave gerektirebilir. Başka önemli bir faktör aydınlatma yükünün en fazla olduğu zaman aralığının, binanın soğutma yükü ve elektrik talebinin tepe noktasına ve en yüksek elektrik enerjisi birim maliyetine denk gelmesidir. Böylelikle aydınlatma sistemi etkinliğinde herhangi bir iyileştirme, aydınlatma enerjisi, soğutma enerjisi ve enerji maliyetlerinde önemli tasarruf sağlar ve soğutucu donanım kapasitesi gereksinimlerini düşürür.

Aydınlatma Enerjisi Dağılım Kısımları :

Genel olarak bir aydınlatma armatürüne elektrik enerjisi girdisi aşağıdaki mekanizmalar vasıtasıyla dağıtılırlar:

- Alt yarı uzayda görünür ışık
- Üst yarı uzayda görünür ışık
- Alt yarı uzayda enfraruj ışıma
- Üst yarı uzayda enfraruj ışıma
- Alt yarı uzayda konveksiyon
- Üst yarı uzayda konveksiyon
- Dönen hava konveksiyonu
- İletim

Bu bileşenlerin her birinin büyüklüğü lamba ve aydınlatma tipine, ve inşaat mekanına özellikle asma tavanın varlığı veya yokluğuna bağlıdır. Bazı yapılarda bazı girdiler sıfır olabilir. Tablo 2.3'deki tablo farklı aydınlatmalar HVAC (iklimlendirme)ve oda tiplerine göre ışık enerjisi için dağılım girdilerinin tipik değerlerini listeler. Bu tabloda, bütün görünür ışık çıktısı, hem yukarı hem aşağıya doğru birlikte kümelenirler, aydınlatmanın fotometrik dağılımına bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir. Belirli bir aydınlatmada toplam enerji dağılımını değerlendirmek için birçok test metodu kullanılmıştır.

Aydınlatmaların ısı performansını belirlemek için izlenecek yöntemleri içeren rehber kitaplar IESNA, Air Diffusion Council (ADC) (Hava Dağılımı Konseyi), ve National Electrical Manufacturers Association (NEMA) (Ulusal Elektrik İmalatçıları Birliği) tarafından yayımlanmıştır. IESNA plenum ısı ve ışık çıktısında hava dönüşü etkisini değerlendiren bir onaylı test metodunu yayımlar. Test aynı zamanda ısı dağılımı ve güç girdisinin aydınlatma üzerinden dönüş hava akımına bağlı oluş biçimi hakkında veri sağlar.

Tablo 2.3 : Aydınlatma enerji dağılım yüzdesi (%) [12]

Doluluk	yok	yok	Statik	Menfez	Menfez	Statik
Hava dönüşü	Tavan ızgarası	Tavan ızgarası	Kanal	Tavan ızgarası	Kablo kanalı	Menfez kanalı
Optik / oda	18	18	18	18	18	18
IR / oda	32	72	30	25	15	5
IR / basınçlı hava	0	0	4	9	5	5
Konveksiyon/oda	40	10	42	39	0	0
Konveksiyon/doluluk	0	0	3	6	59	5
Konveksiyon/dönüş	0	0	0	0	0	54
Taşıma	10	0	3	3	3	3

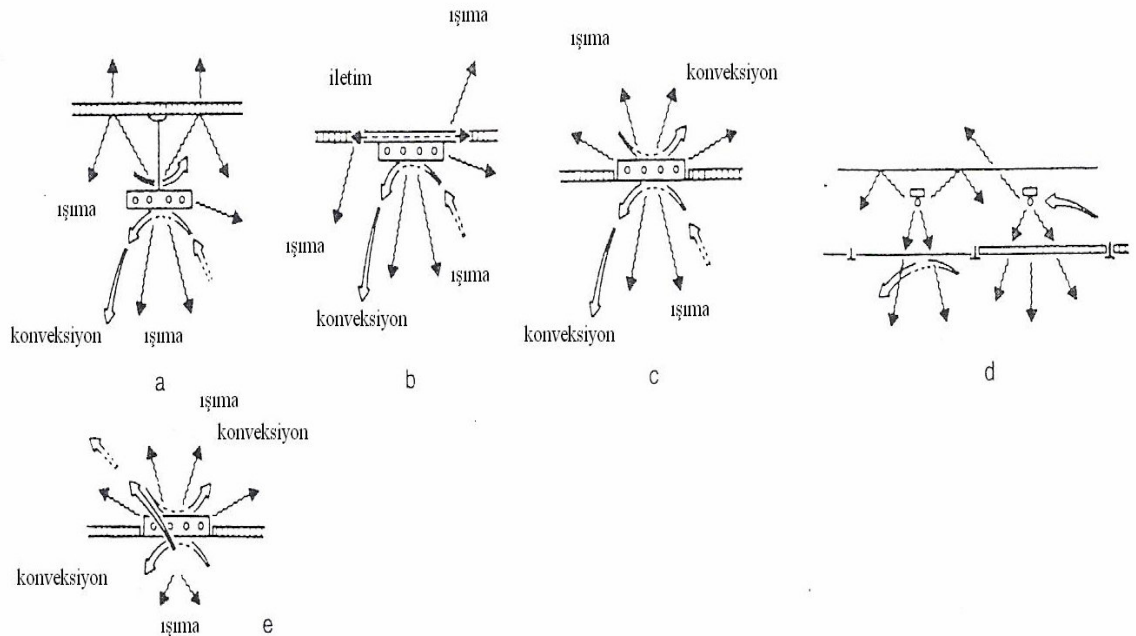
Aydınlatma Sistemi Tasarımının bir Fonksiyonu Olarak Lamba Isısı : Flüoresan lambalar ticari ve endüstriyel mekanlarda yaygın şekilde kullanılırlar ve performansları lamba duvar ısılarına büyük ölçüde bağlıdır. Besleme ve dönüş hava kanalları ile ilgili olan donanım tipi ve bulunduğu yer, lamba ısını ve dolayısıyla performansını etkiler. Lamba ısı performansını karakterize etmenin uygun bir yolu her aydınlatma için ortam ısısı üzerindeki lamba ısılarına bakılmasıdır. Bu lamba ısının herhangi ortam ısısı için lamba ısı artışının hava ısına eklenerek belirlenmesine imkan verir. Örneğin, akrilik lensli havalandırılmamış dört-lambalı donanımın, aynı donanımın havalandırılmalı olanına oranla daha yüksek lamba ısısı vardır. Her donanım tipi ve hava akımı yapılanması için, muhtemel lamba ısıları oldukça dar, yaklaşık 3 ila 6 °C, bir açıyla yayılır. Lamba ısısında bazı dalgalanmalar hava akımı hızını değiştirerek elde edilebilir. Flüoresan lambaların çoğu en az 40°C civarında çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Akrilik lensli bir donanım, benzer açık hücre parabolik donanıma oranla 6 ila 8°C daha sıcak çalışır. Lamba hava dönüşü lamba ısını yaklaşık 4 ila 6 °C azaltır. İki lambalı bir donanım benzer dört lambalı donanıma göre yaklaşık 4 ila 7 °C daha soğuk çalışır.

Tablo 2.4’de farklı aydınlatma yapılanmaları için lamba ısılarının ortam ısısı üzerine etkilerini gösterir. Bu değerler tam-ölçek deneyler ile belirlenmiştir. Aydınlatma montajı ısı enerji dağılımında önemli rol oynar. ASHRAE Fundamentals Handbook (ASHRAE Temel Kavramlar El Kitabı) muhtelif aydınlatmalar ve havalandırma düzenlemelerinden kaynaklanan mesafe yükünün hesaplanışını kapsar. Şekil 2.36 çeşitli tipte tavandan-aydınlatma armatürüne ısı transferlerini gösterir. Toplam enerji dağılımı ısı aktarımının her üç ögesini içerir: ısıma, iletim ve konveksiyon. Örnek bir flüoresan lambalı aydınlatmayı göstermektedir. Şekil 2.36a’ da bulunan askılı aydınlatma armatürü her yönde ısı yayımı ve ısıma yapacaktır. Şekil 2.36b’ de

bulunan yüzeye monte edilmiş yarıdirekt armatürün üst yüzeyleri tavana enerjiyi iletim ile aktarır. Birçok tavan malzemeleri aynı zamanda iyi birer ısıl izole edici olduklarından, aydınlatma armatür iç ısılarının yüksek olduğu kabul edilir. Şekil 2.36c’de gömme aydınlatma armatürü ısının bir bölümünü asma tavan üzerine dağıtır. Birçok gömme aydınlatma armatürü için ısı yayılımı yaklaşık olarak %50 tavan üstü ve % 50 tavan altıdır. Isı-aktarımlı gömme aydınlatma armatürü Şekil 2.36e’de gösterilmiştir.

Tablo 2.4 : Farklı aydınlatma yapılanmaları için lamba duvar ısılarının ortam ısısı üzerine yükseliş etkileri [12].

Lamba sayısı	Lamba gücü	Armatür tipi	Hava dönüşü	Isıl yüksekliği ($^{\circ}\text{C}$)
4	36 W	Akrilik	Tavan ızgarası	26-28
4	36 W	Akrilik	Kablo kanalı	22-25
4	40 W	Parabolik	Tavan ızgarası	20-22
4	40 W	Parabolik	Kablo kanalı	14-17
2	40 W	Akrilik	Tavan ızgarası	21-24
2	40 W	Akrilik	Kablo kanalı	15-19
2	40 W	Parabolik	Tavan ızgarası	10-16
2	40 W	Parabolik	Kablo kanalı	10-12
2	18 W	Akrilik	Tavan ızgarası	15-18
2	20 W	Akrilik	Kablo kanalı	10-14



Şekil 2.36 : Tavandan aydınlatma armatürüne ısı transferi etkisini gösterir. Flüoresan aydınlatma armatürünün direkt-endirekt toplam enerji dağılımı sınıflandırmasını gösterir.

Burada, boşluğa ısı yayan bileşenler önemli ölçüde azaltılmış, ancak yukarı doğru olan enerji artmıştır. Belli koşullar altında boşluk yükünün sadece ışık enerjisinden oluşması mümkündür. Ancak, toplam sistemin değerlendirilmesi gerekir, çünkü ısıнын çekilmesi bunların ısılarını artırabilir bu da iletken ısı aktarımının tavandan ve zeminden alt ve üst boşluğa aktarılmasına, dolayısıyla ısıl yükün boşluğa geri yüklenmesine sebep olabilir.

Boşluk yükü hesaplamasında, soğutma yükü faktörünün seçiminde dikkat edilmelidir. Kurulumla bağlı olarak, görev ve ortam ısı yüklerini ayrı olarak hesaplamak gerekli olabilir. Her iki sistemi de boşluk içinde bulundurmak mümkündür. Ortam aydınlatması için yüzeye monte edilmiş veya asılı aydınlatmalar kullanıldığında durum böyledir. İş aydınlatması eşyayla bütünleşmiş olduğundan veya asılı veya yüzeye monte edilmiş aydınlatmalar birlikte kullanıldığından, tüm girdi gücü anlık bir boşluk yüküdür.

2.3 Malzeme Özellikleri

Aydınlatma armatürlerinde en yaygın şekilde kullanılan malzemeler cam , plastikler metaller, bitiş yüzeyi ve kaplamalardır. Bu malzemelerden her biri kısaca aşağıda açıklanmıştır. Kesin uygulamalar için malzeme imalatçısının verilerine her zaman başvurulmalıdır.

2.3.1 Cam

Cam :

Cam kristalleşmeden katı duruma gelmiş organik olmayan bir üründür. Kimyasal olarak camlar, silikon, boron, alüminyum, kurşun, sodyum, magnezyum, kalsiyum ve potasyum gibi oksitlerin karışımıdır.

Camların kimyasal ve fiziksel özellikleri, renk, refraktif endeks, ısı genişleme, sertlik, paslanma direnci, dielektrik güç ve elastiklik, değişen kompozisyon, ısı işlemine tabi tutma ve yüzey cilası ile elde edilir. Camlar karakteristik özellikleri bakımından çeşitli gruplara ayrılabilir.

Soda-kireç :

Soda-kireç camlar pencerelerde, akkor telli lambalarda, mercek örtülerinde ve kapak camlarında (temperlenmiş) kullanılır. Soda-kireç camlar ısıtıldıkları zaman kolay şekilde biçimlenirler ve genelde yüksek ısı, direnç veya kimyasal kararlılık gerektirmeyen durumlarda kullanılırlar.

Kurşun-alkali :

Kurşun-alkali camlar (veya kurşun camlar) flüoresan ve diğer deşarj lambalarında, neon tüpü ve optik malzemeler için kullanılırlar. Bunlar yararlıdır çünkü oluşturmaları kolaydır ve yüksek elektrik dayanıklılıkları ve yüksek refraktif endeksleri vardır. Şekillendikleri zaman yüksek ısıya veya ani ısı değişikliklerine dayanamazlar. Ayrıca UV ışınlar bu tip camlar tarafından emilir.

Borosilikat :

Borosilikat camlar dağıtıcılar, yansıtıcılar ve kapalı ışın lamba parçalarında kullanılırlar. Çünkü yüksek kimyasal kararlılık, yüksek ısı direnci, ve mükemmel elektrik dayanıklılığı gösterirler. Soda kireç veya kurşun-alkali camların kullanıldığından daha yüksek ısılarda (yaklaşık 230 °C) kullanılabilirler, fakat imalatları zordur. UV ışınlar bu camlar tarafından aktarılır.

Alüminosilikat :

Alüminosilikat camlar yüksek ısı direnç gereken yerlerde kullanılırlar. İyi kimyasal kararlılığa, yüksek elektrik dirençlilik ve yüksek ısılarda kullanıma olanak veren özelliğe sahiptirler (yaklaşık 400° C) .

%96 Silika :

%96 silika camlar yüksek çalışma ısısı gerektiğinde kullanılırlar. 800 ° C de düzenli olarak kullanılabilirler. Aynı zamanda son derecede yüksek kimyasal kararlılıkları, UV ve IR ışınmayı iyi aktarımları ve kuvvetli ısı dirençleri ile yararlıdırlar. Bunlar soda kireç ve borosilikat'tan daha pahalıdır ve imal edilmeleri daha zordur. Düşük ısı genişleme katsayısı nedeniyle, bu camlar temperlenmezler.

Camsı Silika :

Camsı silika esas itibariyle SiO₂ den oluşmuş bir camdır. Yüksek ısıda çalışma ve mükemmel kimyasal kararlılık gereken lambalar ve ark tüpleri için kullanılırlar. Isıl ısıya dirençleri de yüksektir. UV'yi yüksek aktarım ve mükemmel elektrik özellikleri vardır. Ancak, düşük ısı genişleme katsayısı nedeniyle temperlenmezler. İmalat metoduna göre, bu cam fitilli silika, sentetik fitilli silika veya fitilli kuartz olarak bilinir.

İşlevler : Aydınlatmada cam işlevleri aşağıdaki genel kategorilere ayrılabilirler:

- (1) ışık ve diğer ışıma enerjisi kontrolü,
- (2) ışık kaynağının korunması,
- (3) güvenlik,
- (4) dekorasyon,

Camların tipik özellikleri Tablo 2.5'de gösterilmiştir.

Tablo 2.5 : Aydınlatma armatürlerinde kullanılan camların özellikleri [12]

Cam Tipi	Renk (a)	Isıl Büyüme Katsayısı °C (b)(x10-7)	Çalışma Isısı°C (°F)Sadece Mekanik				Isıl Şok Direnci 15cmx15cmx0.64cm kalınlığında zırhla kaplı	Aşınma Direnci (g)	Yoğunluk	Young Modül		Poisson Oranı	Kırılma Oranı (583.3 nm)
			Sertleştirilmiş		T a v l a n m ı ş					(10 ⁶ kg/cm ²)	(10 ⁶ lb/in ²)		
			Normal servis (c,e)	Son Limit (d,e)	Normal servis (c,)e	Son Limit (d,e)							
Soda-Kireç	Şeffaf	85-97	110(230)	430-460 (806-860)	200-240 (392-464)	250(482)	50	1.0-1.2	2.47-2.49	0.7-0.71	10-10.2	0.24	1.512-1.514
Kurşun-Alkali	Şeffaf	85-91	110(230)	370-400 (698-752)	220(428)	240(464)	45	0.56	2.85-3.05	0.61-0.62	8.7-8.9	0.22	1.534-1.56
Borosilikat	Şeffaf	32-46		460-490 (860-914)	250-260 (482-500)	250-290 (482-554)	100-150	3.1-3.2	2.13-2.43	0.65-0.66	9.3-9.5	0.20	1.474-1.488
Alüminesilikat	Şeffaf	34-52	200(392)	650(1202)	400(752)	450(842)	100-150	2.0	2.43-2.64	0.87-0.89	12.5- 12.7	0.25	1.524-1.547
96% silika	Şeffaf	8	800-900 (1472-1652)	1090-1200 (1994-2192)			1000	3.5- 3.53	2.18	0.67	9.6	0.18	1.458
Camsı silika	Şeffaf	5,50	1000(1832)	1200(2192)			1000	3.6	2.2	0.73	10.4	0.16	1.458

a - Bütün camlar cam içinde kimyasal bileşimini veya fiziksel özelliklerini önemli ölçüde değiştirmeden askıda olan veya eriyen metalik oksitlerin ilavesi ile renklendirilebilir

b - 0° ile 300 °C arasında in/in/ °C , veya cm/cm/ °C

c - Normal çalışma : aşırı ısıl darbeden dolayı kırılma olmadığı varsayılır.

e - Uç limitler: malzemenin içinde bulunduğu atmosfere bağlıdır. Cam ısıl darbeye çok hassas olacaktır; nihai tasarımları benimsemeden testler yapılmalıdır.

e - Bu veriler yaklaşık değerlerdir.

f - Fırında ısıttıktan sonra örneği soğuk suya daldırmaya dayalı. 100 °C direnç 110 °Cye kadar ısıtıldıktan sonra kırılma olmayacağı anlamına gelir nihai tasarımları benimsemeden testler yapılmalıdır

g - Kumlamaya oranla direnci gösterir.

2.3.2 Plastikler

Plastikler, yüksek-moleküler-ağırlıklı ısı ve basınç uygulamasıyla değişen organik bileşenlerdir. Plastikler geniş şekilde termoplastik veya termosetling olarak sınıflandırılabilirler. Termoplastikler bir kere üretildikten sonra, normal koşullarda biçimlendirilebilirler. Çünkü bu işlemler sırasında kimyasal değişiklik meydana gelmez. Termosetling reçineleri bir kez ısıtılıp oluşturulduktan sonra yumuşatılamaz ve yeniden biçimlendirilemez, çünkü kimyasal yapıları değiştirilmiştir. Önemli termoplastikler akrilonitril bütadien stirendirler (ABS), akrilikler, selülozikler, asetaller, flüorokarbonlar, naylonlar, polietilenler ve vinillerdir. Termosetling grubunda önemli reçineler epoksiler, melaminler, fenolikler, polyesterler, üreler ve silikonlardır.

Termoplastik veya termosetling olsunlar, birçok reçineler, yapısal veya düşük radyasyonlu genişlemiş köpüklere işlenebilirler. Birçok köpüğün önemli özellikleri arasında stresten arınmış parçalar, gelişmiş izolasyon özellikleri ve daha hafif ağırlık, ve bazen malzemenin köpüksüz şeklinden daha büyük güç ve dayanıklılık vardır. Reçineler ve aydınlatmalarda kullanılan plastiklerin özellikleri Tablo 2.6 ve Tablo 2.7’de sırasıyla gösterilmiştir.

Plastiklere dolgu malzemeleri ve güçlendirici elemanlar, arttırılmış ısı direnci, güç, dayanıklılık, elektrik özellikler ve kimyasal direnç elde etmek için ilave edilir. Ayrıca bu ilaveler şekillendirilebilirlik özelliğine sahip olmasını da sağlarlar. Üretimde kullanılan bazı dolgu malzemeleri, alüminyum tozu, asbest, kalsiyum karbonat, çamur, pamuklu elyaf, lifli cam grafit, naylon, pudralanmış metaller ve ahşap tozudur. Günümüzün plastiklerinin üretildikleri temel bileşenler hava, su, doğal gaz, petrol, kömür ve tuz, biokütle ve ahşap elyafı gibi kaynaklardan elde edilirler. Gereken kimyasallar geniş kapalı kaplarda kontrollü ısı ve basınç altında katalizörlerin yardımıyla reaksiyona tabi tutulurlar. Sonuçta ortaya çıkan katı ürün daha sonra parçacık boyutu azaltılması; dolgu malzemelerinin ilavesi, yumuşatıcılar ve değiştiriciler, granüller topraklar ve tabaka şekline döndürmek gibi daha ileri işlemlere tabi tutulurlar.

Tablo 2.6 : Aydınlatma armatürlerinde kullanılan reçineler [12].

Reçineler	Kullanım Alanı
-----------	----------------

Termoplastikler

Akrilikler	Panjurlar, Şekillenmiş ışık dağıtıcılar, prizma mercekler dağıtıcılar, film
Selülozikler	İşaret yüzeyler, vakumla Şekillendirilmiş dağıtıcılar, gloplar, ışık gölgelikleri, ışık destekleri
Esnek viniller	Contalar, kablo kaplamaları
Naylonlar	Elektro mekanik aksam, kablo izolasyonu, bobin Şekilleri
Polikarbonatlar	İzolasyon maddeleri, gloplar, dağıtıcılar, darbe korumalı sokak aydınlatma glopları
Polietilenler	(Yüksek yoğunluk) – kablo kaplamaları, muhafazalar
Polietilenler	(Düşük yoğunluk) – Şekillenmiş ışık dağıtıcılar, üfleme ile Şekillenmiş globlar
Polistirenler	Akrilik ile aynı
Katı viniller	Şekillenmiş aydınlatma dağıtıcıları, ışıklı tavanlar için oluklanmış levhalar

Termosettingler

Malaminler	Anahtarlar, izolasyon maddeleri
Fenolikler	Kablo bağlayıcılar, anahtarlar, soketler, gölgelikler
Polyesterler	(Cam güçlendirme) – gölgelikler, reflektör muhafazaları, dağıtıcılar
Üreler	Panjurlar, lamba tutucular, gölgelikler
Dolgu güçlendirilmiş plastikler	İzolasyon maddeleri, reflektörler, muhafazalar, globlar, ışık gölgelikleri, anahtar buatları

Tablo 2.7 : Aydınlatma armatürlerinde kullanılan plastiklerin özellikleri [12].

Malzeme	GENEL ŞEKİL									GENEL VERİ														İKİNCİL METOD										
	Dökümler	Baskı kalıpları	Ekstrüzyonlar	Fiber	Film	Köpük	Enjeksiyon kalıpları	Rotasyonel Kalıpları,	Levha	Kuvvetlendirilmiş plastik Kalıplar	Endüstriyel Laminatlar	Kimyasal direnç	Renklendirilebilirlik	Yanabilirlik sınıflandırması	Esneklik	Yüksek dielektrik	Düşük nem emilimi	Saydamlık	Güç ve Sertlik	Kavilik	Ültraviyole etkisi	Isı derecesine direnç devamlı	Darbeye direnç	Metalleştirilebilir	Kaplama	Dikroik Kaplama	Sert Kaplama	Boya	Sıcak preste baskı (folyolar)	İstampa baskı	Sonik kaynak	Sonirapıetme		
	I	S	I		I	L	E			Y	U	M	U	Ş	A	Y	A	N			P	L	A	S	T	I	K	L	E	R				
ABS			X				X		X					HB-VO		X			X	X	NP	60-110		X	X			X	X	X	X	X	X	
Asetaller			X				X							HB		X			X	X	C	80			X					X	X	X	X	
Akrilikler	X		X	X			X		X					HB				X	X		N	60-90		X			X	X	X	X	X	X	X	
Akrilikler (Yüksek ısı)							X											X	X	X	SL	95-110		X			X	X	X					
Akrilik-Stiren																																		
Kopolimerler			X				X		X					HB		X	X	X		X	NP-SL	80-95		X				X	X	X	X	X	X	
Selüloz asetatlar			X	X	X		X		X					HB-VO		X		X	X	X	SL	65-105		X				X	X	X	X	X	X	
Selüloz asetat																																		
Bütiratlar			X		X		X		X					HB		X		X	X	X	N	60-105		X				X	X	X	X	X	X	
TFE- Flüorokarbonlar			X		X				X					VO		X	X				N	260												
Naylonlar			X	X	X		X		X					HB-VO		X			X	X	CO	80-150		X				X	X	X	X	X	X	
Polikarbonlar			X	X	X	X	X	X	X					HB-VO			X		X	X	SL	120		X			X	X	X	X	X	X	X	
Polyesterler	X	X	X	X	X	X	X			X												120-160		X				X	X	X	X	X	X	
Polyeterimidler			X	X	X	X	X		X													180-200		X	X	X		X	X	X	X	X	X	
Polietilenler			X	X	X	X	X		X					HB-VO	X	X	X		X	X	NP	80-120										X	X	
Polietilenoksit				X			X	X														80-110		X				X	X	X	X	X	X	
Polipropilenler			X	X	X		X		X					HB-VO		X	X		X	X	NP	120-160		X	X				X	X	X	X	X	
Polistirenler	X		X	X	X		X		X					HB-VO		X		X	X	X	NP	75-95		X				X	X	X	X	X	X	
Polifenilen sülfiter				X			X															200-250		X								X	X	
Polisülfonlar			X	X		X	X							V1-VO		X			X	X		150-175		X		X		X	X	X	X	X	X	
Stiren Akrlonitril																																		
Kopolimerler			X	X			X		X					HB-VO		X		X	X		NP	80-95		X				X	X	X	X	X	X	
Viniller	X		X	X	X	X	X		X					HB-VO	X	X	X		X	X	SL	65-95		X					X	X	X	X	X	
	I	S	I		I	L	E			S	E	R	T	L	E	Ş	E	N			P	L	A	S	T	I	K	L	E	R				
Epoksiler	X					X				X	X	X	X	HB-VO		X	X		X		SL	120-290						X			X			
Melaminler		X								X	X	X	X	VO		X	X		X	X	SL	100						X			X			
Fenolikler	X	X				X				X	X	X	X	HB-VO		X			X	X	D	120						X			X			
Poliesterler	X			X	X					X	X	X	X	HB-VO		X		X		X	SL	150-210						X			X			
Poliesterler (kalıplama)		X								X	X			HB-VO		X	X				SL	150-175						X	X	X				
Silikonlar	X	X				X				X	X			HB-VO		X	X				SL-N	315									X		X	
Üreler		X									X	X		V1-VO							G	75						X	X	X				

NP : korumaya ihtiyaç duyar C : tebeşir N : yok SL : zayıf CO : renkli D : Kararmış G : gri

2.3.3. Metaller

2.3.3.1 Çelik

Aydınlatma armatürü imalatında, çelik yapısal kapasiteye hizmet eder. Değişik şekillerde birçok çelik levha tipleri mevcuttur. Aydınlatma donanımında kullanılan çelik levha olmak üzer üç temel tiptendir: sıcak çekilmiş çelik, soğuk çekilmiş çelik ve porselen emaye levhalar. Sıcak çekilmiş çelik, yüksek ısılarda çekilme nedeniyle oksit bir kaplama taşımaktadır (hadde tortusu). Düzgün bir görüntü elde etmek için kullanılır. Tortu asit banyosunda çıkartılabilir fakat bu durumda yüzey sert olacaktır. Soğuk çekilmiş çelikler kaygan görüntüsü nedeniyle kullanılırlar. Sıcak çekilmiş çeliğe nazaran daha ince malzemelerde kullanılabilirler. Porselen emaye levhaları, porselen kaplama altında hadde tortusunu önlemek amacıyla kullanılırlar ve düşük karbon içeriğine sahiptir. Bitiş yüzeyi tipleri galvanizli levha, önceden boyanmış levha, alüminyum geçirilmiş levha ve plastik kaplamalı levhadır. Önceden kaplanmış levhalar da mevcuttur ve kaplamalar krom, pirinç ve bakır içerir.

2.3.3.2 Alüminyum

Alüminyum içinde demir olmayan, korozyon dirençli hafif, manyetik olmayan, iyi ısı ve elektrik iletkenliği olan bir metaldir. Alüminyum oksitteki görünmeyen koruyucu kaplama nedeniyle hava veya su tarafından tahrip edilmezler.

Aydınlatmada kullanma alanları :

Alüminyum borular veya kazıklar, muhafazalar kanallar mekanik parçalarda, yansıtıcılarda, louvrelarda ve dekoratif yüzeylerde kullanılır. Alüminyum aynı zamanda cam ve plastik üzerine buharlaştırıldığı zaman yansıtıcı bir yüzey olarak, ince pudra formunda ve boya olarak kullanılır. Alüminyum yansıtıcılar yüksek devamlılık, yüksek yansıtıcılık oranına sahip olabilir.

Alüminyum Tipleri :

Alüminyum saf durumda kullanılabilir. Mekanik, fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmek için başka elementlerin ilavesiyle alaşımlanabilir. Silikon, demir, bakır, manganez, magnezyum, krom, nikel ve çinko kullanılan en yaygın malzemelerdir. Alüminyum alaşımlar dökme, çekme ve levha şeklinde haddelenmiş olabilirler. Levha formunda, alüminyum muhtelif alaşım ve cilalarda mevcuttur.

Bitiş yüzeyi:

Alüminyum asitle yakılabilir, cilalanabilir, fırçalanabilir, kaplanabilir, anotlama yapılabilir, parlatılabilir, buharlaştırmalı veya buharlaştırmaz plastik kaplanabilir, şeffaf veya boya lakeleri ile kaplanabilir, pişirilmiş veya porselen emaye ile bu bitiş yüzeyin bir karışımı oluşturulabilir. Yansıtıcı bitiş yüzeyi emaye, asitle cilalanmış veya anotlanmış şekilde elde edilebilirler. Alüminyum boya birçok yüzey için pratik bir bitiş yüzeyi olarak geniş kullanım alanı bulmuştur. Anotlama, elektrokimyasal bir süreç olarak, havada oluşandan 100 kat daha fazla kalınlıkta koruyucu bir alüminyum oksit oluşturmak için kullanılır. Alüminyum oksit yüzey parça sertliği Mohm değeri 9 olarak düzgün, sürekli ve ayrılmazdır. Kimyasal veya

elektrokimyasal parlatma ile birleştirilen anotlama yüzey bitiş yüzeyine eşit yansım oranı ve süreklilik sağlar. Yüksek saflıkta alüminyum açık, şeffaf, renksiz oksit yüzey gerekliyse kullanılmalıdır. Bozukluklar ve alaşım malzemeler daha düşük yansım oranı, bulutluluk, donukluk veya oksit yüzeyin yol yol olması ile sonuçlanır.

2.3.3.3 Diğer Metaller

Paslanmaz çelik :

Paslanmaz çelik içinde kendisini korozyona dayanıklı hale getiren krom içeren, demir bazlı alaşımlar içermektedir. ‘Paslanmaz’ sınıflandırması genelde %12 ila %30 krom kapsayan çelikler için ayrılmıştır. % 30 dan fazla olanlar paslanmaz olarak değil ısıya dayanıklı alaşım olarak sınıflandırılmıştır. Paslanmaz çelik üç ana gruba ayrılabilir: düz krom, krom-nikel ve krom-nikel-manganez.

Düz krom çeliklerin hepsi manyetiktir. Korozif atmosferlerle karşılaşınca paslanırlar. Ancak paslanma sadece yüzeysel bir tabakadır ileri paslanmaya engel olur. Bunlar Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü tarafından (AISI) AISI Tip 400 Serileri olarak tanımlanırlar. Krom-nikel paslanmazlar korozyonlu atmosferlerde kullanışlı olmayabilirler. Bu çelikler AISI Tip 300 Seriler olarak tanımlanırlar. Krom-Nikel-Manganez çelikler manyetik değildir. Bu grupta, manganez nikelin bir kısmı yerine kullanılır. Bu çelikler paslanmaz fakat bazı korozyonlu atmosferlerde kullanışlı olmayabilirler. Bu çelikler AISI Tip 200 Seriler olarak tanımlanırlar. Paslanmaz çelikler dış aydınlatma armatürlerinde kullanılırlar. Bazı paslanmaz çelik uygulamaları muhafazalar, yaylar, mandallar, menteşeler montaj bağları, bağlantı parçaları bağlayıcılar ve lamba tutucu vida kabukları içindir.

Bakır :

Bakır malzeme, baralar ve elektrik enerjisinin kontrolü ve dağılımı için gerekli anahtar malzemelerinde kullanılır. Bakır iletkenidir, biçimlenebilir, esnektir ve oldukça güçlüdür.

Demir içerikli olmayan alaşımlar :

Bronz, bakır ve kalay alaşımı veya pirinç ve çinko alaşımı olarak özel aydınlatma armatürlerinde kullanılırlar. Bronz ve pirinç tuzlu suyun korozyonuna karşı dirençli olduğu için denizcilik alanında kullanılır. Krom bakır ve beril bakır iletim yaylarında, kontaklarda, ve benzer şekilde yüksek basınç altında kalan ve imalatla Şekillenmesi gereken malzemelerde sıkça kullanılırlar. Parçalar yumuşak olarak biçimlendirilirler ve ısı uygulamasıyla sertleştirilirler.

Fiber optik :

Polimetakrilat (PMMA) ve muhtelif kopolimer ürünler plastik fiber optik malzeme imalatında kullanılan plastik malzemelerdir. PMMA fiberleri (SPF) 125 ila 3000 µm mertebesinde. Kopolimer ürünler (LPF) 3mm ila 19 mm çaplarında mevcuttur. Plastik fiber optik (POF) ultraviyole dalga uzunluklarına ve yüksek ısıya hassastır. POF ultraviyole ışımayı emer. Zaman içinde, plastik fiber sararır ve ultraviyole radyasyona maruz kalırsa kullanılamaz hale gelir. Bütün plastikler gibi, fiber optik

yüksek düzeylerde radyasyon veya ısıya maruz kalırsa erir ya da yanar. Buna ilave olarak, şayet çok fazla ışık fibere gelirse, fiber hızla yanar veya koyulaşır. Örnek olmak üzere, fiber optiğin 30 lm/mm² maksimum ışıma kapasitesi olarak sınıflandırıldığı bu değer altında uzun bir çalışma ömrü sağladığı, Polimetakrilat fiberlerinin 66° kabul açısının olduğu, çeşitli kopolimer ürünlerinin kabul açılarının 75 ° ile 80 ° arasında olduğu bilgileri verilebilir.

Cam Fiber :

Cam fiberler tipik olarak 50 ila 150 µm çaptadırlar. Cam daha büyük çaplarda imal edilebilir fakat esnek olmamaları sebebiyle mimari uygulamalarda kullanımını sakıncalıdır. Cam fiberinin daha büyük güç kullanım kapasitesi ve daha uzun ömrü vardır. Sürekli olarak fiber optikten daha yüksek ısılarda çalışabilir. Bu özellikler cam fiberini fiber optik kullanılmayan yerlerde kullanılmasına olanak verir. Cam fiber ultraviyole ışığı geçirmez. Tasarımcıların UV ışınlardan kaynaklanan fiber bozulmasıyla ilgilenmelerine gerek yoktur. Fakat aydınlatma armatürlerinde kullanılan cam fiberlerin bir çoğu UV ışığı emse ve böylelikle filtrelese de, bazı cam fiber örnekleri UV ışığını aktarmak için tasarlanmışlardır. Cam fiberinin sayısal açıklığı bileşen malzemelerin kırılma endeksine göre değişkenlik gösterir. Cam fiberlerin sayısal açıklıkları 0.64 ve 0.55 tir. 80 ° ve 66 ° kabul açıları verir. Cam fiberlerin uçları imalatçı tarafından kapatılmalı ve cilalanmalıdır. Kullanıcılar genellikle bir sipariş verirken gerekli uygulama uzunluklarını belirtmelidirler. Buna karşın, fiber optik istenilen her uzunluğa montaj esnasında kesilebilir.

2.3.4 Aydınlatmada Kullanılan Bitiş Yüzeyi

Bitiş yüzeyleri imalat aşamasındaki malzemeye, kullanıma hazır hale getirmek için yapılan son işlemdir. Aydınlatma donanımında üç temel amaç ışığın kontrolü, malzemenin korunması ve görüntünün iyileştirilmesidir. Bitiş yüzeyi uygulama metodu ve uygulanan metale göre sınıflandırılırlar. Kaplamalar, laminatlar ve kimyasal dönüşüm üç temel tip bitiş yüzeyidir. Kaplamalar dört genel sınıfa ayrılabilirler: organik, seramik, metalik ve diğer. Bitiş yüzeyinin tipik özellikleri Tablo 2.8’de belirtilmiştir.

2.3.4.1 Kaplamalar

Organik kaplamalar :

Lakeler berrak, şeffaf veya opak ve oda ısısına hızla uyum sağlar . Dekorasyon veya koruma için kullanılabilirler. Mineler pigmentlendirilmiş kaplamalardır ve koruma, dekorasyon veya yansıma için kullanılırlar. Pişirilmiş saydam kaplamalar, bazen pişirme lakeleri olarak adlandırılırlar, dekorasyon ve koruma için kullanılırlar. Polimerizasyonu iyileştirirler. Organisoller ve plastisoller genelde batırma ve spreyleme ile uygulanırlar. Plastik dağılım kaplamaları iyi dış korozyon aşınma ve çizilme direnci sağlar ve birçok yüzey bozukluklarını gizleme imkanı vardır.

Seramik kaplamalar :

Seramik kaplamalar, porselen emayeler dahil cam ve metaller üzerinde 540 C° üstünde sıcaklıklarda kullanılırlar. Metaller üzerinde korozyona yüksek direnç iyi

yansıtma ve kolay bakım sağlar, cam üzerinde parlaklığın azalmasına ve dağılımın artmasına neden olurlar.

Metal Kaplama :

Elektro kimyasal tortu, genel olarak elektro kaplama olarak adlandırılır, bir metalin üzerine ikinci bir metalin elektrolitik aksiyon ile yerleşmesini sağlar. Çinko kadmiyum veya nikel koruma sağlamak için kullanılmıştır. Pirinç ve gümüş bitiş yüzeyin en önemli özelliği dekoratif olmalarıdır. Vakum metalleştirme bir metali, genellikle alüminyum, vakum odasında buharlaştırmak ve plastik, cam veya metal yüzeylere kaplamakta kullanılır. Yüksek yansıma oranında bitiş yüzeyi elde edilir ve ışık kontrolü veya dekoratif amaçlarla kullanılabilirler. Daldırma ve spreycaplamalar, galvanizlemede olduğu gibi, alttaki metali korozyondan korumak için ikinci bir metalin yerleşmesidir.

Diğer kaplamalar :

Yarı iletkenler, silikon, germanyum, magnezyum flüorit ve titanyum dioksit gibi inorganik dielektrikler; cam, alüminyum ve plastikler gibi maddeler üzerine vakum ile yerleştirilirler. Aydınlatma armatürü amaçlı kaplamaların kullanımları çok katlı ve 1 µm den daha az kalındır.

2.3.4.2 Laminantlar

Bu türde bitiş yüzeyi ince bir tabakayı temel malzemeye ekleyerek yaratılır (plastik bir tabakayı metal levhaya gibi). Laminant dekoratif bir malzeme olabilir. Ayrıca ışığı kontrol eden bir malzeme olabilir.

2.3.4.3 Kimyasal Dönüşüm Bitiş yüzeyi

Anotlama, alüminyum bir yüzeyi anodik süreçle korozyon ve aşınmaya karşı alüminyum okside dönüştürür. Sonuçtaki bitiş yüzeyi saydam olabilir veya çeşitli renklere boyanabilir.

Tablo 2.8 : Aydınlatma armatürlerinde kullanılan bitiş yüzeyinin özellikleri (12).

Bitiş yüzeyi tipi	Uygulama metodu	Temel Kullanımlar	Muhtemel Renkler	Yansıma Yüzdesi	D İ R E N Ç					Yanabilirlik
					Isı	Paslanma	Aşınma	Darbe	Denge	
Organik kaplamalar										
Lakeler	D,B,S	A,P	Renksiz yada herhangi bir renk	10-90	F	F	P	F	F	Yavaş yanar
Emülsiyonlar	D,B,S	A,P	Tüm renkler	10-90	G	G	G	G	G	Yavaş yanar
Emaı	D,B,S	A,P,R	Tüm renkler	10-90	G	G	G	G	G	Yavaş yanar
Pişirilmiş şeffaf kaplamalar	D,B,S	A,P	Renksiz , temiz renk	0	G	G	G	G	G	Yavaş yanar
Organisoller	D,S	A,P	Tüm renkler	10-90	F	E	G	G	F	yok
Seramik kaplamalar										
Camsı emayeler	D,S	A,P,R	Tüm renkler	10-90	E	E	E	P	E	yok
Seramik emayeler	D,B,S	A,P	Tüm renkler	10-90	E	E	E	P	E	yok
Metal Kaplamalar										
Krom kaplama	Elektro kimyasal	A,P	Sabit , kaplanan metal rengine göre	60-88	E	E	E	E	E	yok
Nikel levha	Elektro kimyasal	A,P	Sabit , kaplanan metal rengine göre	55	E	G	E	E	E	yok
Kadmium levha	Elektro kimyasal	P	Sabit , kaplanan metal rengine göre	85	G	G	F	P	E	yok
Pirinç Levha	Elektro kimyasal	A	Sabit , kaplanan metal rengine göre	55-80	P	P	F	P	F	yok
Gümüş levha	Elektro kimyasal	A,R	Sabit , kaplanan metal rengine göre	85-95	P	P	F	P	E	yok
Laminantlar	Laminant	A,P,R	Metal etkili tüm renkler	10-90	L a m i n a n t a b a ğ l ı					Yavaş yanar
Dönüştürme kaplamaları										
Anotlanmış alüminyumlar	Elektro kimyasal	A,P,R	Doğal alüminyum	60-90	E	E	E	E	E	yok
Vakum Metalleştirme	Vakum odası	A,R	Doğal alüminyum	10-70	Koruyucu kaplamaya bağlı					yok
Vakumla tortu bırakma	Vakum odası	A,R,T	Renksiz	0-99	E	E	E	E	E	yok

D : Doldurma , S : Sprey , B : Fırçalanmış

A : Dış görünüş , P : Koruma , R : Yansıma , T : Nakledici

P : Zayıf , F : Temiz , G : İyi , E : Mükemmel

3. FOTOMETRİK ÖZELLİKLER

Bir aydınlatma sistemi tasarımı yapılmadan önce, aydınlatma mühendisinin bir lamba-aydınlatma kombinasyonundan ne tür aydınlatma etkisinin çıkacağını bilmesi gerekir. Bu etkiler, Armatürün fotometrik özellikleri ile belirlenir. Bu fotometrik özellikler laboratuvarda ölçülür ve ölçüm sonuçları aydınlatma mühendisinin kullanımına uygun şekilde sunulur.

3.1 Fotometrik Ölçmeler

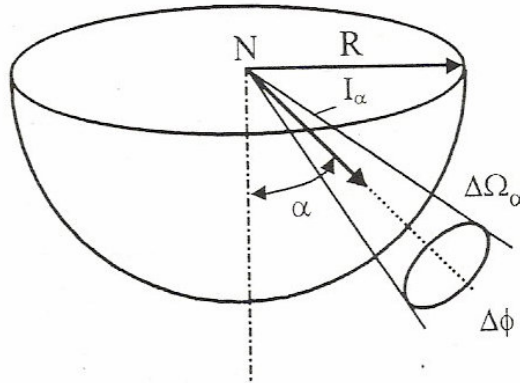
Fotometri, sübjektif ve objektif fotometri olmak üzere ikiye ayrılır. Işık, gözde değerlendirilen fizyolojik-optik bir büyüklük olduğu için, bütün fotometrik ölçmelerin göz fonksiyonlarına uygun olması gerekir. Göz gerçekte bir ölçme aleti değil, bir karşılaştırma aleti olduğundan sübjektif ölçme yöntemleri de birer karşılaştırma yöntemleridir. Modern fotometride sübjektif aletlerin yerini objektif yöntemler almaktadır. Objektif fotometrinin en önemli elemanı foto-elektrik elemanlardır.

Bu bölümde aşağıdaki fotometrik ölçmeler incelenecektir:

- Işık şiddeti
- Işık şiddeti dağılımı
- Işık akısı

3.1.1 Işık Şiddeti

Noktasal ışık kaynakları için tanımlanır ve doğrultuya bağlı bir büyüklüktür, sembolü I 'dir. Noktasal ışık kaynağının herhangi bir α doğrultusundaki ortalama ışık şiddeti I_{ort} , bu doğrultudaki birim uzay açıdan çıkan ışık akısıdır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Noktasal bir ışık kaynağının α doğrultusundaki I_{α} ışık şiddetinin tanımlanması.

$\Delta\Omega_\alpha$: Işığın çıktığı uzay açısı (sr)

$\Delta\Phi$: Çıkan ışık akısı (lm), olmak üzere

$$I_{ort} = \Delta\Phi / \Delta\Omega_\alpha \quad (3.1)$$

dır. $\Delta\Omega_\alpha$ sıfıra yaklaşırken bu oranın limitide I_α ışık şiddetini tanımlar . Yani

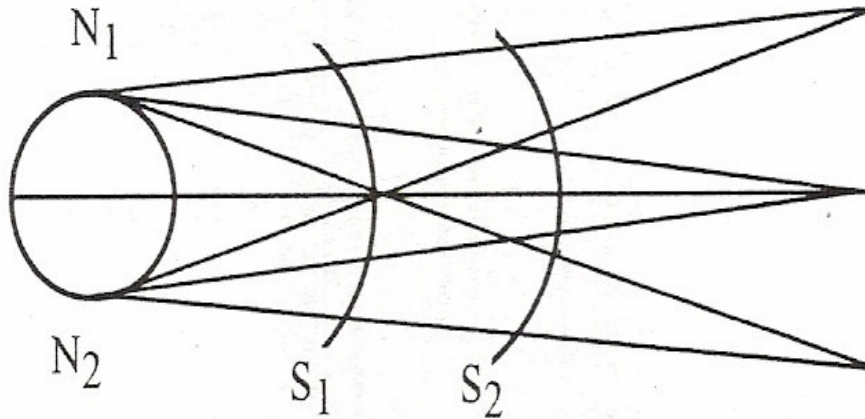
$$I_\alpha = \lim_{\Delta\Omega_\alpha \rightarrow 0} \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega_\alpha} \quad \text{dır.} \quad (3.2)$$

Birimi candeladır. Bu denklemde ışık akısı lümen ve uzay açısı steradyan cinsinden yerlerine konursa, ışık şiddeti candela cinsinden bulunur. Buna göre 1 steradyanlık uzay açıdan çıkan ışık akısı 1 lümen ise ışık şiddeti 1 candela olur. Kısaltması (cd) dir. Yani

$$1 \text{ cd} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ sr}} \quad \text{dır.}$$

Noktasal bir ışık kaynağının çeşitli doğrultulardaki ışık şiddetlerinin uç noktalarının geometrik yeri bir yüzey olup bu yüzeye söz konusu ışık kaynağının ışık dağılım yüzeyi veya poler fotometrik yüzeyi denir. Eğer kaynaktan geçen bir düzlem üzerindeki ışık şiddetlerinin uç noktaları göz önüne alınırsa bunların geometrik yeri kaynağın ışık dağılım yüzeyi ile söz konusu düzlemin ara kesitinden ibaret olur ki buna da ışık dağılım eğrisi (polar fotometrik eğri) adı verilir.

Işık şiddeti kavramı noktasallık kavramına sıkı sıkıya bağlıdır. Çünkü ancak bu sayede ışık şiddetinin tanımı mümkündür. Noktasal olarak kabul edilemeyen bir ışık kaynağı için, sınır uzaklığından daha küçük uzaklıklar için ışık akısı tanımlanabilir, fakat ışık şiddeti tanımlanamaz (Şekil 3.2).

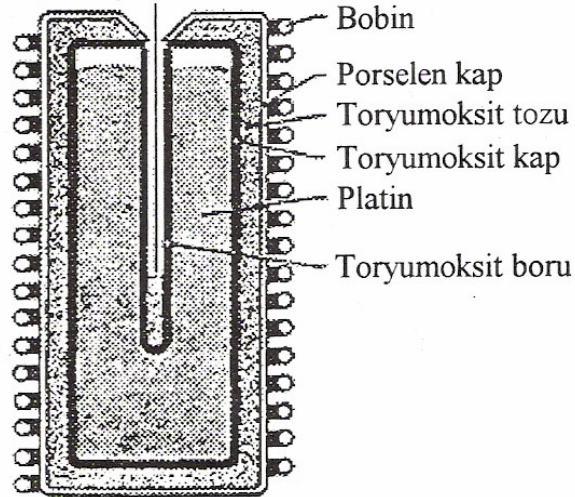


Şekil 3.2 : Noktasal olmayan ışık kaynakları için ışık şiddeti tanımlanamaz.

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi, kaynağın çeşitli noktalarından çıkan ışınlar aynı bir $\Delta\Omega$ konisi içinde bulunmazlar ve herhangi bir elemansel koniyi kesen S1 ve S2 gibi iki yüzeyin $\Delta\Omega$ açısı içindeki elemanlarından geçen akılar biri diğerine eşit olamaz ve bu yüzden $\Delta\Phi / \Delta\Omega$ belirsizdir.

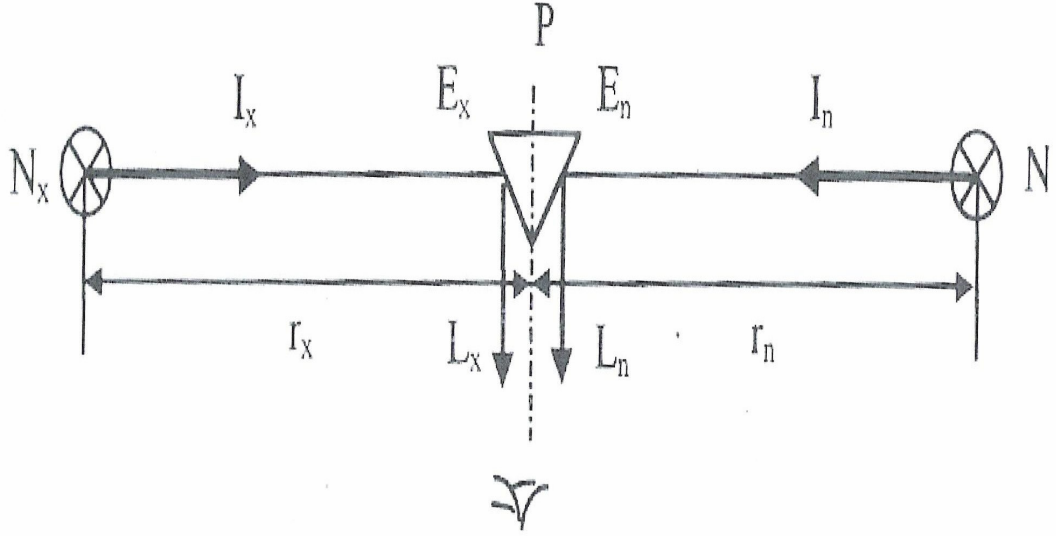
Gerek alevli etalonlar ve gerekse Uluslararası mum tanımı fiziksel esaslara dayanmıyordu. Bu sakıncayı gidermek için Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Komitesi ışık şiddeti birimi olarak siyah cismin ışıma olayına dayanan candela veya yeni mum’un kullanılmasına karar vermiştir. Şekil 3.3 siyah cismi göstermektedir. Yeni birim 1948 ‘ den beri kullanılmaktadır.

Tanım olarak ışık şiddeti birimi candela olup, platinin katılaşma sıcaklığında (2042°K) bulunan siyah cismin 1 cm^2 lik delik yüzeyine dik doğrultuda doğurduğu ışık şiddetinin 60’da birine denir. Candela, Hefner mumu ile Uluslararası mum arasında bir değere sahiptir. 1 candela $1/683\text{ W}$ enerji akılı, sadece 555 nm dalga boylu ışıma yapan bir kaynaktan, belirli bir doğrultuda 1 sr ’lik uzay açıdan çıkan ışık şiddetidir.



Şekil 3.3 : Işık şiddeti birimi candelanın tanımına yarayan etalon siyah cisim.

Sübjektif fotometride ışık şiddeti ölçülmesi, daha çok parlıtlı karşılaştırmasına dayanır. Bilindiği gibi gözün kontrast duyarlılığı 100 kabul edilirse bağıl parlıtlı fark eşiği $1/100$ olur. Yani göz normal görme koşullarında parlıtlı farkı %1 olan iki yüzeyi ayırt eder. Hatta özel fotometrik önlemlerle gözün bağıl parlıtlı fark eşiği %0,5 ile %0,25 ‘e kadar düşürülebilir. Bu yüzden yan yana duran iki alanın aynı parlıtlı olup olmadığı büyük bir doğrulukla belirlenebilir. Bu tip fotometrilere eşitlik fotometreleri denir. Eşitlik fotometresi, bir ışık kaynağının ışık şiddetini, ışık şiddeti bilinen bir etalon yardımı ile bulmaya yarar (Şekil 3.4). Burada N_x ve N_n fotometrik bir sıranın iki ucuna yerleştirilmiş ışık kaynaklarını, I_x bilinmeyen lambanın ışık şiddeti, I_n de bilinen lambanın ışık şiddetini gösterirler.



Şekil 3.4 : Eşitlik fotometresinin ilke şeması.

İki lamba arasında sıra boyunca kayabilen bir fotometre başı (P) vardır. Fotometre başı en basit durumunda alçıdan yapılmış kama şeklinde bir parçadır. Kamanın iki yüzü N_x ve N_n lambaları tarafından aydınlatılır. Yüzlerin E_x ve E_n aydınlık düzeyleri

$$E_x = \frac{I_x}{r_x^2} \cos \alpha \quad (3.3)$$

$$E_n = \frac{I_n}{r_n^2} \cos \alpha \quad (3.4)$$

olduğundan, parıltıları da

$$L_x = k E_x \quad (3.5)$$

ve

$$L_n = k E_n \quad (3.6)$$

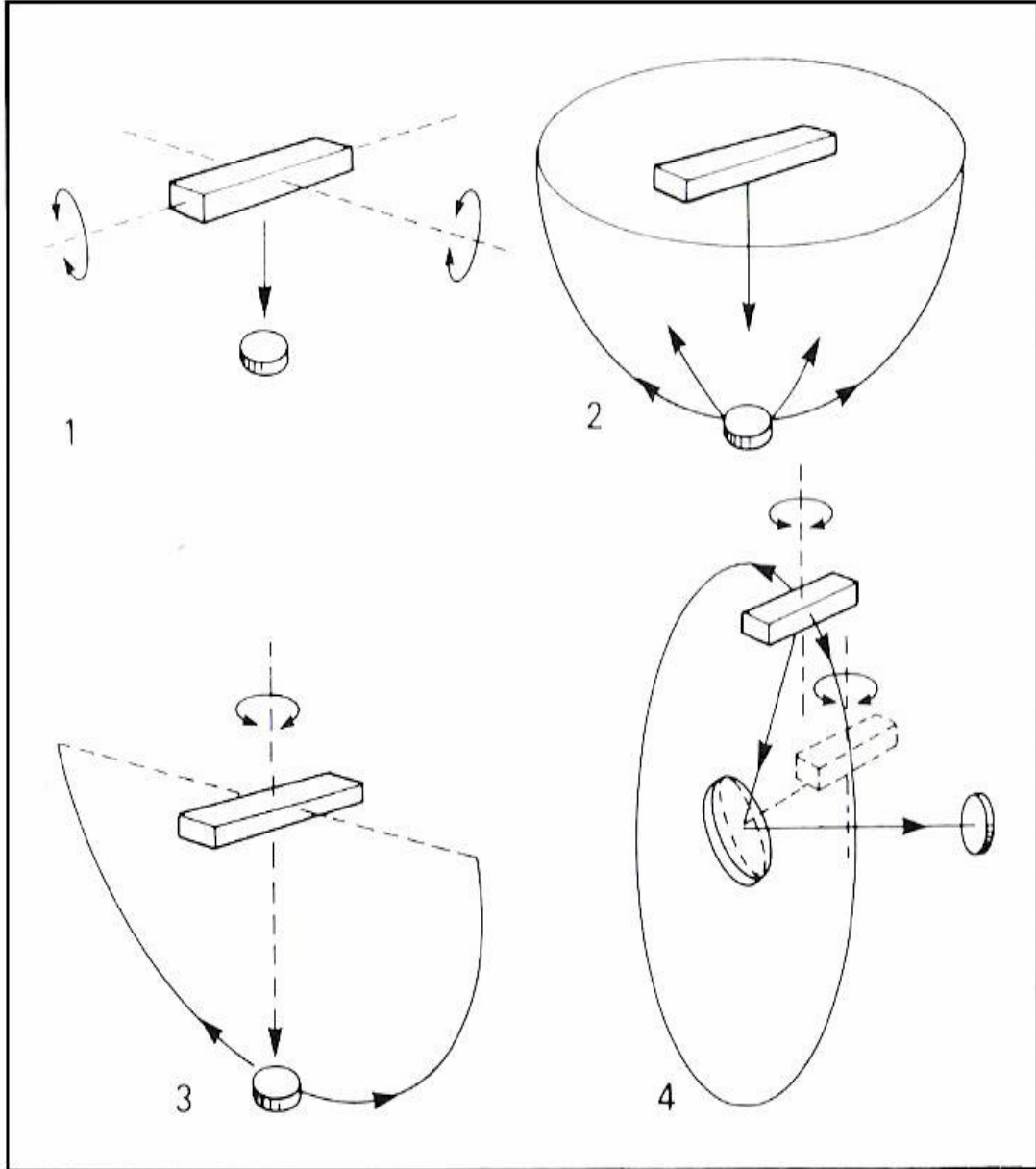
dirler. Fotometre başı, alçı kamanın iki yüzü A gözlemcisi tarafından aynı parıltıda görünecek şekilde ayar edilirse, ışık kaynaklarının ışık şiddetleri arasındaki bağıntı

$$I_x = I_n \frac{r_x^2}{r_n^2} \quad (3.7)$$

olur. Fotometrik denge bozulup, deney birkaç defa (5 ila 10 defa) tekrarlanır ve bulunan değerlerin ortalaması alınır. r_x , r_n ve I_n yardımı ile I_x ışık şiddeti belirlenmiş olur.

3.1.2 Işık Şiddeti Dağılımı

Bir aydınlatmanın ışınma özelliklerini değerlendirmek için etrafındaki alanda muhtelif doğrultulardaki ışık yoğunluğunu bilmek gerekir. Buna ışık şiddeti veya aydınlatmanın ışık dağılımı denir. Böyle doğrultu içeren fotometrik ölçümler belirlenecek çok sayıda farklı açıdan ışık yoğunluğuna olanak veren bir aygıtın kullanılmasını gerektirir. Böyle bir aygıt goniofotometre denir. Ölçümlerin yapıldığı ortam koşullarını da tanımlamak gereklidir, bunun için bir koordinat sistemi tanımlanır.



Şekil 3.5 : Armatürün ışık şiddeti dağılımının belirlenmesinde kullanılan dört temel tekniğin şematik gösterilimi.

Goniofotometreler

Bir aydınlatmanın ışık şiddeti dağılımının belirlenmesi için dört temel olarak farklı ölçme tekniği vardır (Şekil 3.5).

1. Aydınlatma armatürü döner biçimdedir, (genel olarak yatay ve dikey eksenlerde), fotosel pozisyonu sabittir.
2. Aydınlatma armatürü sabit konumdadır, fotosel küresel bir yol üzerinde hareket ettirilmektedir.
3. Aydınlatma armatürü dikey eksen etrafında döndürülmekte, fotosel yarı daire bir yol üzerinde hareket ettirilmektedir.
4. Armatür, normal koşullardaki çalışma konumunda olacak şekilde hareket ettirilmekte, armatürden yayılan ışınlar döner bir ayna veya aynalarla sabit plan fotosele yönlendirilmektedir.

Bazı lambalarda, özellikle deşarj lambalarında, lambanın hem ışık akısı hem de ışık şiddeti dağılımı yanma konumuna bağlıdır.

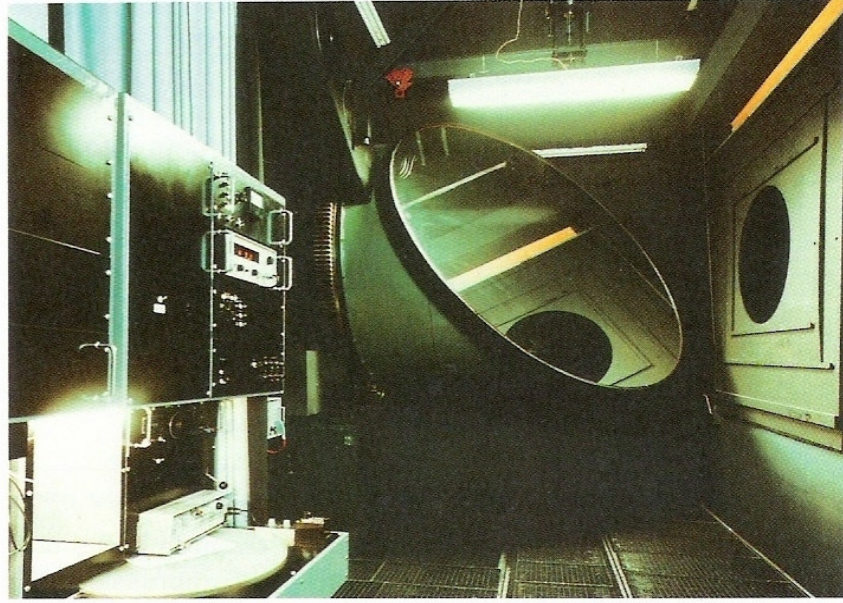
Bu ölçüm tekniklerinden ilkinde, lambanın yanma konumu aydınlatma armatürü eğildikçe değişmektedir ve dolayısıyla hatalı ölçümler gerçekleştirilmektedir.

İkinci teknik, lambanın yanma konumu nedeni ile birinciye göre avantajlıdır. Ancak bu tekniğin sakıncası da, fotoselin hareketi için çok geniş bir hacme ihtiyaç duyulmasıdır. Bu teknik ancak, büyük laboratuvarlarda uygulanabilir.

Üçüncü teknik, ikincisinin mantıksal bir gelişimidir. Bu teknikte, lamba normal yanma konumunu korurken düşey eksen etrafında döndürülmekte fotosel ise aynı düşey eksenden geçen düzlemdeki bir yarı daire boyunca hareket ettirilmektedir. Bu teknikte, ölçüm için gerekli üç boyutlu büyük hacim, iki boyutlu bir yol haline dönüştürülmektedir.

Aynaların kullanıldığı dördüncü yöntem ise, sadece doğrultusal ve daha kısa bir ölçüm yolu gerektiği için büyük hacimsel avantajı vardır. Bu teknik ile çalışan bir goniofotometre örneği Şekil 3.6'da görülmektedir.

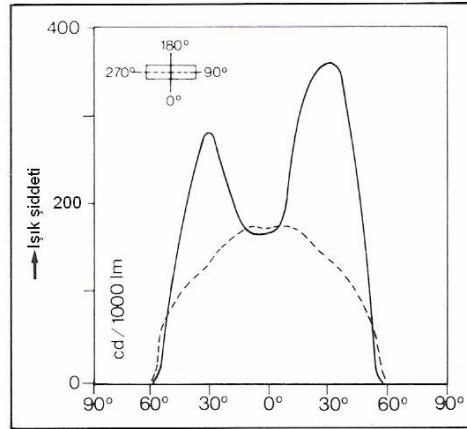
1. Doğrudan fotosele hiçbir şekilde ışık gelmesine izin verilmeyecektir.
2. Işık kaynağının ebadıyla karşılaştırıldığında ayna yeterince büyük olmalıdır.
3. Aynanın seçici yansıması ve polarizasyonu hesaba katılmalıdır.



Şekil 3.6 : Tipik goniofotometre.

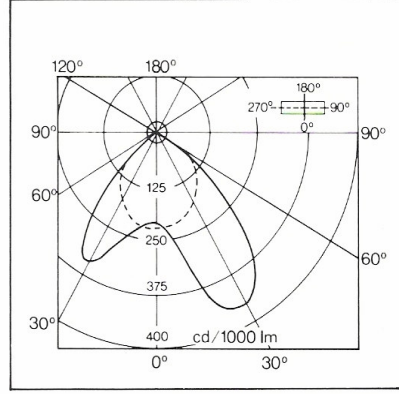
Koordinat Sistemleri

Değişik doğrultulardaki ışık şiddetleri belirlendiğinde, armatürün ışık dağılımı grafik olarak sunulabilir. Grafik gösteriminin bir şekli x-y koordinat sistemi olabilir. Bu gösterimde x eksenı açı değerlerini, y eksenı ise ışık şiddeti değerlerini gösterir (Şekil 3.7). İkinci bir gösterim şekli ise poler fotometrik eksende yapılabilir. Işık şiddeti vektörlerinin uç noktaları birleştirilerek, armatürün belli bir düzlemdeki ışık dağılım eğrisi elde edilir (Şekil 3.8).

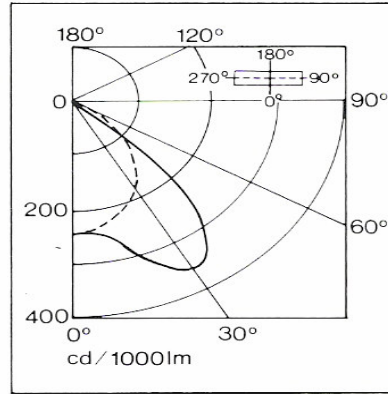


Şekil 3.7 : Dikdörtgen koordinatlarda asimetrik bir ışık dağılımı.

Poler fotometrik eğriler ışık dağılımı hakkında daha net bir fikir verdikleri için daha çok kullanılırlar. Ancak, dağılımda ani kesiklikler meydana geldiğinde (örneğin, spot ışıkları ve projektörler), x-y koordinatlı gösterim daha doğru olabilir. Eksenel veya rotasyonel olarak bir kaynağın ışık dağılımı simetrik ise, ışık dağılımının tek bir düzlemde verilmesi yeterli olur. Buna ortalama ışık dağılım şeması denir. (Şekil 3.9). Genel bir kural olarak, düşey doğrultu 0° olarak alınır.



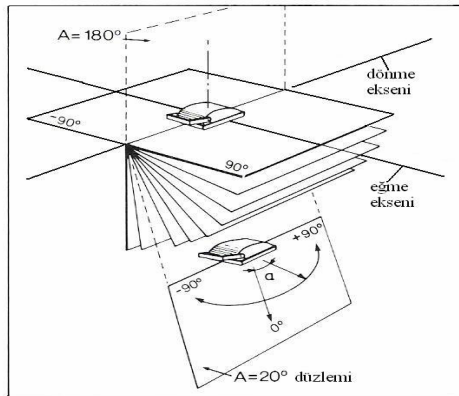
Şekil 3.8 : Şekil 3.7’de gösterilen asimetric ışık dağılımının poler fotometrik eğrisi.



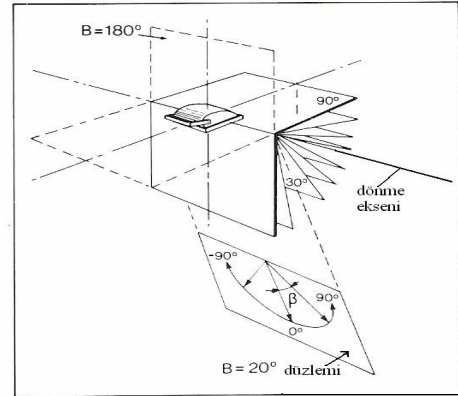
Şekil 3.9 : Ortalama ışık dağılımı eğrisi.

Işık dağılımının simetrik olmadığı durumlarda farklı düzlemler için çizilmiş eğrilere ihtiyaç vardır. Bu düzlemlerin hangileri olacağı aydınlatma armatür tipi, lamba tipi, aydınlatma armatürünün normal kullanımdaki montaj durumu ve uygulamasına göre belirlenir. Bu hem ölçüm sürecini hem de daha sonraki aydınlatma hesaplamalarını kolaylaştırmak için yapılır. Bir aydınlatmanın ışık şiddeti dağılımını grafik olarak tanımlamak için genelde üç koordinat sistemi kullanılır.(Şekil 3.10).

A- α sistemi



B- β sistemi



Şekil 3.10 : Aydınlatmanın ışık şiddeti dağılımını tanımlamak için kullanılan üç koordinat sistemi.

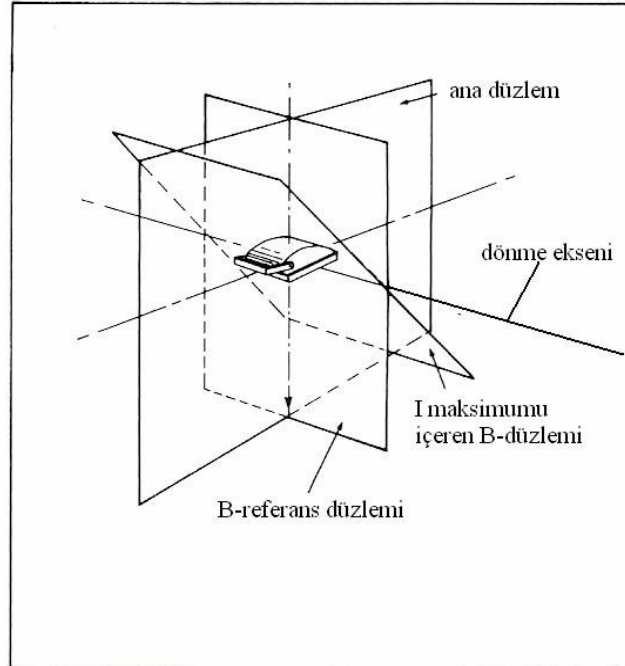
Bunlar :

1. A- α sistemi. Bütün yol aydınlatma armatürleri ve projektörler de eskiden kullanılan sistem
2. B- β sistemi. Günümüzde projektörler için kullanılan sistem.
3. C- γ sistemi. Yol aydınlatması ve iç aydınlatma armatürlerinde günümüzde yaygın olarak kullanılan sistem.

Görüldüğü gibi, bu sistemlerin her biri ortak bir kesişme eksenine olan düzlemler destesi şeklindedir. Düzlemler kısmen açık bir kitabın sayfalarına, bunun sırtı da düzlemlerin kesiştiği eksene benzetilebilir.

A- α koordinat sistemi : A-Alfa sistemi sadece çok kısa olarak tanıtılacaktır. Çünkü günümüzde çok kullanılmamaktadır. Bu sistemde, kitabın sayfaları A-düzlemleri olarak adlandırılır. Bir düzlemin belli bir konumu kendisiyle referans düzlem $A=0^\circ$ arasındaki açıyla tanımlanır (0° den artı veya eksi 180° ye). A-düzlemleri sistemi her zaman aydınlatma armatürünün kendisini referans alır: başka bir deyişle, aydınlatma armatürü eğikse, A-düzlemleri de eğiktir. Belirli bir A-düzlemindeki ışık şiddetleri Alfa(α) açılarına bağlı olarak verilir ($\alpha = +90^\circ$ den $\alpha = -90^\circ$ ye).

B- β koordinat sistemi : Genelde projektörlerde kullanılan B- β koordinat sisteminde, projektörün dönme eksenine B düzlemlerinin kesişme eksenidir. Projektör ön camına dik olan düzlem $B=0^\circ$ kabul edilip, diğer B düzlemleri bu referans düzlemden yaptıkları açıya göre tanımlanır. Herhangi bir β açısı ise projektörden geçen ve dönme eksenine dik olan doğruya göre konumlandırılır.



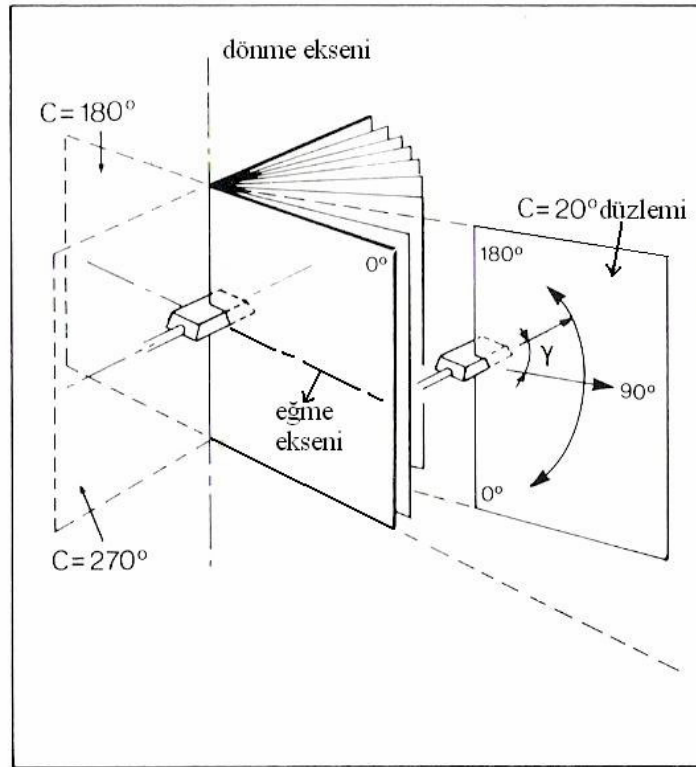
Şekil 3.11 : B- β sistemi için özel önemdeki üç-düzlem.

Bu koordinat sistemiyle belirli bir projektörün bir dizi B açısı üzerinden ışık şiddeti dağılımını veya bir dizi β açısındaki ışık şiddetlerini tanımlamak mümkündür.

Pratikte, aydınlatma mühendisi için önemli olan üç düzlem mevcuttur (Şekil 3.11)

1. Ana düzlem,
2. B-referans (veya $B=0$ derece) düzlemi,
3. Ana düzlemdeki maksimum ışık şiddeti yönü olarak tanımlanan ışık ışınını (I_{maksimum}) içeren B-düzlemi.

Simetrik bir ışık dağılımı için yukarıda tanımlanan üçüncü düzlem $B=0$ derece düzlemine karşılık düşer, yani böyle bir durumda ışık yoğunluğunu gerektiği Şekilde belirlemek için sadece iki düzleme gerek olacaktır. Asimetrik bir ışık dağılımı için bu her zaman böyle olmayacaktır ve her üç düzlemde de ışık şiddeti dağılımı verilecektir.



Şekil 3.12 : C- γ koordinatlar sistemi.

C- γ koordinat sistemi : C- γ koordinatlar sisteminde (Şekil 3.12) C düzlemlerinin kesişim eksen, armatür merkezinden geçen düşey doğrudur. Belirli bir C-düzleminin konumu kendisiyle $C=0^\circ$ referans düzlem arasındaki C açısıyla (0° den 360° ye) tanımlanır. Yol aydınlatması armatürleri için referans düzlem yolun boyuna eksenine paralel olan C-düzlemidir. Belirli bir C-düzlemindeki bir yön 0 dereceden (aşağı) 180 dereceye kadar olan Gamma(γ) açısıyla gösterilir.

Şekil 3.13 Örnek bir yol aydınlatması armatürünün poler fotometrik eğrilerini göstermektedir. Bunlar genelde üç C-düzleminde verilir:

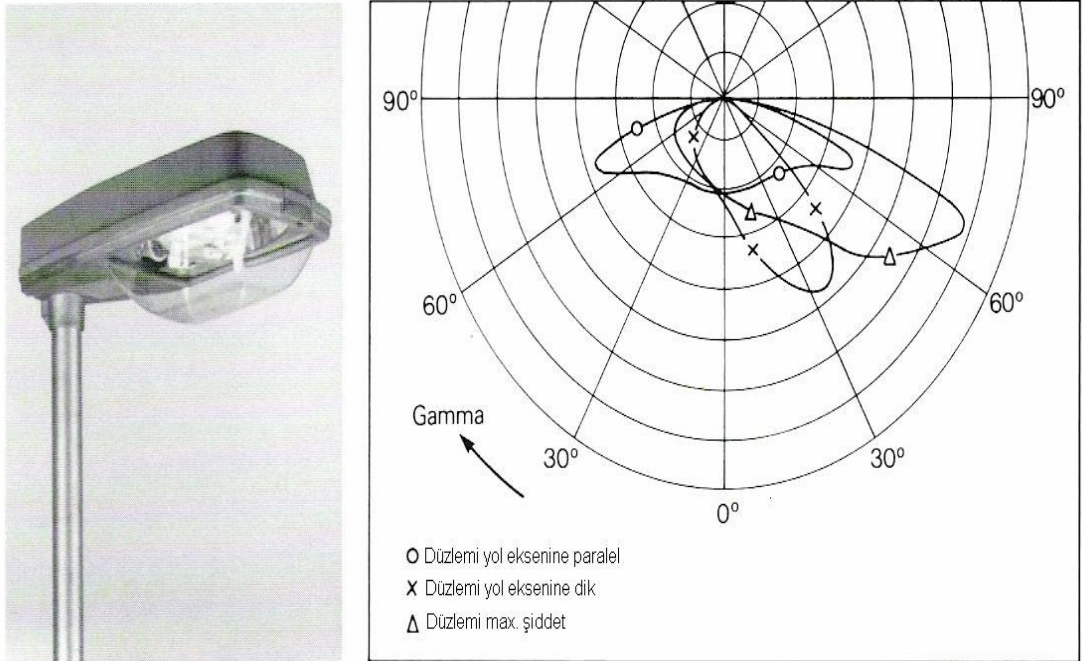
- 1.) Yol eksenine paralel olan C-düzleminde ($C=0^\circ-180^\circ$),
- 2.) Yol eksenine dik olan C-düzleminde ($C=90^\circ-270^\circ$),
- 3.) I_{maksimum} 'un bulunduğu C-düzleminde.

Koordinat Sistemleri Arasındaki İlişki:

Yukarıdaki her üç sistemde de belirli bir yöndeki ışık şiddeti iki açıyla tanımlanır :

- 1.) Belirli bir düzlemi tanımlayan açı (A, B, C).
- 2.) Düzlemin kendisinin içindeki bir açı (α, β, γ).

Daha önce anlatıldığı gibi, bir aydınlatma armatürünün ışık dağılımını ölçmek için yapılan fotometrik ölçümlerde döner aynalı goniofotometre kullanılır. Bu ölçüm düzeneğinde C- γ koordinat sistemlerindeki ışık şiddeti değerleri ölçülür. Bu da yol aydınlatması ve iç aydınlatma armatürlerinin çoğunun ışık dağılımlarının C- γ koordinatlarında verildiği anlamına gelir. Bu da fotometrik veri sayfalarında veri sunmakta kullanılan sistemdir. Fakat projektör aydınlatmaları için, fotometrik veriler genelde B- β koordinatları olarak verilir (A- α koordinatları da bazen kullanılır). Bu durum da C- γ ölçümlerinin sonuçlarının ilgili sistemlere dönüştürülmesini gerektirir.



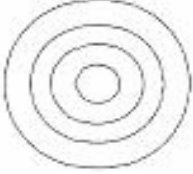
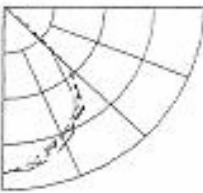
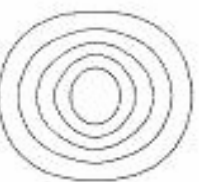
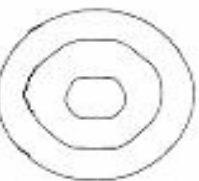
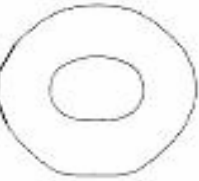
Şekil 3.13 : Yol aydınlatması armatürünün poler fotometrik eğrileri.

Bu bir sistemden diğerine dönüştürme, dönüşüm tablosunu kullanarak bir bilgisayar tarafından yapılır (A-alfa ölçümleri nadiren yapıldığından, ilgili dönüşüm verisi dikkate alınmamıştır).

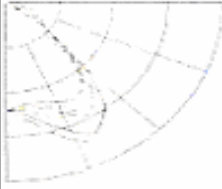
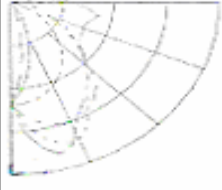
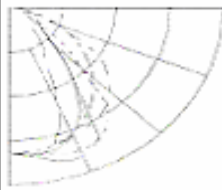
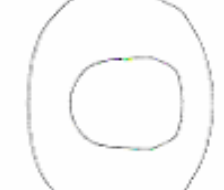
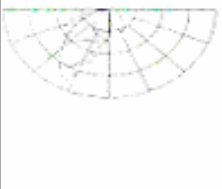
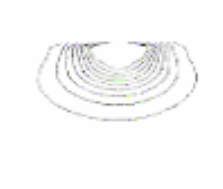
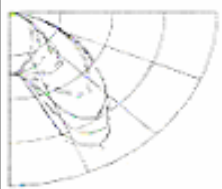
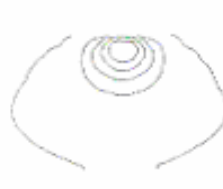
Tablo 3.1 : Dönüşüm Tablosu [2].

Verilen	İstenen	Düzlem açısı	Düzlem içindeki açı
B, β	C, γ	$C = \tan^{-1}(\sin B / \tan \beta)$	$\gamma = \cos^{-1}(\cos B \cos \beta)$
C, γ	B, β	$B = \tan^{-1}(\sin C / \tan \gamma)$	$\beta = \cos^{-1}(\cos B \cos \gamma)$

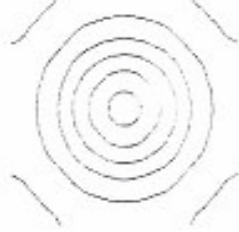
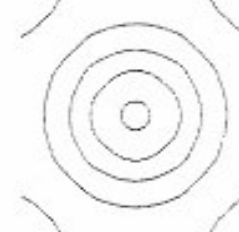
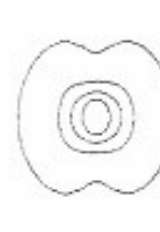
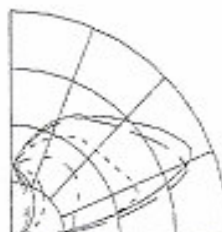
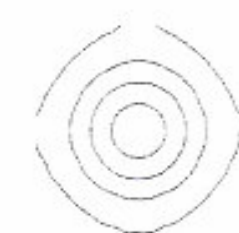
Aşağıdaki Şekil 3.14 ile Şekil 3.21 arasında çeşitli armatür tipleri için ışık şiddeti dağılımı ile yatay ve dikey aydınlanma örnekleri gösterilmiştir. Şekil 3.14 ile Şekil 3.19 arasında iç aydınlatma armatür örnekleri verilmiştir. Bu armatürler , yatay aydınlanmada (6m*6m*3m) ebatlarında küçük oda değerlerinde; tavan, duvar, zemin yansıtma faktörü değerleri 0,80, 0,50, 0,20 dir. Şekil 3.20 ve Şekil 3.21’de dış aydınlatma armatürleri gösterilmiştir. Bu armatürler (15m*15m*15m) ebatlarında; tavan, duvar, zemin yansıtma faktörü değerleri 0’ dır.

Armatür Tipi	Işık Şiddeti Dağılımı	Yatay Aydınlanma	Düsey Aydınlanma
İki floresan lamba prizmatik lens gömme troffer genel aydınlatma için kullanılır			
İki floresan lamba gömme troffer ve panjur ile VDT lerin kullanıldığı yerde aydınlatma alanları için keskin kesme noktası			
Genel aydınlatma için kompakt floresan lamba ve siper kullanan downlight			
Genel aydınlatma için kompakt floresan lamba kullanan downlight			
Genel aydınlatma için 100-W-A-19 lamba kullanan downlight			

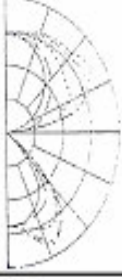
Şekil 3.14 : İç aydınlatma için kullanılan downlight armatürün ışık şiddeti dağılımı eğrileri.

Armatür Tipi	Işık Şiddeti Dağılımı	Yatay Aydınlanma	Düşey Aydınlanma
Gömme duvar rondelası kompakt flüoresan lamba ile asimetrik dağılım oluşturmak için dönen reflektör ve kicker ile			
Tavan yüzey montajlı çizgisel duvar rondelası tek flüoresan lamba ile			
Tek flüoresan lamba gömme girinti duvar rondelası			
Tek T-8 flüoresan lamba kullanan gömme çizgisel duvar rondelası			
Kompakt flüoresan lamba ve koridor aydınlatması için asimetrik yansıtıcı kullanan downlight			

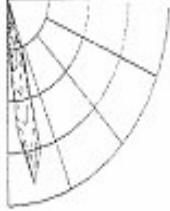
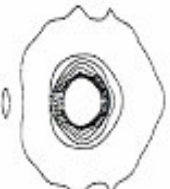
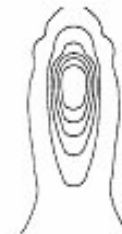
Şekil 3.15 : İç aydınlatma için gömme armatürlerin ışık şiddeti dağılımı eğrileri.

Armatür Tipi	Işık Şiddeti Dağılımı	Yatay Aydınlanma	Düşey Aydınlanma
İki flüoresan lamba ile çizgisel endirekt askı monteli tavandan 0,3 m askılı			
İki flüoresan lamba ile çizgisel endirekt askı monteli tavandan 0,6 m askılı			
Çizgisel girintiye montajlı tek flüoresan lamba ile tavandan 0,6 m askılı			
Askı monteli endirekt tek 175 W metal halide lamba ile			

Şekil 3.16 : İç aydınlatma için endirekt armatür ışık şiddeti dağılımı eğrileri.

Armatür tipi	Işık şiddeti dağılımı	Yatay aydınlanma	Düşey Aydınlanma
Asla monteli %70 yukarı %30 aşağı ışık gönderen projektör. Tavanın 0,3 m ye asılı iki T-8 floresan lamba			
Asla monteli %70 yukarı %30 aşağı ışık gönderen projektör. Tavanın 0,3 m ye asılı iki T-5 floresan lamba			

Şekil 3.17 : İç aydınlatma için direkt-endirekt armatür ışık şiddeti dağılımı eğrileri.

Armatür Tipi	Işık Şiddeti Dağılımı	Yatay Aydınlanma	Düşey Aydınlanma
Gömmeye accent aydınlatma armatürü duvardan 0,6 m asılı 50-W MR16 tungsten halojen lamba			
Track ve dört aydınlatma armatürü için 50-W MR16 tungsten halojen lamba ile duvara doğru 10 C, 40 C 60 C ışını ile			

Şekil 3.18 : İç aydınlatma için vurgulama spotlu armatür ışık şiddeti dağılımı eğrileri.

Armatür Tipi	Işık Şiddeti Dağılımı	Yatay Aydınlanma	Düşey Aydınlanma
Yüzey montajlı aydınlatma armatürü yansıtıcı ile ve iki T-12 floresan lamba			
Strip aydınlatma armatürü iki T-12 (HO) floresan lamba			
Yüksek bölme aydınlatma armatürü 400 W metal halide lamba			
Düşük bölme aydınlatma armatürü 400 W metal halide lamba			

Şekil 3.19 : İç aydınlatma için endüstriyel armatür ışık şiddeti dağılımı eğrileri.

Armatür Tipi	Işık Şiddeti Dağılımı	Yatay Aydınlanma	Düşey Aydınlanma
Alan aydınlatması için direk üstü aydınlatma armatürü 250 W metal halide lamba ile			
Park alanı aydınlatması için ışık şiddeti yoğunluğu keskin kesme noktası. 400 W metal halide lamba			
Bina aydınlatması için projektör. Geniş ışın ve 400 W metal halide lamba			
Bina aydınlatması için projektör dar ışın ve 400 W metal halide lamba			

Şekil 3.20 : Dış aydınlatma armatürleri için ışık şiddeti dağılımı eğrileri.

Aydınlatma Tipi	Işık Şiddeti Dağılımı	Yatay Aydınlanma	Düşey Aydınlanma
Sokak aydınlatması için kobra başlı aydınlatma armatürü. Işık şiddeti dağılımı kesme , düz mercek ve 200 W metal halide lamba			
Sokak aydınlatması için kobra başlı aydınlatma armatürü. Damla mercek ve 200 W metal halide lamba			
Spor aydınlatma armatürü dar ışın ile ve 1000 W metala halide lamba			
Spor aydınlatma armatürü geniş ışın ile ve 1000 W metal halide lamba			

Şekil 3.21 : Dış aydınlatma armatürleri için ışık şiddeti dağılımı eğrileri.

3.1.3 Işık Akısı

Normal gözün aydınlık görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre ışık olarak değerlendirilen enerji akısıdır. Işık akısı Φ harfi ile gösterilir. Birimi lümen'dir. 1 lümen=1 lm

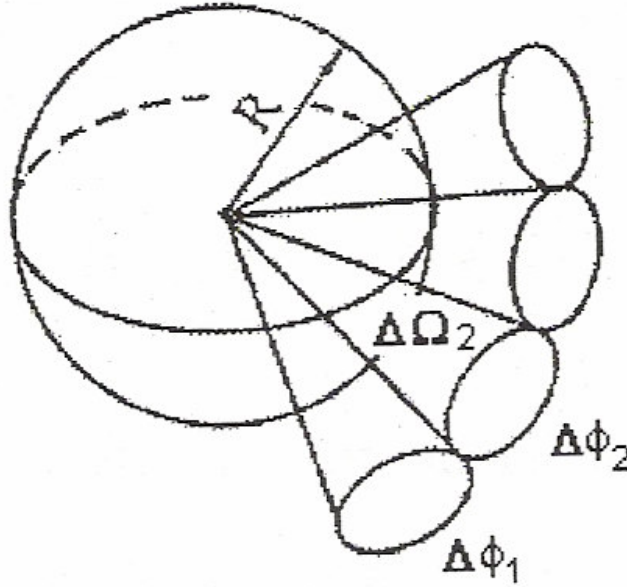
$$\Phi = K_0 \cdot F \cdot V_\lambda \quad (3.8)$$

Burada, F enerji akısını, K_0 da enerji akısının ışıksal (fotometrik) eşdeğerini gösterir ve $K_0 = 683 \text{ lm/W}$ 'tır. F enerji akısı ise birim güce karşılık birim zamandaki elektromagnetik enerjidir. Işık akısı genel olarak düzgün yayılmaz. Uzayın farklı doğrultularında yoğunluğu farklıdır. Bu durumu daha iyi anlayabilmek için uzay açısı kavramına ihtiyaç vardır. Genel olarak bir ışık kaynağının Φ toplam ışık akısı uzayın muhtelif kısımlarına yayılan $\Delta\Phi_1, \Delta\Phi_2, \dots$

Kısmi ışık akılarının

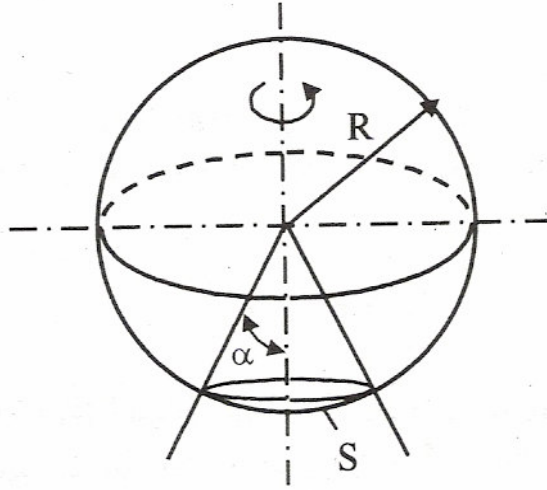
$$\Phi = \Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2 + \dots$$

toplamı olarak düşünülebilir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 : Kısmi ışık akıları ve kısmi uzay açıları.

İçinden kısmi ışık akısı geçen koni veya piramit şeklindeki uzay parçasına uzay açısı denir. R yarı çaplı bir dairede α düzlem açılı bir sektör göz önüne alalım. Tepe noktasına sabit tutarak eksenini etrafında çevirirsek, α açısının gördüğü yay bir küre parçası oluşturur. Bu küre parçasının alanının (S), R yarıçapının karesine bölümüne uzay açısı denir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23 : Uzay açının tanımı.

Uzay aç

$$\Omega = \frac{S}{R^2}$$

dir. Uzay açının sembolü Ω , birimi steradyan (sr)'dir. Tüm uzayı gören uzay açısı ise tüm kürenin yüzeyi $4 \pi R^2$ olduğundan, $\Omega = 4 \pi R^2 / R^2 = 4 \pi$ sr'dır. Bilindiği gibi, düzlemsel açı bir noktadan çıkan iki yarım doğru arasındaki açıdır. Böyle bir açı iki yarım doğru ile sınırlanan b yayının r yarıçapına bölümü ile ölçülür ($\alpha = b/r$ rad). Buna göre düzlemsel açı birim dairede yay olarak ölçülmektedir. Örneğin bir noktaya ait düzlemsel açı $2 \pi r/r = 2 \pi$ rad. dır.

Uzay açısı da benzer şekilde bir noktadan çıkıp koni veya piramit oluşturan yarı doğruların meydana getirdiği uzay parçası olarak tanımlanır. Uzay açısı, bu koninin, yarıçapı r olan küreden ayırdığı küre kapağının alanının yarıçapın karesine bölümü ile ölçülür. Demek ki bir noktaya ait uzay açısı

$$\Omega = 4 \pi R^2 / R^2 = 4 \pi \text{ sr'dır.}$$

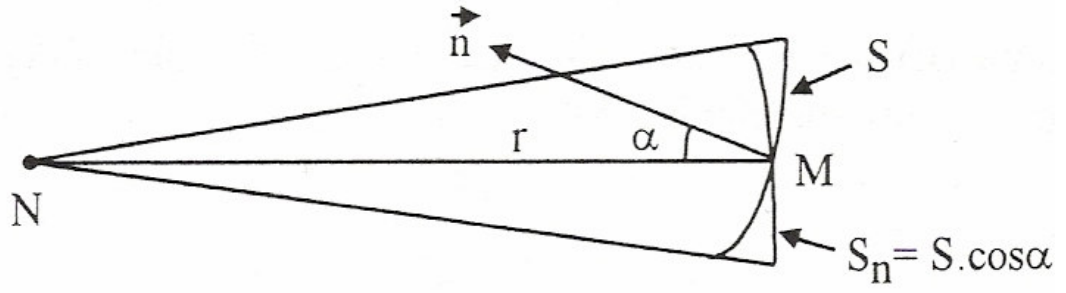
Aydınlatılan S yüzeyi N noktasal ışık kaynağından r uzaklığında bulunuyor ve S'nin NM doğrultusuna dik yüzeydeki izdüşümü

$$S_n = S \cos \alpha$$

R yarıçaplı küre yüzeyinin bir parçasını oluşturuyorsa, bu takdirde bu yüzeye ait uzay açısı

$$\Omega = \frac{S \cos \alpha}{r^2} = \frac{S_n}{r^2} \quad (3.9)$$

denklemleriyle tanımlanır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24 : S yüzeyinin N noktasına göre uzay açısı.

Işık akısı Ulbricht küre fotometresi ile ölçülür (Şekil 3.25). Ulbricht küresi, iç yüzey, yansıtma faktörü bire yakın ve seçici olmayan mat bir boya ile boyanmış ve üzerinde bir ölçme penceresi bulunan bir küredir. Kürenin içinde ışık kaynağından çıkan ışınların doğrudan doğruya ölçme penceresine gelmesini önleyen, aynı mat boya ile boyanmış bir eksen vardır. Kürenin yarıçapı kaynak boyutları yanında kaynak noktasal kabul edilecek kadar büyük olmalıdır (Şekil 3.26).

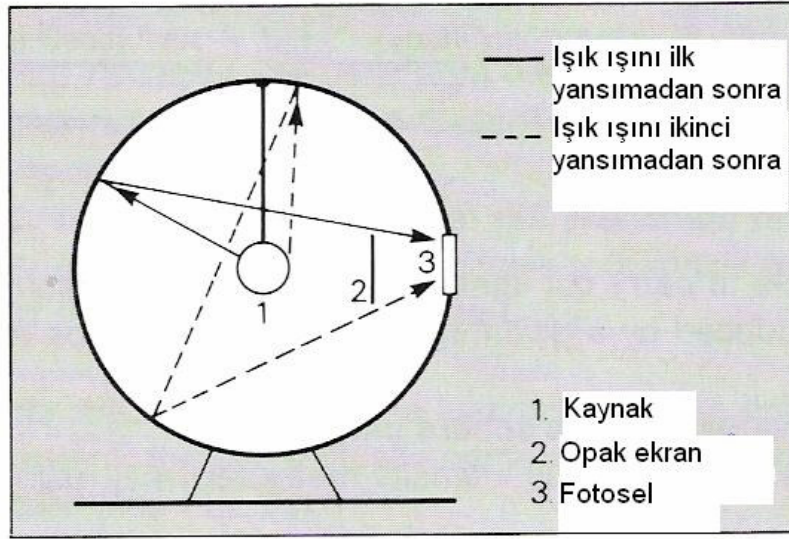


Şekil 3.25 : Işık akısı ölçmek için kullanılan Ulbricht küre fotometresi.

Küre iç yüzeyinde direkt ışığın önlendiği bir yerdeki aydınlık düzeyi küre içindeki kaynağın toplam ışık akısı ile orantılıdır. Buna göre ölçme penceresindeki aydınlık düzeyi ölçülürse, kaynağın verdiği toplam ışık akısı

$$\Phi_0 = 4 \pi r^2 \frac{1-\rho}{\rho} E_p \quad (3.10)$$

formülü ile kolayca hesaplanabilir. Burada r kürenin yarıçapını, ρ kürenin iç yüzeyine ait yansıtma faktörünü, E_p ölçme penceresindeki aydınlık düzeyini ve Φ_0 da ışık kaynağının ışık akısını gösterir. Bu formül aşağıdaki düşünce ile bulunabilir.



Şekil 3.26 : Ulbricht küresinin şematik gösterilimi.

Kürenin iç yüzeyine düşen Φ_0 ışık akısı , birinci yansımada $\rho\Phi_0$, ikinci yansımada $\rho^2\Phi_0$ ve n'inci yansımada $\rho^n\Phi_0$ olur. Demek ki endirekt ışık akısı

$$\Phi_{\text{end}} = \rho\Phi_0 + \rho^2\Phi_0 + \dots + \rho^n\Phi_0 = \rho\Phi_0 (1 + \rho + \rho^2 + \dots + \rho^{n-1})$$

toplamı ile meydana gelir. $\rho < 1$ ve $n = \infty$ için parantez içerisindeki geometrik dizinin toplamı $(1/1-\rho)$ 'ya eşit olduğundan

$$\Phi_{\text{end}} = \frac{\rho}{1-\rho} \Phi_0 \quad (3.11)$$

olur. Buna göre ölçme penceresindeki $E_{\text{end}} = E_p$ aydınlık düzeyi için

$$E_{\text{end}} = E_p = \frac{\Phi_{\text{end}}}{4 \pi r^2} = \frac{1}{4 \pi r^2} \frac{\rho}{1-\rho} \Phi_0 \quad (3.12)$$

veya Φ_0 toplam ışık akısı için

$$\Phi_0 = 4 \pi r^2 \frac{1-\rho}{\rho} E_p$$

formülü bulunur. Genel olarak kaynağın toplam ışık akısı ile ölçme penceresindeki aydınlık düzeyi arasında geçerli olan bu bağıntı , kaynağın küre içindeki durumuna ve ışık dağılım eğrisine bağlı değildir, fakat Ulbricht küresinin iç yüzey yansıtma faktörü bire yakın değilse o zaman küre içindeki ışık kaynağı ve ekran birer yabancı cisim olarak etkirler. Dolayısıyla ölçme penceresindeki aydınlık düzeyi bunların durumuna bağlı olur.

Bir kaynağın Φ_0 toplam ışık akısı , ya karşılaştırma yöntemi ile veya mutlak ölçme yöntemiyle ölçülür. Karşılaştırma yönteminde toplam ışık akısı bilinen etalon bir lambanın Φ_n ışık akısı ile toplam ışık akısı ölçülmek istenen lambanın Φ_x ışık akısının ölçme penceresinde meydana getirdikleri E_n ve E_x aydınlık düzeyleri sübjektif ve objektif olarak karşılaştırılırlar.

$$\Phi_n = k E_n \quad \text{ve} \quad \Phi_x = k E_x$$

olduğundan

$$\Phi_x = \Phi_n \frac{E_x}{E_n} \quad (3.13)$$

olur.

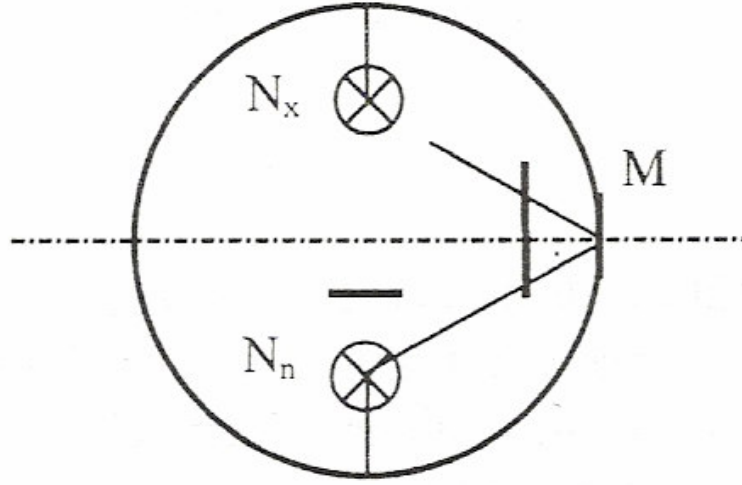
Laboratuvarda Ulbricht küresinin ölçme penceresine bir fotopil yerleştirilmiş olup ışık akısı bilinen bir etalon lamba konduğu zaman fotopilin önündeki diyafram açıklığı değiştirilmek suretiyle galvanometrenin sapması bir ϑ_n değerine ayar edilir. Sonra ışık akısı ölçülecek lamba konur ve buna karşı düşen ϑ_x sapması okunur. Böylece Φ_x ışık akısı

$$\Phi_x = \Phi_n \frac{E_x}{E_n} = \Phi_n \frac{\vartheta_x}{\vartheta_n} \quad (3.14)$$

formülü ile kolayca hesaplanabilir.

İstenirse N_n lambası ölçme penceresine göre N_x in simetriğine konur ve ayrıca küçük bir ekranla ekranlanır (Şekil 3.27). Böylece ışık kaynağı etalonaja katılmış olur. Bu durumda önce N_n lambası ile E_n aydınlık düzeyi, dolayısıyla ϑ_n sapması, sonra da N_x lambası ile E_x aydınlık düzeyi, dolayısıyla ϑ_x sapması okunur ve gene yukarıdaki bağıntı yardımı ile Φ_x ışık akısı hesaplanır.

Mutlak ölçme yönteminde ise ışık akısı, ışık şiddeti etalonu ile ölçülür.



Şekil 3.27 : Işık kaynağını etalonaja iştirak ettiren Ulbricht küresi.

Bir kez bir hücrenin aydınlanması bilindiğinde, kaynağın ürettiği toplam ışık akısı hesaplanabilir. Pratikte, fotosel üzerindeki dolaylı aydınlanma ile toplam ışık akısı arasındaki ilişkiye ulaşılamaz. Bunun sebepleri aşağıdaki gibidir:

- Dalga uzunluğundan bağımsız bir yansıma elde etmek fiilen imkânsızdır.
- Kürenin iç yüzeyinin bütün noktalarında boya katmanının hiçbir zaman aynı yansıtıcılığı yoktur.
- Paravan, ışık kaynağı ve bunları yerine sabitlemeye yarayan kablolar ışığın dağılma şeklini etkiler.
- Fotosel göz hassasiyeti eğrisine tam bir Şekilde eşleştirilemez.

Ancak, ölçüm değişim prensibine göre yapıldığından bu farklı etkenlerin getirdiği hatalar pratikte ihmal edilebilir.

3.2 Fotometrik Veriler

Aydınlatma tasarımcısı için gerekli olan fotometrik veri ilk olarak iç veya dış aydınlatma ile ilgili olmasına ve kullanılan aydınlatma tipine bağlı olarak verilecektir.

3.2.1 İç Aydınlatma

İç aydınlatmada kullanılan aydınlatma armatürleri üç ana sınıfa ayrılabilir:

1. Genel amaçlı iç aydınlatma armatürleri

Bunlar belirli bir alanda genel ve özel aydınlatma için kullanılan aydınlatma armatürleridir (örn. bir ofis veya atölye)(Şekil 3.28).



Şekil 3.28 : Genel amaçlı iç aydınlatma armatürleri.

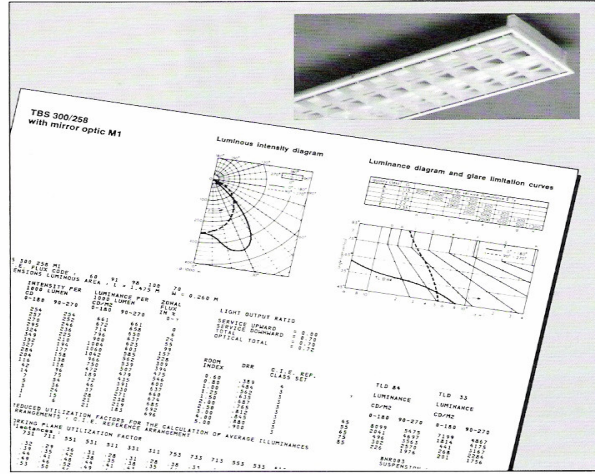
Genel amaçlı aydınlatma armatürleri belirli bir alanda belirli bir aydınlatma düzeyine ihtiyaç duyulduğunda kullanılanlardır. Burada aydınlatma tasarımcısının her şeyden önce aydınlatma armatürünün uzaysal ışık dağılım bilgisine ihtiyaç vardır. Bu yukarıda anlatıldığı Şekilde, goniofotometre tarafından ölçülebilir. Işık dağılımını doğru Şekilde tanımlamak için ihtiyaç duyulacak düzlemlerin sayısı içerdiği simetri derecesine bağlı olacaktır. Tablo 3.2, farklı aydınlatma armatür tiplerine göre önerilen ölçüm düzlemlerinin sayısını ve iki bitişik düzlem arasındaki açığı vermektedir . Belirli bir düzlemde açısız ölçüm artışı genelde 5 ila 10 derece olarak ayarlanmıştır.

Tablo 3.2 : Önerilen ölçüm verileri [2].

Armatür tipi	Düzlem sayısı	Bitişik düzlemle arasındaki açı	Düzlemin doğrultusu
Düzlem simetrisi	1	0°	
İki düzlemde simetri	2	90°	
Yayıcı ya da panellerle uygun	3	45°	
Aynasal yansıtıcı ile uygun	4	30°	
Asimetrik	7	30°	

Genel amaçlı bir iç aydınlatma armatürü için tipik bir fotometrik veri sayfası Şekil 3.29’da gösterilmiştir. Ancak burada en öncelikli olarak dikkat edilmesi gereken, aydınlatmanın ışık dağılımı ile ilgili fotometrik veridir (üst sağ köşeye bakınız). Örnek, kare petekli louvre takılmış tüp flüoresan lambalı aydınlatma armatürü içindir. Görülebileceği gibi, söz konusu aydınlatma armatürünün ışık dağılım eğrileri sadece iki düzlem için verilmiştir.

1. Aydınlatma armatürünün boyuna ekseninden geçen düzlem (noktalı çizgi).
2. Armatürün boyuna eksenine dik düzlem (düz çizgi).



Şekil 3.29 : Genel amaçlı iç aydınlatma armatürü için, beyaz kare petekli panel ve gözlü ayna yansıtıcı ile donatılan iki lambalı tüp flüoresan armatürün tipik bir fotometrik veri sayfası örneğidir.

Işık şiddeti değerleri belirli bir lamba için mutlak ifadelerle belirtilmemiş, 1000 lümen değerler olarak verilmiştir. Belli bir doğrultudaki ışık şiddeti, ışık dağılım eğrisinden okunan değer, kullanılan lambanın kilolümen cinsinden ışık akısı değeri ile çarpılması ile bulunur. Böylece aynı eğri, farklı lambalı armatürler için de kullanılabilir.

2. Vurgulama spotları

Bunlar genel anlamda vurgulama ışığı sağlamak için kullanılan spotlardır (örneğin bir dükkan veya mağazada). Genel aydınlatma düzeneklerine ilave olarak da kullanılabilirler (Şekil 3.30).



Şekil 3.30 : Vurgulama spotlu iç aydınlatma armatürleri.

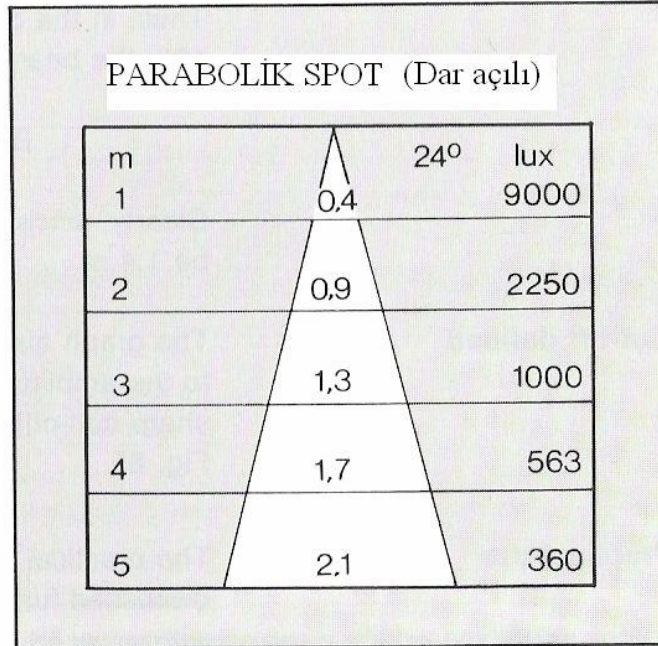
Bu tip aydınlatma armatürleri, sadece vurgulama aydınlatması sağlamak için tasarlanmıştır. Esas olarak ışık ışını kontrolleriyle karakterizedirler ve çoğunun döner simetrik ışık dağılımı vardır. Burada hangi aydınlatma düzeyinin sağlandığından ziyade, belirli bir durumda aydınlatma etkisinin ne olacağı ile ilgilenilmektedir. Çünkü vurgulama aydınlatmasında belli bir ortam elde etmek için bilerek parlıltı farklılıklarının yaratılması ilk hedeftir. Bunun için belirli bir spot ışık tarafından oluşturulan ışıklı alanın boyutuna ve keskinliğini bilmek çok faydalıdır.

Yarı Yoğunluk metodu :

Spot ışıklarla ilgili fotometrik verileri sunmanın geleneksel yolu yarı-yoğunluk adı verilen şemaların kullanılmasıdır. Bu bir spot ışığının ışık dağılım özelliklerini belirtmek için veri sayılarının çoğunda kullanılan yöntemdir.

Tipik bir yarı-yoğunluk şeması, farklı mesafelerden ışının kapsadığı alanın çapını da tanımlayan ölçekle beraber Şekil 3.31’de verilmiştir. Yarı yoğunluk şeması sabit bir aydınlık düzeyi yaratmak için spot gerektiğinde, faydalı bir yardımcıdır. Sınırlamaların farkında olmayan biri için ise yanıltıcı olabilir. Kullanılan terminoloji ve benimsenen sunumdan beklenenin aksine, böyle bir şemada belirtilen ışın genişlikleri insan gözüyle algılandığı Şekilde ışının fiili genişliğine değil sadece içinde maksimum değerin yüzde ellisinden fazla yoğunluk olan hesaplanmış ışın genişliğine karşılık düşer.

Şeklin anlamını bilmeyen kişiler için bu Şekilde gösterim yanıltıcı olabilir. Örneğin Şekil 3.31’deki spot tarafından 4 metre uzaklıktaki yüzey üzerinde 1,7 metre çaplı bir dairesel alanın aydınlatabileceği düşünülebilir. Oysa ki gerçekte bu alanın iki katı genişliğindeki bir alan aydınlatılabilir. Bir spotun gerçekte, aydınlatabileceği yüzeyi tahmin edebilmek deneyimli bir aydınlatma tasarımcısı için bile zordur .



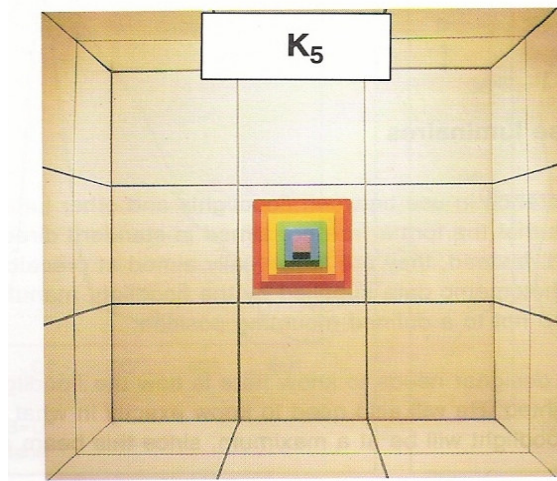
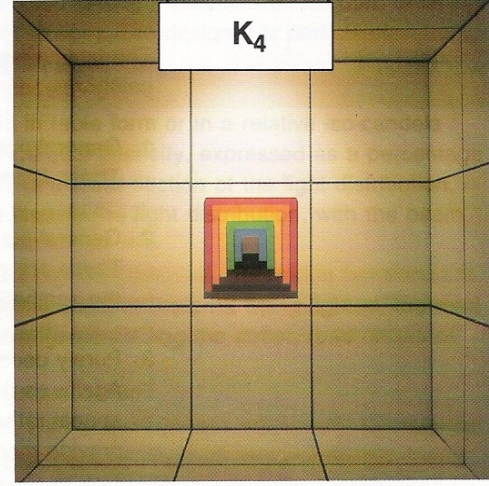
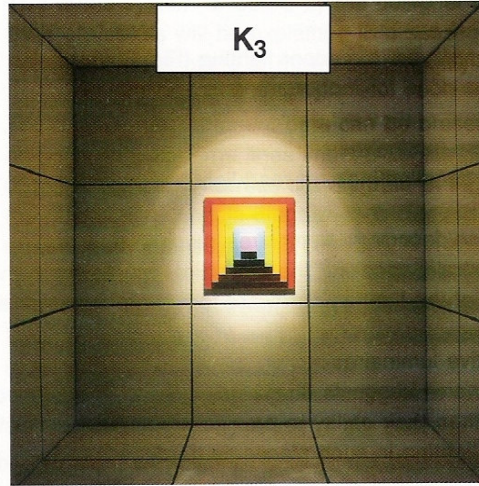
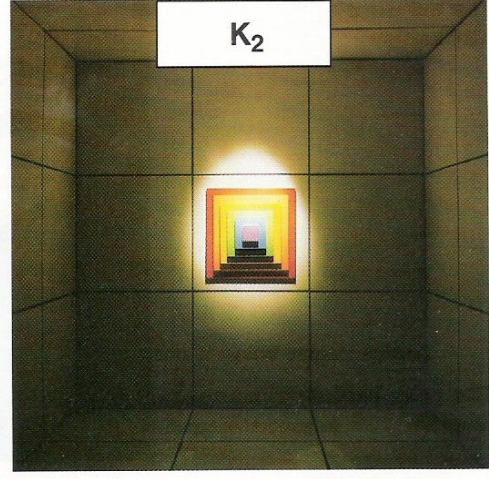
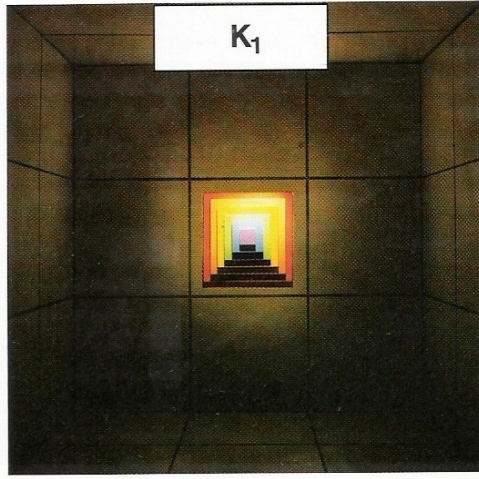
Şekil 3.31 : Tepe açısı 24° olan ışın dağılımına sahip küresel yansıtıcılı bir sahne ışığı örneğidir.

K-Işın sınıflandırması :

K-Işın sınıflandırması adıyla, ışınları analiz eden yeni bir bilimsel yöntem son yıllarda geliştirilmiştir. Bu sistem ışının ana bölümlerinin tanımlanmasına ve görsel etkisinin boyutunun tahmin edilmesine olanak verir. Çok basit olarak, sistemin arkasındaki düşünce şu şekilde anlatılabilir. Bir ışık kaynağı belli bir yansıtma özelliğine sahip düzgün dağıtıcı bir yüzeyden belli bir mesafe uzağa yerleştirildiğinde, söz konusu yüzeyden oluşan aydınlatmanın dış çizgileri oluşan aydınlık düzeyi farklılıkları ile belirlenir. Aydınlık düzeyi farklılıkları arttıkça, kontrast artar, dolayısıyla görülebilirlik artar. Yöntem, ışık kaynağı tarafından aydınlatılan yüzeyde oluşacak ışının gerçek boyutlarını belirlemeye yarar. Örneğin 10° tepe açılı ışın yayan bir spot tarafından 4 metre uzaklıktaki oluşturulan aydınlık alanın genişliği (AG) aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$AG = 2 \times 4 \times \tan 5^\circ = 0.7 \text{ metre}$$

Kullanılan spotun tepe açısı 20° olduğunda aynı mesafede oluşan aydınlık alanın boyutu 1,4 m olacaktır. Şemalar aynı zamanda ne kadar saçılan ışık olduğunu da göstermektedir. Görsel etkiler tepe değerlerine bağlıdır ve K1'den K5'e kadar sınıflandırılır. K-Işın sınıflandırması resim olarak Şekil 3.32'de gösterilmiştir.



Şekil 3.32 : K-Işın sınıflandırması.

3. Dekoratif aydınlatma armatürleri

Bunlar dekoratif görünümlü aydınlatmalardır. Belirli bir ışık dağılımı sağlamaktan çok estetik çekicilikleri için tasarınırlar. Bir atmosfer yaratmak (örn. ev ya da içi), bazen çalışma veya okuma ışığı sağlamak için kullanılırlar (örn. bir ofiste veya oturma odasında). Burada aydınlatmanın şekli ve rengi de yaratılabilecek aydınlatma etkileri kadar önemlidir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33 : Dekoratif iç aydınlatma armatürleri.

3.2.2 Dış Aydınlatma

Dış aydınlatmada kullanılan aydınlatma armatürleri üç ana sınıfa ayrılırlar.

1. Genel amaçlı aydınlatmalar

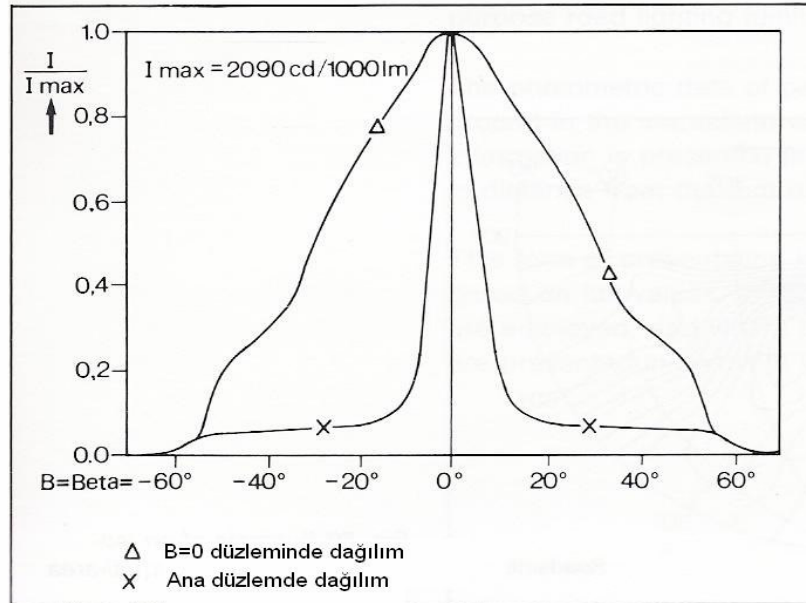
Bunlar projektörler ve yol aydınlatma armatürleridir. Projektörler ve dış aydınlatmada kullanılan diğer tip aydınlatma armatürleri arasındaki temel farklılık, projektörlerin aydınlatılmakta olan alanda belli yönlere yönlendirilmemiş olmalarıdır. Bireysel olarak önceden hesaplanmış noktaları hedeflerler ve bu da projektör imalatçısının sağlayacağı fotometrik verinin belirli bir montaj pozisyonu için değil projektörün kendisiyle ilgili olması gerektiği anlamına gelir (Şekil 3.34).

Projektör kullanılarak yapılan aydınlatma tasarımlarında, aydınlatılan alanda yayılacak ışığın karakterinin bilinmesi önemlidir. Ayrıca, maksimum ışık şiddetinin yönü ve değerinin de bilinmesi gerekir. Projektörlerin ışık şiddeti dağılımları genelde B- β koordinat sisteminde verilir. Bu sistem, özellikle maksimum ışık şiddetinin oluşacağı alan ile ilgilenen tasarımcı için kullanım kolaylığı sağlar (Şekil 3.35).



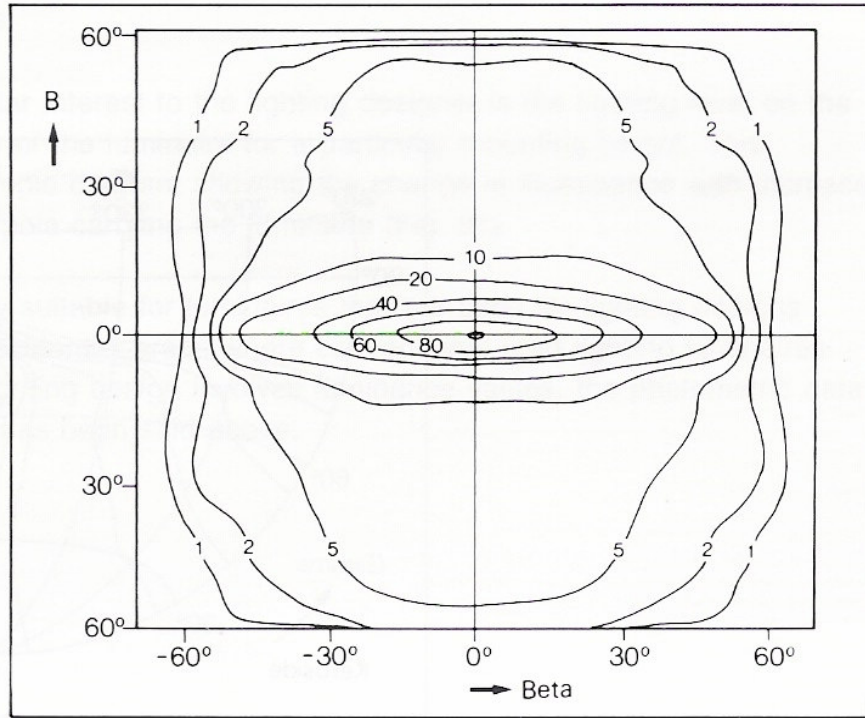
Şekil 3.34 : Genel amaçlı aydınlatma için kullanılan dış aydınlatma armatürleri.

Orijinal ölçüm sonuçları tablo veya eş ışık şiddeti eğrileri ile verilebilir. Eğriler, her bir B düzleminde belirli β açılarında oluşan ışık şiddeti değerlerinin, maksimum ışık şiddetine oranı olarak bulunan bağıl değerlere göre çizilmiştir. Aynı değere sahip noktalar birleştirilerek eş ışık şiddeti eğrileri elde edilmiştir (Şekil 3.36).



Şekil 3.35 : Projektör için ışık şiddeti dağılım eğrisi. Düşey düzlemdeki dağılım ve maksimum ışık şiddetini gösterir.

Projektörler genelde aydınlatılmakta olan alanın belli bir noktasını hedeflerken, yol aydınlatma armatürleri ise daha önceden tanımlanmış aydınlatma kriterlerini sağlayacak şekilde, yol veya sokak geometrisine uygun olarak yerleştirilirler. Yol aydınlatması armatürlerinin ışık dağılım eğrileri genelde, iki yönde, 60° veya 70° ’lik



Şekil 3.36 : Bağlı eş-ışık şiddeti (izokandela) eğrileri.

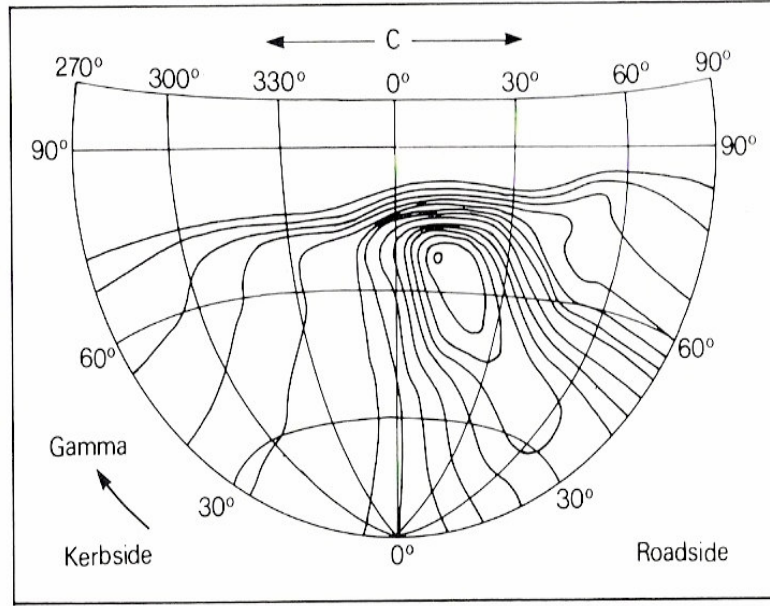
açılarda maksimum değer sahip yarasa kanadı şeklindedir. Armatürün tam altındaki düşey doğrultudaki ışık şiddeti oldukça sınırlıdır (Şekil 2.44). Projektör aydınlatmalarında olduğu gibi yol aydınlatma armatürlerinde de fotometrik veriler üç farklı Şekilde verilebilir.

1. Tablo şeklinde,
2. Işık şiddeti dağılım eğrileri olarak,
3. Bağlı eş-ışık şiddeti eğrileri olarak.

Işık şiddeti dağılımının en iyi gösteriliş yöntemi poler fotometrik eğrilerdir (Şekil 3.8). Bu eğriler genelde, yolun boyuna eksenine paralel ($C=0^\circ$ ve $C=180^\circ$), ($C=90^\circ$) ve maksimum ışık şiddetinin ($I_{maksimum}$) olduğu düzlemde olmak üzere üç dağılım olarak verilir. Işık şiddeti dağılımlarının en kapsamlı gösterimi, yarı-küresel bir yüzeyde çizilen eş-ışık şiddeti (izokandela) eğrileri ile yapılır. Yarı-küre yüzey iki boyutlu kağıt düzlemine dönüştürülerek, grafiksel gösterim gerçekleştirilir (Şekil 3.37).

2. Genel amaçlı/dekoratif aydınlatmalar

Bunlar genel anlamda aydınlatma estetiğinin , yaratılan aydınlatma etkisi kadar önemli olduğu konut bölgelerinde kullanılan aydınlatmalardır (Şekil-78). Genel amaca yönelik dekoratif işlevi olan dış aydınlatma armatürleri genellikle konutların olduğu bölgelerde kullanılır. Burada sadece yeterli miktar ve nitelikte aydınlatmaya değil, gündüz saatlerinde de bakılması hoş bir görüntüye ihtiyaç vardır. Işık dağılımlarının genelde simetrik olması nedeniyle, fotometrik ölçümler C- γ koordinat

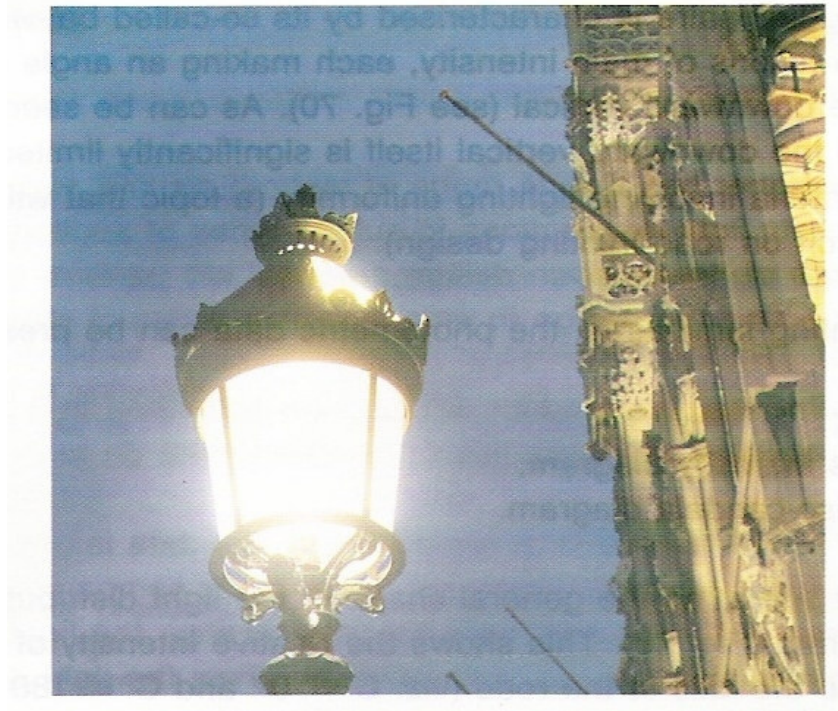


Şekil 3.37 : İki boyutlu düzlemde eş-ışık şiddeti (izokandela) eğrileri.

sistemini kullanarak sadece iki düzlemde yapılmaktadır. Ölçümdeki açısal değişimler genel amaçlı yol aydınlatmalarıyla aynıdır. Tasarımcının ilgisini özellikle çeken fotometrik veri belli bir montaj yüksekliği için aydınlatmanın hemen yakınında yerde olan aydınlatma düzeyidir. Bu bilgi aydınlatmayı taşıyan direğin dibinden uzaklaştıkça aydınlanmadaki değişimi gösteren basit bir şemayla gösterilir. Bu sunum şekli sadece aydınlık düzeyi (lüks) değerlerine dayalı olarak yapılan aydınlatma armatür tasarımlarında kullanılan aydınlatmalara uygundur. Geleneksel aydınlatmanın kullanıldığı ve aydınlatma tasarımının aydınlanma değerlerini içerdiği konutsal alanlarda fotometrik veriler yukarıda belirtilenlere uygun olarak verilir.



Şekil 3.38 : Genel amaçlı/dekoratif aydınlatmalar için kullanılan dış aydınlatma armatürleri.



Şekil 3.39 : Sadece dekoratif aydınlatma için kullanılan dış aydınlatma armatürleri.

3. Tamamen dekoratif aydınlatmalar

Yine isimlerinden anlaşıldığı gibi, bunlar belli özelliklerde ışık dağılımı sağlamalarından çok, estetik hislere hitap etmeleri amacıyla tasarlanan armatürlerdir. Genelde, park ve bahçeler, alış-veriş ve gezinti yollarında kullanılırlar (Şekil 3.39).

4. SOLİD WORKS OPTİS

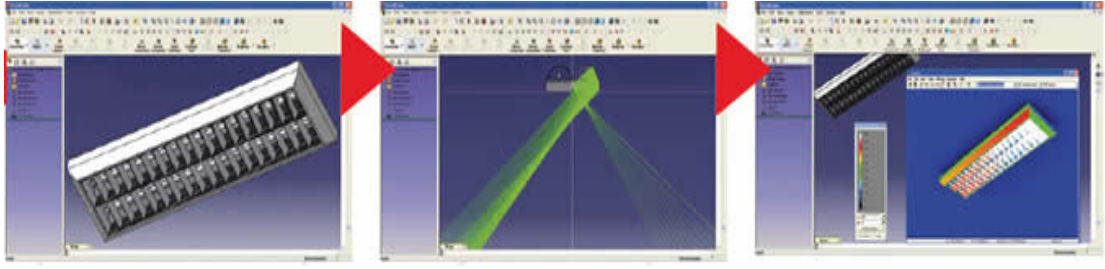
4.1 Armatür Tasarım Bilgisayar Programı (Solid Works Optis) Hakkında Genel Bilgiler

1989'da kurulan OPTIS, tüketici elektroniği, otomobil, hava sahası, savunma, aydınlatma armatür sanayi ve geleneksel optik gibi alanlarda verimliliklerini aydınlatma sistemi tasarımı bakımından arttırmak isteyen imalatçılar tarafından tercih edilen tedarikçi firmadır. OPTIS, başta Avrupa, A.B.D. ve Asya olmak üzere, 3M, Alcatel, Alstom, Bombardier, CEA, Ericsson, Hitachi, Koito, NASA, Nikon, Nissan, Osram, Philips, Porsche, Samsung, Sony, Thales gibi birçok firma dahil, tüm dünyada 1200'den fazla müşteriye hizmet vermektedir.

OPTIS, anahtar teslimi yazılım çözümleri, müşteri arzusuna göre hazırlanmış yazılım ve de teknik danışmanlık hizmetleri sunmaktadır. Şirket 17 yıllık süreçte sürekli büyüme ve kar artışı sağlamaktadır. Gelirlerinin %35'ini Araştırma ve Geliştirmeye yatırmıştır. Şirket içerisinde 35 mühendis (optik / mekanik / Yazılım geliştiricileri) hizmet vermektedir. Toulon – Fransa'da bir şirket merkezi, Kuzey Amerika (Montreal)'da yan kuruluş, Japonya (Tokyo)'da teknik ehliyet merkezi, Almanya, (Stuttgart)'ta ofis alanında hizmet vermektedir.

1989'dan 2006'ya kadar şirketin gelişmesi aşağıda gösterilmiştir.

	1989
Fotometrinin simülasyonuna yönelik ilk yazılım (ışığı ölçmek ve analiz etmek için),	1993
Lazer yayılımının simülasyonuna ilişkin ilk yazılım,	1995
Bilgisayar Destekli Tasarım mekanik sistemleri için optik tasarıma yönelik ilk yazılım: SPEOS,	1998
Kolorimetrik simülasyona yönelik ilk yazılım (renk analizi),	2000
Tamamen optik simülasyona dayanan ilk yazılımın oluşturulması,	2002
Bilgisayar Destekli Tasarım yazılımına dahil edilecek ilk optik yazılım (CATIA V5),	2003
Görsel Ergonomiğin simülasyonuna yönelik ilk çözüm,	2004
Fiziğe dayanarak insan vizyonunun oluşumuna imkan veren ilk çözüm,	2005
Optik ve aydınlatma sistemlerinin otomatik olarak optimal düzeye getirilmesine yönelik ilk çözüm,	2006
2005 (OptisWorks Stüdyosu) Bilgisayar Destekli Tasarım motoruna dayanacak 1'inci optik yazılım,	



Optis Works programı yardımı ile aydınlatma analizi yapılabilir, mekanik optik sistemde aktif 3 boyutlu ışın takibi ile verimlilik kontrol edilebilir, fotometrik özellikler simüle ve analiz edilebilir, parıltı & yoğunluk ölçümü yapılabilir, fotometrik sonuçları optimal düzeye getirilebilir, standartlara uygunluğu kontrol edilebilir, çoklu sanal aydınlatma prototipleri olarak kullanılabilir, kolay analiz için 2 boyutlu & 3 boyutlu eşleme sonuçları elde edilebilir. Optis programında parıltı, radyometri ve kolorimetri değerleri güncellenebilir, kaynak, malzeme & yüzey kitaplıkları kullanılabilir, yeni lamba yaratılabilir.

Optis Works programı sayesinde fotometrik & ışık simülasyonu uygulamaları, optimize edilmiş mekanik optik tasarımı ve fiziğe dayanan gerçekçi foto oluşumu sağlar. Optis Works optik & mekanik tasarımcılar için ortak çalışma alanı sunar ve tasarım süresi & maliyeti %70 azalmıştır. Ayrıca kolay ve sınırsız sanal prototip oluşturma imkanı verir ve paralel optik & mekanik parametreleştirme sağlar.

Optis Works programı bir noktasal kaynaktan veya dağıtıcı bir geometriden interaktif ışın yayılımı sağlar. Ayrıca çoklu kullanıma imkan tanır ve fotometrik optimizasyon sağlar. Optis Works programında aydınlatma simülasyonu için interaktif eşlem (Yoğunluk dağılımı-3 boyutlu aydınlatma eşlemi) ve sanal fotometre laboratuvarı mevcuttur. Optis Works programı gerçek kaynaktan yayılım sağlar.

Optis Works programında bir elemanın otomatik olarak değiştirilmesi, çevre parçaların güncelleştirilmesine yol gösterir. Bu programda fiziğe dayalı yaklaşım mevcuttur ve aydınlatılmış ve aydınlatılmamış görüntü olarak iki çeşit görüntü bulunmaktadır.

Optis Works programı SolidWorks® 'e %100 entegre edilmiştir. Kaynak, malzeme, yüzey, optik eleman kitaplıkları ile tedarik edilmektedir. Ayrıca standartlara uygunluğun doğrulanmasına olanak verir. Optis Works programı aydınlatma sistemi kalitesini ve verimliliğini geliştirmek için çoklu senaryoların erken simüle edilmesine olanak verir.

Optis Works programı için gerekli bilgisayar sistemi aşağıda belirtilmektedir.

Donanım:

İşletme sistemi	Gerekli bellek
Windows 95	128 Mb
Windows 98	128 Mb
Windows NT 4.X	128 Mb
Windows 2000/XP	128 – 256 Mb

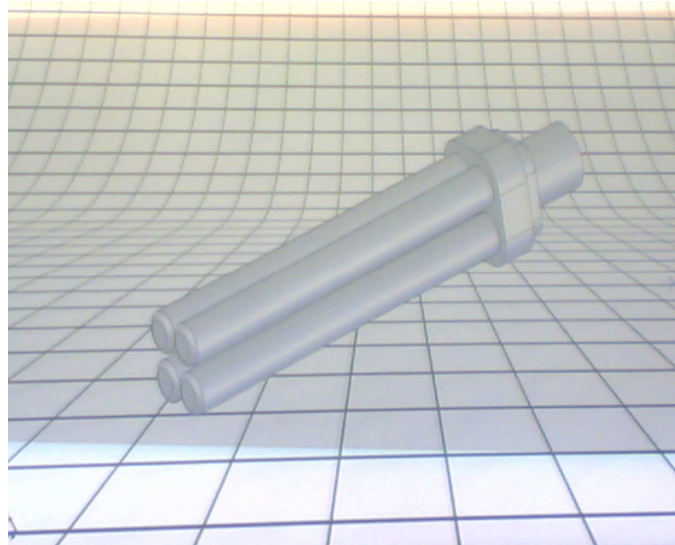
- 100 Mb serbest alana sahip geniş sürücü (asgari ~2 Go),
- Açık GL tabakasını destekleyen bir grafik kartı. Grafik kartınız, Açık GL ile uyumlu değilse 3 boyutlu bir görüntüyü görüntülerken birtakım sorunlarla karşılaşabilirsiniz. Bu kartta 8 – 16 Mb'lık belleğe sahip olmak önerilmektedir. 16 milyon renk ve 800 x 600 (asgari) çözünürlük ile şekillendirilmelidir. (1024x768 tavsiye olunur),
- Bir şebeke adaptörü.

Yazılım :

- Windows NT (SP5 veya 6), 2000 veya XP aileleri (95 ve 98 de desteklenmekte, fakat önerilmemektedir),
- IE 5.0 veya daha yüksek kurulumun kurulması gereklidir,
- OpenGL (Açık GL) elemanı doğru olarak kurulmalı ve en son sürücüler tesis edilmelidir.

4.2 Solid Works Optis Programıyla Pm Downlight Armatürünün Tasarımı

Solid Works ve Optis programını yapan firma Fransa kökenli bilgisayar programları konusunda uzman bir kuruluştur. Solid Works programı mekanik tasarım yapmak , Optis programı ise optik tasarım yapmak için kullanılır. Yansıtıcı tasarımına başlamadan önce kullanacağımız lambaya karar vermemiz gerekmektedir. Optis'in kütüphanesinde Osram marka lambaların çizimleri bulunmaktadır. Philips marka lamba kullanmak istersek kütüphane kayıtları olmadığı için, bu lambaların çizimlerini yapmamız gerekmektedir. Bu armatür tasarımında Philips markalı PLC 26 W lamba seçilmiştir. Lambaya ait bilgilerin ve lamba yüzey materyallerinin belirlenmesi gerekmektedir. İlk olarak seçtiğimiz lambanın bire bir örneğini Solid Works ile çizdikten sonra, Optis programındaki“define geometry as source” (kaynak olarak ışığın lümenini belirleme) komutu ile lamba yüzeyi seçilmiştir. “define” (tanımla) komutu ile lümen alt başlığını işaretleyip kaç lümen olduğu yazılmıştır. Bunu onayladıktan sonra, “set surface quality” menüsünden lamba yüzeyini seçerek “define” bölümüne girerek Optis'in standart kütüphanesinin içinde bulunan “surface” klasöründen “turk surface” komutu ile malzeme yüzeyi tanıtılmıştır.

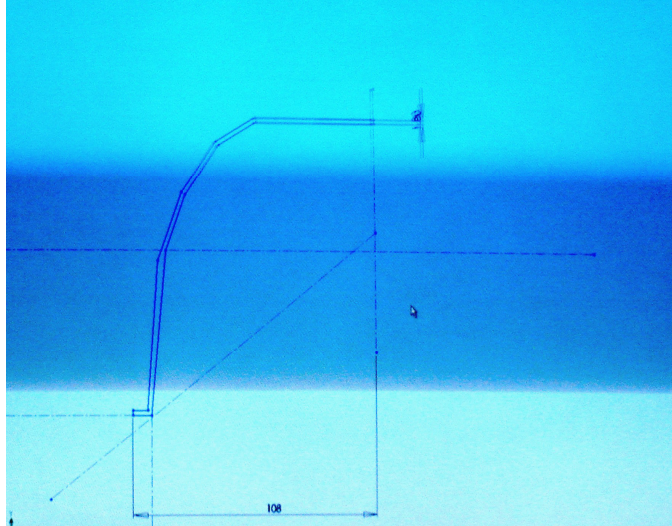


Şekil 4.1 : Solid Works Optis programı ile PLC 26 W lamba çizimi.

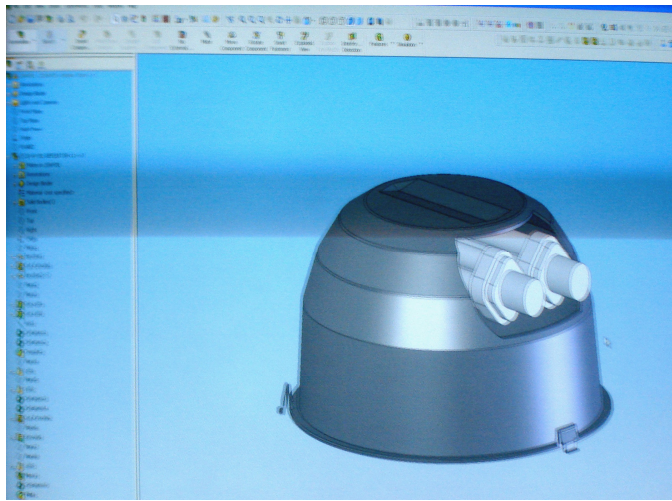
“Park preference” klasöründen “surface quality” alt başlığından optisin kütüphanesine girerek “lambortien surface” komutunu aktif hale getirerek yüzeyi tanımlanmıştır. Artık lambamızın çizimi tamamlanmıştır (Şekil 4.1).

Bundan sonra yansıtıcı tasarımı yapılmıştır. Yansıtıcı tasarımında en önemli nokta ağız açıklığı ve lambanın boyutudur. Yani boyu ve enidir. Bizim çalıştığımız armatürün ağız açıklığı 50^0 (kat-1)’dir. Ağız açıklığı kat-1 50^0 , kat-2 60^0 ve kat-3 70^0 şeklinde sınıflandırılmıştır. Parabolik bir yay çizilmiştir. Yay üzerinde oynayarak yansıtıcının kırıklı hale gelmesi sağlanmıştır (Şekil 4.2).

“Ofset” komutu ile malzemenin et kalınlığı verilmiştir. Burada 1,8 m seçilmiştir. “Revolve” komutu ile malzeme katı model haline getirilmiştir. Daha sonra yansıtıcı malzemeleri belirlenmesi gerekmektedir. Optis’in kütüphanesinde standart malzemelerin değerleri bulunmaktadır. Ancak yeni bir malzeme kullanırsak, Fransa’ya numune göndererek yüzeyin yansıtma değerleri hesaplatılarak programa eklenmektedir. Daha sonra montaj sayfasına geçilmiştir. Lambamız yansıtıcının içine konularak çizim tamamlanmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.2 : Solid works optic programı ile yansıtıcının çizilmesi.

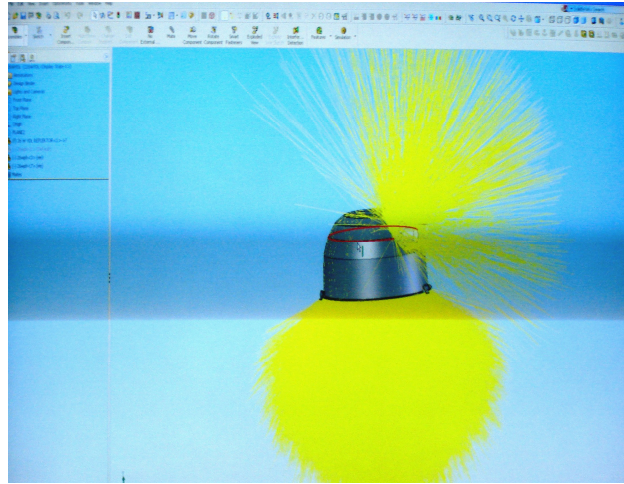


Şekil 4.3 : Solid works optic programı ile yansıtıcının ve lambanın bitmiş hali.

Bundan sonra simülasyonlara geçilmiştir. Bu çalışmada 1000 (Şekil 4.4), 10.000 (Şekil 4.5), 100.000, 200.000, 400.000, 600.000, 800.000, 1.000.000, 2.000.000, 4.000.000, 6.000.000, 8.000.000 ve 10.000.000 ışın değerleri için ışık şiddeti dağılımı bulunmuştur.

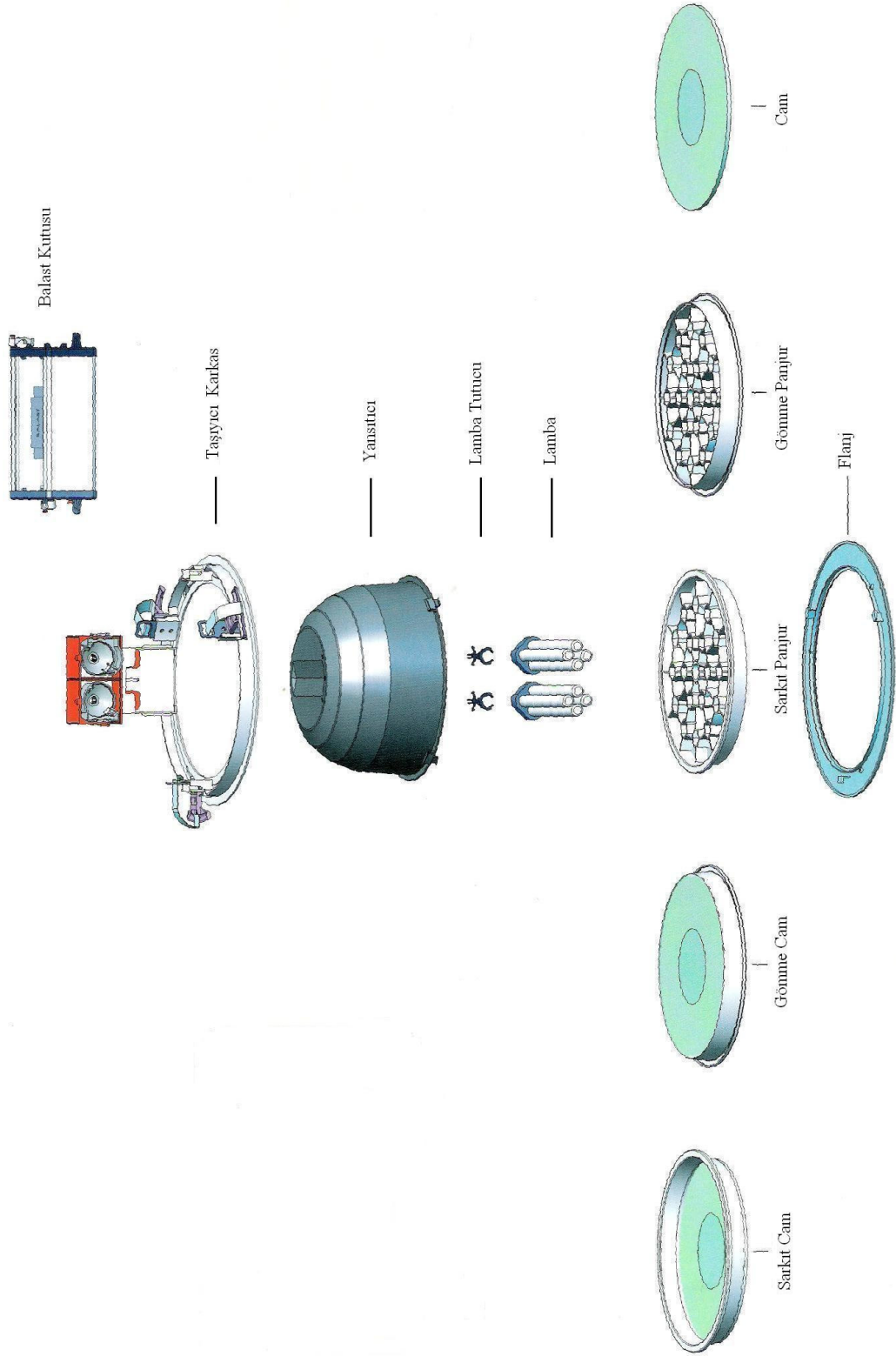


Şekil 4.4 : Lambadan çıkan 1000 ışın için yansıtıcı tasarımı.



Şekil 4.5 : Lambadan çıkan 10.000 ışın için yansıtıcı tasarımı.

4-3-) PM DOWNLIGHT ARMATÜRÜ HAKKINDA BİLGİ



Şekil 4.6 : PM Downlight armatürünün montajı.

Pm Downlight Genel Özellikleri

PM Downlight armatürleri, alet kullanılmadan pratik ve hızlı montaj yapılabilen gömme armatürlerdir. PM Downlight armatürlerde optik tasarım yapılmış, yüksek verimli, düzgün ışık dağılımlı yansıtıcılar kullanılır. PM Downlight armatürlerde kullanılan malzemelerin teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Yansıtıcı : Yansıtıcı tasarımında Vakum-Metalizasyon yöntemi ile %99,99 saflıkta alüminyum kaplanan; darbelere, aleve ve UV'ye dayanıklı; toza, el izine, çizilmeye karşı ekstra koruma sağlayan ve silinebilen koruyucu kaplamalı polikarbon kullanılmıştır.

Gövde : Darbelere, aleve ve UV'ye dayanıklı polikarbon karkas malzeme kullanılmıştır.

Duyalar : ENEC belgeli yanmaz duy kullanılmıştır.

Balastlar : Standart olarak; CELMA indeksi $EEI=B_2$ sınıfı manyetik balast, CELMA indeksi $EEI=A_2$ sınıfı elektronik balast, opsiyonel olarak; CELMA indeksi $EEI=B_1$ sınıfı manyetik balast, CELMA indeksi $EEI=A_1$ sınıfı loşlaştırılabilir elektronik balast kullanılmıştır.

Balast Kutusu : Üstü şeffaf akrilik lensli, önceden galvanizlenmiş boyalı sac kullanılmıştır.

Opsiyonel Devre Elemanları : Manyetik balast kullanıldığında PFC/RFI kondansatör kullanılmıştır.

Cam : Bütün cam çeşitleri kırılmaya karşı dayanıklıdır. Kırıldıklarında ise kesici olmayan çok küçük parçacıklara ayrılarak dağılırlar. Böyle camlara temperli cam denir. Ayrıca PM Downlight armatürün bir diğer özelliği de önüne cam konulmadan da kullanılabilme özelliğidir.

Lamba : Philips marka 2*26 W kompakt floresan lamba kullanılmıştır.

5-) ÖLÇÜM VE TASARIM DEĞERLERİ

Yapılan simülasyonlar sonunda 1000, 10.000, 100.000, 200.000, 400.000, 600.000, 800.000, 1.000.000, 2.000.000, 4.000.000, 6.000.000, 8.000.000 ve 10.000.000 ışın değerleri için ışık şiddeti dağılımını eğrilerini Tablo 5.2 ile Tablo 5.14 arasında çizilmiştir.

Tablo 5.2 ile Tablo 5.14 arasındaki tablolarda da bu tezde kullanılan Solid Works Optis programı ile elde edilmiş tasarım değerleri gösterilmiştir. Tablo 5.1’de verilen ölçüm değerlerinden Tablo 5.2 ile Tablo 5.14 arasındaki tablolarda verilen tasarım değerlerini mutlak değer olarak çıkartarak elde edilen yeni tablolar Tablo 5.15 ile Tablo 5.27 arasında gösterilmiştir. Bu tablolar excel ortamında grafik sihirbazı yardımı ile 1000 ışın, 10.000 ışın, 100.000 ışın, 200.000 ışın, 400.000 ışın, 600.000 ışın, 800.000 ışın, 1.000.000 ışın, 2.000.000 ışın, 4.00.000 ışın, 6.000.000 ışın, 8.000.000 ışın, 10.000.000 ışın değeri için C=0, C=15, C=30, C=45, C=60, C=75, C=90, C=105,....., C=345 değerlerinde Derece-fark eğrisi oluşturularak gösterilmiştir.

Tablo 5.28 ile Tablo 5.51 arasındaki tablolarda görülebileceği gibi 1000 ışın, 10.000 ışın, 100.000 ışın, 200.000 ışın, 400.000 ışın, 600.000 ışın, 800.000 ışın değerleri için fark değerleri çok büyük değişim gösterdiği görülmektedir. Bu yüzden yukarıda sayılan ışın değerleri çıkartılarak tablolar yeniden oluşturulmuştur. Tablo 5.52 ile Tablo 5.75 arasında bu tablolar gösterilmiştir.

Ölçüm değerleri ile tasarım değerleri karşılaştırılarak en gerçekçi tasarım fonksiyonlarına ulaşılması amaçlanmıştır. Fotometri laboratuvarı gonyofotometrik ölçmelerinin yapıldığı ortam ve kullanılan aygıtlar ile ilgili genel bilgiler aşağıda verilmiştir.

1. Çevre

Fotometri laboratuvarının tavan ve duvarları mat siyah boyalı, döşeme ise siyah halıflex kaplamadır. Masa, tabure ve benzeri eşyalar mat siyah boyadır. Laboratuvar bodrum katında olup ısısal kararlılığı iyidir ve hava akımları dikkate alınmayacak kadar düşüktür.

2. Maskeleme – Kaçak ışık

Fotosel, yalnızca armatürü görmektedir. Bu, armatür boyutuna göre çapları ve yerleri değişebilen arka arkaya iki maske ile sağlanmaktadır. Kaçak ışık, ölçme duyarlılığının altında kalmaktadır.

3. Ölçme gerilimi

Ölçme gerilimi, California Instruments firmasının 2001RP model güç kaynağı ile regüle edilmektedir. 2000 VA gücündeki 2001 RP ile 0-300Vac arasında 0.1 V aralıklarla herhangi bir gerilimde çıkış alınabilmektedir. Ayrıca çıkış frekansı 16 Hz ile 80 Hz arasında 0.01 Hz aralıklarla, 80 Hz ile 800 Hz arasında 0.1 Hz aralıklarla ve 800 Hz ile 5000 Hz arasında 1 Hz aralıklarla istenen frekansa ayarlanabilmektedir. İstendiğinde çıkış regülasyonu lamba uçlarından alınan sinyale göre yapılabilmektedir.

4. Işık akısı ölçümü

Armatür içindeki lamba yada lambaların ışık akısı, standart ölçme sonuçları alınabilmesi için, LMT marka Ulbrich Küresi ile belirlenmektedir.

5. Gonyofotometre

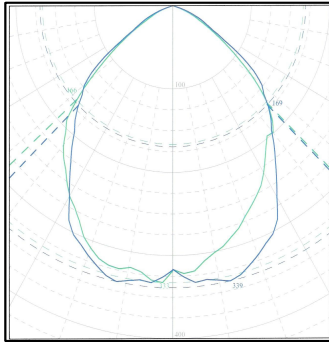
Kullanılan gonyofotometre üçüncü tiptir. Gonyofotometrenin açısal duyarlılığı yatayda 0.05 derece, düşeyde de 0.01 derecedir. Yatay ve düşey açı adımları, dünya standartlarına uygun olarak ve ışık şiddeti uzaysal dağılımı eğrilerinin yeterli hassasiyetlerde çıkartılabilmesi için, bilgisayardan belirlenebilmektedir. Armatür optik eksenini ile fotosel optik eksenlerinin çakıştırılması laser yardımı ile yapılmaktadır. Ölçmeler bilgisayar kontrollü ve tamamen otomatik olarak gerçekleştirilmektedir.

6. Aydınlık Düzeyi Ölçer (luxmetre)

Aydınlik düzeyinin ölçülmesi için Brüel&Kjær marka “Type 1105–Precision Photometer” kullanılmaktadır. Type 1105, 0.01 lux ile 1 Mlux arasında ölçüm yapabilmekte, bilgisayara 4 hanelik bilgi göndermektedir. Ölçüm aralığı bilgisayar aracılığı ile 0.1 saniyelik adımlarla 0.1 saniye ile 10 saniye arasında ayarlanabilmektedir. Bu ölçümlerde ölçüm aralığı 0.5 saniye olarak ayarlanmıştır.

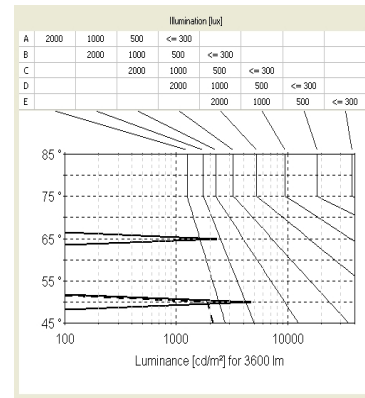
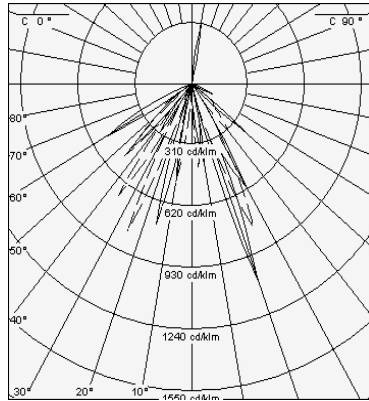
Tablo 5.1 : Armatürün ölçüm değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8	345.8
5 °	349.4	324.8	339.6	336.1	327.0	323.1	322.6	333.2	333.3	346.5	345.9	346.6	344.9	347.1	358.7	361.8	354.1	349.7	343.8	343.9	350.2	347.8	350.4	349.8
10 °	329.2	329.0	326.6	315.9	309.1	300.8	289.6	304.1	313.3	323.5	333.1	332.2	336.4	336.0	361.9	359.8	354.8	336.9	336.2	336.1	343.7	356.6	351.1	337.4
15 °	333.3	322.9	318.7	313.9	302.4	290.0	279.0	289.5	297.0	304.0	311.3	321.1	322.7	336.2	348.5	360.7	366.7	359.4	345.6	354.9	364.9	357.9	354.7	348.3
20 °	329.1	322.0	312.4	295.7	276.6	277.9	266.1	270.0	277.6	298.2	298.4	308.4	315.5	333.2	345.7	358.3	364.1	350.7	351.1	363.3	364.8	361.2	351.7	342.6
25 °	311.9	307.8	291.0	277.9	264.0	255.3	256.3	265.2	275.4	265.6	271.1	288.5	299.4	305.2	321.9	335.1	344.7	348.2	342.7	336.4	344.0	339.0	333.3	324.1
30 °	272.0	257.9	255.9	252.1	242.2	230.1	231.9	230.5	250.5	248.1	239.7	245.9	256.3	277.0	288.5	322.9	311.7	311.6	313.3	317.9	320.8	313.5	299.1	281.2
35 °	235.8	232.1	222.4	210.0	211.9	215.9	202.7	208.4	200.3	203.9	208.4	215.5	227.8	235.5	252.4	284.7	294.7	287.9	289.7	288.4	297.7	281.9	266.7	255.2
40 °	201.7	196.8	194.2	183.9	186.5	195.0	198.9	190.0	179.4	180.0	188.7	199.6	202.1	210.8	229.9	249.5	258.1	275.7	277.7	283.9	266.7	244.9	232.2	215.8
45 °	172.6	169.0	166.8	169.4	152.0	176.9	181.0	175.5	152.5	166.8	166.0	166.6	172.5	182.8	199.5	222.2	225.5	245.9	258.1	244.7	230.1	215.7	195.3	178.4
50 °	163.8	153.9	136.7	137.9	130.0	142.5	138.4	143.4	133.8	147.3	144.8	154.4	161.0	155.5	165.7	177.8	188.3	192.3	207.1	192.8	177.8	167.6	159.9	152.8
55 °	107.0	104.3	107.6	94.5	96.4	100.2	97.1	103.8	99.3	109.0	111.1	109.3	110.1	117.9	120.4	132.6	133.3	144.4	134.9	138.7	131.2	117.9	119.3	116.6
60 °	62.3	62.9	59.2	66.9	59.0	62.5	64.7	67.3	68.3	73.7	66.6	66.9	68.8	66.3	68.3	82.2	76.1	85.7	86.1	81.9	72.6	71.5	64.8	62.2
65 °	40.6	43.9	38.2	38.4	33.3	36.4	33.0	40.4	38.9	46.8	40.8	36.2	44.4	42.3	42.2	41.1	41.3	52.7	51.3	44.8	41.8	40.8	41.6	38.8
70 °	15.7	17.1	16.3	15.9	14.1	13.3	11.4	14.0	12.6	14.1	14.6	17.3	17.6	15.9	16.1	17.3	17.8	19.4	20.7	21.6	17.3	15.8	16.5	16.7
75 °	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
80 °	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
85 °	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
90 °	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1



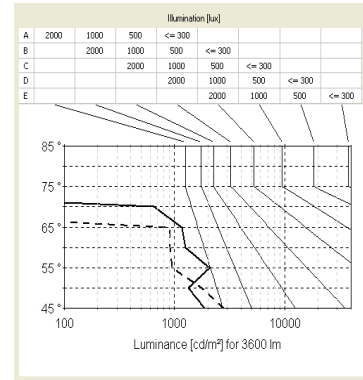
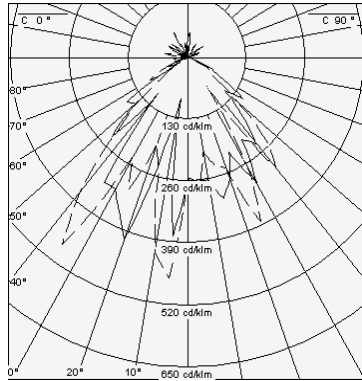
Tablo 5.2 : Tasarlanan armatürün 1000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 °	159.8	159.8	0.0	231.8	596.2	1014.7	418.5	291.5	291.5	831.6	540.1	595.4	55.3	55.3	454.3	454.3	603.8	332.2	209.1	4.1	4.1	0.3	0.0	159.8
10 °	410.5	333.7	265.2	514.4	0.0	461.4	287.4	656.7	306.5	380.6	402.7	0.0	0.0	0.0	0.0	492.8	116.5	616.7	506.0	833.3	429.6	119.0	652.1	275.8
15 °	0.0	0.0	896.0	360.6	351.3	0.0	66.8	308.1	29.4	0.0	954.2	259.4	733.8	1176.8	389.8	591.6	63.7	3.5	0.0	0.0	137.3	0.0	0.0	224.4
20 °	1062.3	46.9	558.1	555.5	370.3	379.5	303.3	293.2	141.7	293.3	1455.7	208.1	0.0	510.9	0.4	981.2	95.5	2.0	0.0	0.0	0.0	194.3	239.8	739.1
25 °	391.0	405.7	1942.8	0.0	54.1	17.6	805.5	184.9	5.5	165.5	553.8	0.0	86.9	815.2	418.3	342.3	752.4	136.0	816.2	0.0	0.0	0.0	64.0	239.8
30 °	599.2	260.7	307.4	887.4	147.1	318.5	428.3	205.6	10.9	444.1	204.0	0.0	0.0	482.9	328.0	111.5	0.0	154.8	113.3	692.2	718.8	238.0	238.6	6.8
35 °	0.0	590.2	0.0	371.1	361.4	101.7	59.8	0.0	352.1	0.0	0.0	0.0	296.3	8.5	0.0	0.0	380.7	454.3	687.6	632.9	57.3	758.6	571.2	278.9
40 °	0.0	387.9	0.0	325.7	0.0	0.0	320.6	384.6	0.0	0.0	0.0	332.4	0.0	455.6	0.0	0.1	2.8	170.5	185.7	487.4	727.0	386.6	279.0	225.3
45 °	0.0	58.5	379.7	17.2	227.5	0.0	189.6	0.0	0.0	301.4	0.0	0.0	455.6	0.0	0.0	58.5	0.0	0.0	514.8	0.0	188.1	0.0	362.5	0.0
50 °	379.2	0.0	209.6	280.8	17.2	0.0	153.2	0.0	387.7	408.9	233.1	863.5	224.4	0.0	0.0	418.4	296.8	0.0	97.7	0.0	0.0	0.0	408.1	0.0
55 °	0.0	92.3	288.7	0.0	261.1	0.0	0.0	352.0	322.4	166.3	0.0	0.0	0.0	269.8	5.8	168.4	223.1	58.1	174.5	0.0	96.3	0.0	0.0	0.0
60 °	0.0	0.0	46.8	733.2	0.0	0.0	0.0	286.6	0.0	312.2	0.0	0.0	524.7	343.0	0.0	0.0	375.9	0.0	0.0	413.7	0.0	322.7	278.7	118.4
65 °	122.7	0.0	0.0	0.0	413.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	239.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	379.7	0.0	0.0	0.0
70 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	378.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0
75 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
85 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



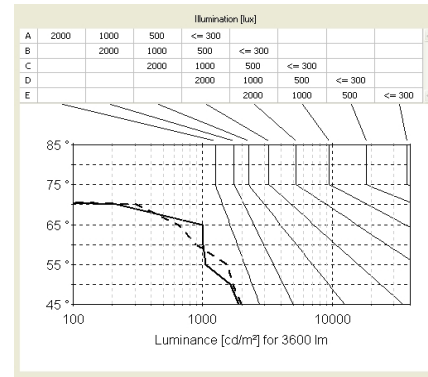
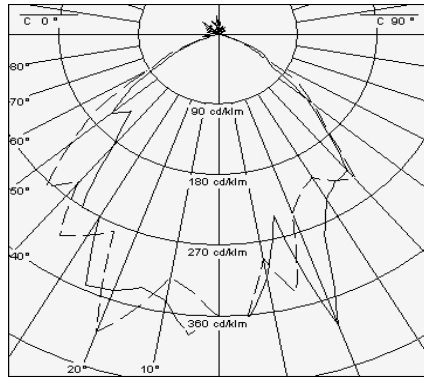
Tablo 5.3 : Tasarlanan armatürün 10.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1	252.1
5 °	260.5	254.9	253.8	320.0	244.3	251.7	283.5	266.5	375.8	441.3	377.5	332.9	375.7	527.9	525.9	440.7	377.8	365.9	463.4	476.5	579.7	417.4	362.4	366.7
10 °	259.9	340.4	378.4	216.0	251.4	309.6	201.7	234.1	372.2	407.3	427.5	142.5	87.8	305.4	191.9	212.1	286.8	167.9	412.3	572.9	482.5	270.8	531.0	429.5
15 °	305.1	324.2	259.1	300.7	113.0	340.0	234.0	243.1	292.1	280.9	260.4	324.9	196.7	349.5	328.0	500.3	273.6	508.9	245.5	455.4	444.3	330.9	324.6	242.9
20 °	272.9	263.2	429.1	260.0	544.3	245.1	246.5	262.2	235.8	166.7	269.7	235.5	404.6	222.1	355.3	261.3	399.3	284.2	193.1	426.1	383.0	578.6	565.2	374.4
25 °	217.8	208.2	352.0	199.6	385.5	230.4	379.4	271.4	278.9	259.7	238.6	180.8	354.0	453.5	513.5	287.9	129.4	455.4	303.5	234.4	431.7	307.4	264.3	276.3
30 °	302.7	415.2	384.7	152.1	164.6	207.9	266.9	316.5	222.2	198.5	278.6	158.1	317.0	159.5	321.2	420.4	481.2	295.3	238.0	216.2	130.2	374.6	461.2	241.4
35 °	208.8	240.3	198.1	128.7	183.5	253.2	73.8	184.7	274.7	194.5	144.2	117.3	318.9	273.8	253.6	356.0	245.1	457.3	478.4	180.4	474.5	316.0	491.0	63.3
40 °	234.9	231.1	170.9	133.7	212.0	111.4	302.4	226.8	37.9	245.8	212.3	205.4	99.1	103.2	225.6	260.0	392.4	168.2	365.8	397.9	260.0	209.1	334.1	244.3
45 °	166.4	139.4	182.5	110.2	223.6	76.5	245.6	138.6	131.1	110.0	71.4	236.0	234.0	125.1	126.8	152.0	125.8	259.1	216.9	236.3	366.5	210.8	147.6	127.7
50 °	106.6	179.2	41.4	126.4	144.1	198.9	141.8	224.4	93.7	189.4	99.8	104.9	151.1	154.1	257.6	268.5	94.0	130.0	127.7	174.2	39.4	112.8	123.3	169.3
55 °	149.2	123.6	33.0	15.9	44.0	189.6	68.4	4.7	52.1	183.1	168.0	106.2	161.2	186.6	60.3	84.4	180.5	145.4	37.6	130.7	151.0	46.7	20.9	52.5
60 °	78.8	94.6	141.4	189.3	43.4	43.4	56.9	112.0	0.0	83.7	96.8	28.8	18.7	114.8	42.2	67.3	66.2	96.5	93.9	116.1	116.9	51.6	98.1	76.0
65 °	62.1	41.7	88.0	35.7	26.8	0.0	47.3	32.3	44.9	21.9	3.6	9.7	45.8	91.1	0.0	114.4	1.2	103.7	65.1	0.0	61.4	19.3	169.9	0.0
70 °	27.9	16.7	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	22.8	0.0	3.0	0.0	8.7	0.0	31.8	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	80.7	55.9
75 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.5	34.5	0.0	0.0	0.0	0.0
80 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
85 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	16.4	25.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
90 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.4	0.0	16.1	37.1	0.0	0.0	0.0	0.0



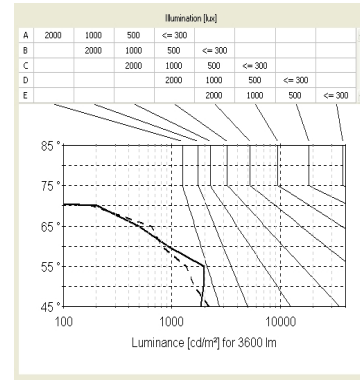
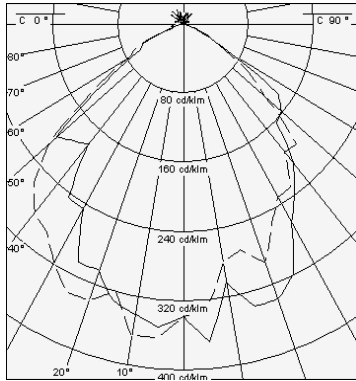
Tablo 5.4 : Tasarlanan armatürün 100.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7	359.7
5 °	366.9	334.1	316.2	311.2	308.3	365.8	363.6	327.5	298.8	286.8	293.0	334.2	383.7	336.7	342.9	356.7	372.9	343.4	329.8	360.4	363.6	290.3	299.1	340.1
10 °	315.5	339.0	281.8	281.9	317.7	346.5	290.4	341.7	314.9	299.4	325.1	327.4	344.3	349.1	357.9	350.6	361.0	274.2	313.9	348.4	344.0	330.1	365.0	306.8
15 °	239.5	312.3	255.6	305.7	248.2	340.5	340.5	295.1	276.4	280.1	279.1	320.2	333.9	346.1	312.9	389.3	341.2	398.7	362.9	361.0	397.6	291.8	371.0	347.5
20 °	393.3	290.9	326.8	297.3	269.9	241.8	243.3	293.0	309.9	346.6	283.0	324.6	347.7	309.8	304.2	348.7	359.3	376.9	403.8	380.4	376.2	373.0	338.1	372.5
25 °	281.4	326.6	282.5	274.0	227.2	296.7	219.7	242.7	290.2	252.8	273.6	320.0	352.6	359.2	309.7	309.1	324.3	325.2	277.7	362.1	321.6	349.8	379.3	351.1
30 °	242.7	239.3	294.8	268.0	269.5	212.4	210.9	200.4	252.6	227.1	258.0	201.1	267.6	321.7	294.8	297.6	276.7	311.8	295.7	319.5	325.9	278.1	253.3	259.2
35 °	229.7	216.8	225.0	177.4	235.0	218.7	228.4	209.8	199.5	216.3	164.7	281.5	268.7	232.3	247.3	288.2	251.1	285.6	312.4	278.0	230.6	269.5	256.1	247.5
40 °	226.4	212.5	168.6	178.1	172.4	205.6	238.0	177.3	175.7	143.5	206.6	221.9	181.3	220.5	227.2	230.3	232.0	294.6	244.2	295.3	246.4	228.6	241.8	245.9
45 °	169.1	194.5	183.1	143.2	181.4	151.9	174.6	158.7	178.5	212.0	149.6	203.0	139.5	224.7	224.0	212.8	215.8	241.3	275.3	265.4	265.3	238.8	203.6	242.5
50 °	131.1	143.5	151.1	87.7	134.9	144.0	137.8	147.8	124.2	160.9	115.8	153.1	156.1	175.8	183.7	149.5	140.8	208.4	217.5	210.6	192.5	187.4	157.3	175.3
55 °	75.6	93.5	91.6	122.0	108.4	104.5	111.5	113.7	100.8	84.7	87.9	141.1	119.2	140.3	162.2	108.6	140.7	115.8	166.5	130.0	93.2	105.4	90.2	94.9
60 °	62.7	59.2	58.1	45.4	58.1	74.9	55.9	66.7	41.9	74.7	36.5	61.7	72.0	81.3	68.0	93.8	77.8	87.3	87.8	92.1	65.5	72.3	51.1	85.1
65 °	53.1	41.5	29.1	20.2	41.7	25.9	34.0	44.7	26.1	32.0	51.3	76.7	50.0	43.0	43.1	31.1	51.8	42.3	62.0	61.6	45.3	54.1	25.5	31.9
70 °	9.4	20.8	22.4	7.3	20.5	5.5	13.0	6.9	15.4	7.6	20.9	10.9	12.6	21.5	19.1	13.3	23.1	27.9	18.8	27.3	12.7	14.7	13.6	10.7
75 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	2.7	6.2	3.8	7.8	3.5	0.1	0.0
80 °	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	11.4	3.8	18.3	1.9	6.9	8.8	4.5	0.0
85 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	5.1	0.4	13.1	0.0	14.5	9.0	7.8	0.0	0.0
90 °	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	2.5	0.0	3.4	8.2	18.5	6.8	2.8	4.5	9.1	0.8	0.0



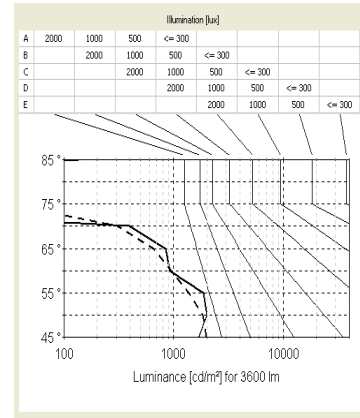
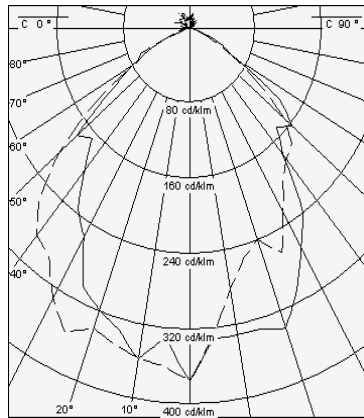
Tablo 5.5 : Tasarlanan armatürün 200.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9	336.9
5 °	366.9	338.1	351.7	322.2	336.0	321.8	329.1	351.1	336.4	361.1	375.5	327.1	350.2	361.4	349.7	361.9	354.2	364.2	362.4	370.0	349.4	357.6	371.8	369.6
10 °	302.3	322.5	317.4	356.0	313.6	293.3	278.3	295.8	340.7	345.2	328.5	312.0	339.6	328.8	358.5	370.1	337.8	330.8	364.0	342.8	342.1	315.3	307.8	342.5
15 °	336.6	358.4	303.7	311.9	294.0	287.0	269.1	313.7	291.3	288.4	315.3	303.8	330.7	338.9	384.1	407.9	342.5	354.1	318.7	397.4	377.7	358.1	347.6	351.4
20 °	337.0	309.2	314.5	286.5	254.5	283.9	292.4	263.7	298.2	311.6	302.0	323.6	301.9	306.2	331.7	349.3	378.0	346.1	338.1	359.7	358.4	341.2	314.6	345.8
25 °	318.0	320.3	269.9	262.2	256.5	277.5	254.0	235.2	296.2	278.5	251.5	298.6	303.3	319.7	310.8	339.6	371.1	312.4	340.1	341.4	343.0	294.2	328.8	355.7
30 °	264.8	263.6	238.3	261.5	232.3	219.5	230.9	245.2	233.3	229.7	219.6	249.4	245.6	267.7	290.3	307.1	339.5	294.7	316.1	300.4	334.5	284.5	295.4	259.9
35 °	236.6	238.8	210.4	179.3	208.6	237.5	228.6	193.3	222.8	171.5	217.8	241.9	244.1	246.5	255.9	270.6	274.0	326.4	291.8	299.2	281.7	254.0	275.3	228.6
40 °	208.2	253.9	214.1	152.6	199.6	203.9	192.5	190.8	175.8	178.7	194.2	175.5	180.5	193.3	213.0	271.9	259.7	288.8	283.2	292.2	271.0	217.5	217.1	232.0
45 °	161.8	171.8	183.2	164.9	149.0	153.0	195.4	172.2	166.3	181.8	191.3	161.1	190.2	192.5	185.4	202.4	228.6	247.7	257.9	238.9	249.2	178.8	195.7	196.3
50 °	156.3	171.0	135.4	178.2	130.7	120.8	129.6	153.1	129.0	167.1	160.9	157.6	202.2	162.1	148.3	184.8	158.6	188.5	214.6	166.2	203.1	151.4	147.6	149.6
55 °	141.6	136.0	88.6	108.1	88.1	128.8	97.2	123.3	110.6	97.3	93.8	115.9	115.8	123.3	132.6	144.6	112.6	139.8	136.1	156.7	97.6	140.4	129.7	116.0
60 °	57.6	78.4	73.5	58.8	55.4	51.2	50.3	64.7	58.2	72.5	83.0	79.9	61.7	72.9	75.7	72.4	86.7	89.1	75.5	77.0	75.1	61.9	51.5	66.3
65 °	26.2	48.6	45.8	40.2	29.2	52.3	34.1	56.8	29.3	46.4	47.2	59.9	53.6	41.4	29.9	52.7	52.4	39.8	62.9	32.5	41.6	33.6	49.0	31.7
70 °	8.7	10.6	21.3	9.6	9.8	15.3	7.7	16.0	13.1	21.9	26.5	17.5	19.1	13.4	21.8	14.1	11.0	21.3	20.3	19.1	14.6	12.6	16.1	25.2
75 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	4.1	5.9	5.8	13.0	10.3	8.8	4.4	4.2	2.1	2.8
80 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	4.0	7.2	11.7	15.1	10.1	12.0	2.4	2.4	0.5
85 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	3.7	2.3	3.2	10.7	11.6	9.8	8.5	4.1	2.1	0.0
90 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	3.1	7.0	2.7	6.9	6.7	4.6	2.6	5.8	0.0



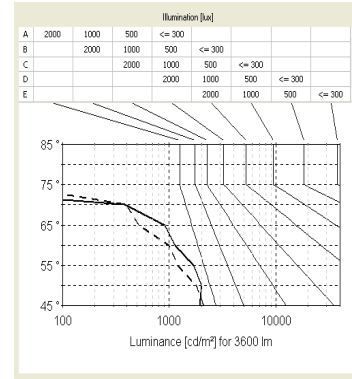
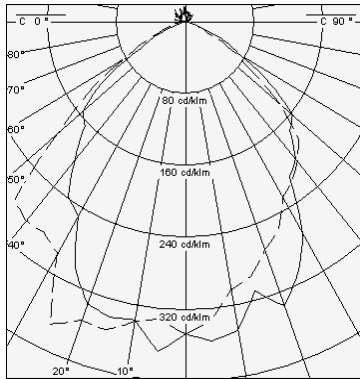
Tablo 5.6 : Tasarlanan armatürün 400.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9	373.9
5 °	330.3	354.3	358.6	344.8	345.6	331.8	327.0	332.1	351.6	363.1	356.9	342.2	328.3	327.6	336.0	353.8	350.8	356.9	360.0	363.8	373.8	358.8	340.4	337.4
10 °	330.8	338.5	317.2	304.1	334.3	315.2	280.6	277.1	342.1	324.5	317.9	338.2	356.5	357.5	359.2	354.6	357.5	351.9	355.2	327.7	367.9	357.0	352.3	362.4
15 °	330.5	306.8	307.6	334.6	309.0	276.7	253.1	299.1	347.3	297.1	316.4	321.1	330.4	348.5	357.6	378.6	384.9	362.7	347.4	352.6	367.4	341.4	334.2	338.4
20 °	338.9	300.4	321.6	322.3	297.7	283.2	238.8	272.4	269.5	299.2	282.6	315.9	317.9	329.3	333.5	365.7	335.6	333.8	338.7	356.7	373.0	335.3	348.8	345.9
25 °	306.8	324.9	282.4	266.1	261.1	261.1	262.9	241.5	259.0	298.9	272.4	270.2	302.6	306.5	298.0	329.2	316.1	314.4	355.8	326.6	345.8	381.1	356.8	324.9
30 °	268.9	250.9	233.9	275.3	229.6	240.7	225.7	227.3	234.9	246.6	245.0	267.1	254.8	288.9	291.3	307.7	336.5	305.2	329.8	312.7	323.4	341.7	312.9	312.3
35 °	238.3	241.4	220.6	204.9	191.6	216.5	195.9	199.3	206.2	222.5	222.8	232.3	234.3	228.9	232.1	295.8	288.9	300.5	295.4	286.4	288.6	288.6	281.5	249.3
40 °	176.0	209.9	200.1	202.0	183.0	205.5	181.6	198.0	178.6	181.6	198.9	204.9	195.6	227.9	231.5	263.5	263.7	276.0	286.2	293.0	258.0	259.1	222.2	240.3
45 °	148.2	167.3	155.8	168.6	170.1	166.5	174.4	163.4	136.5	171.6	163.8	157.4	165.8	185.8	201.1	228.4	221.8	258.2	255.6	255.7	209.7	214.3	179.1	169.5
50 °	161.5	153.6	147.0	121.8	152.8	134.2	149.0	142.8	141.0	148.1	139.0	175.5	176.9	163.6	176.6	181.0	197.4	219.6	202.2	189.8	172.3	159.8	160.8	167.7
55 °	133.9	114.8	94.5	93.6	95.3	101.0	98.8	97.6	112.2	95.7	112.6	119.0	112.0	115.7	129.2	130.5	141.9	145.7	140.1	145.8	122.4	110.7	111.6	111.9
60 °	57.9	60.0	50.6	56.0	48.5	69.9	59.3	71.8	58.3	86.3	86.3	70.4	78.8	77.7	62.5	78.3	71.8	81.7	72.4	80.9	74.2	65.1	66.1	66.1
65 °	44.6	34.8	41.8	39.7	26.3	46.0	34.7	47.5	45.5	36.5	38.2	46.0	50.6	49.3	54.8	47.1	39.9	42.0	64.7	40.9	35.3	35.9	36.5	43.5
70 °	16.7	12.7	17.4	13.2	14.9	11.4	13.1	14.6	12.5	19.7	11.3	11.2	14.4	14.7	22.6	14.0	22.0	14.6	17.5	20.4	13.3	14.1	16.5	15.0
75 °	0.0	0.6	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.3	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	1.0	4.7	3.9	9.0	2.0	13.0	4.3	2.3	2.6	0.5	0.0
80 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.9	1.7	6.2	10.3	8.3	8.5	9.9	8.2	3.1	3.5	0.0
85 °	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	4.2	1.2	5.9	13.4	4.2	9.8	7.2	4.6	3.1	0.9
90 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	1.6	2.9	4.8	3.3	10.1	5.0	11.9	10.4	0.7	1.9	0.0



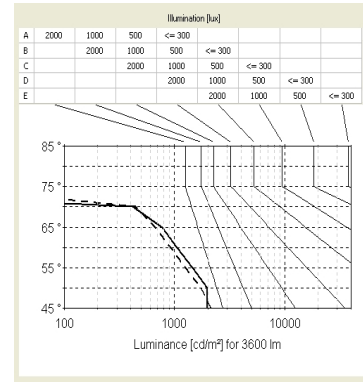
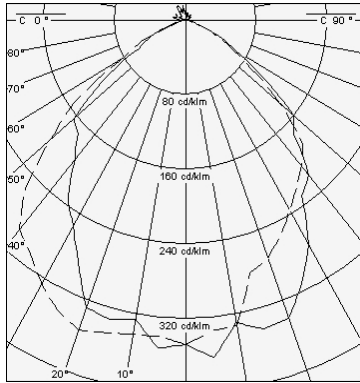
Tablo 5.7 : Tasarlanan armatürün 600.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3
5 °	354.9	359.9	356.4	340.9	337.7	334.1	332.7	313.9	312.9	327.5	339.7	355.2	367.3	375.4	342.6	325.7	322.9	318.8	330.3	326.3	333.0	345.2	339.3	352.1
10 °	347.5	345.7	361.0	328.6	322.6	295.1	302.0	321.5	327.2	329.1	314.4	342.7	335.6	339.2	375.4	348.4	351.9	332.8	337.3	346.6	362.2	374.8	337.9	348.8
15 °	309.3	341.4	318.5	297.7	281.9	281.4	292.6	293.8	300.7	283.8	310.7	326.2	339.1	326.5	354.4	341.0	376.9	388.0	353.7	362.1	360.6	371.7	354.1	372.5
20 °	335.2	320.7	309.9	288.3	271.9	269.7	269.0	287.1	283.4	283.7	318.5	328.4	332.3	320.2	319.1	362.9	352.6	374.8	351.7	351.2	334.7	361.1	329.0	316.2
25 °	308.1	297.4	303.3	265.6	256.2	250.1	254.6	260.2	257.9	266.9	289.7	283.5	301.6	313.9	310.6	330.2	322.8	355.0	370.3	334.8	348.2	326.5	343.9	344.4
30 °	271.4	254.0	264.2	267.4	233.7	210.1	225.2	229.6	255.5	239.7	239.5	237.5	248.2	292.8	302.0	313.4	314.9	320.4	295.9	321.3	318.9	311.2	290.0	286.7
35 °	210.2	249.8	222.8	216.3	196.8	227.5	214.9	207.4	206.9	209.0	213.0	217.0	237.1	232.3	269.1	291.9	281.1	296.1	285.5	309.0	272.2	281.1	288.2	258.3
40 °	198.2	207.7	198.2	194.0	175.0	202.4	201.6	180.0	184.6	170.3	170.2	196.9	199.2	217.8	224.2	257.6	262.0	278.5	287.7	268.2	281.7	250.6	256.9	217.5
45 °	171.4	169.6	168.7	161.6	138.5	182.4	185.0	170.5	151.6	176.6	157.8	170.7	164.3	196.3	186.8	210.3	214.5	228.2	279.4	243.9	249.1	219.1	203.6	195.7
50 °	161.5	161.1	154.2	129.6	127.4	134.8	143.4	140.2	135.4	152.9	135.4	138.2	155.0	154.8	156.3	170.5	168.8	193.2	192.0	197.3	175.4	167.9	175.0	141.2
55 °	121.2	97.5	100.0	91.2	92.0	102.6	86.4	85.1	90.1	103.0	100.6	100.0	119.0	121.0	113.8	131.8	142.3	126.9	137.0	111.2	129.3	114.0	111.2	104.9
60 °	70.5	60.4	66.6	65.8	54.2	75.7	62.4	68.5	63.8	66.7	66.7	62.7	59.8	59.7	66.5	79.2	76.7	78.5	81.4	74.4	74.4	75.1	62.9	56.6
65 °	48.2	44.1	38.2	38.2	28.8	37.8	27.4	36.4	32.0	44.3	40.8	47.7	41.9	38.6	36.1	46.9	42.6	40.9	50.5	49.4	43.2	37.5	34.6	42.3
70 °	16.3	17.2	15.9	13.0	12.5	12.8	16.9	12.1	13.8	11.2	14.1	12.4	11.9	18.5	18.7	17.7	19.0	20.3	23.4	23.8	17.0	16.6	12.5	19.2
75 °	0.1	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	1.0	0.7	0.0	0.6	0.0	0.1	1.2	1.3	0.6	3.7	5.4	3.5	10.7	5.5	6.3	3.9	2.3	1.4
80 °	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.9	4.8	4.4	9.1	8.7	12.4	7.6	10.5	3.9	0.1	0.2
85 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	1.2	0.8	6.5	12.8	4.3	11.8	6.1	3.4	2.8	0.0
90 °	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	0.5	1.0	4.2	6.3	9.6	4.6	12.7	4.9	7.0	2.2	0.6



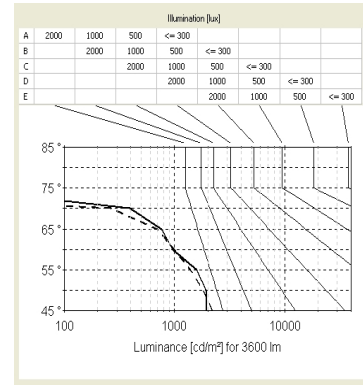
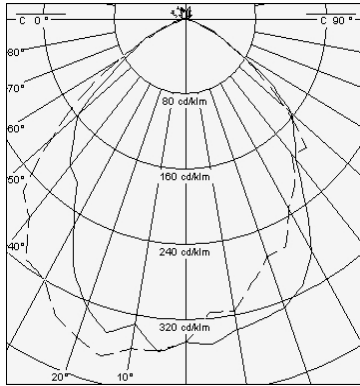
Tablo 5.8 : Tasarlanan armatürün 800.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3	346.3
5 °	361.7	368.5	364.5	367.4	375.1	372.3	364.5	359.2	356.4	356.7	353.7	359.4	358.5	352.6	336.7	335.2	343.5	337.9	333.9	329.3	328.4	321.9	319.4	313.5
10 °	328.2	326.2	317.2	321.6	307.6	302.9	306.0	305.9	308.0	321.2	323.9	319.2	306.8	303.3	303.5	304.5	317.8	331.6	331.3	328.1	316.2	320.3	320.5	315.1
15 °	341.5	332.5	334.5	319.5	313.0	306.4	327.2	304.3	297.6	311.8	320.9	306.1	288.0	295.4	278.5	275.0	280.3	278.5	280.2	298.9	281.6	291.0	298.5	301.9
20 °	339.1	332.0	340.7	332.7	324.2	311.0	322.8	317.5	291.6	285.0	275.3	270.0	286.8	285.0	276.5	264.8	276.8	270.0	270.4	261.7	267.2	272.9	285.9	286.6
25 °	310.2	289.8	297.0	310.8	306.8	297.8	282.7	287.5	273.4	258.2	280.7	281.9	288.9	290.9	263.1	254.3	263.0	256.8	253.7	244.9	258.1	264.4	248.6	256.7
30 °	277.2	272.9	275.8	272.2	253.8	268.3	243.0	246.9	239.7	251.2	252.1	232.9	244.9	253.3	236.1	217.7	243.1	239.8	234.9	231.4	219.4	214.1	237.3	251.8
35 °	229.0	237.4	223.2	241.9	221.8	217.4	229.3	221.6	205.1	204.0	229.6	213.2	202.2	212.4	220.9	186.7	200.9	212.4	218.1	207.6	207.3	207.9	211.6	206.5
40 °	216.8	198.7	202.7	193.6	201.5	205.8	192.1	201.3	185.4	187.4	195.9	179.8	163.9	178.3	191.7	194.0	201.8	220.6	203.0	191.5	197.7	183.7	216.8	187.3
45 °	172.7	172.8	167.5	178.3	165.5	176.3	157.6	156.6	168.9	151.5	181.4	166.5	143.7	167.8	156.4	173.6	174.9	179.6	187.6	186.8	170.4	166.6	165.3	167.8
50 °	158.7	159.2	157.4	142.8	146.1	152.4	151.8	130.3	135.4	131.9	141.5	125.9	122.4	131.2	148.6	149.7	146.1	146.3	139.3	143.8	136.0	144.1	128.0	138.9
55 °	104.6	107.1	111.3	114.1	117.2	110.5	102.9	102.0	105.1	101.4	98.5	105.8	89.5	106.3	104.7	109.8	110.3	111.1	90.3	102.1	101.3	97.0	104.8	91.3
60 °	65.6	56.4	55.5	64.2	65.8	66.8	70.3	57.2	61.1	61.5	69.2	60.6	56.0	59.9	70.0	68.3	66.4	63.3	57.4	65.9	69.2	60.2	60.5	63.6
65 °	41.1	33.6	38.8	46.7	40.4	38.5	42.9	36.6	34.5	35.8	33.7	34.0	38.9	32.1	42.0	41.3	38.3	41.8	35.3	37.4	47.2	41.8	38.5	32.6
70 °	17.8	16.0	17.6	16.0	20.7	19.5	15.5	18.8	13.3	16.0	13.0	12.3	14.0	9.8	8.0	14.8	10.9	11.0	18.8	17.4	11.9	9.0	11.8	12.9
75 °	0.0	0.9	0.0	0.3	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4	0.4	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
80 °	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
85 °	0.0	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



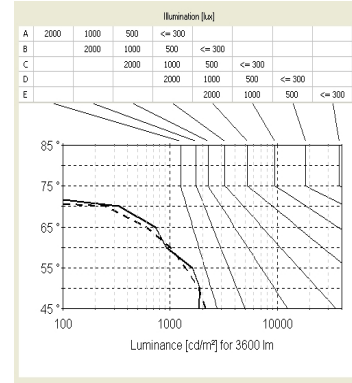
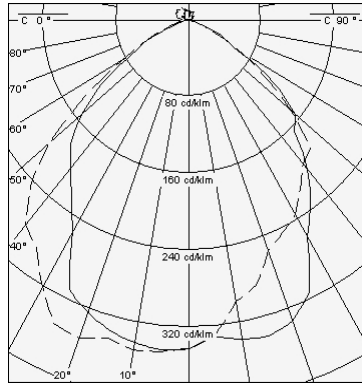
Tablo 5.9 : Tasarlanan armatürün 1.000.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4	342.4
5 °	346.2	344.4	336.9	331.8	316.7	306.7	311.6	304.4	315.5	346.1	346.6	347.3	353.8	361.4	361.2	353.3	346.7	352.8	352.8	354.9	348.0	340.5	344.6	340.2
10 °	334.1	337.4	326.3	295.7	303.4	302.2	314.1	311.7	306.6	310.7	339.5	328.6	327.8	327.5	351.2	374.4	362.5	339.0	354.4	349.6	345.6	340.5	335.1	342.6
15 °	329.5	329.5	319.2	308.9	299.9	287.6	289.6	290.2	307.1	306.8	302.4	333.4	344.0	320.5	331.9	340.0	372.6	371.1	369.4	367.1	385.2	348.6	363.2	359.3
20 °	325.6	320.1	296.2	308.0	277.9	280.1	268.4	279.0	286.7	292.4	316.1	290.8	324.8	340.3	348.6	342.3	350.1	366.8	358.5	368.7	382.8	358.9	333.8	344.7
25 °	311.4	304.2	288.2	267.2	265.3	273.7	266.6	267.1	266.3	256.8	263.1	265.3	296.0	298.0	307.9	315.0	354.7	339.0	346.2	354.4	366.1	335.0	336.6	325.0
30 °	284.3	266.9	249.2	256.3	243.4	241.1	231.9	236.5	243.8	245.9	247.0	246.6	251.4	259.7	291.8	311.3	311.5	329.2	317.8	305.7	317.8	319.5	301.5	270.2
35 °	233.4	227.0	232.1	220.8	211.4	218.4	214.9	210.0	209.9	218.4	215.2	212.0	212.3	235.6	262.2	297.1	287.1	287.9	311.6	300.7	293.4	289.8	270.3	251.8
40 °	193.5	206.9	201.2	189.5	175.5	183.5	186.4	190.1	182.8	179.1	188.4	192.5	201.9	207.0	228.1	242.3	259.0	273.5	274.1	287.7	268.8	242.2	231.2	205.4
45 °	173.1	168.8	162.1	172.6	172.9	172.1	193.5	171.8	153.2	154.5	168.3	166.6	177.9	188.8	202.2	214.7	234.9	249.4	257.7	255.5	232.6	243.2	197.4	176.0
50 °	155.9	143.9	147.4	128.4	129.4	143.8	146.2	149.3	132.2	139.9	134.1	154.2	158.2	154.9	163.3	181.4	190.4	200.7	196.4	194.1	172.7	167.3	156.2	151.9
55 °	113.9	112.2	109.2	94.7	90.9	101.0	99.8	104.2	98.8	114.0	111.8	112.1	102.6	124.6	123.6	119.7	138.3	142.2	142.5	136.9	126.3	127.0	114.7	117.9
60 °	59.9	55.5	70.9	61.0	53.3	74.3	61.9	74.3	59.9	72.0	63.8	76.2	66.8	63.6	77.8	86.6	76.1	81.4	84.9	86.2	76.1	74.3	63.3	62.1
65 °	40.4	42.7	37.2	36.3	34.2	42.4	36.6	33.9	48.6	42.2	45.6	43.7	50.0	44.1	43.6	48.4	42.3	49.6	40.8	49.6	43.4	38.8	36.5	42.3
70 °	16.9	19.1	11.9	12.2	11.7	14.0	11.2	11.1	12.1	12.1	16.7	17.3	13.0	20.6	17.7	17.2	13.8	18.5	25.0	21.5	10.9	17.0	17.7	13.8
75 °	0.3	0.3	0.4	0.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.8	0.2	0.2	0.8	0.2	0.2	0.8	0.4	0.4	0.0	0.3
80 °	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
85 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.3	0.0	0.3	1.3	0.0	0.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
90 °	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.3	0.0	0.4	1.3	0.0	0.4	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0



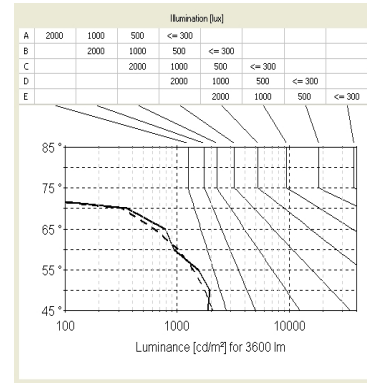
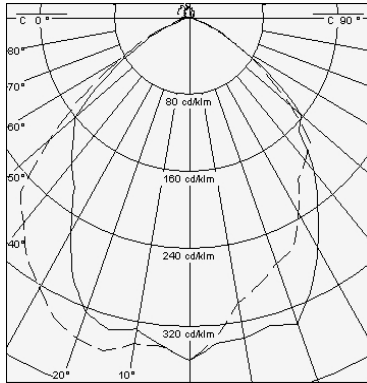
Tablo 5.10 : Tasarlanan armatürün 2.000.000 değeri ışın için ışık şiddeti dağılımı eğrisi.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3	342.3
5 °	331.2	332.9	329.5	327.2	328.1	328.4	330.0	328.7	330.9	332.8	343.9	340.7	344.8	345.8	362.5	354.4	354.2	347.3	346.7	350.0	346.5	350.5	345.3	339.3
10 °	337.7	335.2	333.4	323.3	316.0	288.2	297.9	303.3	314.2	319.1	337.3	339.8	341.3	351.5	344.8	357.4	356.0	334.5	348.8	330.5	341.5	363.0	350.9	341.0
15 °	340.9	328.5	313.0	312.4	304.1	285.4	286.5	277.5	297.8	307.1	315.7	327.5	334.7	349.7	344.4	358.9	373.1	357.6	343.2	358.1	357.3	362.1	362.6	345.8
20 °	333.7	293.8	301.3	288.8	282.1	271.3	256.2	279.2	289.9	292.0	289.8	309.4	324.0	327.0	344.9	361.1	343.9	358.3	352.4	352.9	353.0	356.6	346.2	349.7
25 °	313.5	301.3	294.6	271.9	266.9	257.8	244.4	254.2	260.2	266.5	270.4	276.5	309.5	312.7	323.8	328.8	345.7	353.6	349.1	339.7	337.4	333.0	323.8	326.2
30 °	260.2	274.6	251.7	251.7	251.0	224.6	234.1	229.7	244.1	237.0	237.7	239.8	253.3	276.5	281.9	324.7	325.6	311.2	320.7	327.7	316.7	314.8	299.6	284.8
35 °	233.1	231.2	220.5	211.5	210.8	214.3	213.5	207.9	209.0	204.9	211.0	220.1	222.9	241.5	259.7	276.9	277.3	305.0	290.6	282.6	291.4	276.6	269.6	260.0
40 °	203.0	203.7	182.9	188.4	182.7	204.9	195.4	194.0	175.3	185.3	185.4	194.0	200.9	213.8	225.8	241.2	262.7	266.3	277.4	285.7	253.9	251.3	226.8	225.4
45 °	163.9	171.0	165.1	165.0	159.4	176.8	189.0	181.6	159.3	165.4	168.6	163.5	183.0	184.1	198.4	216.9	222.2	253.3	244.8	242.9	225.6	219.8	201.0	181.8
50 °	152.7	149.2	134.6	142.2	134.7	140.8	147.6	148.5	118.9	135.9	151.0	149.8	152.6	162.4	165.3	184.8	186.3	186.6	198.6	196.0	176.5	170.4	154.4	149.0
55 °	115.4	113.8	105.1	93.7	95.5	114.6	100.2	103.3	104.8	103.6	111.7	107.3	115.9	113.0	119.4	127.1	138.0	144.4	135.7	139.2	128.5	114.8	120.1	112.7
60 °	57.5	63.2	65.0	66.4	56.9	72.6	63.4	73.6	62.5	69.2	68.8	70.8	69.9	66.7	70.6	77.9	74.0	78.4	84.3	87.0	74.6	73.1	63.1	60.5
65 °	38.8	36.6	37.5	37.9	34.3	41.4	32.0	40.1	33.2	40.5	43.1	42.4	50.5	44.4	45.3	38.5	43.4	49.7	49.9	53.9	43.8	42.6	42.9	41.8
70 °	14.4	16.3	17.7	14.4	10.3	13.7	10.7	13.8	13.8	14.4	12.4	12.8	16.4	17.0	18.6	18.5	17.0	18.8	27.1	22.4	17.3	17.3	20.6	15.1
75 °	0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.2	0.2	0.8	2.3	2.3	0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0
80 °	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.4	4.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
85 °	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.7	1.9	2.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90 °	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.7	1.3	3.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



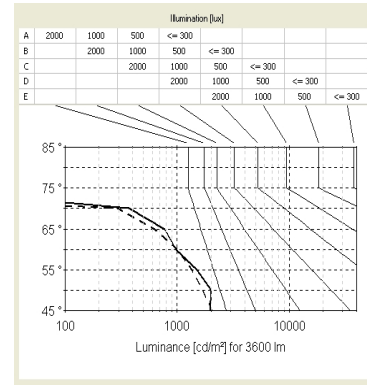
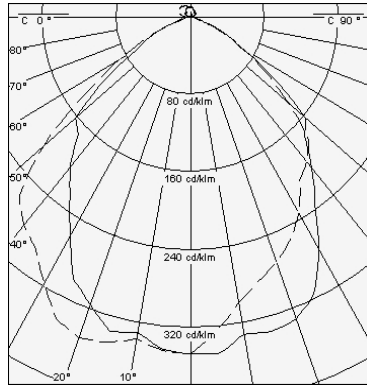
Tablo 5.11 : Tasarlanan armatürün 4.000.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8	354.8
5 °	337.8	336.0	342.5	344.2	335.6	330.4	331.1	332.9	337.8	341.5	339.7	348.2	340.0	344.5	350.5	355.6	348.0	343.7	341.0	350.1	349.0	347.5	345.6	340.9
10 °	336.9	330.4	310.8	310.1	305.4	297.7	299.8	299.7	319.3	321.7	321.3	330.7	327.0	342.2	359.5	363.1	350.8	339.9	342.3	349.3	343.0	352.3	344.4	340.7
15 °	329.4	321.7	318.5	311.9	302.4	287.4	286.1	295.4	299.9	317.5	312.4	320.2	334.3	344.3	341.0	364.2	370.2	368.7	357.1	361.1	364.8	351.2	352.0	339.3
20 °	337.0	322.0	316.7	292.1	276.8	278.3	271.3	272.9	272.9	287.4	299.6	307.0	324.0	331.1	343.9	351.8	359.7	365.2	352.9	365.0	354.1	360.4	347.2	342.9
25 °	308.9	302.2	286.5	278.5	275.4	259.4	263.1	252.7	273.1	266.3	278.4	286.9	295.5	309.6	315.7	326.1	347.0	345.3	343.0	346.0	337.9	335.3	335.8	313.8
30 °	275.0	265.7	250.6	249.4	239.6	231.2	233.4	229.8	248.8	243.7	234.9	247.5	253.5	276.5	288.2	313.5	317.6	315.1	321.2	311.4	321.4	323.1	299.5	298.3
35 °	239.6	228.4	221.6	216.8	211.2	211.4	203.5	207.8	205.6	205.1	206.9	212.3	215.0	239.2	254.3	286.4	290.1	290.8	303.1	292.2	299.1	286.9	248.5	250.9
40 °	208.9	200.8	196.4	186.9	178.7	201.6	193.0	195.7	181.6	183.6	190.2	195.9	196.1	213.9	226.4	251.7	255.7	272.9	276.7	284.2	258.8	245.7	231.6	222.6
45 °	165.3	168.3	169.4	169.1	151.4	177.5	183.0	170.4	156.4	159.4	170.1	167.8	175.1	184.6	196.7	216.8	232.5	242.7	256.0	246.1	224.3	218.6	194.2	183.1
50 °	156.6	148.4	134.6	137.1	132.5	145.5	141.5	140.4	130.7	137.7	146.2	158.0	159.3	164.2	167.2	178.0	176.9	195.8	194.0	200.0	183.6	176.8	156.6	156.1
55 °	110.5	112.6	101.1	95.3	95.2	110.7	99.3	99.7	106.7	103.0	110.3	108.9	112.7	119.9	118.7	123.1	131.4	141.6	137.2	139.3	127.4	117.2	114.7	117.1
60 °	58.9	61.9	65.6	64.4	59.6	67.5	64.2	70.1	65.2	67.7	67.8	64.7	68.9	66.3	71.5	76.5	78.3	89.9	82.4	86.9	75.0	71.0	65.0	60.2
65 °	41.4	39.9	40.5	37.3	32.9	40.8	33.5	40.9	33.6	37.3	40.6	44.5	43.5	43.6	43.2	44.1	38.1	53.9	52.4	48.0	38.4	37.8	37.5	38.2
70 °	15.2	18.1	14.6	13.8	12.4	13.1	13.7	11.9	11.5	12.1	15.1	15.6	17.1	17.7	18.0	18.2	16.8	19.3	24.2	21.4	17.3	15.0	16.7	16.5
75 °	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.4	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
80 °	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0
85 °	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
90 °	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	0.8	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0



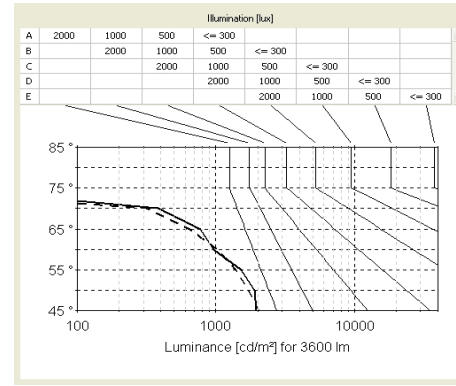
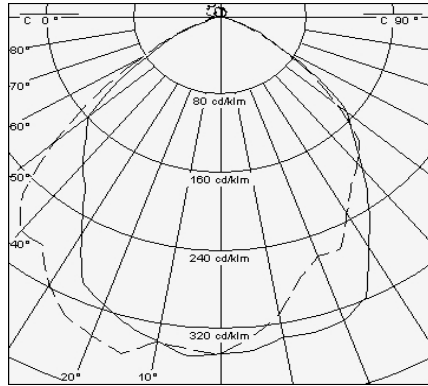
Tablo 5.12 : Tasarlanan armatürün 6.000.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1	346.1
5 °	347.3	343.2	337.7	335.5	325.5	320.8	324.0	330.8	333.3	342.1	348.3	345.4	342.9	348.1	358.7	359.9	354.9	348.4	344.0	344.3	350.7	348.1	351.0	349.3
10 °	330.8	330.9	326.1	316.8	307.8	303.1	297.9	305.7	313.6	317.9	334.2	333.0	328.7	338.2	361.9	358.4	354.5	338.2	335.8	335.7	344.2	356.6	350.2	336.9
15 °	334.6	323.7	318.0	312.4	303.6	290.9	281.5	281.9	296.5	304.0	312.9	322.6	334.4	336.2	348.5	359.2	366.0	359.9	346.1	355.3	363.3	358.5	355.0	347.8
20 °	330.9	323.1	312.5	295.1	273.8	277.6	268.3	275.1	279.8	293.2	296.0	309.9	314.2	330.4	345.7	355.5	364.9	350.9	350.6	362.8	363.1	360.7	352.1	341.7
25 °	314.4	307.0	292.6	276.6	268.5	257.4	253.4	258.4	275.4	266.6	274.2	289.6	297.0	307.6	321.9	333.6	344.3	348.5	341.9	335.9	344.6	338.5	334.1	323.6
30 °	275.6	258.6	254.1	251.8	244.7	231.1	233.0	233.5	250.5	246.1	241.0	246.2	257.4	275.0	288.5	315.6	319.1	314.5	314.5	318.8	321.1	312.7	300.7	280.9
35 °	232.9	232.7	221.1	210.5	215.1	216.3	205.0	210.9	204.2	205.2	208.8	216.7	225.7	236.5	252.4	280.2	290.0	289.2	290.3	299.0	298.1	282.2	267.0	254.8
40 °	203.2	198.6	193.6	186.5	181.6	195.5	194.5	190.5	177.3	180.1	184.8	197.5	200.2	211.6	229.9	246.3	257.2	278.5	278.3	284.2	266.8	245.7	231.3	214.6
45 °	173.2	168.5	167.4	165.1	153.9	174.0	180.0	176.5	153.6	165.8	163.0	165.6	170.7	182.1	198.7	218.7	226.9	243.8	259.8	245.0	229.5	216.0	194.6	177.9
50 °	162.0	153.2	137.9	136.5	129.9	143.6	136.6	141.8	133.1	147.9	144.4	154.6	161.0	155.6	164.7	177.8	189.4	194.5	206.2	193.3	178.0	168.3	160.1	153.1
55 °	107.3	105.9	107.0	95.1	96.2	101.9	97.6	102.9	99.1	109.0	111.9	108.3	110.1	119.2	122.5	130.6	133.1	140.5	135.8	139.4	130.9	118.3	118.9	115.2
60 °	61.4	63.1	59.7	66.0	57.5	68.5	62.8	69.0	60.7	71.8	66.6	69.7	67.8	66.3	72.1	82.3	78.3	87.2	86.8	82.6	73.6	72.9	65.9	61.5
65 °	40.8	43.4	38.6	38.1	33.1	38.0	33.2	40.2	36.7	41.3	40.1	43.2	45.1	44.5	45.9	41.4	42.1	50.8	51.7	46.7	42.5	41.4	41.2	39.4
70 °	15.9	17.3	15.7	13.7	10.7	12.3	12.6	14.0	12.3	16.0	14.3	17.3	18.1	16.1	18.8	18.2	17.5	20.4	23.9	21.6	17.0	15.3	16.5	16.7
75 °	0.1	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.0	0.3	0.1	0.1	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	0.0	0.3	0.1	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1
80 °	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0
85 °	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
90 °	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0



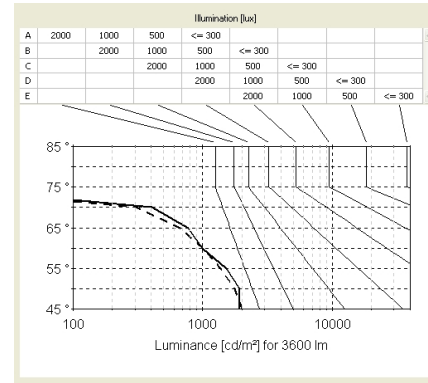
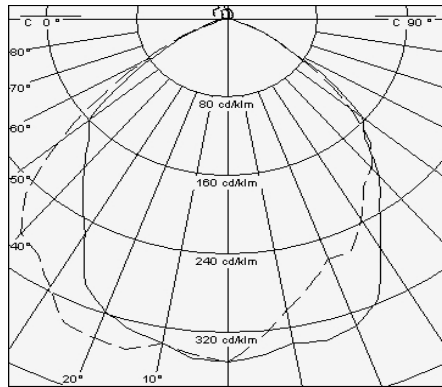
Tablo 5.13 : Tasarlanan armatürün 8.000.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2	345.2
5 °	342.6	337.1	337.5	334.4	331.1	328.3	329.0	329.5	332.3	334.6	337.1	343.9	348.5	350.6	353.6	355.1	343.6	345.5	341.2	345.2	346.2	353.0	357.2	347.8
10 °	332.9	336.8	320.6	314.3	314.8	303.4	308.9	300.9	312.7	319.9	323.7	326.2	337.2	344.3	352.4	355.0	347.0	334.4	337.9	336.8	348.0	355.7	344.2	340.3
15 °	333.9	326.6	312.4	306.6	299.3	280.4	278.4	283.8	296.3	309.1	309.6	318.2	327.1	345.2	346.8	364.0	371.3	363.0	356.4	357.0	361.2	359.4	341.9	340.9
20 °	331.3	315.8	311.6	303.7	280.6	275.5	260.6	276.8	272.1	296.6	303.4	307.9	313.8	322.5	342.6	356.6	363.1	361.3	346.7	361.8	360.8	350.2	347.1	336.9
25 °	316.4	303.6	286.3	278.8	269.7	257.9	262.0	258.0	270.6	269.1	276.5	284.7	300.1	311.2	313.1	330.3	349.8	342.0	337.4	347.6	347.2	336.5	332.9	323.1
30 °	272.5	267.1	254.6	253.1	243.2	231.1	232.2	229.4	238.7	251.4	245.9	240.9	255.1	273.3	283.0	321.5	315.2	320.5	315.7	316.4	326.9	323.1	305.2	282.5
35 °	237.8	229.2	223.4	211.5	211.4	210.1	209.9	210.2	207.4	205.3	210.8	216.3	216.1	241.3	253.4	273.7	285.8	291.6	285.4	296.2	294.8	284.9	259.8	251.5
40 °	203.0	197.6	193.6	191.1	178.8	194.0	195.8	191.5	174.5	179.8	186.8	196.2	197.6	216.5	228.2	245.3	260.2	280.2	286.2	278.4	259.1	246.1	236.2	217.2
45 °	172.3	162.1	164.4	168.4	155.9	179.1	181.0	173.0	150.7	168.4	168.9	170.8	173.9	189.9	203.6	217.2	231.9	241.5	257.8	246.6	225.3	219.7	199.5	183.3
50 °	152.6	148.4	139.4	136.4	136.5	140.9	138.3	140.8	131.6	141.7	143.5	154.8	158.7	156.2	162.1	176.1	181.9	196.8	198.9	196.8	184.7	172.5	156.9	151.8
55 °	109.3	109.8	108.7	99.5	92.9	104.9	99.9	109.0	98.5	104.7	108.2	111.9	112.7	116.4	119.9	126.5	135.4	142.0	138.8	137.1	130.2	118.5	114.0	113.1
60 °	60.3	62.5	61.9	64.6	55.8	69.6	63.5	73.4	66.0	67.5	68.9	70.4	69.5	70.1	71.4	81.0	76.4	85.7	82.6	85.5	74.1	73.9	69.9	58.8
65 °	41.0	40.0	38.8	38.9	33.0	40.4	34.4	44.0	34.6	39.3	40.1	45.6	43.6	46.1	42.6	42.7	43.2	51.1	50.8	48.4	38.5	37.4	39.7	40.3
70 °	16.2	17.1	15.7	13.2	9.8	13.8	13.5	13.7	10.3	12.7	14.5	18.1	16.9	16.4	18.3	17.6	15.8	21.1	23.1	20.6	16.1	18.5	16.9	15.7
75 °	0.4	0.1	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.4	0.3	0.3
80 °	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
85 °	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
90 °	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6



Tablo 5.14 : Tasarlanan armatürün 10.000.000 ışın değeri için ışık şiddeti dağılımı eğrisi.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345	
0 °	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	348.6	
5 °	343.2	332.8	331.4	330.9	327.6	325.9	326.4	330.8	331.7	339.4	344.4	344.5	346.3	350.8	352.1	354.5	349.8	346.8	342.3	341.3	344.1	348.1	349.1	349.1	349.1
10 °	334.8	327.2	325.6	325.5	309.3	299.0	300.6	306.7	317.2	323.2	329.7	329.1	334.3	348.5	352.9	356.5	354.6	346.6	334.6	336.4	348.0	354.3	354.3	344.4	344.4
15 °	338.2	329.4	316.9	310.5	302.1	282.5	281.0	293.0	295.6	304.8	315.4	326.4	327.7	345.2	342.8	352.3	370.3	359.7	347.1	358.2	363.1	364.7	346.5	344.0	344.0
20 °	332.3	316.2	313.7	305.2	277.5	270.5	260.3	278.0	277.6	297.9	298.4	307.9	315.9	331.6	344.1	352.8	365.3	361.7	344.9	355.7	359.9	356.7	346.4	343.8	343.8
25 °	315.1	301.7	291.8	281.5	272.7	259.3	260.0	255.9	270.9	264.3	267.8	284.9	297.1	313.6	317.4	335.8	346.2	346.0	341.3	341.8	349.2	339.8	328.7	322.5	322.5
30 °	270.3	263.5	255.4	253.6	246.7	229.8	235.7	231.1	246.5	243.7	242.6	242.0	251.3	268.1	289.1	316.4	321.5	316.1	314.0	312.6	317.7	319.6	303.1	279.6	279.6
35 °	234.0	232.2	222.5	211.9	212.6	212.5	209.0	209.3	211.0	211.9	206.0	216.3	223.0	241.1	254.0	284.1	286.9	290.8	291.9	298.8	291.4	286.6	267.0	252.6	252.6
40 °	209.1	199.7	199.7	184.4	181.1	198.0	198.1	187.7	178.9	177.5	187.2	194.1	196.5	211.9	224.0	249.2	257.6	275.4	283.4	276.4	259.7	252.1	236.6	223.5	223.5
45 °	171.1	165.2	163.9	166.5	155.8	173.7	178.6	173.0	150.5	164.8	170.3	168.8	172.9	183.6	204.3	219.7	227.9	246.1	252.3	252.6	225.7	222.1	196.1	181.4	181.4
50 °	155.8	146.7	139.0	137.8	127.0	142.9	141.9	141.5	135.2	142.4	142.0	158.4	159.7	161.7	168.1	182.0	185.2	193.2	194.9	196.1	178.5	176.2	158.6	154.8	154.8
55 °	109.7	112.6	106.1	96.1	98.2	105.0	98.9	103.4	98.7	104.4	111.4	115.4	113.1	116.5	119.9	126.8	132.3	137.0	135.4	137.0	127.2	123.0	116.2	113.7	113.7
60 °	62.0	63.5	64.3	65.7	59.9	68.6	63.2	70.3	63.1	71.3	68.4	68.2	66.7	69.5	71.8	78.0	78.7	86.2	81.7	84.6	74.8	73.6	68.2	64.1	64.1
65 °	41.0	40.1	37.9	35.1	32.4	39.4	35.4	43.5	36.8	37.5	39.8	42.6	44.1	43.3	44.1	43.0	39.8	50.5	49.5	48.9	38.2	39.7	37.9	41.3	41.3
70 °	17.3	16.5	14.9	12.5	11.6	13.9	13.1	12.6	12.0	12.8	13.9	15.5	16.6	16.9	16.3	18.2	16.4	21.3	23.0	20.6	17.7	16.5	15.9	15.8	15.8
75 °	0.3	0.3	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2
80 °	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
85 °	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90 °	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1



Tablo 5.15 : 1000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8	345,8
5 °	29,8	165	339,6	104,3	269,2	691,6	95,9	41,7	41,8	485,1	194,2	248,8	289,6	291,8	95,6	92,5	249,7	17,5	134,7	339,8	346,1	347,5	350,4	190
10 °	81,3	4,7	61,4	198,5	309,1	160,6	2,2	352,6	6,8	57,1	69,6	332,2	336,4	336	361,9	133	238,3	279,8	169,8	497,2	85,9	237,6	301	61,6
15 °	333,3	322,9	577,3	46,7	48,9	290	212,2	18,6	267,6	304	642,9	61,7	411,1	840,6	41,3	230,9	303	355,9	345,6	354,9	227,6	357,9	354,7	123,9
20 °	733,2	275,1	245,7	259,8	93,7	101,6	37,2	23,2	135,9	4,9	1157	100,3	315,5	177,7	345,3	622,9	268,6	348,7	351,1	363,3	364,8	166,9	111,9	396,5
25 °	79,1	97,9	1652	277,9	209,9	237,7	549,2	80,3	269,9	100,1	282,7	288,5	212,5	510	96,4	7,2	407,7	212,2	473,5	336,4	344	339	269,3	84,3
30 °	327,2	2,8	51,5	635,3	95,1	88,4	196,4	24,9	239,6	196	35,7	245,9	256,3	205,9	39,5	211,4	311,7	156,8	200	374,3	398	75,5	60,5	274,4
35 °	235,8	358,1	222,4	161,1	149,5	114,2	142,9	208,4	151,8	203,9	208,4	215,5	68,5	227	252,4	284,7	86	166,4	397,9	344,5	240,4	476,7	304,5	23,7
40 °	201,7	191,1	194,2	141,8	186,5	195	121,7	194,6	179,4	180	188,7	132,8	202,1	244,8	229,9	249,4	255,3	105,2	92	203,5	460,3	141,7	46,8	9,5
45 °	172,6	110,5	212,9	152,2	75,5	176,9	8,6	175,5	152,5	134,6	166	166,6	283,1	182,8	199,5	163,7	225,5	245,9	256,7	244,7	42	215,7	167,2	178,4
50 °	215,4	153,9	72,9	142,9	112,8	142,5	14,8	143,4	253,9	261,6	88,3	709,1	63,4	155,5	165,7	240,6	108,5	192,3	109,4	192,8	177,8	167,6	248,2	152,8
55 °	107	12	181,1	94,5	164,7	100,2	97,1	248,2	223,1	57,3	111,1	109,3	110,1	151,9	114,6	35,8	89,8	86,3	39,6	138,7	34,9	117,9	119,3	116,6
60 °	62,3	62,9	12,4	666,3	59	62,5	64,7	219,3	68,3	238,5	66,6	66,9	455,9	276,7	68,3	82,2	299,8	85,7	86,1	331,8	72,6	251,2	213,9	56,2
65 °	82,1	43,9	38,2	38,4	380,6	36,4	33	40,4	38,9	46,8	40,8	36,2	195	42,3	42,2	41,1	41,3	52,7	51,3	44,8	337,9	40,8	41,6	38,8
70 °	15,7	17,1	16,3	15,9	14,1	13,3	11,4	14	12,6	14,1	14,6	17,3	17,6	362,6	16,1	17,3	17,8	19,4	20,7	21,6	17,3	15,8	16,5	4,7
75 °	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
80 °	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
85 °	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
90 °	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1	0,1	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1

Tablo 5.16 : 10.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7
5 °	88,9	69,9	85,8	16,1	82,7	71,4	39,1	66,7	42,5	94,8	31,6	13,7	30,8	180,8	167,2	78,9	23,7	16,2	119,6	132,6	229,5	69,6	12,0	16,9
10 °	69,3	11,4	51,8	99,9	57,7	8,8	87,9	70,0	58,9	83,8	94,4	189,7	248,6	30,6	170,0	147,7	68,0	169,0	76,1	236,8	138,8	85,8	179,9	92,1
15 °	28,2	1,3	59,6	13,2	189,4	50,0	45,0	46,4	4,9	23,1	50,9	3,8	126,0	13,3	20,5	139,6	93,1	149,5	100,1	100,5	79,4	27,0	30,1	105,4
20 °	56,2	58,8	116,7	35,7	267,7	32,8	19,6	7,8	41,8	131,5	28,7	72,9	89,1	111,1	9,6	97,0	35,2	66,5	158,0	62,8	18,2	217,4	213,5	31,8
25 °	94,1	99,6	61,0	78,3	121,5	24,9	123,1	6,2	3,5	5,9	32,5	107,7	54,6	148,3	191,6	47,2	215,3	107,2	39,2	102,0	87,7	31,6	69,0	47,8
30 °	30,7	157,3	128,8	100,0	77,6	22,2	35,0	86,0	28,3	49,6	38,9	87,8	60,7	117,5	32,7	97,5	169,5	16,3	75,3	101,7	190,6	61,1	162,1	39,8
35 °	27,0	8,2	24,3	81,3	28,4	37,3	128,9	23,7	74,4	9,4	64,2	98,2	91,1	38,3	1,2	71,3	49,6	169,4	188,7	108,0	176,8	34,1	224,3	191,9
40 °	33,2	34,3	23,3	50,2	25,5	83,6	103,5	36,8	141,5	65,8	23,6	5,8	103,0	107,6	4,3	10,5	134,3	107,5	88,1	114,0	6,7	35,8	101,9	28,5
45 °	6,2	29,6	15,7	59,2	71,6	100,4	64,6	36,9	21,4	56,8	94,6	69,4	61,5	57,7	72,7	70,2	99,7	13,2	41,2	8,4	136,4	4,9	47,7	50,7
50 °	57,2	25,3	95,3	11,5	14,1	56,4	3,4	81,0	40,1	42,1	45,0	49,5	9,9	1,4	91,9	90,7	94,3	62,3	79,4	18,6	138,4	54,8	36,6	16,5
55 °	42,2	19,3	74,6	78,6	52,4	89,4	28,7	99,1	47,2	74,1	56,9	3,1	51,1	68,7	60,1	48,2	47,2	1,0	97,3	8,0	19,8	71,2	98,4	64,1
60 °	16,5	31,7	82,2	122,4	15,6	19,1	7,8	44,7	68,3	10,0	30,2	38,1	50,1	48,5	26,1	14,9	9,9	10,8	7,8	34,2	44,3	19,9	33,3	13,8
65 °	21,5	2,2	49,8	2,7	6,5	36,4	14,3	8,1	6,0	24,9	37,2	26,5	1,4	48,8	42,2	73,3	40,1	51,0	13,8	44,8	19,6	21,5	128,3	38,8
70 °	12,2	0,4	16,3	15,2	14,1	13,3	11,4	8,8	12,6	11,1	14,6	8,6	17,6	15,9	7,4	17,3	17,8	19,4	20,7	21,6	17,3	13,1	64,2	39,2
75 °	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	30,8	33,8	0,8	0,8	0,8	0,8
80 °	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	34,8	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
85 °	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	25,7	16,0	24,8	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
90 °	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	24,3	0,0	16,1	37,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tablo 5.17 : 100.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9
5 °	17,5	9,3	23,4	24,9	18,7	42,7	41,0	5,7	34,5	59,7	52,9	12,4	38,8	10,4	15,8	5,1	18,8	6,3	14,0	16,5	13,4	57,5	51,3	9,7
10 °	13,7	10,0	44,8	34,0	8,6	45,7	0,8	37,6	1,6	24,1	8,0	4,8	7,9	13,1	4,0	9,2	6,2	62,7	22,3	12,3	0,3	26,5	13,9	30,6
15 °	93,8	10,6	63,1	8,2	54,2	50,5	61,5	5,6	20,6	23,9	32,2	0,9	11,2	9,9	35,6	28,6	25,5	39,3	17,3	6,1	32,7	66,1	16,3	0,8
20 °	64,2	31,1	14,4	1,6	6,7	36,1	22,8	23,0	32,3	48,4	15,4	16,2	32,2	23,4	41,5	9,6	4,8	26,2	52,7	17,1	11,4	11,8	13,6	29,9
25 °	30,5	18,8	8,5	3,9	36,8	41,4	36,6	22,5	14,8	12,8	2,5	31,5	53,2	54,0	12,2	26,0	20,4	23,0	65,0	25,7	22,4	10,8	46,0	27,0
30 °	29,3	18,6	38,9	15,9	27,3	17,7	21,0	30,1	2,1	21,0	18,3	44,8	11,3	44,7	6,3	25,3	35,0	0,2	17,6	1,6	5,1	35,4	45,8	22,0
35 °	6,1	15,3	2,6	32,6	23,1	2,8	25,7	1,4	0,8	12,4	43,7	66,0	40,9	3,2	5,1	3,5	43,6	2,3	22,7	10,4	67,1	12,4	10,6	7,7
40 °	24,7	15,7	25,6	5,8	14,1	10,6	39,1	12,7	3,7	36,5	17,9	22,3	20,8	9,7	2,7	19,2	26,1	18,9	33,5	11,4	20,3	16,3	9,6	30,1
45 °	3,5	25,5	16,3	26,2	29,4	25,0	6,4	16,8	26,0	45,2	16,4	36,4	33,0	41,9	24,5	9,4	9,7	4,6	17,2	20,7	35,2	23,1	8,3	64,1
50 °	32,7	10,4	14,4	50,2	4,9	1,5	0,6	4,4	9,6	13,6	29,0	1,3	4,9	20,3	18,0	28,3	47,5	16,1	10,4	17,8	14,7	19,8	2,6	22,5
55 °	31,4	10,8	16,0	27,5	12,0	4,3	14,4	9,9	1,5	24,3	23,2	31,8	9,1	22,4	41,8	24,0	7,4	28,6	31,6	8,7	38,0	12,5	29,1	21,7
60 °	0,4	3,7	1,1	21,5	0,9	12,4	8,8	0,6	26,4	1,0	30,1	5,2	3,2	15,0	0,3	11,6	1,7	1,6	1,7	10,2	7,1	0,8	13,7	22,9
65 °	12,5	2,4	9,1	18,2	8,4	10,5	1,0	4,3	12,8	14,8	10,5	40,5	5,6	0,7	0,9	10,0	10,5	10,4	10,7	16,8	3,5	13,3	16,1	6,9
70 °	6,3	3,7	6,1	8,6	6,4	7,8	1,6	7,1	2,8	6,5	6,3	6,4	5,0	5,6	3,0	4,0	5,3	8,5	1,9	5,7	4,6	1,1	2,9	6,0
75 °	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	8,6	2,0	5,5	3,1	7,0	2,7	0,7	0,8
80 °	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	9,8	11,0	3,5	18,0	1,6	6,5	8,4	4,1	0,4
85 °	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	4,1	4,8	0,1	12,7	0,4	14,1	8,7	7,5	0,3	0,3
90 °	0,1	0,1	2,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,5	0,1	2,5	0,0	3,3	8,1	18,5	6,8	2,8	4,4	9,0	0,7	0,1

Tablo 5.18 : 200.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9
5 °	17,5	13,3	12,1	13,9	9,0	1,3	6,5	17,9	3,1	14,6	29,6	19,5	5,3	14,3	9,0	0,1	0,1	14,5	18,6	26,1	0,8	9,8	21,4	19,8
10 °	26,9	6,5	9,2	40,1	4,5	7,5	11,3	8,3	27,4	21,7	4,6	20,2	3,2	7,2	3,4	10,3	17,0	6,1	27,8	6,7	1,6	41,3	43,3	5,1
15 °	3,3	35,5	15,0	2,0	8,4	3,0	9,9	24,2	5,7	15,6	4,0	17,3	8,0	2,7	35,6	47,2	24,2	5,3	26,9	42,5	12,8	0,2	7,1	3,1
20 °	7,9	12,8	2,1	9,2	22,1	6,0	26,3	6,3	20,6	13,4	3,6	15,2	13,6	27,0	14,0	9,0	13,9	4,6	13,0	3,6	6,4	20,0	37,1	3,2
25 °	6,1	12,5	21,1	15,7	7,5	22,2	2,3	30,0	20,8	12,9	19,6	10,1	3,9	14,5	11,1	4,5	26,4	35,8	2,6	5,0	1,0	44,8	4,5	31,6
30 °	7,2	5,7	17,6	9,4	9,9	10,6	1,0	14,7	17,2	18,4	20,1	3,5	10,7	9,3	1,8	15,8	27,8	16,9	2,8	17,5	13,7	29,0	3,7	21,3
35 °	0,8	6,7	12,0	30,7	3,3	21,6	25,9	15,1	22,5	32,4	9,4	26,4	16,3	11,0	3,5	14,1	20,7	38,5	2,1	10,8	16,0	27,9	8,6	26,6
40 °	6,5	57,1	19,9	31,3	13,1	8,9	6,4	0,8	3,6	1,3	5,5	24,1	21,6	17,5	16,9	22,4	1,6	13,1	5,5	8,3	4,3	27,4	15,1	16,2
45 °	10,8	2,8	16,4	4,5	3,0	23,9	14,4	3,3	13,8	15,0	25,3	5,5	17,7	9,7	14,1	19,8	3,1	1,8	0,2	5,8	19,1	36,9	0,4	17,9
50 °	7,5	17,1	1,3	40,3	0,7	21,7	8,8	9,7	4,8	19,8	16,1	3,2	41,2	6,6	17,4	7,0	29,7	3,8	7,5	26,6	25,3	16,2	12,3	3,2
55 °	34,6	31,7	19,0	13,6	8,3	28,6	0,1	19,5	11,3	11,7	17,3	6,6	5,7	5,4	12,2	12,0	20,7	4,6	1,2	18,0	33,6	22,5	10,4	0,6
60 °	4,7	15,5	14,3	8,1	3,6	11,3	14,4	2,6	10,1	1,2	16,4	13,0	7,1	6,6	7,4	9,8	10,6	3,4	10,6	4,9	2,5	9,6	13,3	4,1
65 °	14,4	4,7	7,6	1,8	4,1	15,9	1,1	16,4	9,6	0,4	6,4	23,7	9,2	0,9	12,3	11,6	11,1	12,9	11,6	12,3	0,2	7,2	7,4	7,1
70 °	7,0	6,5	5,0	6,3	4,3	2,0	3,7	2,0	0,5	7,8	11,9	0,2	1,5	2,5	5,7	3,2	6,8	1,9	0,4	2,5	2,7	3,2	0,4	8,5
75 °	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	1,3	0,8	0,8	0,7	3,4	5,1	5,0	12,3	9,6	8,1	3,6	3,4	1,3	2,0
80 °	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	4,7	3,6	6,8	11,4	14,8	9,8	11,6	2,0	2,0	0,1
85 °	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	1,5	3,3	2,0	2,9	10,3	11,2	9,4	8,2	3,8	1,8	0,3
90 °	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	1,1	3,0	6,9	2,7	6,9	6,7	4,5	2,5	5,7	0,1

Tablo 5.19 : 400.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1
5 °	19,1	29,5	19,0	8,7	18,6	8,7	4,4	1,1	18,3	16,6	11,0	4,4	16,6	19,5	22,7	8,0	3,3	7,2	16,2	19,9	23,6	11,0	10,0	12,4
10 °	1,6	9,5	9,4	11,8	25,2	14,4	9,0	27,0	28,8	1,0	15,2	6,0	20,1	21,5	2,7	5,2	2,7	15,0	19,0	8,4	24,2	0,4	1,2	25,0
15 °	2,8	16,1	11,1	20,7	6,6	13,3	25,9	9,6	50,3	6,9	5,1	0,0	7,7	12,3	9,1	17,9	18,2	3,3	1,8	2,3	2,5	16,5	20,5	9,9
20 °	9,8	21,6	9,2	26,6	21,1	5,3	27,3	2,4	8,1	1,0	15,8	7,5	2,4	3,9	12,2	7,4	28,5	16,9	12,4	6,6	8,2	25,9	2,9	3,3
25 °	5,1	17,1	8,6	11,8	2,9	5,8	6,6	23,7	16,4	33,3	1,3	18,3	3,2	1,3	23,9	5,9	28,6	33,8	13,1	9,8	1,8	42,1	23,5	0,8
30 °	3,1	7,0	22,0	23,2	12,6	10,6	6,2	3,2	15,6	1,5	5,3	21,2	1,5	11,9	2,8	15,2	24,8	6,4	16,5	5,2	2,6	28,2	13,8	31,1
35 °	2,5	9,3	1,8	5,1	20,3	0,6	6,8	9,1	5,9	18,6	14,4	16,8	6,5	6,6	20,3	11,1	5,8	12,6	5,7	2,0	9,1	6,7	14,8	5,9
40 °	25,7	13,1	5,9	18,1	3,5	10,5	17,3	8,0	0,8	1,6	10,2	5,3	6,5	17,1	1,6	14,0	5,6	0,3	8,5	9,1	8,7	14,2	10,0	24,5
45 °	24,4	1,7	11,0	0,8	18,1	10,4	6,6	12,1	16,0	4,8	2,2	9,2	6,7	3,0	1,6	6,2	3,7	12,3	2,5	11,0	20,4	1,4	16,2	8,9
50 °	2,3	0,3	10,3	16,1	22,8	8,3	10,6	0,6	7,2	0,8	5,8	21,1	15,9	8,1	10,9	3,2	9,1	27,3	4,9	3,0	5,5	7,8	0,9	14,9
55 °	26,9	10,5	13,1	0,9	1,1	0,8	1,7	6,2	12,9	13,3	1,5	9,7	1,9	2,2	8,8	2,1	8,6	1,3	5,2	7,1	8,8	7,2	7,7	4,7
60 °	4,4	2,9	8,6	10,9	10,5	7,4	5,4	4,5	10,0	12,6	19,7	3,5	10,0	11,4	5,8	3,9	4,3	4,0	13,7	1,0	1,6	6,4	1,3	3,9
65 °	4,0	9,1	3,6	1,3	7,0	9,6	1,7	7,1	6,6	10,3	2,6	9,8	6,2	7,0	12,6	6,0	1,4	10,7	13,4	3,9	6,5	4,9	5,1	4,7
70 °	1,0	4,4	1,1	2,7	0,8	1,9	1,7	0,6	0,1	5,6	3,3	6,1	3,2	1,2	6,5	3,3	4,2	4,8	3,2	1,2	4,0	1,7	0,0	1,7
75 °	0,8	0,2	0,8	0,2	0,8	0,8	0,2	0,5	0,8	0,7	0,0	0,8	0,8	0,3	4,0	3,1	8,2	1,3	12,3	3,6	2,4	1,8	0,3	0,8
80 °	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	1,6	1,4	5,8	9,9	8,0	8,2	9,6	7,8	2,7	3,1	0,4
85 °	1,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,1	3,8	0,9	5,6	13,0	3,8	9,4	6,9	4,3	2,8	0,6
90 °	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,9	0,1	0,1	1,6	2,9	4,7	3,2	10,1	5,0	11,9	10,3	0,6	1,8	0,1

Tablo 5.20 : 600.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
5 °	5,5	35,1	16,8	4,8	10,7	11,0	10,1	19,3	20,4	19,0	6,2	8,6	22,4	28,3	16,1	36,1	31,2	30,9	13,5	17,6	17,2	2,6	11,1	2,3
10 °	18,3	16,7	34,4	12,7	13,5	5,7	12,4	17,4	13,9	5,6	18,7	10,5	0,8	3,2	13,5	11,4	2,9	4,1	1,1	10,5	18,5	18,2	13,2	11,4
15 °	24,0	18,5	0,2	16,2	20,5	8,6	13,6	4,3	3,7	20,2	0,6	5,1	16,4	9,7	5,9	19,7	10,2	28,6	8,1	7,2	4,3	13,8	0,6	24,2
20 °	6,1	1,3	2,5	7,4	4,7	8,2	2,9	17,1	5,8	14,5	20,1	20,0	16,8	13,0	26,6	4,6	11,5	24,1	0,6	12,1	30,1	0,1	22,7	26,4
25 °	3,8	10,4	12,3	12,3	7,8	5,2	1,7	5,0	17,5	1,3	18,6	5,0	2,2	8,7	11,3	4,9	21,9	6,8	27,6	1,6	4,2	12,5	10,6	20,3
30 °	0,6	3,9	8,3	15,3	8,5	20,0	6,7	0,9	5,0	8,4	0,2	8,4	8,1	15,8	13,5	9,5	3,2	8,8	17,4	3,4	1,9	2,3	9,1	5,5
35 °	25,6	17,7	0,4	6,3	15,1	11,6	12,2	1,0	6,6	5,1	4,6	1,5	9,3	3,2	16,7	7,2	13,6	8,2	4,2	20,6	25,5	0,8	21,5	3,1
40 °	3,5	10,9	4,0	10,1	11,5	7,4	2,7	10,0	5,2	9,7	18,5	2,7	2,9	7,0	5,7	8,1	3,9	2,8	10,0	15,7	15,0	5,7	24,7	1,7
45 °	1,2	0,6	1,9	7,8	13,5	5,5	4,0	5,0	0,9	9,8	8,2	4,1	8,2	13,5	12,7	11,9	11,0	17,7	21,3	0,8	19,0	3,4	8,3	17,3
50 °	2,3	7,2	17,5	8,3	2,6	7,7	5,0	3,2	1,6	5,6	9,4	16,2	6,0	0,7	9,4	7,3	19,5	0,9	15,1	4,5	2,4	0,3	15,1	11,6
55 °	14,2	6,8	7,6	3,3	4,4	2,4	10,7	18,7	9,2	6,0	10,5	9,3	8,9	3,1	6,6	0,8	9,0	17,5	2,1	27,5	1,9	3,9	8,1	11,7
60 °	8,2	2,5	7,4	1,1	4,8	13,2	2,3	1,2	4,5	7,0	0,1	4,2	9,0	6,6	1,8	3,0	0,6	7,2	4,7	7,5	1,8	3,6	1,9	5,6
65 °	7,6	0,2	0,0	0,2	4,5	1,4	5,6	4,0	6,9	2,5	0,0	11,5	2,5	3,7	6,1	5,8	1,3	11,8	0,8	4,6	1,4	3,3	7,0	3,5
70 °	0,6	0,1	0,4	2,9	1,6	0,5	5,5	1,9	1,2	2,9	0,5	4,9	5,7	2,6	2,6	0,4	1,2	0,9	2,7	2,2	0,3	0,8	4,0	2,5
75 °	0,7	0,8	0,8	0,1	0,8	0,8	0,2	0,1	0,8	0,1	0,7	0,7	0,4	0,6	0,1	2,9	4,6	2,8	10,0	4,8	5,5	3,1	1,5	0,6
80 °	0,7	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,1	0,4	0,6	4,5	4,0	8,7	8,4	12,1	7,3	10,1	3,5	0,3	0,2
85 °	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,1	0,3	0,4	0,8	0,5	6,2	12,4	3,9	11,4	5,8	3,1	2,5	0,3
90 °	0,1	0,1	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,4	0,5	1,0	4,1	6,2	9,6	4,6	12,7	4,8	6,9	2,1	0,5

Tablo 5.21 : 800.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
5 °	12,3	43,7	24,9	31,3	48,1	49,2	41,9	26,0	23,1	10,2	7,8	12,8	13,6	5,5	22,0	26,6	10,6	11,8	9,9	14,6	21,8	25,9	31,0	36,3
10 °	1,0	2,8	9,4	5,7	1,5	2,1	16,4	1,8	5,3	2,3	9,2	13,0	29,6	32,7	58,4	55,3	37,0	5,3	4,9	8,0	27,5	36,3	30,6	22,3
15 °	8,2	9,6	15,8	5,6	10,6	16,4	48,2	14,8	0,6	7,8	9,6	15,0	34,7	40,8	70,0	85,7	86,4	80,9	65,4	56,0	83,3	66,9	56,2	46,4
20 °	10,0	10,0	28,3	37,0	47,6	33,1	56,7	47,5	14,0	13,2	23,1	38,4	28,7	48,2	69,2	93,5	87,3	80,7	80,7	101,6	97,6	88,3	65,8	56,0
25 °	1,7	18,0	6,0	32,9	42,8	42,5	26,4	22,3	2,0	7,4	9,6	6,6	10,5	14,3	58,8	80,8	81,7	91,4	89,0	91,5	85,9	74,6	84,7	67,4
30 °	5,2	15,0	19,9	20,1	11,6	38,2	11,1	16,4	10,8	3,1	12,4	13,0	11,4	23,7	52,4	105,2	68,6	71,8	78,4	86,5	101,4	99,4	61,8	29,4
35 °	6,8	5,3	0,8	31,9	9,9	1,5	26,6	13,2	4,8	0,1	21,2	2,3	25,6	23,1	31,5	98,0	93,8	75,5	71,6	80,8	90,4	74,0	55,1	48,7
40 °	15,1	1,9	8,5	9,7	15,0	10,8	6,8	11,3	6,0	7,4	7,2	19,8	38,2	32,5	38,2	55,5	56,3	55,1	74,7	92,4	69,0	61,2	15,4	28,5
45 °	0,1	3,8	0,7	8,9	13,5	0,6	23,4	18,9	16,4	15,3	15,4	0,1	28,8	15,0	43,1	48,6	50,6	66,3	70,5	57,9	59,7	49,1	30,0	10,6
50 °	5,1	5,3	20,7	4,9	16,1	9,9	13,4	13,1	1,6	15,4	3,3	28,5	38,6	24,3	17,1	28,1	42,2	46,0	67,8	49,0	41,8	23,5	31,9	13,9
55 °	2,4	2,8	3,7	19,6	20,8	10,3	5,8	1,8	5,8	7,6	12,6	3,5	20,6	11,6	15,7	22,8	23,0	33,3	44,6	36,6	29,9	20,9	14,5	25,3
60 °	3,3	6,5	3,7	2,7	6,8	4,3	5,6	10,1	7,2	12,2	2,6	6,3	12,8	6,4	1,7	13,9	9,7	22,4	28,7	16,0	3,4	11,3	4,3	1,4
65 °	0,5	10,3	0,6	8,3	7,1	2,1	9,9	3,8	4,4	11,0	7,1	2,2	5,5	10,2	0,2	0,2	3,0	10,9	16,0	7,4	5,4	1,0	3,1	6,2
70 °	2,1	1,1	1,3	0,1	6,6	6,2	4,1	4,8	0,7	1,9	1,6	5,0	3,6	6,1	8,1	2,5	6,9	8,4	1,9	4,2	5,4	6,8	4,7	3,8
75 °	0,8	0,1	0,8	0,5	0,8	0,8	0,3	0,8	0,8	0,5	0,3	0,8	0,8	0,7	0,2	0,4	0,4	0,7	0,4	0,7	0,5	0,8	0,8	0,8
80 °	0,4	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
85 °	0,3	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,1	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
90 °	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1

Tablo 5.22 : 1.000.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
5 °	3,2	19,6	2,7	4,3	10,3	16,4	11,0	28,8	17,8	0,4	0,7	0,7	8,9	14,3	2,5	8,5	7,4	3,1	9,0	11,0	2,2	7,3	5,8	9,6
10 °	4,9	8,4	0,3	20,2	5,7	1,4	24,5	7,6	6,7	12,8	6,4	3,6	8,6	8,5	10,7	14,6	7,7	2,1	18,2	13,5	1,9	16,1	16,0	5,2
15 °	3,8	6,6	0,5	5,0	2,5	2,4	10,6	0,7	10,1	2,8	8,9	12,3	21,3	15,7	16,6	20,7	5,9	11,7	23,8	12,2	20,3	9,3	8,5	11,0
20 °	3,5	1,9	16,2	12,3	1,3	2,2	2,3	9,0	9,1	5,8	17,7	17,6	9,3	7,1	2,9	16,0	14,0	16,1	7,4	5,4	18,0	2,3	17,9	2,1
25 °	0,5	3,6	2,8	10,7	1,3	18,4	10,3	1,9	9,1	8,8	8,0	23,2	3,4	7,2	14,0	20,1	10,0	9,2	3,5	18,0	22,1	4,0	3,3	0,9
30 °	12,3	9,0	6,7	4,2	1,2	11,0	0,0	6,0	6,7	2,2	7,3	0,7	4,9	17,3	3,3	11,6	0,2	17,6	4,5	12,2	3,0	6,0	2,4	11,0
35 °	2,4	5,1	9,7	10,8	0,5	2,5	12,2	1,6	9,6	14,5	6,8	3,5	15,5	0,1	9,8	12,4	7,6	0,0	21,9	12,3	4,3	7,9	3,6	3,4
40 °	8,2	10,1	7,0	5,6	11,0	11,5	12,5	0,1	3,4	0,9	0,3	7,1	0,2	3,8	1,8	7,2	0,9	2,2	3,6	3,8	2,1	2,7	1,0	10,4
45 °	0,5	0,2	4,7	3,2	20,9	4,8	12,5	3,7	0,7	12,3	2,3	0,0	5,4	6,0	2,7	7,5	9,4	3,5	0,4	10,8	2,5	27,5	2,1	2,4
50 °	7,9	10,0	10,7	9,5	0,6	1,3	7,8	5,9	1,6	7,4	10,7	0,2	2,8	0,6	2,4	3,6	2,1	8,4	10,7	1,3	5,1	0,3	3,7	0,9
55 °	6,9	7,9	1,6	0,2	5,5	0,8	2,7	0,4	0,5	5,0	0,7	2,8	7,5	6,7	3,2	12,9	5,0	2,2	7,6	1,8	4,9	9,1	4,6	1,3
60 °	2,4	7,4	11,7	5,9	5,7	11,8	2,8	7,0	8,4	1,7	2,8	9,3	2,0	2,7	9,5	4,4	0,0	4,3	1,2	4,3	3,5	2,8	1,5	0,1
65 °	0,2	1,2	1,0	2,1	0,9	6,0	3,6	6,5	9,7	4,6	4,8	7,5	5,6	1,8	1,4	7,3	1,0	3,1	10,5	4,8	1,6	2,0	5,1	3,5
70 °	1,2	2,0	4,4	3,7	2,4	0,7	0,2	2,9	0,5	2,0	2,1	0,0	4,6	4,7	1,6	0,1	4,0	0,9	4,3	0,1	6,4	1,2	1,2	2,9
75 °	0,5	0,5	0,4	0,4	0,8	0,5	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,1	0,5	0,6	0,0	0,5	0,5	0,1	0,4	0,4	0,8	0,5
80 °	0,4	0,1	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
85 °	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,0	0,9	0,4	0,0	1,0	0,4	0,1	0,9	0,3	0,3	0,3	0,3
90 °	0,4	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3	0,0	0,3	1,2	0,0	0,4	1,3	0,1	0,1	0,1	0,1

Tablo 5.23 : 2.000.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
5 °	18,2	8,1	10,1	8,9	1,1	5,3	7,4	4,5	2,4	13,7	2,0	5,9	0,1	1,3	3,8	7,4	0,1	2,4	2,9	6,1	3,7	2,7	5,1	10,5
10 °	8,5	6,2	6,8	7,4	6,9	12,6	8,3	0,8	0,9	4,4	4,2	7,6	4,9	15,5	17,1	2,4	1,2	2,4	12,6	5,6	2,2	6,4	0,2	3,6
15 °	7,6	5,6	5,7	1,5	1,7	4,6	7,5	12,0	0,8	3,1	4,4	6,4	12,0	13,5	4,1	1,8	6,4	1,8	2,4	3,2	7,6	4,2	7,9	2,5
20 °	4,6	28,2	11,1	6,9	5,5	6,6	9,9	9,2	12,3	6,2	8,6	1,0	8,5	6,2	0,8	2,8	20,2	7,6	1,3	10,4	11,8	4,6	5,5	7,1
25 °	1,6	6,5	3,6	6,0	2,9	2,5	11,9	11,0	15,2	0,9	0,7	12,0	10,1	7,5	1,9	6,3	1,0	5,4	6,4	3,3	6,6	6,0	9,5	2,1
30 °	11,8	16,7	4,2	0,4	8,8	5,5	2,2	0,8	6,4	11,1	2,0	6,1	3,0	0,5	6,6	1,8	13,9	0,4	7,4	9,8	4,1	1,3	0,5	3,6
35 °	2,7	0,9	1,9	1,5	1,1	1,6	10,8	0,5	8,7	1,0	2,6	4,6	4,9	6,0	7,3	7,8	17,4	17,1	0,9	5,8	6,3	5,3	2,9	4,8
40 °	1,3	6,9	11,3	4,5	3,8	9,9	3,5	4,0	4,1	5,3	3,3	5,6	1,2	3,0	4,1	8,3	4,6	9,4	0,3	1,8	12,8	6,4	5,4	9,6
45 °	8,7	2,0	1,7	4,4	7,4	0,1	8,0	6,1	6,8	1,4	2,6	3,1	10,5	1,3	1,1	5,3	3,3	7,4	13,3	1,8	4,5	4,1	5,7	3,4
50 °	11,1	4,7	2,1	4,3	4,7	1,7	9,2	5,1	14,9	11,4	6,2	4,6	8,4	6,9	0,4	7,0	2,0	5,7	8,5	3,2	1,3	2,8	5,5	3,8
55 °	8,4	9,5	2,5	0,8	0,9	14,4	3,1	0,5	5,5	5,4	0,6	2,0	5,8	4,9	1,0	5,5	4,7	0,0	0,8	0,5	2,7	3,1	0,8	3,9
60 °	4,8	0,3	5,8	0,5	2,1	10,1	1,3	6,3	5,8	4,5	2,2	3,9	1,1	0,4	2,3	4,3	2,1	7,3	1,8	5,1	2,0	1,6	1,7	1,7
65 °	1,8	7,3	0,7	0,5	1,0	5,0	1,0	0,3	5,7	6,3	2,3	6,2	6,1	2,1	3,1	2,6	2,1	3,0	1,4	9,1	2,0	1,8	1,3	3,0
70 °	1,3	0,8	1,4	1,5	3,8	0,4	0,7	0,2	1,2	0,3	2,2	4,5	1,2	1,1	2,5	1,2	0,8	0,6	6,4	0,8	0,0	1,5	4,1	1,6
75 °	0,5	0,7	0,5	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,5	0,6	0,6	0,1	1,6	1,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,6	0,8	0,8	0,8
80 °	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,0	2,1	4,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
85 °	0,0	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,1	0,3	1,5	2,5	0,0	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
90 °	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,8	0,7	1,3	3,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1

Tablo 5.24 : 4.000.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
5 °	11,6	11,2	2,9	8,1	8,6	7,3	8,5	0,3	4,5	5,0	6,2	1,6	4,9	2,6	8,2	6,2	6,1	6,0	2,8	6,2	1,2	0,3	4,8	8,9
10 °	7,7	1,4	15,8	5,8	3,7	3,1	10,2	4,4	6,0	1,8	11,8	1,5	9,4	6,2	2,4	3,3	4,0	3,0	6,1	13,2	0,7	4,3	6,7	3,3
15 °	3,9	1,2	0,2	2,0	0,0	2,6	7,1	5,9	2,9	13,5	1,1	0,9	11,6	8,1	7,5	3,5	3,5	9,3	11,5	6,2	0,1	6,7	2,7	9,0
20 °	7,9	0,0	4,3	3,6	0,2	0,4	5,2	2,9	4,7	10,8	1,2	1,4	8,5	2,1	1,8	6,5	4,4	14,5	1,8	1,7	10,7	0,8	4,5	0,3
25 °	3,0	5,6	4,5	0,6	11,4	4,1	6,8	12,5	2,3	0,7	7,3	1,6	3,9	4,4	6,2	9,0	2,3	2,9	0,3	9,6	6,1	3,7	2,5	10,3
30 °	3,0	7,8	5,3	2,7	2,6	1,1	1,5	0,7	1,7	4,4	4,8	1,6	2,8	0,5	0,3	9,4	5,9	3,5	7,9	6,5	0,6	9,6	0,4	17,1
35 °	3,8	3,7	0,8	6,8	0,7	4,5	0,8	0,6	5,3	1,2	1,5	3,2	12,8	3,7	1,9	1,7	4,6	2,9	13,4	3,8	1,4	5,0	18,2	4,3
40 °	7,2	4,0	2,2	3,0	7,8	6,6	5,9	5,7	2,2	3,6	1,5	3,7	6,0	3,1	3,5	2,2	2,4	2,8	1,0	0,3	7,9	0,8	0,6	6,8
45 °	7,3	0,7	2,6	0,3	0,6	0,6	2,0	5,1	3,9	7,4	4,1	1,2	2,6	1,8	2,8	5,4	7,0	3,2	2,1	1,4	5,8	2,9	1,1	4,7
50 °	7,2	5,5	2,1	0,8	2,5	3,0	3,1	3,0	3,1	9,6	1,4	3,6	1,7	8,7	1,5	0,2	11,4	3,5	13,1	7,2	5,8	9,2	3,3	3,3
55 °	3,5	8,3	6,5	0,8	1,2	10,5	2,2	4,1	7,4	6,0	0,8	0,4	2,6	2,0	1,7	9,5	1,9	2,8	2,3	0,6	3,8	0,7	4,6	0,5
60 °	3,4	1,0	6,4	2,5	0,6	5,0	0,5	2,8	3,1	6,0	1,2	2,2	0,1	0,0	3,2	5,7	2,2	4,2	3,7	5,0	2,4	0,5	0,2	2,0
65 °	0,8	4,0	2,3	1,1	0,4	4,4	0,5	0,5	5,3	9,5	0,2	8,3	0,9	1,3	1,0	3,0	3,2	1,2	1,1	3,2	3,4	3,0	4,1	0,6
70 °	0,5	1,0	1,7	2,1	1,7	0,2	2,3	2,1	1,1	2,0	0,5	1,7	0,5	1,8	1,9	0,9	1,0	0,1	3,5	0,2	0,0	0,8	0,2	0,2
75 °	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,4	0,3	0,7	0,6	0,4	0,5	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6
80 °	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,1	0,4	0,3	0,3	0,3	0,1	0,4	0,3	0,4	0,4
85 °	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,0	0,0	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3
90 °	0,3	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,8	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,1	0,1

Tablo 5.25 : 6.000.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
5 °	2,1	18,4	1,9	0,6	1,5	2,3	1,4	2,4	0,0	4,4	2,4	1,2	2,0	1,0	0,0	1,9	0,8	1,3	0,2	0,4	0,5	0,3	0,6	0,5
10 °	1,6	1,9	0,5	0,9	1,3	2,3	8,3	1,6	0,3	5,6	1,1	0,8	7,7	2,2	0,0	1,4	0,3	1,3	0,4	0,4	0,5	0,0	0,9	0,5
15 °	1,3	0,8	0,7	1,5	1,2	0,9	2,5	7,6	0,5	0,0	1,6	1,5	11,7	0,0	0,0	1,5	0,7	0,5	0,5	0,4	1,6	0,6	0,3	0,5
20 °	1,8	1,1	0,1	0,6	2,8	0,3	2,2	5,1	2,2	5,0	2,4	1,5	1,3	2,8	0,0	2,8	0,8	0,2	0,5	0,5	1,7	0,5	0,4	0,9
25 °	2,5	0,8	1,6	1,3	4,5	2,1	2,9	6,8	0,0	1,0	3,1	1,1	2,4	2,4	0,0	1,5	0,4	0,3	0,8	0,5	0,6	0,5	0,8	0,5
30 °	3,6	0,7	1,8	0,3	2,5	1,0	1,1	3,0	0,0	2,0	1,3	0,3	1,1	2,0	0,0	7,3	7,4	2,9	1,2	0,9	0,3	0,8	1,6	0,3
35 °	2,9	0,6	1,3	0,5	3,2	0,4	2,3	2,5	3,9	1,3	0,4	1,2	2,1	1,0	0,0	4,5	4,7	1,3	0,6	10,6	0,4	0,3	0,3	0,4
40 °	1,5	1,8	0,6	2,6	4,9	0,5	4,4	0,5	2,1	0,1	3,9	2,1	1,9	0,8	0,0	3,2	0,9	2,8	0,6	0,3	0,1	0,8	0,9	1,2
45 °	0,6	0,5	0,6	4,3	1,9	2,9	1,0	1,0	1,1	1,0	3,0	1,0	1,8	0,7	0,8	3,5	1,4	2,1	1,7	0,3	0,6	0,3	0,7	0,5
50 °	1,8	0,7	1,2	1,4	0,1	1,1	1,8	1,6	0,7	0,6	0,4	0,2	0,0	0,1	1,0	0,0	1,1	2,2	0,9	0,5	0,2	0,7	0,2	0,3
55 °	0,3	1,6	0,6	0,6	0,2	1,7	0,5	0,9	0,2	0,0	0,8	1,0	0,0	1,3	2,1	2,0	0,2	3,9	0,9	0,7	0,3	0,4	0,4	1,4
60 °	0,9	0,2	0,5	0,9	1,5	6,0	1,9	1,7	7,6	1,9	0,0	2,8	1,0	0,0	3,8	0,1	2,2	1,5	0,7	0,7	1,0	1,4	1,1	0,7
65 °	0,2	0,5	0,4	0,3	0,2	1,6	0,2	0,2	2,2	5,5	0,7	7,0	0,7	2,2	3,7	0,3	0,8	1,9	0,4	1,9	0,7	0,6	0,4	0,6
70 °	0,2	0,2	0,6	2,2	3,4	1,0	1,2	0,0	0,3	1,9	0,3	0,0	0,5	0,2	2,7	0,9	0,3	1,0	3,2	0,0	0,3	0,5	0,0	0,0
75 °	0,7	0,7	0,5	0,7	0,6	0,7	0,8	0,5	0,7	0,6	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6	0,8	0,5	0,6	0,6	0,4	0,6	0,5	0,5	0,7
80 °	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,4	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4
85 °	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3
90 °	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,1

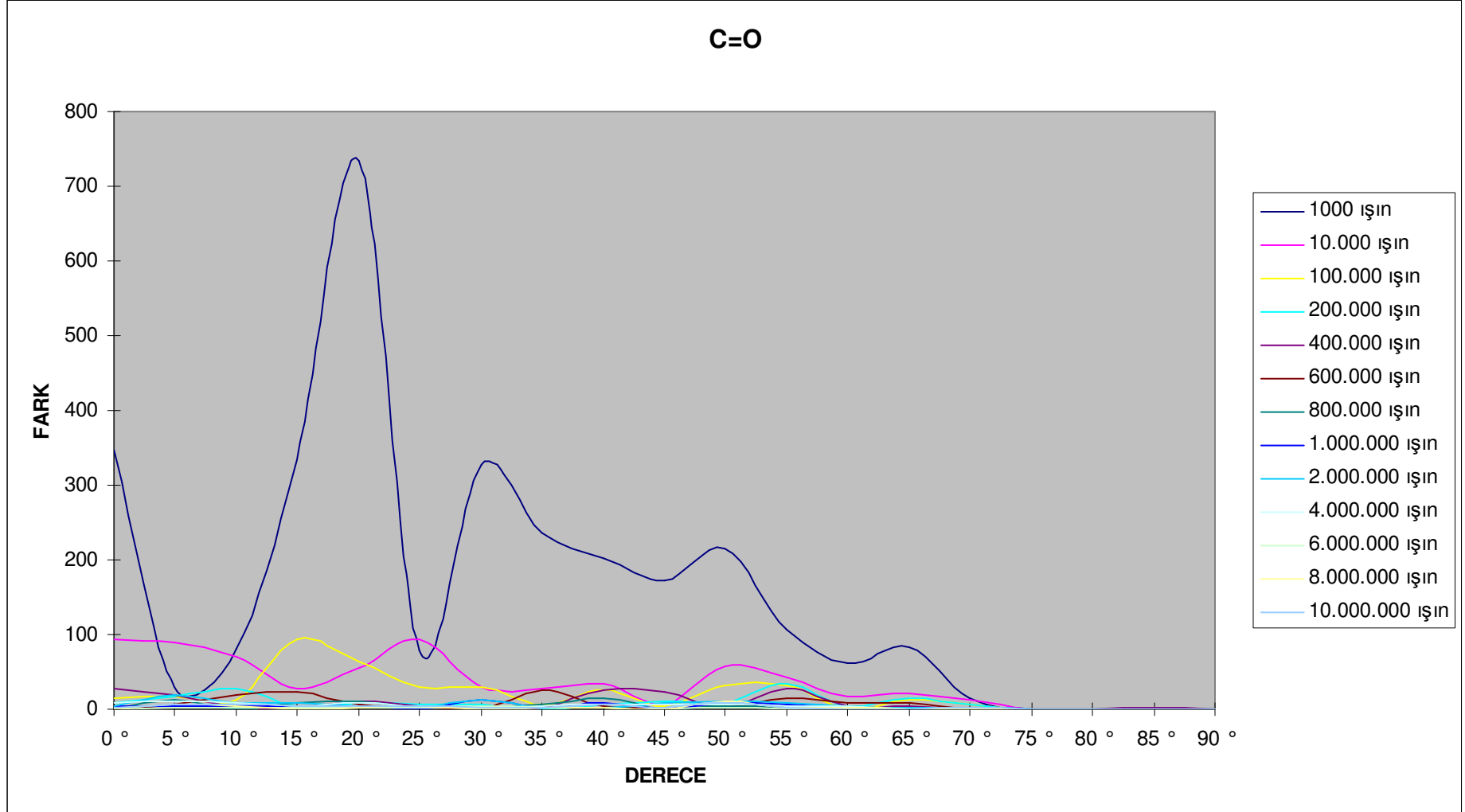
Tablo 5.26 : 8.000.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu..

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
5 °	6,8	12,3	2,1	1,7	4,1	5,2	6,4	3,7	1,0	11,9	8,8	2,7	3,6	3,5	5,1	6,7	10,5	4,2	2,6	1,3	4,0	5,2	6,8	2,0
10 °	3,7	7,8	6,0	1,6	5,7	2,6	19,3	3,2	0,6	3,6	9,4	6,0	0,8	8,3	9,5	4,8	7,8	2,5	1,7	0,7	4,3	0,9	6,9	2,9
15 °	0,6	3,7	6,3	7,3	3,1	9,6	0,6	5,7	0,7	5,1	1,7	2,9	4,4	9,0	1,7	3,3	4,6	3,6	10,8	2,1	3,7	1,5	12,8	7,4
20 °	2,2	6,2	0,8	8,0	4,0	2,4	5,5	6,8	5,5	1,6	5,0	0,5	1,7	10,7	3,1	1,7	1,0	10,6	4,4	1,5	4,0	11,0	4,6	5,7
25 °	4,5	4,2	4,7	0,9	5,7	2,6	5,7	7,2	4,8	3,5	5,4	3,8	0,7	6,0	8,8	4,8	5,1	6,2	5,3	11,2	3,2	2,5	0,4	1,0
30 °	0,5	9,2	1,3	1,0	1,0	1,0	0,3	1,1	11,8	3,3	6,2	5,0	1,2	3,7	5,5	1,4	3,5	8,9	2,4	1,5	6,1	9,6	6,1	1,3
35 °	2,0	2,9	1,0	1,5	0,5	5,8	7,2	1,8	7,1	1,4	2,4	0,8	11,7	5,8	1,0	11,0	8,9	3,7	4,3	7,8	2,9	3,0	6,9	3,7
40 °	1,3	0,8	0,6	7,2	7,7	1,0	3,1	1,5	4,9	0,2	1,9	3,4	4,5	5,7	1,7	4,2	2,1	4,5	8,5	5,5	7,6	1,2	4,0	1,4
45 °	0,3	6,9	2,4	1,0	3,9	2,2	0,0	2,5	1,8	1,6	2,9	4,2	1,4	7,1	4,1	5,0	6,4	4,4	0,3	1,9	4,8	4,0	4,2	4,9
50 °	11,2	5,5	2,7	1,5	6,5	1,6	0,1	2,6	2,2	5,6	1,3	0,4	2,3	0,7	3,6	1,7	6,4	4,5	8,2	4,0	6,9	4,9	3,0	1,0
55 °	2,3	5,5	1,1	5,0	3,5	4,7	2,8	5,2	0,8	4,3	2,9	2,6	2,6	1,5	0,5	6,1	2,1	2,4	3,9	1,6	1,0	0,6	5,3	3,5
60 °	2,0	0,4	2,7	2,3	3,2	7,1	1,2	6,1	2,3	6,2	2,3	3,5	0,7	3,8	3,1	1,2	0,3	0,0	3,5	3,6	1,5	2,4	5,1	3,4
65 °	0,4	3,9	0,6	0,5	0,3	4,0	1,4	3,6	4,3	7,5	0,7	9,4	0,8	3,8	0,4	1,6	1,9	1,6	0,5	3,6	3,3	3,4	1,9	1,5
70 °	0,5	0,0	0,6	2,7	4,3	0,5	2,1	0,3	2,3	1,4	0,1	0,8	0,7	0,5	2,2	0,3	2,0	1,7	2,4	1,0	1,2	2,7	0,4	1,0
75 °	0,4	0,7	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,4	0,3	0,5	0,5	0,3	0,4	0,6	0,7	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5
80 °	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
85 °	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,1	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,1
90 °	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	1,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,5

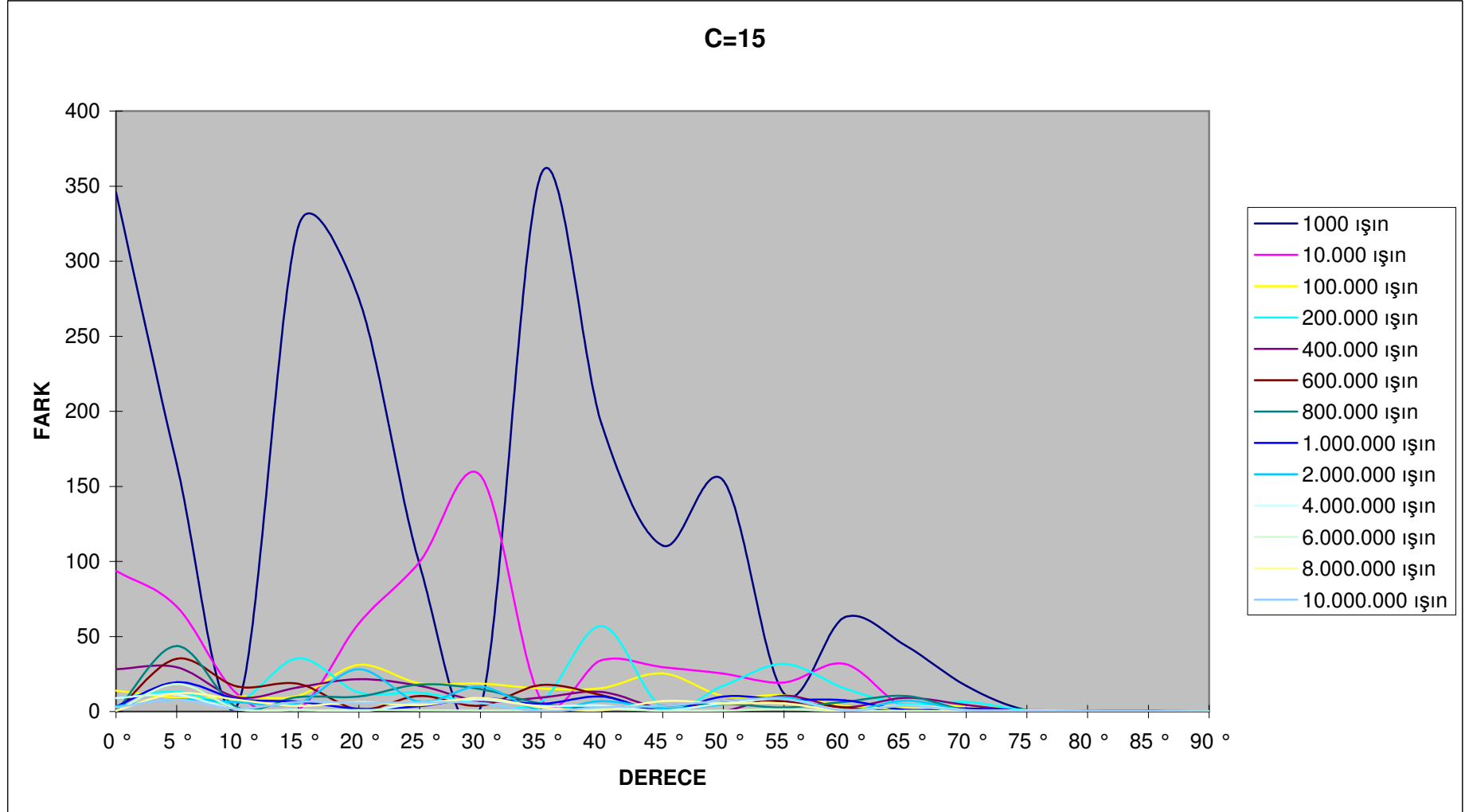
Tablo 5.27 : 10.000.000 ışın için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasındaki mutlak değer olarak fark tablosu.

	C0	C15	C30	C45	C60	C75	C90	C105	C120	C135	C150	C165	C180	C195	C210	C225	C240	C255	C270	C285	C300	C315	C330	C345
0 °	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
5 °	6,2	8,0	8,2	5,2	0,6	2,8	3,8	2,4	1,6	7,1	1,5	2,1	1,4	3,7	6,6	7,3	4,3	2,9	1,5	2,6	6,1	0,3	1,3	0,7
10 °	5,6	1,8	1,0	9,6	0,2	1,8	11,0	2,6	3,9	0,3	3,4	3,1	2,1	12,5	9,0	3,3	0,2	9,7	1,6	0,3	4,3	2,3	3,2	7,0
15 °	4,9	6,5	1,8	3,4	0,3	7,5	2,0	3,5	1,4	0,8	4,1	5,3	5,0	9,0	5,7	8,4	3,6	0,3	1,5	3,3	1,8	6,8	8,2	4,3
20 °	3,2	5,8	1,3	9,5	0,9	7,4	5,8	8,0	0,0	0,3	0,0	0,5	0,4	1,6	1,6	5,5	1,2	11,0	6,2	7,6	4,9	4,5	5,3	1,2
25 °	3,2	6,1	0,8	3,6	8,7	4,0	3,7	9,3	4,5	1,3	3,3	3,6	2,3	8,4	4,5	0,7	1,5	2,2	1,4	5,4	5,2	0,8	4,6	1,6
30 °	1,7	5,6	0,5	1,5	4,5	0,3	3,8	0,6	4,0	4,4	2,9	3,9	5,0	8,9	0,6	6,5	9,8	4,5	0,7	5,3	3,1	6,1	4,0	1,6
35 °	1,8	0,1	0,1	1,9	0,7	3,4	6,3	0,9	10,7	8,0	2,4	0,8	4,8	5,6	1,6	0,6	7,8	2,9	2,2	10,4	6,3	4,7	0,3	2,6
40 °	7,4	2,9	5,5	0,5	5,4	3,0	0,8	2,3	0,5	2,5	1,5	5,5	5,6	1,1	5,9	0,3	0,5	0,3	5,7	7,5	7,0	7,2	4,4	7,7
45 °	1,5	3,8	2,9	2,9	3,8	3,2	2,4	2,5	2,0	2,0	4,3	2,2	0,4	0,8	4,8	2,5	2,4	0,2	5,8	7,9	4,4	6,4	0,8	3,0
50 °	8,0	7,2	2,3	0,1	3,0	0,4	3,5	1,9	1,4	4,9	2,8	4,0	1,3	6,2	2,4	4,2	3,1	0,9	12,2	3,3	0,7	8,6	1,3	2,0
55 °	2,7	8,3	1,5	1,6	1,8	4,8	1,8	0,4	0,6	4,6	0,3	6,1	3,0	1,4	0,5	5,8	1,0	7,4	0,5	1,7	4,0	5,1	3,1	2,9
60 °	0,3	0,6	5,1	1,2	0,9	6,1	1,5	3,0	5,2	2,4	1,8	1,3	2,1	3,2	3,5	4,2	2,6	0,5	4,4	2,7	2,2	2,1	3,4	1,9
65 °	0,4	3,8	0,3	3,3	0,9	3,0	2,4	3,1	2,1	9,3	1,0	6,4	0,3	1,0	1,9	1,9	1,5	2,2	1,8	4,1	3,6	1,1	3,7	2,5
70 °	1,6	0,6	1,4	3,4	2,5	0,6	1,7	1,4	0,6	1,3	0,7	1,8	1,0	1,0	0,2	0,9	1,4	1,8	2,3	1,0	0,4	0,7	0,6	0,9
75 °	0,5	0,5	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,4	0,7	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6
80 °	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,1	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
85 °	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
90 °	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,8	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0

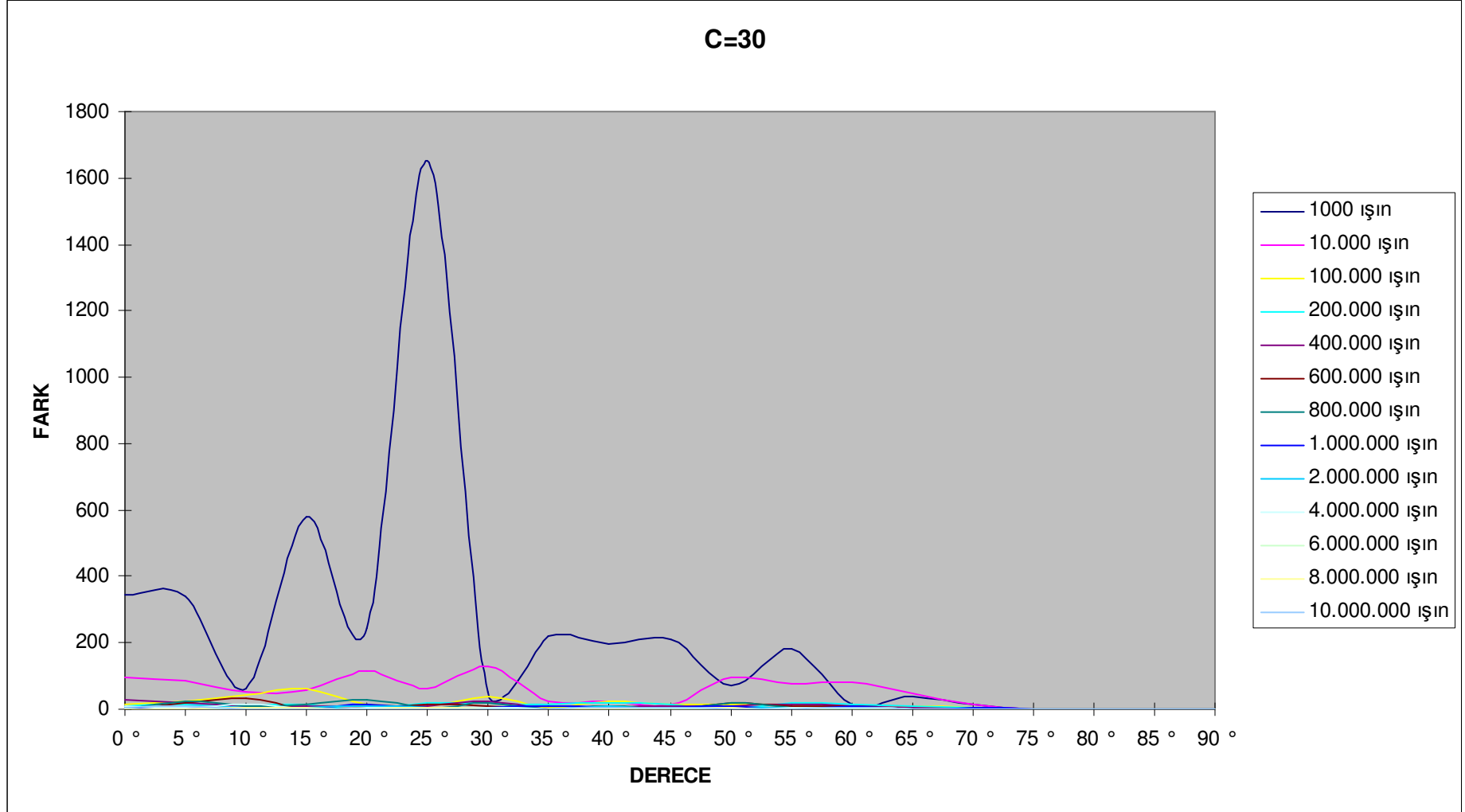
Tablo 5.28 : $C=0^\circ$ için derece-fark eğrisi.



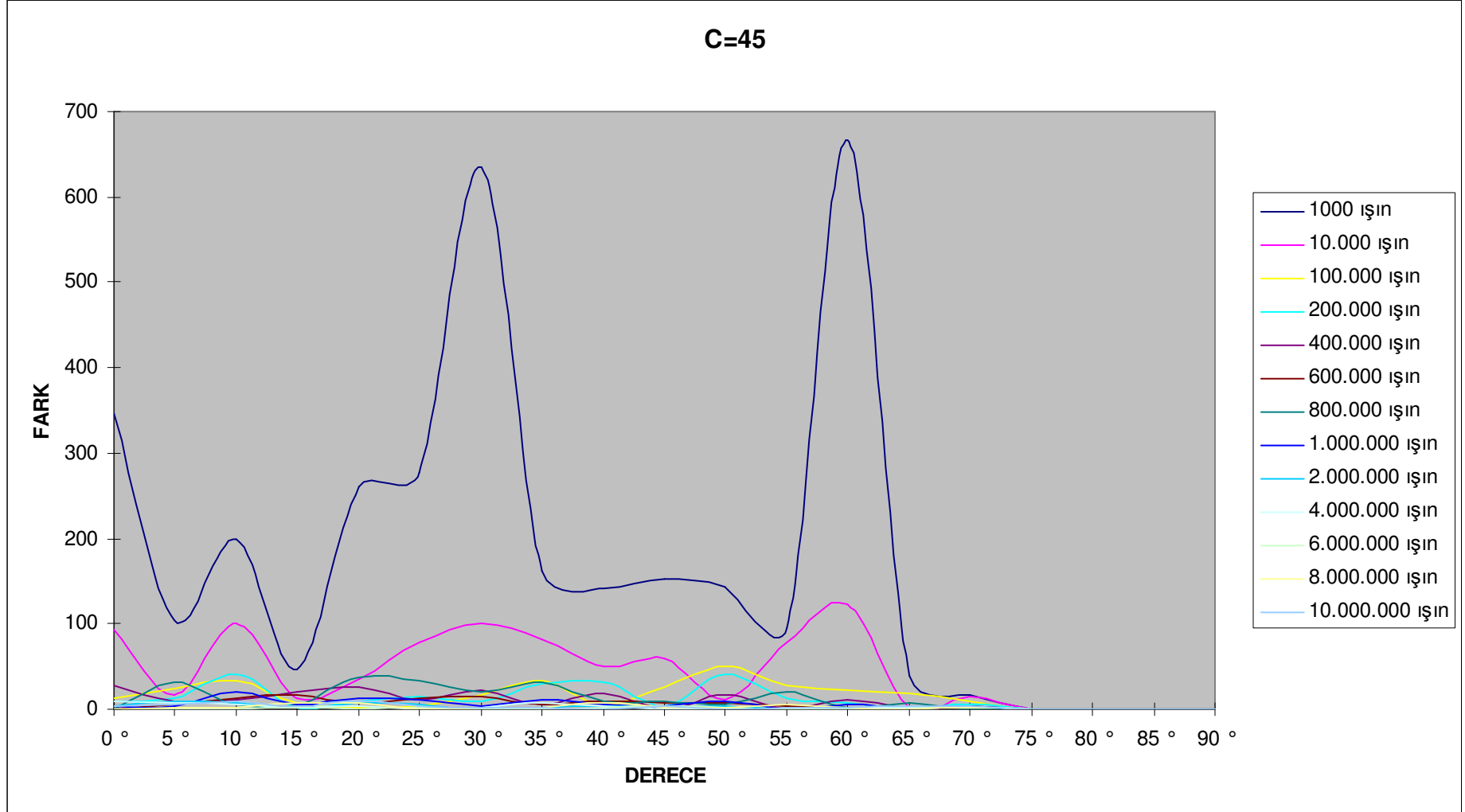
Tablo 5.29 : C=15° için derece-fark eğrisi.



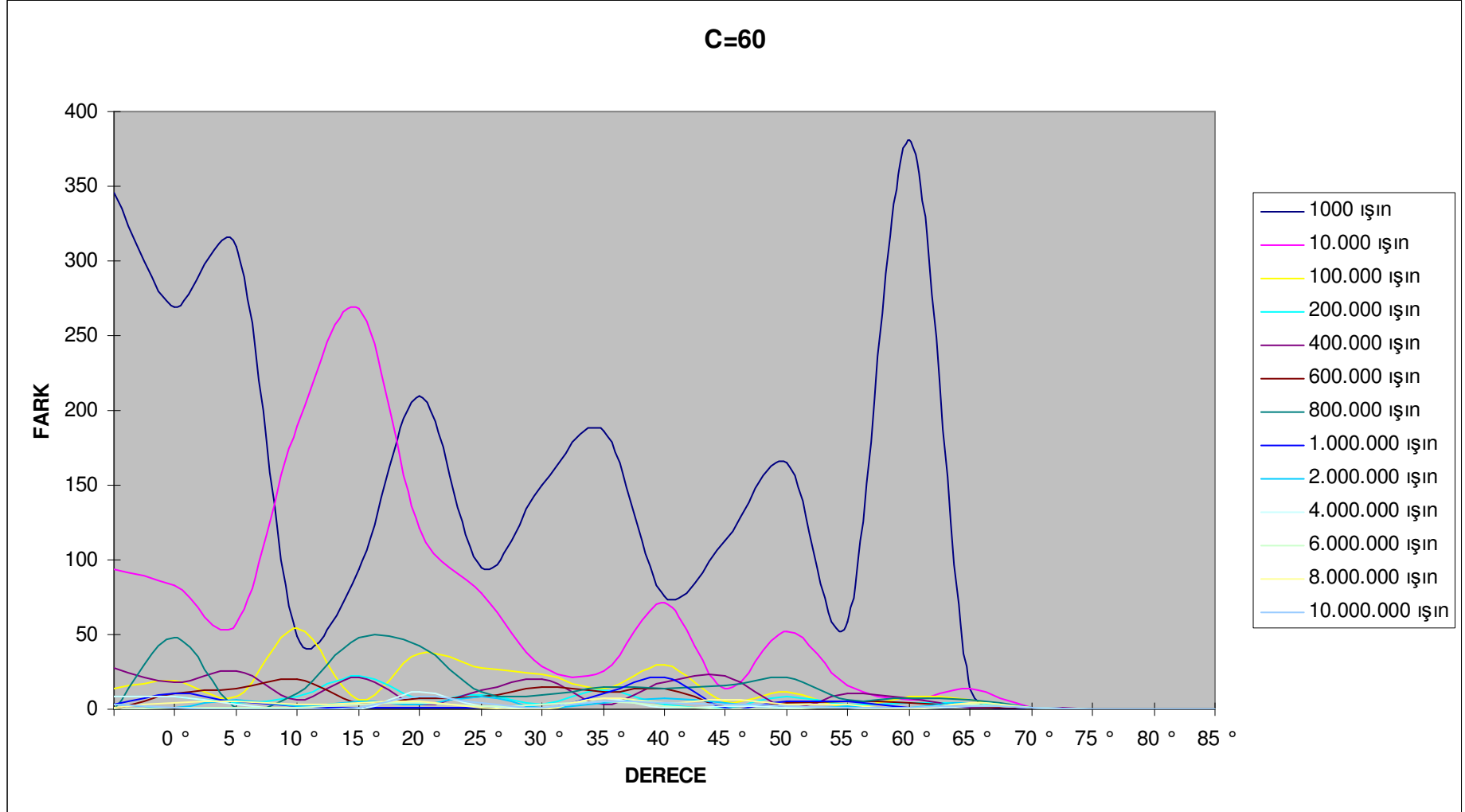
Tablo 5.30 : C=30° için derece-fark eğrisi.



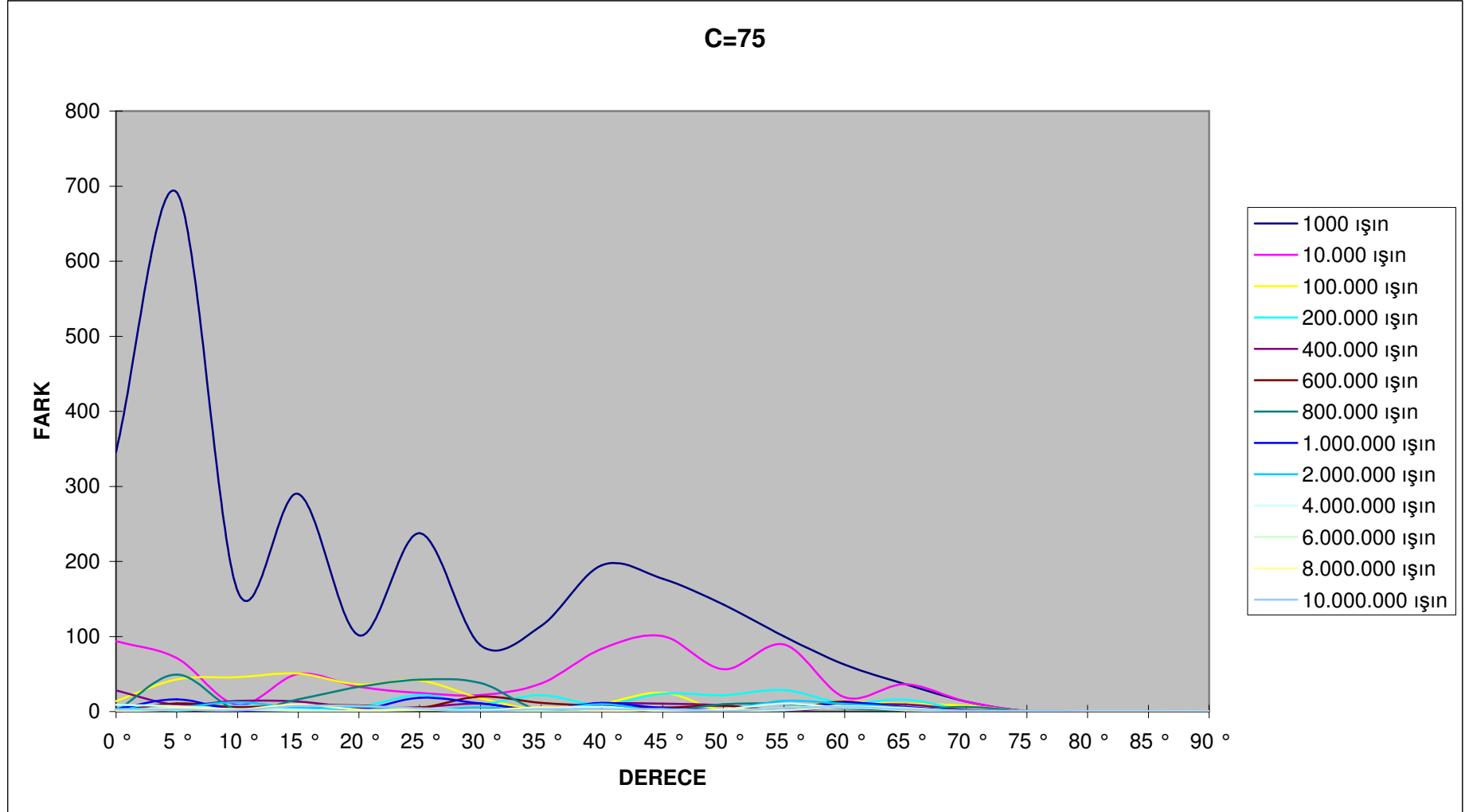
Tablo 5.31 : C=45° için derece-fark eğrisi.



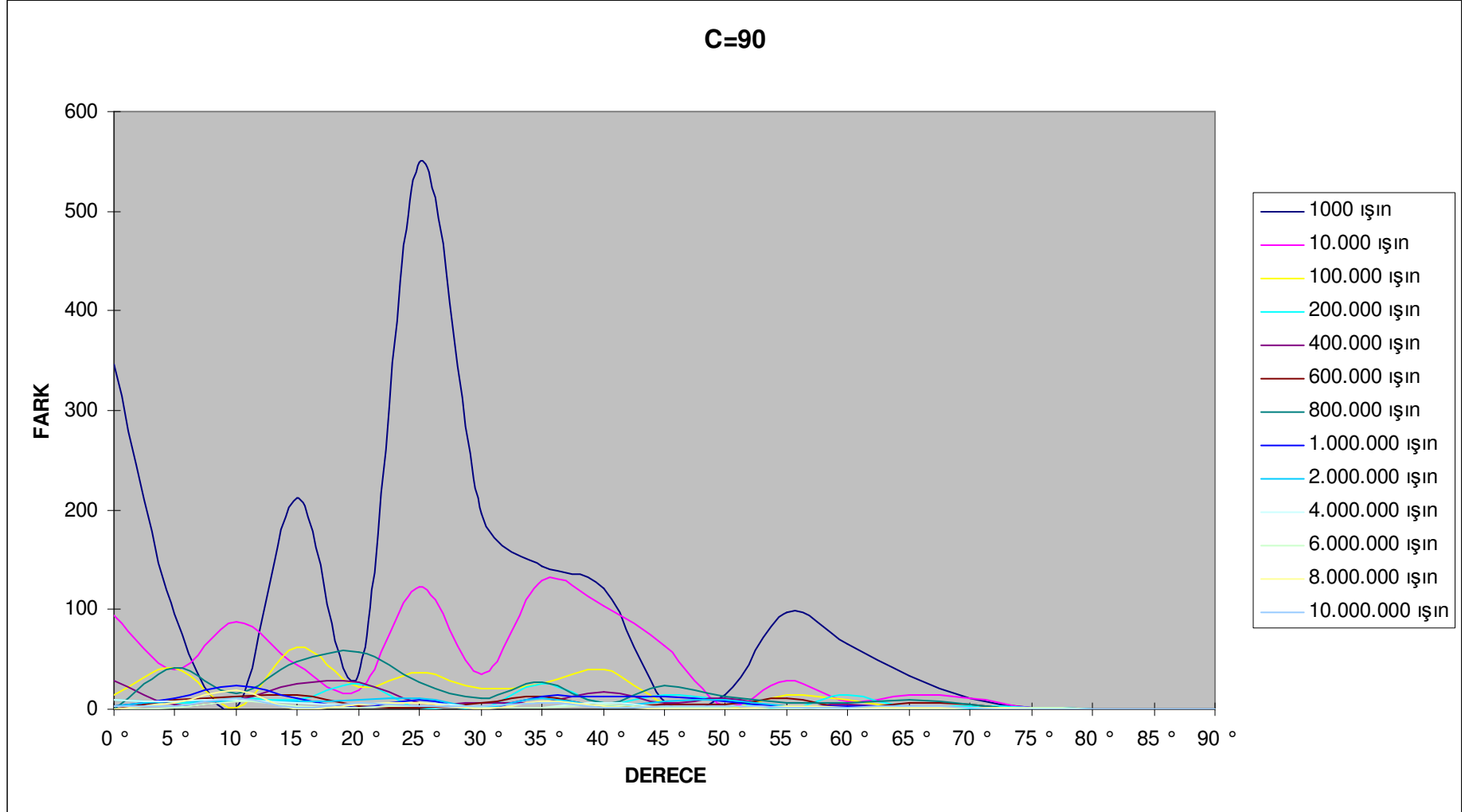
Tablo 5.32 : C=60° için derece-fark eğrisi.



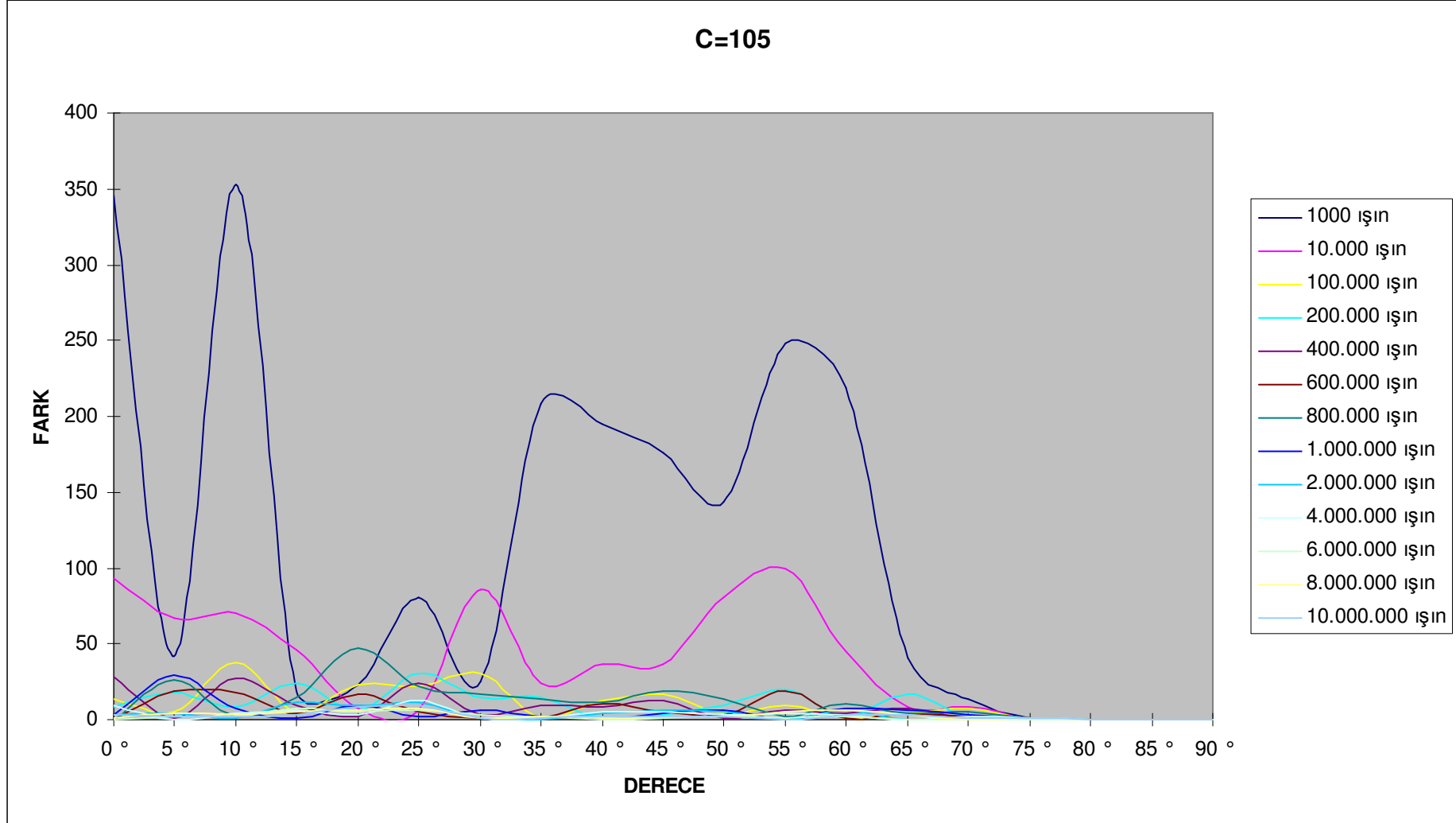
Tablo 5.33 : C=75° için derece-fark eğrisi.



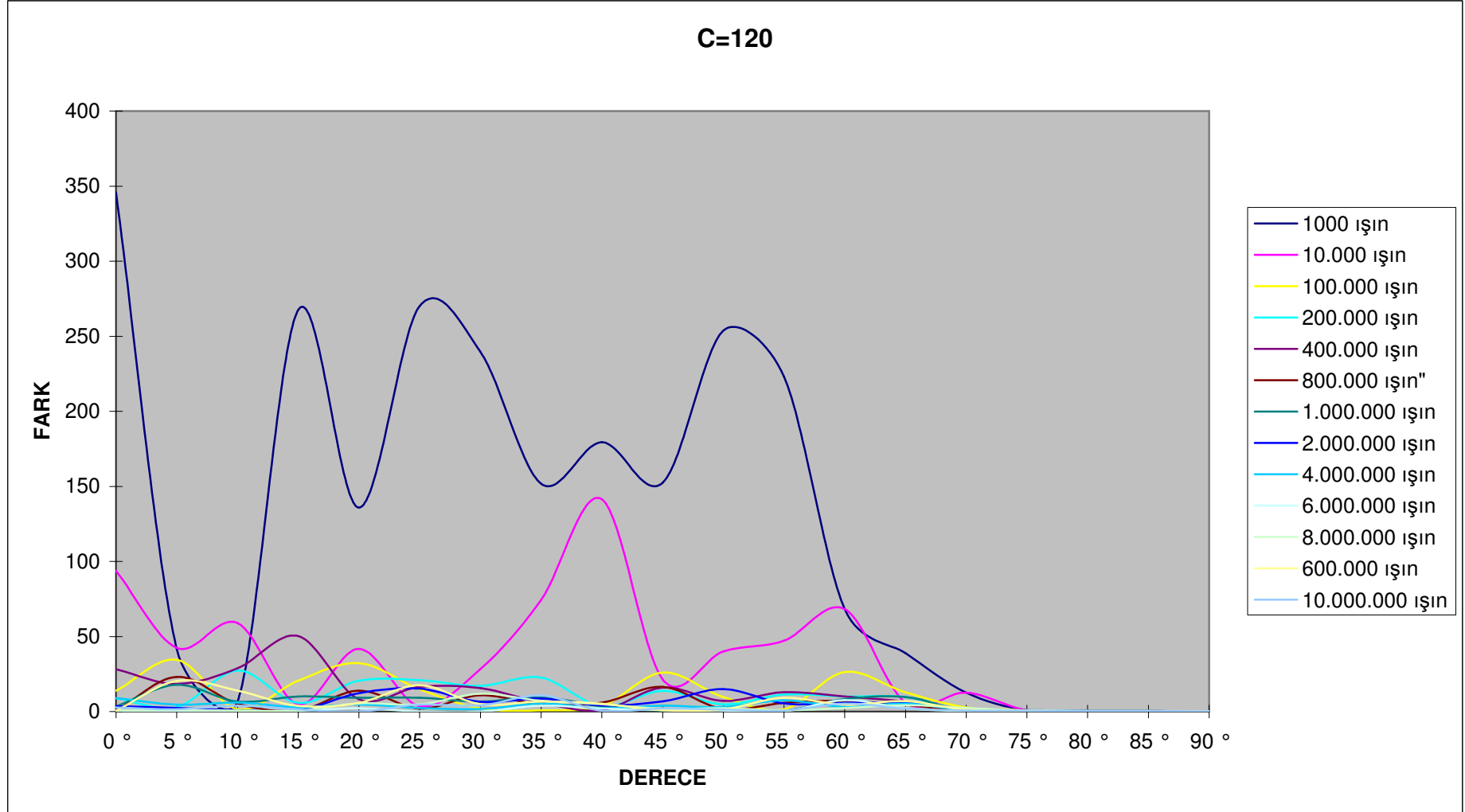
Tablo 5.34 : C=90° için derece-fark eğrisi.



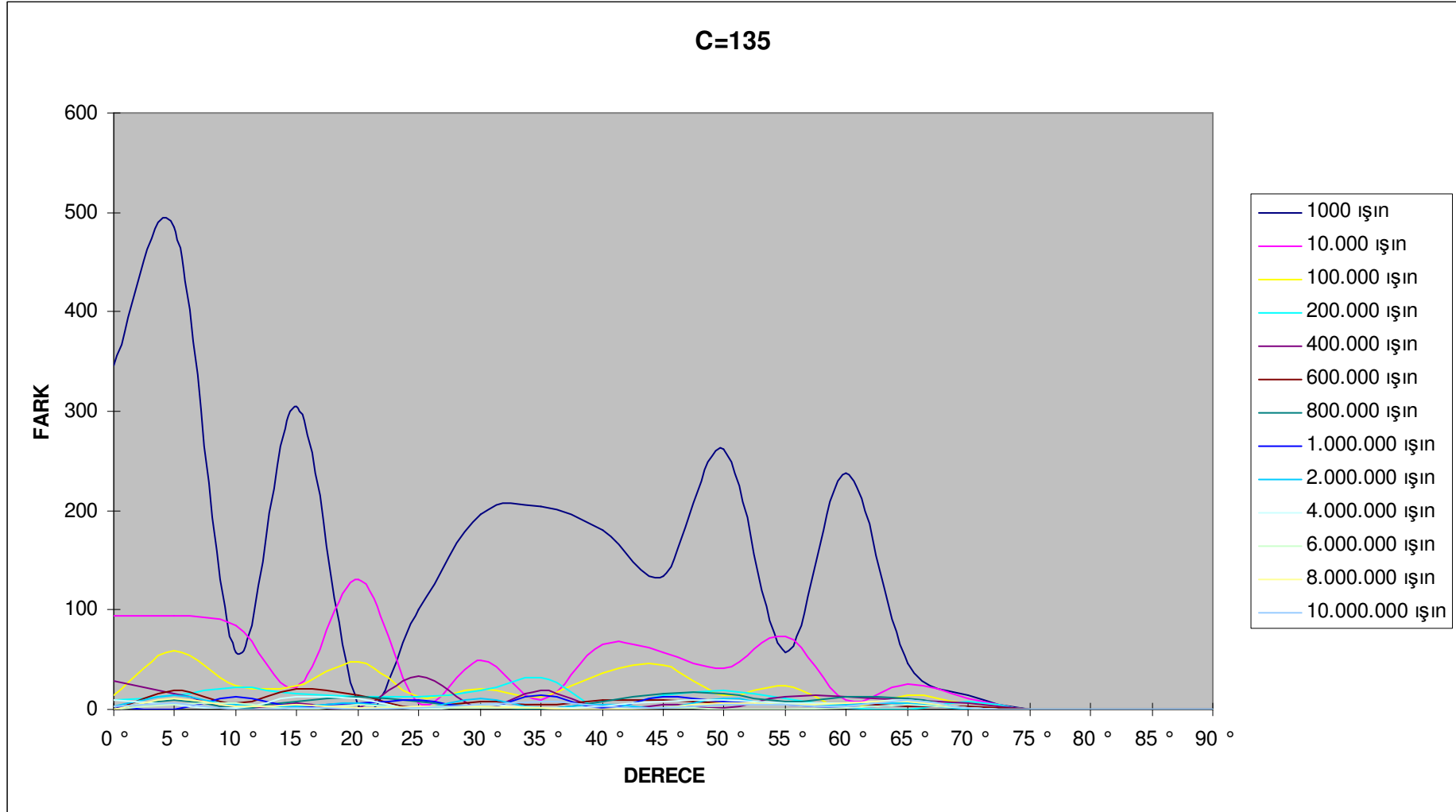
Tablo 5.35 : C=105° için derece-fark eğrisi.



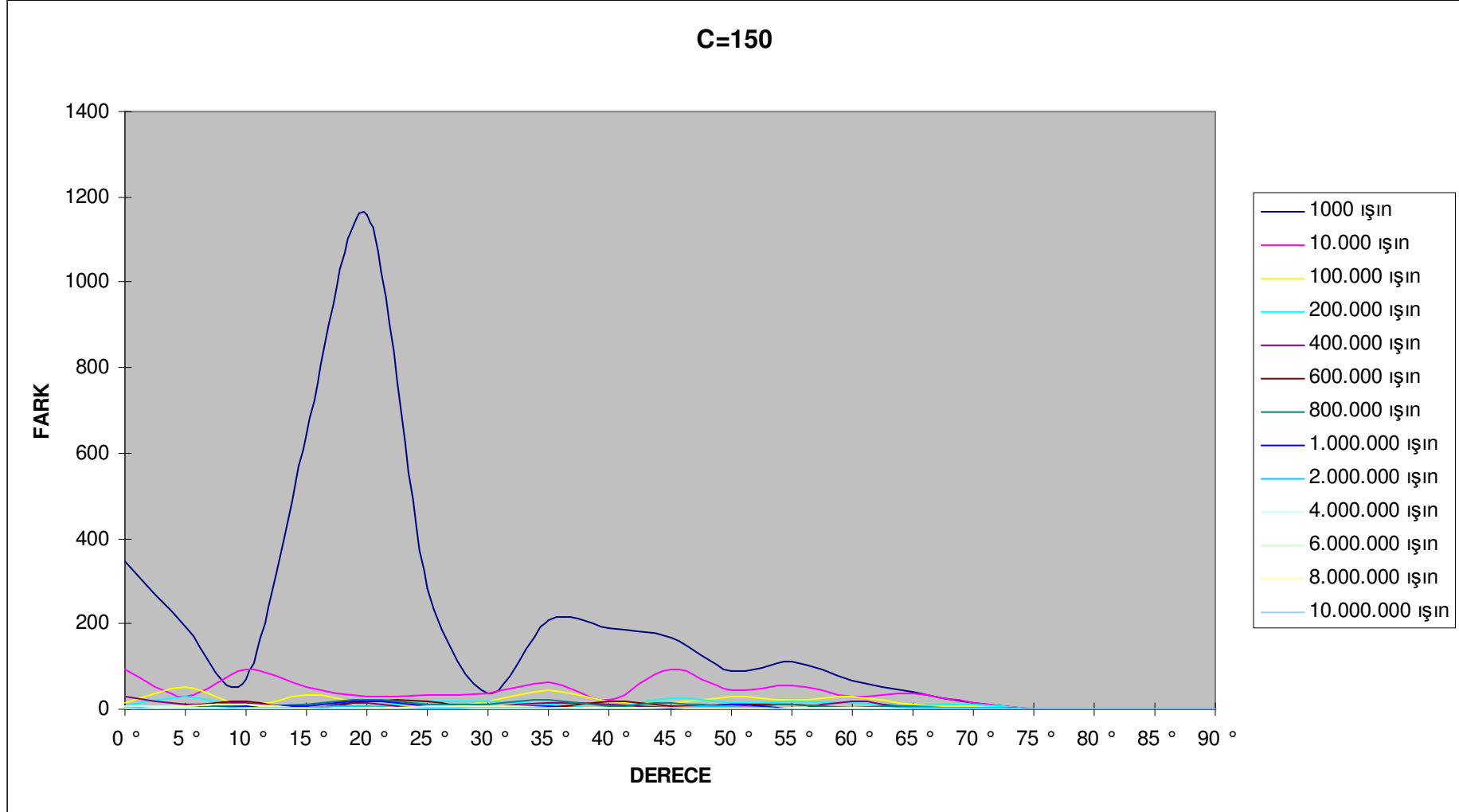
Tablo 5.36 : C=120° için derece-fark eğrisi.



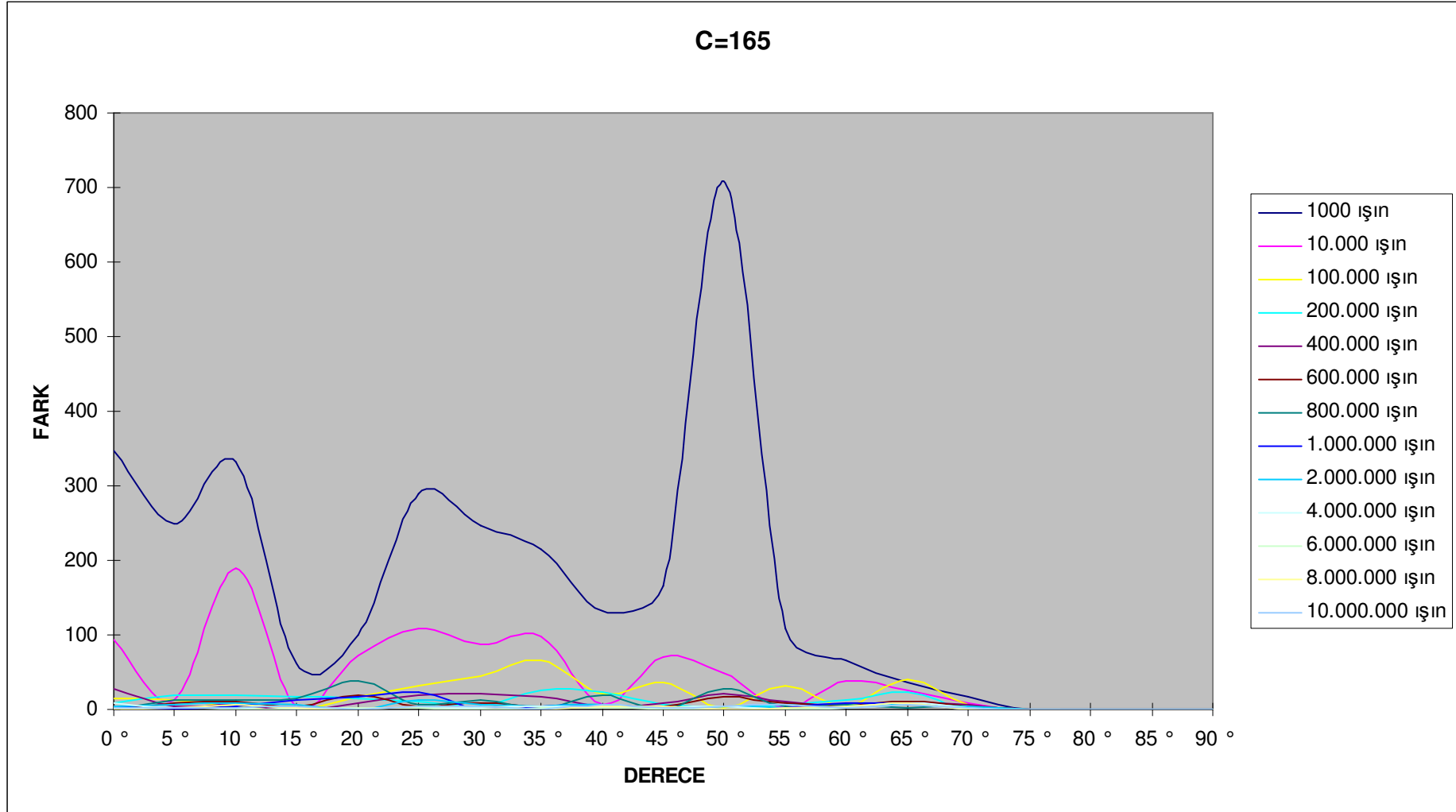
Tablo 5.37 : C=135° için derece-fark eğrisi.



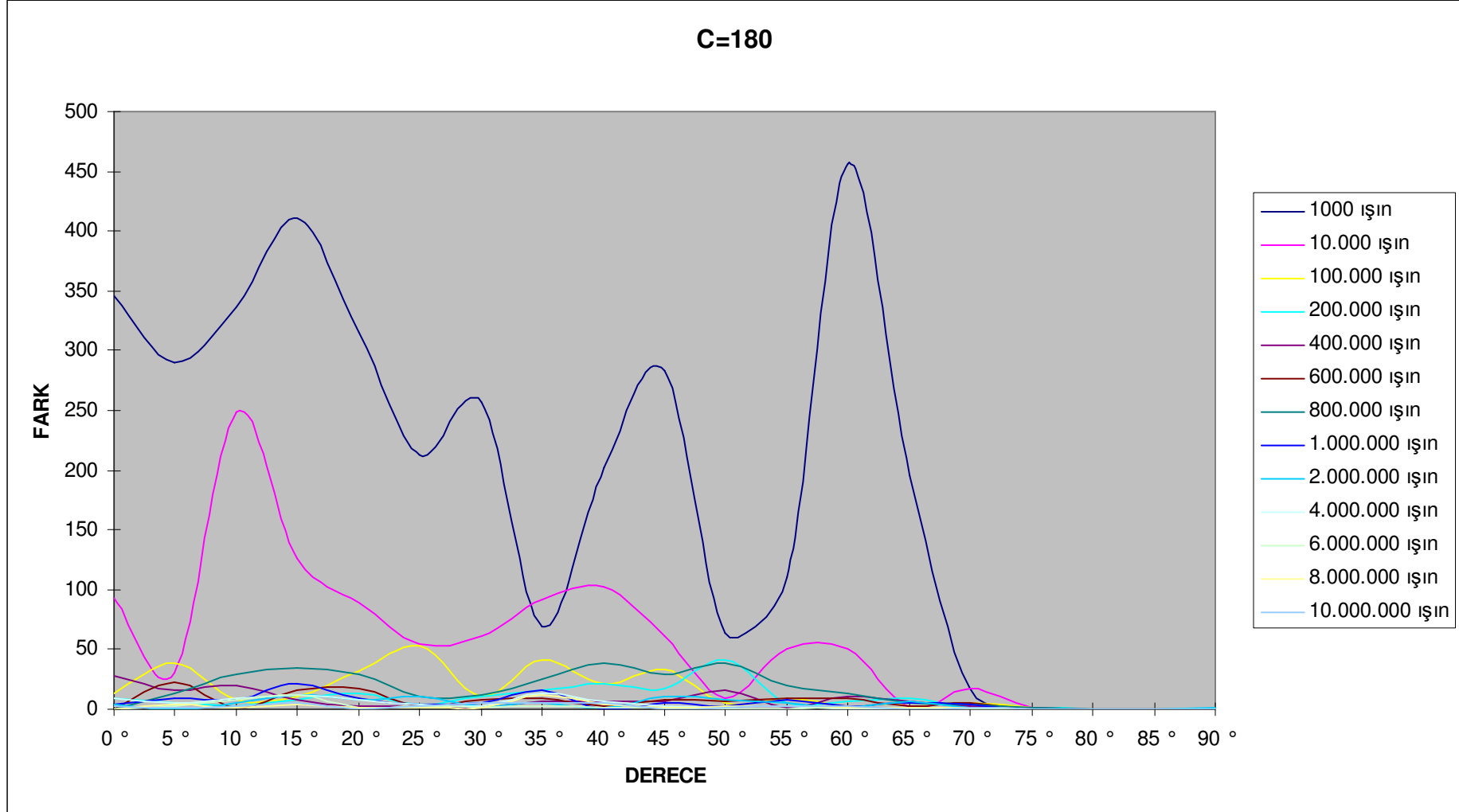
Tablo 5.38 : C=150° için derece-fark eğrisi.



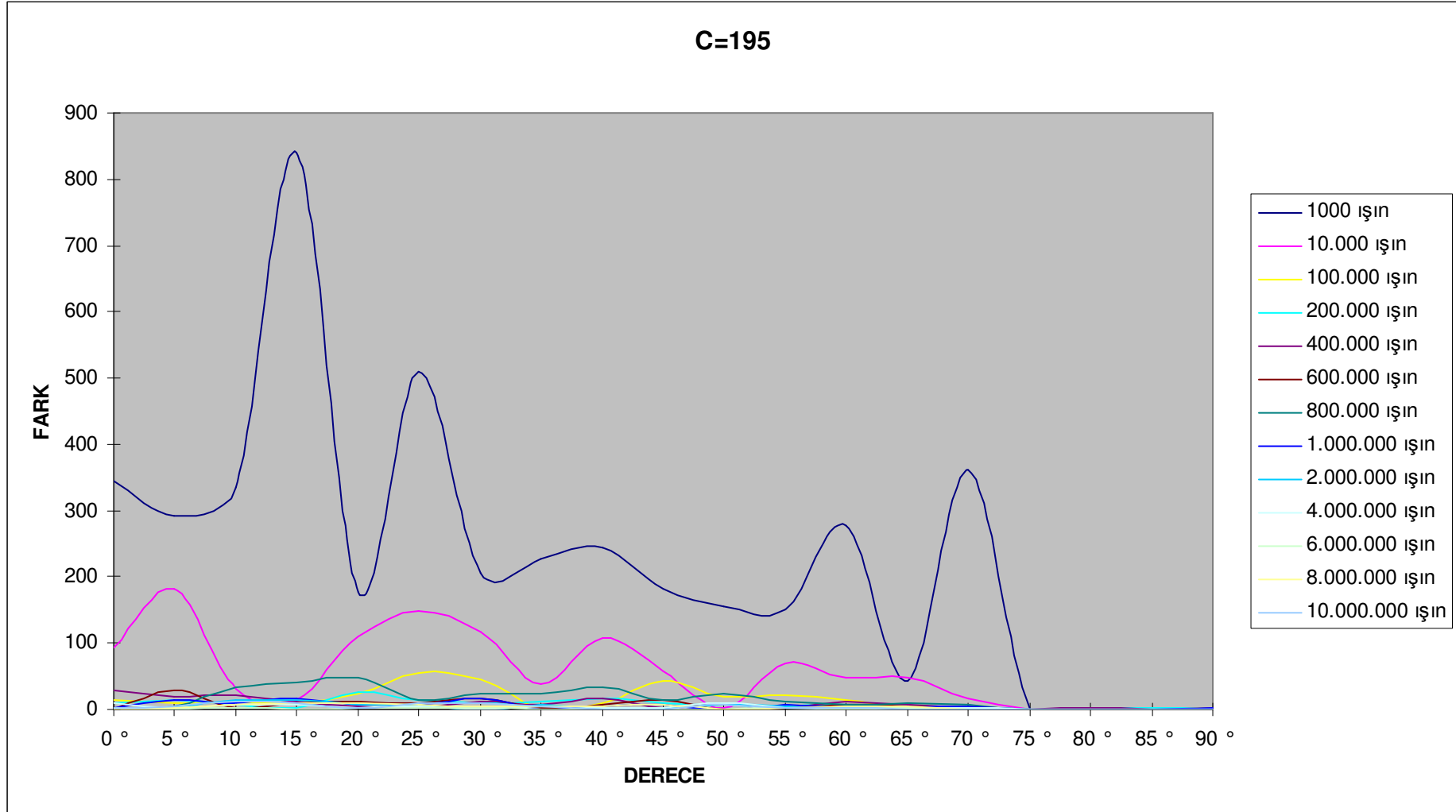
Tablo 5.39 : C=165° için derece-fark eğrisi.



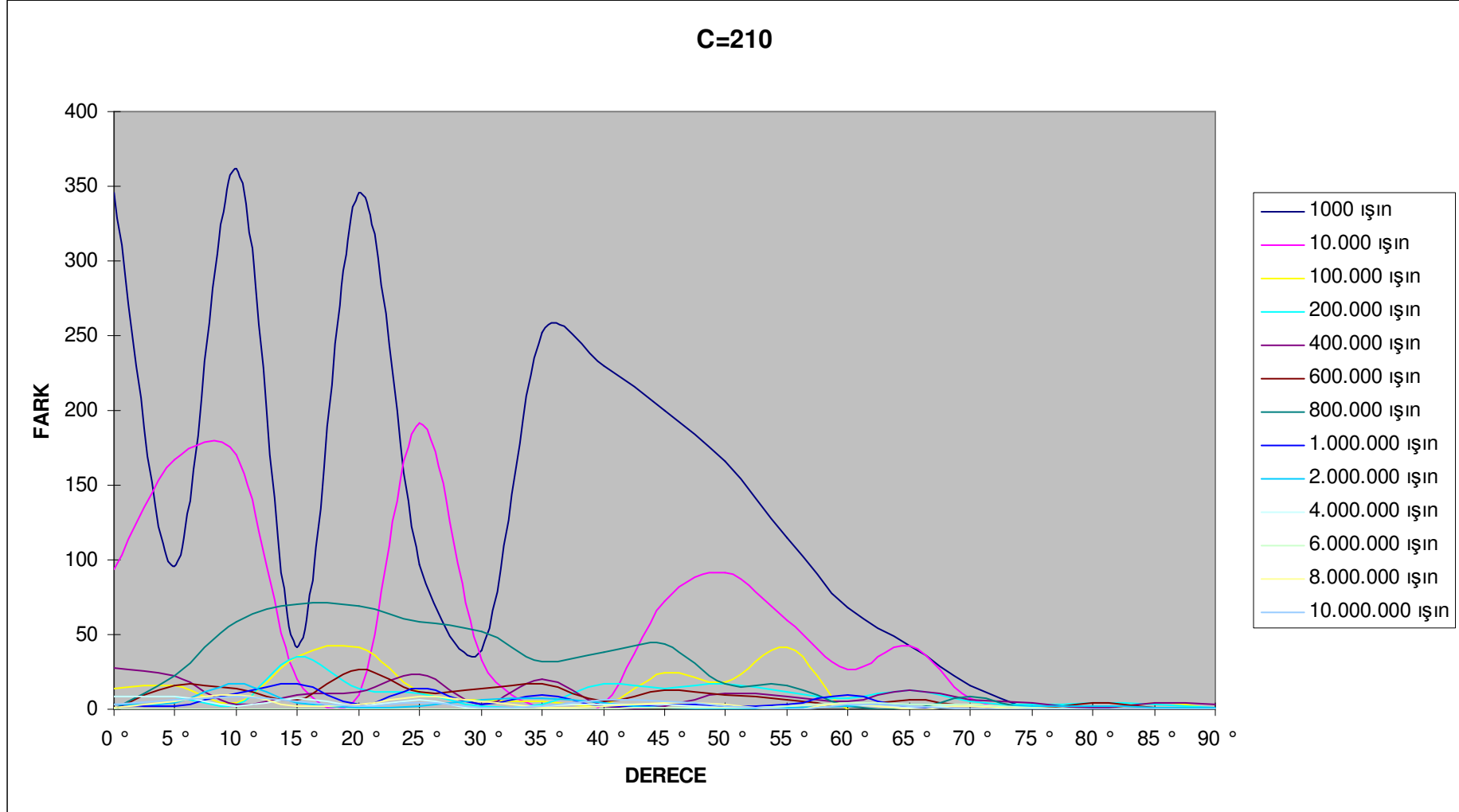
Tablo 5.40 : C=180° için derece-fark eğrisi.



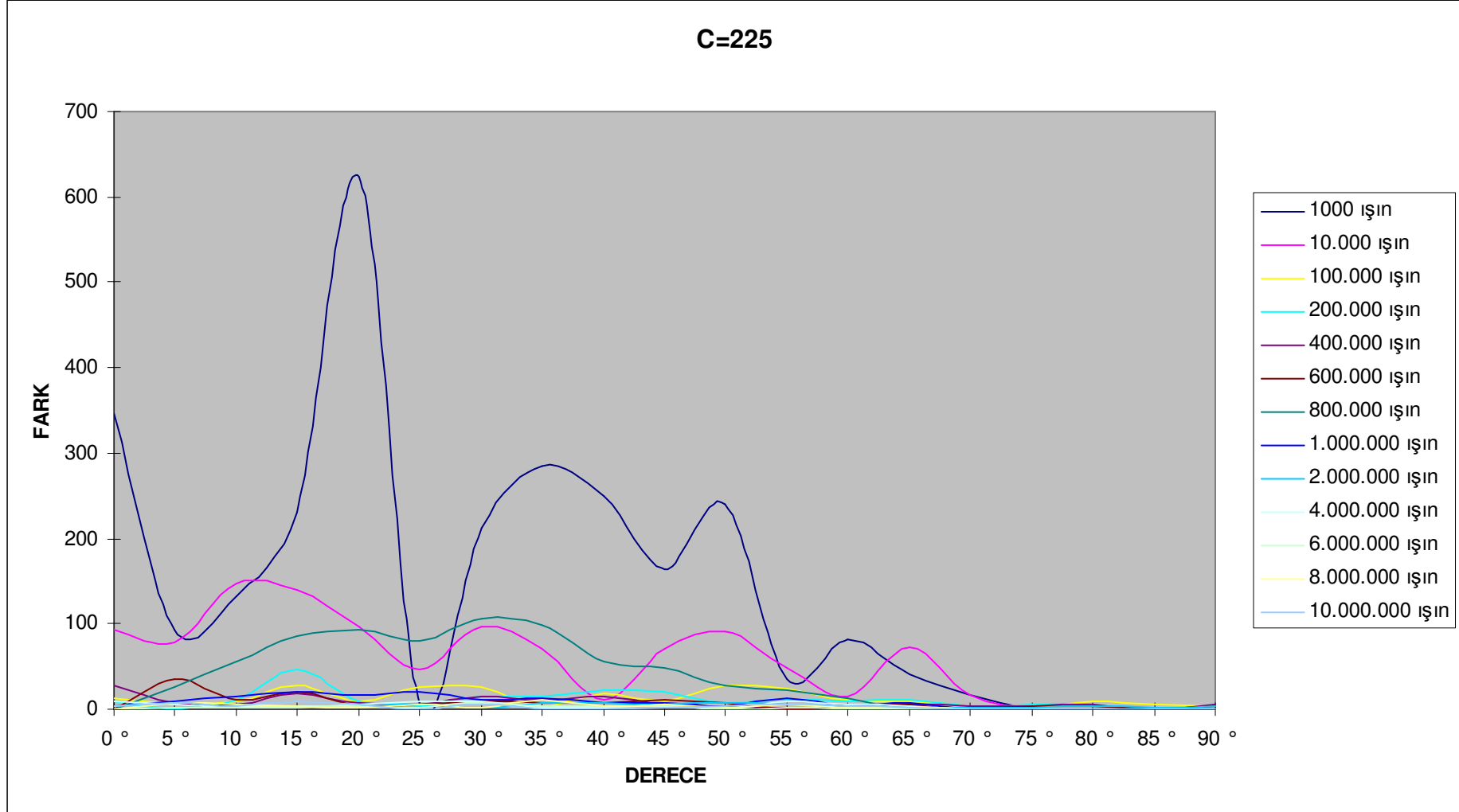
Tablo 5.41 : C=195° için derece-fark eğrisi.



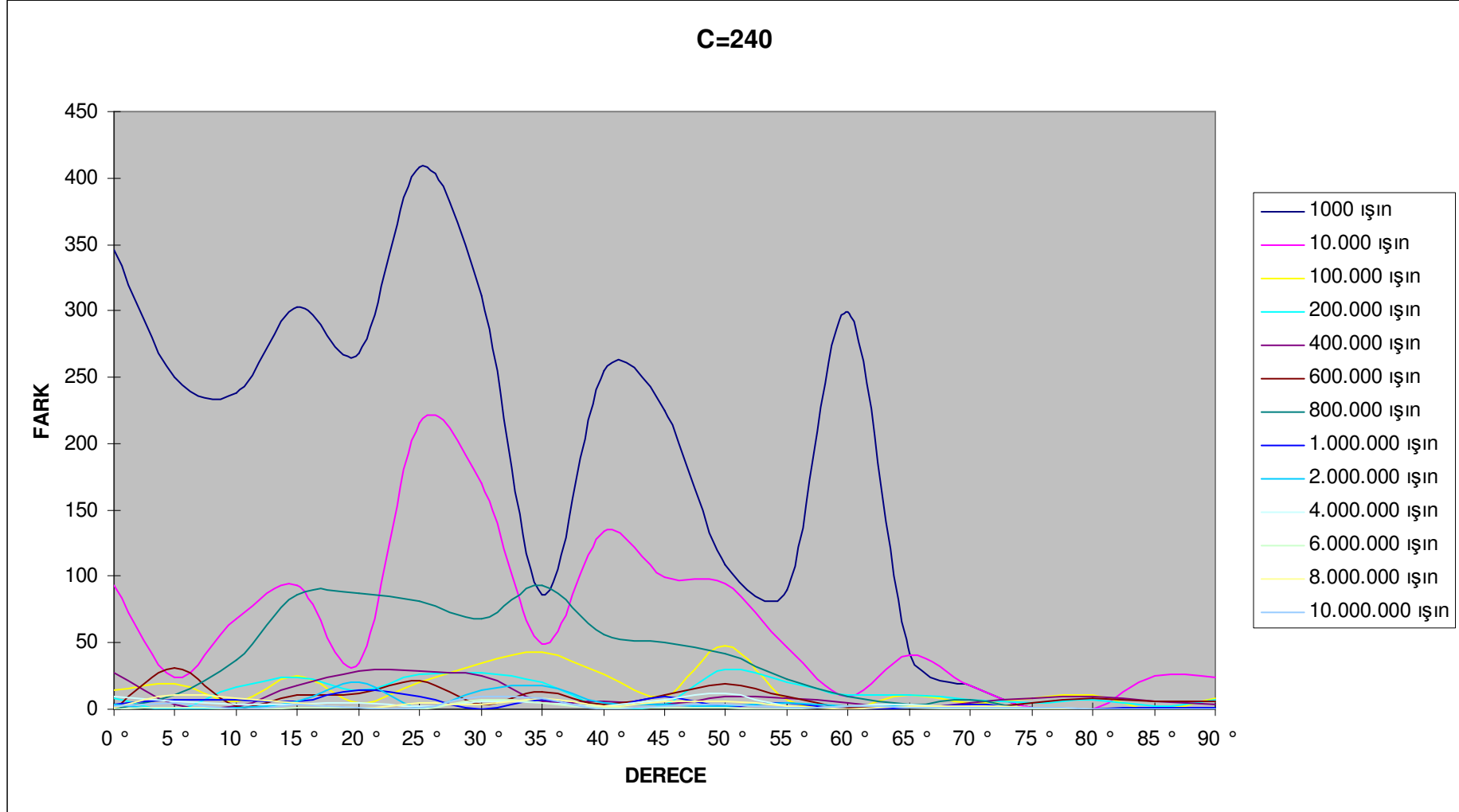
Tablo 5.42 : C=210° için derece-fark eğrisi.



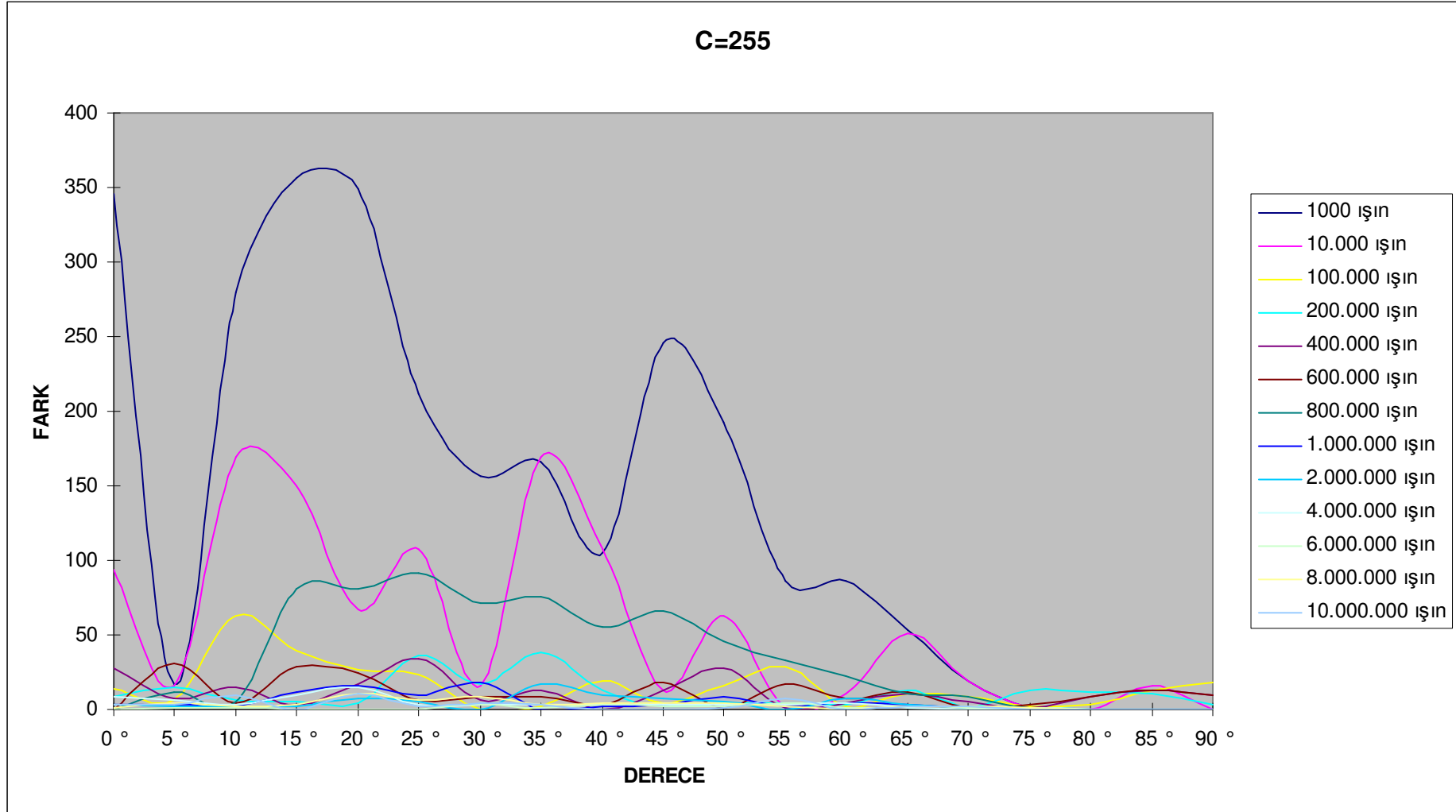
Tablo 5.43 : C=225° için derece-fark eğrisi.



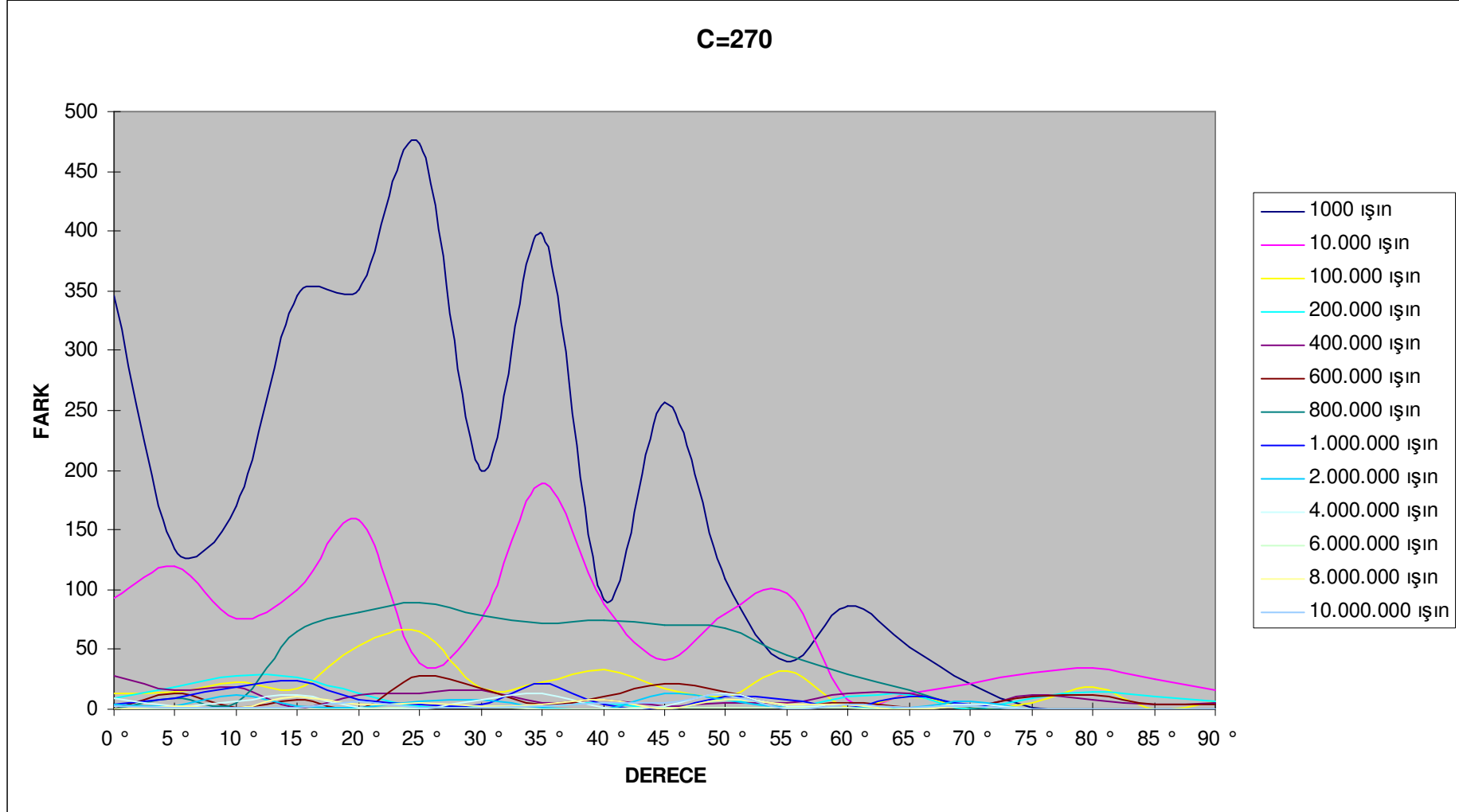
Tablo 5.44 : C=240° için derece-fark eğrisi.



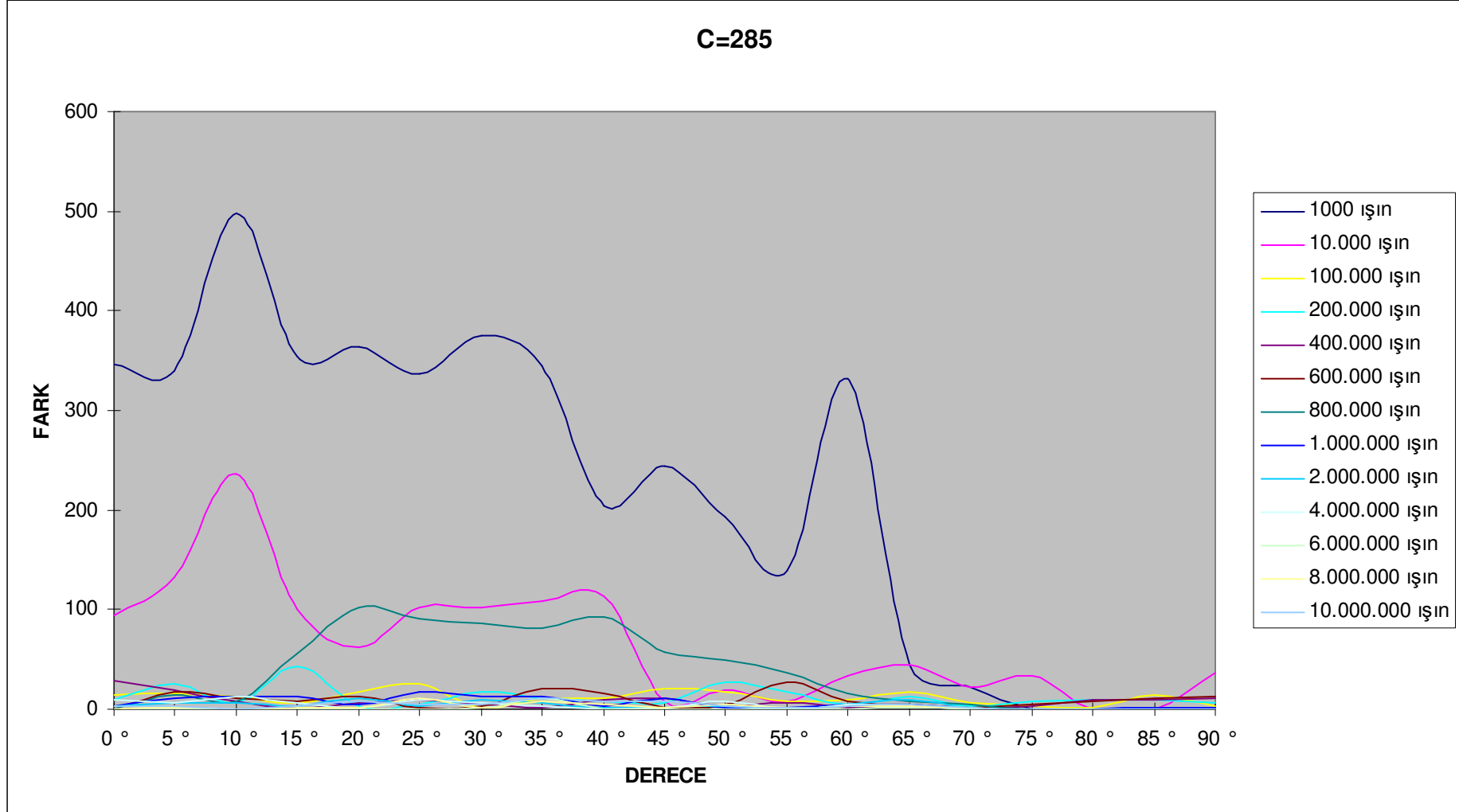
Tablo 5.45 : C=255° için derece-fark eğrisi.



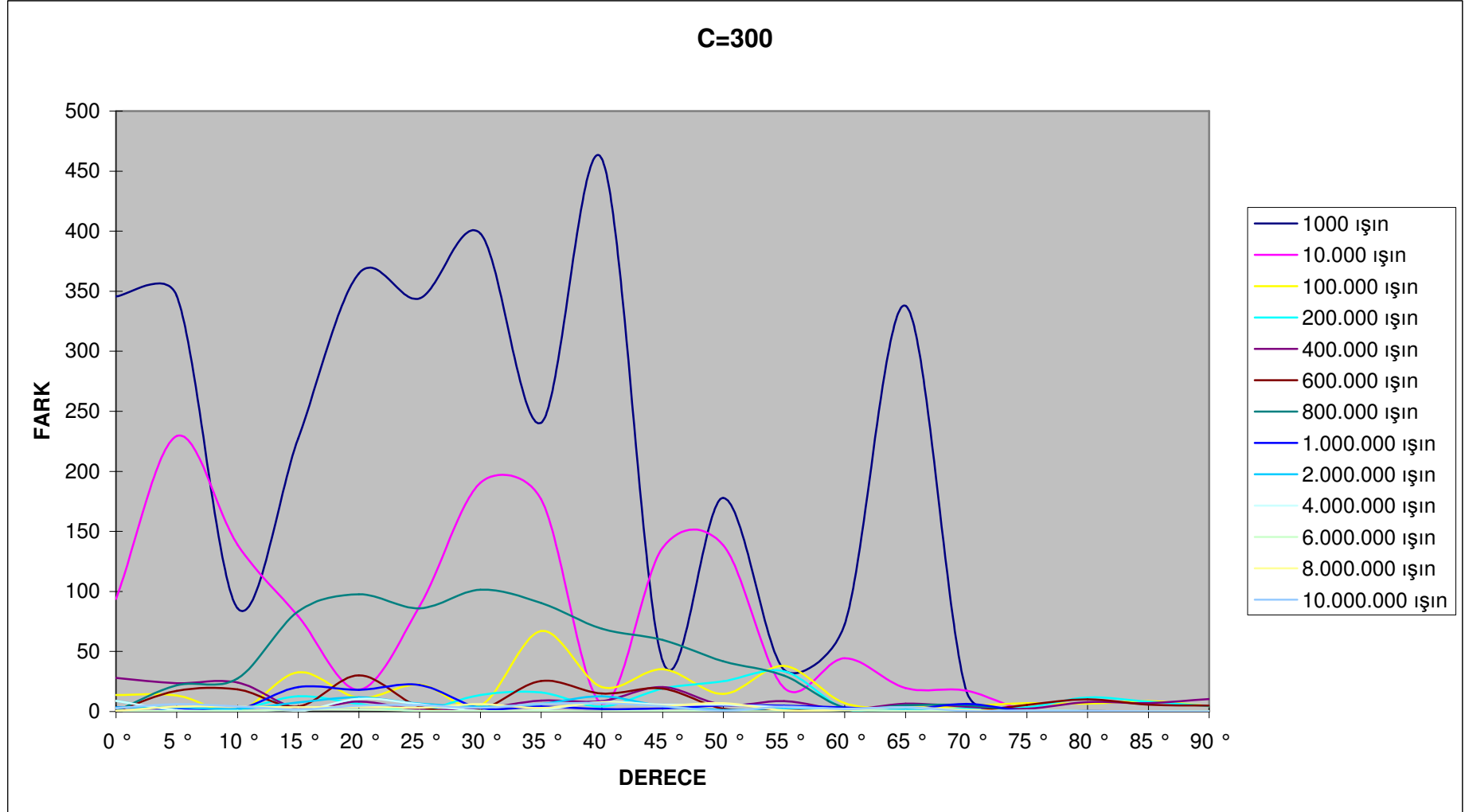
Tablo 5.46 : C=270° için derece-fark eğrisi.



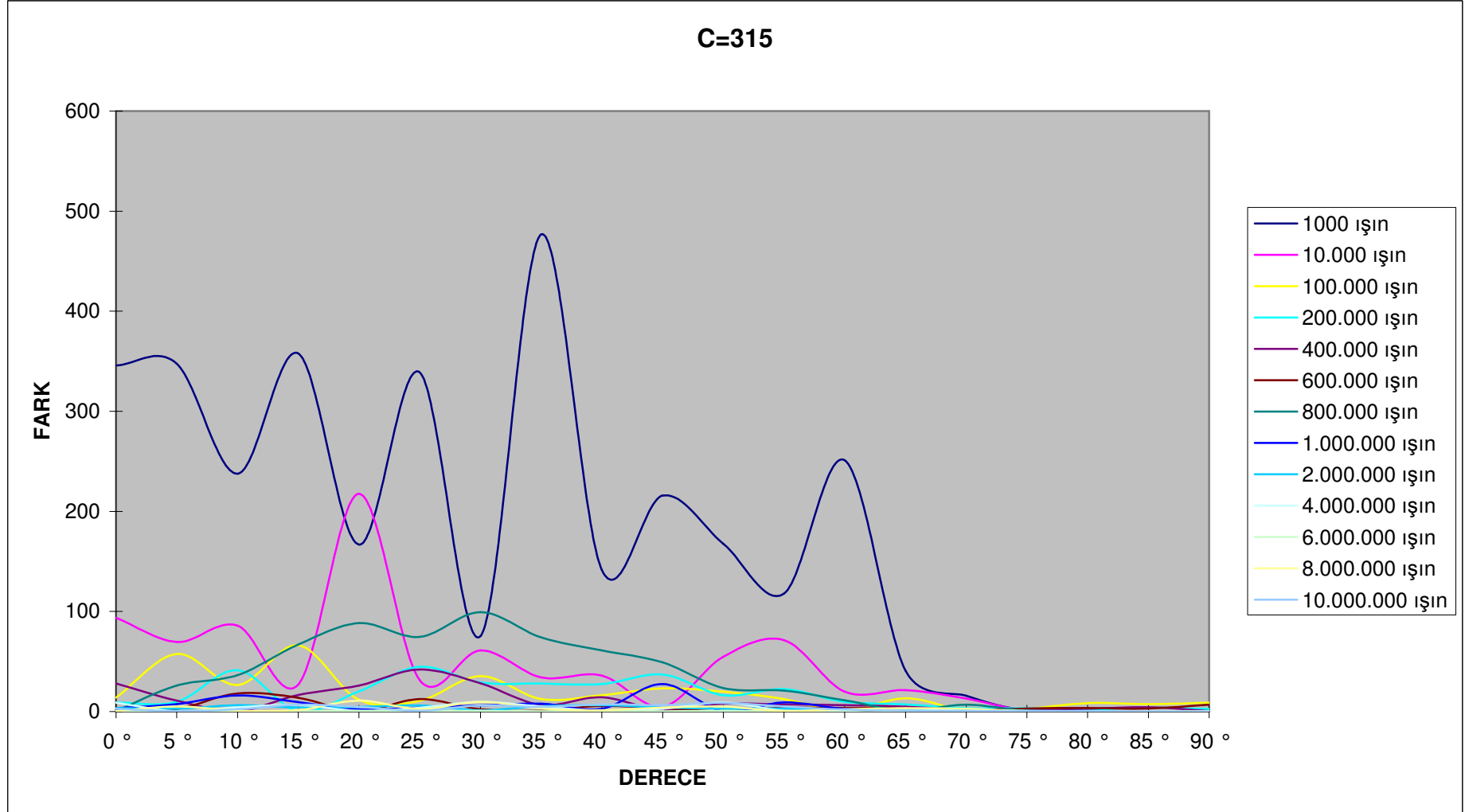
Tablo 5.47 : C=285° için derece-fark eğrisi.



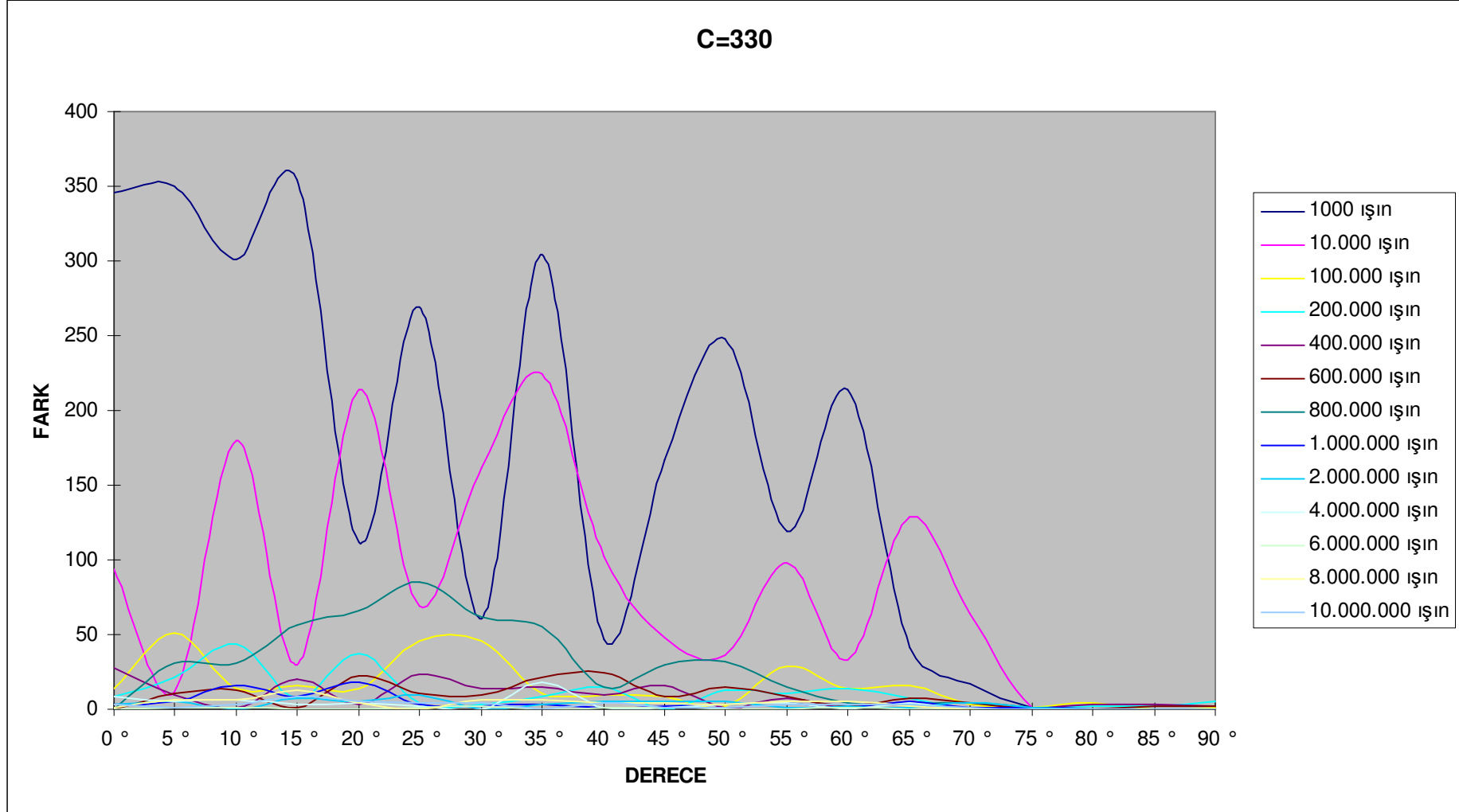
Tablo 5.48 : C=300° için derece-fark eğrisi.



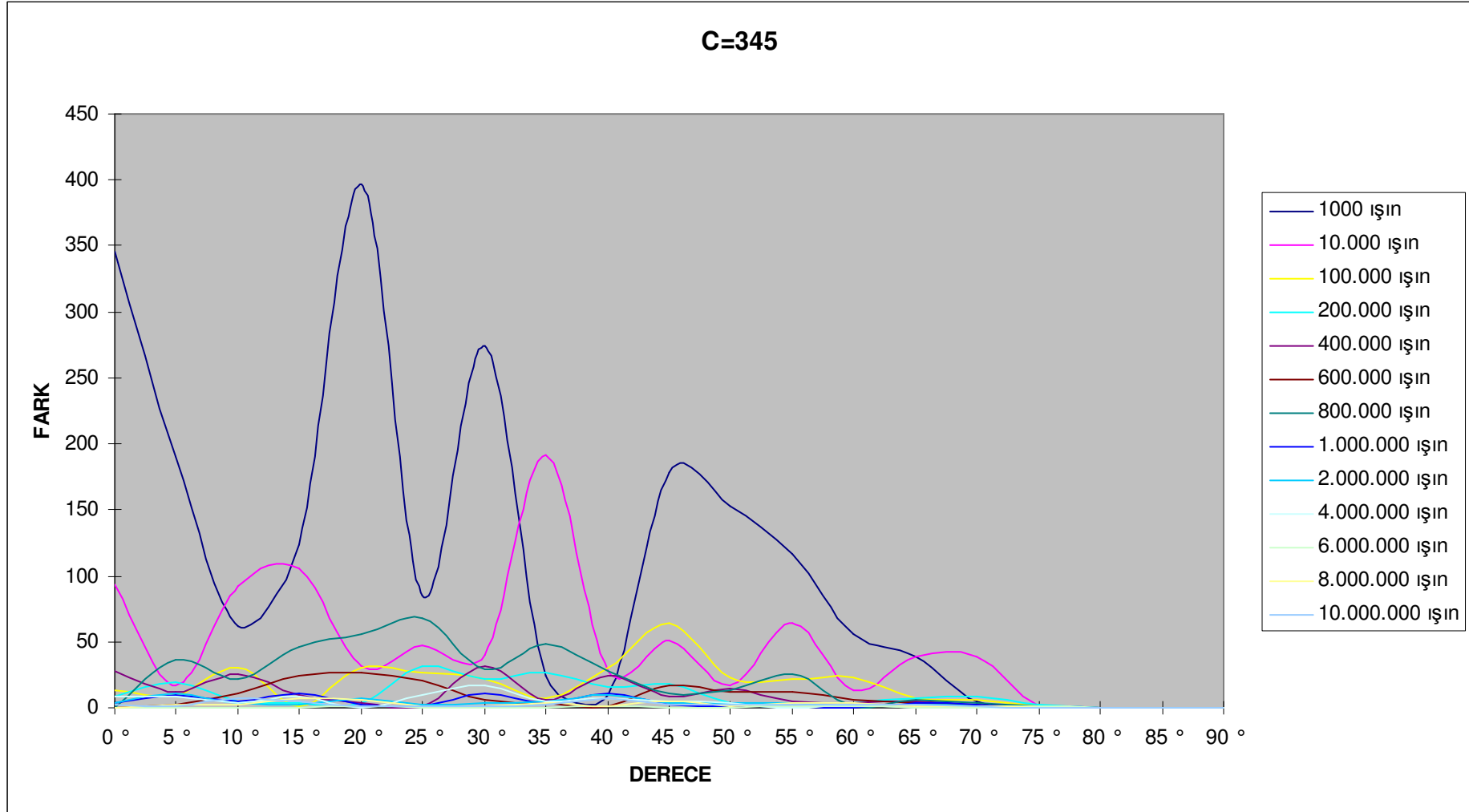
Tablo 5.49 : C=315° için derece-fark eğrisi.



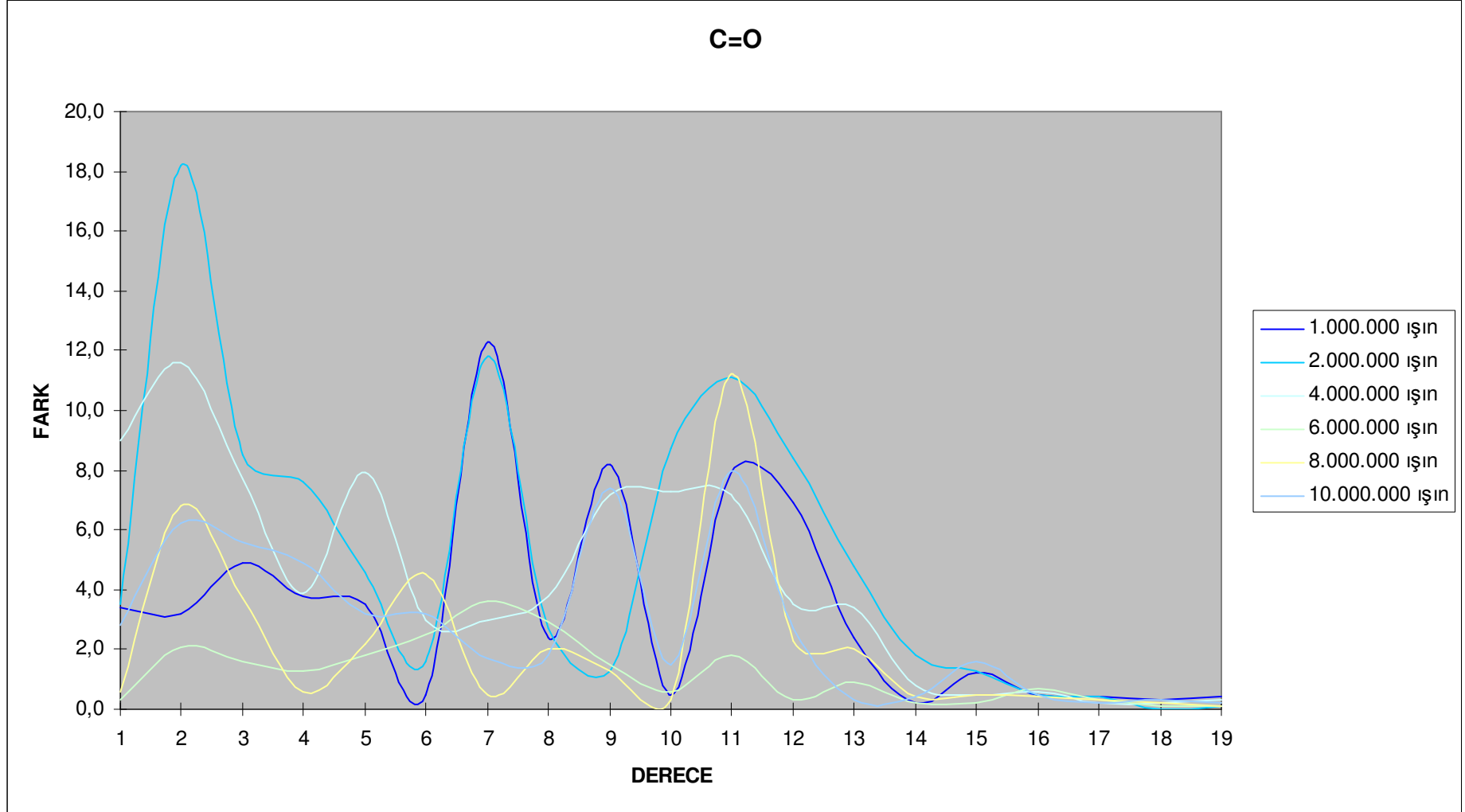
Tablo 5.50 : C=330° için derece-fark eğrisi.



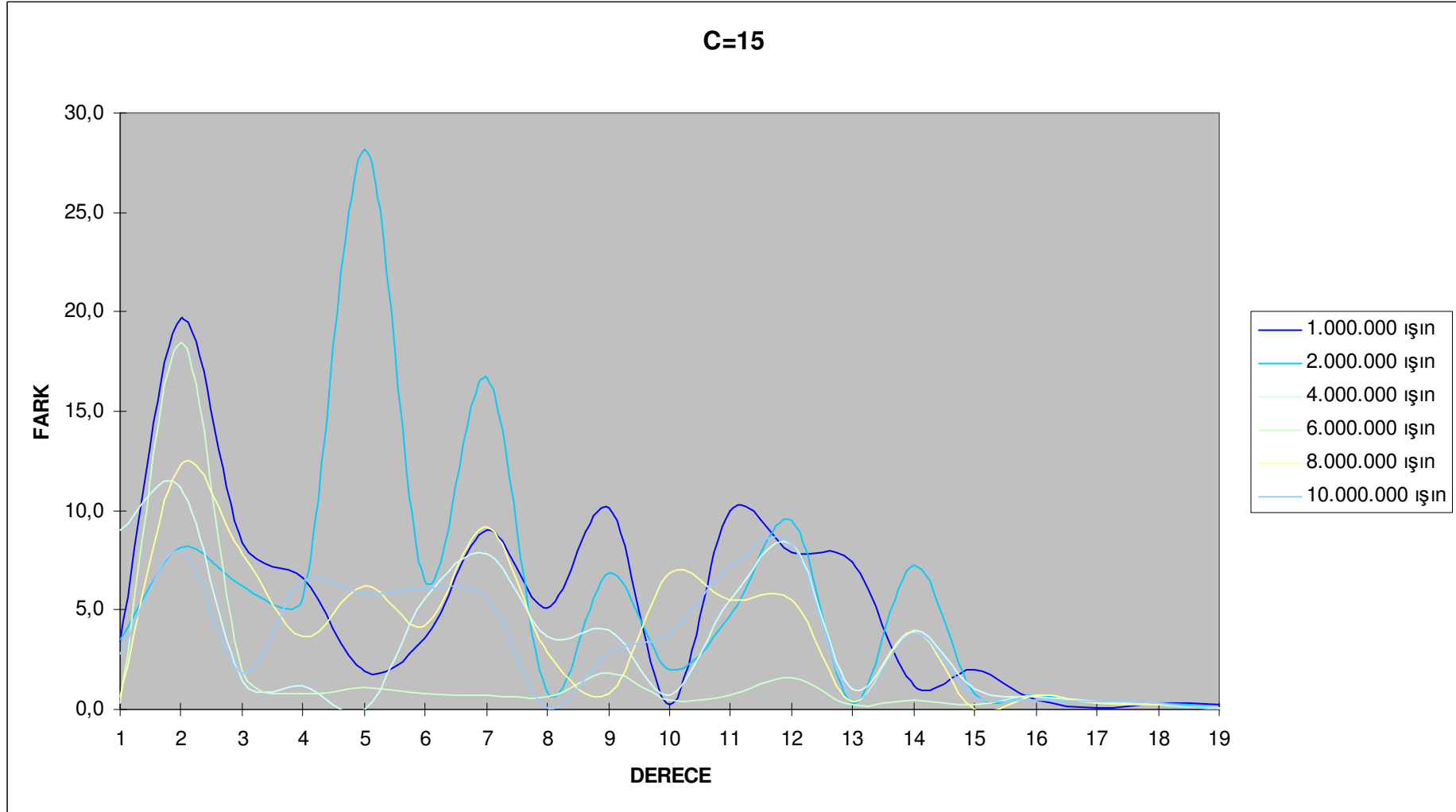
Tablo 5.51 : C=345° için derece-fark eğrisi.



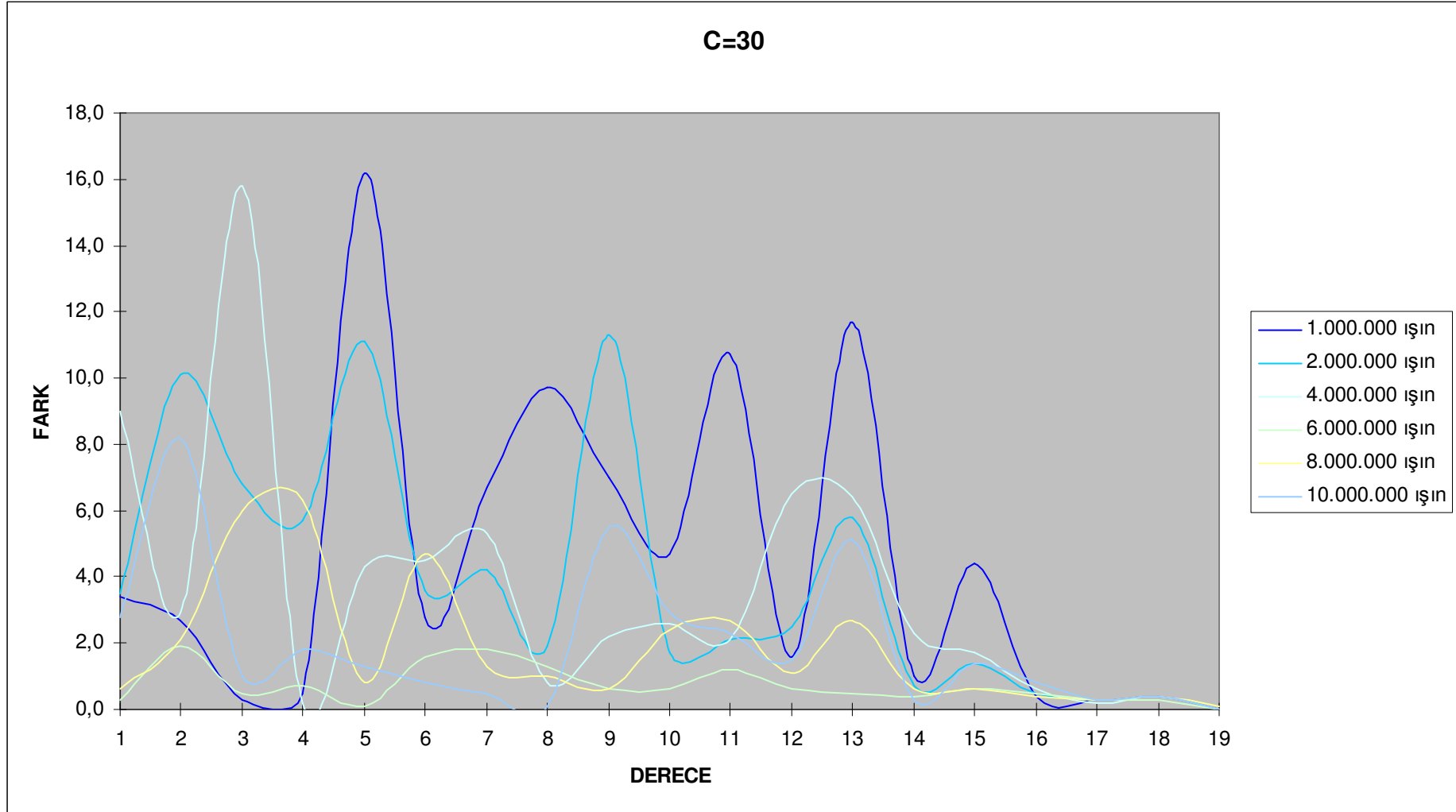
Tablo 5.52 : $C=0^\circ$ için derece-fark eğrisi.



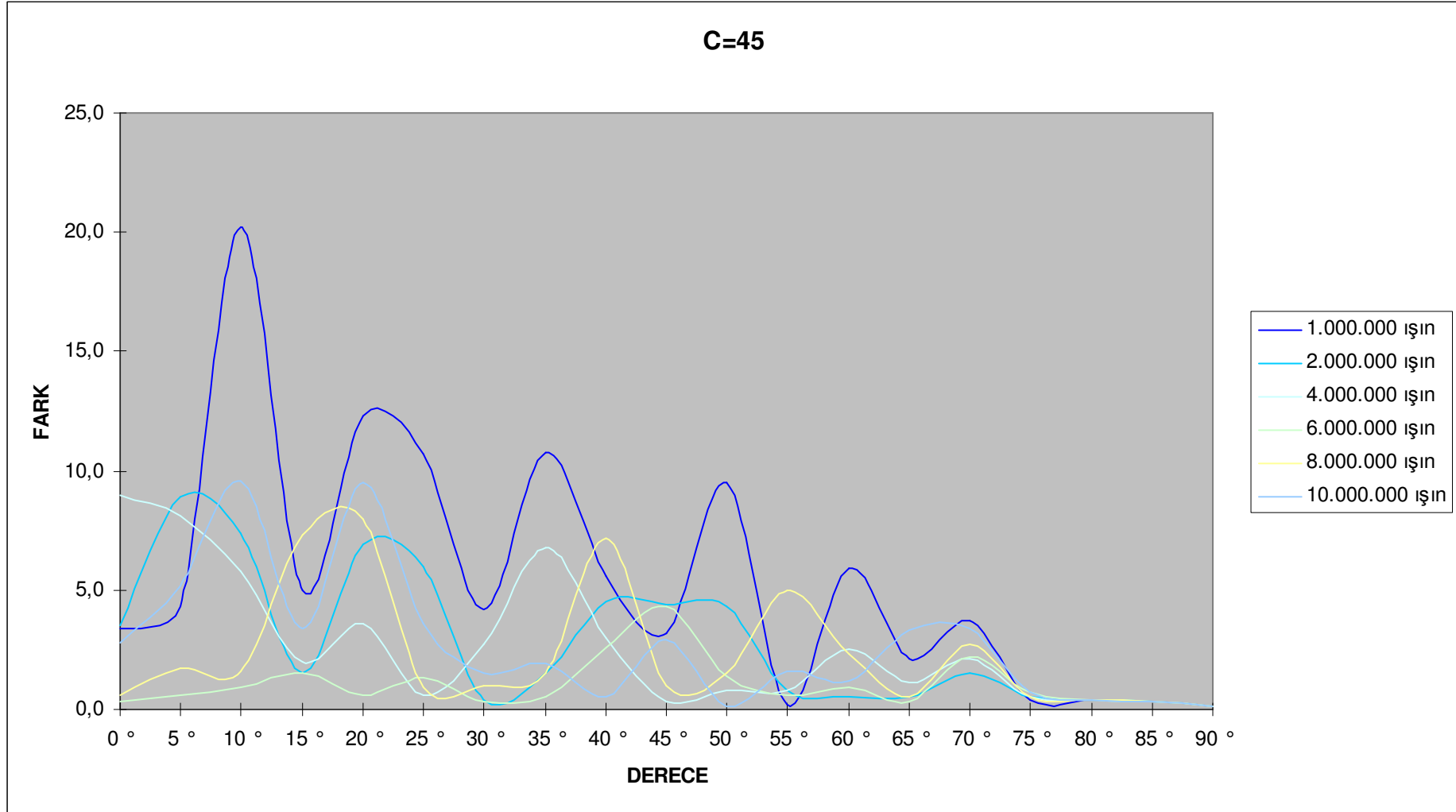
Tablo 5.53 : C=15° için derece-fark eğrisi.



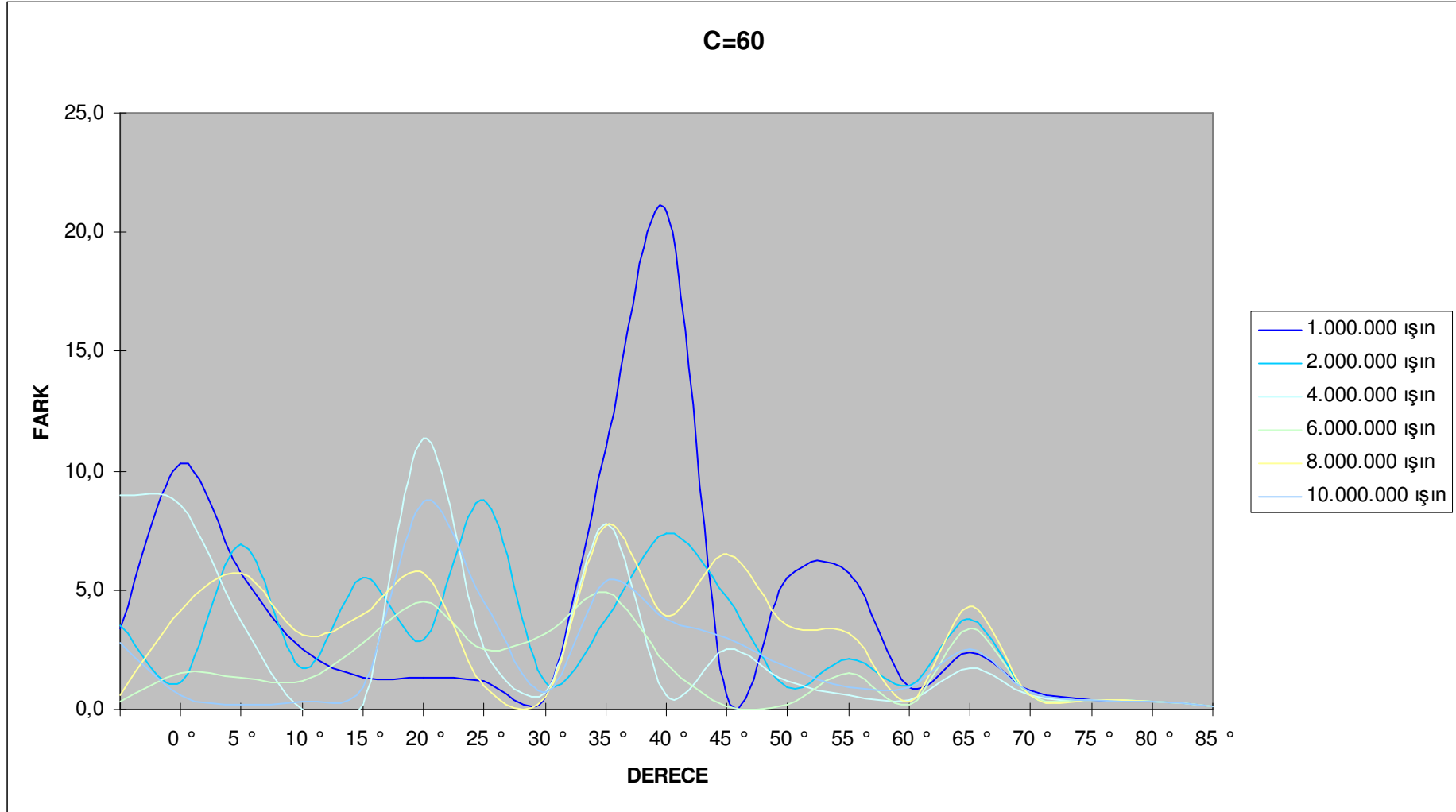
Tablo 5.54 : C=30° için derece-fark eğrisi.



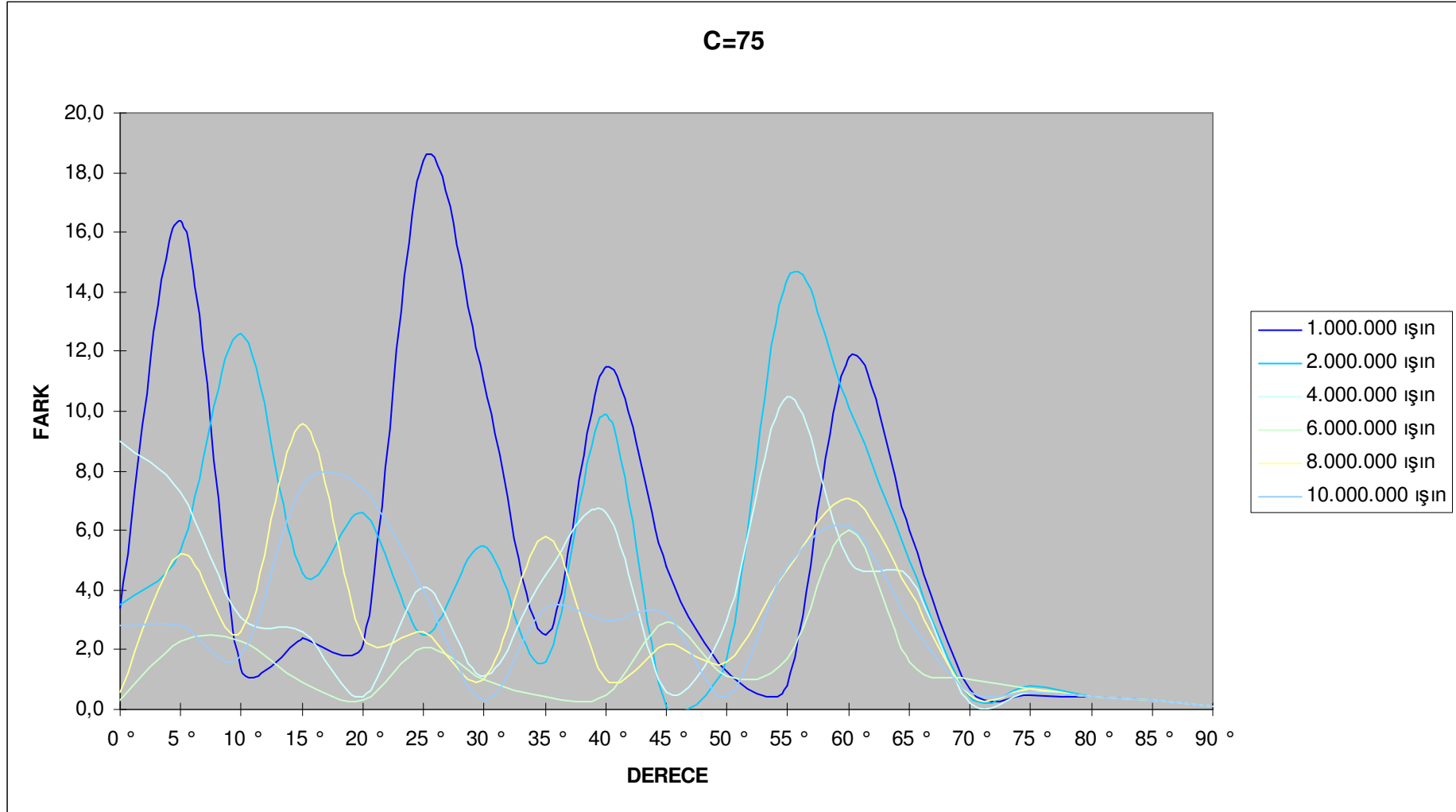
Tablo 5.55 : C=45° için derece-fark eğrisi.



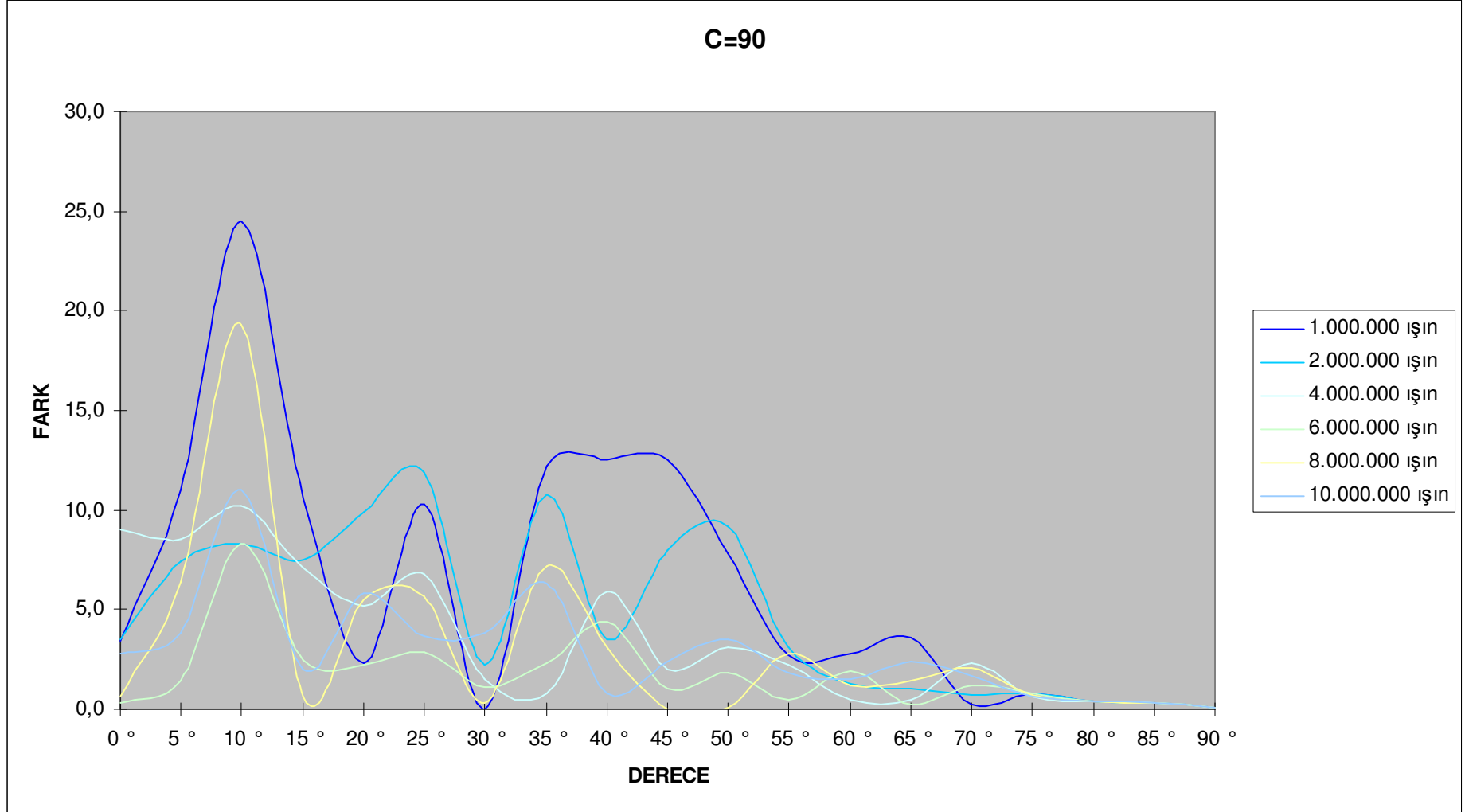
Tablo 5.56 : C=60° için derece-fark eğrisi.



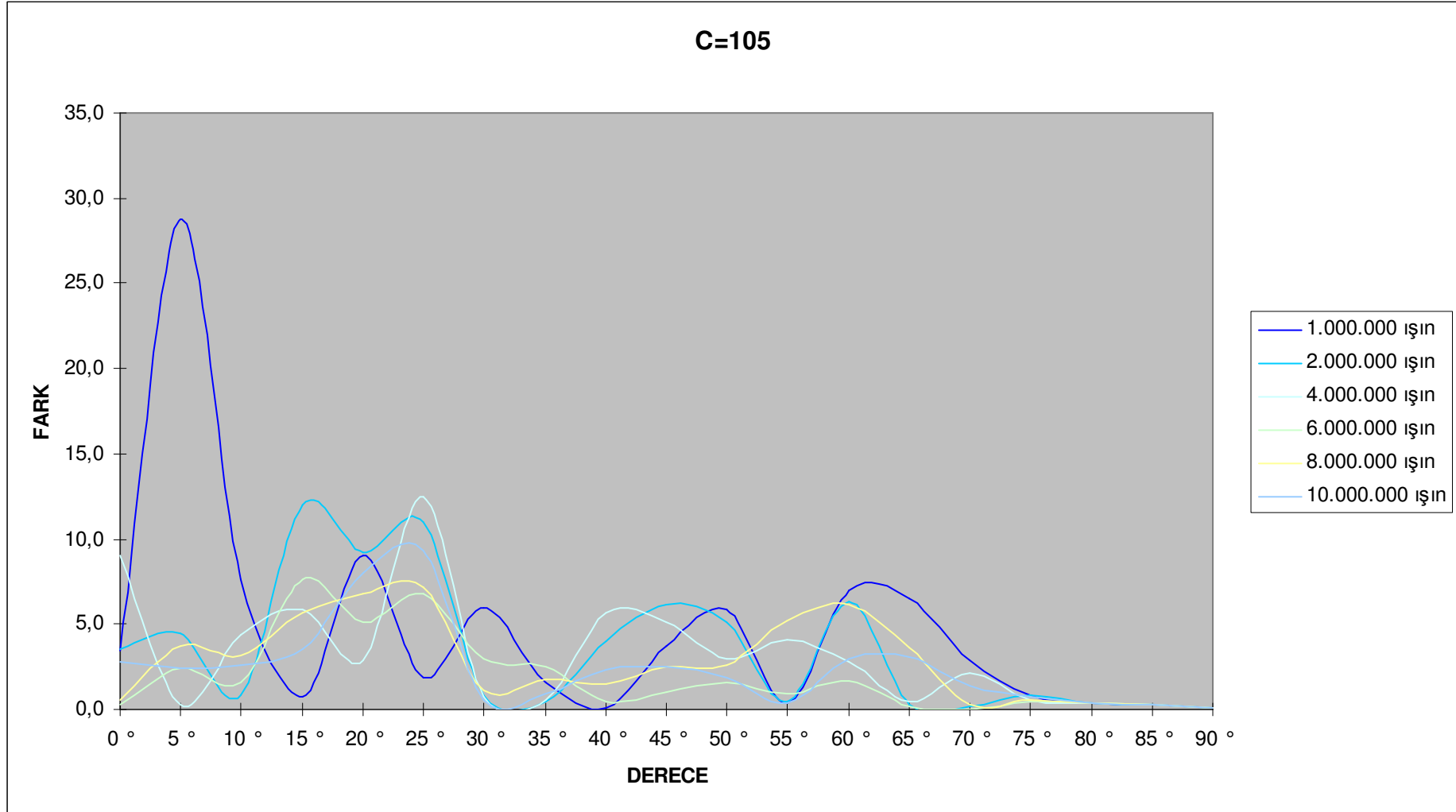
Tablo 5.57 : C=75° için derece-fark eğrisi.



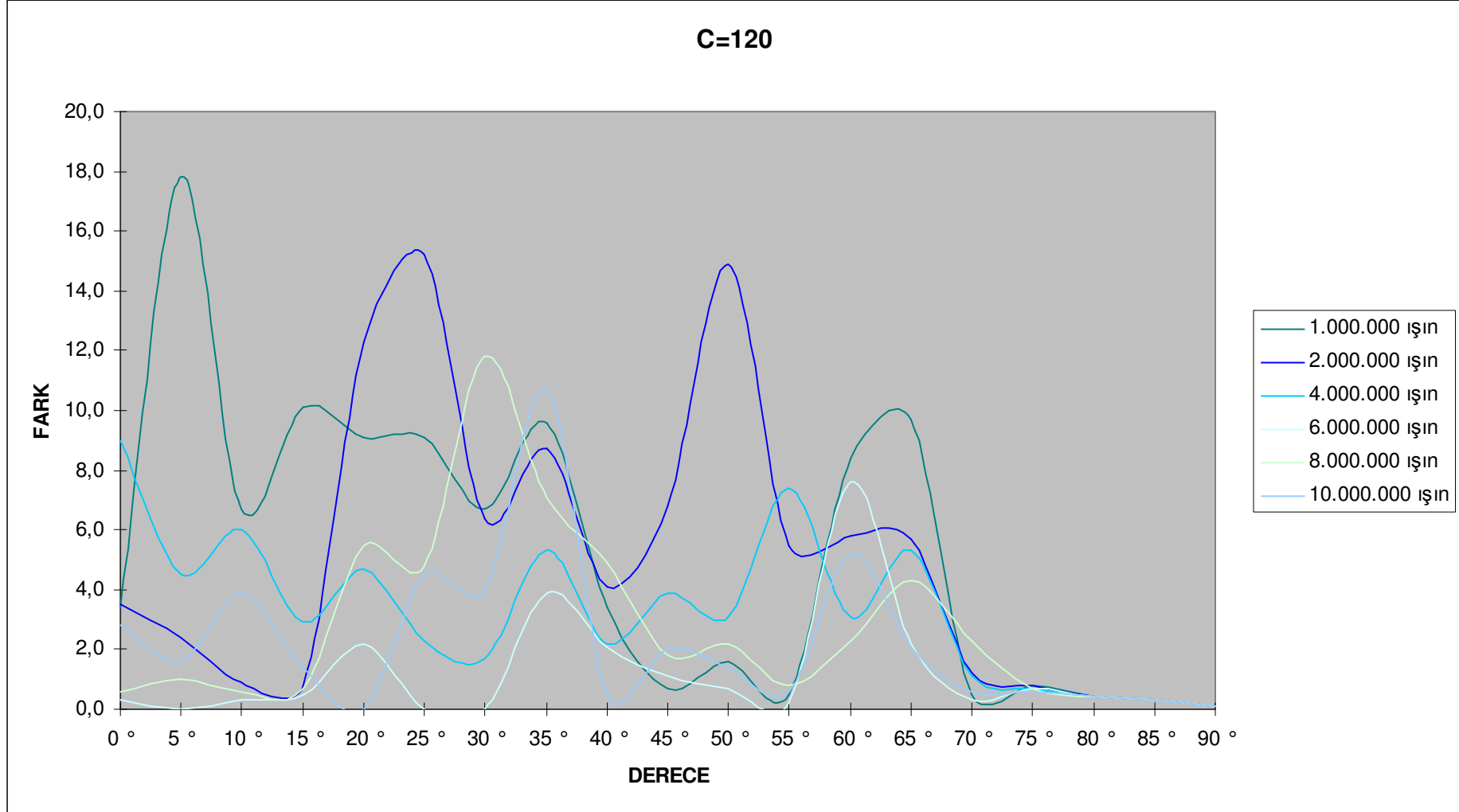
Tablo 5.58 : C=90° için derece-fark eğrisi.



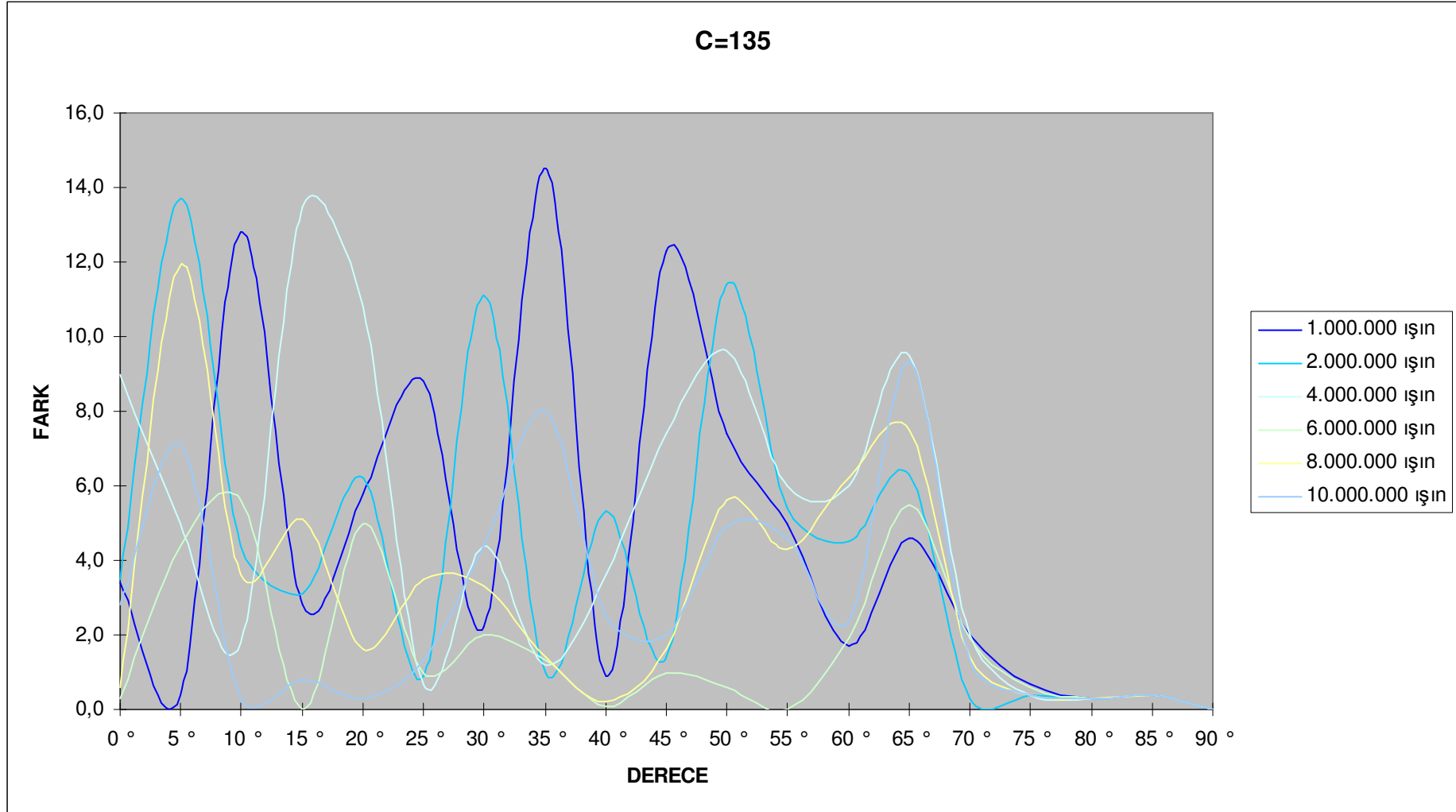
Tablo 5.59 : C=105° için derece-fark eğrisi.



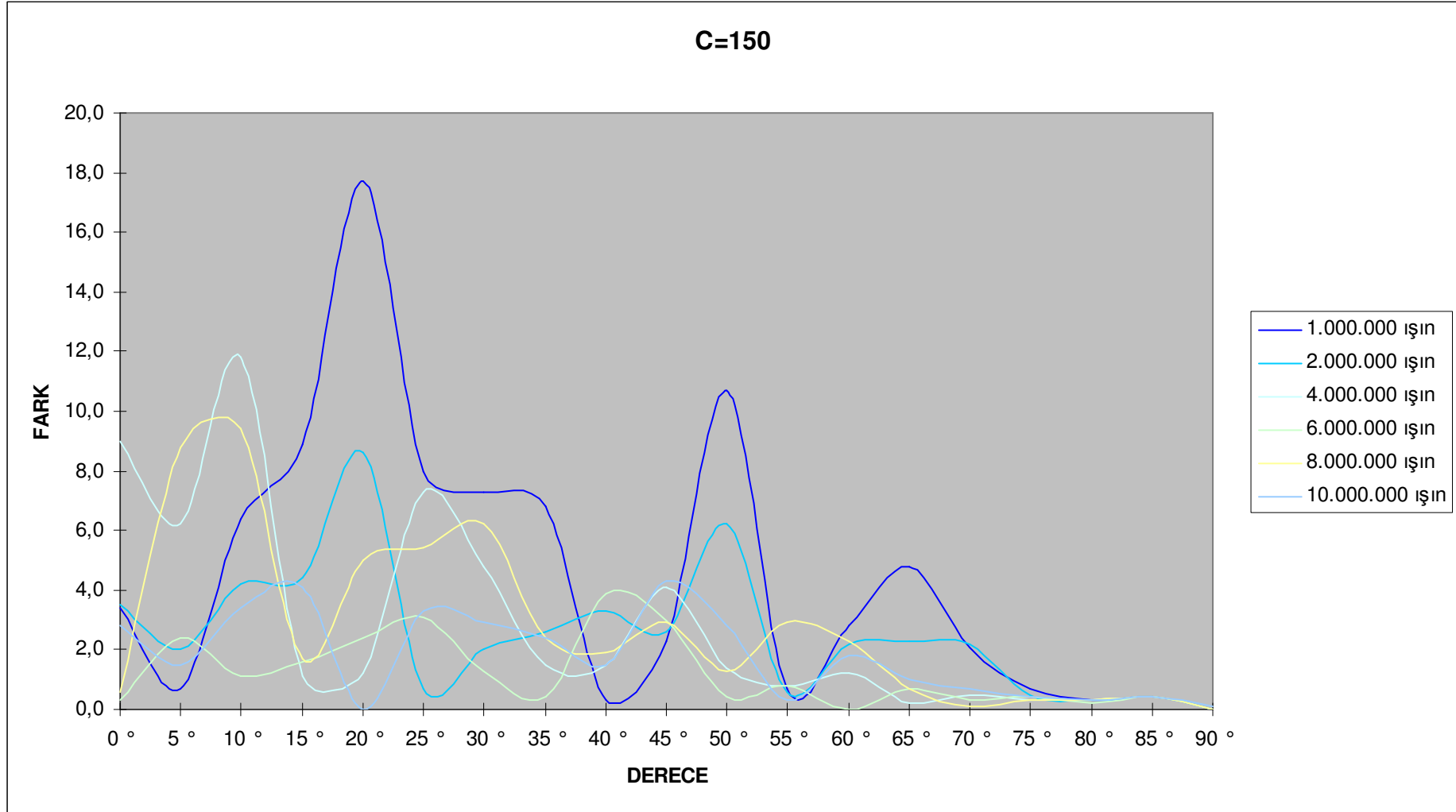
Tablo 5.60 : C=120° için derece-fark eğrisi.



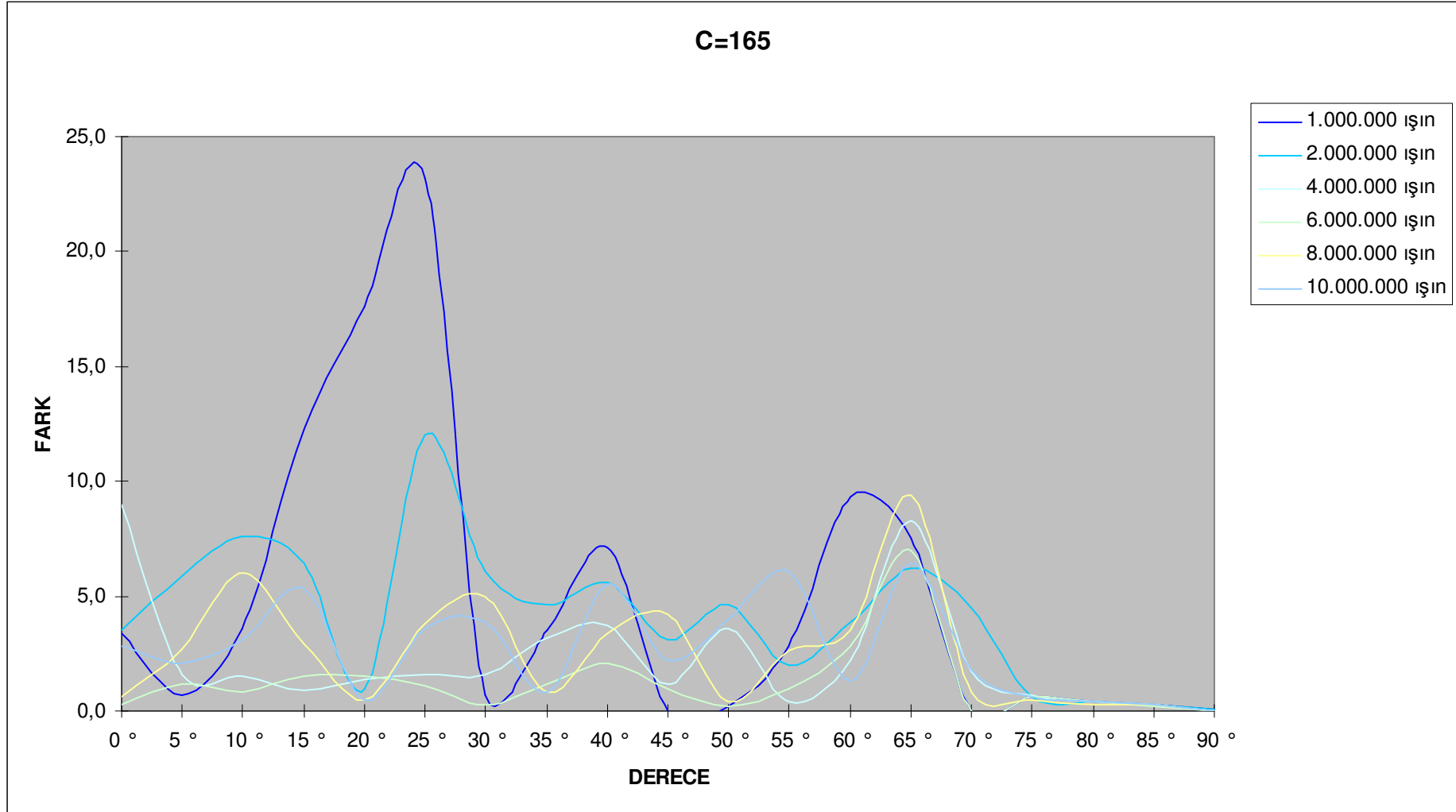
Tablo 5.61 : C=135° için derece-fark eğrisi.



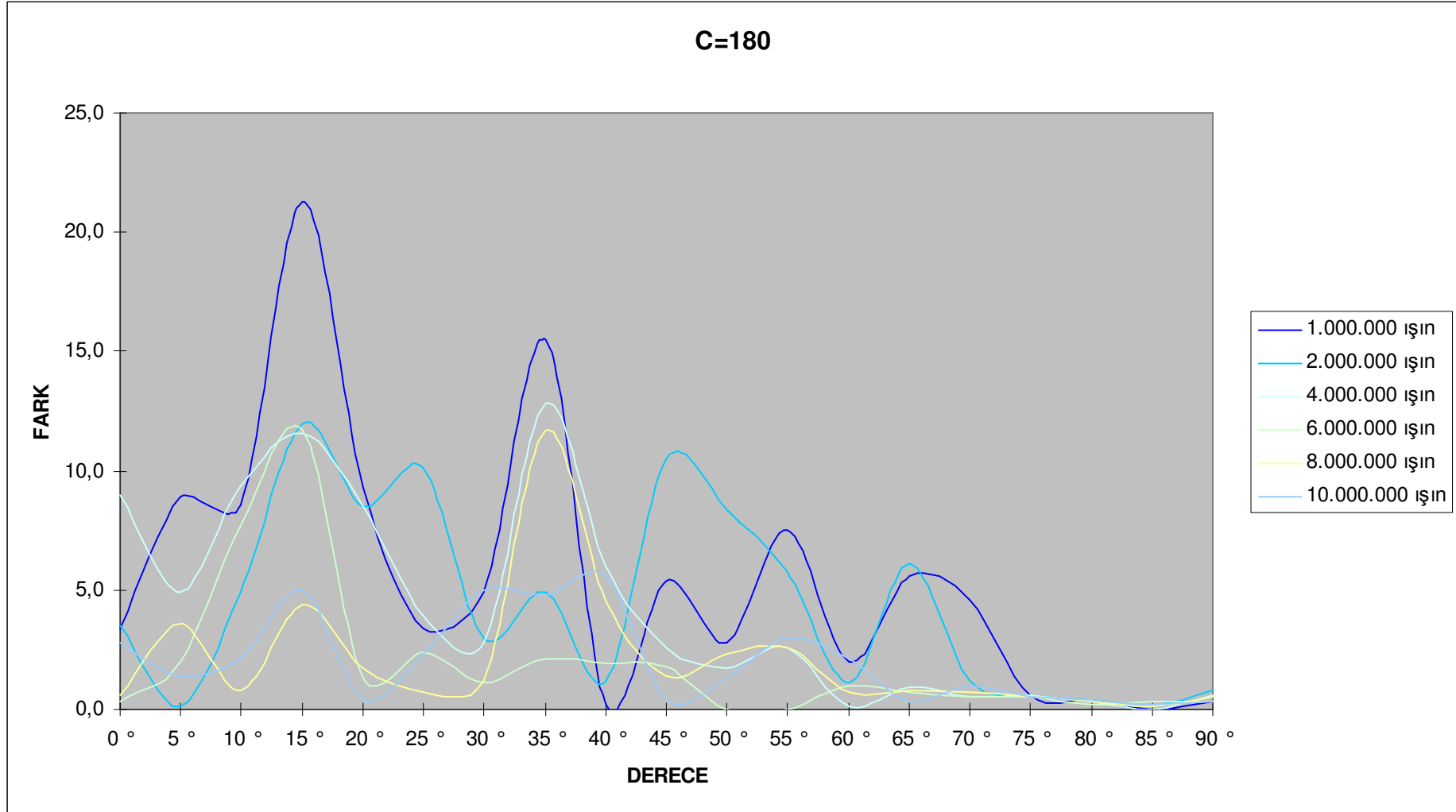
Tablo 5.62 : C=150° için derece-fark eğrisi.



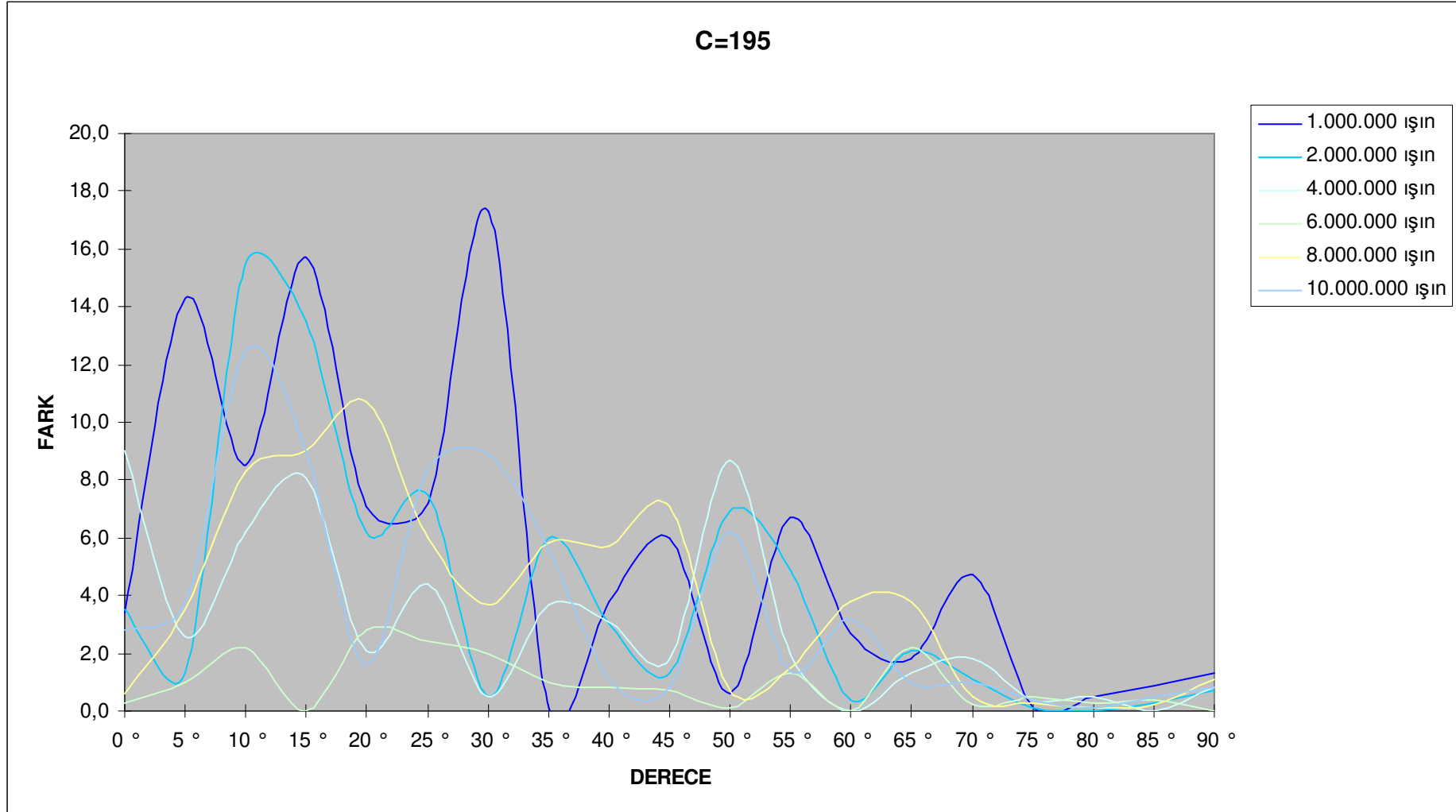
Tablo 5.63 : C=165° için derece-fark eğrisi.



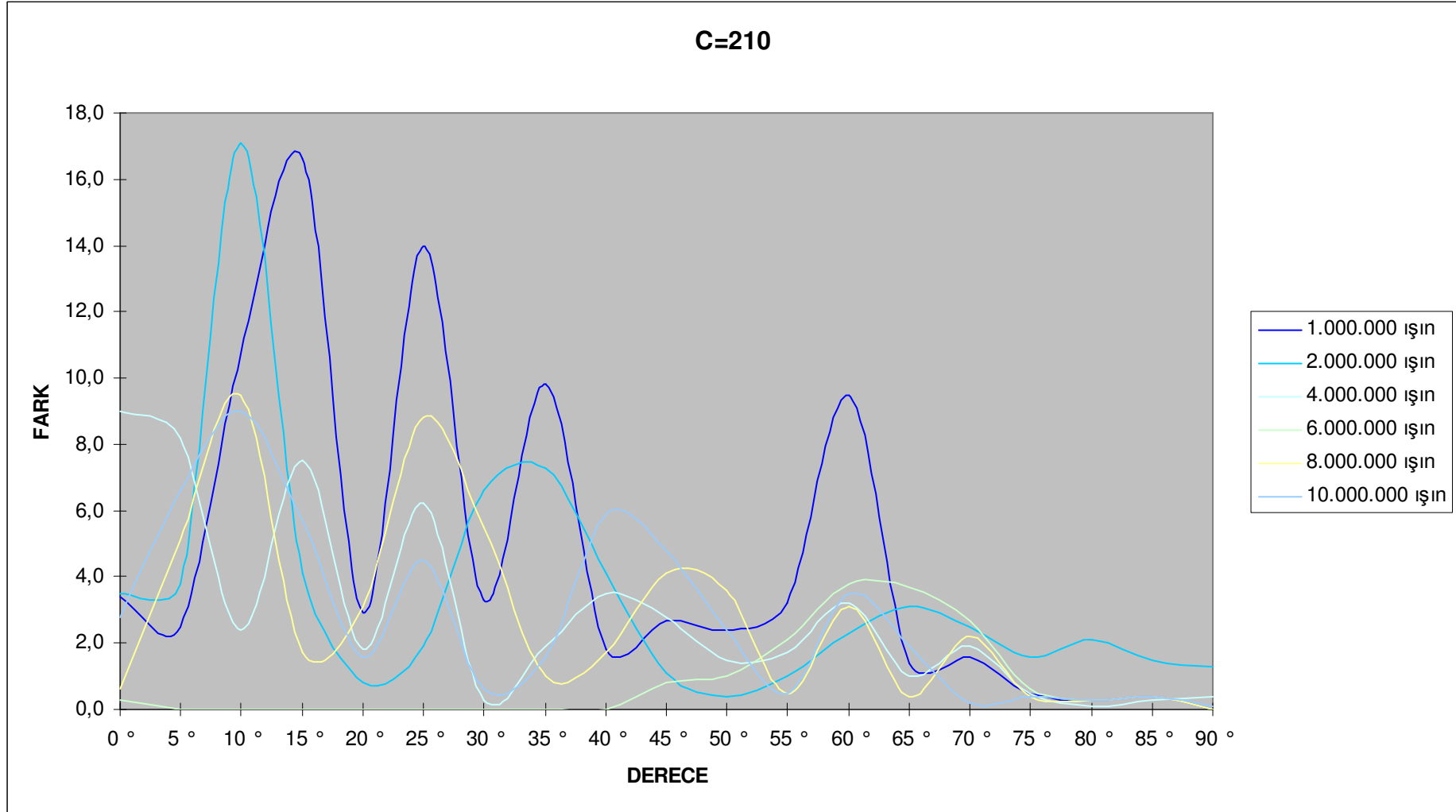
Tablo 5.64 : C=180° için derece-fark eğrisi.



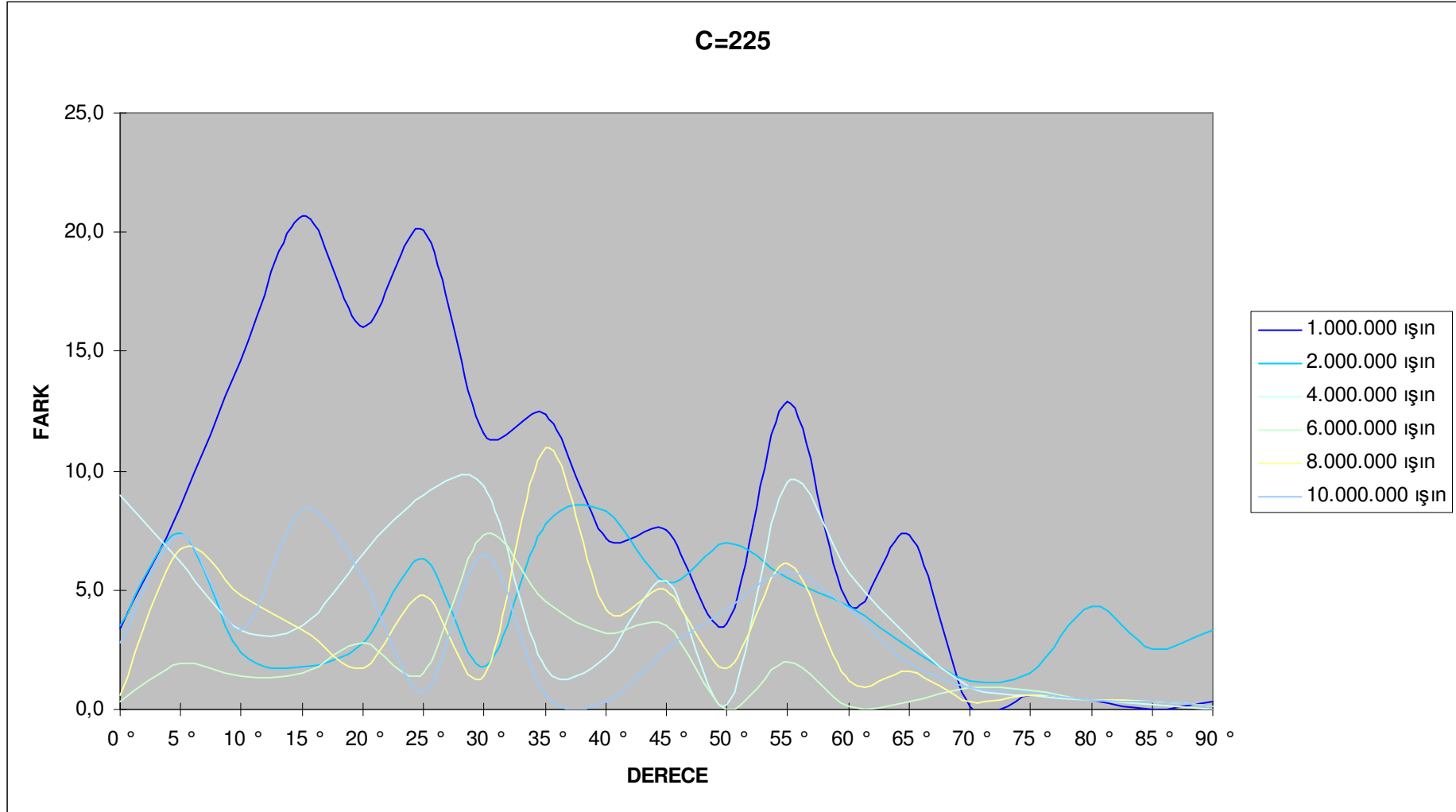
Tablo 5.65 : C=195° için derece-fark eğrisi.



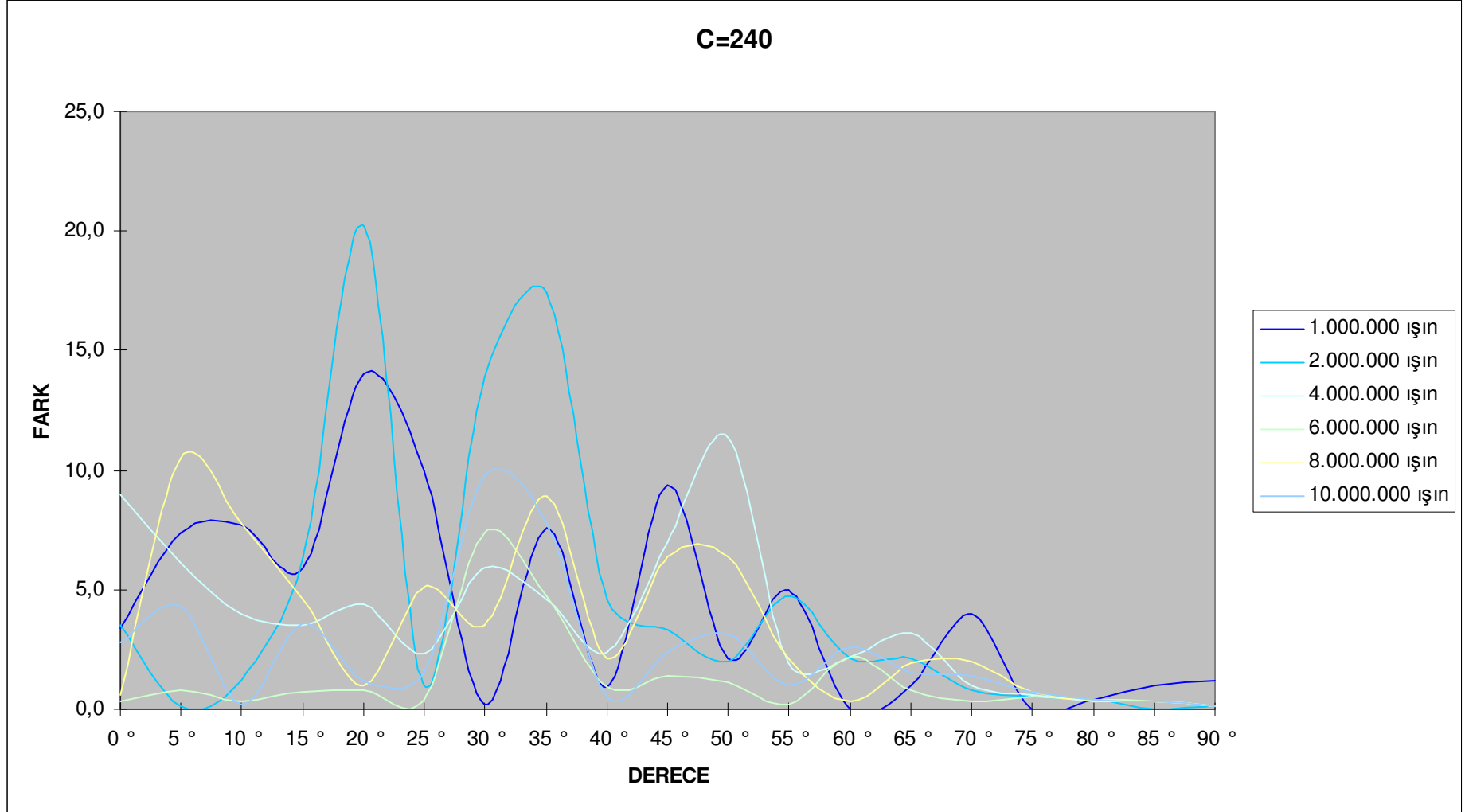
Tablo 5.66 : C=210° için derece-fark eğrisi.



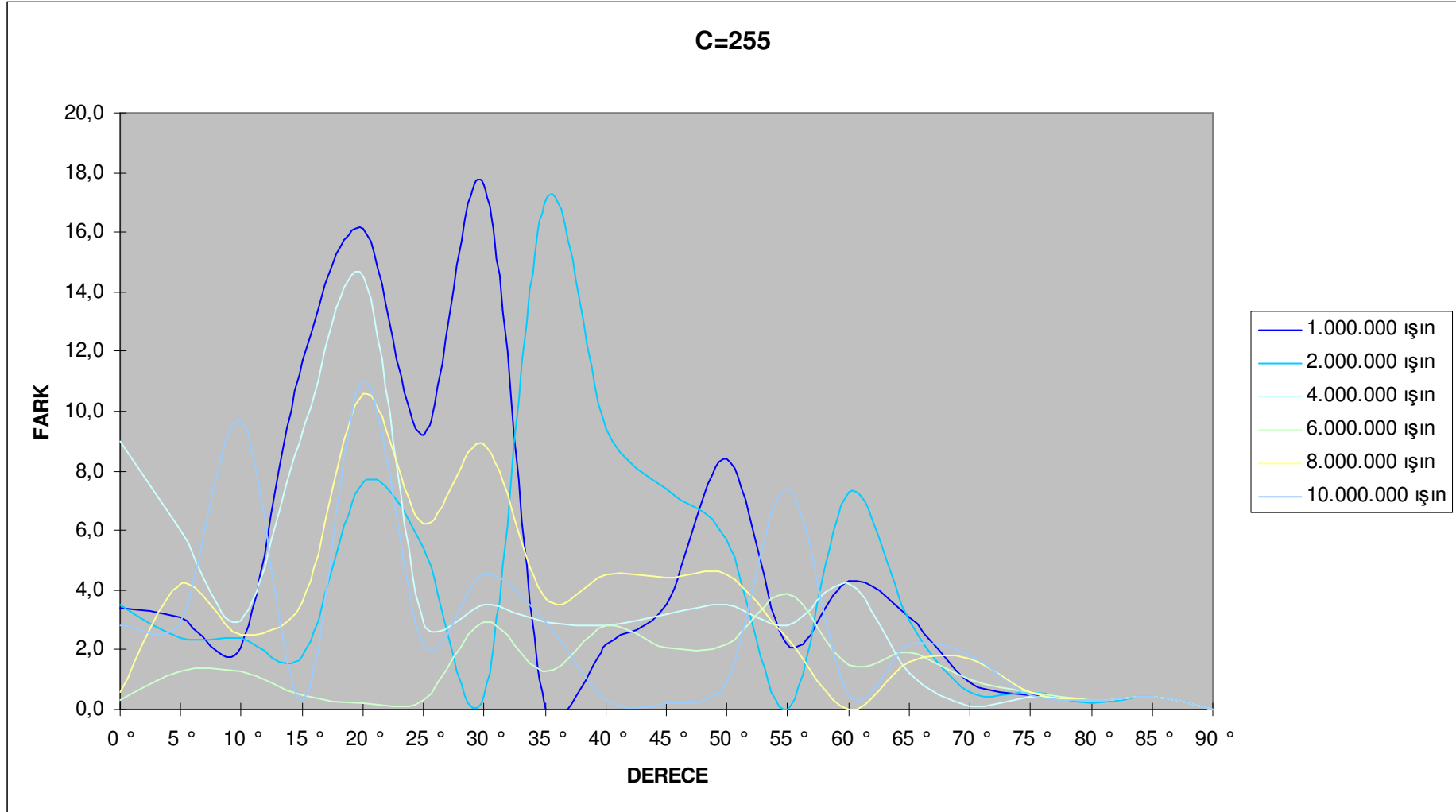
Tablo 5.67 : C=225° için derece-fark eğrisi.



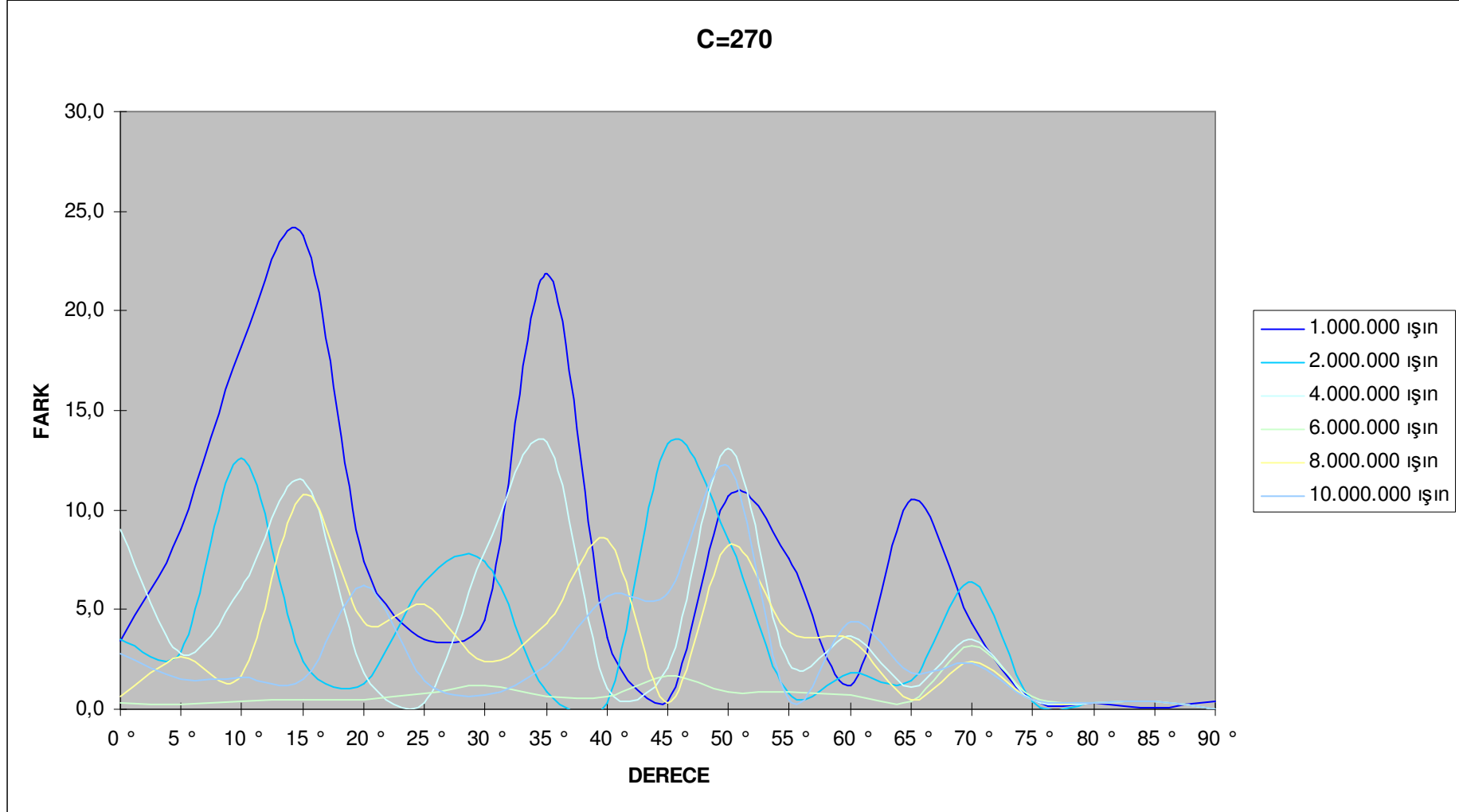
Tablo 5.68 : C=240° için derece-fark eğrisi.



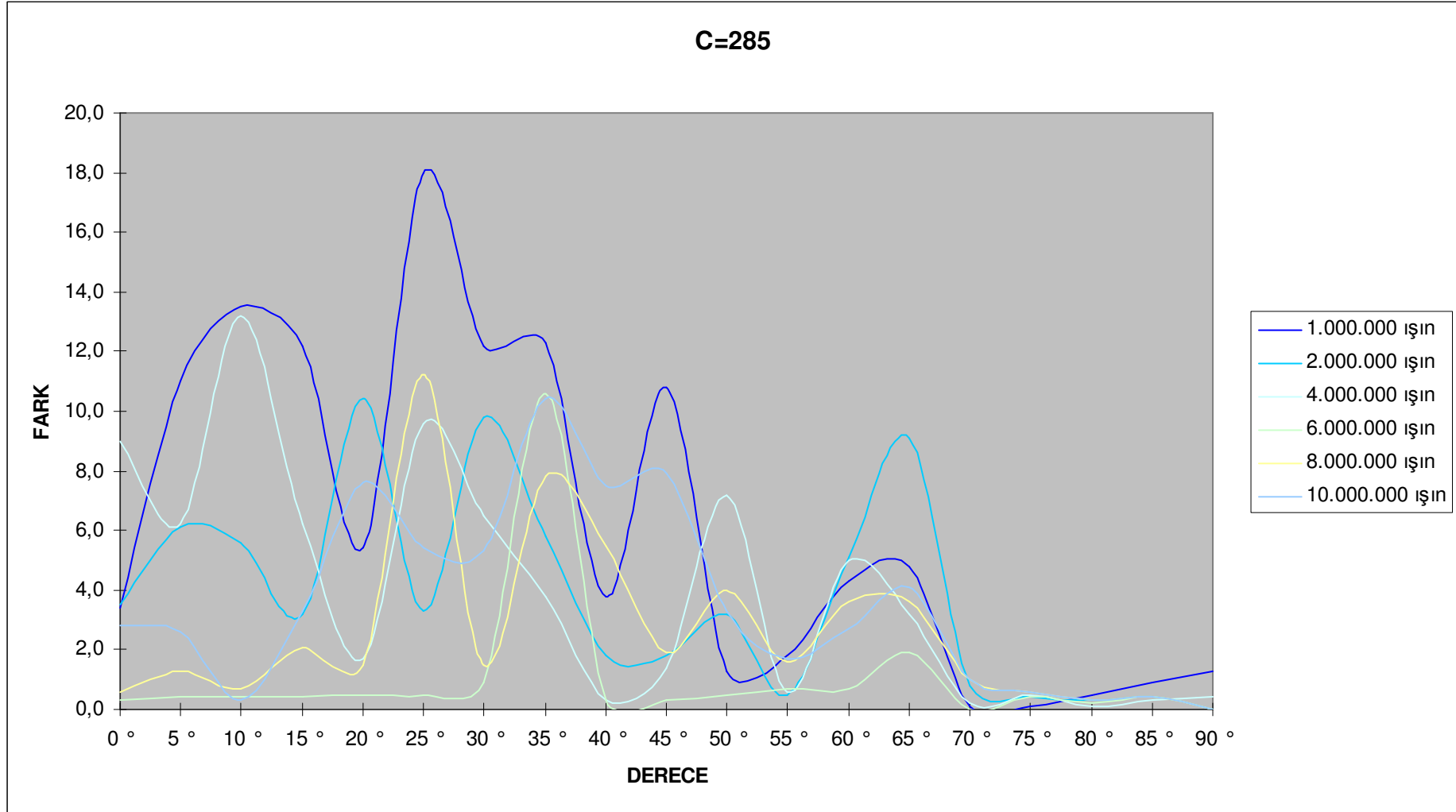
Tablo 5.69 : C=255° için derece-fark eğrisi.



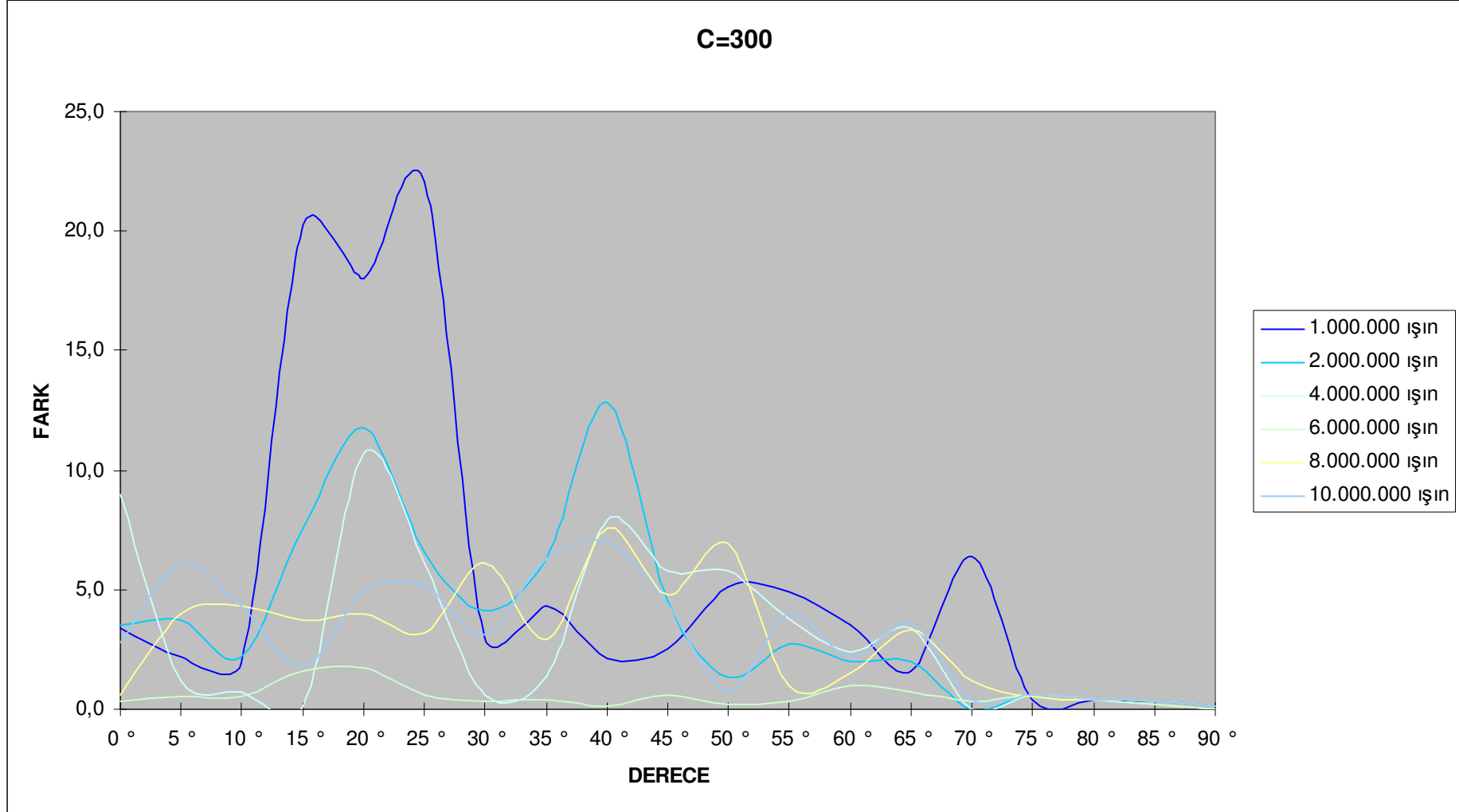
Tablo 5.70 : C=270° için derece-fark eğrisi.



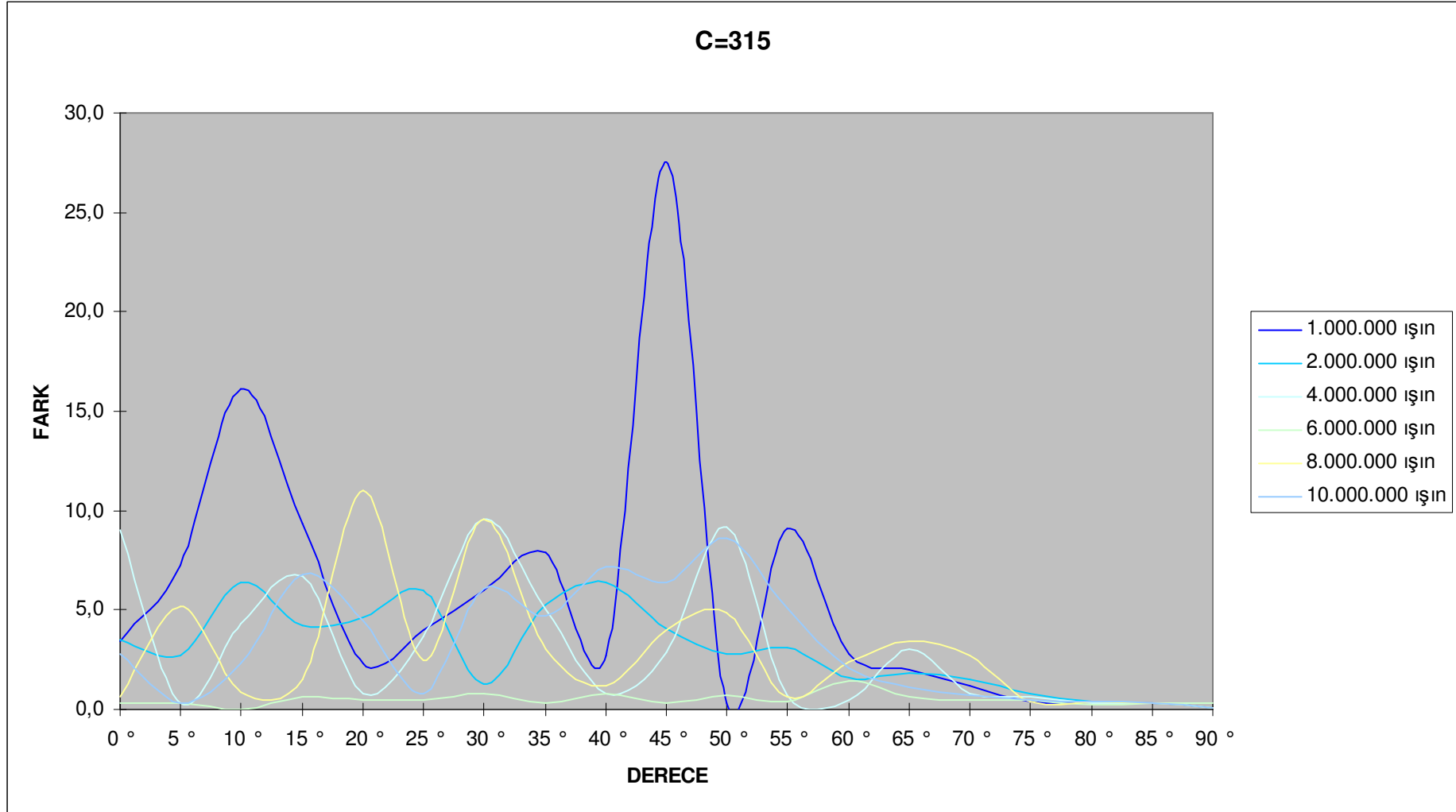
Tablo 5.71 : C=285° için derece-fark eğrisi.



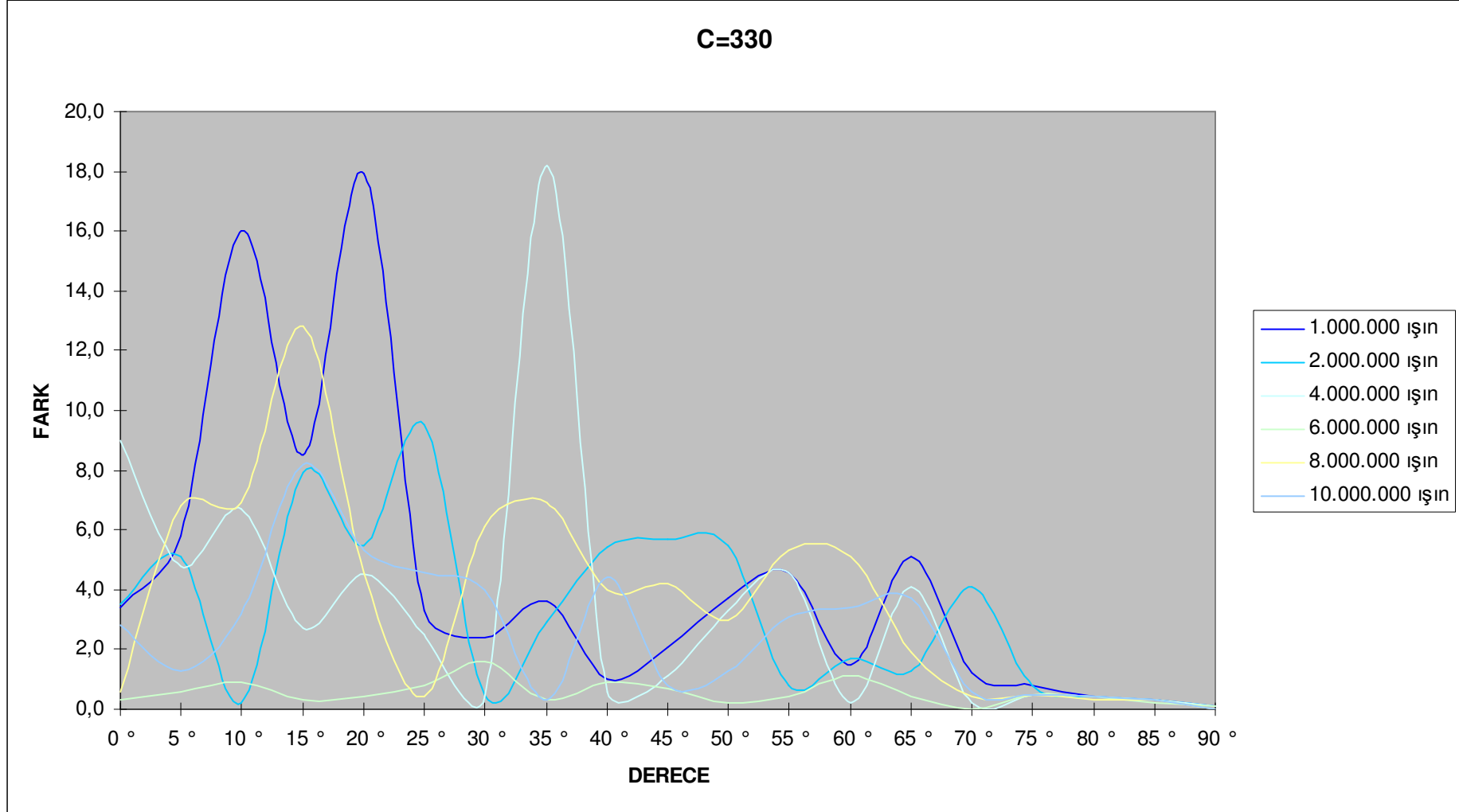
Tablo 5.72 : C=300° için derece-fark eğrisi.



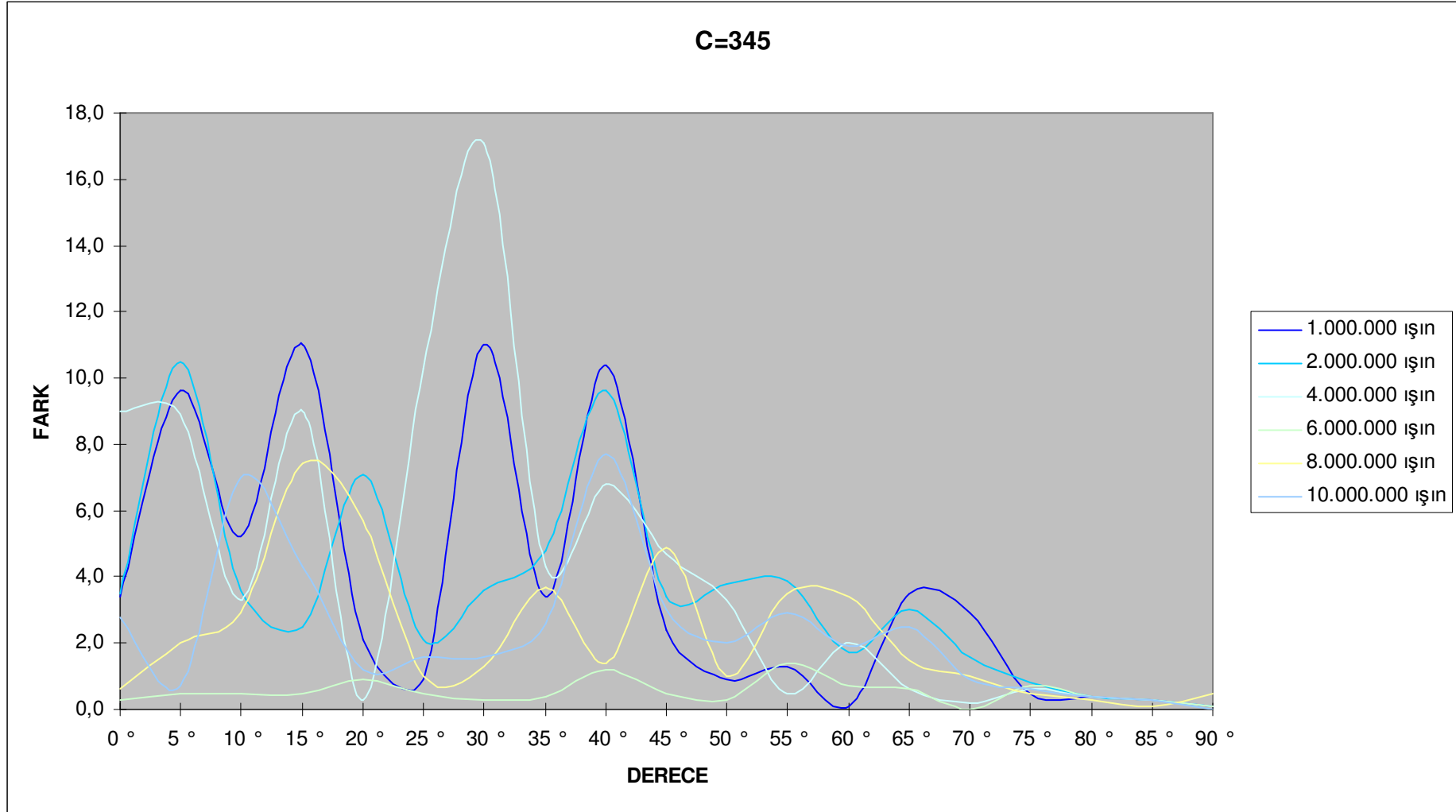
Tablo 5.73 : C=315° için derece-fark eğrisi.



Tablo 5.74 : C=330° için derece-fark eğrisi.



Tablo 5.75 : C=345° için derece-fark eğrisi.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

SONUÇ

Aydınlatma armatür tasarımı, bilgisayar ortamlarında mekanik ve optik tasarım olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Özellikle optik tasarım ile elde edilen değerlerin gerçek üretimde sağlanıp sağlanamayacağı her zaman önemli bir sorundur. Malzeme, üretim teknikleri gibi detaylara bağlı olarak çok büyük değişimler gösterebilen fotometrik özelliklerin tasarım aşamasında da gerçeğe uygun şekilde belirlenebilmesi, kullanılan optik tasarım programlarının tekniklerine ve hassasiyetlerine çok bağlıdır. Bu tez çalışmasında, aydınlatma armatür imalatında dünyada yaygın olarak kullanılan Solid Works ve Optis tasarım programının değişik fonksiyonları ile bir kompakt flüoresan lambalı direkt (downlight) aydınlatma armatür tasarımı yapılmıştır. Tasarımı yapılan armatür numunesi imal edilmiş ve gerçek numunenin fotometrik değerleri laboratuarda ölçülmüştür. Ölçüm değerleri ile tasarım değerleri karşılaştırılarak en gerçekçi tasarım fonksiyonlarına ulaşılması amaçlanmıştır.

Bölüm 5’de verilen Tablo 5.52 ile Tablo 5.75 arasındaki tablolar dikkatlice incelendiğinde, bütün C değerleri için ölçüm değeri ile tasarım değeri arasında en yakın sonuçlara 6.000.000 ışın değeri ile yaklaşılabildiği görülmektedir.

ÖNERİLER

Armatür tasarım programları armatür imalatçıları için iyi bir yol göstericisidir. Bu tasarım programlarında çok fazla detay verilmektedir. Yani hassasiyet dereceleri çok değişebilmektedir. Buna bağlı olarak çalışma süreleri ve doğrulukları da değişim göstermektedir. Kısa sürede ve doğru olarak yol gösterici tasarımlara ulaşılabilmesi için ya bu hazır programlar satın alınıp, iyi bir şekilde kullanılabilmesi için gerekli koşullar yaratılmalı, yada bu tip bir program yazılımının hazırlanması için Ar-Ge çalışmaları sürdürülmelidir. Maliyet açısından kolay erişilebilir yerli bir aydınlatma armatürü tasarım programı, üreticilerimiz açısından son derece yararlı olacaktır.

Bu programların sadece yol gösterici oldukları, gerçek ürünlerde farklı değerlere ulaşılabilceği göz ardı edilmemelidir. Son fotometrik veriler mutlaka laboratuvar koşullarında ölçülüp doğrulandıktan sonra açıklanmalıdır. Ayrıca son tasarıma erişilinceye kadar tasarım-laboratuvar döngüsünün birkaç kez tekrarlanmasında yarar vardır.

Bu çalışmada iç aydınlatmada çok yaygın olarak kullanılan bir aydınlatma armatürü tasarım programının geniş toleranslı olan hassasiyet dereceleri detaylı bir şekilde irdelenmiş, gerçek koşullara en uygun olabilecek tasarım hesaplama kombinasyonlarının belirlenmesine çalışılmıştır.

Şüphesiz kompakt floresan lambalı tek bir downlight armatürün tek bir ölçüm değeri ile karşılaştırılarak gerçekleştirilen bu çalışmanın daha genel çözümlere ulaşabilmesi için, daha fazla sayıda ve çeşitte armatür numunelerinin ölçüm değerlerinin bilinip karşılaştırılmaları gerekmektedir. Farklı lamba tipleri ve ışık dağılımları olan armatürlerle gerçekleştirilecek çalışmalar sonucunda, bilgisayar tasarım programlarının hassasiyetleri konusunda kesin bir sonuca gidilebilirse, farklı tasarımcılar tarafından yapılan hesapların karşılaştırılması olanaklı olabileceği gibi, tasarım sonuçları ile gerçek ürün değerleri arasındaki hata oranları da azaltılabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] **Philips Lighting**, Correspondence Course Lighting Application Lighting Design and Engineering Centre **15 Luminaire Optics and Photometrics**.
- [2] **Philips Lighting**, Correspondence Course Lighting Application Lighting Design and Engineering Centre **16 Luminaire Housing**.
- [3] **Underwriters Laboratories**, 1999 . Standart For Safety for Tests For Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances , UI-94 . Chicago : Underwriters Laboratories , Inc.
- [4] **Ashdown , I.** 1993 . Hanging Tough . Light . Des . Appl. 23(9):30-37
- [5] **Underwriters Laboratories**, 1997 . Electric Lighting Fixtures for Use in Hazardous (Classified) Locations , UI-844-Rev . 1997 . Chicago : Underwriters Laboratories , Inc.
- [6] **Ries,H.,and Winston.1993**, Nonimaging Reflectors as Functional of the Desired Irradiance.J.Opt. Soc.Am. 10a(9): 1902-1908.
- [7] **Rabl , A. , and J. M. Gordon**, 1994 . Reflector Design for Illumination with Extended Sources: the Basic Solutions. Appl. Opt. 33(25):6012-6021
- [8] **Modern Plastics**, 1998 . Modern Plastics Encyclopedia 1999 . New York : Mcgraw-Hill.
- 9. **Terch , G. S.** 1996 . Tailored Edge-Ray Design of Specular Reflectors for Constant Luminance Cylindrical Sources . Dissertation. Boulder, Co: University of Colorado.
- [10] **Underwriters Laboratories**, 1999. Standart for Safety for Tests for Flammability Of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances, UI-94. Chicago : Underwriters Laboratories , Inc.
- [11] **Özkaya, Muzaffer** Aydınlatma Tekniği Birsen Yayınevi 9. Baskı 2004 İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi.
- [12] **IES Lighting Handbook** Reference and Application.2000 **Chapter 7** Luminaire.
- [13] **Emler, W.B.** 1980. The Optical Design of Reflectors. New York: John Wiley.
- [14] **U.S. Congress.** 1990. Americans with Disabilities Act of 1990, PL 101-336. Washington:U.S. G.P.O.

- [15] **Öztürk, Leyla Dokuzer** Düzgün Yansıma Geometrisinin Aydınlatma Aygıtı Yansıtıcılarına Uygulanması 2. Baskı Yıldız Teknik Üniversitesi 2000.0574.
- [16] **Ünver, Rengin** Kapalı Hacimlerde Lamba Işığının Yatay Düzlemde Oluşturduğu Aydınlığın ve Aygıt Geri Veriminin Hesaplanması YTÜ Yayın No:223 İstanbul 1991.
- [17] **EAE Aydınlatma Ürün Kataloğu.**
- [18] **Solid Works Optis Kullanma Kılavuzu**

ÖZGEÇMİŞ

Hasan Gürkan Güler, 29 Ocak 1971 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlkokulu Hamdi Akverdi İlköğretim Okulunda; ortaokul ve liseyi Ataköy Lisesi'nde; lisans eğitimini 1995 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği bölümünde; yüksek lisans eğitimini 1998 yılında İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsünde İşletme bölümünde; 2007 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği bölümünde tamamladı.