

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 30.05.1977

Doğum yeri Sivas

Lise 1990-1993 Sivas Lisesi

Lisans 1993-1997 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fak.
Mimarlık BölümüYüksek Lisans 1997-1998 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İngilizce Hazırlık Programı1998-2001 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı**Çalıştığı kurum**

1998-2000 Veksan Aydınlatma A.Ş.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ.....	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GÜNIŞIĞI HESAPLARINDA KULLANILAN GÖK KOŞULLARI	3
2.1 Deneysel Yönteme Dayalı Çalışmalar.....	3
2.2 Kuramsal Yönteme Dayalı Çalışmalar	5
2.3 Belirli Uygulamalar İçin Ortalama Gökler (Averaged Skies).....	7
2.4 Referans Gökler.....	8
2.4.1 CIE Ölçün Kapalı Gök	9
2.4.2 CIE Ölçün Açık Gök	10
2.4.3 Yarı Açık-Kapalı Gök (Intermediate Sky)	11
2.4.4 Ortalama Gök (Average Sky)	12
2.4.5 Ortalama Gök (Mean Sky)	12
3. HACİM İÇİ GÜNIŞIĞI AYDINLIK DÜZEYİ HESAPLANMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER	13
3.1 Lümen (Işık Akısı) Yöntemi	13
3.2 Nokta Nokta (Günişığı Çarpanı) Yöntemi	14
4. TEZ ÇALIŞMASINDA KULLANILAN GÖK MODELLERİ.....	18
4.1 Kapalı Gök Modeli	18
4.2 Açık Gök Modeli.....	23
4.3 Ortalama Gök Modeli.....	25
5. ÇALIŞMANIN AMACI ve KULLANILAN VARSAYIMLAR	32
6. HESAP SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	38
6.1 Engelsiz Durum İçin Kapalı Gök Sonuçları.....	38

6.2	Engelsiz Durum İçin Açık Gök Sonuçları.....	43
6.3	Engelsiz Durum İçin Ortalama Gök Sonuçları.....	59
6.4	Engelli Durum İçin Kapalı Gök Sonuçları	75
6.5	Engelli Durum İçin Açık Gök Sonuçları	80
6.6	Engelli Durum İçin Ortalama Gök Sonuçları.....	95
7.	SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	111
7.1	Engelsiz Durum	111
7.2	Engelli Durum	118
8.	SONUÇ ve ÖNERİLER.....	125
KAYNAKLAR.....		127
EKLER.....		129
Ek 1 Ortalama gök engelsiz durum için QBasic' te yazılan bilgisayar programı.....		130
Ek 2 Terimlerin tezde kullanılan simgelerinin CIE karşılıkları		137
ÖZGEÇMİŞ		139



SİMGE LİSTESİ

A	Düzeltilme çarpanları ortak simgesi
α	Engel açısı
α_s	Güneşin azimut (yatay) açısı
β_1	1. pencere bölümü genişlik açısı
β_2	2. pencere bölümü genişlik açısı
β	Pencere genişlik açısı ($\beta_1 + \beta_2$)
BKK	İç boya ve kaplamaların eskime ve kirlenmesine ilişkin düzeltme çarpanı
C1	Pencere yüksekliğinin yarısından geçen yatay düzlemin üst bölümünden hacme giren ışık akısının bir fonksiyonu
C2	Pencere yüksekliğinin yarısından geçen yatay düzlemin alt bölümünden hacme giren ışık akısının bir fonksiyonu
CKÇ	Pencere camının kirlilik çarpanı
δ	Gök noktası ile güneş arasındaki açı
DKÇ	Doğrama kalınlık çarpanı
da	Duvar azimutu
dapb1	Duvar azimutuna bağlı pencere başlagıç açısı
dapb2	Duvar azimutuna bağlı pencere bitiş açısı
DYB	Dış yansıma bileşeni
ϵ	Gök noktası ile başucu arasındaki açı
E_{da}	Açık göğün oluşturduğu dış yatay aydınlık düzeyi
E_{dg}	Güneşin oluşturduğu dış yatay aydınlık düzeyi
E_{dk}	Kapalı göğün oluşturduğu dış yatay aydınlık düzeyi
E_{gkh}	Göğün yatay düzlemde oluşturduğu yaygın ışıının hesaplanan değeri
$E_{gk\delta}$	Göğün yatay düzlemde oluşturduğu yaygın ışıının ölçülmüş değeri
E_{gnh}	Güneşin yatay düzlemde oluşturduğu dolaysız ışıının hesaplanan değeri
$E_{gn\delta}$	Güneşin yatay düzlemde oluşturduğu dolaysız ışıının ölçülmüş değeri
E_i	Ortalama göğün gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi
E_{ia}	Açık göğün gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi
E_{ig}	Güneşin gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi
E_{ik}	kapalı göğün gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi
E'_F	engel üzerinde oluşan aydınlık
E_{min}	Hacim içi en düşük aydınlık düzeyi
E_{max}	Hacim içi en yüksek aydınlık düzeyi

$\emptyset$	Gözleme noktasından görülen gök parçasının genişlik açısı (alt kenar)
$\emptyset_1$	Gözleme noktasından görülen gök parçasının genişlik açısı (üst kenar)
γ_s	Güneşin yükseklik açısı
γ_e	Engel yükseklik açısı
GB_a	Açık göğün gök bileşeni
GB_k	Kapalı göğün gök bileşeni
$G\dot{C}$	Günüşiğı çarpanı
GO	Güneşlenme olasılığı
$IG\dot{C}$	Pencere camının ışık geçirme çarpanı
$\dot{I}YB$	Günüşiğı çarpanının iç yansıma bileşeni
$L(\epsilon, \delta)$	Göğün ϵ ve δ ile belirlenmiş bir noktasının ışıklılığı
L_z	Başucu (zenit) ışıklılığı
PA	Pencere alanı
R	İç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanı
R_{cw}	Pencere yüksekliğinin yarısından geçen yatay düzlemin üst bölümünde kalan iç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanı
r_e	Engel yüzeyinin yansıtma çarpanı
R_{fw}	Pencere yüksekliğinin yarısından geçen yatay düzlemin alt bölümünde kalan iç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanı
R_{gk}	Gök ışıınımlarına ilişkin düzeltme çarpanı
R_{gn}	Güneş ışıınımlarına ilişkin düzeltme çarpanı
θ	Gözleme noktasından görülen gök parçasının yükseklik açısı
TG	Güneşin geliş açısına bağılı olarak değışen pencere camı geçirme çarpanı
T_m	Belirli bir zaman aralığı
T_s	Belirli bir zaman aralığındaki güneşlenme süresi

KISALTMALAR LİSTESİ

CIBSE	The Chartered Institution of Building Services Engineers
CIE	Commission Internationale de L'éclairage
IES	The Illuminating Engineering Society of North America (IESNA)



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Güneşin ve bir gök elemanı P' nin konumlarını gösteren açılar (Anon, 1994).....	5
Şekil 3.1 Lümen yönteminin basit bir gösterimi.	14
Şekil 3.2 Güneşin çarpanı bileşenlerinin şematik gösterimi.	16
Şekil 4.1 Gözleme noktasından bakıldığında görülen gök parçasının tanımlayan yatay ve düşey açılar	19
Şekil 4.2. Duvar azimutuna bağlı olarak pencere genişlik açısı (başlangıcı ve bitişi).....	20
Şekil 4.3 Engel açısının belirlenmesi	22
Şekil 5.1 Hacim boyutları ve gözleme noktalarının yer aldığı ızgara düzenini gösteren plan ve kesit (Ölçek 1/100).	34
Şekil 6.1 Kapalı gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Saat: 9:00.	40
Şekil 6.2 Kapalı gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Saat: 12:00.	41
Şekil 6.3 Kapalı gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Saat: 16:00.	42
Şekil 6.4 Açık gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: kuzey; Saat: 9:00.	47
Şekil 6.5 Açık gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: doğu; Saat: 9:00.	48
Şekil 6.6 Açık gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: güney; Saat: 9:00.	49
Şekil 6.7 Açık gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: batı; Saat: 9:00.	50
Şekil 6.8 Açık gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: kuzey; Saat: 12:00.	51
Şekil 6.9 Açık gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: doğu; Saat: 12:00.	52
Şekil 6.10 Açık gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: güney; Saat: 12:00.	53
Şekil 6.11 Açık gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: batı; Saat: 12:00.	54
Şekil 6.12 Açık gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: kuzey; Saat: 16:00.	55
Şekil 6.13 Açık gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: doğu; Saat: 16:00.	56
Şekil 6.14 Açık gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: güney; Saat: 16:00.	57
Şekil 6.15 Açık gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: batı; Saat: 16:00.	58
Şekil 6.16 Ortalama gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: kuzey; Saat: 9:00.	63
Şekil 6.17 Ortalama gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: doğu; Saat: 9:00.	64
Şekil 6.18 Ortalama gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: güney; Saat: 9:00.	65
Şekil 6.19 Ortalama gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: batı; Saat: 9:00.	66
Şekil 6.20 Ortalama gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: kuzey; Saat: 12:00.	67
Şekil 6.21 Ortalama gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: doğu; Saat: 12:00.	68
Şekil 6.22 Ortalama gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: güney; Saat: 12:00.	69
Şekil 6.23 Ortalama gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: batı; Saat: 12:00.	70
Şekil 6.24 Ortalama gök güneşin aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: kuzey; Saat: 16:00.	71

Şekil 6.25 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: doğu; Saat: 16:00.....	72
Şekil 6.26 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: güney; Saat: 16:00....	73
Şekil 6.27 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: batı; Saat: 16:00.....	74
Şekil 6.28 Kapalı gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Saat: 9:00.....	77
Şekil 6.29 Kapalı gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Saat: 12:00.....	78
Şekil 6.30 Kapalı gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Saat: 16:00.....	79
Şekil 6.31 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: kuzey; Saat: 9:00.....	83
Şekil 6.32 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: doğu; Saat: 9:00.....	84
Şekil 6.33 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: güney; Saat: 9:00.....	85
Şekil 6.34 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: batı; Saat: 9:00.....	86
Şekil 6.35 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: kuzey; Saat: 12:00.....	87
Şekil 6.36 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: doğu; Saat: 12:00.....	88
Şekil 6.37 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: güney; Saat: 12:00.....	89
Şekil 6.38 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: batı; Saat: 12:00.....	90
Şekil 6.39 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: kuzey; Saat: 16:00.....	91
Şekil 6.40 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: doğu; Saat: 16:00.....	92
Şekil 6.41 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: güney; Saat: 16:00.....	93
Şekil 6.42 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: batı; Saat: 16:00.....	94
Şekil 6.43 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: kuzey; Saat: 9:00.....	99
Şekil 6.44 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: doğu; Saat: 9:00.....	100
Şekil 6.45 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: güney; Saat: 9:00.....	101
Şekil 6.46 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: batı; Saat: 9:00.....	102
Şekil 6.47 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: kuzey; Saat: 12:00...	103
Şekil 6.48 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: doğu; Saat: 12:00.....	104
Şekil 6.49 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: güney; Saat: 12:00...	105
Şekil 6.50 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: batı; Saat: 12:00.....	106
Şekil 6.51 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: kuzey; Saat: 16:00...	107
Şekil 6.52 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: doğu; Saat: 16:00.....	108
Şekil 6.53 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: güney; Saat: 16:00...	109
Şekil 6.54 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: batı; Saat: 16:00.....	110
Şekil 7.1 Grafiklerin hazırlanmasında kullanılan gözleme noktalarının gösterimi.....	111
Şekil 7.2 Kuzey yönünde, engelsiz durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.	114
Şekil 7.3 Doğu yönünde, engelsiz durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.	115

Şekil 7.4 Güney yönünde, engelsiz durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.	116
Şekil 7.5 Batı yönünde, engelsiz durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.	117
Şekil 7.6 Kuzey yönünde, engelli durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.	121
Şekil 7.7 Doğu yönünde, engelli durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.	122
Şekil 7.8 Güney yönünde, engelli durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.	123
Şekil 7.9 Batı yönünde, engelli durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.	124



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4.1 İç boya ve kaplamaların eskime ve kirlenmesine ilişkin düzeltme çarpanları (Ünver,1984).....	21
Çizelge 4.1 Güneşlenme olasılığı değerleri.....	28
Çizelge 4.2 R_{gn} düzeltme fonksiyonu katsayıları	30
Çizelge 4.3 R_{gk} düzeltme fonksiyonu katsayıları	31
Çizelge 5.1 Hesap yapılan gün ve saatlerde güneşin yükseklik ve azimut açısı ile güneşlenme olasılığı (GO) değerleri.....	33
Çizelge 5.2 Hesaplarda kullanılan temel veriler ve simgeleri.....	37
Çizelge 6.1 Kapalı gök için engelsiz durumda, 500 lm/m^2 nin sağlandığı pencereden yaklaşık uzaklıklar	38
Çizelge 6.2 Kapalı gök için engelsiz durumda, gün ve saatlere göre en düşük (E_{min}) ve en yüksek (E_{max}) aydınlık düzeyleri (lm/m^2).....	39
Çizelge 6.3 Açık gök için engelsiz durumda, 500 lm/m^2 nin sağlandığı pencereden yaklaşık uzaklıklar	43
Çizelge 6.4 Açık gök engelsiz durum için yön, gün ve saatlere göre en düşük (E_{min}) ve en yüksek (E_{max}) aydınlık düzeyleri (lm/m^2).....	45
Çizelge 6.5 Ortalama gök için engelsiz durumda, 500 lm/m^2 nin sağlandığı pencereden yaklaşık uzaklıklar	60
Çizelge 6.6 Ortalama gök engelsiz durum için yön, gün ve saatlere göre en düşük (E_{min}) ve en yüksek (E_{max}) aydınlık düzeyleri (lm/m^2).....	61
Çizelge 6.7 Kapalı gök için engelli durumda, 500 lm/m^2 nin sağlandığı pencereden yaklaşık uzaklıklar	75
Çizelge 6.8 Kapalı gök için engelli durumda, gün ve saatlere göre en düşük (E_{min}) ve en yüksek (E_{max}) aydınlık düzeyleri (lm/m^2).....	76
Çizelge 6.9 Açık gök için engelli durumda, 500 lm/m^2 nin sağlandığı pencereden yaklaşık uzaklıklar	80
Çizelge 6.10 Açık gök engelli durum için yön, gün ve saatlere göre en düşük (E_{min}) ve en yüksek (E_{max}) aydınlık düzeyleri (lm/m^2).....	82
Çizelge 6.11 Ortalama gök için engelli durumda, 500 lm/m^2 nin sağlandığı pencereden yaklaşık uzaklıklar	96
Çizelge 6.12 Ortalama gök engelli durum için yön, gün ve saatlere göre en düşük (E_{min}) ve en yüksek (E_{max}) aydınlık düzeyleri (lm/m^2).....	97

ÖNSÖZ

Tez çalışmasında, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından önerilen referans gökleri arasında yer alan ölçün kapalı gök, ölçün açık gök ve ortalama gök koşulları, hacim içinde oluşturdukları aydınlık düzeyleri bağlamında incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu amaçla söz konusu gök koşullarının belli bir hacim boyutu ve saydamlık oranı için günışığı aydınlık düzeyi hesapları yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çalışma sürecindeki değerli katkı ve yardımlarından dolayı tez danışmanım Doç. Dr. Rengin ÜNVER'e ve Yapı Fiziği Bilim Dalı çalışanlarına içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Yaptığım çalışmayı, bu süreç içinde elim bir trafik kazasında kaybettiğim dedem emekli öğretmen Emin ÖZTÜRK'e ithaf eder, maddi ve manevi olarak her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkür ederim.



ÖZET

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu' nun (CIE) önerdiği referans göklerden olan ölçün kapalı gök, ölçün açık gök ve ortalama gök koşullarının, belli boyut ve belli bir saydamlık oranındaki bir hacim içinde oluşturdukları günışığı aydınlık düzeyi, engelsiz ve engelli durumlar için hesaplanarak gök koşulları karşılaştırılmıştır.

Her bir gök modeli için CIE ve çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen değişik eşitlikler kullanılmıştır. Bu eşitlikler doğrultusunda, hesaplamalar QBasic' te hazırlanan programlar aracılığı ile çalışmada yapılan varsayımlar kapsamında 4 yön, 4 gün ve günün 3 saati için gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar aracılığıyla SigmaPlot 5.0' da aydınlık dağılımları çizilmiştir. Aydınlık dağılımları kullanılarak, her gök modeli, kendi içinde değerlendirilmiştir. Aynı pencere ekseninde belirlenen üç noktadaki aydınlık düzeyleri incelenen yön, gün ve saatlere göre grafik olarak verilmiş ve söz konusu modeller engelsiz ve engelli durum için karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Gök koşulları, referans gökler, gök modelleri, hacim içi aydınlık.



ABSTRACT

Daylight illuminance level in a room with specific dimensions and transparency ratio, generated by standard overcast sky, standard clear sky and average sky which are reference skies proposed by Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) is calculated and compared for situations with and without obstruct.

Different equations proposed by CIE and various researchers are used for each sky model. By using these equations, calculations are done with programs written in QBasic for 4 directions, 4 days and 3 hours of the days as assumed in the study and illuminance distributions are drawn in SigmaPlot 5.0 according to the calculation results. Each sky model is evaluated separately using the illuminance distributions. Illuminance levels for 3 points determined on the same window axis are graphed for the studied directions, day and hours and mentioned models are compared for situations with and without obstruct.

Keywords: Sky conditions, reference skies, sky models, interior illuminance.



1. GİRİŞ

Hacimlerde kullanım amacına uygun olarak gerekli görsel konfor yaratılmalıdır. Söz konusu görsel konforun ölçütleri kısaca, aydınlığın niceliği (aydınlık düzeyi) ve aydınlığın niteliği (aydınlığı oluşturan ışığın doğrultusal ve tayfsal yapısı, aydınlıkta oluşan gölgelerin niteliği, aydınlık dağılımı) olarak sıralanabilir. Öte yandan, günümüzde kullanılan yapay enerji kaynaklarının giderek azalması, doğal enerji kaynaklarının daha akılcı bir biçimde kullanımına yönelik çabaları da beraberinde getirmiş ve aydınlatma düzenlerinin tasarımında da, görsel konfor koşullarından ödün vermeden enerji tasarrufunu sağlayacak çözümler üretilmesi kaçınılmaz olmuştur. Hacimlerin kullanma süreleri günışığının var olduğu zaman dilimi içindeyse, görsel konforun doğal ışık kaynaklarıyla sağlanması daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Ancak, günışığının var olduğu her zaman dilimi içinde ve / ya da her hacimde, görsel konfor doğal ışık kaynaklarıyla sağlanamayabilir. Böyle bir durumda ise yapay ve doğal aydınlatmanın birlikte kullanıldığı, bütünleşik aydınlatma düzeni kurulmalıdır. Özellikle, gün boyu kullanılan büro, resmi daire, eğitim ve sağlık yapılarında, söz konusu düzenler tasarlanırken hacim içinde var olan günışığı aydınlığının önceden bilinmesi büyük önem taşır.

Hacim içi günışığı aydınlığını etkileyen etkenler;

- doğal ışık kaynağı olan güneş ve göğün ışıklılık dağılımı, atmosfer yapısı vb. özellikleri,
- yapı dışı engellerin konum, boyut, yansıtma çarpanları vb. özellikleri,
- pencerenin, boyut, yön, cam, doğrama vb. özellikleri,
- hacmin iç yüzeylerinin yansıtma çarpanları,
- hacmin boyutları

olarak sayılabilir. Belirtilen etkenlerden, denetlenemeyen ve yöreye göre değişim gösteren ışık kaynağı özellikleri, ötekilere göre daha önemli olup; doğal ışık kaynaklarının ışıksal özelliklerinin ölçmelere dayalı olarak gerçekçi bir biçimde belirlenmesi gereklidir.

Doğal kaynakların özellikleri konusunda yöreye özgü gerçek verilerin olmadığı durumlarda, çeşitli varsayımlar bağlamında geliştirilen kuramsal ağırlıklı belirlemelerden yararlanılır. Gök koşulu olarak adlandırılan bu belirlemelere ilişkin olarak Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission Internationale de l'Éclairage; CIE), beş referans gök tanımı yapmıştır. Söz konusu referans gökler şu biçimde sıralanabilir:

- CIE Ölçün Kapalı Gök (CIE Standard Overcast Sky)

- CIE Ölçün Açık Gök (CIE Standard Clear Sky)
- Yarı Açık-Kapalı Gök (Intermediate Sky -or Skies-)
- Ortalama Gök (Average Sky)*
- Ortalama Gök (Mean Sky)*

Bunlardan kapalı ve açık gök ölçünleştirilmiş, ötekiler ise sadece referans gök olarak tanımlanmıştır.

Bu tezin amacı değişik referans gökleri karşılaştırarak Türkiye/İstanbul' daki doğal aydınlatma tasarımlarında kullanılabilecek gök koşullarına ilişkin öneriler getirmektir. Çalışmada kullanılan temel yöntem, değişik referans göklerin, hacim içinde oluşturdukları aydınlık düzeylerinin hesaplanması ve dağılımlarının irdelenmesidir. Bu bağlamda uygulamada sıklıkla kullanılan CIE referans göklerinden olan kapalı (overcast), açık (clear), ve ortalama (average) göklerin hacim içi aydınlık düzeylerinin belirlenmesi ve böylece aralarındaki ayrımların ortaya konması hedeflenmiştir.

*Sözkonusu İngilizce terimler, Türkçe' de aynı sözcük ile ifade edilmektedir. Bu karışıklığı gidermek amacıyla 2. Bölümde İngilizce ve Türkçe terimler birlikte verilmiş, 4. Bölüm ve onu izleyen diğer bölümlerde "Ortalama Gök" terimi "Average Sky" terimi yerine kullanılmıştır.

2. GÜNEŞİĞİ HESAPLARINDA KULLANILAN GÖK KOŞULLARI

Güneşliğin kaynağı güneştir. Güneş ışınımının atmosferde yayınması* sonucu gök ışınimleri oluşur. Güneşli, güneş ve gök ışınımının birleşimidir. Bu nedenle, güneşliğin hacim içinde oluşturduğu aydınlık düzeyini belirleyebilmek için her iki kaynağın da yani hem güneş hem göğün ışıksal özelliklerinin bilinmesi gereklidir.

Doğal ışık kaynaklarının ışıksal özellikleri, literatürde "gök koşulu" terimi ile belirtilmektedir. Gök koşullarının önceden bilinmesi, hacim içi aydınlık düzeyinin önceden bilinmesini ve kapalı hacimlerdeki doğal/yapay aydınlatma tasarımının bu verilere göre yapılmasını olanaklı kılar. Gök koşullarının önceden belirlenmesi konusunda değişik araştırmacılar değişik öneriler getirmişlerdir. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) da, 1984' te "Amaç, çeşitli gök koşullarının bir listesini yapmak değil, mevcut ölçün iki gök olan kapalı ve açık gök arasında mümkün olduğu kadar az ölçünü geliştirmeye çalışmaktır." (Anon, 1994) kararı uyarınca gök koşulları hakkındaki ölçünler konusunda çalışmalar yapmıştır. Bu bağlamda, bağıl ışıklılık dağılımı, 1955' te ölçünleştirilen kapalı gök ve 1973' te ölçünleştirilen açık gök koşulları hacim içi güneşliğin varlığının belirlenmesine yönelik hesaplamalarda kullanılmaktadır.

CIE' nin önerdiği gök koşulları, yılın bütün günleri ve saatlerinde tek başına gerçekleşmezler. Çünkü hava koşulları sürekli değişmektedir. Bu nedenle uygulamada kullanılmak üzere gerçek durumu belirlemeye yönelik pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar, deneysel çalışmalar ve kuramsal çalışmalar olarak iki grupta toplanabilir.

2.1 Deneysel Yönteme Dayalı Çalışmalar

Deneysel yöntemeye dayalı çalışmalar, yöresel ışınım ölçme sonuçları bağlamında geliştirilen yöntemleri içerir. Dünyanın çeşitli yerlerinde çeşitli araştırmacılar gerçek gök koşullarını saptamak üzere ölçümler yapmışlar ve bulundukları yöreye özgü koşullar için kullanılabilecek yöntemler geliştirmişlerdir. Bu çalışmalara, kısaca aşağıda yer verilmiştir.

- S. Aydınli, Almanya/Hamburg' daki ölçümler sonucunda saptanan bağıl güneşlenme süresi (relative sunshine duration) σ_h ' ı kullanarak ortalama gök (average sky) için herhangi bir ışık akısı ya da ışınım niceliğini önceden belirlemeye yönelik kullanılabilir genel bir yöntem

* Yayınma: Bir ışınım demetinin uzaysal dağılımının, bir yüzey ya da bir ortam tarafından, tektürel bileşenlerinin frekanslarında bir değişim olmaksızın, pek çok doğrultuya saptırılması olayı. (Sirel, Ş., 1997)

geliştirmiştir. Bu yöntem, güneşe ve göğe ilişkin, R_s ve R_h düzeltme çarpanlarını kapsayan, (2.1) no' lu eşitlikteki gibi ifade edilebilen herhangi bir ışık akısı ya da ışıının niceliğinin hesaplanmasını olanaklı kılmaktadır.

$$X_m = X_s \cdot R_s \cdot \sigma_h + \{ X_{cl} \cdot \sigma_h + X_{oc} (1 - \sigma_h) \} R_h \quad (2.1)$$

$$R_s = 1,48 - 4,066 \sigma_h + 6,92 \sigma_h^2 - 3,34 \sigma_h^3 \quad (2.2)$$

$$R_h = 1 + 2,54 \sigma_h - 2,98 \sigma_h^2 + 0,444 \sigma_h^3 \quad (2.3)$$

Burada;

X_m : ortalama gök (average sky) koşullarında ışık akısı (ışıının) niceliği,

X_s, X_{cl}, X_{oc} , sırasıyla güneş ışığı, açık gök ve kapalı gök tarafından üretilen eşdeğer nicelikler,

R_s : güneşle ilgili düzeltme çarpanı,

R_h : açık ve kapalı göklerle ilgili düzeltme çarpanları,

olarak gösterilmiştir.

• H. Nakamura, M. Oki ve çalışma arkadaşları, Japonya' da yaptıkları gök ışııklılığı ölçümlerine dayalı "ortalama yarı açık-kapalı gök" (averaged intermediate sky) kavramı geliştirerek, kendi önerileri olan ortalama göğün (mean sky) hesaplanmasında kullandılar. Söz konusu ortalama göğün matematiksel anlatımı (2.4) no' lu eşitlikte gösterilmiştir.

$$\frac{L_{in}(\gamma_s, \gamma, \zeta)}{L_{zin}(\gamma_s)} = \frac{L(\gamma_s, \gamma, \zeta)}{L(\gamma_s, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} - \gamma_s)} \quad (2.4)$$

Burada;

$L_{in}(\gamma_s, \gamma, \zeta)$: bir gök elemanının yarı açık-kapalı gök (intermediate sky) ışııklılığı,

$L_{zin}(\gamma_s)$: başucunun yarı açık-kapalı gök (intermediate sky) ışııklılığı

olarak gösterilmiştir. Öteki ifadeler ise aşağıdaki eşitliklerle tanımlanmıştır.

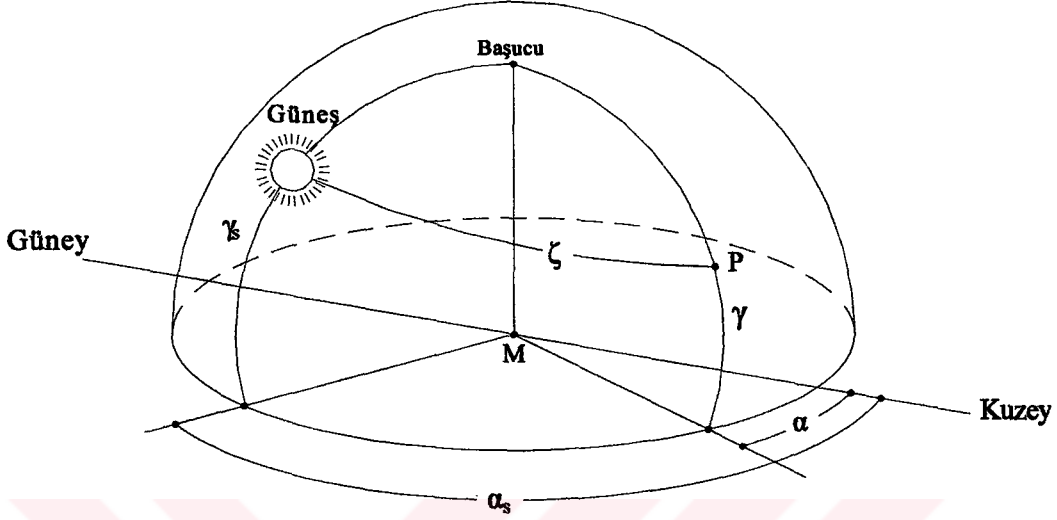
$$L(\gamma_s, \gamma, \zeta) = a(\gamma_s, \gamma) \exp\{b(\gamma_s, \gamma) \cdot \zeta\} \quad (2.5)$$

$$a(\gamma_s, \gamma) = 0,43 [\gamma + 4,799 + 1,35 \{\sin(3,59 \gamma - 0,009) + 2,31\} \sin(2,60 \gamma_s + 0,316)] \quad (2.6)$$

$$b(\gamma_s, \gamma) = -0,563 \{(\gamma + 1,059)(\gamma_s - 0,008) + 0,812\} \quad (2.7)$$

$$L(\gamma_s, \pi/2, \pi/2 - \gamma_s) = [0,988\{\sin(2,60 \gamma_s + 0,316 + 2,772)\} \exp [-1,481 (\gamma_s + 0,301)(1,571 - \gamma_s)] \quad (2.8)$$

Eşitliklerde kullanılan γ_s , γ ve ζ [rad] açılarının tanımı Şekil 2.1' de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.1 Güneşin ve bir gök elemanı P'nin konumlarını gösteren açıları (Anon, 1994).

H. Nakamura, M. Oki vd., önerdikleri yarı açık-kapalı göğün (intermediate sky) başucu ışıklılığının hesaplanması için (2.9) no' lu eşitliği geliştirdiler; ancak, (2.4) ve (2.9) no' lu her iki eşitliğin de $\gamma_s > 80^\circ$ olduğunda geçersiz olduğunu belirtmişlerdir.

$$L_{zin}(\gamma_s) = 0,47 \{4,47 (\tan \gamma_s)^{1,13} + 0,14\} + 0,66 \{15,0 (\sin \gamma_s)^{1,68} + 0,07\} \text{ [kcd/m}^2\text{]} \quad (2.9)$$

- W. Pierpoint tarafından, parçalı bulutlu göklerin ölçümlerinden yola çıkılarak açık göğe benzer bir ışıklılık dağılımı önerildi, fakat önerilen eşitliğin temelini açık olmadığının belirtilmektedir (Anon, 1994).

2.2 Kuramsal Yönteme Dayalı Çalışmalar

Kuramsal yönteme dayalı çalışmalar, temelde gök ışıklılığını belirlemeye yönelik matematiksel eşitliklerden oluşur. Ancak bu eşitlikler ölçme değerleriyle de desteklenmelidirler. Bu konuda yapılan çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- R. Kittler, CIE ölçün açık ve kapalı gök arasında, homojen fakat giderek bulanıklaşan göklerin sürekli bir tayfını anlatan bir yarı açık-kapalı gök (intermediate sky) önerdi. Bu gök koşulu, CIE açık göğüne benzer bir biçimde tanımlanır ve günışığı aydınlığı, bulanıklılık

(turbidity factor) faktörüne bağlıdır. Kittler; ayrıca, iki uç sınırı (CIE açık ve kapalı göğü) kapsayan homojen göğün bağıl ışıklılık dağılımı için aşağıda verilen matematiksel anlatımı da önermiştir.

$$L(\gamma_s, \gamma, \zeta, T_{vL}) = \frac{C_o}{m_s} \left[\frac{G(\gamma, \rho) \cdot R(\gamma_s)}{Z} + \frac{A-B}{m_s - m_\gamma} \left\{ m_s \cdot m_\gamma \cdot f(\zeta) \cdot x_1 - 3 \right\} - 2(A+B) \right] [\text{kcd/m}^2] \quad (2.10)$$

Burada;

$$C_o = \{3/(16\pi)\} \bar{E}_{vo}; (\bar{E}_{vo} = 129,1 [\text{klx}], C_o = 7,705 [\text{kcd/m}^2]) \quad (2.11)$$

$$G(\gamma, \rho) = 0,8 + \rho^3 + 1,64 (1 - 0,7 \rho^3) \sin \gamma + (1 - \rho)(1 - 1,5 \sin \gamma) A \quad (2.12)$$

$$R(\gamma_s) = 1 + B + 1,5 (1 - B) \sin \gamma_s \quad (2.13)$$

$$A = \exp (- \bar{a}_{vR} m_\gamma T_{vL}) \quad (2.14)$$

$$B = \exp (- \bar{a}_{vR} m_s T_{vL}) \quad (2.15)$$

$$Z = 1 + T_{vL} (0,075 - 0,025 x_1) (1 - \rho) \quad (2.16)$$

$$x_1 = 0,115375 N \quad (2.17)$$

T_{vL} : bulanıklılık faktörü,

$$f(\zeta) = 1 + N \{ \exp (-3 \zeta) - 0,009 \} + M \cos^2 \zeta \quad \zeta : [\text{rad}] \quad (2.18)$$

$$N = 4,3 T_{vL}^{1,9} \exp (- 0,35 T_{vL}) \quad (2.19)$$

$$M = 0,71 / T_{vL}^{0,5} \quad (2.20)$$

$$\zeta = \arccos (\sin \gamma_s \sin \gamma + \cos \gamma_s \cos \gamma \cos |\alpha_s - \alpha|) \quad [\text{rad}] \quad (2.21)$$

m_s : γ_s için bağıl optik hava kütlesi [-]

m_γ : γ için bağıl optik hava kütlesi [-]

ρ : alanın (yeryüzünün) yansıtıcılığı

olarak gösterilmektedir.

R. Kittler' in modeline göre hesaplanan gök ışıklılığı, açık ve kapalı gök koşulları için çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan ölçümlere uygunluk göstermiştir. Bu tam homojen göğün, sis bulutunun sınırlı koşulu altında oluşmasının beklenmesine rağmen, bu eşitliğin homojen yarı

açık-kapalı gök (intermediate sky) koşulu altında daha fazla ölçüm yapılarak onaylanması gerekmektedir.

- P. R. Tregenza, parçalı bulutlu mavi bir gökte (cloud-blue mixed sky), ışığın dağılımı için kullanılabilecek bir model geliştirmeye çalıştı. Ancak, bu modelin, detaylı hesaplamalarda kullanılmak üzere yeterince meteorolojik veri ile desteklenmemiş olması nedeniyle, uygulamada kullanmak için yeterli olmadığı belirtilmiştir.
- G. Gillette ve çalışma arkadaşları ise, yatay düzlem üzerindeki yayınlık aydınlığın toplam aydınlığa oranı olarak verdikleri 'bulut oranı' üzerine kurulu iki uç gök koşulunun (açık ve kapalı gökler) ağırlıklı aritmetik ortalamasını kullanarak yarı açık-kapalı gök (intermediate sky) ışıklılığı için bir öneride bulundular. F. C. Winkelmann ve S. Selkowitz de, DOE-2 Bina Enerji Analiz programındaki günışığı hesaplamaları için 'bulut miktarı' na dayanan, benzer bir yarı açık-kapalı gök (intermediate sky) ışıklılığı düzenleme yöntemi geliştirdiler.

2.3 Belirli Uygulamalar İçin Ortalama Gökler (Averaged Skies)

Kapalı hacimlerdeki ortalama günışığı aydınlığını ve buna bağlı olarak yapay aydınlatma enerji kullanımını önceden belirleyebilmek için geliştirilmiş gök koşulları da vardır. Ancak, bu gökler yalnızca dünyanın sınırlı bölgelerinde kullanılabilir. Bu amaçlar için geliştirilmiş gök koşulları, kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- P. J. Littlefair, yapay enerji kullanımına yönelik olarak iç ortamdaki günışığı varlığını önceden belirlemek amacıyla, "gerçek gök ölçümlerine dayalı gök ışıklılığı dağılımı" na uygun bir ortalama gök (average sky) modeli önerdi. P. J. Littlefair, Wegner tarafından ölçülen ışıklılık verilerini kullanarak, güneş (solar), güneş yuvarlağı (circumsolar), arka plan yayınlık bileşeni (background diffuse component) ve güneşin yüksekliğinin bir fonksiyonu olan BRE ortalama göğünü geliştirdi. Ayrıca, P. J. Littlefair, BRE ortalama göğünü, güneydoğu İngiltere' de kullanılabilecek ve kapalı hacim günışığı hesabı için uygun olacak biçimde değiştirmiştir.

Ortalama gök (average sky) ışıklılığı dağılımı (2.22) no' lu eşitlikte; dolaysız güneş bileşeni (S ; bir düzlemdeki güneş ışınlarına dik olan aydınlık - direct solar component) ise (2.23) no' lu eşitlikte gösterilmiştir. Ancak, BRE ortalama göğünün değişik coğrafi alanlarda ve 60° den büyük güneş yüksekliklerinde güvenilir olmadığı CIE raporunda belirtilmiştir (Anon, 1994).

$$L_{av}^{BRE}(\gamma_s, \gamma, \zeta) = a \cdot \exp(-\zeta / 40) + d (5 - 2 \sin \gamma) / 3 \quad [\text{kcd/m}^2] \quad (2.22)$$

$$S = E_{\text{snay}}^{\text{BRE}} = 2,45 + 0,8788 \gamma_s - 0,007 \gamma_s^2 \text{ [klx]} \quad (2.23)$$

Burada;

$L_{\text{av}}^{\text{BRE}}$: BRE ortalama göğünün ışıklılık dağılımı,

S : BRE ortalama göğü için dolaysız güneş bileşeni,

$$a = 0,1 + 0,42 \gamma_s - 0,7 \sin (7,2 \gamma_s), \quad (2.24)$$

$$d = (9/11 \pi) (0,3 + 0,434 \gamma_s - 0,0042 \gamma_s^2), \quad (2.25)$$

olarak verilmiştir. γ_s , γ , ζ , (2.4) no' lu eşitlikteki aynı ssimgelerdir, fakat birimleri derecedir.

- H. Nakamura, M. Oki ve çalışma arkadaşları, gün boyunca yapay aydınlatma enerji tüketimini önceden belirlemek amacıyla kendi yarı açık-kapalı göklerini de (intermediate sky) içeren ve böylelikle kapalı, açık ve yarı açık-kapalı gökten oluşan bir ortalama gök (mean sky) önerdiler. Bu ortalama gök önerisi, üç temel göğün (kapalı, açık ve yarı açık-kapalı gök) bağıl ışıklılık dağılımının bileşiminden oluşturulmuştu.

Daha sonra, söz konusu üç temel gökten oluşan, kendi mutlak ışıklılık değerlerini de kapsayan yeni bir ortalama gök (mean sky) önerisiyle yukarıdaki öneriyi birleştirdiler. Ayrıca, bu yeni ve iyileştirilmiş orta göğe göre kapalı hacimlerde günışığı hesaplama yöntemi önerdiler ve pencere yönünün bu hesaplara etkisini daha açık bir biçimde gösterdiler.

2.4 Referans Gökler

Yukarıdaki bölümlerde anlatılan çalışmalar bağlamında CIE tarafından da 5 referans gök tanımı yapılmış ve bunlardan ikisi uluslararası ölçün olarak önerilmiştir. Bilindiği gibi günışığı, güneş ve gök ışığının bileşiminden oluşmaktadır. Ancak CIE' nin teknik raporlarında tanımlanan referans göklerde, güneş ve etrafındaki aydınlık halkası (hâlesi) ışıklılık tanımının dışında tutulmuştur. Hangi gök koşulu seçilmiş olursa olsun, yapay aydınlatmanın yıllık elektrik tüketimini belirleyebilmek için dolaysız güneş ışığının çalışma düzleminde oluşturduğu aydınlık düzeyi de göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle ölçün olarak tanımlanan her bir gök ışıklılığının, bir ölçün dolaysız güneş ışığı ile birleştirilmesi gerektiği CIE raporunda belirtilmiştir (Anon, 1994).

CIE, 1994 ve 1996 yıllarında hazırladığı raporlarda, değişik çalışmalar arasından belirlediği referans gökler önermiştir. Bunlar;

- CIE Ölçün Kapalı Gök (CIE Standard Overcast Sky),

- CIE Ölçün Açık Gök (CIE Standard Clear Sky),
- Yarı Açık-Kapalı Gök -ya da gökler- (Intermediate Sky -or Skies-),
- Ortalama Gök (Average Sky),
- Ortalama Gök (Mean Sky)

olarak sıralanabilir.

Referans gök, "günüşiği hesaplama yöntemleri için kullanılacak açıkça tanımlanmış gök" anlamına gelmektedir (Anon, 1994). Yukarıda listelenen 5 referans göğünden kapalı, açık ve yarı açık-kapalı gökler, hava koşullarına bağlı olarak kabul edilebilecek gök ışıklılık dağılımı tanımlanmasına ilişkindir. Doğal aydınlatma tasarımı sırasında, söz konusu 3 temel referans gökten (kapalı gök, açık gök ve yarı açık-kapalı gök) hangisinin, hangi hava koşulunda gerçek gök koşulu alınması gerektiği CIE tarafından belirlenmiştir. Buna göre, referans gökler, aşağıdaki koşullarda gerçek gökleri gösterecek biçimde alınabilir:

- Açık hava koşulu altında, CIE ölçün açık göğü kabul edilir.
- Kapalı hava koşulu altında, CIE ölçün kapalı göğü kabul edilir.
- Sisli gökler ve parçalı bulutlu gökleri içeren ara hava koşulları altında, yarı açık-kapalı gök kabul edilir (Anon, 1994).

Ortalama gökler ise gerçek gök durumlarının belirlenmesinde kullanılan koşulları tanımlar. Bu tez kapsamı içinde CIE referans göklerinden olan kapalı ve açık göğün gerçek gök olması durumunda hacim içinde oluşturdukları durumlar ile ortalama gök bağlamında Sırrı Aydın'ın geliştirdiği yöntemin Türkiye koşullarına uygulanması ele alınmış ve bunlara ilişkin temel bilgiler aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

2.4.1 CIE Ölçün Kapalı Gök

Bu gök koşulu, gök ışıklılık örneğinin stratus bulutlarının derin katmanlarıyla ilişkilendirilmesiyle tanımlanır. Bu koşullar altında güneş genellikle yeryüzünden görülmez. Ölçün kapalı göğünün bağıl ışıklılık dağılımı yalnızca ufuk üzerindeki yükseklik açısının fonksiyonudur. Bağıl ışıklılık dağılımı, başucuna göre simetriktir ve güneşin konumundan bağımsızdır. Gök elemanının yerini belirlemek üzere kullanılan açılar Şekil 2.1' de gösterildiği gibidir. Ölçün kapalı göğünün bağıl ışıklılık dağılımı, CIE tarafından (2.26) no' lu eşitlikteki gibi verilmiş olup, mutlak ışıklılık dağılımı tanımı henüz yapılmamıştır.

Bilindiği gibi bulutların ışıklılığı yeryüzünden yansıyan ışıktan etkilenir. Ölçün kapalı gök, yeryüzünün koyu renkli olduğu varsayımına dayanır. Bu nedenle, yeryüzü karla ya da çok açık renkli (beyaz) kumla kaplı zamanlarda bu yöntem uygulanamaz.

$$\frac{L_{oc}(\gamma)}{L_{zoc}(\gamma_s)} = \frac{1+2 \sin \gamma}{3} \quad (2.26)$$

Burada;

L_{oc} : gök elemanının kapalı gökteki ışıklılığı [cd/m^2],

L_{zoc} : kapalı göğün başucundaki ışıklılığı [cd/m^2],

γ : gök elemanının ufuk üzerindeki yükseklik açısı [rad],

γ_s : güneşin ufuk üzerindeki yükseklik açısı [rad]

olarak gösterilmiştir.

Ölçün kapalı göğünün başucu ışıklılığına yönelik, çeşitli araştırmacılar tarafından, değişik iklim koşulları için değişik eşitlikler önerilmiştir. Uygulamada, hesaplama amacına uygun bir eşitlik bunlar arasından seçilebilir. Engellenmemiş kapalı göğün oluşturduğu yatay aydınlık ise şu biçimde verilir:

$$E_{voc}(\gamma_s) = (7/9)\pi \cdot L_{zoc}(\gamma_s) \quad (2.27)$$

Burada;

E_{voc} : engelsiz bir kapalı göğün yatay düzlemde oluşturduğu aydınlık,

olarak gösterilmiştir.

2.4.2 CIE Ölçün Açık Gök

Bulutsuz bir gök olarak tanımlanır. Göğün ışıklılığı hem güneşin yükseklik açısına hem de güneşin azimut (yatay) açısına bağlıdır. Açık gök bağlı ışıklılık dağılımı güneş enlemine göre simetriktir. Bulutsuz göğün ışıklılığı hava kirliliğinden ve atmosferdeki parçacıklardan etkilenir. Ölçün açık gök koşulu, hem temiz kırsal alan atmosfer koşullarına hem de endüstriyel alan atmosfer koşullarına uygulanabilir. Ölçün açık göğünün bağlı ışıklılık dağılımı CIE tarafından aşağıdaki gibi verilmiş olup, mutlak ışıklılık dağılımı henüz tanımlanmamıştır.

$$\frac{L_{cl}(\gamma_s, \gamma, \zeta)}{L_{zcl}(\gamma_s)} = \frac{\Phi(\gamma) \cdot f(\zeta)}{\Phi(\pi/2) \cdot f(\pi/2 - \gamma_s)} \quad (2.28)$$

Burada;

- L_{cl} : gök elemanının açık gökteki ışıklılığı [cd/m^2],
- L_{zcl} : açık göğün başucundaki ışıklılığı [cd/m^2],
- γ : gök elemanın ufuk üzerindeki yükseklik açısı [rad],
- γ_s : güneşin ufuk üzerindeki yükseklik açısı [rad],
- $\Phi(\gamma)$: atmosferin geçirgenlik fonksiyonu olup aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\Phi(\gamma) = 1 - \exp(-0,32/\sin \gamma) \quad (2.29)$$

$\Phi(\pi/2) = 0,27385$ olarak alınır.

$f(\zeta)$: açık kırsal atmosferin bağıl yayınma göstergesi olup aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$f(\zeta) = 0,91 + 10\exp(-3 \zeta) + 0,45 \cos^2 \zeta \quad (2.30)$$

$$f(\pi/2 - \gamma_s) = 0,91 + 10 \exp\{-3(\pi/2 - \gamma_s)\} + 0,45 \cos^2(\pi/2 - \gamma_s) \quad (2.31)$$

ζ : güneş ve gök elemanı arasındaki açı [rad] olup aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\zeta = \arccos(\sin \gamma_s \sin \gamma + \cos \gamma_s \cos \gamma \cos |\alpha_s - \alpha|) \quad (2.32)$$

α : gök elemanının (P noktasının) azimut açısı [rad]

α_s : güneş azimut açısı [rad]

Kirlenmiş bir gök için ise şu formüller kullanılır:

$$f'(\zeta) = 0,856 + 16 \exp(-3 \zeta) + 0,3 \cos^2 \zeta \quad (2.33)$$

$$f'(\pi/2 - \gamma_s) = 0,856 + 16 \exp\{-3(\pi/2 - \gamma_s)\} + 0,3 \cos^2(\pi/2 - \gamma_s) \quad (2.34)$$

$f'(\zeta)$: kirlenmiş atmosferin bağıl yayınma göstergesi

2.4.3 Yarı Açık-Kapalı Gök (Intermediate Sky)

Yarı açık-kapalı gök, verilen bir güneş konumu için tanımlanmış olan; CIE ölçün açık ve kapalı gökler arasında meydana gelen ara bir hava koşulu (veya koşulları) altındaki bir göğün ya da göklerin ışıklılık dağılımlarını belirlemek için önerilmiştir. Yarı açık-kapalı göğün ışıklılık dağılımı, CIE ölçün açık göğe benzer biçimde güneş yüksekliğine bağlıdır. Güneş ve yakın çevresinde oluşan aydınlık halkası (hâlesi) bu ışıklılık dağılımının dışında tutulur. CIE ölçün yarı açık-kapalı göğü için bağıl ve mutlak ışıklılık dağılımı henüz tanımlanmamıştır.

2.4.4 Ortalama Gök (Average Sky)

Göğün herhangi bir konumdaki bir gök elemanının, zamana göre ortalama ışıklılığının tipik bir yıl boyunca günün her bir saati için ve tüm hava koşulları için tanımlandığı bir göktür. Yani, bu gök koşulunda ortalama bir değer bulmak için gün doğumundan gün batımına kadar olan süre kullanılır. Ortalama göğün ışıklılık dağılımı, CIE ölçün açık gökle aynı biçimde yalnızca güneş yüksekliğine bağlıdır. Güneş ve yakın çevresinde oluşan aydınlık halkası (hâlesi) bu ışıklılık dağılımının dışında tutulur. Bu gök için ortalamanın süresi bir yıldan farklı bir süre olarak alınabilir. Ortalama gök için mutlak ışıklılık dağılımı henüz tanımlanmamıştır.

2.4.5 Ortalama Gök (Mean Sky)

Göğün herhangi bir konumunda, bir gök elemanının zamana göre ortalama ışıklılığı tipik bir yıl boyunca belirli bir süre (genellikle, çalışma saatleri toplamı; örneğin, hergün 9:00' dan 17:00' a kadar geçen süre) için tanımlanan bir göktür. Yani, bu gök koşulu için ortalama bir değer bulmak istendiğinde, yalnız çalışma saatleri arasında kalan süre kullanılmaktadır. Güneş ve yakın çevresinde oluşan aydınlık halkası (hâlesi) bu ışıklılık dağılımının dışında tutulur. Bu gök için de mutlak ışıklılık dağılımı henüz tanımlanmamıştır.

3. HACİM İÇİ GÜNEŞİĞİ AYDINLIK DÜZEYİ HESAPLANMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

Güneşin oluşturduğu aydınlık düzeyi, saatlere, günlere, mevsimlere, coğrafi enlemlere ve yapı yönüne bağlı olarak değişim göstermektedir. Oysa, herhangi bir yapıda, yıl boyunca günışığının varolduğu saatlerde, ya da, en azından belli çalışma saatleri arasında, gerekli aydınlığı oluşturacak, yeterli günışığının sağlanması istenir.

Günışığının hacim içinde oluşturduğu aydınlığın önceden bilinmesi, doğal ve yapay aydınlatma düzenlerinin buna göre yapılmasını olanaklı kılar. Günışığı aydınlığının hesaplanmasında aşağıda verilen 2 temel yöntemden yararlanılır.

3.1 Lümen (Işık Akısı) Yöntemi

Lümen yönteminde, pencere ışık kaynağı kabul edilir. Pencere düzleminin dış yüzeyinde oluşan aydınlık belirlenir. Bu aydınlık bir tasar değer olup, hacim içine giren gerçek günışığı aydınlığı hesaplanmalıdır. Bu amaçla pencere düzleminin dış yüzeyindeki aydınlık;

- penceredeki azalmalar; yani pencere camının ışık geçirme çarpanı (IGÇ), pencere camının kirlilik çarpanı (CKÇ) ve doğrama kalınlık çarpanı (DKÇ) ile,
- hacim boyutları bağlamında verilen bir kullanma çarpanına

bağlı olarak azaltılarak gözleme noktasında oluşan aydınlık düzeyi hesaplanır. (Robbins, 1986; Anon, 2000). Pencere düzleminin dış yüzeyinde oluşan aydınlıkta güneş, gök ve engellerden yansıyan ışık hesaba katılır. Bu yöntemle göre, bir gözleme noktasındaki aydınlık düzeyi aşağıdaki eşitlikteki gibi verilmiştir.

$$E_{iç} = E_{dış} \times KÇ \times DÇ \quad (3.1)$$

Burada;

$E_{iç}$: gözleme noktasında oluşan aydınlık düzeyi,

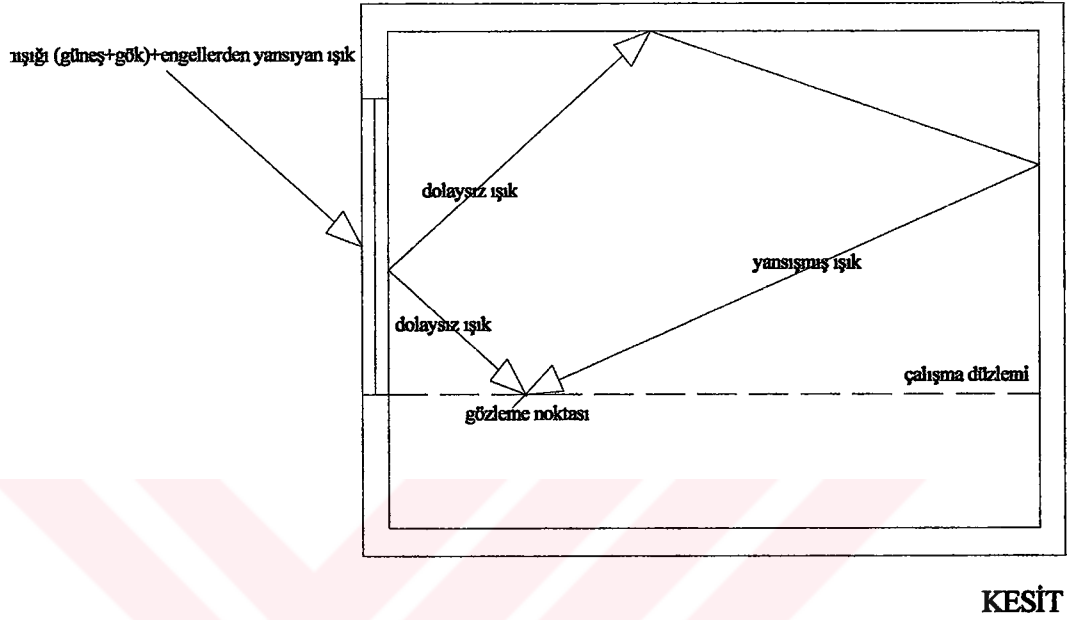
$E_{dış}$: pencere dış yüzeyi üzerinde gök, güneş ve yerden/engellerden yansıyan ışığın oluşturduğu aydınlık,

$KÇ$: hacim boyutlarına göre belirlenen kullanma çarpanı (CU – coefficient of utilization),

$DÇ$: camın ışık geçirme çarpanı (IGÇ), camın kirlilik çarpanı (CKÇ) ve doğrama kalınlık

çarpanını (DKÇ) içeren düzeltme çarpanı (NT – net transmittance),

olarak gösterilmiştir. Bu eşitlikte gösterilen değişkenlerin basit bir gösterimi Şekil 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3.1 Lümen yönteminin basit bir gösterimi.

Lümen yöntemi, 1950' lerde Dallas Güney Metodist Üniversitesi' nde Griffith, Amer, Wenzler tarafından hazırlanmış, 1976' da "How to Predict Interior Daylight and Illumination" adı ile yayınlanmış ve 1979' da da IES (Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisliği Topluluğu) tarafından kabul edilmiştir. Bu yöntemde CIE ölçün kapalı ve açık gök koşulları ışık kaynağı olarak alınabilir. Açık gökte güneşin ışıklılık dağılımına katkısı hesaba katılmakta, ancak hacme dolaysız güneş ışığı gelmediği varsayılmaktadır. Yöntem aracılığı ile düşey ve tepe pencere hacimlerde, yatay çalışma düzlemi üzerinde yer alan belirli noktadaki (genellikle pencere eksenini üzerindeki 3 veya 5 noktada) aydınlık düzeyi hesabı yapılabilmektedir. Bu nedenle, lümen yöntemi ile yalnızca 3 ya da 5 noktada ortalama aydınlık düzeyi hesaplanıyor olup, aydınlık düzeyi dağılımı çizebilmek için belirlenen herhangi bir gözleme noktasında hesap yapabilmek olanaklı değildir.

3.2 Nokta Nokta (Günişığı Çarpanı) Yöntemi

Günişığı çarpanı (GÇ), kapalı bir hacimdeki belli bir noktada (gözleme noktası, g.n.) oluşan günişığı aydınlığının ölçüsüdür ve,

- gökten dolaysız olarak gelen, pencereyi geçtikten sonra, gözleme noktasına gelen günışığı; yani, gök bileşeni (GB),
- dış yüzeyler ve engellerden yansdıktan sonra, pencereyi geçerek gözleme noktasına dolaylı olarak gelen günışığı; yani, dış yansıma bileşeni (DYB),
- pencereyi geçtikten sonra iç yüzeylerden yansıyarak, gözleme noktasına gelen günışığı; yani iç yansıma bileşeni (İYB),

olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır. Günışığı çarpanı, CIE tarafından; "Işıklılık dağılımları bilinen, ya da varsayılan bir gökten dolaysız ya da dolaylı olarak gelen ışığın, verilmiş bir düzlemin bir noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyinin, hiç engellenmemiş yarım küre biçimindeki gökten gelen ışığın, yatay düzlem üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyine oranını gösteren çarpan. Her iki aydınlık düzeyinde de dolaysız güneş ışığı hesaba katılmaz (Sirel,1997)." olarak tanımlanmış olup aşağıdaki eşitlikler aracılığıyla açıklanır.

$$E_{iç} = E_{dış} \times GC_{gd} \quad (3.2)$$

$$GC_{gd} = GC_{td} \times DÇ \quad (3.3)$$

$$GC_{td} = GB + DYB + İYB \quad (3.4)$$

Burada;

$E_{iç}$: iç aydınlık düzeyi (gözleme noktasında – lm/m^2),

$E_{dış}$: dış yatay aydınlık düzeyi (lm/m^2),

GC_{gd} : günışığı çarpanı gerçek değeri (%),

GC_{td} : günışığı çarpanı tasar değeri (%),

$DÇ$: camın ışık geçirme çarpanı (IGÇ), camın kirlilik çarpanı (CKÇ) ve doğrama kalınlık çarpanını (DKÇ) içeren düzeltme çarpanı,

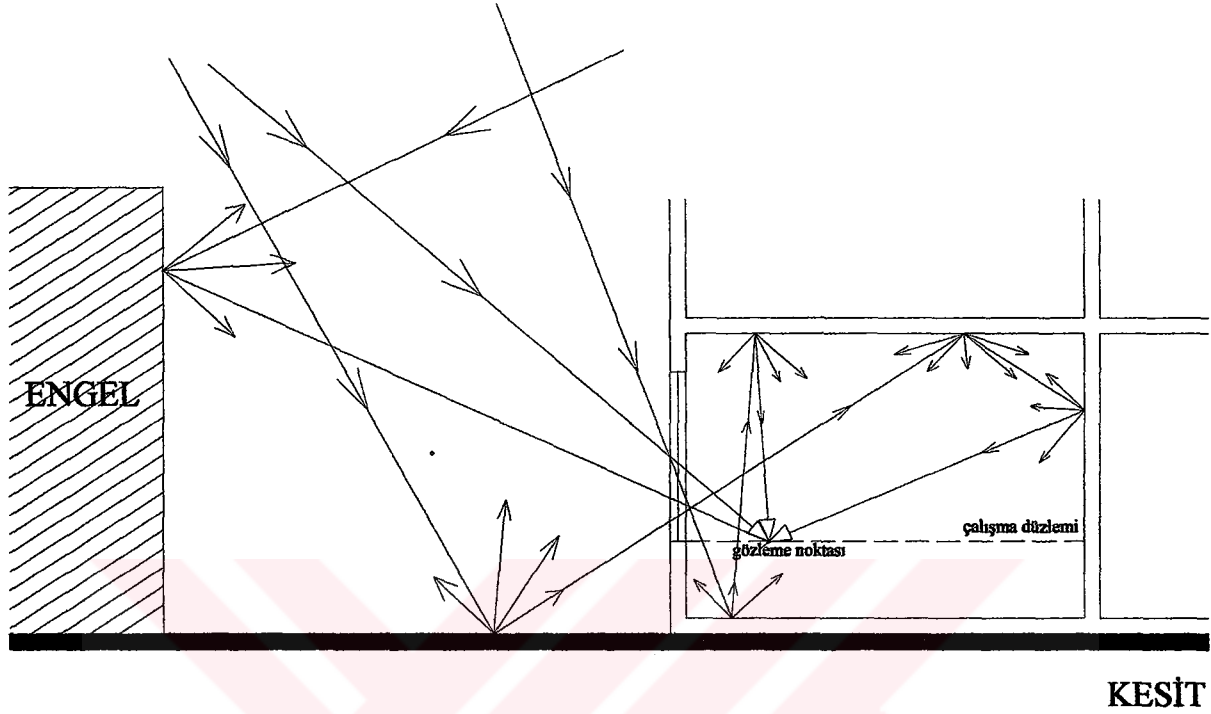
GB : günışığı çarpanının gök bileşeni (%),

DYB : günışığı çarpanının dış yansıma bileşeni (%),

$İYB$: günışığı çarpanının iç yansıma bileşeni (%)

olarak gösterilmiştir. Gök bileşeni, dış yansıma bileşeni ve iç yansıma bileşeninin ayrı ayrı hesaplanıp toplanması ile elde edilen değer, günışığı çarpanı tasar değeri olup, aydınlık düzeyi hesabına doğrudan doğruya katılamaz. Çünkü, verilmiş bir düzlemin bir noktasındaki günışığı

aydınlığının; gerçek cam alanına, camın ışık geçirme çarpanına, camın ve iç yüzeylerin kirliliği gibi etkenlere bağlı düzeltme çarpanları kullanılarak günışığı çarpanı gerçek değerine bağlı olarak hesaplanması gerekir.



Şekil 3.2 Günışığı çarpanı bileşenlerinin şematik gösterimi.

Günışığı çarpanının bileşenleri, CIE tarafından aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

"Gök Bileşeni (GB): Işıklılık dağılımları bilinen, ya da varsayılan bir gökten doğrudan doğruya (ya da renksiz saydam bir camdan geçerek) gelen ışık ile, verilmiş bir düzlemin bir noktasında oluşan ışıksal aydınlık düzeyi bölümünün, hiç engellenmemiş yarım küre biçimindeki gökten gelen ışığın, yatay düzlem üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyine oranı. Dolaysız güneş ışığının, bu iki aydınlık düzeyine katkıları, bu tanımın dışında kalır (Sirel,1997)."

"Dış Yansıma Bileşeni (DYB): Işıklılık dağılımları bilinen, ya da varsayılan bir gökten dolaysız ya da dolaylı olarak gelen ışıkla aydınlatılmış dış yüzeylerden yansiyarak doğrudan gelen ışık ile, bir iç mekanda, verilmiş bir düzlemin bir noktasında oluşan ışıksal aydınlık düzeyi bölümünün, hiç engellenmemiş yarım küre biçimindeki gökten gelen ışığın, yatay düzlem üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyine oranı. Dolaysız güneş ışığının, bu iki aydınlık düzeyine katkıları, bu tanımın dışında kalır (Sirel,1997)."

"İç Yansıma Bileşeni (İYB): Işıklılık dağılımları bilinen, ya da varsayılan bir gökten dolaysız ya da dolaylı olarak gelen ışıqla aydınlatılmış iç mekan yüzeylerinden yansımış ışığın, bu iç mekanın verilmiş bir düzlemi üzerinde bir noktada, doğrudan doğruya oluşturduğu aydınlık düzeyi bölümünün, hiç engellenmemiş yarım küre biçimindeki gökten gelen ışığın, yatay düzlem üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyine oranı. Dolaysız güneş ışığının, bu iki aydınlık düzeyine katkıları, bu tanımın dışında kalır (Sirel,1997)."

Nokta nokta yöntemiyle hacim içinde belirlenen herhangi bir noktadaki aydınlık düzeyini hem açık hem de kapalı gök için hesaplamak, dolayısıyla günışığının hacim içindeki dağılımını belirlemek olanaklıdır. Nokta nokta yöntemi, lümen yöntemine göre çok daha fazla bilgi edinilmesini sağladığından en yaygın kullanılan hesap yöntemidir.



4. TEZ ÇALIŞMASINDA KULLANILAN GÖK MODELLERİ

Tez çalışmasında kapalı, açık ve ortalama referans göklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda söz konusu göklerin hacim içinde oluşturdukları aydınlık düzeylerinin belirlenmesinde, çalışmada kullanılan model ve formüller aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

4.1 Kapalı Gök Modeli

Çalışmada CIE ölçün kapalı göğünün hacim içinde oluşturduğu aydınlık düzeyi hesaplanırken, günışığı çarpanı yöntemi bağlamındaki (4.1) no' lu eşitlik kullanılmıştır. Gök koşullarıyla koşut anlam içermesi amacıyla modele 'kapalı gök modeli' denilmiştir.

$$E_{ik} = E_{dk} \times G\check{C} \times A \quad (4.1)$$

Burada;

E_{ik} : kapalı göğün gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi (lm/m^2),

E_{dk} : dış yatay aydınlık düzeyi (lm/m^2),

$G\check{C}$: günışığı çarpanı (%),

A : pencere doğraması, camı ve geçirgenliği ile ilgili düzeltme çarpanları ortak simgesi olarak gösterilmiştir. Burada "A" simgesiyle gösterilen değişken, pencere doğraması kalınlığının, pencere camının kirliliğinin ve pencere camının geçirme çarpanının gözleme noktasında oluşan aydınlığa etkisini belirten düzeltme çarpanlarını içermektedir. (4.1) no' lu eşitlikteki değişkenler, aşağıda verilen biçimde hesaplanmıştır.

Günışığı çarpanı bileşenleri:

Günışığı çarpanının gök bileşeni değeri hesaplanırken, kapalı gök için (4.2-a) ve (4.2-b) numaralı eşitlikler kullanılabilir (Sesadri, 1960; Hopkinson, 1966). Çalışmada (4.2-b) numaralı eşitlik kullanılmıştır (Seshadri, 1960). Dış yansıma bileşeni (4.3) numaralı eşitlik (Anon, 1992); iç yansıma bileşeni ise (4.4) numaralı eşitlik aracılığıyla hesaplanmıştır (BRS iç yansıma eşitliği - Hopkinson, 1966).

$$GB_k = \frac{3}{14\pi} (\theta - \theta_1 \cos \theta) + \frac{2}{7\pi} \sin^{-1} (\sin \theta \sin \theta_1) - \frac{1}{7\pi} (\sin 2\theta \sin \theta_1) 100\% \quad (4.2-a)$$

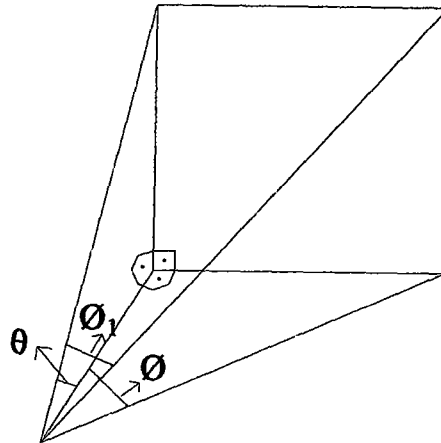
$$GB_k = \frac{3}{14\pi} \left[\operatorname{atg} \frac{W}{D} - \operatorname{atg} \left(\frac{W}{\sqrt{D^2 + H^2}} \right) \frac{D}{D^2 + H^2} \right] + \frac{2}{7\pi} \left[\operatorname{atg} \frac{H \times W}{D \sqrt{W^2 + D^2 + H^2}} \right] - \frac{2}{7\pi} \left[\operatorname{atg} \frac{D \times H \times W}{(D^2 + H^2) \sqrt{W^2 + D^2 + H^2}} \right] 100\% \quad (4.2-b)$$

$$DYB = \frac{r_e}{2\pi} \cdot \frac{E'_F}{E_{dk}} \int_{d\alpha b1=da-\beta_1}^{d\alpha b2=da+\beta_2} \sin^2 \gamma_e \beta 100\% \quad (4.3)$$

$$İYB = \left[\frac{PA}{A(1-R)} (C1.R_{fw} + C2.R_{cw}) \right] \times BKK 100\% \quad (4.4)$$

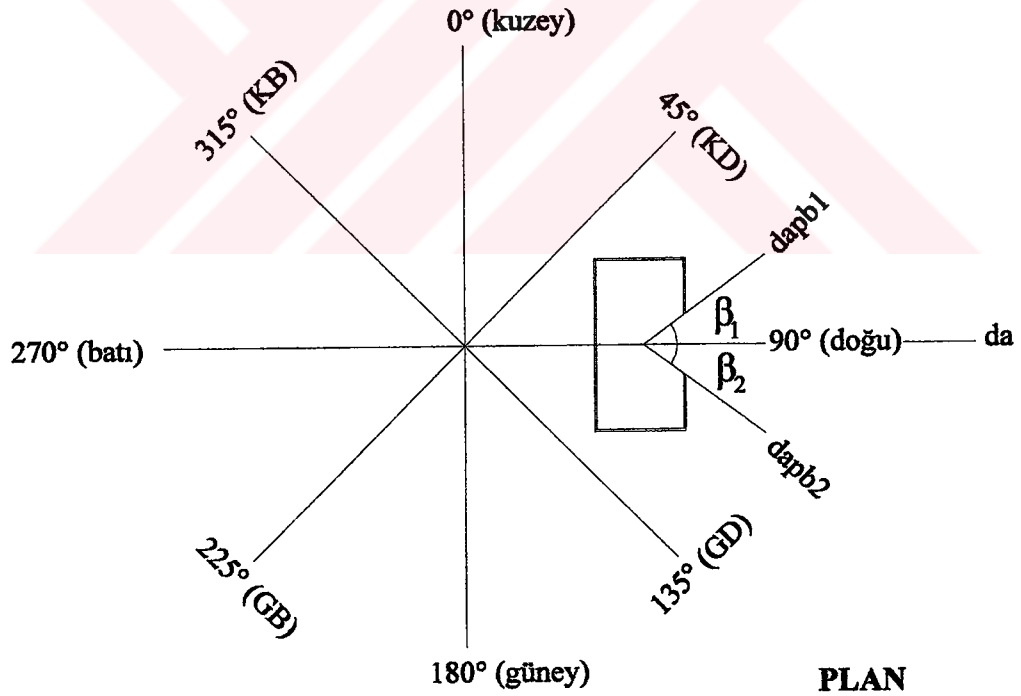
Burada;

- $\emptyset$: gözleme noktasından görülen gök parçasının genişlik açısı (Şekil 4.1)
(alt sınırı pencerenin alt kenarının başlangıcı; üst sınırı pencerenin alt kenarının sonu),
- $\emptyset_1$: gözleme noktasından görülen gök parçasının genişlik açısı (Şekil 4.1)
(alt sınırı pencerenin üst kenarının başlangıcı; üst sınırı pencerenin üst kenarının sonu),
- θ : gözleme noktasından görülen gök parçasının yükseklik açısı (Şekil 4.1)
(alt sınırı pencere alt kenarı; üst sınırı pencere üst kenarı),



Şekil 4.1 Gözleme noktasından bakıldığında görülen gök parçasının tanımlayan yatay ve düşey açılar

- da : duvar azimutu (Şekil 4.2),
 $dapb1$: duvar azimutuna bağlı pencere başlangıç açısı (Şekil 4.2),
 $dapb2$: duvar azimutuna bağlı pencere bitiş açısı (Şekil 4.2),
 β_1 : 1.pencere bölümü genişlik açısı (Şekil 4.2),
 β_2 : 2.pencere bölümü genişlik açısı (Şekil 4.2),
 β : pencere genişlik açısı ($\beta_1 + \beta_2$) (Şekil 4.2),
 r_e : engel yüzeyinin yansıtma çarpanı,
 E'_F : engel üzerinde oluşan aydınlık (lm/m^2),
 E_{dk} : kapalı gök dış yatay aydınlık düzeyi (lm/m^2),
 γ_e : engel yükseklik açısı,
 PA : pencere alanı (m^2),



Şekil 4.2. Duvar azimutuna bağlı olarak pencere genişlik açısı (başlangıcı ve bitişi)

- R : iç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanı (%),

- C1 : pencere yüksekliğinin yarısından geçen yatay düzlemin üst bölümünden hacme giren ışık akısının bir fonksiyonu,
- C2 : pencere yüksekliğinin yarısından geçen yatay düzlemin alt bölümünden hacme giren ışık akısının bir fonksiyonu,
- R_{fw} : pencere yüksekliğinin yarısından geçen yatay düzlemin alt bölümünde kalan iç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanı (%) (pencere duvarı dışındaki iç yüzeyler),
- R_{cw} : pencere yüksekliğinin yarısından geçen yatay düzlemin üst bölümünde kalan iç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanı (%) (pencere duvarı dışındaki iç yüzeyler),
- BKK : iç boya ve kaplamaların eskime ve kirlenmesine ilişkin düzeltme çarpanı (Çizelge 4.1),

olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 İç boya ve kaplamaların eskime ve kirlenmesine ilişkin düzeltme çarpanları (Ünver,1984)

Bölge Tipi	İç Yüzey Tipi	Düzeltilme Çarpanı (BKK)
Temiz	Temiz	0.9
Pis	Temiz	0.8
Temiz	Pis	0.7
Pis	Pis	0.6

Tez çalışması içinde iç yansıma bileşeni değişkenleri olan C1 ve C2' nin hesaplanmasında aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır (Anon, 1992).

$$C1 = 0.3188 - 0.1822 \sin \alpha + 0.0773 \cos 2\alpha \quad (4.5)$$

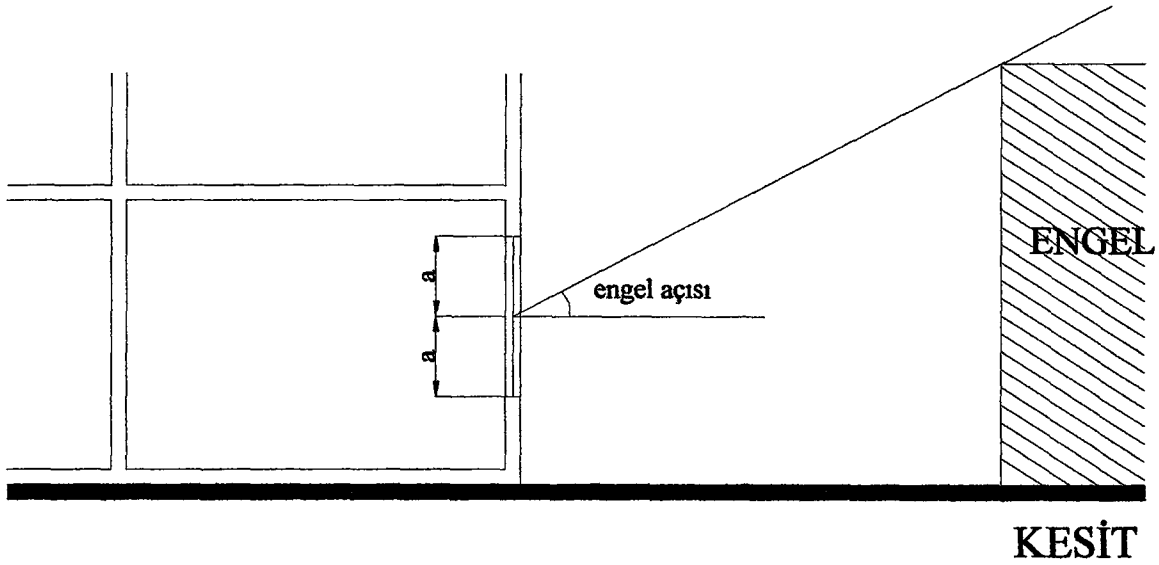
$$C2 = 0.03286 \cos \alpha' - 0.03638 \alpha' / \text{rad} + 0.01819 \sin (2 \alpha') + 0.06714 \quad (4.6)$$

Burada;

α : engel açısı (Şekil 4.3),

$\alpha' = \arctan (2 \tan \alpha)$,

olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Engel açısının belirlenmesi

Kapalı göğün oluşturduğu dış yatay aydınlık düzeyi:

Güneşi çarpanı yardımıyla, hacim içi güneşi hesaplanırken CIE ölçün kapalı göğün oluşturduğu dış yatay aydınlık düzeyinin de bilinmesi gereklidir. Dış yatay aydınlığın belirlenmesinde, çalışmada Krochmann' ın (4.7) de gösterilen eşitliği kullanılmıştır (Krochmann, 1963; Anon, 1992).

$$E_{dk} = 300 + 21000 \sin \gamma_s \quad (4.7)$$

Burada;

γ_s : güneşin yükseklik açısı,

E_{dk} : kapalı göğün oluşturduğu dış yatay aydınlık düzeyi (lm/m^2)

olarak gösterilmiştir.

Düzeltilmeler:

Tez çalışması içinde, kapalı göğün gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi (4.1) no' lu eşitlik aracılığıyla hesaplanmıştır. Burada "A" simgesiyle gösterilen değişken, pencere doğraması kalınlığının, pencere camının kirliliğinin ve pencere camının geçirme çarpanının gözleme noktasında oluşan aydınlığa etkisini belirten düzeltme çarpanlarını içermektedir.

$$A = DKÇ \times CKÇ \times IGÇ \quad (4.8)$$

Burada;

A : pencere doğraması, camı ve geçirgenliği ile ilgili düzeltme çarpanları ortak

simgesi,

DKÇ : doğrama kalınlık çarpanı (%),

CKÇ : pencere camının kirlilik çarpanı (%),

IGÇ : pencere camının ışık geçirme çarpanı (%)

olarak gösterilmiştir.

4.2 Açık Gök Modeli

Bu bölümde CIE ölçün açık göğün hacim içinde oluşturduğu aydınlık düzeyi hesabında kullanılan eşitlikler verilmiştir. Gök koşullarıyla koşut anlam içermesi amacıyla modele 'açık gök modeli' denilmiştir. Açık göğün gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi, çalışmada aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$E_{ia} = E_{da} \times GÇ \times A \quad (4.9)$$

Burada;

E_{ia} : açık göğün gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi (lm/m^2),

A : pencere doğraması, camı ve geçirgenliği ile ilgili düzeltme çarpanları ortak simgesi olarak verilmiştir.

Güneş ışığı çarpanı bileşenleri:

Gök bileşeni için, kapalı gökte kullanılan formülden farklı bir formül kullanılmış olup; iç yansıma bileşeni ve dış yansıma bileşeni için ortak formüller kullanılmıştır (DYB için (4.3) no'lu formül, İYB için (4.4) no'lu formül). Açık gökte gök bileşeni formülü aşağıdaki gibidir (Anon, 1992).

$$GB_a = \frac{1}{E_{dg} / L_z} \int_{\epsilon=\pi/2-\theta}^{\epsilon=\pi/2} \int_{d\alpha b1=d\alpha-\beta_1}^{d\alpha b2=d\alpha+\beta_2} \frac{L(\epsilon, \delta)}{L_z} \cos \epsilon \sin \epsilon d\epsilon d\beta \quad 100\% \quad (4.10)$$

Burada;

GB_a : açık göğün gök bileşeni (%),

E_{dg} : güneşin oluşturduğu dış yatay aydınlık düzeyi (lm/m^2),

$L(\epsilon, \delta)$: göğün ϵ ve δ ile belirlenmiş bir noktasının ışıklılığı (cd/m^2),

- L_z : başucu (zenit) ışıklılığı (cd/m^2),
 ε : gök noktası ile başucu arasındaki açı,
 da : duvar azimutu (Şekil 4.2),
 $dapb1$: duvar azimutuna bağlı pencere başlagıç açısı (Şekil 4.2),
 $dapb2$: duvar azimutuna bağlı pencere bitiş açısı (Şekil 4.2),
 β_1 : duvar azimutunun solunda kalan pencere genişlik açısı (Şekil 4.2),
 β_2 : duvar azimutunun sağında kalan pencere genişlik açısı (Şekil 4.2),
 β : pencere genişlik açısı ($\beta_1 + \beta_2$) (Şekil 4.2),
 δ : gök noktası ile güneş arasındaki açı

olarak gösterilmiştir.

Açık göğün dış yatay aydınlık düzeyi:

Açık göğün oluşturduğu dış yatay aydınlık düzeyi çalışmada aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Krochmann, 1963; Anon, 1992).

$$E_{da} = 280 \arctan (\gamma_s / 18.9) \quad (4.11)$$

Burada;

E_{da} : açık göğün oluşturduğu dış yatay aydınlık düzeyi (lm/m^2),

γ_s : güneşin yükseklik açısı

olarak gösterilmiştir.

Düzeltilmeler:

Tez çalışması içinde, açık göğün gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi (4.9) no' lu eşitlik aracılığıyla hesaplanmıştır. Burada "A" simgesiyle gösterilen değişken, pencere doğraması kalınlığının, pencere camının kirliliğinin ve pencere camının geçirme çarpanının gözleme noktasında oluşan aydınlığa etkisini belirten düzeltme çarpanları olup 4.1 no' lu bölümde anlatıldığı gibi hesaplara katılmıştır.

4.3 Ortalama Gök Modeli

Bu bölümde ortalama gök koşullarında, hacim içinde oluşan aydınlık düzeyi hesaplarında kullanılan varsayım, formül ve eşitlikler açıklanacaktır. Burada da yine ortalama gök koşullarında kullanılan modele, gök koşullarıyla koşut bir anlam içermesi amacıyla 'ortalama gök modeli' denilmiştir.

2. bölümde belirtildiği üzere CIE' nin referans göklerinden olan ortalama göğün hacim içinde oluşturduğu aydınlığın hesaplanmasında Sırrı Aydınli tarafından önerilen (2.1) no' lu temel eşitlikten yararlanılmıştır. Söz konusu eşitlik aracılığıyla herhangi bir ışık akısı ya da ışınım niceliği, güneşlenme süresi, güneş ve göğe ilişkin düzeltme çarpanları bağlamında hesaplanabilmektedir.

$$X_m = X_s \cdot R_s \cdot \sigma_h + \{ X_{cl} \cdot \sigma_h + X_{oc} (1 - \sigma_h) \} R_h \quad (2.1)$$

Burada;

X_m : ortalama gök (average sky) koşullarında ışık akısı (ışınım) niceliği,

X_s, X_{cl}, X_{oc} , sırasıyla güneş ışığı, açık gök ve kapalı gök tarafından üretilen eşdeğer nicelikler,

R_s : güneşle ilgili düzeltme çarpanı,

R_h : açık ve kapalı göklerle ilgili düzeltme çarpanları,

olarak gösterilmiştir.

Çalışmada, Sırrı Aydınli modelinden yararlanılmıştır. Işık kaynakları olarak güneş, CIE ölçün açık gök, CIE ölçün kapalı gök alınmış ve (4.12) no' lu eşitliğe göre hesaplamalar yapılmıştır. Bu eşitlikteki kapalı ve açık göğe ilişkin değerler sırasıyla (4.7) ve (4.11) no' lu eşitlikler aracılığıyla belirlenmiştir. Güneşlenme olasılığı (GO), güneş ışınımı düzeltme çarpanı (R_{gn}) ve gök ışınımı düzeltme çarpanı (R_{gk}) değerleri için İstanbul/Göztepe Meteoroloji İstasyonu 10 yıllık (1981-1990 yıllarını kapsayan) verilerinin değerlendirilmesi sonucu elde edilen değerler kullanılmıştır (Küçükdoğu vd., 1995; Enarun, D., 1996).

$$E_i = [E_{ig} \times GO \times R_{gn}] + [E_{ia} \times GO + E_{ik} \times (1 - GO)] \times R_{gk} \quad (4.12)$$

Burada;

E_i : ortalama göğün gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi (lm/m^2),

- E_{ig} : güneşin gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi (lm/m^2),
- E_{ia} : açık göğün gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi (lm/m^2),
- E_{ik} : kapalı göğün gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi (lm/m^2),
- GO : güneşlenme olasılığı (%),
- R_{gn} : GO 'ya bağlı, güneş ışıınımlarına ilişkin düzeltme çarpanı,
- R_{gk} : GO 'ya bağlı, gök ışıınımlarına ilişkin düzeltme çarpanı
- olarak verilmiştir.

Güneşin dış yatay aydınlık düzeyi:

Ortalama gök modelinde güneşin oluşturduğu aydınlık da hesaplara katılmaktadır. Güneşin oluşturduğu dış yatay aydınlık düzeyinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Anon, 1985).

$$E_{dg} = 85000 \sin^2 \gamma_s + 6500 \sin^2 (2\gamma_s) \quad (4.13)$$

Burada;

E_{dg} : güneşin oluşturduğu dış yatay aydınlık düzeyi (lm/m^2),

γ_s : güneşin yükseklik açısı,

olarak gösterilmiştir.

Güneşin gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi:

Güneşin gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Anon, 1985). Gözleme noktasında güneşin oluşturduğu aydınlığın hesaplanmasında, gözleme noktasına gelen dolaysız, dış engellerden yansıyan ve hacim içi yansımış güneş ışığının katkıları da (4.14) no' lu eşitlikte gösterildiği gibi hesaplara katılmaktadır.

$$E_{ig} = E_{igd} + E_{igy} + E_{ige} \quad (4.14)$$

$$E_{igd} = E_{dg} \times DKÇ \times CKÇ \times TG \quad (4.15)$$

$$E_{dg} = 85000 \sin^2 \gamma_s + 6500 \sin^2 (2\gamma_s) \quad (4.16)$$

Burada;

- E_{ig} : güneşin gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi (lm/m^2),
- E_{igd} : dolaysız güneş ışığının gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi (lm/m^2),
- E_{igy} : yansımış güneş ışığının gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi (lm/m^2),
- E_{ige} : engellerden yansıyan güneş ışığının gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi (lm/m^2),
- DKÇ : doğrama kalınlık çarpanı (%),
- CKÇ : pencere camının kirlilik çarpanı (%),
- TG : güneşin geliş açısına bağlı olarak değişen, pencere camının geçirme çarpanı (%),
- γ_s : güneşin yükseklik açısı

olarak verilmiştir.

Yapının coğrafi konumu, güneşin konumu, atmosfer bulanıklılığı, güneşlenme süresi gibi değişkenlerin fonksiyonu olan GO, R_{gm} ve R_{gk} değerleri, İstanbul' un meteorolojik verilerinden yararlanılarak saptanmış olup çalışmada bu değerlerden yararlanılmıştır (Küçükdoğu vd., 1995).

Güneşlenme olasılığı (GO):

Güneşlenme olasılığı, belirli bir zaman aralığı için güneşin varolma oranıdır. On yıllık meteorolojik verilerden yararlanılarak belirlenen aylık ortalama saatlik değerler olarak hesaplanır (Küçükdoğu ve diğerleri, 1995).

$$GO = T_s / T_m \quad (4.17)$$

Burada;

GO : güneşlenme olasılığı,

T_s : belirli bir zaman aralığındaki güneşlenme süresi,

T_m : belirli bir zaman aralığı,

olarak gösterilmiştir.

Zaman aralığı (T_m) , aylık saatlik değerler olup, burada 1 saat olarak alınmıştır. Güneşlenme süresi (T_s) de, meteorolojik verilere göre o saat içinde güneşin çıkmış olduğu süredir. T_s

değeri, 1981 – 1990 yılları arasındaki 10 yıllık meteorolojik verilerin "aylık ortalama saatlik" değerleri hesaplanarak belirlenmiştir. Böylece GO değerleri, her ay için 04:00 – 20:00 saatleri arasını kapsayan 16 saat için hesaplanmış ve tablo haline getirilmiştir (Küçükdoğu ve diğerleri, 1995; Enarun, 1995). Çalışmada kullanılan güneşlenme olasılığı değerleri Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Güneşlenme olasılığı değerleri

GÜNLER	GÜNEŞLENME OLASILIĞI (GO)		
	SAAT 9:00	SAAT 12:00	SAAT 16:00
21 Mart	0,43	0,48	0,29
21 Haziran	0,79	0,80	0,76
21 Eylül	0,76	0,85	0,71
21 Aralık	0,21	0,31	0

Güneş ışıınıını düzeltme çarpanı (R_{gn}):

Güneş ışıınıını düzeltme çarpanı (sunshine probability), güneşin oluşturduğu ortalama aylık saatlik ışıınıının ölçülen değeri ve hesaplanan değerlerinin oranıdır.

$$R_{gn} = E_{gn\delta} / E_{gnh} \quad (4.18)$$

Burada;

R_{gn} : güneş ışıınıını düzeltme çarpanı (%),

$E_{gn\delta}$: güneşin yatay düzlemde oluşturduğu dolaysız ışıınıının ölçülmüş değeri (W/m^2) (Bu değerler yine aynı zaman dilimi için (16 saat), 1981-1990 yılları arasındaki 10 yıllık meteorolojik verilerden hesaplanan aylık saatlik ortalama değerlerden alınmıştır.),

E_{gnh} : güneşin yatay düzlemde oluşturduğu dolaysız ışıınıının hesaplanan değeri (W/m^2),

olarak gösterilmiştir. E_{gnh} ' nin ve bağlı olduğu değişkenlerin hesaplanması için ise aşağıdaki eşitlikler verilmiştir.

$$E_{gnh} = E_{es} \frac{GO}{100} \quad (4.19)$$

$$E_{es} = E_{eo} \exp(-a_r m_h T) \sin \gamma_s \quad (4.20)$$

4.20 no' lu eşitlikteki simgeler şöyle tanımlanmıştır:

E_{es} : güneşten kaynaklanan global ışıma şiddeti (W/m^2).

E_{eo} : güneş değışmezi ($1370 W/m^2$).

a_r : ortalama zayıflatma katsayısı.

m_h : optik hava kütlesi olup aşağıdaki eşitlikle tanımlanır.

$$m_h = m(1 - 0.1 H) \quad (4.21)$$

$$m = 1 / (\sin \gamma_s + 0.15 (\gamma_s + 3.885)^{-1.253}) \quad (4.22)$$

H : bulunan yörenin deniz düzleminden yüksekliğı (km.)

T : bulanıklılık çarpanı.

γ_s : güneşin yükseklik açısı.

Bulanıklılık çarpanı ise Linke tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunur.

$$T = \frac{\ln E_{eo} - \ln E_{esd}}{a_r m} \quad (4.23)$$

Burada;

E_{esd} : güneş ışımasına dik bir düzlem üzerindeki ışıma şiddeti (W/m^2).

olarak gösterilmiştir.

Çalışmada, Çizelge 4.2' de verilen R_{gn} düzeltme fonksiyonu katsayıları kullanılmış olup, R_{gn} değerin hesaplanmasında ise (4.24)' teki eşitlikten yararlanılmıştır (Küçükdoğı vd, 1995).

$$R_{gn} = 7,44 - 19,7 \times GO + 22,16 \times GO^2 - 9,06 \times GO^3 \quad (4.24)$$

Burada;

R_{gn} : güneş ışımasını düzeltme çarpanı,

GO : güneşlenme olasılığı

olarak verilmiştir.

Çizelge 4.2 R_{gn} düzeltme fonksiyonu katsayıları

İstanbul / Göztepe için kullanılan katsayılar	
A0 =	7,44
A1 =	-19,7
A2 =	22,16
A3 =	-9,06

Gök ışıınımı düzeltme çarpanı (R_{gk}):

Gök ışıınımı düzeltme çarpanı, göğün oluşturduğu ortalama aylık saatlik ışıınımının ölçülen değeri ve hesaplanan değeriinin oranıdır.

$$R_{gk} = E_{gk\delta} / E_{gkh} \quad (4.25)$$

Burada;

R_{gk} : gök ışıınımı düzeltme çarpanı,

$E_{gk\delta}$: göğün yatay düzlemde oluşturduğu yaygın ışıınım şiddetinin ölçülmüş değeri. (W/m^2) (Bu değeri 1981-1990 yılları arasındaki 10 yıllık meteorolojik verilerden hesaplanan aylık saatlik ortalama değeriiler olarak alınır.),

E_{gkh} : göğün yatay düzlemde oluşturduğu yaygın ışıınım şiddetinin hesaplanan değeri (W/m^2)

olarak gösterilmiştir.

E_{gkh} 'nin ve bağılı olduğu değerişkenlerin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır.

$$E_{gkh} = E_{eh} \frac{GO}{100} + (1 - \frac{GO}{100}) E_e \quad (4.26)$$

$$E_{eh} = 0.5 E_{eo} (q_a^m - q_\sigma^m) \sin \gamma_s \quad (4.27)$$

Burada;

E_{eh} : açık gökten kaynaklanan ışıınım şiddeti (W/m^2),

E_{eo} : güneş değerişmezi ($1370 W/m^2$),

q_a^m : güneş değerişmezi ve bulanıklılık çarpanına bağılı bir fonksiyon,

q_{σ}^m : Rayleigh geçirgenliği

olarak gösterilmiştir.

E_e : kapalı gökten kaynaklanan ısıtım şiddeti (W/m^2) olup aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$E_e = 2.61 + 182.6 \sin \gamma_s \quad (4.28)$$

Çalışmada, Çizelge 4.3' te verilen R_{gk} düzeltme fonksiyonu katsayıları kullanılmış olup, R_{gk} değerinin hesaplanmasında ise (4.29) daki eşitlikten yararlanılmıştır (Küçükdoğu vd, 1995).

$$R_{gk} = 1,65 - 1,64 \times GO + 1,97 \times GO^2 - 1,03 \times GO^3 \quad (4.29)$$

Burada;

R_{gk} : gök ısıtımını düzeltme çarpanı,

GO : güneşlenme olasılığı

olarak verilmiştir.

Çizelge 4.3 R_{gk} düzeltme fonksiyonu katsayıları

İstanbul / Göztepe için kullanılan katsayılar	
$A0 =$	1,65
$A1 =$	-1,64
$A2 =$	1,97
$A3 =$	-1,03

5. ÇALIŞMANIN AMACI ve KULLANILAN VARSAYIMLAR

Çalışmanın amacı çeşitli gök koşullarının karşılaştırılmasıdır. Bu amaca yönelik olarak değişik gök koşullarında günışığının hacim içinde oluşturduğu aydınlık düzeyleri hesaplanmış ve bu değerler aracılığı ile referans göklerin karşılaştırması yapılmıştır. Çalışmada kullanılan varsayımlar aşağıdaki başlıklar altında anlatılmıştır.

- Hesap yapılan gün ve saatler
- Pencere yönü
- Hacim boyutları
- Yapı dışı engellerin boyut, konum ve ışık yansıtma özellikleri
- Yer örtüsünün ışık yansıtma özellikleri
- Pencerenin boyut ve konumu
- Pencerenin ışık geçirme özellikleri
- İç yüzeylerin ışık yansıtma özellikleri

• Hesap Yapılan Gün ve Saatler

Önceki bölümlerde açıklandığı gibi günışığı aydınlığı, güneş ve gök ışıklılık dağılımıyla ilgilidir. Bu bağlamda, kapalı hacimlerde günışığı aydınlık düzeyi hesaplanırken güneşin yükseklik ve azimut açısı da hesaba katılmaktadır. Hesap yapılan yöre İstanbul olup, 40.58 enleminde, Göztepe Meteoroloji İstasyonu' nun 1981-1990 yılları arasındaki meteorolojik verileri kullanılmıştır.

Gök koşulları karşılaştırılırken, bu tez çalışması içinde ışık kaynağı olarak CIE ölçün kapalı gök, CIE ölçün açık gök ve ortalama gök koşulları alınmıştır. Bu göklerin değişik gün ve saatlerdeki ışıklılık dağılımlarının değişik olacağı açıktır. Bu nedenle, her mevsimden karakteristik bir gün olmasına dikkat edilerek 4 gün ve her günün çalışma saatleri içinde kalan 3 saati seçilmiştir. Bu doğrultuda belirlenen gün ve saatler aşağıda sıralandığı gibidir.

- 21 Mart – Saat 9:00, 12:00, 16:00
- 21 Haziran – Saat 9:00, 12:00, 16:00
- 21 Eylül – Saat 9:00, 12:00, 16:00
- 21 Aralık – Saat 9:00, 12:00, 16:00

Çalışmada seçilen gün ve saatlerle ilgili açı değerleri ile güneşlenme olasılığı değerleri Çizelge 5.1' de verilmiştir. Çizelgedeki simgeler;

tsg : güneşin yükseklik açısı (γ_s),

t_{sa} : güneşin azimut açısı (α_s),

g_o : güneşlenme olasılığını göstermektedir.

Çizelge 5.1 Hesap yapılan gün ve saatlerde güneşin yükseklik ve azimut açısı ile güneşlenme olasılığı (GO) değerleri

GÜNLER	SAAT 9:00			SAAT 12:00			SAAT 16:00		
	tsg	t _{sa}	g _o	tsg	t _{sa}	g _o	tsg	t _{sa}	g _o
21 Mart	32,3	123,2	0,43	49	180	0,48	22,2	249,2	0,29
21 Haziran	48,6	101,1	0,79	72,4	180	0,80	37,4	270,5	0,76
21 Eylül	32,3	123,2	0,76	49	180	0,85	22,2	249,2	0,71
21 Aralık	13,2	138,2	0,21	25,6	180	0,31	4,9	232,9	0

• Pencere Yönü

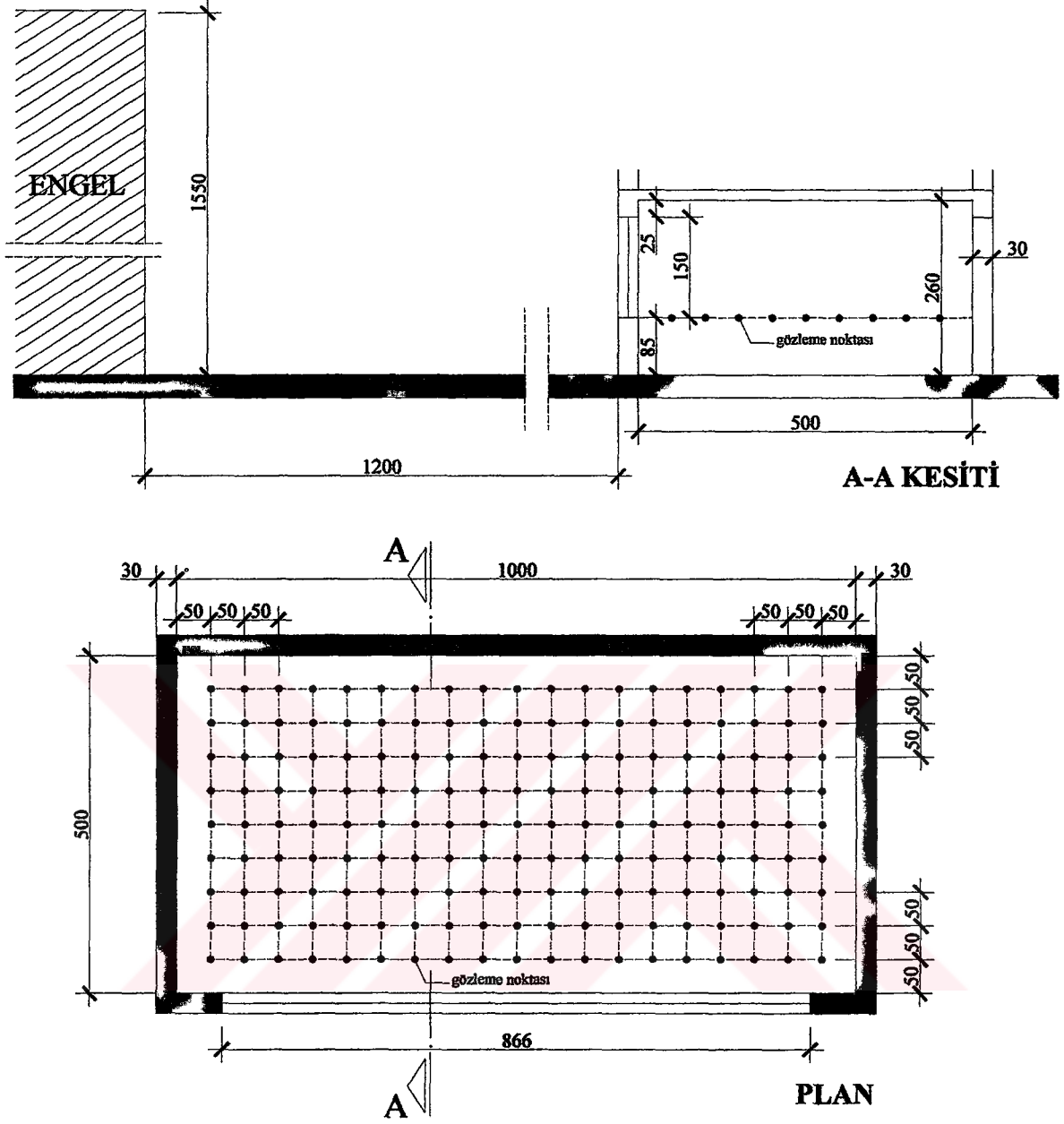
Güneşin, güne ve saate göre değişen hareketleri sırasında, bulunduğu konuma bağlı olarak göğün ışıklılık dağılımı da değişmektedir. Bu durum pencereden geçerek gözleme noktasına gelen günışığı aydınlığını etkilemektedir. Dolayısıyla, pencerenin baktığı yönde göğün gördüğü gök parçasını ışıklılık dağılımı, kapalı hacimlerde günışığı hesaplarını önemli ölçüde etkiler. Örneğin, pencerenin bulunduğu yöne göre gözleme noktasına dolaysız güneş ışığı gelebilir ya da gelmeyebilir; hacme dolaysız güneş ışığı girdiği halde gözleme noktasına gelmeyebilir.

Tez çalışmasında, pencerenin, 4 ana yönde olduğu varsayılarak hesap yapılmıştır. Kuzey doğrultusu 0° alınıp, 360° ye kadar 90° lik aralıklarla sırasıyla kuzey, doğu, güney ve batı yönleri için aydınlık düzeyi bulunmuştur.

• Hacim Boyutları ve Gözleme Noktası Konumları

Ele alınan hacmin işlevi büro olarak belirlenmiş, yüksekliği (YH) 15.50 m. olan bir binanın zemin katında bulunduğu; genişliğinin (a) 10.00 m., derinliğinin (d) 5.00 m. ve yüksekliğinin (h) 2.60 m. olduğu varsayılmıştır. Bu boyutlar, tefriş edildiğinde 8 kişinin çalışabileceği açık büro planlı bir hacmin boyutlarıdır. Duvar kalınlığı (dk) da hesaba katılmış olup, 0.30 m. alınmıştır.

Gözleme noktası aralıkları 0.50 m. olarak seçilmiştir. Yararlı düzlemin (çalışma düzlemi) 0.85 m. yükseklikte olduğu varsayılmıştır. Gözleme noktaları ve hacmin boyutları Şekil 5.1' de gösterildiği gibidir. Çalışmada hacim içi engeller hesaba katılmamıştır.



Şekil 5.1 Hacim boyutları ve gözleme noktalarının yer aldığı ızgara düzenini gösteren plan ve kesit (Ölçek 1/100).

- **Yapı Dışı Engellerin Boyut, Konum ve Işık Yansıtma Özellikleri**

Dış engeller; konum ve boyutlarına göre hacim içinden görülen gök parçasının alanının küçülmesine, dolayısıyla hacim içi aydınlık düzeyinin azalmasına neden olur. Bu nedenle, hem engelsiz hem de belli bir engel konum ve boyutu için hesaplamalar yapılmıştır.

Engelin sürekli ve pencere duvarına koşut olduğu varsayılmıştır. Yapı engel arası uzaklık (EU) İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği'nden yararlanılarak 12.00 m. olarak

seçilmiştir. Bu bağlamda yönetmelikte izin verilen yapı yüksekliği olan 15.50 m. ise engel yüksekliği (EH) olarak alınmıştır (Anon, 1987).

Öte yandan, dış engeller yansıtma çarpanına bağlı olarak hacim içi aydınlık düzeyine belli bir oranda katkıda bulunurlar. Dış engellerin yansıtma çarpanı (RE), günışığı hesaplarında sıklıkla kullanılan ve ortalama bir değer olan 0.30 olarak alınmıştır. Işık yansıtma biçiminin ise izotrop yayınlık yansıma olduğu varsayılmıştır.

• Yer Örtüsünün Işık Yansıtma Özellikleri

Yerden yansıyan ışığın; hem engel üzerinde oluşan aydınlık düzeyine, dolayısıyla gözleme noktasındaki aydınlık düzeyine, hem de hacme doğrudan girerek yine gözleme noktasındaki aydınlığa etkisi vardır.

Yer örtüsü genellikle koyu renkli malzemelerden oluştuğu için yansıtma çarpanı (RY) 0.20 olarak alınmıştır. Işık yansıtma biçiminin ise izotrop yayınlık yansıma olduğu varsayılmıştır.

• Pencerenin Boyut ve Konumu

Pencere yüksekliği (h_1), 1.50 m. olup; parapet yüksekliği (ph) 0.85 m. ve lento yüksekliği (lh) 0.25 m. alınmıştır. Pencerenin duvardaki konumu simetriktir.

Pencere genişliği seçilen saydamlık oranına bağlı olarak bulunmuştur. E. C. Keighley' in araştırmalarına göre, insanlar psikolojik açıdan saydamlık oranının %20' den küçük olduğu durumlarda rahatsız olmakta, %50' den büyük olduğu durumlarda ise herhangi bir değişik etki olmamaktadır (Küçükdoğan vd., 1995). Bu bağlamda bir sınır değer olması açısından %50 saydamlık oranı seçilmiştir. Pencere genişliğini bulmak için aşağıdaki basit eşitlik kullanılmıştır.

$$W = a \cdot h \cdot X / h_1 \quad (5.1)$$

Burada;

W : pencere genişliği (m.),

a : oda genişliği (m.),

h : oda yüksekliği (m.),

X : saydamlık oranı (%),

h_1 : pencere yüksekliği

olarak verilmiştir. Hacimle ilgili ölçüler eşitlikte yerine konarak pencere genişliği (W) 8.66 m. olarak bulunmuştur.

• Pencerenin Işık Geçirme Özellikleri

Pencerenin ışık geçirme özellikleri, pencere camına ilişkin düzeltme çarpanlarını içermektedir. Camla ilgili olarak, ışık geçirme çarpanı ve kirlilik çarpanı hesaba katılmıştır. Cam alanı/pencere alanı bağlamında ise doğrama kalınlık çarpanı dikkate alınmıştır.

Işık geçirme çarpanı, camın cinsi ve kalınlığına bağlı olarak belirlenmiş bir değerdir. Çalışmada seçilen cam, 3 mm. kalınlığında çift camdır. Çift camın açık ve kapalı gök koşulları için ışık geçirme çarpanı (IGÇ) 0.75, yansıtma çarpanı ise 0.14 olarak alınmıştır. Dolaysız güneş ışığının, cama geliş açısına göre camın ışık geçirme çarpanı değiştiğinden bu değer hesaplanarak işlemlerde yerine konmuştur.

Kirlilik çarpanı (CKÇ), yapının bulunduğu yörenin özelliklerine bağlı olarak verilen bir çarpandır. Yapının konut bölgesinde olduğu varsayılmış, CIE' nin bu yöreye ilişkin verdiği kirlilik çarpanı değeri olan 0.80 alınmıştır.

Doğrama kalınlık çarpanı (DKÇ), 0.85 olarak hesaplara katılmıştır.

• İç Yüzeylerin Işık Yansıtma Özellikleri

İç yüzeylerin, ışık yansıtma biçimi açısından izotrop yayınlık yansıma yaptıkları varsayılmıştır. Tavan yansıtma çarpanı (RT) 0.80, duvar yansıtma çarpanı (RD) 0.60, döşeme yansıtma çarpanı (RDO) 0.20 olarak alınmıştır.

İç yüzey ve kaplamaların kirliliğine ilişkin düzeltme çarpanı olan, iç yüzey kirlilik çarpanı (BKK) ise, şehir bölgesi, temiz koşullar için verilen 0.90 olarak alınmıştır (Ünver, 1984).

Varsayımlara ilişkin temel veriler ve kullanılan simgeler, Çizelge 5.2' de gösterildiği gibidir.

Çizelge 5.2 Hesaplarda kullanılan temel veriler ve simgeleri

Oda eni (a)	10 m.
Oda derinliği (a)	5 m.
Saydamlık oranı (X)	%50
Pencere genişliği (W)	8,66 m.
Pencere yüksekliği (h1)	1,50 m.
Duvar kalınlığı (dk)	0,30 m.
Izgara aralığı	0,50 m.
Engel uzaklığı (EU)	12 m.
Engel yüksekliği (EH)	15,50
Parapet yüksekliği (ph)	0,85 m.
Lento yüksekliği (lh)	0,25 m.
Duvar yansıtma çarpanı (RD)	0,60
Döşeme yansıtma çarpanı (RDO)	0,20
Tavan yansıtma çarpanı (RT)	0,80
Pencere camı yansıtma çarpanı (RC)	0,14
Doğrama kalınlık çarpanı (DC)	0,85
Cam kirlilik çarpanı (CK)	0,80
İç yüzeylerin kirlilik çarpanı (BKK)	0,90
Yerin yansıtma çarpanı (RY)	0,20
Engelin yansıtma çarpanı (RE)	0,30

6. HESAP SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmanın bu bölümünde, tez kapsamında yapılan varsayımlar doğrultusunda, ele alınan gök modellerinin hacim içi aydınlık düzeyi dağılımlarının değerlendirilmesi her model için ayrı ayrı yapılmıştır. Söz konusu aydınlık düzeylerinin hesaplanmasında, her bir gök modeline özgü olarak QBasic' te yazılan programlardan yararlanılmış (Ünver, 2000) ve bulunan değerler kullanılarak SigmaPlot 5.0 programında eş aydınlık eğrileri biçiminde aydınlık dağılımları çizilmiştir (Sigma Plot programının özelliğinden ötürü, bazı durumlarda, pencerenin karşısındaki duvara kadar devam etmesi gereken eğriler çizilememiş olup; bazı eğriler de deformasyona uğramışlardır). Değerlendirmeler genel olarak;

- aydınlık dağılım biçiminin incelenmesi,
- bürolar için gerekli olan minimum aydınlık düzeyi 500 lm/m^2 nin sağlandığı hacim derinliğinin belirlenmesi,
- aydınlık dağılımında, en düşük ve en yüksek aydınlık düzeyi değerlerinin sağlandığı gün ve saatlerin saptanması bağlamında yapılmıştır.

6.1 Engelsiz Durum İçin Kapalı Gök Sonuçları

Kapalı gök koşulunda engelsiz durum için elde edilen hesap sonuçları doğrultusunda çizilen günışığı aydınlık düzeyi dağılımları Şekil 6.1, 6.2 ve 6.3' te; dağılımların değerlendirmesi ise aşağıda verilmiştir.

Aydınlık dağılım biçimi: Aydınlık dağılımı pencere yönünden bağımsız olup, pencere eksenine göre simetriktr. Pencereden uzaklaştıkça aydınlık düzeyi azalmaktadır.

Hacim derinliği: Günışığı aydınlığının 500 lm/m^2 yi sağladığı hacim derinlikleri pencereden uzaklık olarak Çizelge 6.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1 Kapalı gök için engelsiz durumda, 500 lm/m^2 nin sağlandığı pencereden yaklaşık uzaklıklar

GÜN	SAAT		
	9:00	12:00	16:00
21 Mart	2 m.	3 m.	1.5 m.
21 Haziran	2.5 m.	4 m.	2.5 m.
21 Eylül	2 m.	3 m.	1.5 m.
21 Aralık	1 m.	1.5 m.	-

Çizelgede verilen değerler incelendiğinde;

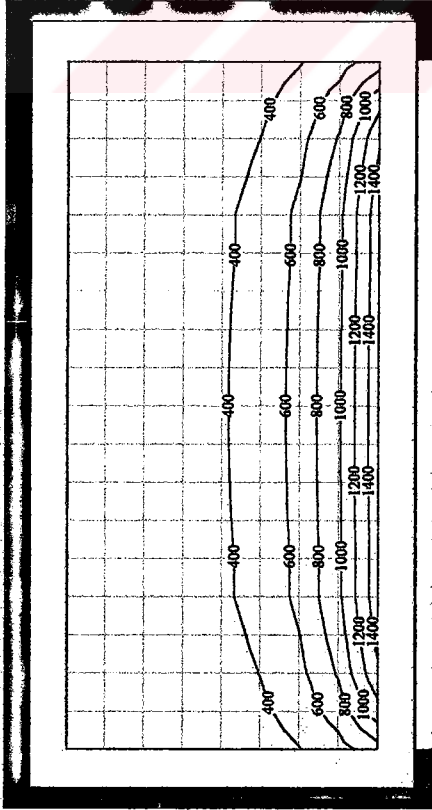
- hesap yapılan gün ve saatlerin tümü için, yararlı düzlemin bütününün yeterli düzeyde aydınlanmadığı,
- 21 Aralık dışında kalan günlerde, saat 9:00 ve 12:00' de hacim derinliğinin yaklaşık yarısında yeterli aydınlık sağlandığı,
- 21 Aralık' ta, yeterli aydınlığın; saat 9:00 ve 12:00' de ancak pencereye çok yakın bölümde, saat 16:00' da ise yararlı düzlemin hiç bir bölümünde sağlanmadığı,
- 21 Aralık 16:00' da hacmin tümünde yapay aydınlatmaya, diğer gün ve saatlerde ise yeterli aydınlığın sağlanamadığı uzaklıktan sonraki bölümler için günışığı ve yapay aydınlatmanın birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatma sistemlerine gereksinim olduğu, saptanmıştır.

Aydınlık düzeyi: İncelenen gün ve saatler için, hacim içinde günışığı aydınlığının en düşük (E_{min}) ve en yüksek (E_{max}) değerleri belirlenmiş ve Çizelge 6.2' de verilmiştir.

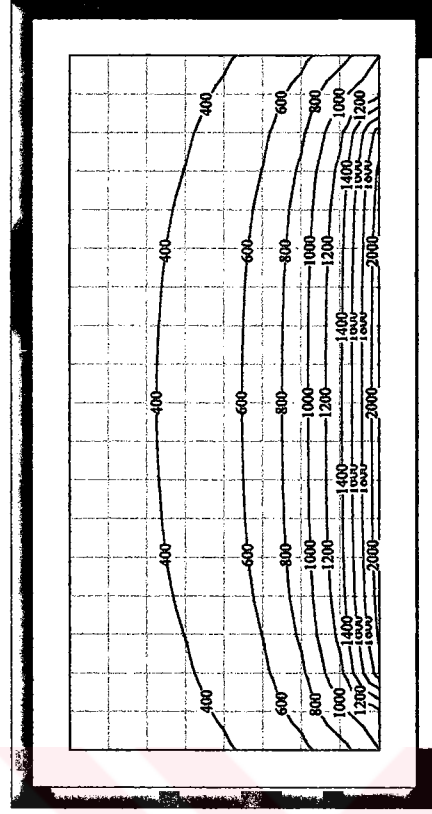
Çizelge 6.2 Kapalı gök için engelsiz durumda, gün ve saatlere göre en düşük (E_{min}) ve en yüksek (E_{max}) aydınlık düzeyleri (lm/m^2)

GÜN	SAAT								
	9:00			12:00			16:00		
	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}
21 Mr.	204	1539	0,1325	287	2157	0,1330	146	1100	0,1327
21 Hz.	285	2144	0,1329	361	2714	0,1330	232	1744	0,1330
21 Eyl.	204	1539	0,1325	287	2157	0,1330	146	1100	0,1327
21 Ar.	90	681	0,1321	166	1252	0,1325	37	280	0,1321

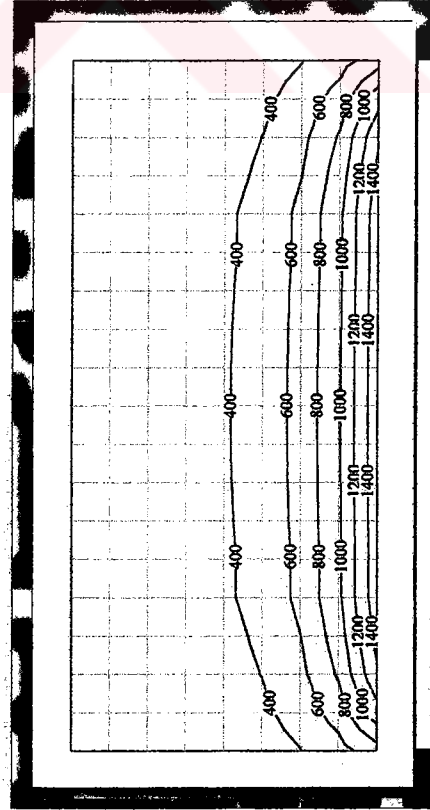
- Yukarıdaki çizelgede de görüleceği gibi, E_{min} / E_{max} değeri %13 olmaktadır. Ayrıca, bu oran saat ve güne göre değişim göstermemektedir.
- Saatlerden bağımsız olarak en yüksek aydınlık düzeyi 21 Haziran' da; en düşük aydınlık düzeyi ise 21 Aralık' ta bulunmuştur (Çizelge 6.2).
- 21 Mart ve 21 Eylül için güneşin yükseklik açısı aynıdır (Çizelge 5.1). Kapalı gök modelinde dış yatay aydınlık düzeyi sadece güneşin yükseklik açısına bağlı olduğundan 21 Mart ve 21 Eylül' deki hacim içi aydınlık düzeyi sonuçları eşit çıkmıştır.
- Günlerden bağımsız olarak en yüksek aydınlık düzeyi saat 12:00' de gerçekleşmektedir.



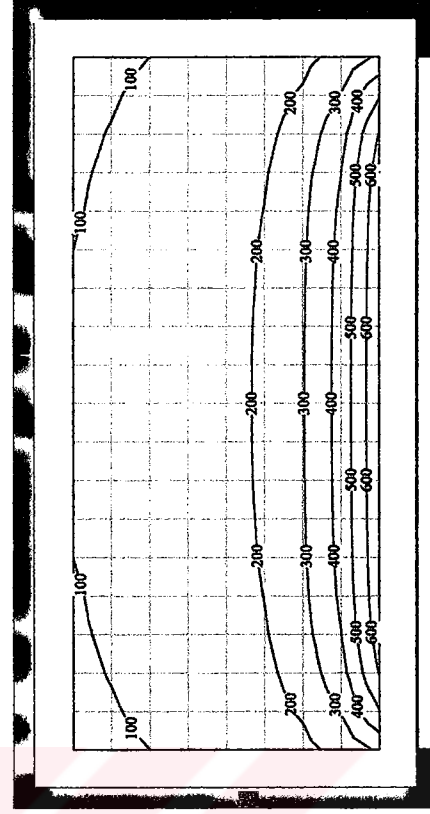
21 Mart



21 Haziran

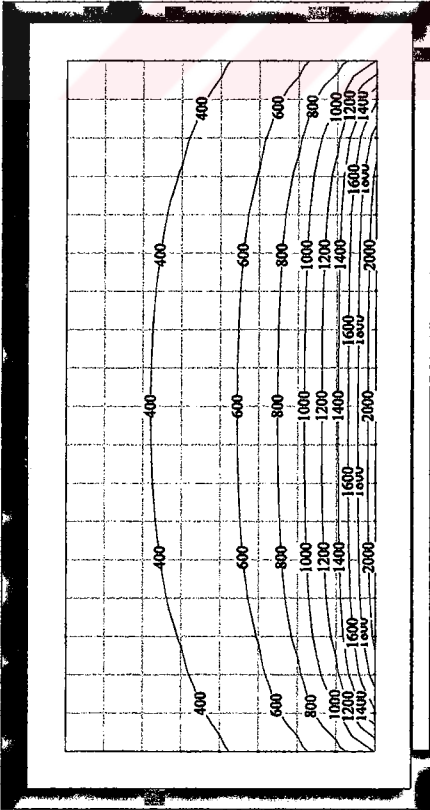


21 Eylül

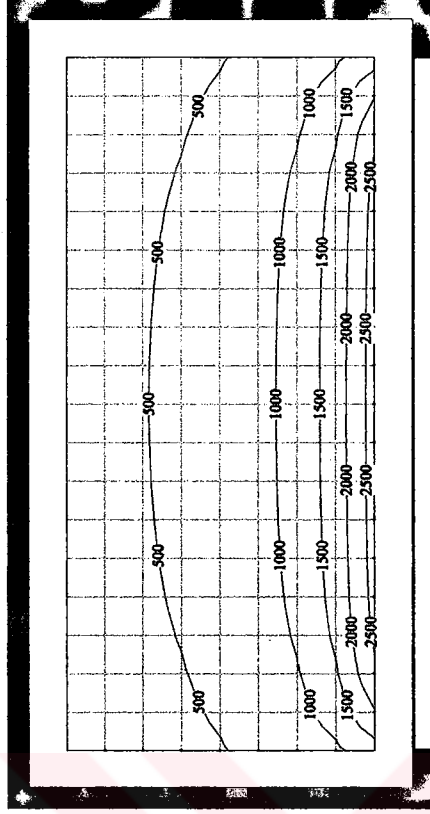


21 Aralık

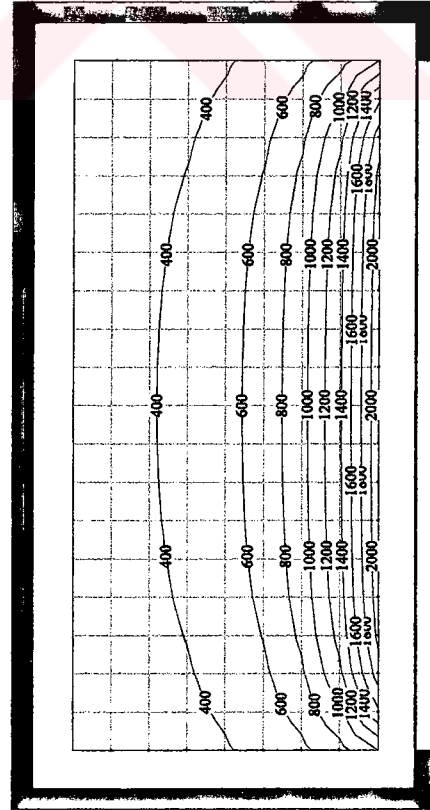
Şekil 6.1 Kapalı gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: yok; Saat: 9:00.



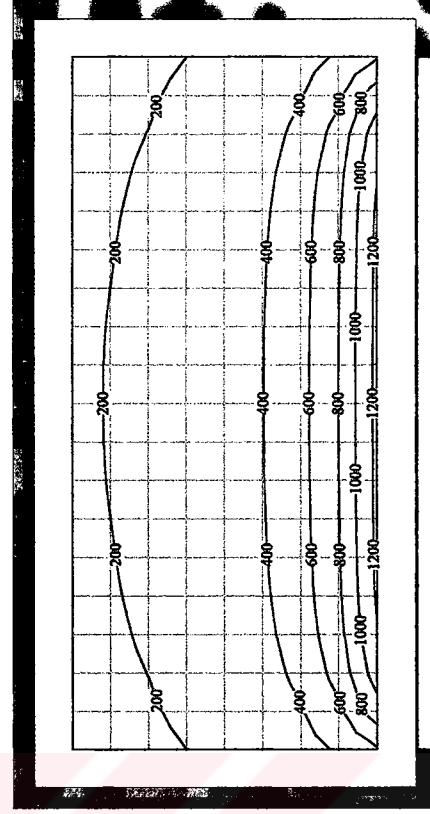
21 Mart



21 Haziran

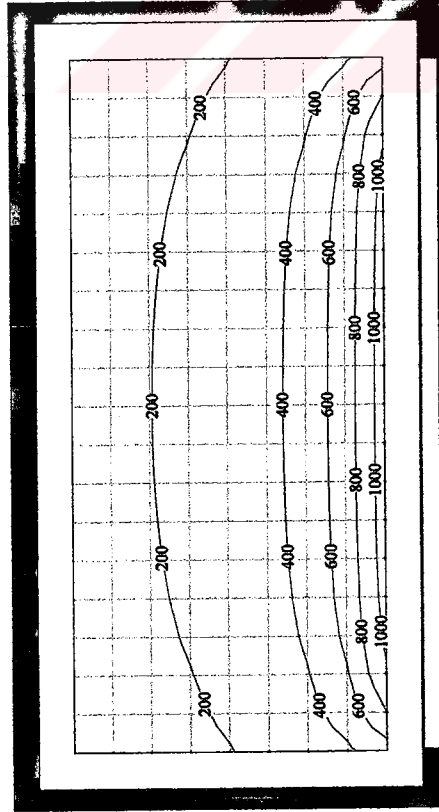


21 Eylül

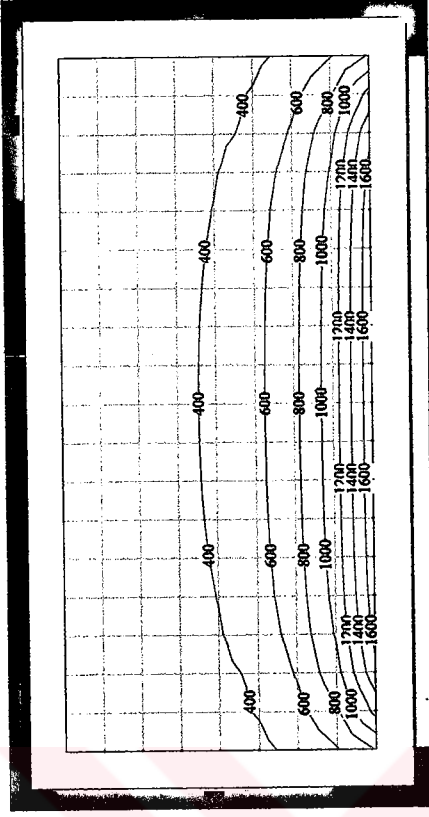


21 Aralık

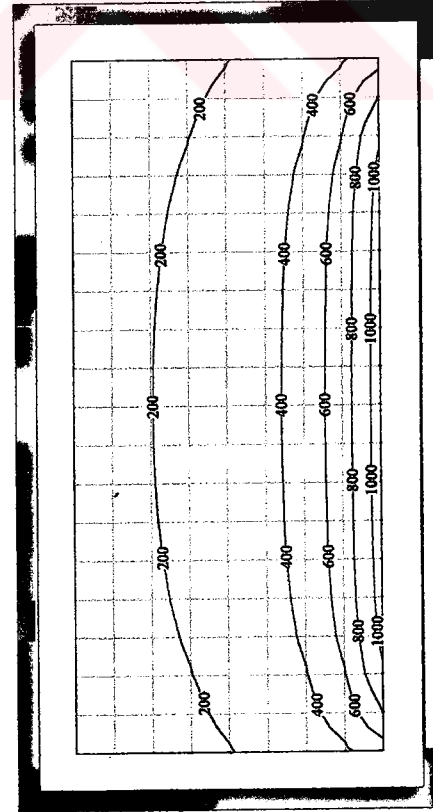
Şekil 6.2 Kapalı gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: yok; Saat: 12:00.



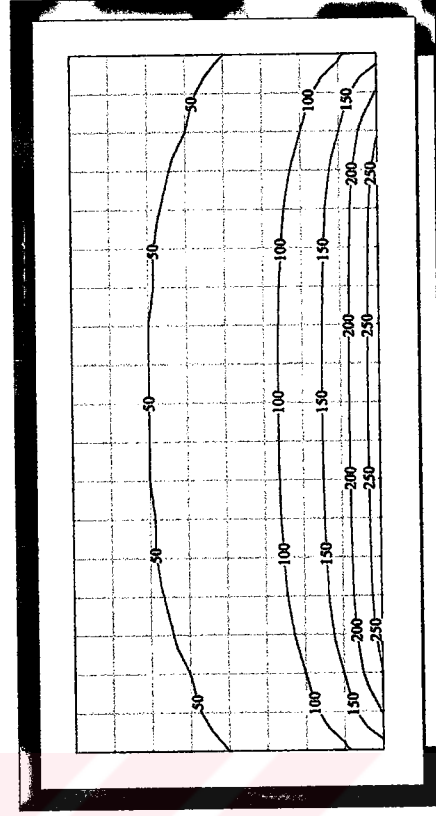
21 Mart



21 Haziran



21 Eylül



21 Aralık

Şekil 6.3 Kapalı gök güneşiği aydınlık dağılımı; Engel: yok; Saat: 16:00.

6.2 Engelsiz Durum İçin Açık Gök Sonuçları

Açık gök koşulunda engelsiz durum için alınan hesap sonuçları doğrultusunda çizilen aydınlık düzeyi dağılımları Şekil 6.4 - Şekil 6.15 arasında verilmiştir. Söz konusu gök koşulunda, gök bileşeni hesaplanırken güneşin azimut açısı da dikkate alındığından aydınlık düzeyi dağılımları yönler göre değişim göstermiş ve yönler göre de değerlendirme yapılmıştır. Bu dağılımların değerlendirmesi aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Aydınlık dağılım biçimi: Aydınlık düzeyi dağılım biçimi pencere yönünden bağımsız olup, pencere eksenine göre simetriktir. Aydınlık düzeyi pencereden uzaklaştıkça azalmaktadır.

Hacim derinliği: 500 lm/m² nin sağlandığı hacim derinliği pencereden uzaklık olarak Çizelge 6.3'te verilmiştir.

Çizelge 6.3 Açık gök için engelsiz durumda, 500 lm/m² nin sağlandığı pencereden yaklaşık uzaklıklar

YÖN	GÜN	SAAT		
		9:00	12:00	16:00
KUZEY	21 Mart	2.5 m.	3 m.	1.5 m.
	21 Haziran	3.5 m.	5 m.	3 m.
	21 Eylül	2.5 m.	3 m.	1.5 m.
	21 Aralık	1 m.	1.5 m.	-
DOĞU	21 Mart	3 m.	3.5 m.	1.5 m.
	21 Haziran	5 m.	5 m.	2 m.
	21 Eylül	3 m.	3.5 m.	1.5 m.
	21 Aralık	1.5 m.	2 m.	-
GÜNEY	21 Mart	3 m.	5 m.	2 m.
	21 Haziran	3.5 m.	5 m.	2.5 m.
	21 Eylül	3 m.	5 m.	2 m.
	21 Aralık	1.5 m.	2.5 m.	0.5 m.
BATI	21 Mart	2 m.	3.5 m.	2.5 m.
	21 Haziran	3 m.	5 m.	3.5 m.
	21 Eylül	2 m.	3.5 m.	2.5 m.
	21 Aralık	1 m.	2 m.	0.5 m.

Çizelgede verilen değerler incelendiğinde;

- hesap yapılan yön, gün ve saatlerin tümü için, yararlı düzlemin bütününe yeterli düzeyde aydınlanmadığı,

- saat 12:00' de, hesap yapılan tüm yön ve günler için, hacim derinliğinin yaklaşık yarısında yeterli aydınlık sağlandığı,
- saat 9:00 ve 16:00' da hesap yapılan tüm yönler için, 21 Aralık dışındaki günlerde yararlı düzlemin yaklaşık yarısının yeterli düzeyde aydınlandığı,
- 21 Aralık saat 16:00' da, kuzey ve doğu yönlerinde yararlı düzlemin hiçbir bölümü; yine aynı saatte batı ve güney yönleri ile saat 9:00' da tüm yönlerde yararlı düzlemin yalnızca pencereye çok yakın bölümünün yeterli düzeyde aydınlandığı,
- 21 Aralık 16:00' da kuzey ve doğu yönleri için hacmin tümünde yapay aydınlatmaya; diğer yön, gün ve saatlerde ise yeterli aydınlığın sağlanamadığı uzaklıktan sonraki bölümler için günışığı ve yapay aydınlatmanın birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatma sistemlerine gereksinim olduğu,

belirlenmiştir.

Aydınlık düzeyi: Aydınlık düzeyinin en yüksek değeri (E_{max}) ile en düşük değeri (E_{min}) arasındaki oran pencerenin baktığı yöne göre değişim göstermektedir. Bu durum Çizelge 6.4' te gösterilmiştir. Çizelgeden de yararlanılarak aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- Kuzeye bakan penceresi olan hacimde, E_{min} / E_{max} değerleri saate göre çok değişim göstermemektedir. E_{min} / E_{max} değeri yaklaşık olarak %20-22 olmaktadır.

Doğuya bakan penceresi olan hacimde, saat 12:00 ve 16:00 için oranlar çok değişim göstermemiştir. E_{min} ' in E_{max} ' a oranı yaklaşık olarak %17-20 değerleri arasında kalmıştır. Saat 9:00' da ise güneşin azimut açısına (α_s) bağlı olarak pencerenin gördüğü gök parçasının ışıklılığı fazla olduğu için söz konusu oranlar küçük çıkmıştır. Oranın yaklaşık %7 olması pencereye yakın noktada en yüksek değerine ulaşan aydınlık düzeyinin hacmin derinliklerine gidildikçe saat 12:00 ve 16:00' ya göre daha çok azaldığını göstermektedir.

Penceresi güneye bakan hacimde, E_{min} / E_{max} değeri, saat 9:00 ve 16:00 için yaklaşık %12-15 olmaktadır. Saat 12:00' de ise oran %6' ya düşmektedir. Bu oran, gözleme noktasında bulunan en düşük ve en yüksek aydınlık düzeyi arasında büyük ayrım olduğunu göstermektedir. Başka bir deyişle aydınlık düzeyi, pencereye yakın noktalar ile hacmin derinliklerindeki noktalar arasında büyük değişim göstermiştir.

Batı yönündeki durum doğu yönüyle benzerlik göstermektedir. Batı yönünde saat 16:00' daki oranlar ile doğu yönünde saat 9:00' daki oranlar yaklaşık olarak aynıdır. Bu yönde, E_{min} / E_{max} değeri saat 16:00' da yaklaşık %6; saat 9:00 ve 12:00' de ise yaklaşık %17-22 arasında bir

değer bulunmuştur. Saat 16:00' daki oranın %6 olması, aydınlık düzeyinin en yüksek değerinden en düşük değerine ulaşırken saat 9:00 ve 12:00' ye göre daha çok azaldığını göstermektedir.

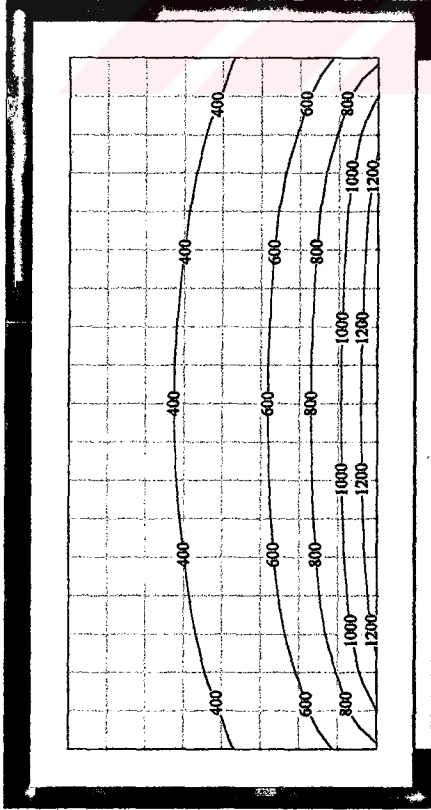
- En yüksek aydınlık düzeyinin olduğu durumlar yönlere ve saatlere göre değişim göstermektedir. Saat 16:00 için tüm yönlerde en yüksek aydınlık düzeyi 21 Haziran'da olmuştur. Saat 9:00 ve 12:00' de en yüksek değer, güney yönü hariç, diğer yönler için yine 21 Haziran' dadır. Güneyde ise en yüksek değer 21 Eylül/21 Mart' ta gerçekleşmiştir. 21 Aralık'ta yönlerden bağımsız olarak en düşük değerler ortaya çıkmıştır. Saat 12:00' de aydınlık düzeyinin yüksek olduğu günün 21 Mart/21 Eylül olmasının nedeni pencerenin gördüğü gök parçasının ışıklılığının 21 Haziran' dakine göre daha fazla olmasıdır. 21 Haziran' da güneş ışınlımları çok dik bir açıyla gelmekte ve pencerenin gördüğü göğün ışıklılığının, güneş ve hâlesinden etkilenmesi 21 Mart/21 Eylül' dekine oranla daha az olmaktadır. Açık gök modelinde dış yatay aydınlık düzeyi sadece güneşin yükseklik açısına bağlı olduğu için güneşin yükseklik açısının aynı olduğu günler olan 21 Mart ile 21 Eylül günlerinin aydınlık düzeyi sonuçları eşit çıkmıştır (Çizelge 6.4).

Çizelge 6.4 Açık gök engelsiz durum için yön, gün ve saatlere göre en düşük (E_{min}) ve en yüksek (E_{max}) aydınlık düzeyleri (lm/m^2)

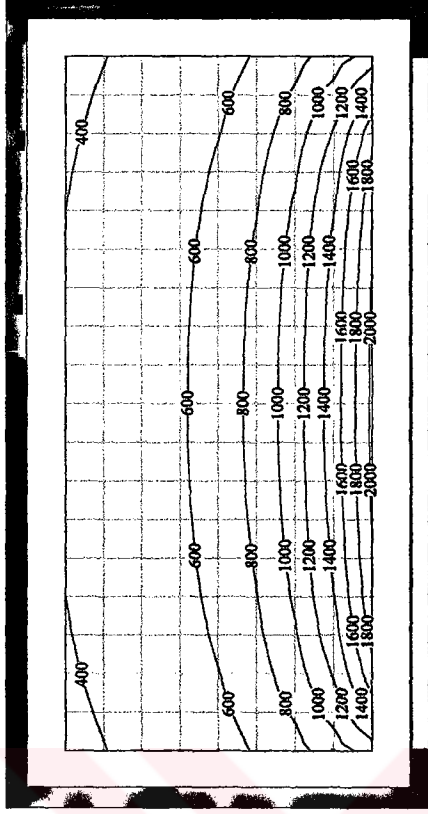
YÖN	GÜN	SAAT								
		9:00			12:00			16:00		
		E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}
KUZAY	21 Mr.	297	1366	0,2174	357	1557	0,2292	244	1187	0,2055
	21 Hz.	375	2050	0,1829	482	2517	0,1914	329	1864	0,1765
	21 Eyl.	297	1366	0,2174	357	1557	0,2292	244	1187	0,2055
	21 Ar.	170	849	0,2002	260	1176	0,2210	72	389	0,1850
DOĞU	21 Mr.	325	4397	0,0739	384	2306	0,1665	240	1113	0,2165
	21 Hz.	444	9644	0,0460	547	3615	0,1513	313	1348	0,2321
	21 Eyl.	325	4397	0,0739	384	2306	0,1665	240	1113	0,2156
	21 Ar.	177	1547	0,1144	268	1461	0,1834	71	393	0,1806
GÜNEY	21 Mr.	316	2666	0,1185	450	11132	0,0404	251	1677	0,1496
	21 Hz.	389	2619	0,1485	792	7898	0,1002	328	1845	0,1777
	21 Eyl.	316	2666	0,1185	450	11132	0,0404	251	1677	0,1496
	21 Ar.	178	1725	0,1031	287	6814	0,0421	73	583	0,1252
BATI	21 Mr.	294	1296	0,2268	384	2306	0,1665	260	4179	0,0622
	21 Hz.	356	1555	0,2289	547	3615	0,1513	364	10334	0,0352
	21 Eyl.	294	1296	0,2268	384	2306	0,1665	260	4179	0,0622
	21 Ar.	170	849	0,2002	268	1461	0,1834	74	730	0,1013

- Günlerden bağımsız olarak bakıldığında en yüksek aydınlık düzeyinin bulunduğu saat yönlere göre değışim göstermektedir. Kuzey, güney ve batı yönleri için en yüksek aydınlık düzeyi saat 12:00' de bulunmuştur. Doğu yönünde ise güneşin azimut açısına (α_s) bağlı olarak pencerenin gördüğü göğün ışıklılığı saat 9:00' da diğer saatlere göre daha fazla olduğundan en yüksek aydınlık düzeyi bu saatte bulunmuştur ( izelge 6.4; şekil 6.5).

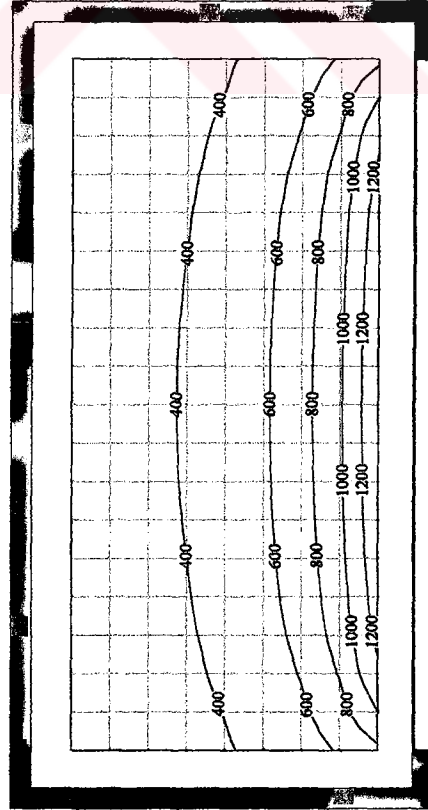




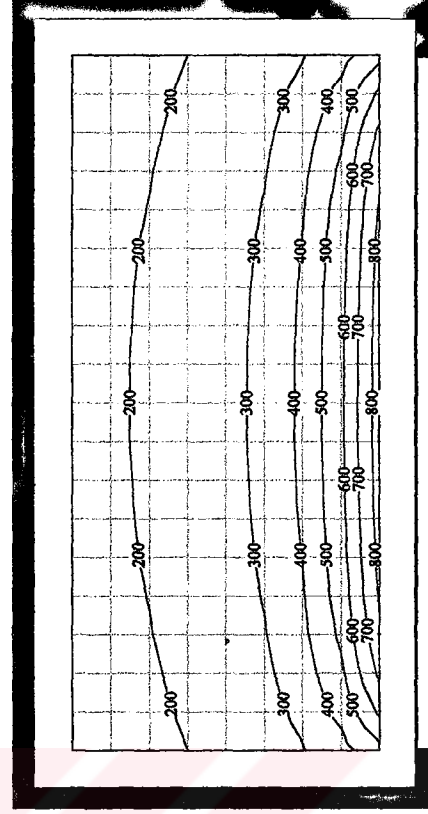
21 Mart



21 Haziran

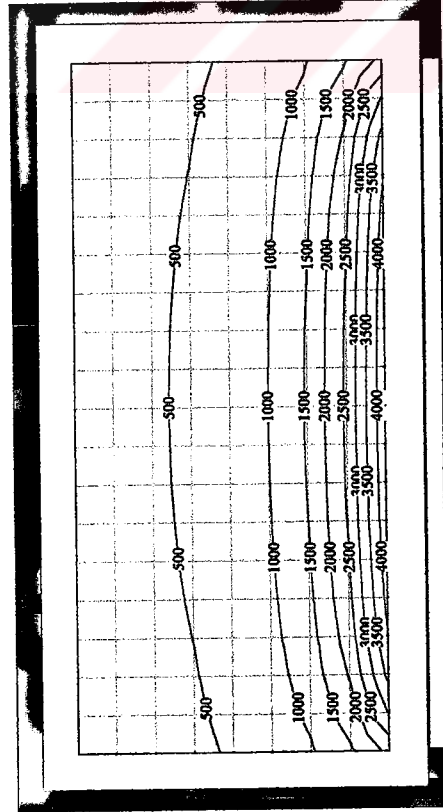


21 Eylül

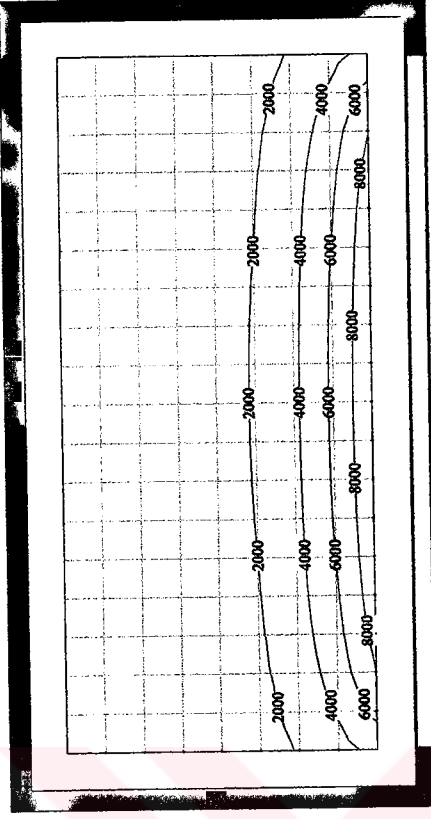


21 Aralık

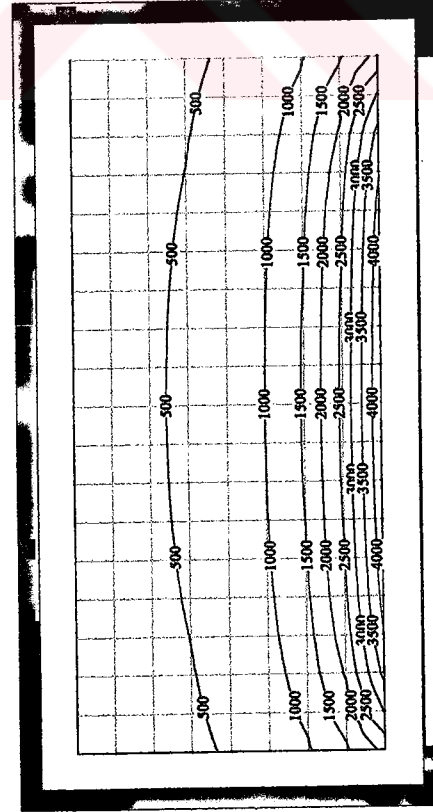
Şekil 6.4 Açık gök güneşiği aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: kuzey; Saat: 9:00.



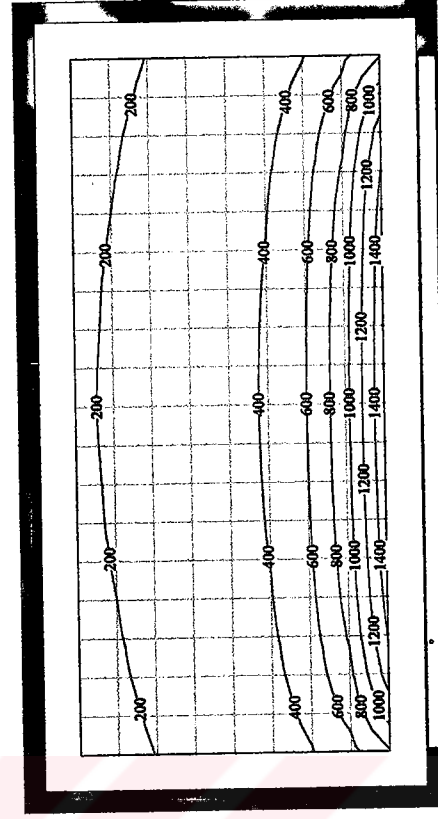
21 Mart



21 Haziran

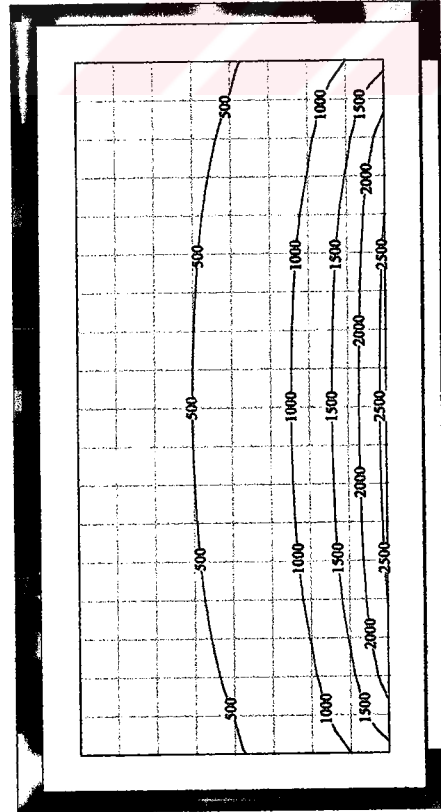


21 Eylül

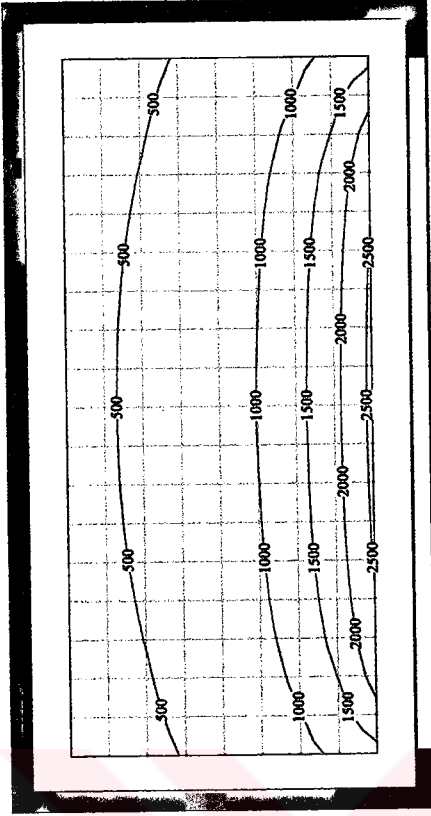


21 Aralık

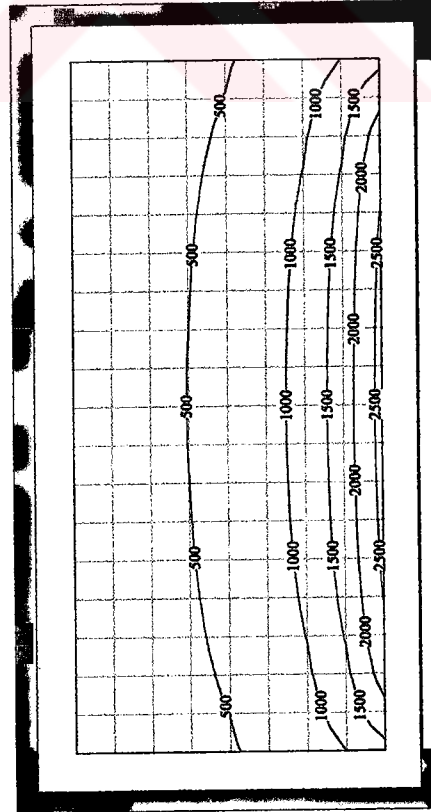
Şekil 6.5 Açık gök güneşliği aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: doğu; Saat: 9:00.



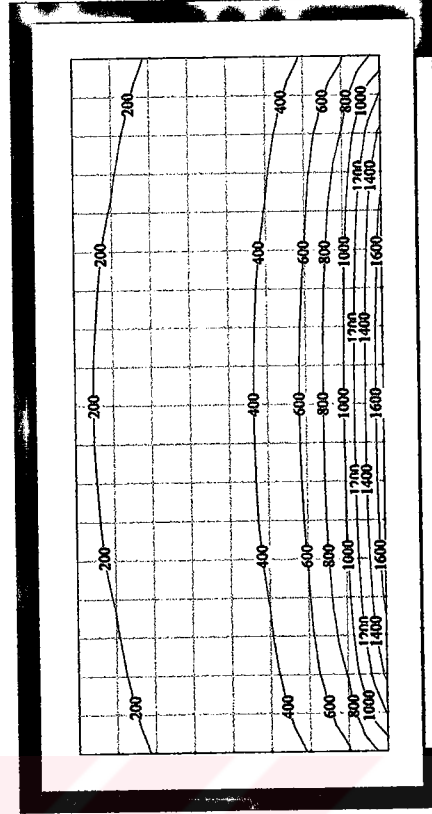
21 Mart



21 Haziran

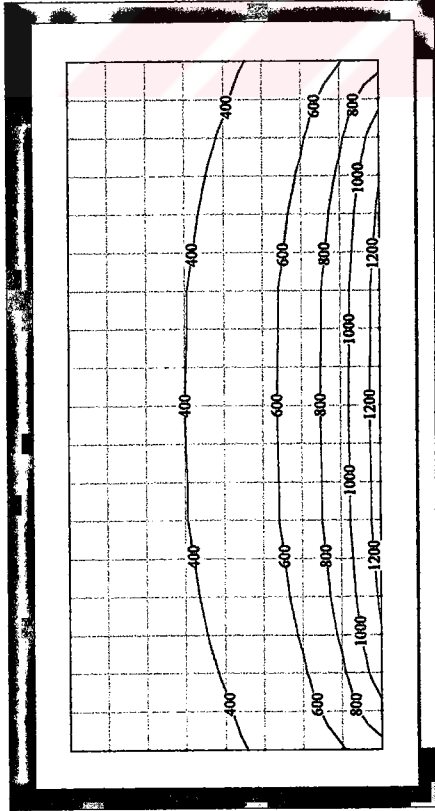


21 Eylül

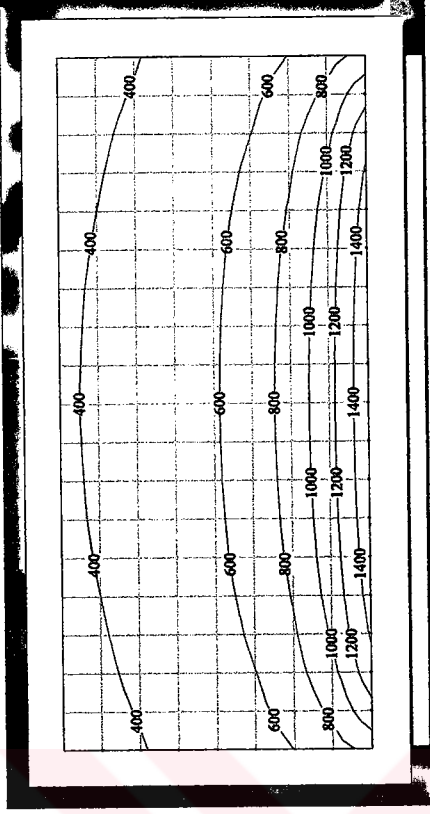


21 Aralık

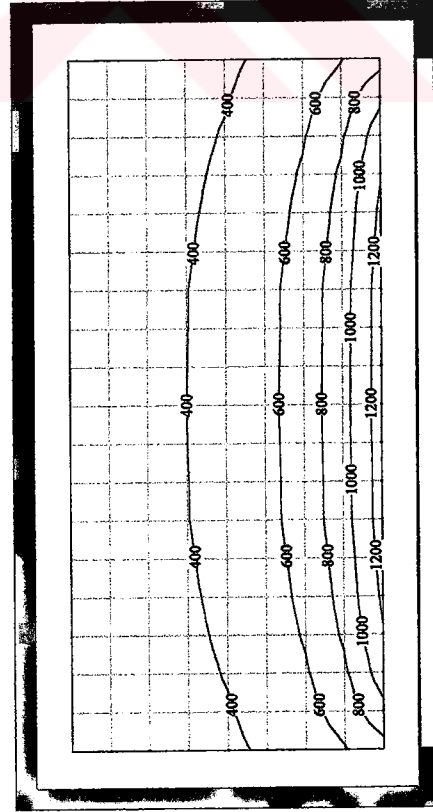
Şekil 6.6 Açık gök güneşiği aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: güney; Saat: 9:00.



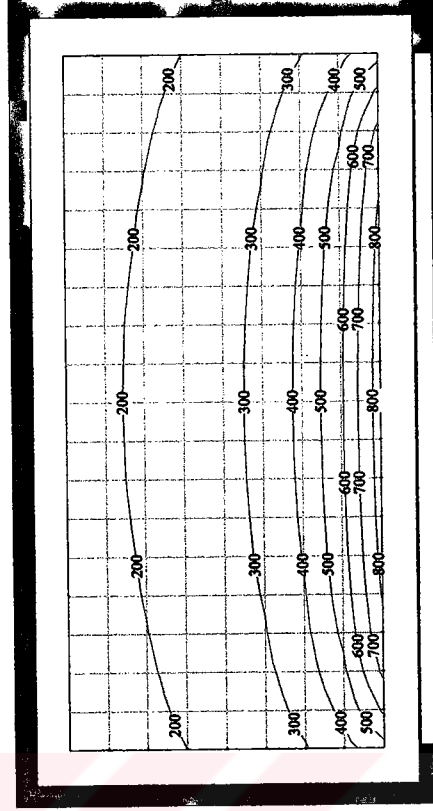
21 Mart



21 Haziran

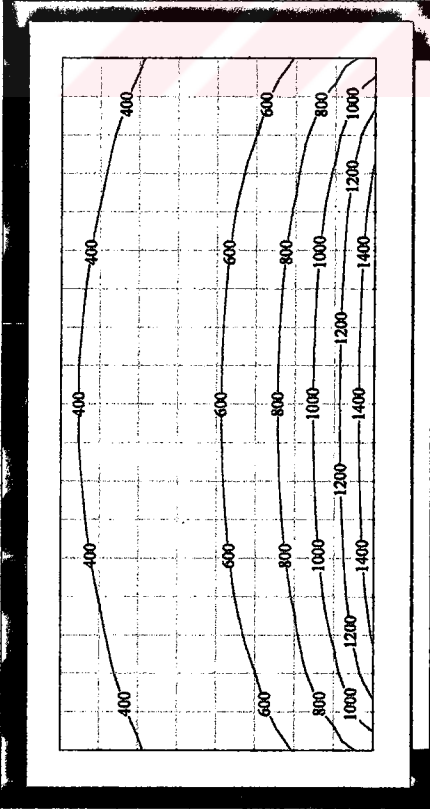


21 Eylül

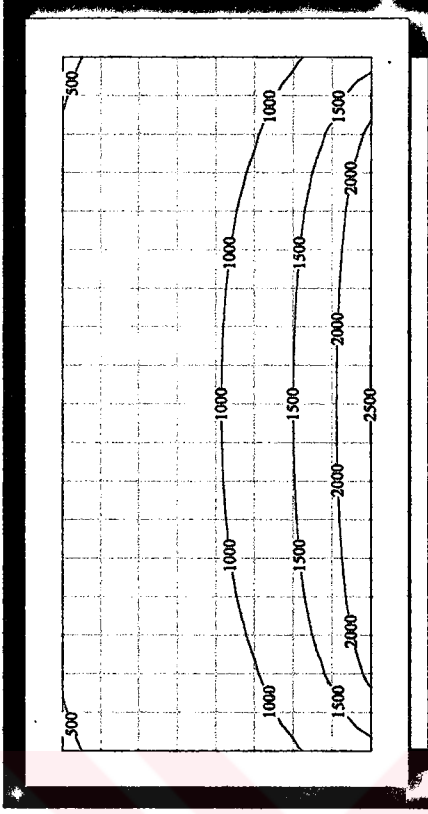


21 Aralık

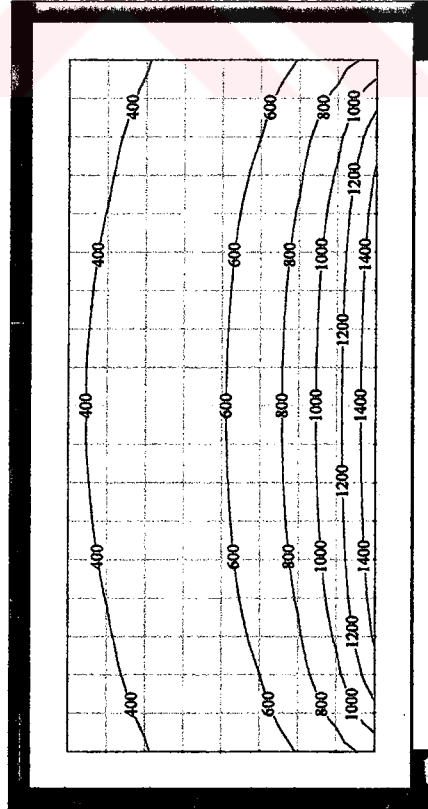
Şekil 6.7 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: batı; Saat: 9:00.



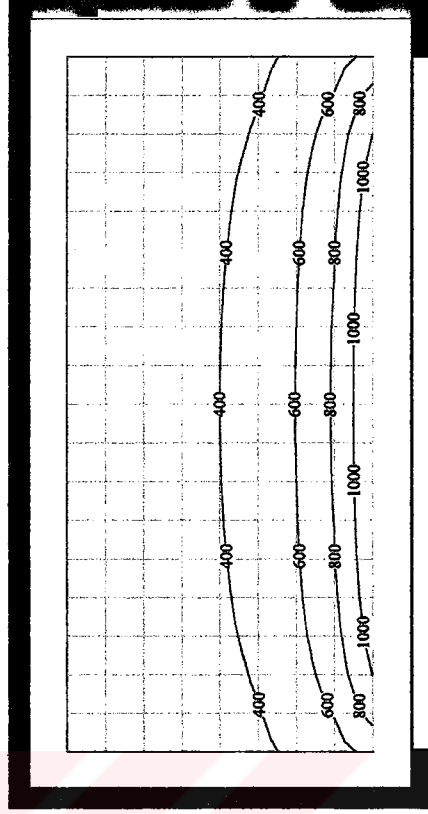
21 Mart



21 Haziran

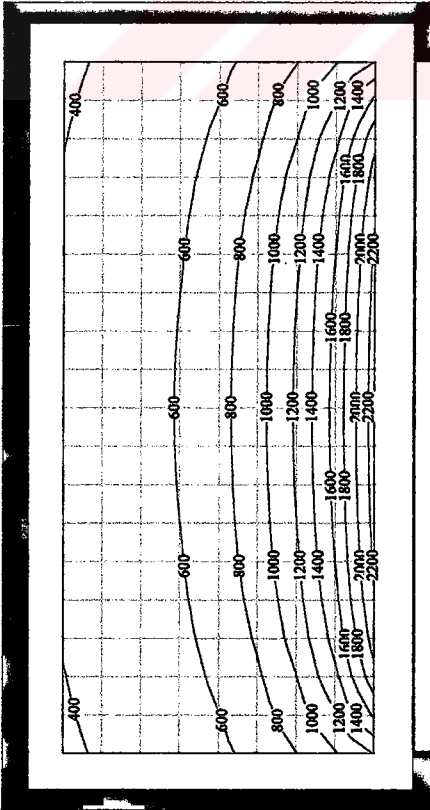


21 Eylül

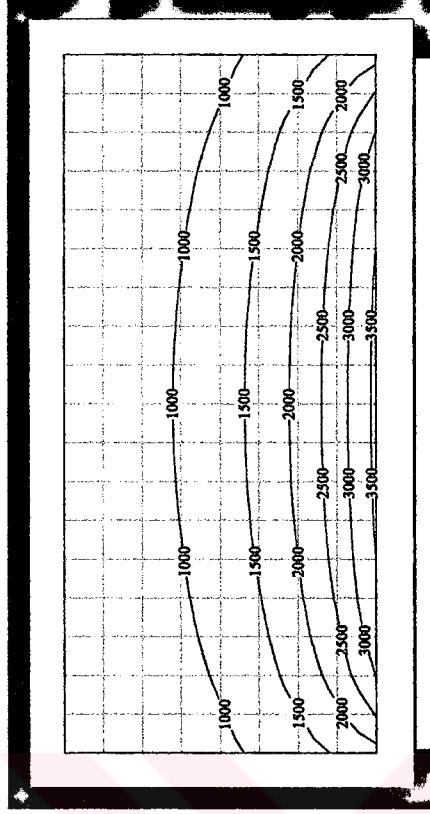


21 Aralık

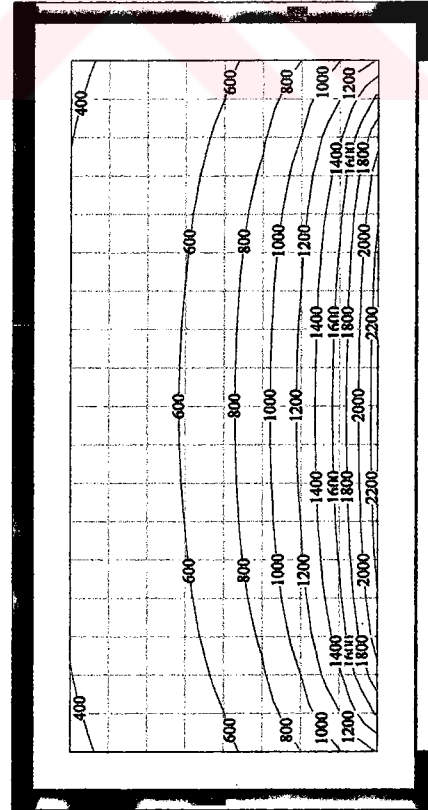
Şekil 6.8 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: kuzey; Saat: 12:00.



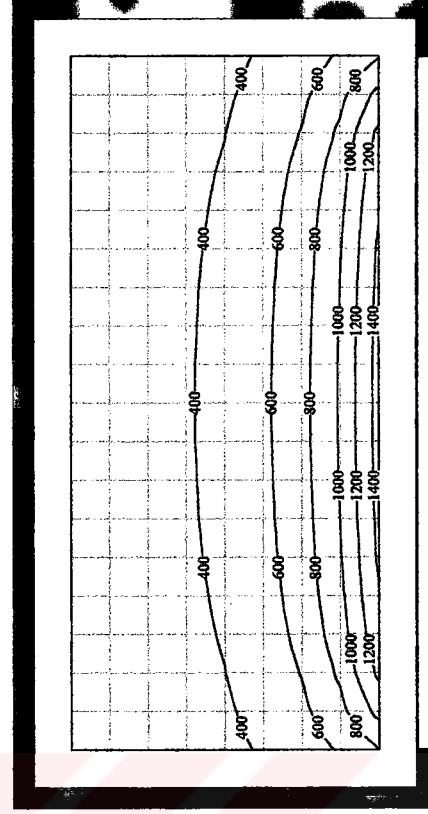
21 Mart



21 Haziran

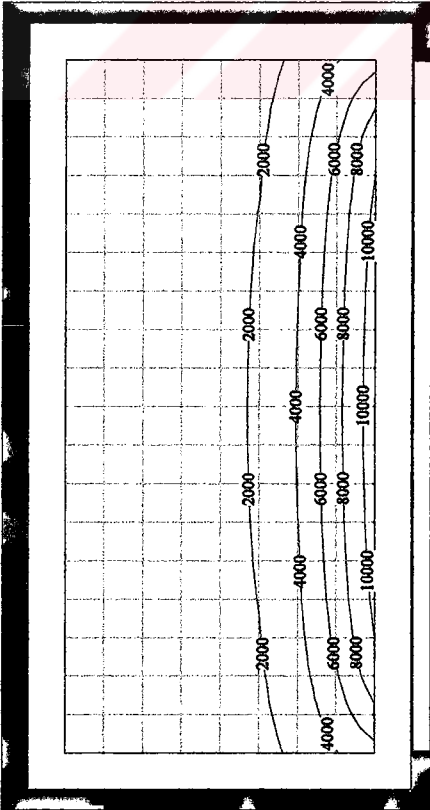


21 Eylül

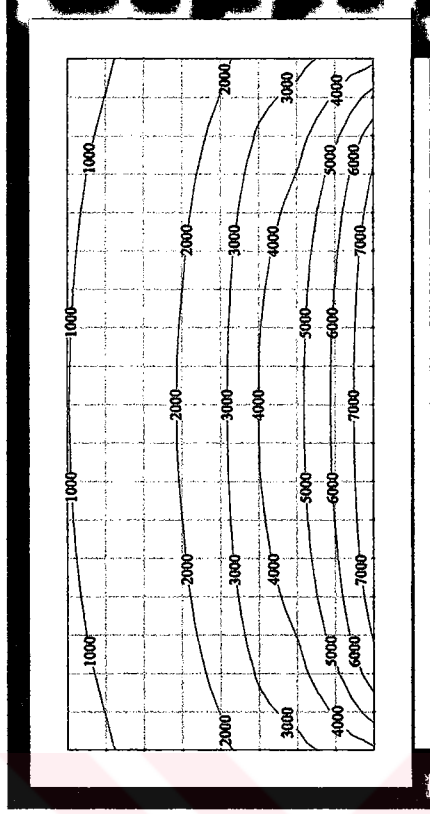


21 Aralık

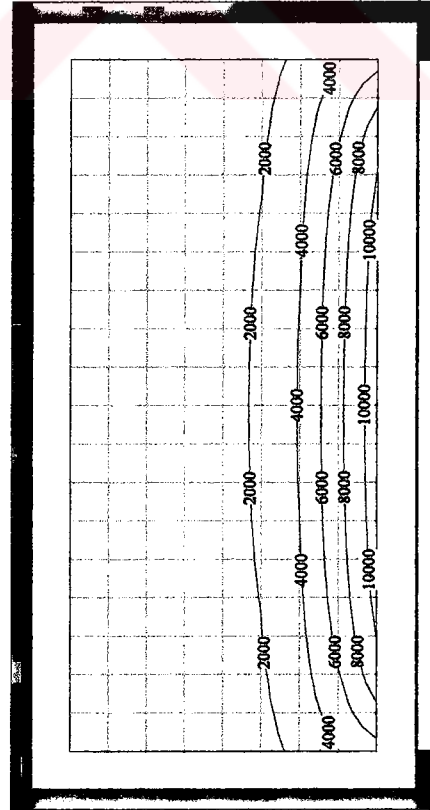
Şekil 6.9 Açık gök güneşli aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: doğu; Saat: 12:00.



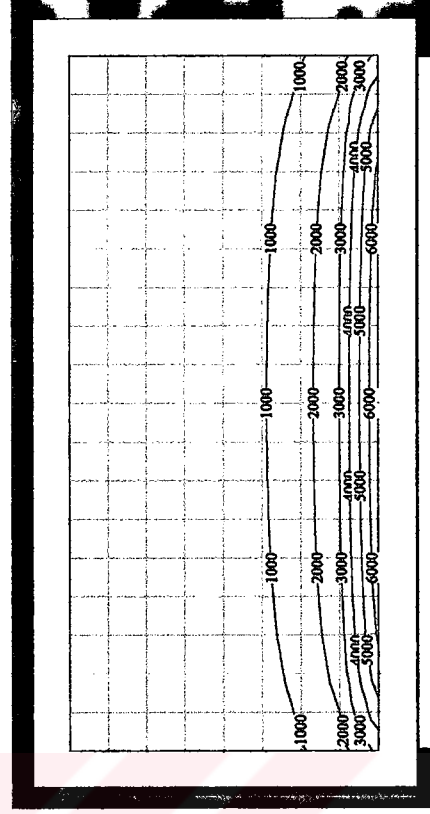
21 Mart



21 Haziran

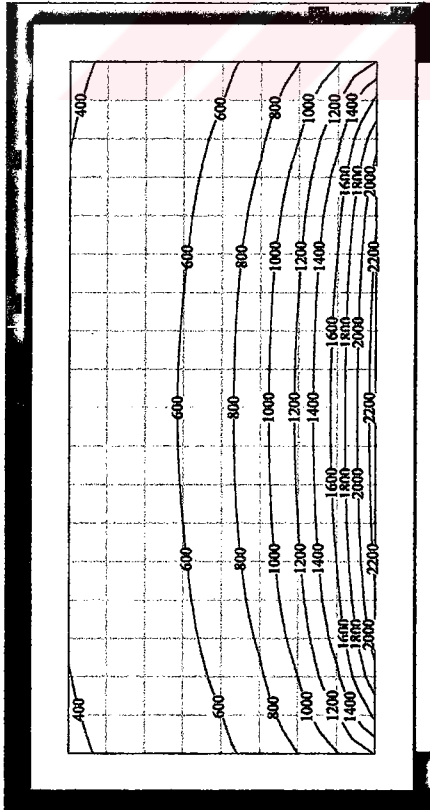


21 Eylül

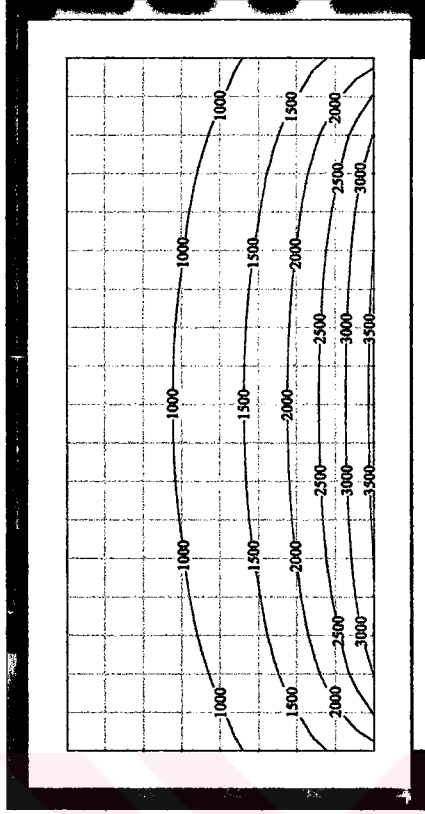


21 Aralık

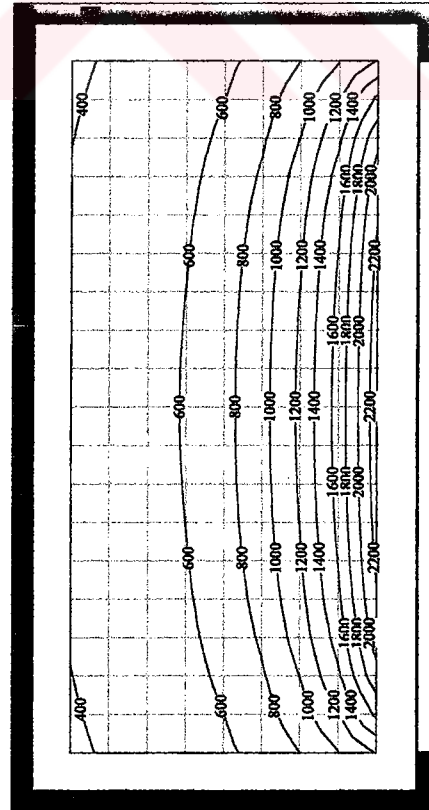
Şekil 6.10 Açık gök güneşiği aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: güney; Saat: 12:00.



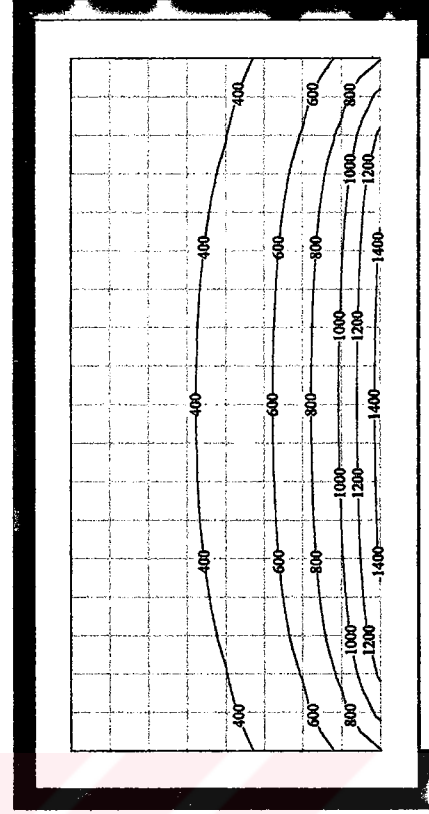
21 Mart



21 Haziran

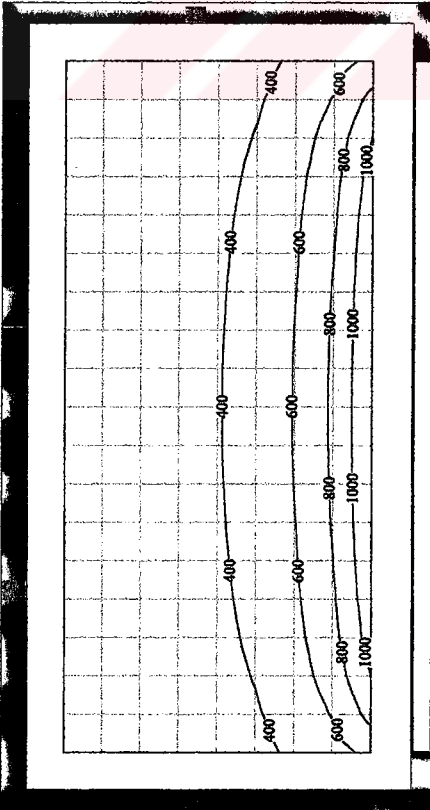


21 Eylül

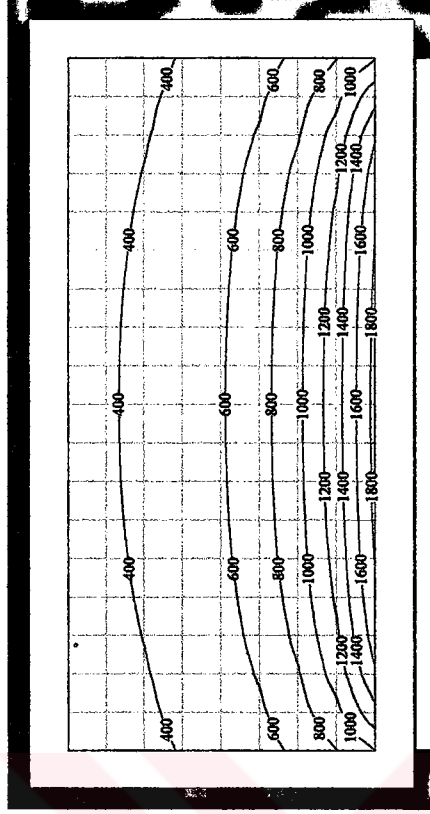


21 Aralık

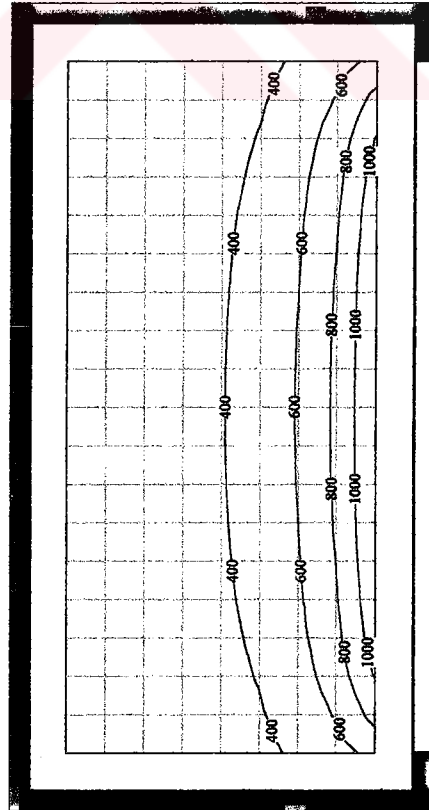
Şekil 6.11 Açık gök güneşli aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: batı; Saat: 12:00.



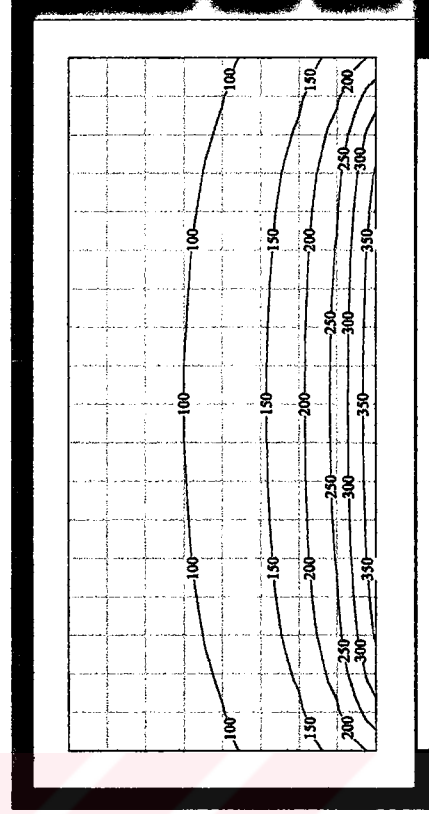
21 Mart



21 Haziran

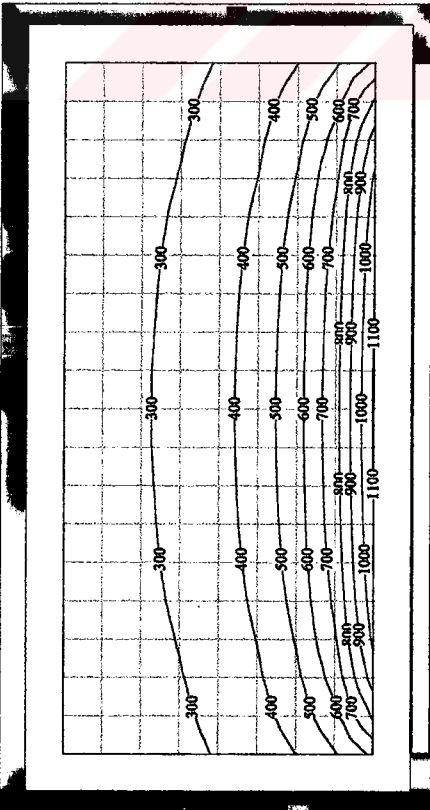


21 Eylül

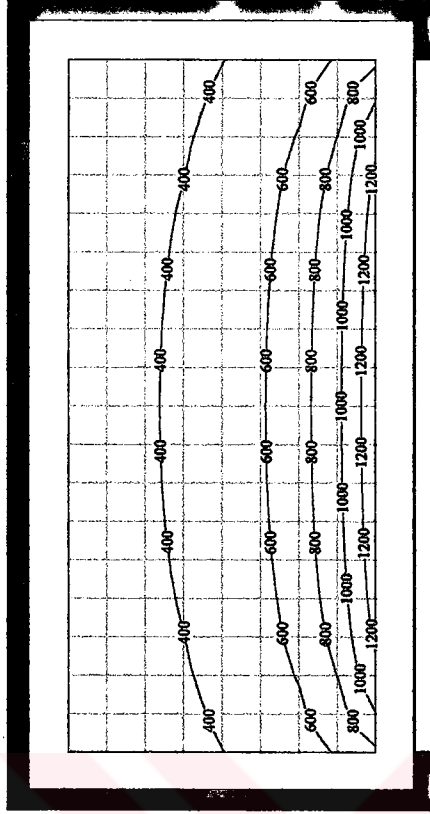


21 Aralık

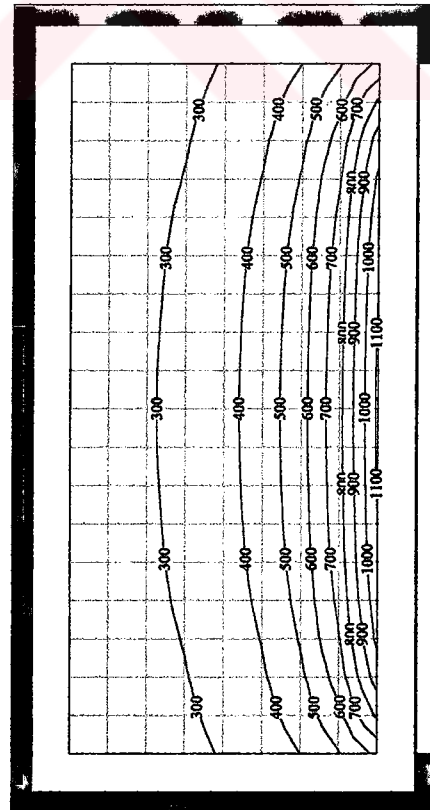
Şekil 6.12 Açık gök güneşiği aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: kuzey; Saat: 16:00.



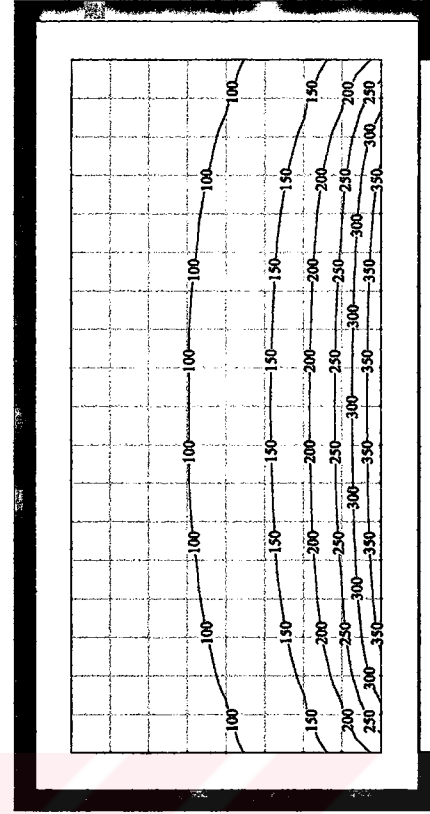
21 Mart



21 Haziran

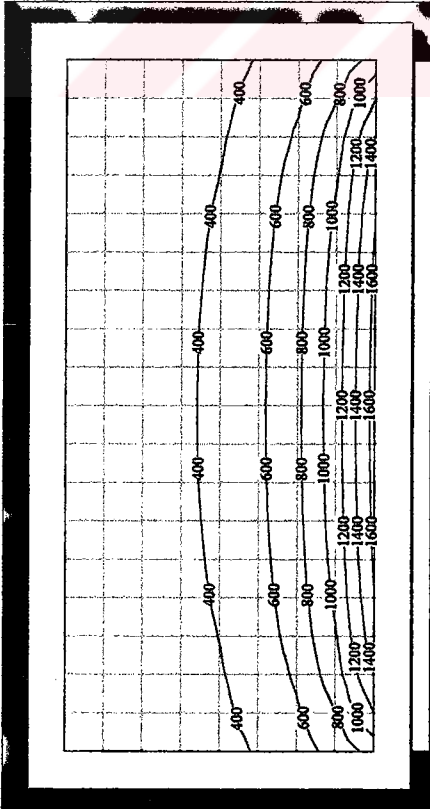


21 Eylül

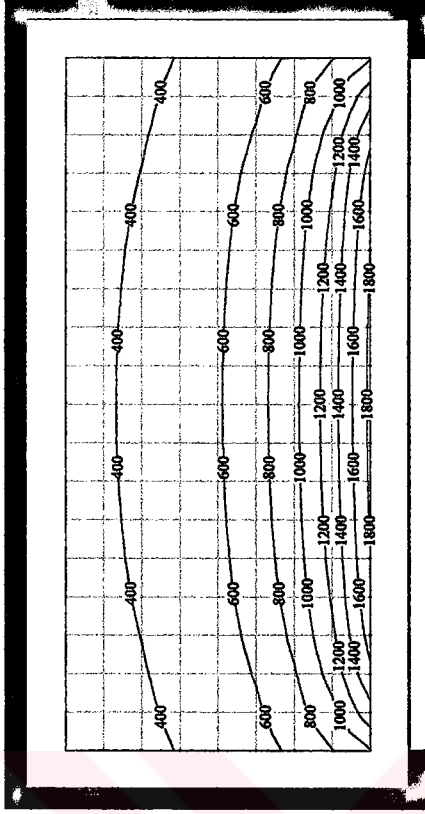


21 Aralık

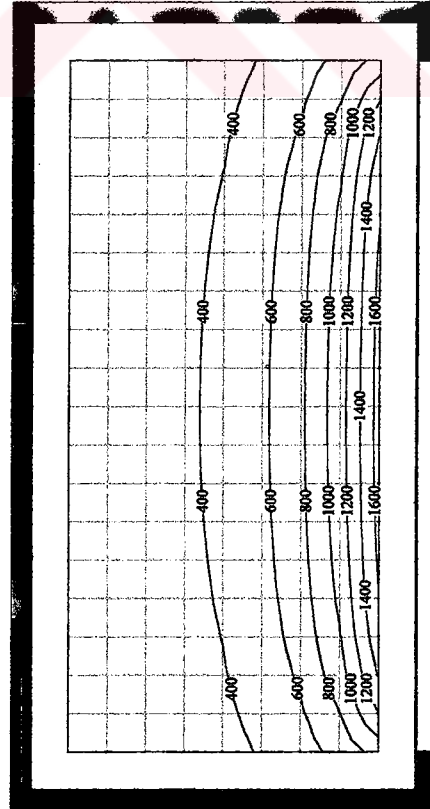
Şekil 6.13 Açık gök güneşiği aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: doğu; Saat: 16:00.



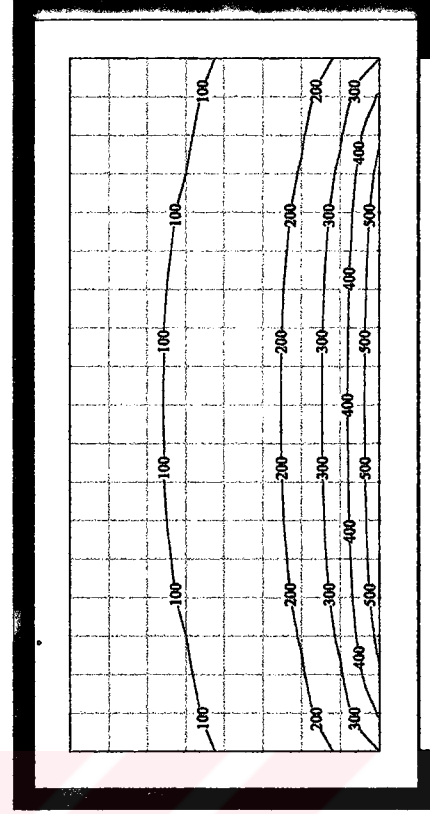
21 Mart



21 Haziran

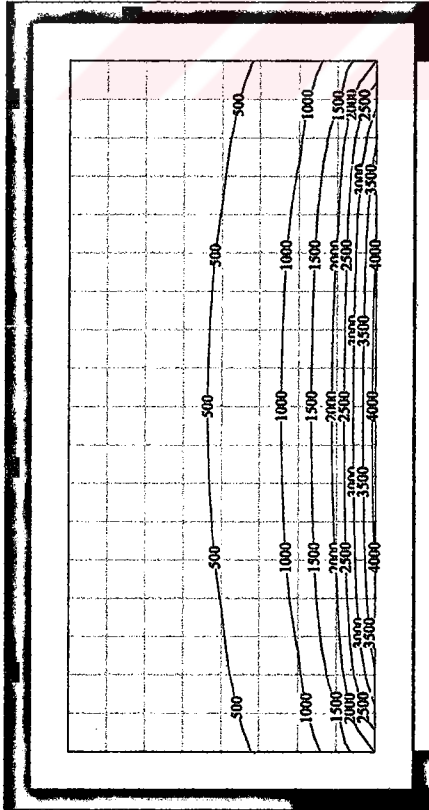


21 Eylül

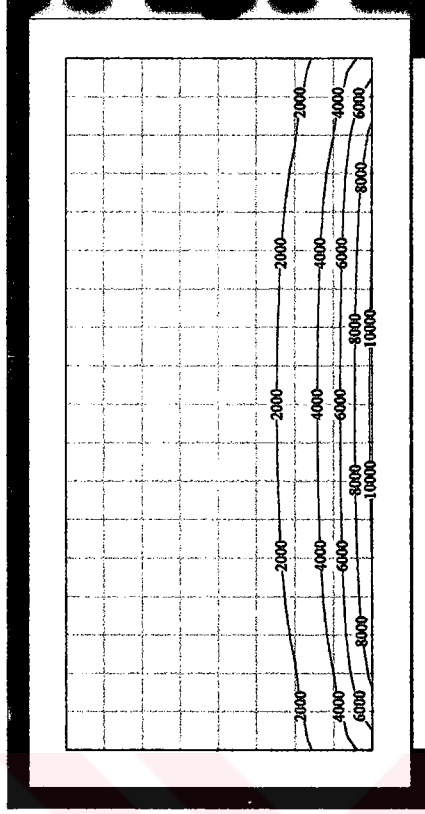


21 Aralık

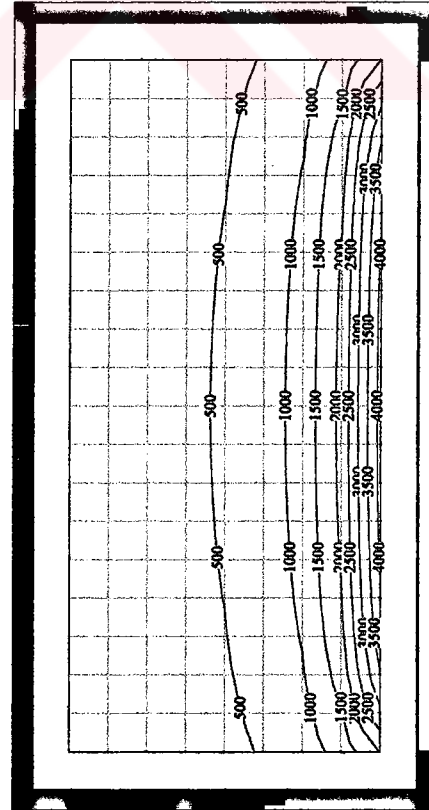
Şekil 6.14 Açık gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: güney; Saat: 16:00.



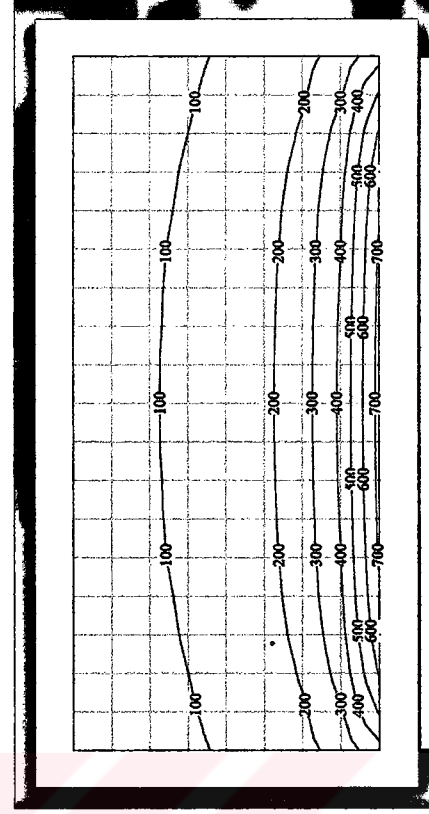
21 Mart



21 Haziran



21 Eylül



21 Aralık

Şekil 6.15 Açık gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: batı; Saat: 16:00.

6.3 Engelsiz Durum İçin Ortalama Gök Sonuçları

Ortalama gök koşulunda engelsiz durum için alınan hesap sonuçları doğrultusunda çizilen dağılımlar Şekil 6.16 - Şekil 6.27 arasında verilmiştir. Bu dağılımlar incelendiğinde belirlenen durumlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Aydınlık dağılım biçimi: Aydınlık düzeyi dağılım biçimi pencere yönüne bağlı olup, her koşulda pencere eksenine göre simetrik değildir. Dağılım yön, gün ve saate bağlı olarak biçim değiştirmektedir. Bu değişimin temel nedeni dolaysız güneş ışığının da hesaplara katılmasıdır. Gözleme noktası dolaysız güneş ışığı aldığı anda aydınlık düzeyi oldukça yükselmekte ve aydınlık düzeyi dağılımı biçimi asimetrik olmaktadır. Bu bağlamda, hacmin derinliklerindeki bir gözleme noktası da güneş alabileceğinden pencereden uzaklaştıkça aydınlık düzeyi azalır demek her zaman olanaklı değildir.

Örnek vermek gerekirse; saat 9:00' da kuzey yönünde hesap yapılan günlerin tümü için aydınlık dağılımı pencere eksenine göre simetrik olmaktadır, aynı saat için doğu yönünde yine tüm hesap günlerinde aydınlık dağılım biçimi asimetriktir (Şekil 6.16, 6.17). Batı yönü için saat 16:00' da, 21 Mart ve 21 Eylül günlerindeki dağılım asimetrik, 21 Haziran ve 21 Aralık günlerindeki dağılım ise simetriktir (Şekil 6.27).

Hacim derinliği: 500 lm/m^2 nin sağlandığı hacim derinliği pencereden uzaklık olarak Çizelge 6.5' te verilmiştir. Dağılımın simetrik olmadığı günlerde alan kullanımı ilkesine göre ortalama bir değer bulunmuş olup, bunlar çizelgede "*" işaretiyle belirtilmiştir. Çizelge 6.5 incelendiğinde aşağıdaki bulgular saptanmıştır:

- 21 Haziran 12:00' de, hesap yapılan tüm yönlerde; saat 9:00' da ise yalnızca doğu yönünde yararlı düzlemin tümü yeterli düzeyde aydınlanmaktadır. Yine saat 12:00' de güney yönünde 21 Mart ve 21 Eylül günlerinde yararlı düzlemin tümünde yeterli düzeyde aydınlık oluşmuştur.
- Saat 9:00 ve 12:00' de 21 Aralık dışındaki tüm yön ve günler için yaklaşık olarak yararlı düzlemin yarısından fazlasında yeterli düzeyde aydınlık sağlanmıştır.
- Saat 16:00' da 21 Aralık dışında tüm günlerde, güney ve batı yönünde yararlı düzlemin yaklaşık olarak yarısından fazlası yeterli düzeyde aydınlanırken; doğu ve kuzey yönlerinde yararlı düzlemin yaklaşık yarısında yeterli aydınlık oluşmuştur.
- 21 Aralık saat 9:00' da kuzey ve batı yönü için pencereye çok yakın bölümde; doğu ve güney yönünde ise yararlı düzlemin yarısından fazlasında yeterli aydınlık oluşmuştur.

Aynı gün için saat 12:00' de, güney dışındaki tüm yönlerde pencereye yakın bölümde, güneyde ise yararlı düzlemin yarısından fazlasında yeterli aydınlık oluşmuştur. Saat 16:00' da yararlı düzlemin hiç bir bölümü yeterli düzeyde aydınlanmamıştır.

- 21 Aralık 16:00' da hesap yapılan tüm yönlerde hacmin tümü için yapay aydınlatmaya; diğer yön, gün ve saatlerde ise yeterli aydınlığın sağlanamadığı uzaklıktan sonrası için günışığı ile yapay aydınlatmanın birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatmaya gereksinim vardır.

Çizelge 6.5 Ortalama gök için engelsiz durumda, 500 lm/m² nin sağlandığı pencereden yaklaşık uzaklıklar

YÖN	GÜN	SAAT		
		9:00	12:00	16:00
KUZEY	21 Mart	2.5 m.	4 m.	2 m.
	21 Haziran	3.5 m.	5 m.	2.5 m.
	21 Eylül	2 m.	3 m.	1.5 m.
	21 Aralık	1 m.	2 m.	-
DOĞU	21 Mart	3.5* m.	3.5 m.	2 m.
	21 Haziran	5* m.	5 m.	2.5 m.
	21 Eylül	3.5* m	3.5 m.	1.5 m.
	21 Aralık	3.5* m	2 m.	-
GÜNEY	21 Mart	3.5* m	5 m.	3* m.
	21 Haziran	4* m.	5 m.	2.5 m.
	21 Eylül	3.5* m	5 m.	3* m.
	21 Aralık	3* m	3 m.	-
BATI	21 Mart	2.5 m.	3.5 m.	4* m.
	21 Haziran	3 m.	5 m.	3.5 m.
	21 Eylül	2 m.	3.5 m.	4* m.
	21 Aralık	1 m.	2 m.	-

Aydınlık düzeyi: Aydınlık düzeyinin en yüksek (E_{max}) ve en düşük (E_{min}) değeri arasındaki oran pencerenin baktığı yöne göre değişim göstermektedir. Bu durum Çizelge 6.6' da gösterilmiştir. Çizelgeden de yararlanılarak aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- Kuzeye bakan penceresi olan hacimde, E_{min} / E_{max} değerleri saate göre çok değişim göstermemektedir. E_{min} / E_{max} değeri yaklaşık olarak yaklaşık olarak %17 olmaktadır.

Doğuya bakan penceresi olan hacimde, saat 12:00 ve 16:00 için oranlar çok değişim göstermemiştir. E_{min} / E_{max} , yaklaşık olarak %16-17 değerleri arasında kalmıştır. Saat 9:00' da ise güneşin azimut açısına (α_s) bağlı olarak pencerenin gördüğü gök parçasının ışıklılığı fazla

olduğu için söz konusu oranlar küçük çıkmıştır. Oranın yaklaşık %1.5 olması pencereye yakın noktada en yüksek değerine ulaşan aydınlık düzeyinin hacmin derinliklerine gidildikçe saat 12:00 ve 16:00' ya göre daha çok azaldığını göstermektedir. Dolaysız güneş ışığının hacme girmesi nedeniyle oran bu kadar küçük çıkmıştır.

Güneye bakan penceresi olan hacimde E_{min} / E_{max} değeri, hesap yapılan tüm saatler için birbirine yakın değerlerde olup, yaklaşık %2-8 arasında değişmektedir. En yüksek aydınlık düzeyi ile en düşük aydınlık düzeyi arasındaki farkın en büyük olduğu gün ve saat 21 Eylül 12:00' dir (Çizelge 6.6, Şekil 6.22).

Ortalama gök modelinde dış yatay aydınlık düzeyi güneşin açısı yanında bulanıklılık, bulutluluk ve güneşlenme olasılığı gibi değişkenlere de bağlı olduğundan 21 Eylül ile 21 Mart günleri için eşit sonuçlar alınmamıştır.

Çizelge 6.6 Ortalama gök engelsiz durum için yön, gün ve saatlere göre en düşük (E_{min}) ve en yüksek (E_{max}) aydınlık düzeyleri (lm/m^2)

YÖN	GÜN	SAAT								
		9:00			12:00			16:00		
		E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}
KUZAY	21 Mr.	300	1798	0,1668	385	2248	0,1712	229	1480	0,1547
	21 Hz.	383	2228	0,1719	490	2740	0,1788	333	1999	0,1665
	21 Eyl.	299	1532	0,1951	363	1725	0,2104	239	1290	0,1852
	21 Ar.	148	991	0,1493	254	1597	0,1590	61	461	0,1323
DOĞU	21 Mr.	314	19323	0,0162	400	2680	0,1492	228	1452	0,1570
	21 Hz.	441	36499	0,0120	546	3680	0,1483	320	1572	0,2035
	21 Eyl.	322	19525	0,0164	386	2391	0,1614	237	1232	0,1923
	21 Ar.	150	3831	0,0391	257	1712	0,1501	61	461	0,1323
GÜNEY	21 Mr.	310	16401	0,0189	439	36636	0,0119	232	7366	0,0314
	21 Hz.	395	10044	0,0393	756	7352	0,1028	333	1983	0,1679
	21 Eyl.	315	16140	0,0195	445	38189	0,0116	245	7395	0,0331
	21 Ar.	151	3955	0,0381	265	14673	0,0180	61	461	0,1323
BATI	21 Mr.	298	1761	0,1692	400	2680	0,1492	235	10864	0,0216
	21 Hz.	366	1807	0,2025	546	3680	0,1483	362	9011	0,0401
	21 Eyl.	296	1475	0,2006	386	2391	0,1614	252	11920	0,0211
	21 Ar.	148	991	0,1493	257	1712	0,1501	461	461	0,1323

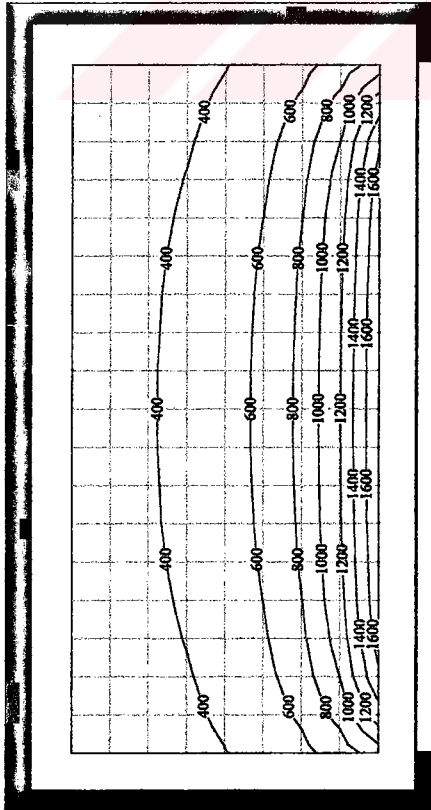
- Aydınlık düzeyleri yöne ve saate bağlı olarak farklı değerlerde bulunmuşlardır. Dolaysız güneş ışığı hesaplara katıldığı için belirli gün ve saatler bir araya toplanarak bir genelleme

yapmak olanaklı değildir. Bu nedenle, ortalama gök koşullarında yapılan hesaplamalardan elde edilen bulgular aşağıdaki gibi sıralanabilir.

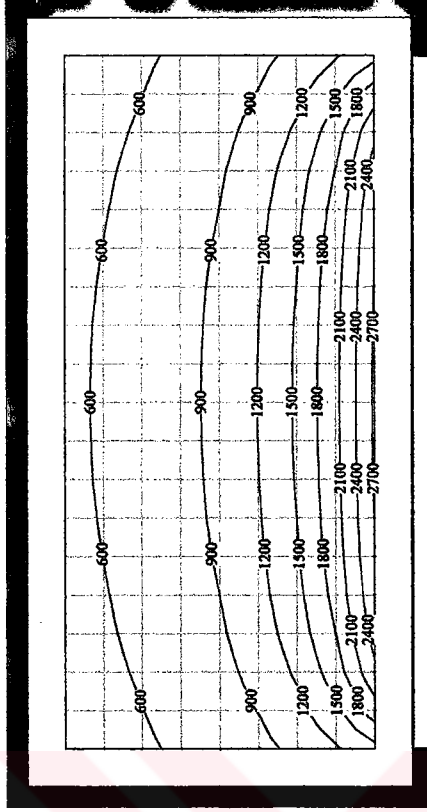
- ◆ Saat 9:00' da, kuzey, batı ve doğu yönleri için en yüksek aydınlık düzeyi 21 Haziran' da bulunmuştur. Güney yönünde en yüksek aydınlık düzeyi 21 Mart' ta oluşmaktadır. En düşük aydınlık düzeyi ise tüm yönler için 21 Aralık' ta bulunmuştur.
- ◆ Saat 12:00' de, kuzey, batı ve doğu yönleri için en yüksek aydınlık düzeyi 21 Haziran' da bulunmuştur. Güney yönü için en yüksek aydınlık düzeyinin bulunduğu gün 21 Eylül olmuştur. Güney yönü dışındaki tüm yönlerde, en düşük değerler 21 Aralık'ta ortaya çıkmıştır. Güney için en düşük aydınlık düzeyi ise 21 Haziran' da bulunmuştur. Saat 12:00' de aydınlık düzeyinin yüksek olduğu günün 21 Eylül olmasının nedeni, 21 Haziran' da güneş ışınlamalarının çok dik bir açıyla gelmesinden dolayı pencereden içeri girmesine rağmen gözleme noktasına ulaşmamasıdır.
- ◆ Saat 16:00' da, kuzey ve doğu yönleri için en yüksek aydınlık düzeyi 21 Haziran' da bulunmuştur. Batı ve güney yönleri için en yüksek aydınlık düzeyinin bulunduğu gün ise 21 Eylül olmuştur. 21 Aralık'ta yönlerden bağımsız olarak en düşük değerler ortaya çıkmıştır.

Ortalama göğe ilişkin en düşük ve en yüksek aydınlık düzeyleri Çizelge 6.6' dan ve aydınlık dağılımlarının verildiği şekillerden izlenebilmektedir.

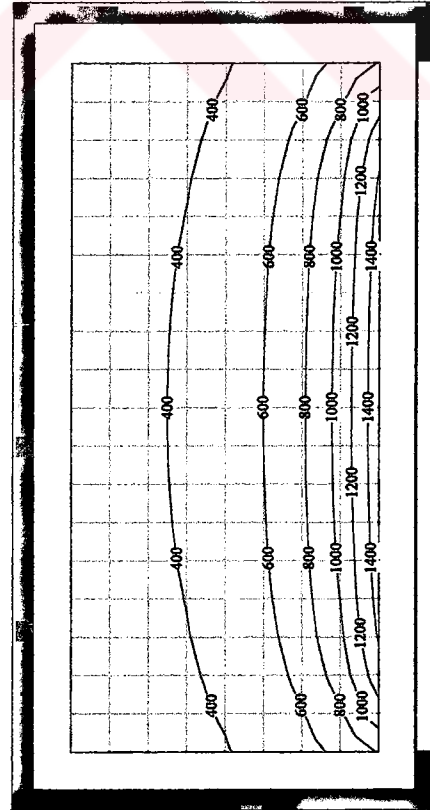
- Günlerden bağımsız olarak bakıldığında en yüksek aydınlık düzeyinin bulunduğu saat yönlerine göre değişim göstermektedir. Kuzey ve güney yönleri için en yüksek aydınlık düzeyi saat 12:00' de bulunmuştur. Doğu yönünde güneşin azimut açısına (α_s) bağlı olarak pencerenin ve gözleme noktalarının güneş alması nedeniyle saat 9:00' da maksimum aydınlık düzeyi bulunmuştur (Çizelge 6.6, Şekil 6.17). Batı yönünde ise güneşin batarken gözleme noktalarına gelmesi nedeniyle saat 16:00' da en yüksek aydınlık düzeyine ulaşılmıştır.



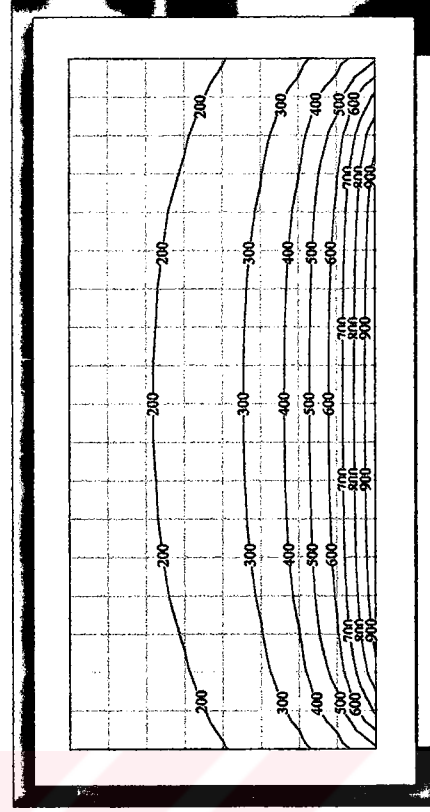
21 Mart



21 Haziran

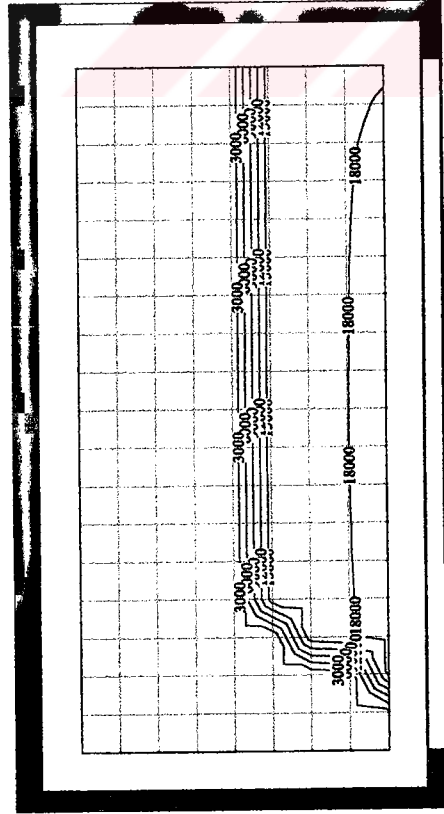


21 Eylül

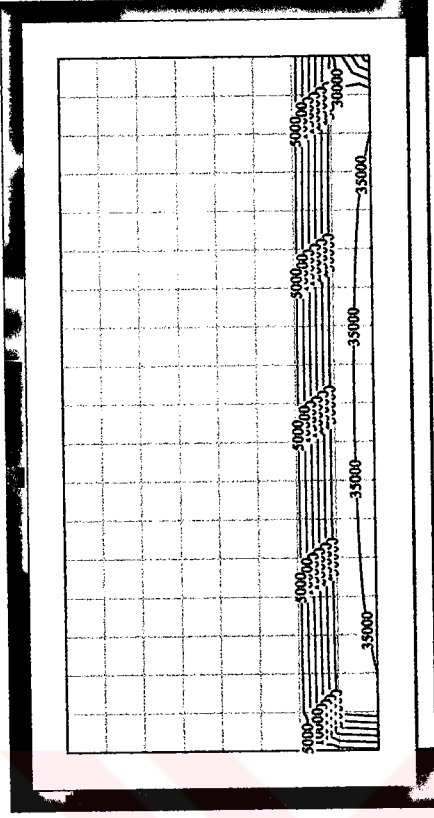


21 Aralık

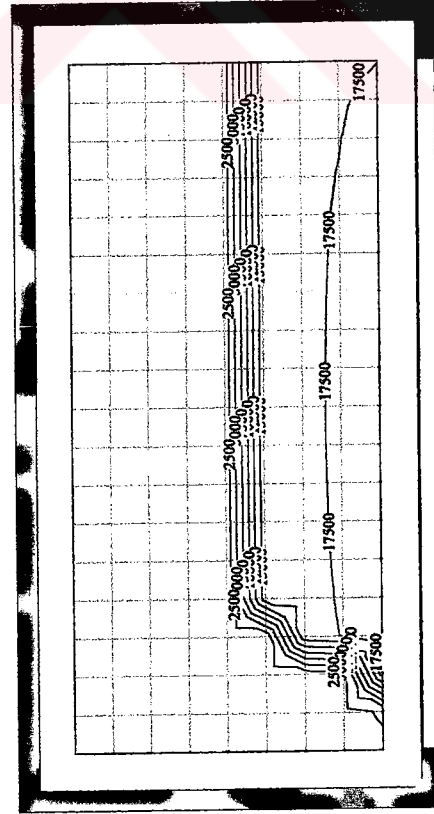
Şekil 6.16 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: kuzey; Saat: 9:00.



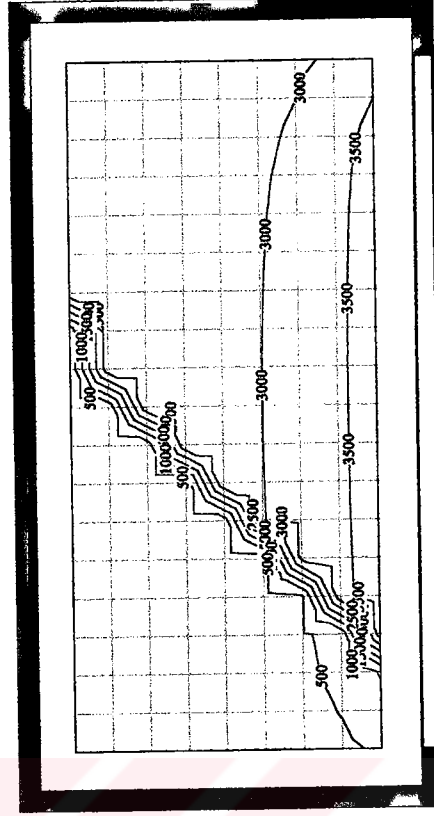
21 Mart



21 Haziran

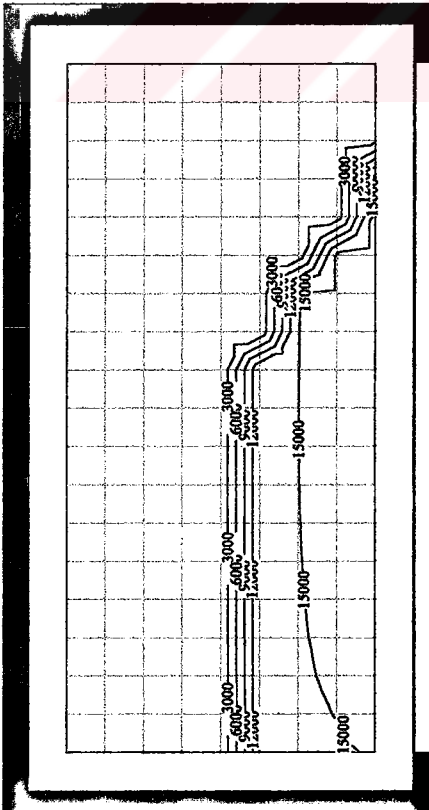


21 Eylül

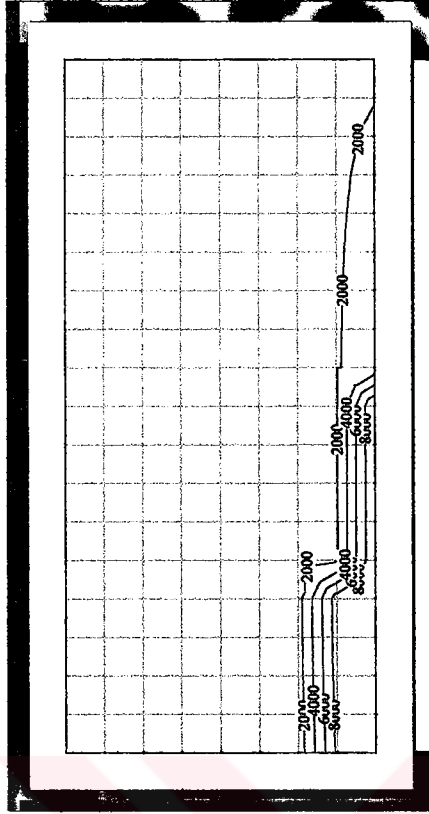


21 Aralık

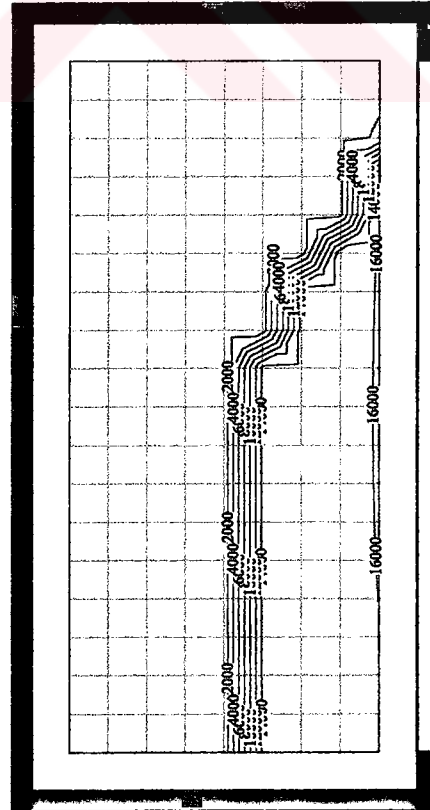
Şekil 6.17 Ortalama gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: doğu; Saat: 9:00.



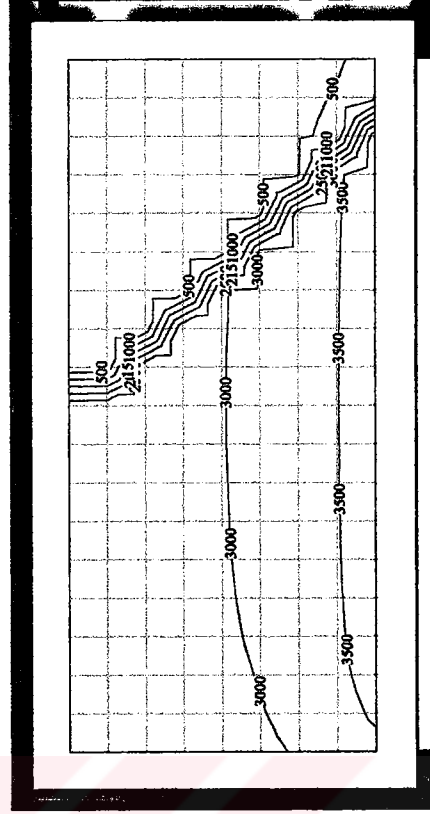
21 Mart



21 Haziran

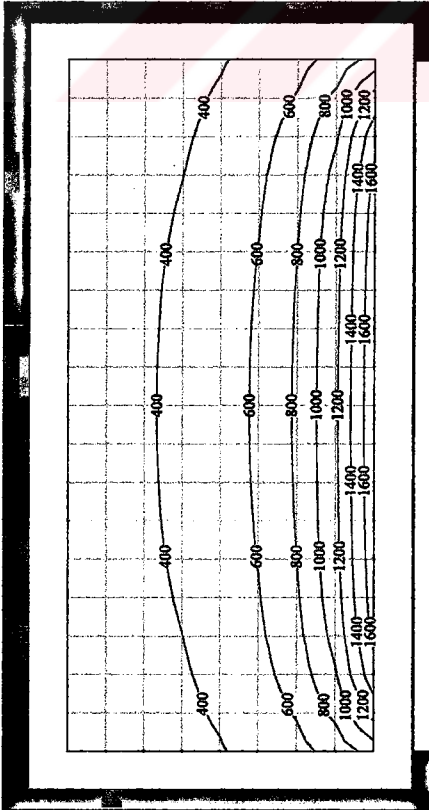


21 Eylül

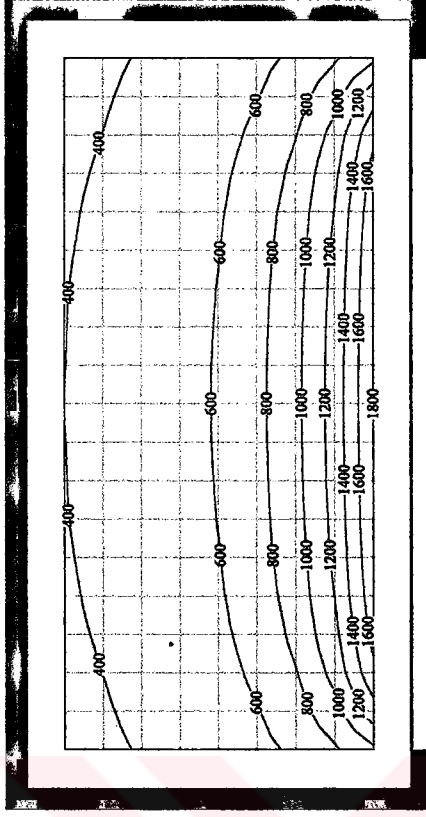


21 Aralık

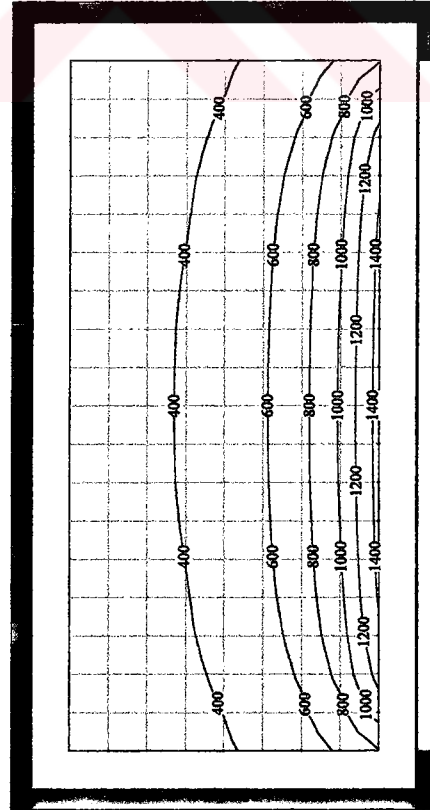
Şekil 6.18 Ortalama gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: güney; Saat: 9:00.



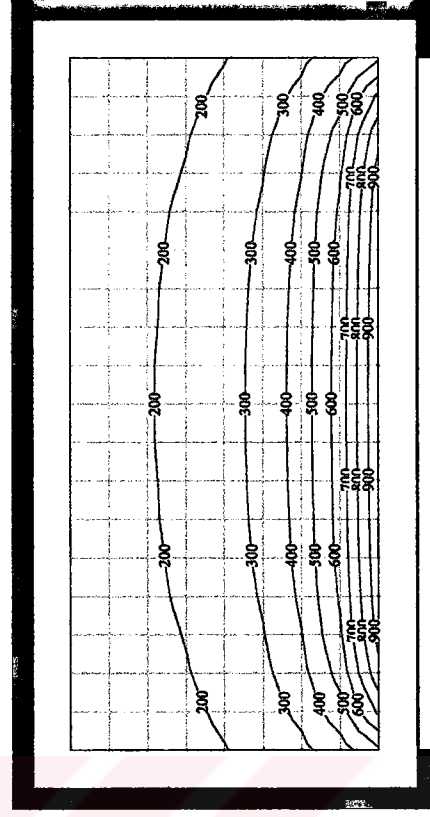
21 Mart



21 Haziran

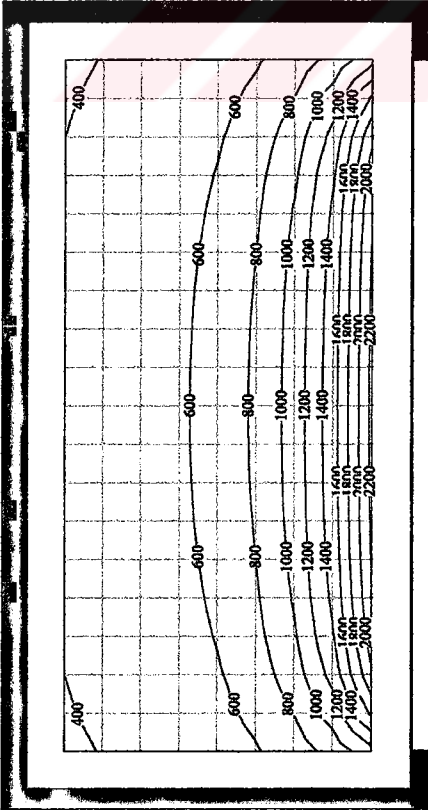


21 Eylül

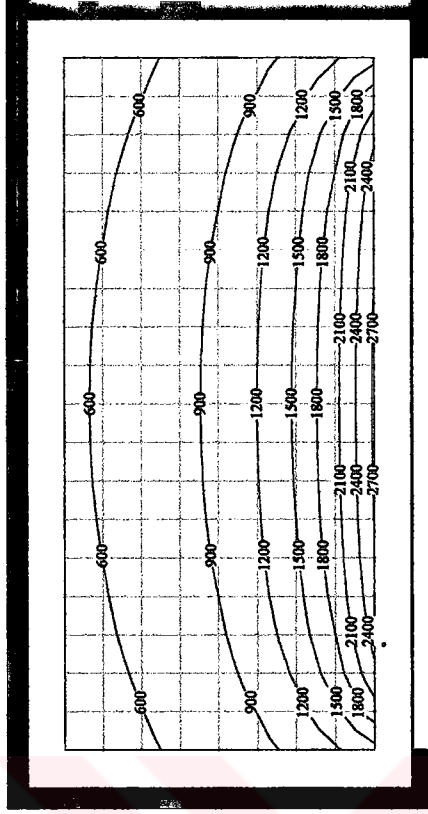


21 Aralık

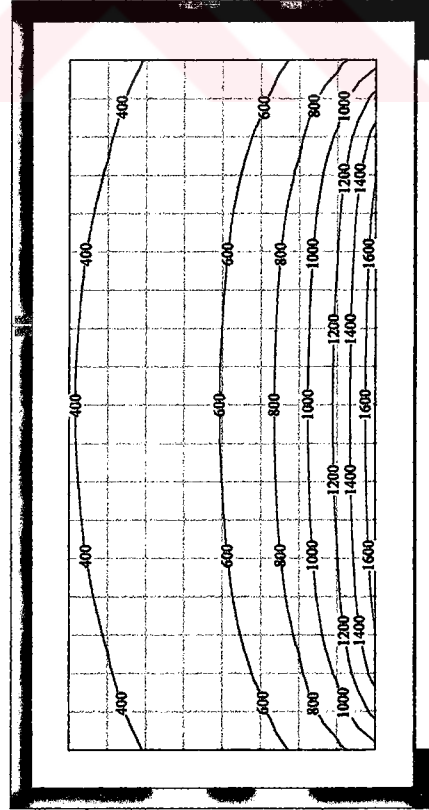
Şekil 6.19 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: batı; Saat: 9:00.



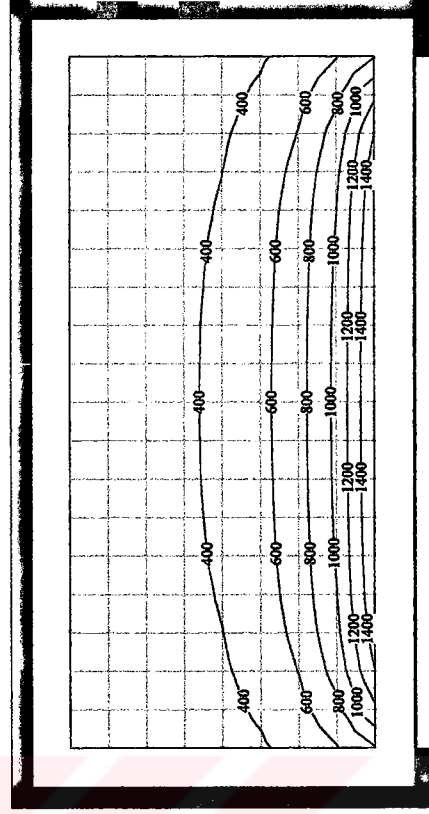
21 Mart



21 Haziran

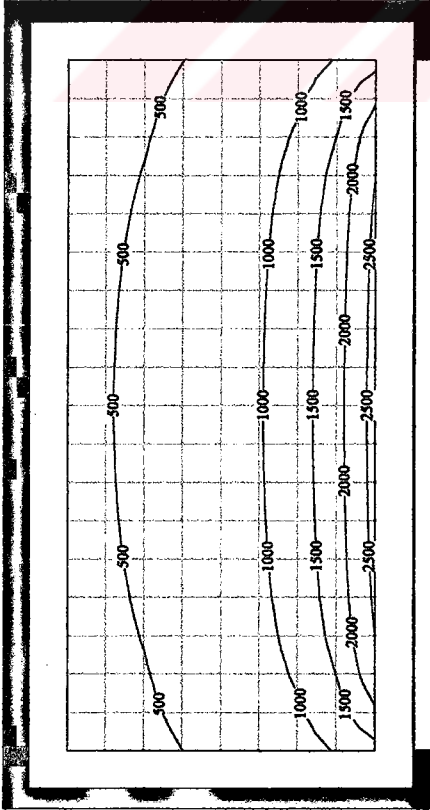


21 Eylül

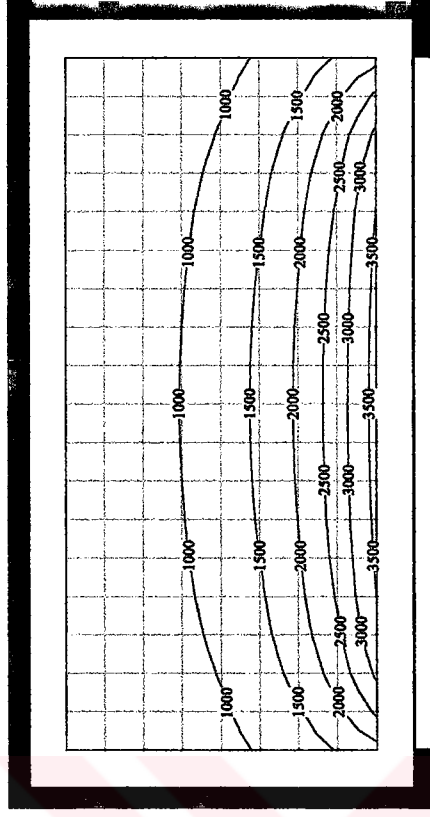


21 Aralık

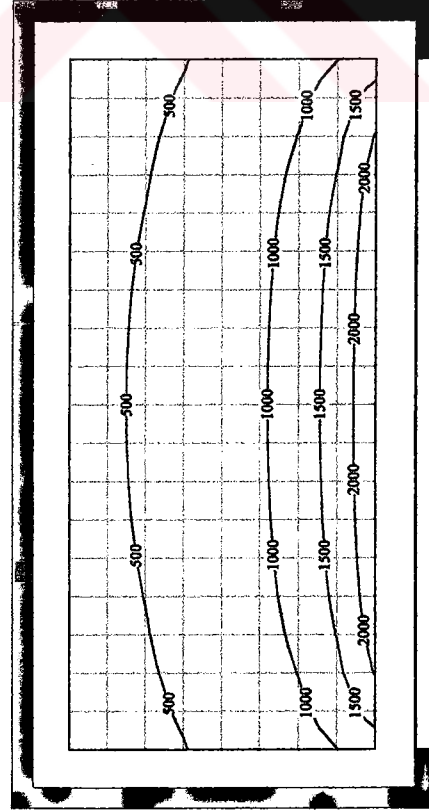
Şekil 6.20 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: kuzey; Saat: 12:00.



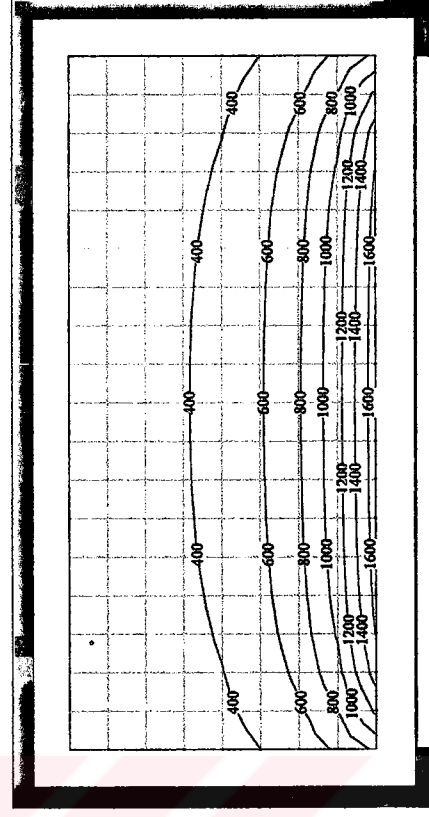
21 Mart



21 Haziran

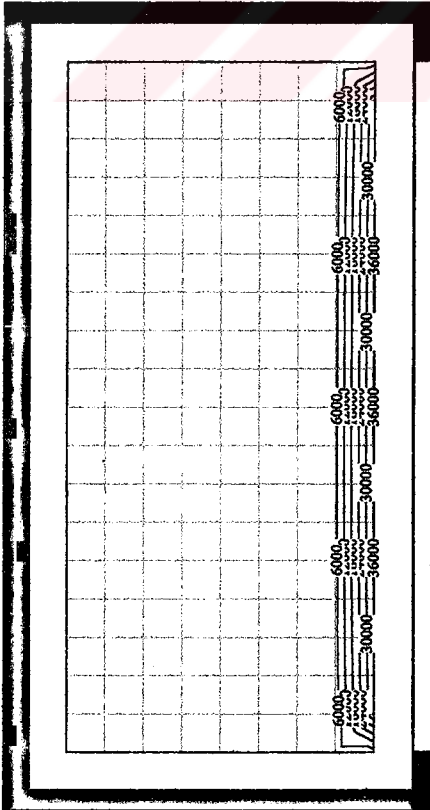


21 Eylül

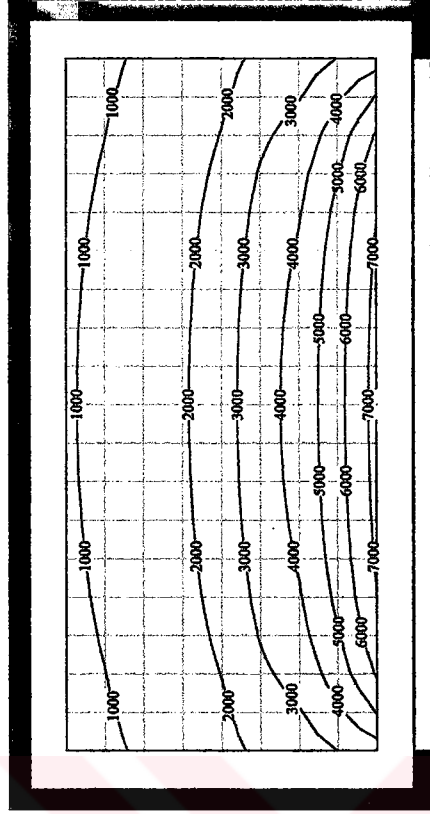


21 Aralık

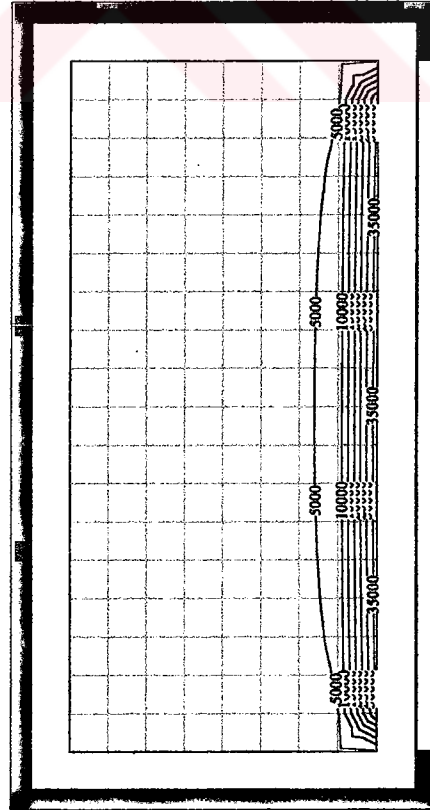
Şekil 6.21 Ortalama gök günişği aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: doğu; Saat: 12:00.



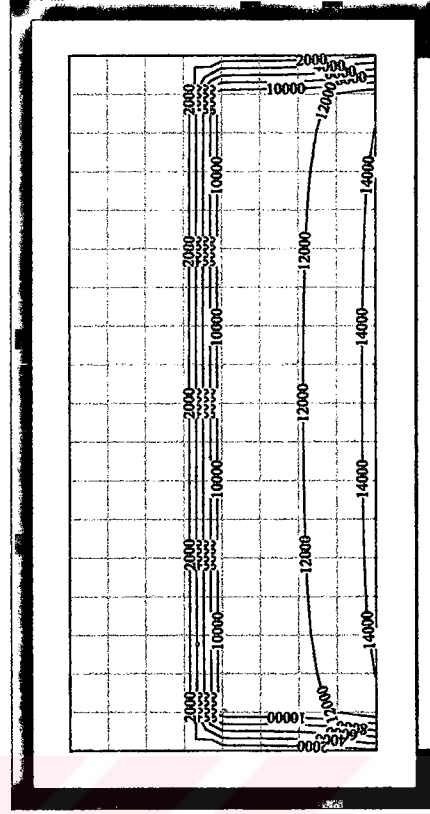
21 Mart



21 Haziran

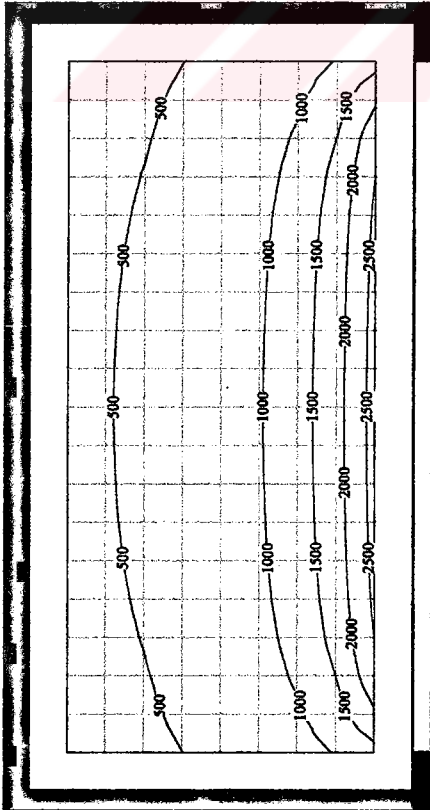


21 Eylül

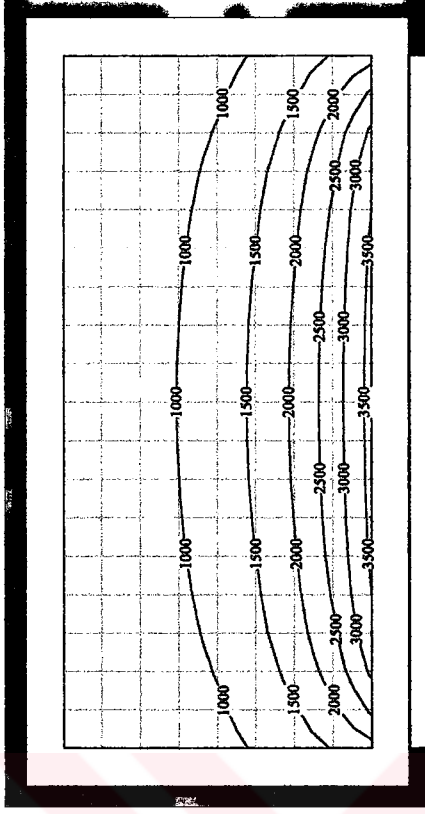


21 Aralık

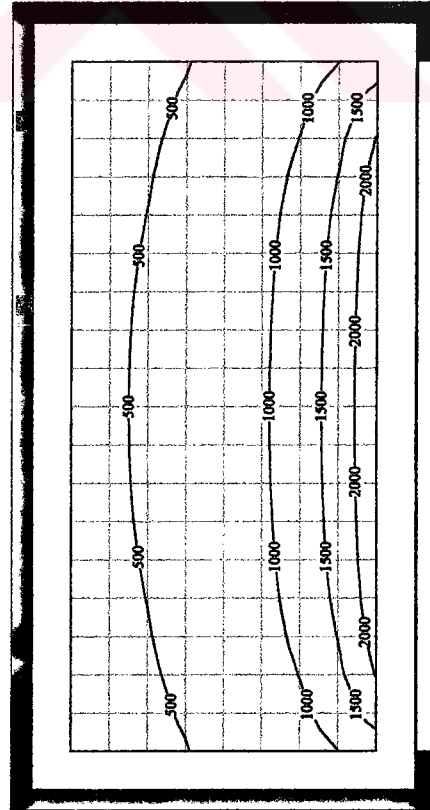
Şekil 6.22 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: güney; Saat: 12:00.



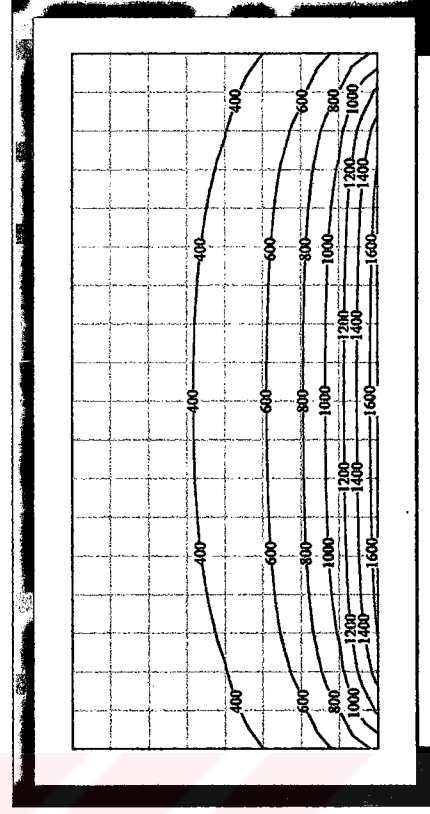
21 Mart



21 Haziran

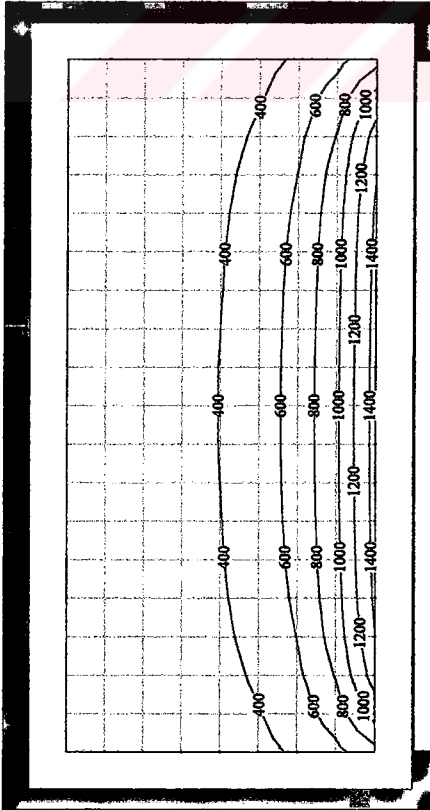


21 Eylül

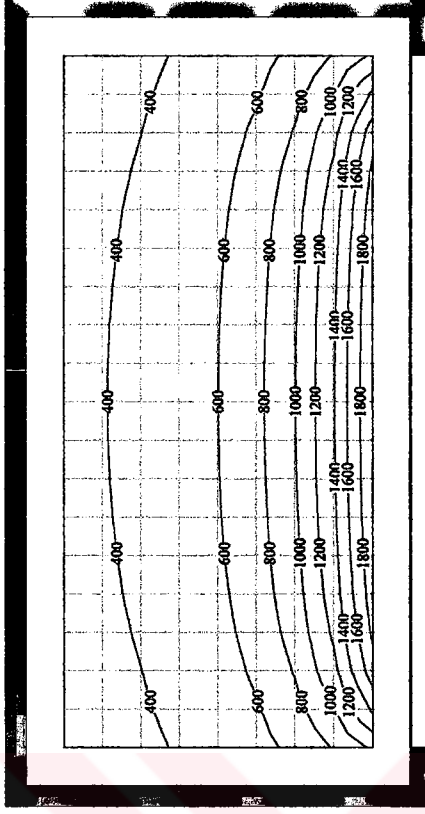


21 Aralık

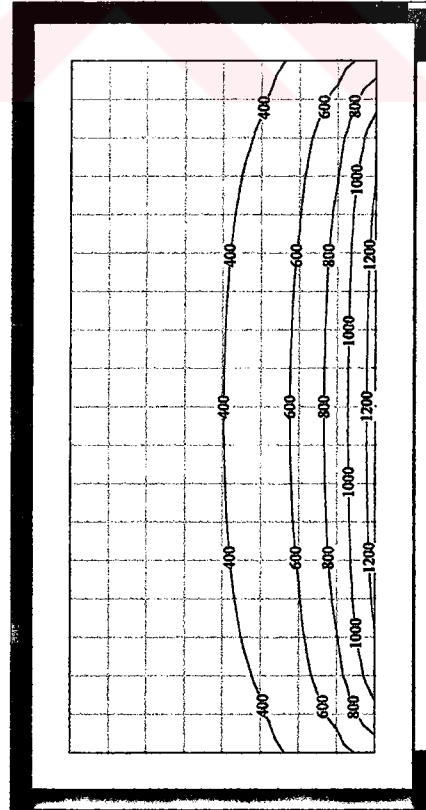
Şekil 6.23 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: batı; Saat: 12:00.



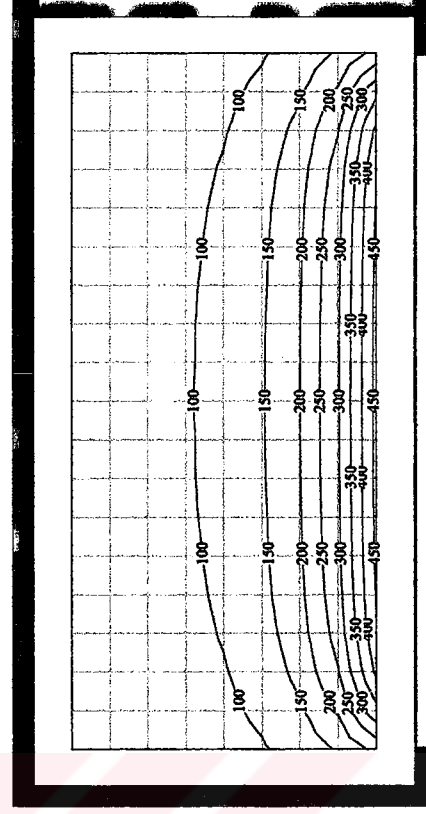
21 Mart



21 Haziran

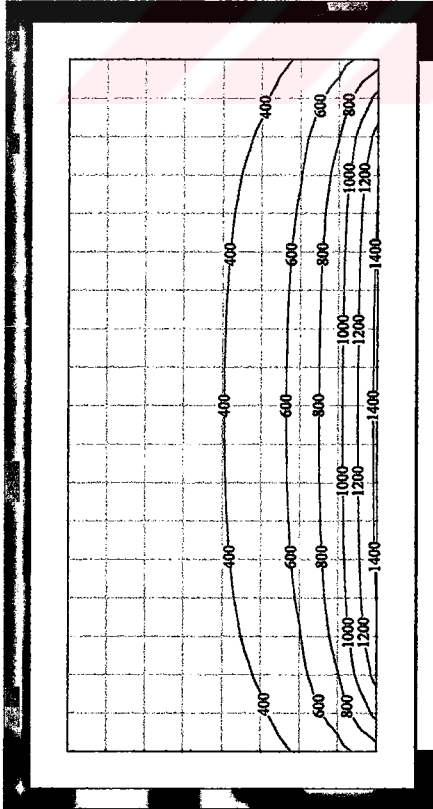


21 Eylül

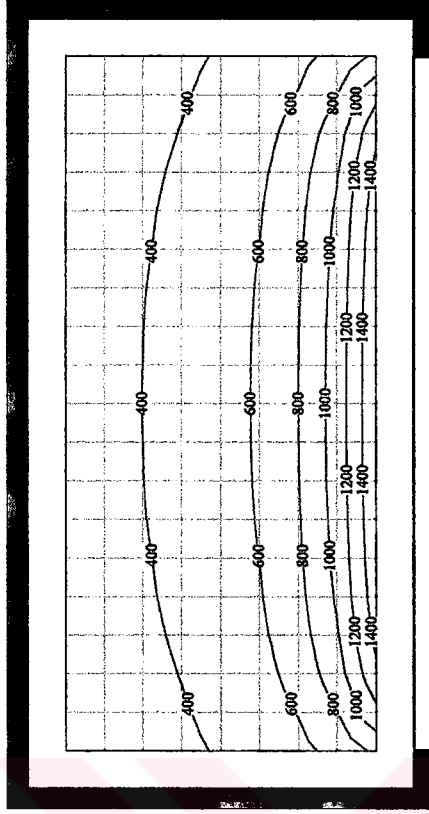


21 Aralık

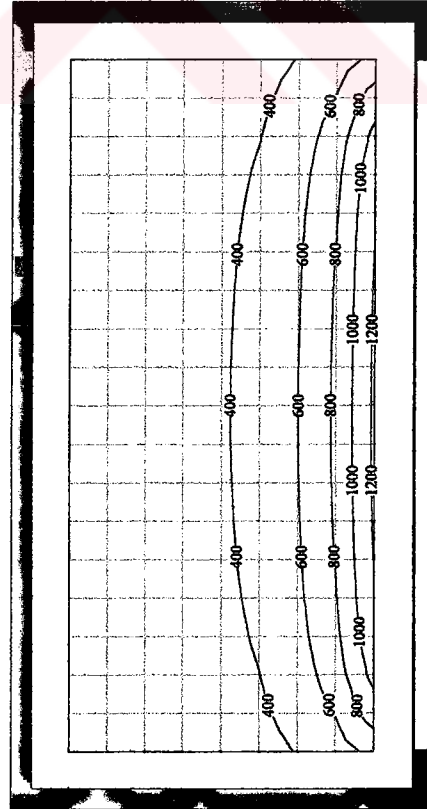
Şekil 6.24 Ortalama gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: kuzey; Saat: 16:00.



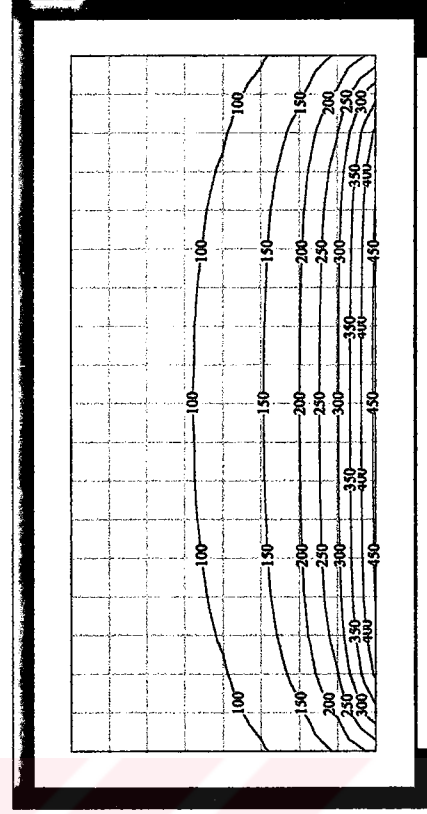
21 Mart



21 Haziran

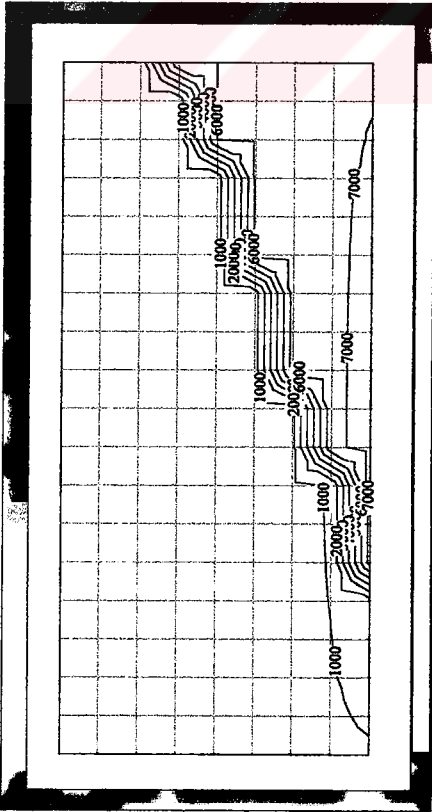


21 Eylül

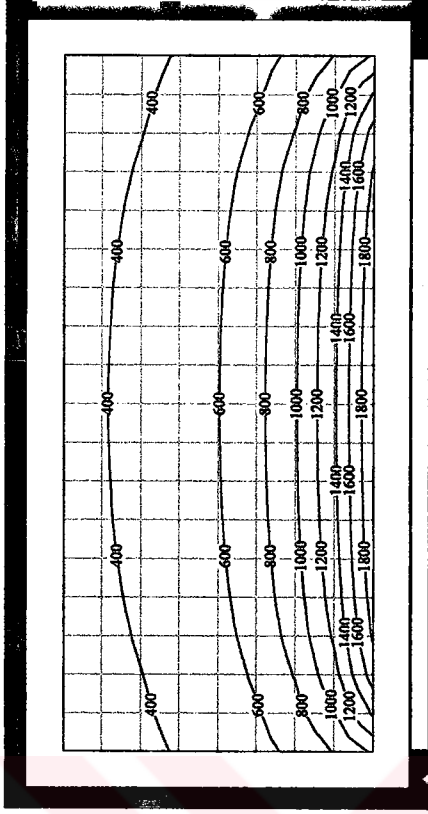


21 Aralık

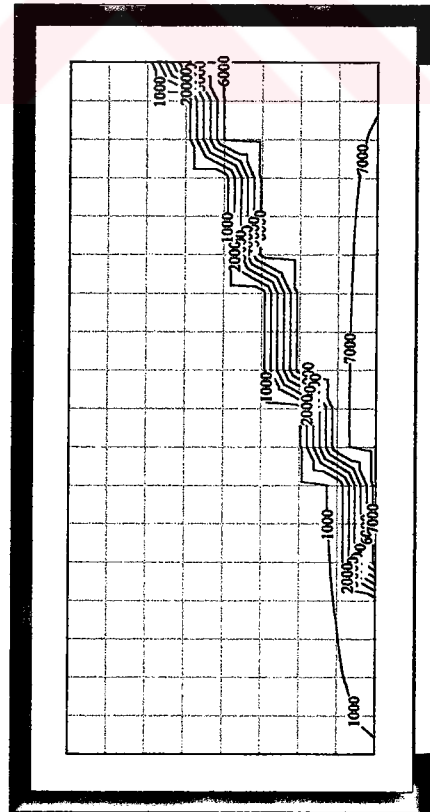
Şekil 6.25 Ortalama gök gürüşü aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: doğu; Saat: 16:00.



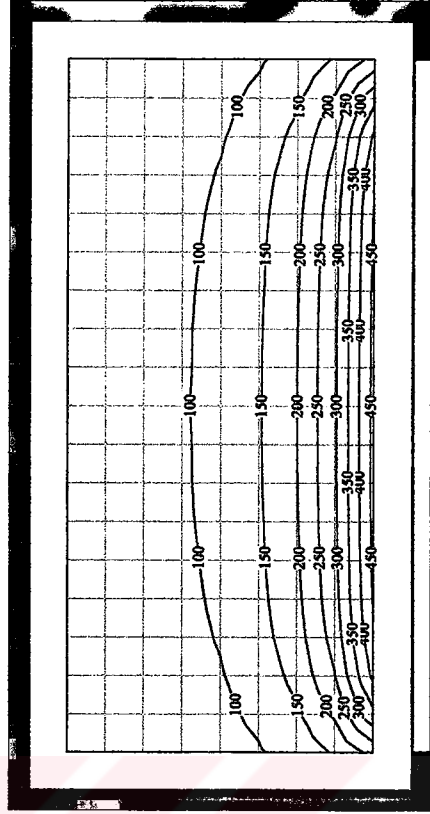
21 Mart



21 Haziran

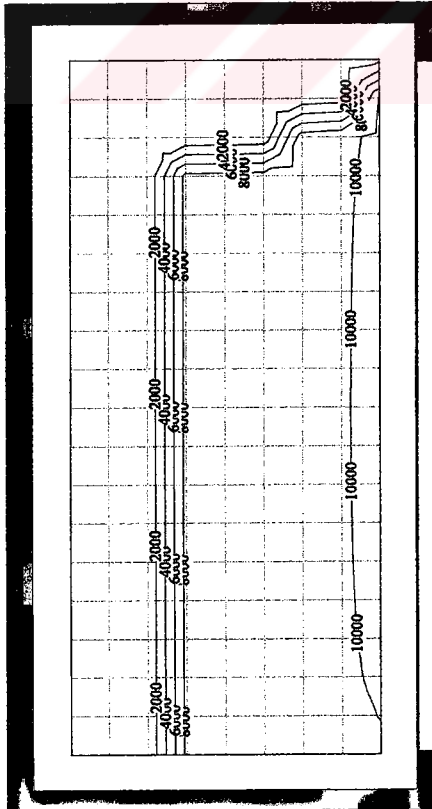


21 Eylül

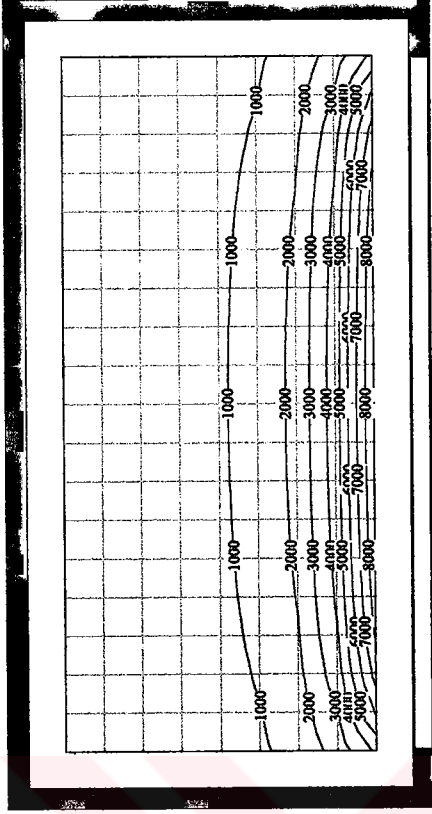


21 Aralık

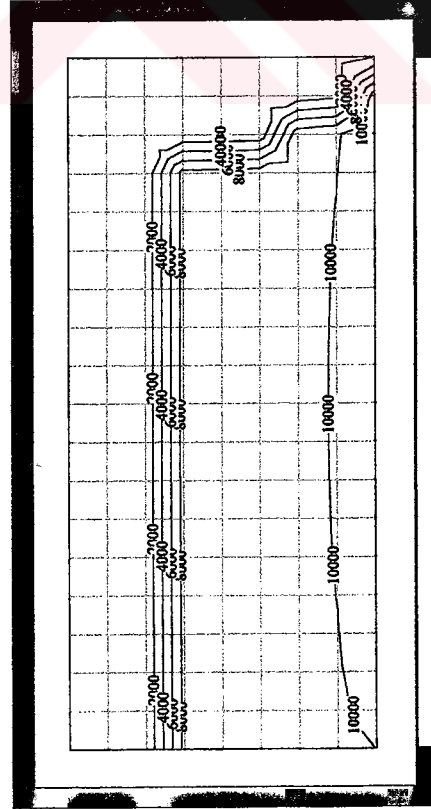
Şekil 6.26 Ortalama gök güneşiği aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: güney; Saat: 16:00.



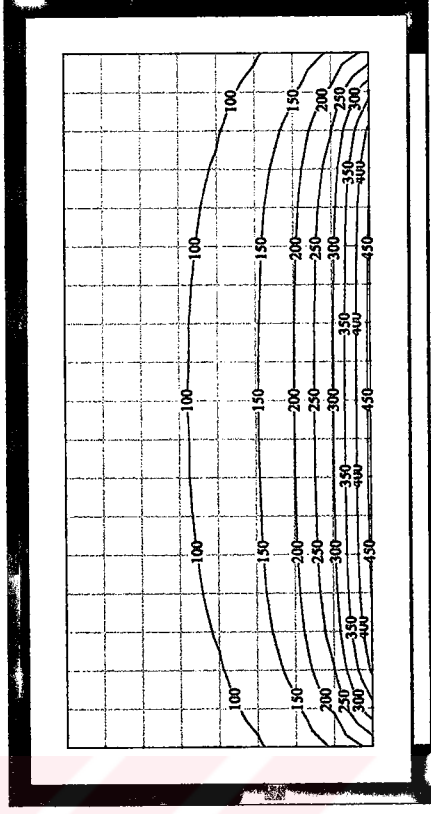
21 Mart



21 Haziran



21 Eylül



21 Aralık

Şekil 6.27 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: yok; Yön: batı; Saat: 16:00.

6.4 Engelli Durum İçin Kapalı Gök Sonuçları

Kapalı gök koşulunda engelli durum için alınan hesap sonuçları doğrultusunda çizilen dağılımlar Şekil 6.28, 6.29 ve 6.30' da gösterildiği gibidir. Dağılımların değerlendirmesi ise aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Aydınlık dağılım biçimi: Aydınlık dağılımı pencere yönünden bağımsız olup, pencere eksenine göre simetriktr. Pencereden uzaklaştıkça aydınlık düzeyi azalmaktadır (Şekil 6.28, 6.29, 6.30).

Hacim derinliği: 500 lm/m² nin sağlanabildiği hacim derinliği pencereden uzaklık olarak Çizelge 6.7' de verilmiştir. Engelli durum için hazırlanan bu çizelge incelendiğinde günışığı aydınlığının, pencereden 50 cm. ötesinden sonra 500 lm/m² yi hiç bir durumda sağlayamadığı gözlenmiştir. Bu bağlamda, engelin hacim içi aydınlığa katkısı olmakla beraber, hacmin derinliklerindeki aydınlığın büyük oranda azalmasına neden olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.7 Kapalı gök için engelli durumda, 500 lm/m² nin sağlandığı pencereden yaklaşık uzaklıklar

GÜN	SAAT		
	9:00	12:00	16:00
21 Mart	0,5 m.	0,5 m.	0,5 m.
21 Haziran	0,5 m.	0,5 m.	0,5 m.
21 Eylül	0,5 m.	0,5 m.	0,5 m.
21 Aralık	-	0,5 m.	-

Bu çizelgede verilenler incelendiğinde;

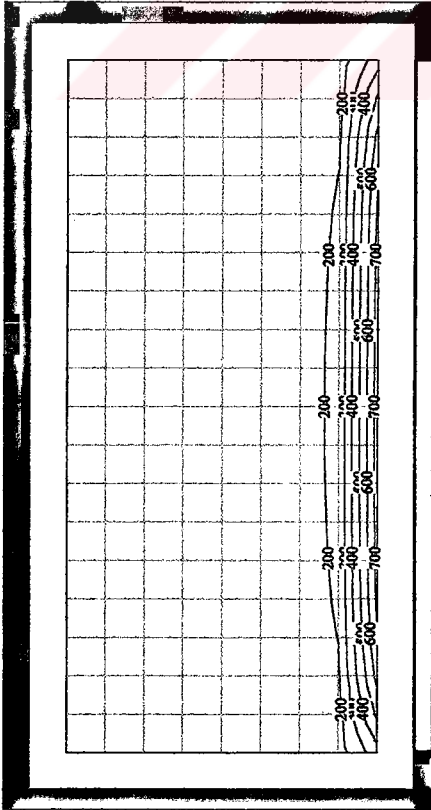
- hesap yapılan gün ve saatlerin tümü için, yararlı düzlemin bütününün yeterli düzeyde aydınlanmadığı,
- 21 Aralık 9:00 ve 16:00 dışındaki tüm gün ve saatlerde yararlı düzlemin yalnızca 0.50 m. lik kısmında yeterli aydınlık sağlandığı,
- 21 Aralık 9:00 ve 16:00' da ise yararlı düzlemin hiç bir bölümünün yeterli düzeyde aydınlanmadığı,
- 21 Aralık 9:00 ve 16:00' da hacmin tümünde yapay aydınlatmaya; diğer gün ve saatlerde ise 0.50 m.den sonraki bölümler için günışığı ve yapay aydınlatmanın birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatma sistemlerine gereksinim olduğu, saptanmıştır.

Aydınlık düzeyi: İncelenen gün ve saatler için, hacim içinde günışığı aydınlığının en düşük (E_{min}) ve en yüksek (E_{max}) değerleri belirlenmiş ve Çizelge 6.8' de verilmiştir.

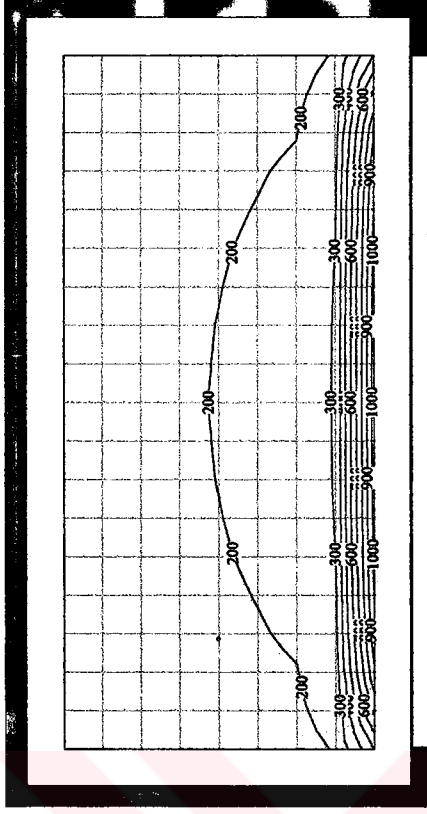
Çizelge 6.8 Kapalı gök için engelli durumda, gün ve saatlere göre en düşük (E_{min}) ve en yüksek (E_{max}) aydınlık düzeyleri (lm/m^2)

GÜN	SAAT								
	9:00			12:00			16:00		
	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}
21 Mr.	108	746	0,1447	152	1046	0,1453	77	533	0,1444
21 Hz.	151	1040	0,1451	191	1316	0,1451	123	846	0,1453
21 Eyl.	108	746	0,1447	152	1046	0,1453	77	533	0,1444
21 Ar.	48	330	0,1454	88	607	0,1449	20	136	0,1470

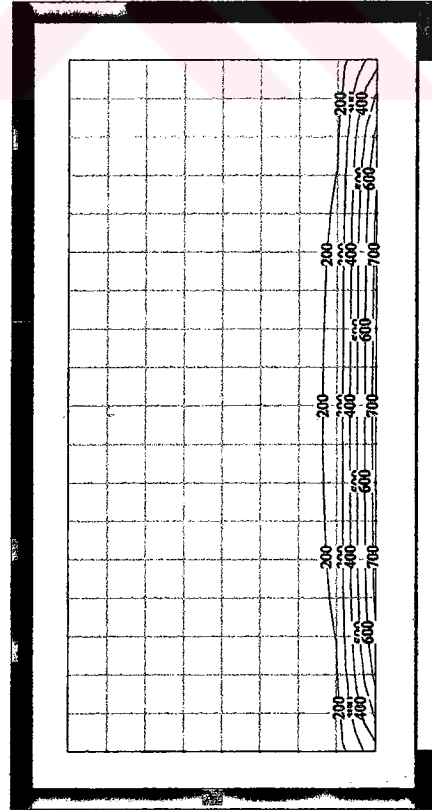
- Yukarıdaki çizelgeden de görüleceği gibi, E_{min} / E_{max} değeri %14 olmaktadır. Başka bir deyişle, aydınlık düzeyi en yüksek değerinden en düşük değerine ulaşırken %14 azalmaktadır. Ayrıca, bu oran saat ve güne göre değişim göstermemektedir. Yine engelsiz durumla benzer biçimde 21 Mart ile 21 Eylül için eşit sonuçlar elde edilmiştir.
- Saatlerden bağımsız olarak en yüksek aydınlık düzeyi 21 Haziran' da; en düşük aydınlık düzeyi ise 21 Aralık' ta bulunmuştur. Bu durum hem Çizelge 6.8' den hem de aydınlık dağılımlarının verildiği şekillerden izlenebilmektedir.
- Günlerden bağımsız olarak en yüksek aydınlık düzeyi saat 12:00' de bulunmuştur. Bu durum yukarıda belirtildiği gibi hem Çizelge 6.8' den hem de dağılımların bulunduğu şekillerden izlenebilmektedir.



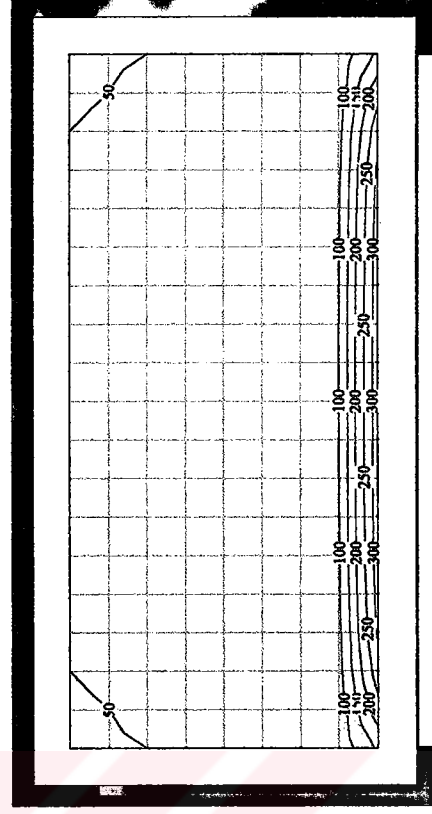
21 Mart



21 Haziran

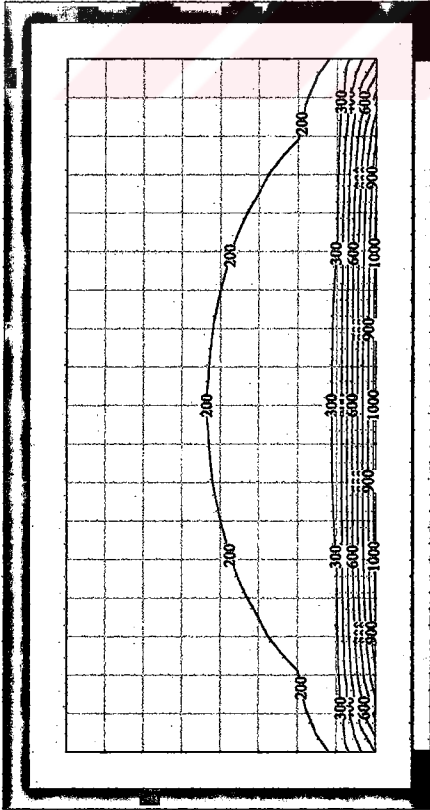


21 Eylül

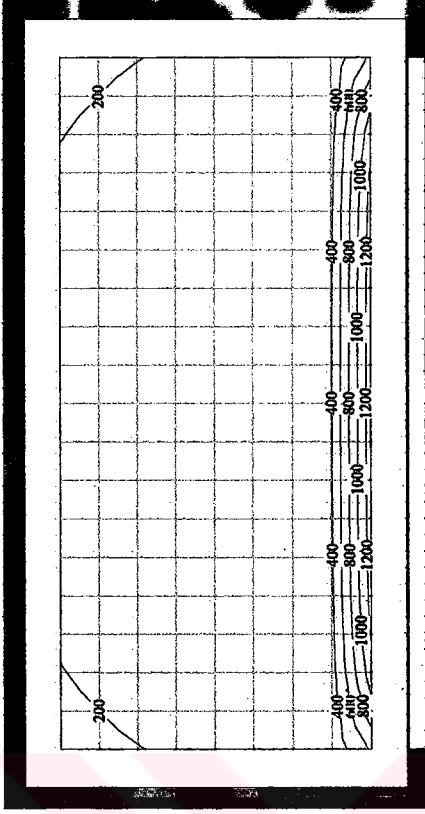


21 Aralık

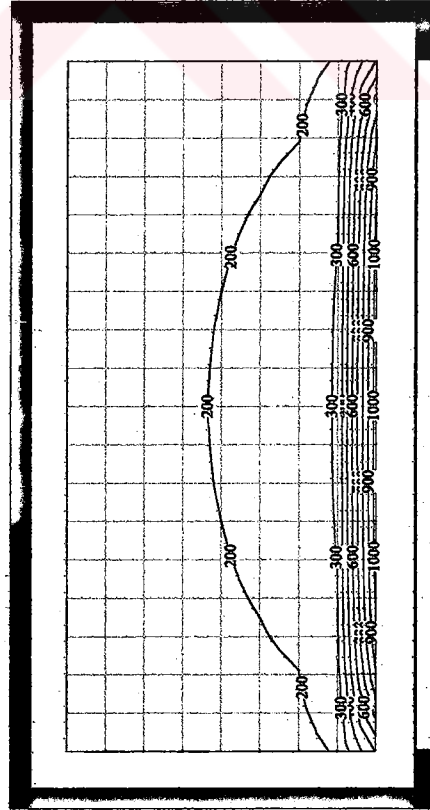
Şekil 6.28 Kapalı gök gümüşü aydınlık dağılımı; Engel: var; Saat: 9:00.



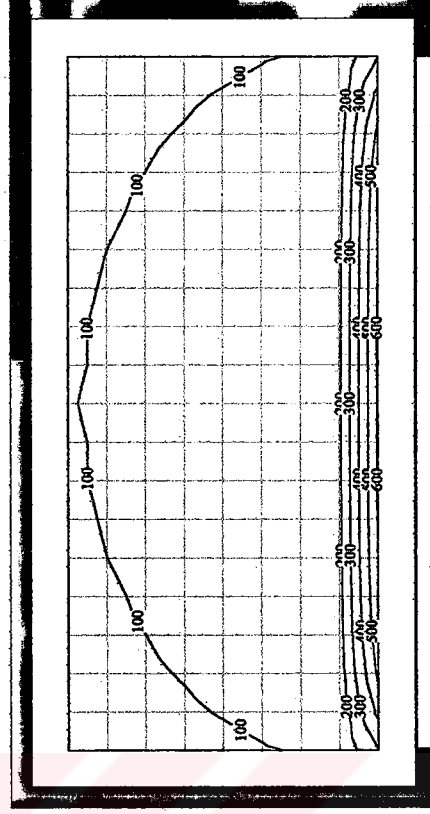
21 Mart



21 Haziran

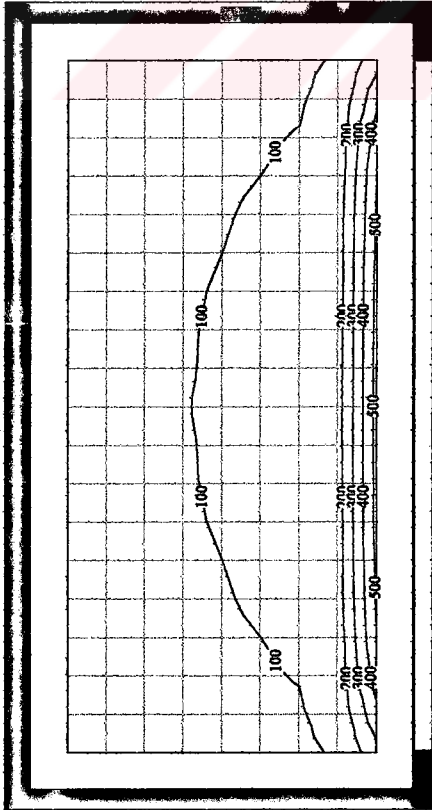


21 Eylül

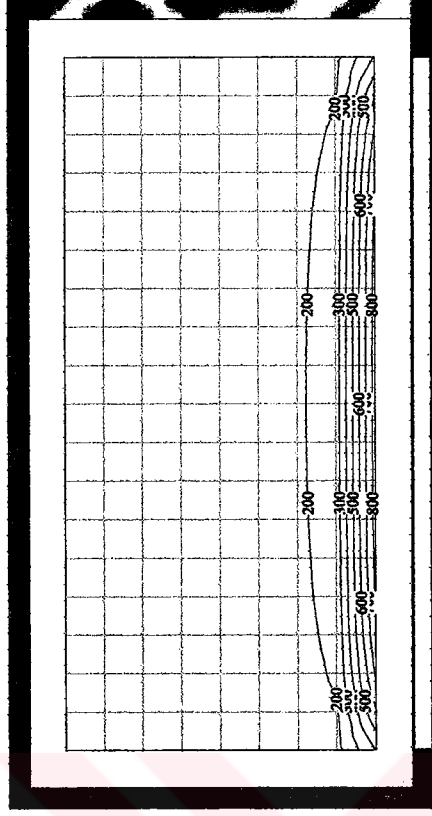


21 Aralık

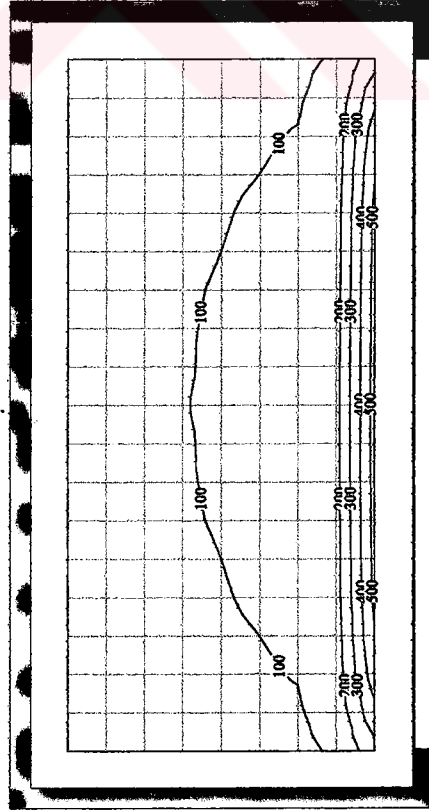
Şekil 6.29 Kapalı gök güneşiği aydınlık dağılımı; Engel: var; Saat: 12:00.



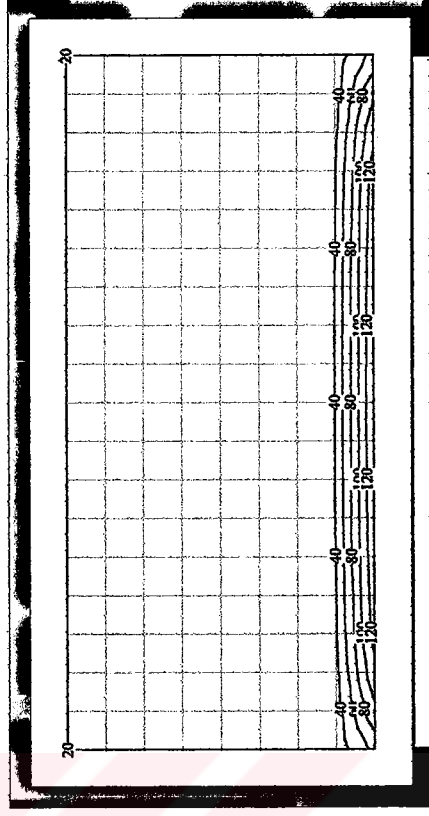
21 Mart



21 Haziran



21 Eylül



21 Aralık

Şekil 6.30 Kapalı gök güneşiği aydınlık dağılımı; Engel: var; Saat: 16:00.

6.5 Engelli Durum İçin Açık Gök Sonuçları

Açık gök koşulunda engelli durum için alınan hesap sonuçları doğrultusunda çizilen dağılımlar Şekil 6.31 - Şekil 6.42 arasında verilmiştir. Bu dağılımların değerlendirmesi aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Aydınlık dağılım biçimi: Aydınlık düzeyi dağılım biçimi pencere yönünden bağımsız olup, pencere eksenine göre simetrik. Aydınlık düzeyi pencereden uzaklaştıkça azalmaktadır.

Hacim derinliği: 500 lm/m² nin sağlandığı hacim derinliği pencereden uzaklık olarak Çizelge 6.9' da verilmiştir.

Çizelge 6.9 Açık gök için engelli durumda, 500 lm/m² nin sağlandığı pencereden yaklaşık uzaklıklar

YÖN	GÜN	SAAT		
		9:00	12:00	16:00
KUZEY	21 Mart	0.5 m.	1 m.	0.5 m.
	21 Haziran	0.5 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Eylül	0.5 m.	1 m.	0.5 m.
	21 Aralık	0.5 m.	1 m.	-
DOĞU	21 Mart	0.5 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Haziran	1 m.	0.5 m.	1 m.
	21 Eylül	0.5 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Aralık	0.5 m.	0.5 m.	-
GÜNEY	21 Mart	0.5 m.	1 m.	0.5 m.
	21 Haziran	1 m.	1 m.	0.5 m.
	21 Eylül	0.5 m.	1 m.	0.5 m.
	21 Aralık	0.5 m.	1 m.	-
BATI	21 Mart	1 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Haziran	1 m.	0.5 m.	1 m.
	21 Eylül	1 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Aralık	0.5 m.	0.5 m.	-

Çizelgedeki değerler incelendiğinde;

- hesap yapılan yön, gün ve saatlerin tümü için, yararlı düzlemin bütününün yeterli düzeyde aydınlanmadığı,
- hesap yapılan tüm yönlerde, 21 Aralık saat 16:00 dışındaki gün ve saatlerde, yararlı düzlemin yalnızca pencereye çok yakın olan bölümünün yeterli düzeyde aydınlandığı,

- 21 Aralık 16:00' da ise tüm yönler için yararlı düzlemin hiç bir bölümünde yeterli aydınlığın sağlanamadığı,
- hesap yapılan bütün yönler için 21 Aralık 16:00' da hacmin tümünde yapay aydınlatmaya; diğer gün ve saatlerde ise yine tüm yönler için yeterli aydınlığın sağlandığı uzaklıktan sonrası için günışığı ve yapay aydınlatmaya gereksinim olduğu,

saptanmıştır. Hem bu çizelgede hem de aydınlık dağılımlarında engelin hacim içi aydınlığı büyük ölçüde azalttığı görülmüştür. Özellikle, pencere duvarına koşut ilk sırada bulunan gözleme noktalarındaki aydınlık, ikinci sıraya geçildiğinde, engelin göğü engellemesi ve gök bileşeninin sıfır olması nedeniyle çok azalmaktadır.

Aydınlık düzeyi: Aydınlık düzeyinin en yüksek değeri (E_{max}) ile en düşük değeri (E_{min}) arasındaki oran pencerenin baktığı yöne göre değişim göstermektedir. Bu durum Çizelge 6.10' da verilmiştir. Çizelgeden de yararlanılarak aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- Kuzeye bakan penceresi olan hacimde, E_{min} / E_{max} değerleri saate göre çok değişim göstermemektedir. E_{min} / E_{max} değeri yaklaşık olarak %29-32 olmaktadır.

Doğuya bakan penceresi olan hacimde, saat 12:00 ve 16:00 için oranlar çok değişim göstermemiştir E_{min} ' in E_{max} ' a oranı yaklaşık olarak %27-30 olmuştur. Saat 9:00' da ise güneşin azimut açısına (α_s) bağlı olarak pencerenin gördüğü gök parçasının ışıklılığı fazla olduğu için oranlar küçük çıkmıştır. Söz konusu oranın yaklaşık %11 olması pencereye yakın noktada en yüksek değerine ulaşan aydınlık düzeyinin hacmin derinliklerine gidildikçe saat 12:00 ve 16:00' ya göre daha fazla azaldığını göstermektedir.

Güneye bakan penceresi olan hacimde E_{min} / E_{max} değeri, saat 9:00 ve 16:00 için yaklaşık %19-23 olmaktadır. Saat 12:00' de ise oran %8' e düşmektedir. Bu oran, gözleme noktasında bulunan en düşük ve en yüksek aydınlık arasında büyük ayrım olduğunu göstermektedir.

Batı yönündeki durum doğu yönüyle benzerlik göstermektedir. Batı yönünde saat 16:00' daki oranlar ile doğu yönünde saat 9:00' daki oranlar yaklaşık olarak aynıdır. Bu yönde, E_{min} / E_{max} değeri saat 16:00' da yaklaşık %8; saat 9:00 ve 12:00' de ise yaklaşık %27-31 arasında bulunmuştur. Batı yönünde saat 16:00' daki E_{min} / E_{max} değerinin %8 olması, aydınlık düzeyinin en yüksek değerinden en düşük değerine ulaşırken saat 9:00 ve 12:00' ye göre daha fazla azaldığını göstermektedir.

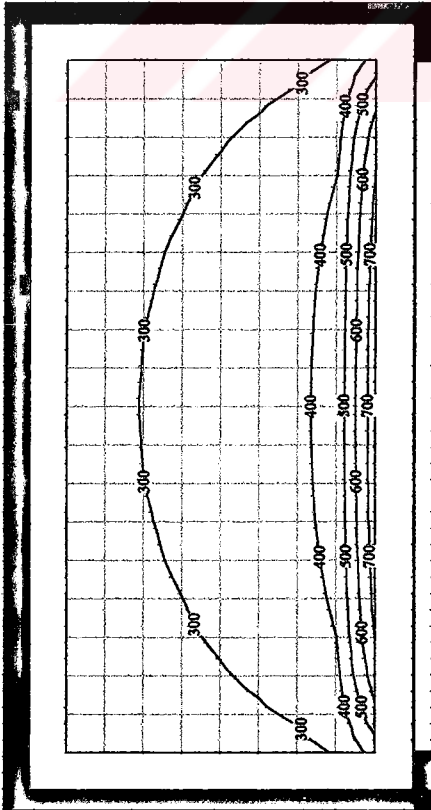
- Saat 9:00 ve 12:00' de, güney haricindeki tüm yönler için en yüksek aydınlık düzeyi 21 Haziran' da ; en düşük aydınlık düzeyi ise 21 Aralık' ta bulunmuştur. Saat 16:00' da ise tüm

yönlerde, en yüksek aydınlık düzeyi değeri 21 Haziran' da bulunmuştur. Güney yönü için en yüksek aydınlık düzeyinin bulunduğu gün 21 Mart/21 Eylül olmuştur. 21 Aralık' ta yönlerden bağımsız olarak en düşük değerler ortaya çıkmıştır. Açık göğe ilişkin en düşük ve en yüksek aydınlık düzeyleri Çizelge 6.10' dan ve aydınlık dağılımlarının verildiği şekillerden izlenebilmektedir.

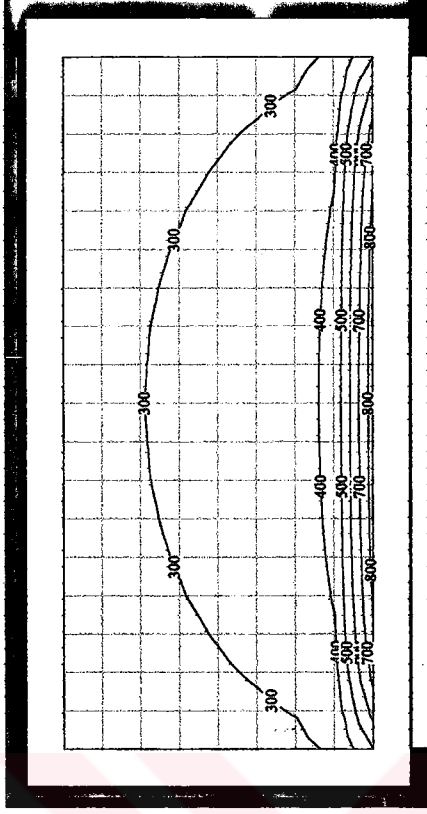
Çizelge 6.10 Açık gök engelli durum için yön, gün ve saatlere göre en düşük (E_{min}) ve en yüksek (E_{max}) aydınlık düzeyleri (lm/m^2)

YÖN	GÜN	SAAT								
		9:00			12:00			16:00		
		E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}
KUZEY	21 Mr.	243	770	0,3155	285	863	0,3302	200	660	0,3030
	21 Hz.	252	859	0,2933	280	907	0,3087	229	821	0,2789
	21 Eyl.	243	770	0,3155	285	863	0,3302	200	660	0,3030
	21 Ar.	161	558	0,2885	252	825	0,3054	65	237	0,2742
DOĞU	21 Mr.	205	1937	0,1058	247	905	0,2729	234	774	0,3023
	21 Hz.	233	3186	0,0731	266	1046	0,2543	278	864	0,3217
	21 Eyl.	205	1937	0,1058	247	905	0,2729	234	774	0,3023
	21 Ar.	123	741	0,1659	198	703	0,2816	69	254	0,2716
GÜNEY	21 Mr.	207	1116	0,1854	234	3460	0,0676	171	748	0,2286
	21 Hz.	243	980	0,2479	258	1573	0,1640	213	759	0,2806
	21 Eyl.	207	1116	0,1854	234	3460	0,0676	171	748	0,2286
	21 Ar.	123	841	0,1462	184	3965	0,0464	52	283	0,1837
BATI	21 Mr.	260	819	0,3174	247	905	0,2729	171	2166	0,0789
	21 Hz.	284	860	0,3302	266	1046	0,2543	215	5276	0,0407
	21 Eyl.	260	819	0,3174	247	905	0,2729	171	2166	0,0789
	21 Ar.	158	542	0,2915	198	703	0,2816	52	370	0,1405

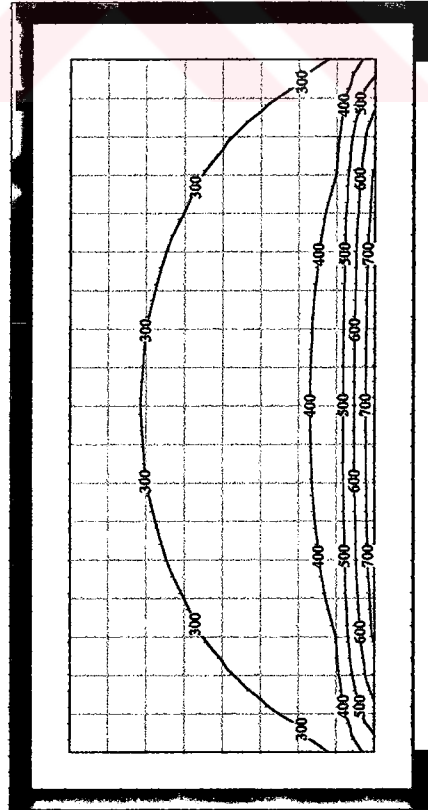
• Günlerden bağımsız olarak bakıldığında en yüksek aydınlık düzeyinin bulunduğu saat yönlerine göre değişim göstermektedir. Kuzey ve güney yönleri için en yüksek aydınlık düzeyi saat 12:00' de bulunmuştur. Doğu yönünde güneşin azimut açısına (α_s) bağlı olarak pencerenin gördüğü göğün ışıklılığı saat 9:00' da diğer saatlere göre daha fazla olduğundan en yüksek aydınlık düzeyi bu saatte bulunmuştur (Çizelge 6.10; Şekil 6.32). Batı yönünde ise en yüksek aydınlık düzeyi saat 16:00' da gerçekleşmiştir (Çizelge 6.10; Şekil 6.34).



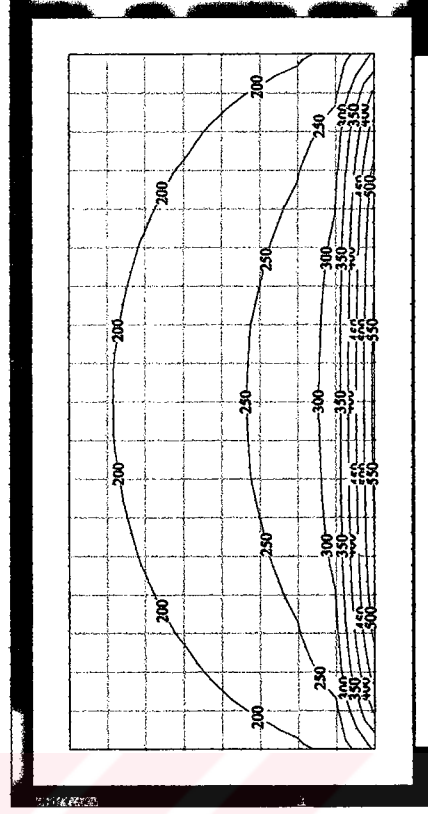
21 Mart



21 Haziran

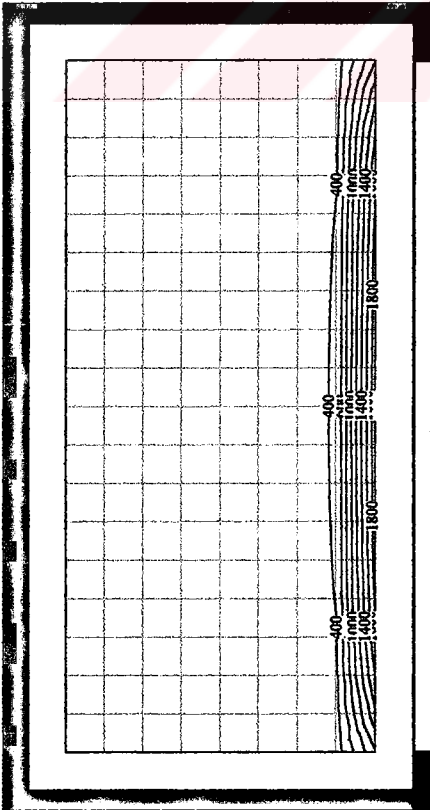


21 Eylül

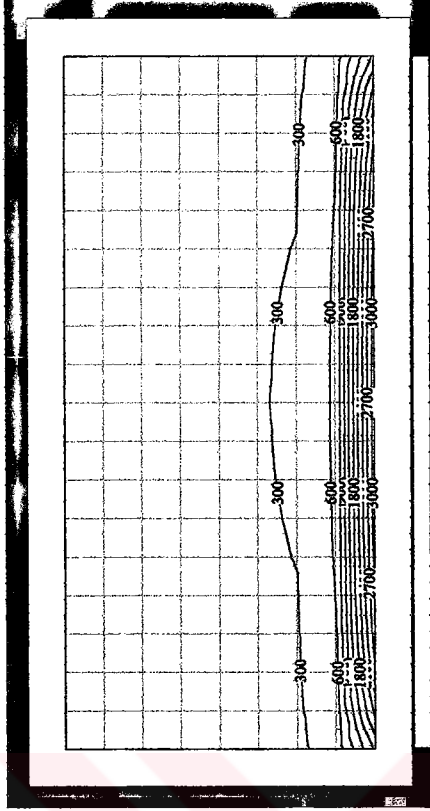


21 Aralık

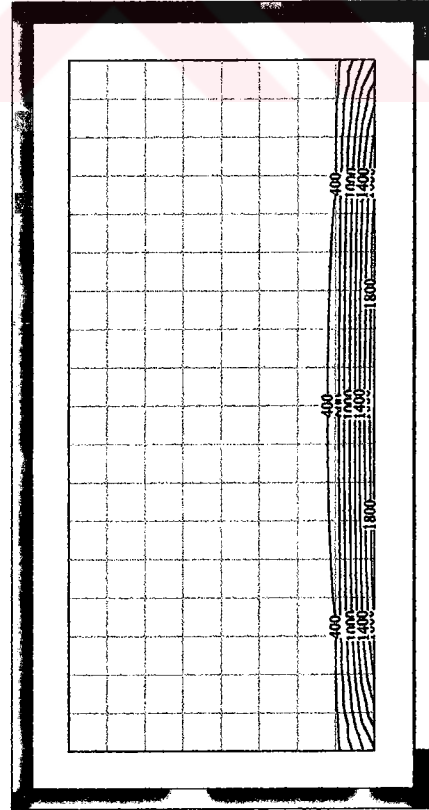
Şekil 6.31 Açık gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: kuzey; Saat: 9:00.



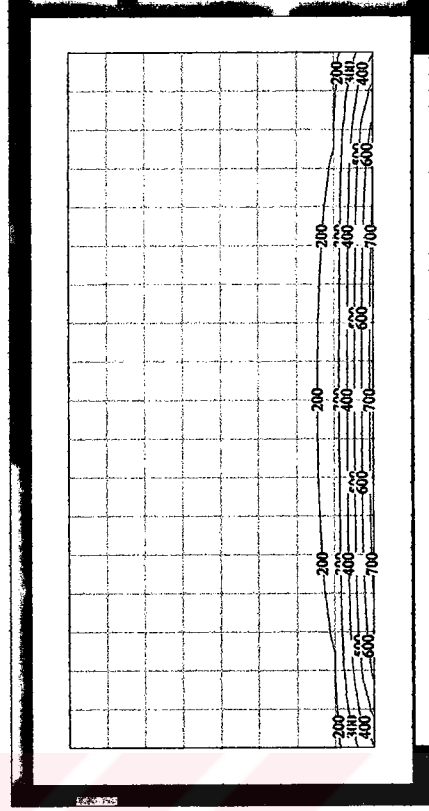
21 Mart



21 Haziran

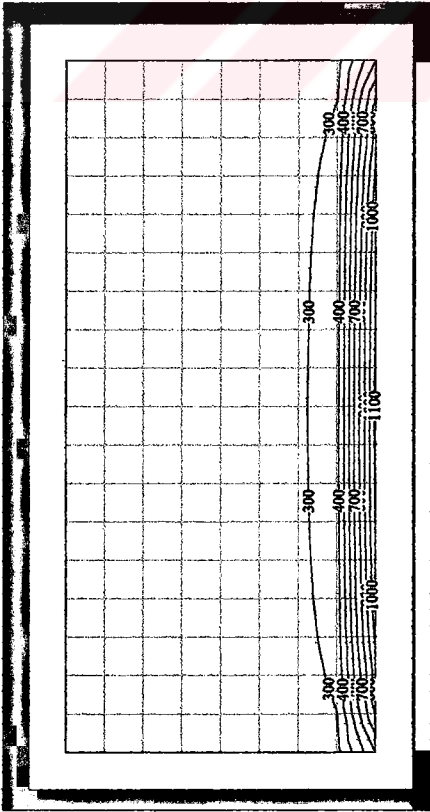


21 Eylül

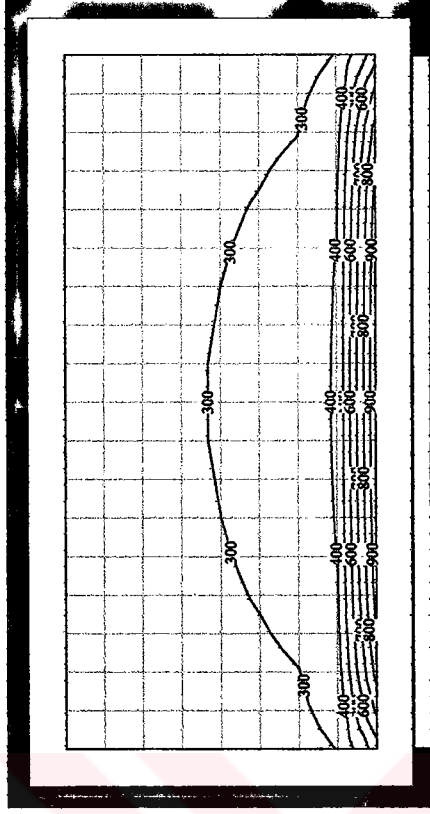


21 Aralık

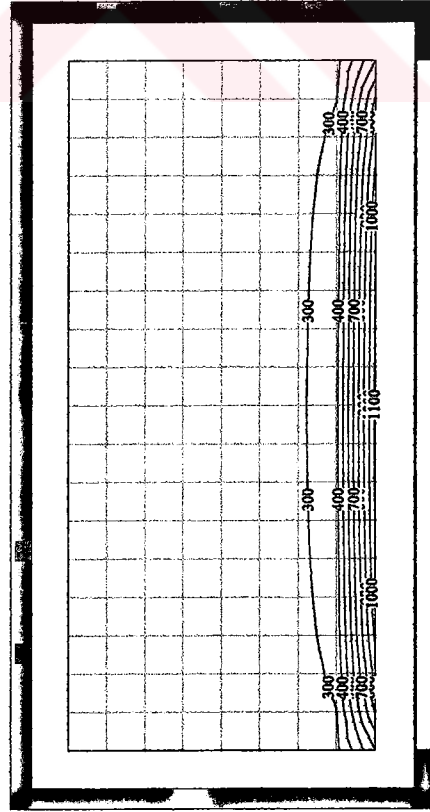
Şekil 6.32 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: doğu; Saat: 9:00.



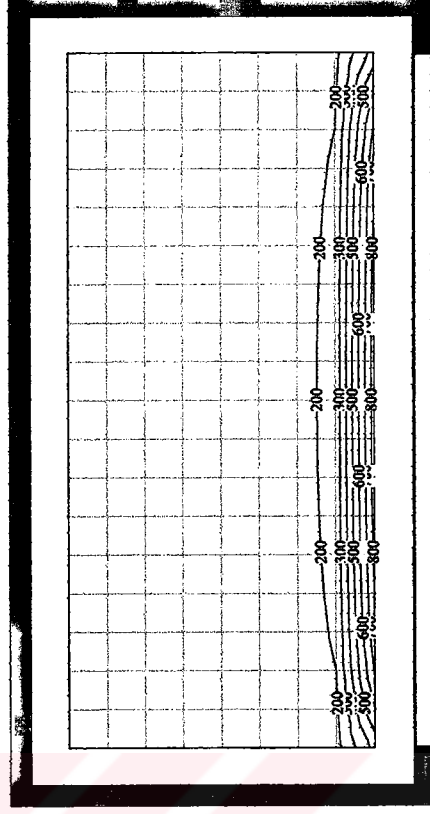
21 Mart



21 Haziran

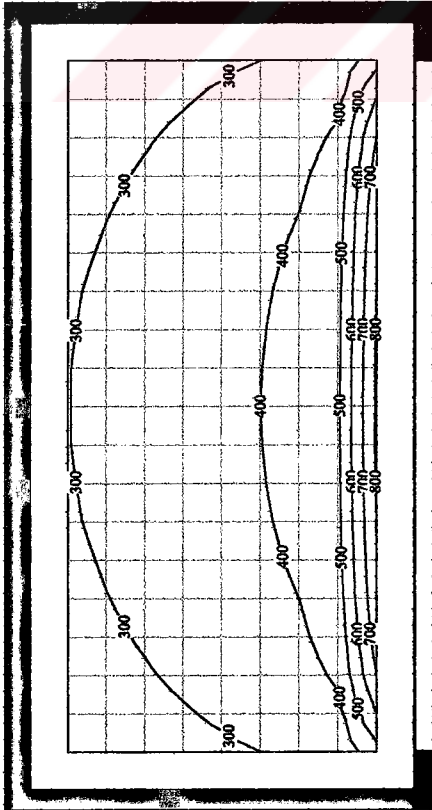


21 Eylül

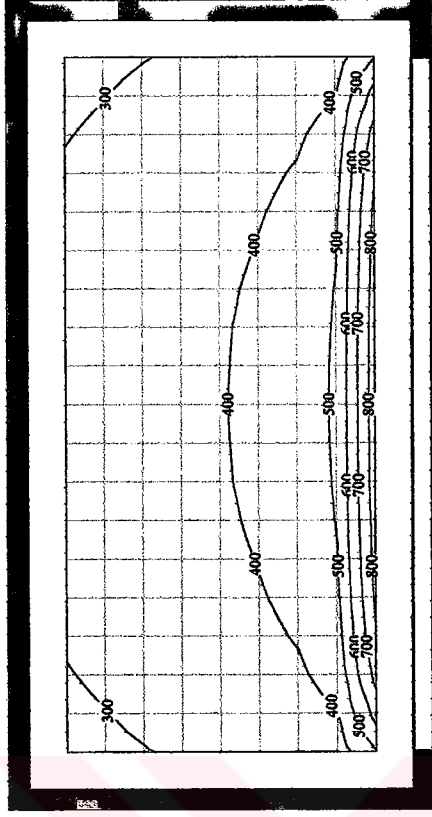


21 Aralık

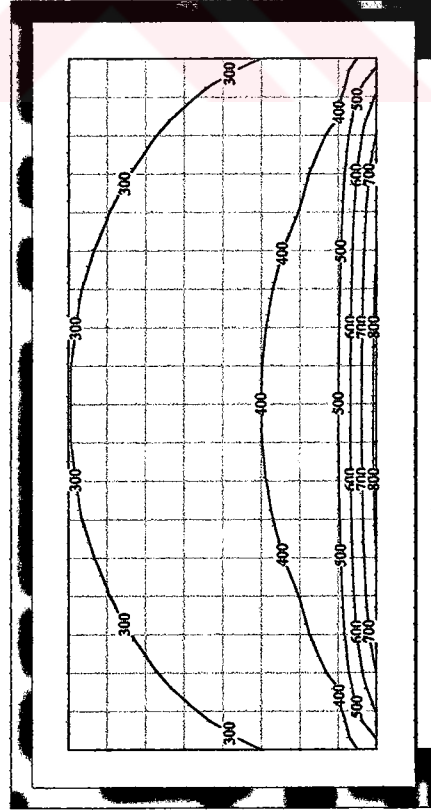
Şekil 6.33 Açık gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: güney; Saat: 9:00.



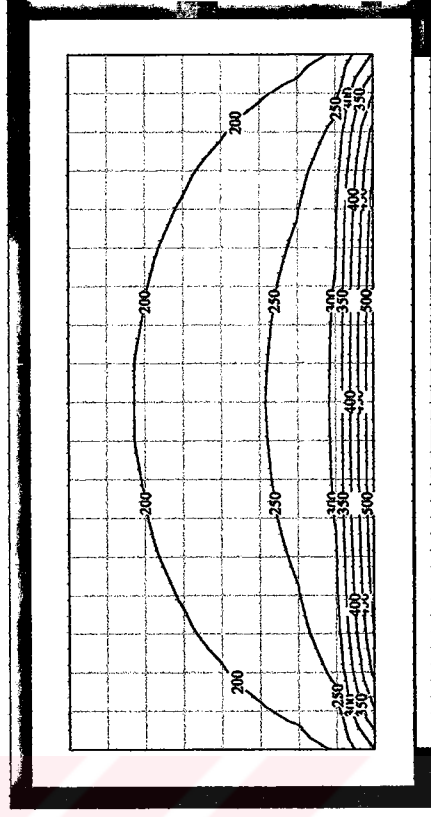
21 Mart



21 Haziran

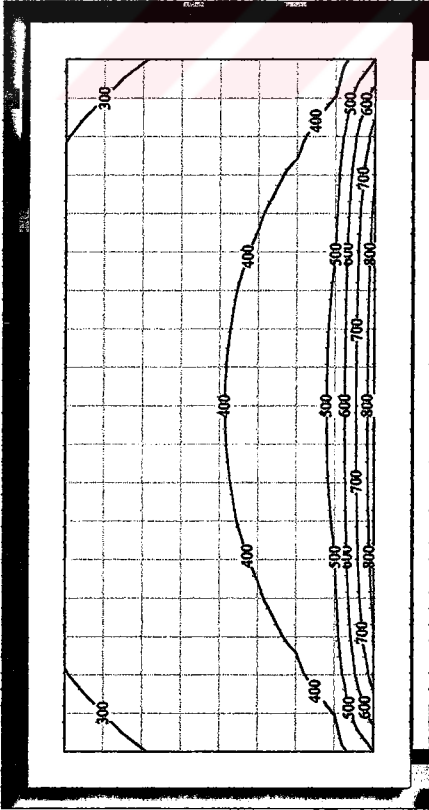


21 Eylül

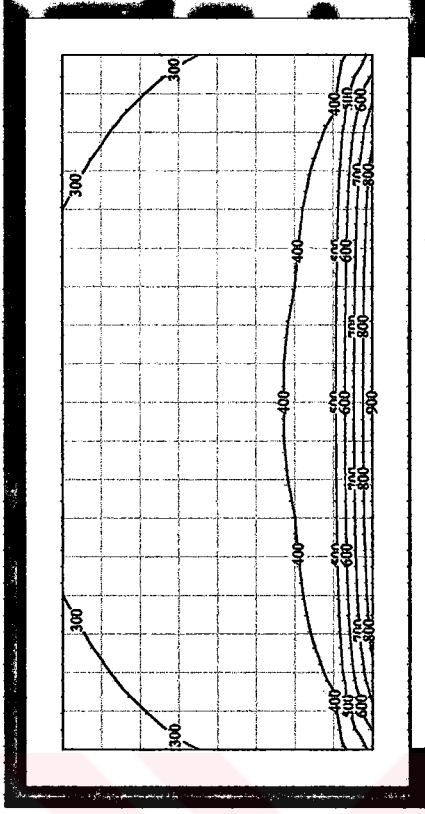


21 Aralık

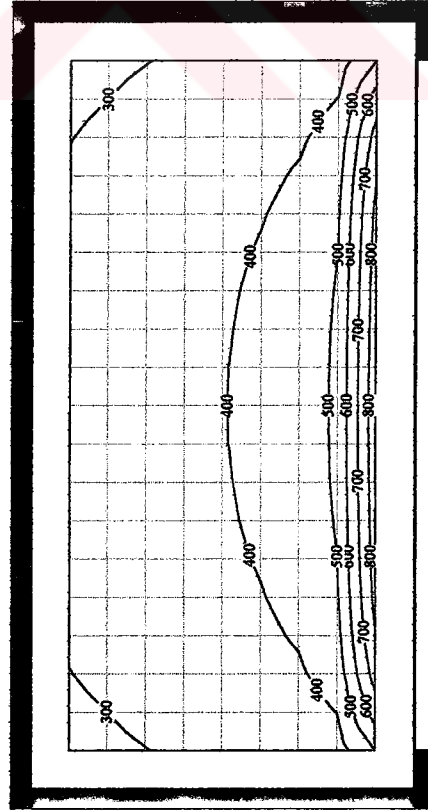
Şekil 6.34 Açık gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: batı; Saat: 9:00.



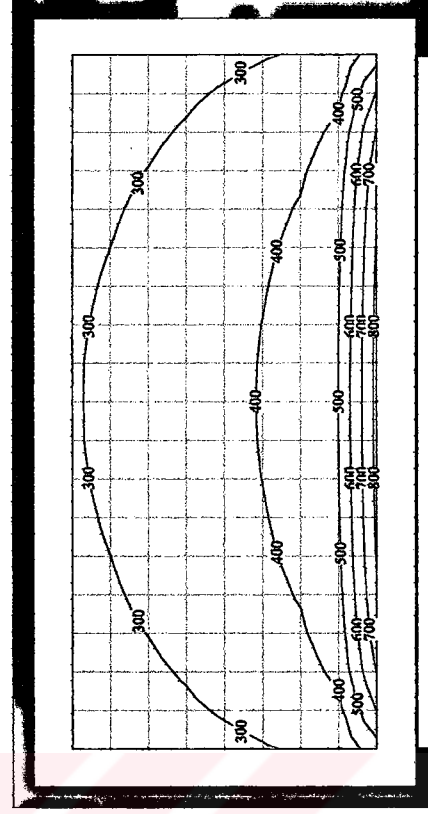
21 Mart



21 Haziran

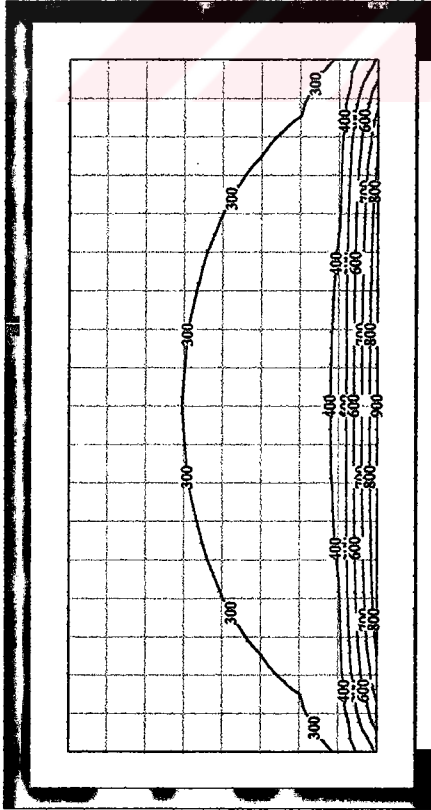


21 Eylül

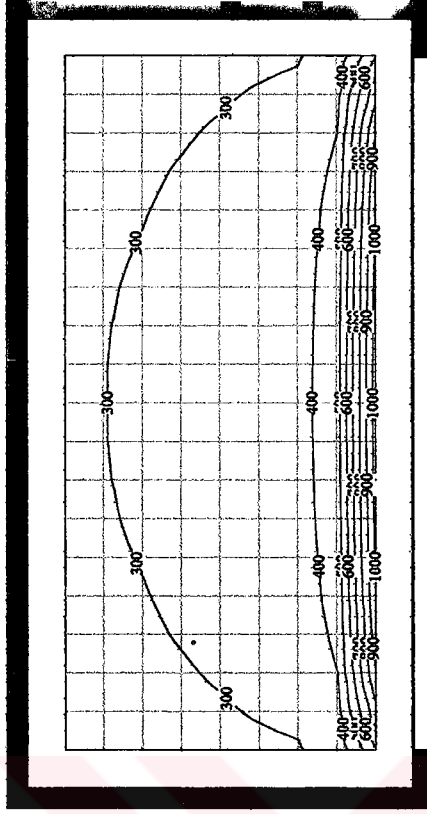


21 Aralık

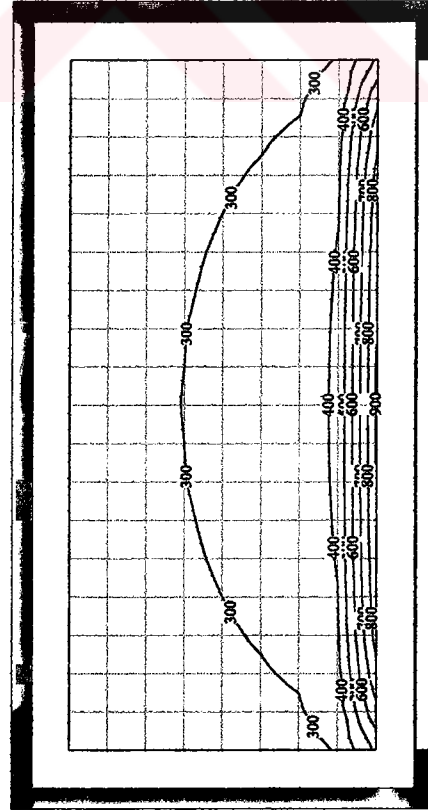
Şekil 6.35 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: kuzey; Saat: 12:00.



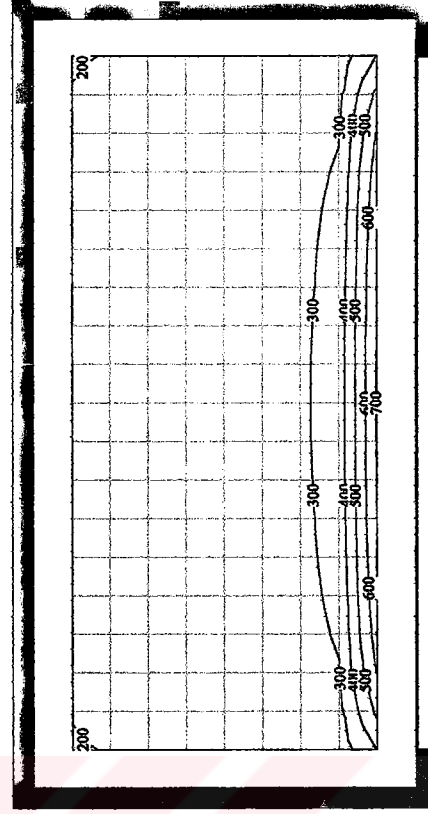
21 Mart



21 Haziran

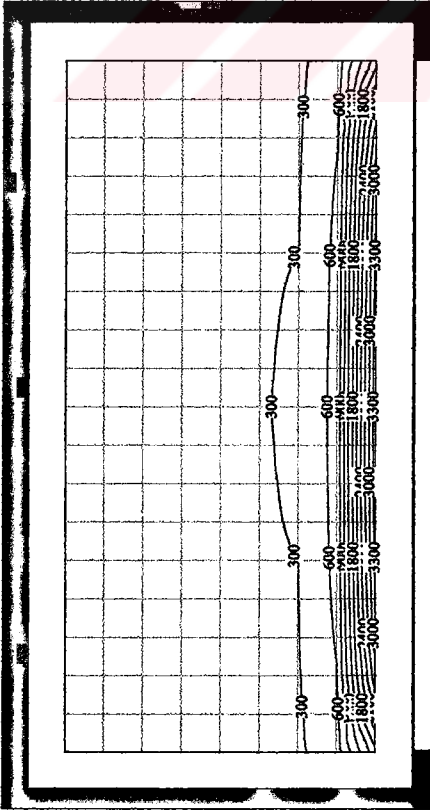


21 Eylül

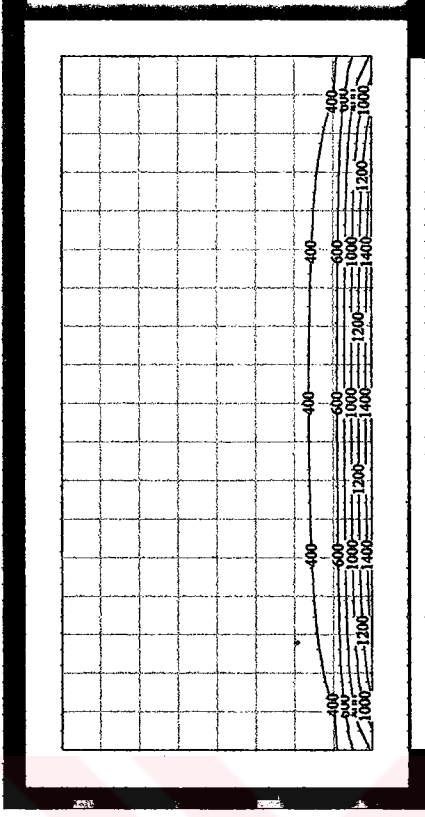


21 Aralık

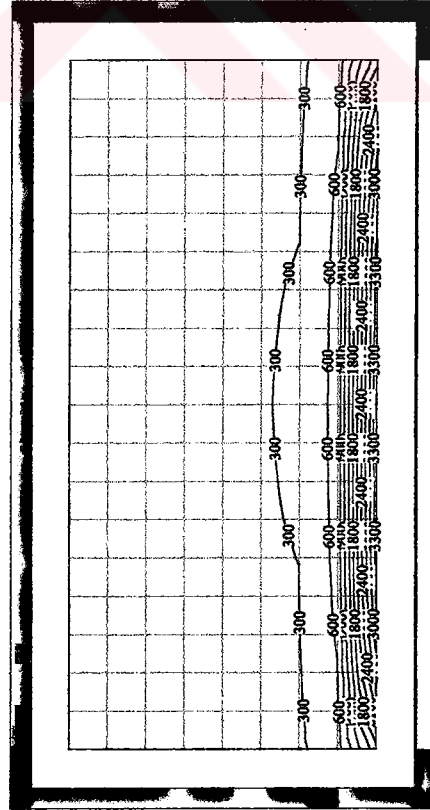
Şekil 6.36 Açık gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: doğu; Saat: 12:00.



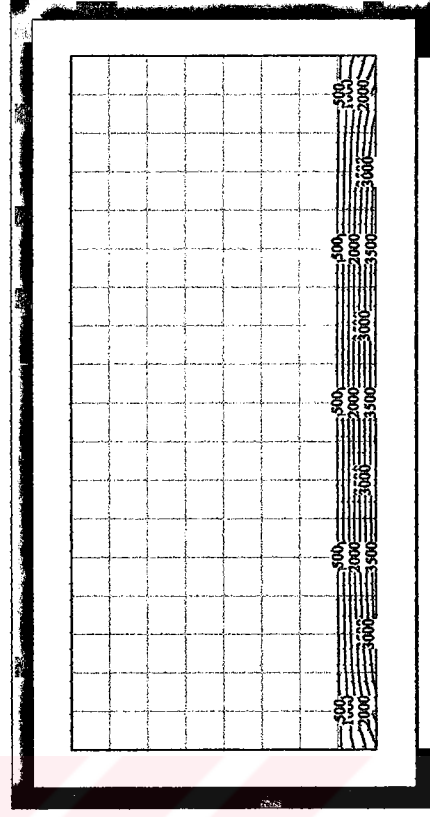
21 Mart



21 Haziran

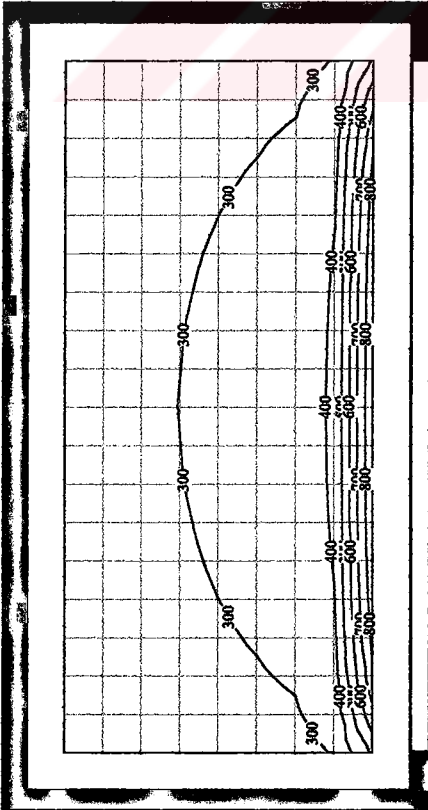


21 Eylül

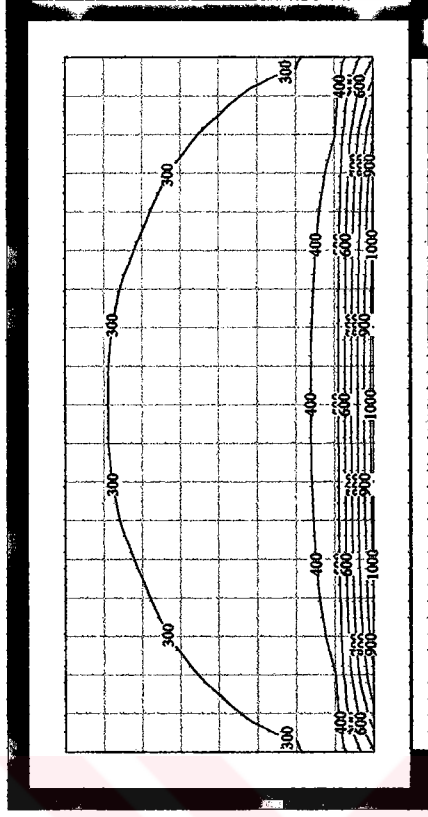


21 Aralık

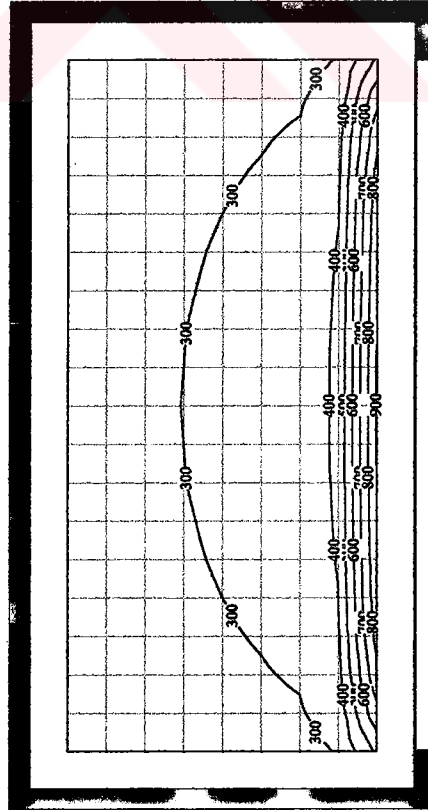
Şekil 6.37 Açık gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: güney; Saat: 12:00.



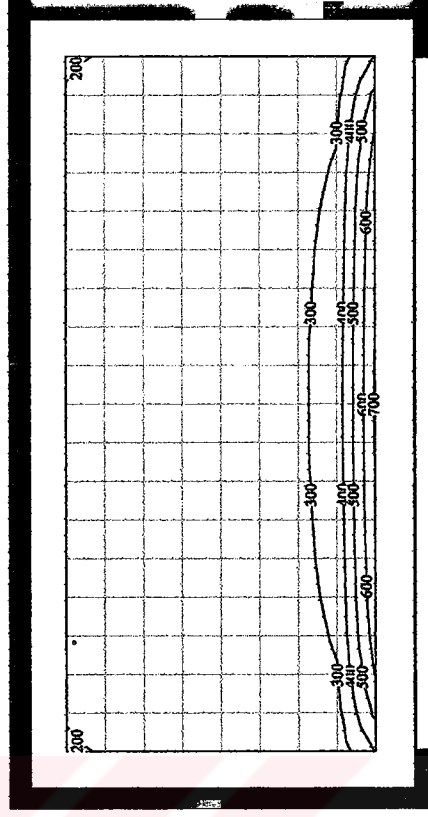
21 Mart



21 Haziran

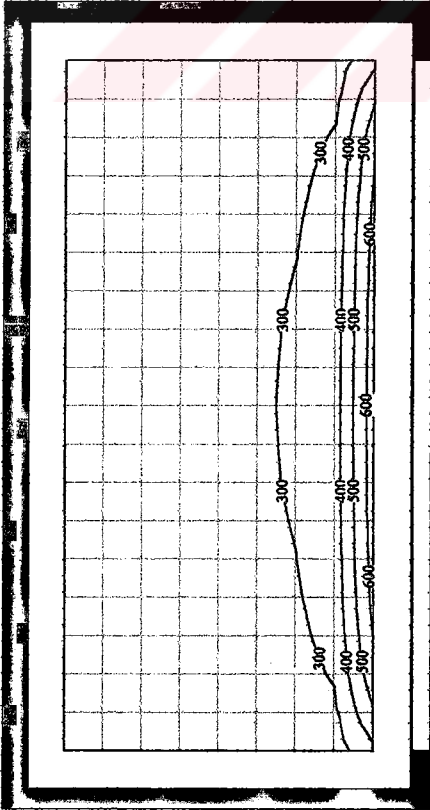


21 Eylül

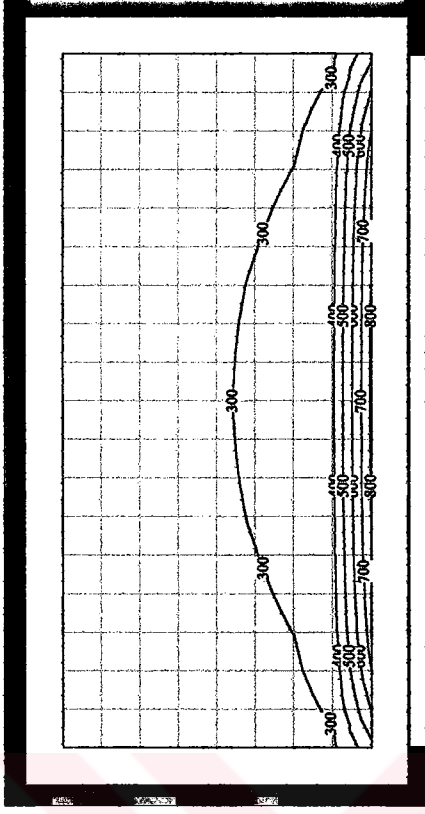


21 Aralık

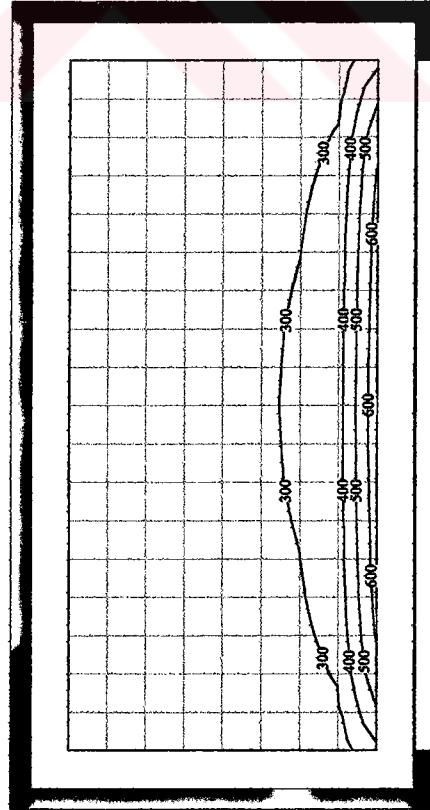
Şekil 6.38 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: batı; Saat: 12:00.



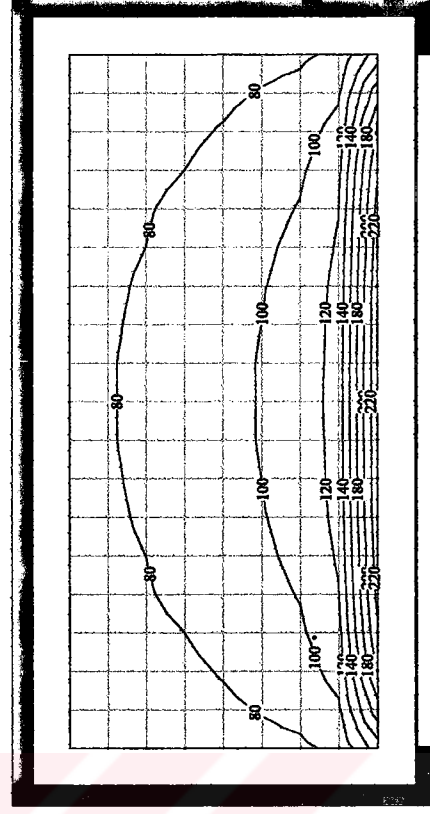
21 Mart



21 Haziran

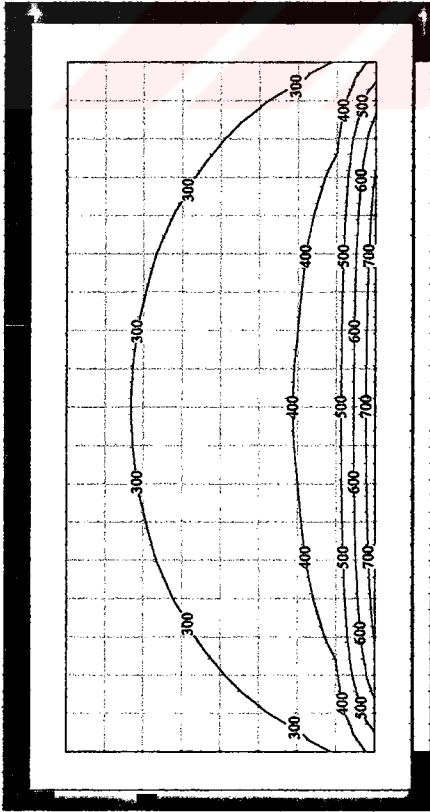


21 Eylül

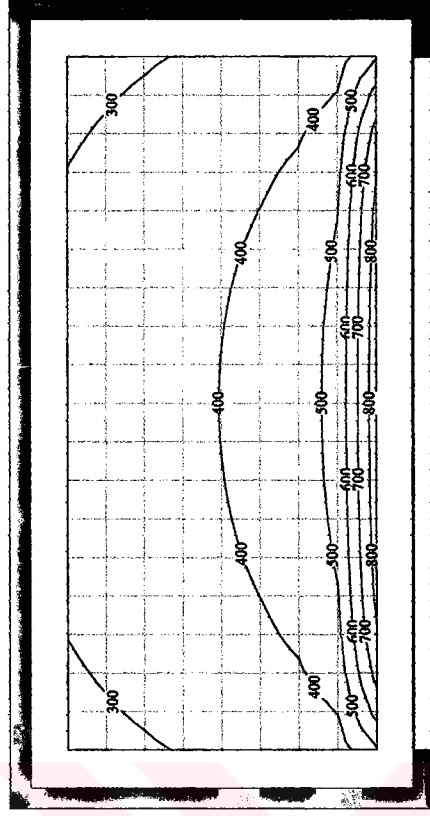


21 Aralık

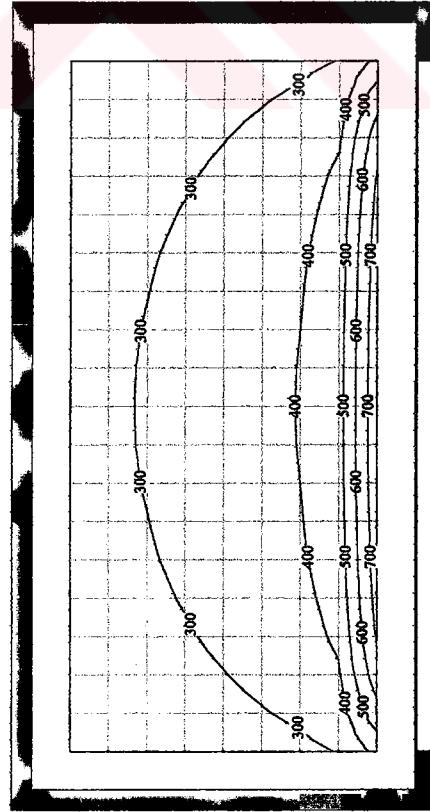
Şekil 6.39 Açık gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: kuzey; Saat: 16:00.



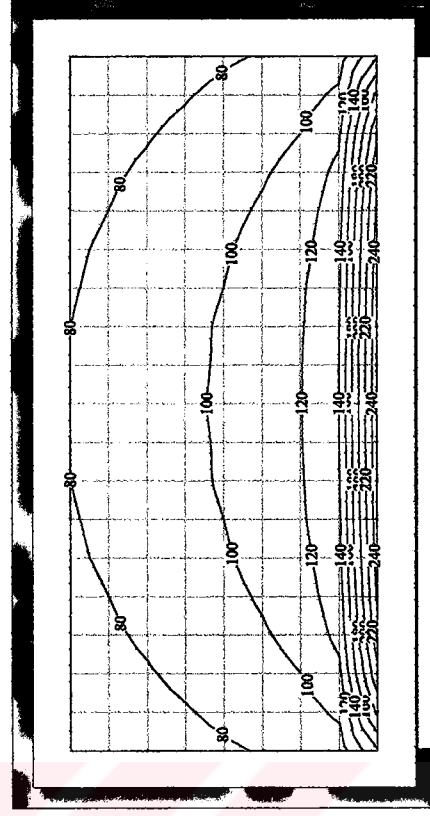
21 Mart



21 Haziran

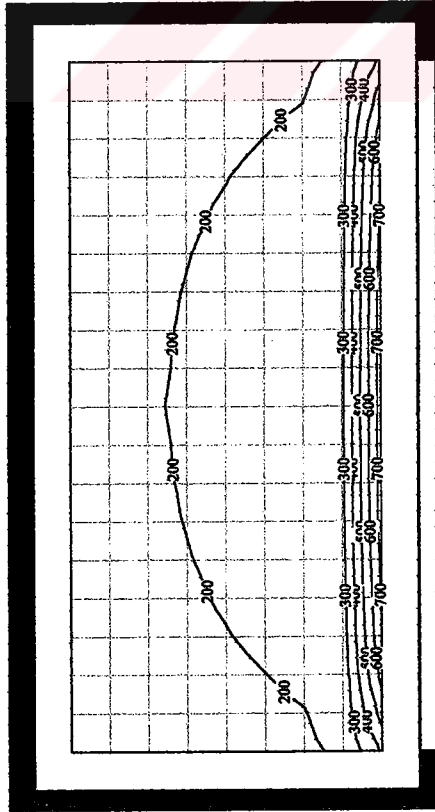


21 Eylül

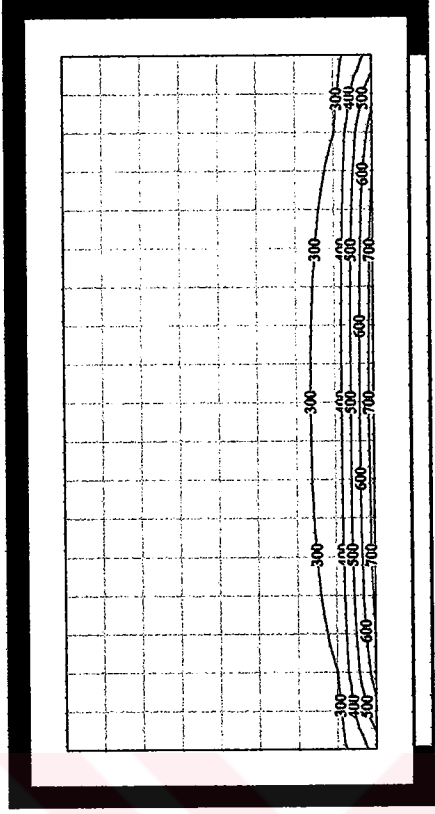


21 Aralık

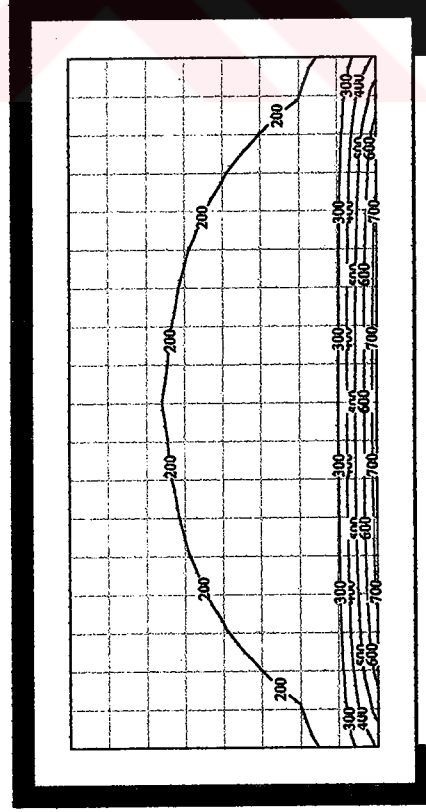
Şekil 6.40 Açık gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: doğu; Saat: 16:00.



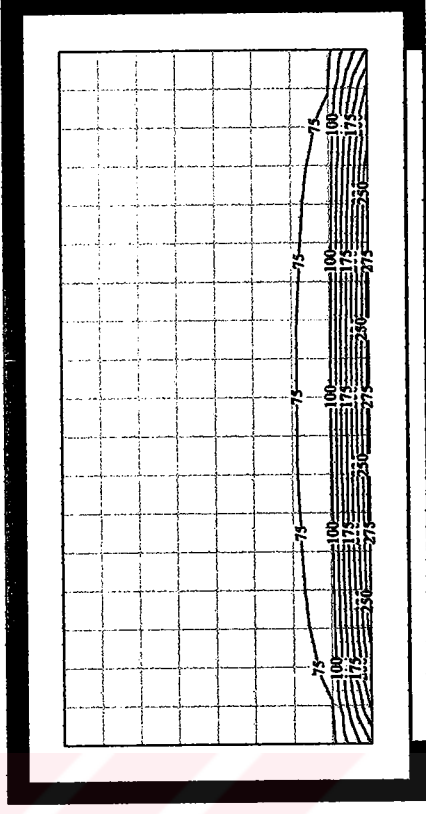
21 Mart



21 Haziran

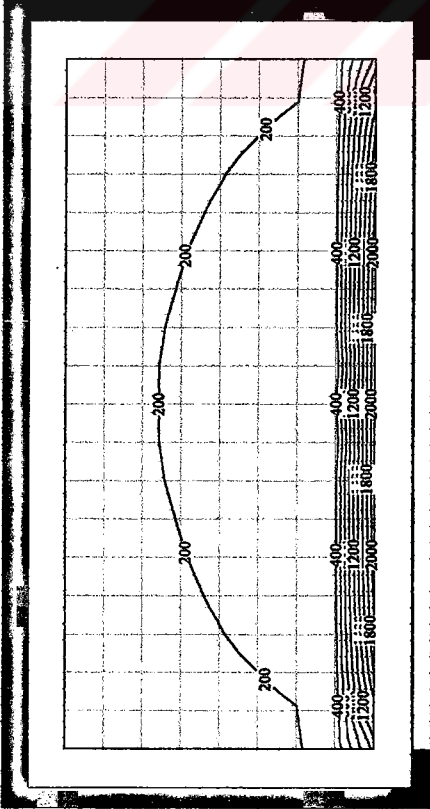


21 Eylül

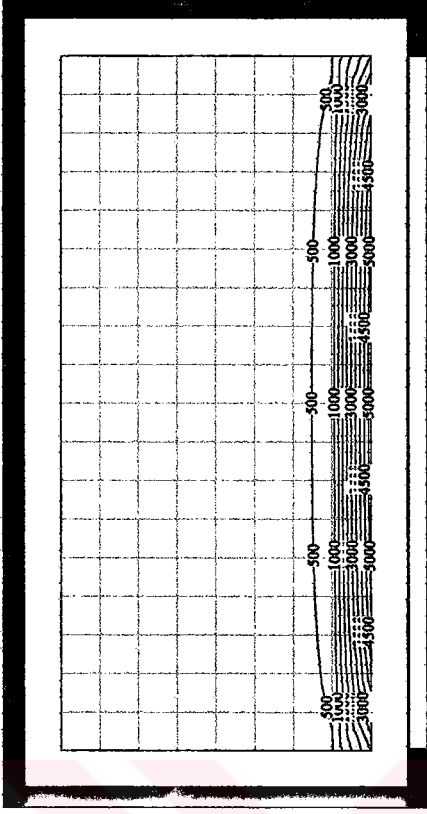


21 Aralık

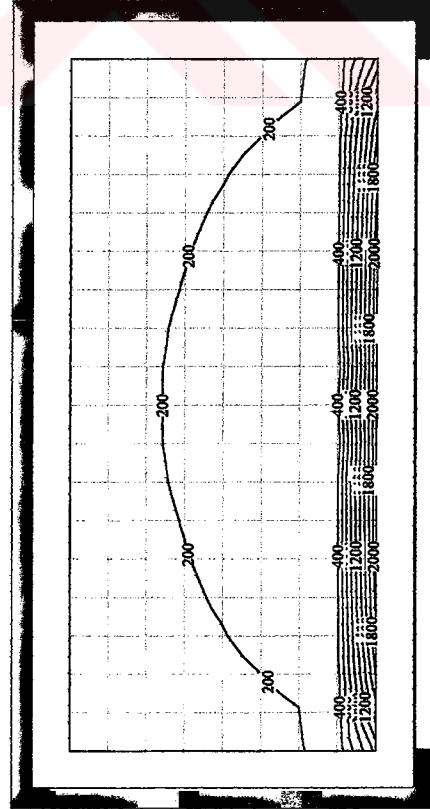
Şekil 6.41 Açık gök güneşiği aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: güney; Saat: 16:00.



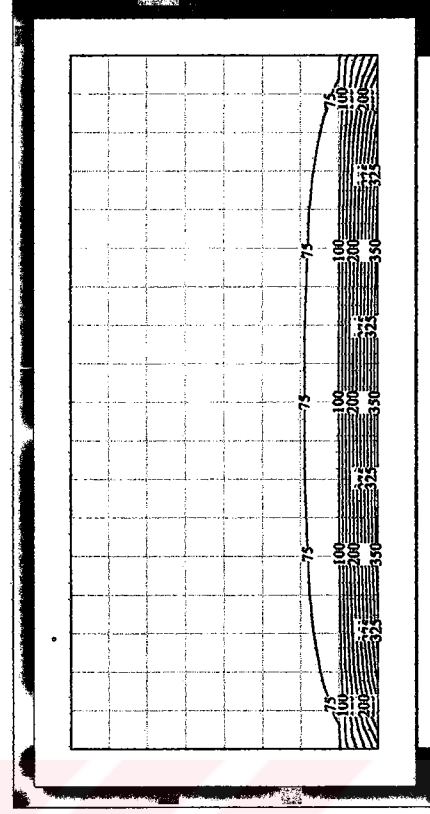
21 Mart



21 Haziran



21 Eylül



21 Aralık

Şekil 6.42 Açık gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: batı; Saat: 16:00.

6.6 Engelli Durum İçin Ortalama Gök Sonuçları

Ortalama gök koşulunda engelli durum için alınan hesap sonuçları doğrultusunda çizilen dağılımlar Şekil 6.43 - Şekil 6.54 arasında verilmiştir. Bu dağılımların değerlendirmesi ise aşağıdaki gibidir.

Aydınlık dağılım biçimi: Aydınlık düzeyi dağılım biçimi pencere yönüne bağlı olup, pencere eksenine göre her koşulda simetrik değildir. Dağılım yön, gün ve saate bağlı olarak biçim değiştirmektedir. Bu değişimin temel nedeni dolaysız güneş ışığının da hesaplara katılmasıdır. Gözleme noktası dolaysız güneş ışığı aldığı anda aydınlık düzeyi oldukça yükselmekte ve aydınlık düzeyi dağılımı biçimi asimetrik olmaktadır. Ancak, engelli durumda hacmin güneş alması pek olası değildir. Sadece 21 Haziran saat 9:00' da güney ve doğu yönünde gözleme noktası güneş almıştır. Bu durum dışındaki tüm durumlarda aydınlık dağılım biçimi pencere eksenine göre simetrik olup, hacmin derinliklerine gidildikçe aydınlık düzeyi azalmaktadır.

Hacim derinliği: 500 lm/m² nin sağlandığı hacim derinliği pencereden uzaklık olarak Çizelge 6.11' te verilmiştir.

Çizelge 6.11 incelendiğinde varılan sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Hesap yapılan yön, gün ve saatlerde yararlı düzlemin hiç bir bölümü yeterli düzeyde aydınlanmamıştır.
- Saat 9:00 için, 21 Aralık' ın kuzey ve batı yönü dışındaki, tüm yön ve günlerde yararlı düzlemin yalnızca pencereye çok yakın bölümünde yeterli aydınlık düzeyi sağlanmıştır.
- Saat 12:00 için, hesap yapılan tüm gün ve yönlerde yalnızca pencereye çok yakın durumdaki yararlı düzlem parçası yeterli düzeyde aydınlanmıştır.
- Saat 16:00' da, 21 Aralık dışındaki günler için tüm yönlerde yararlı düzlemin pencereye çok yakın bölümü yeterli düzeyde aydınlanmıştır.
- 21 Aralık saat 16:00' da ise tüm yönler için yararlı düzlemin hiç bir bölümü aydınlanmamıştır.
- 21 Aralık 16:00' da hesap yapılan tüm yönlerde, saat 9:00' da ise kuzey ve batı yönlerinde hacmin tümünde yapay aydınlatmaya; diğer gün ve saatlerde ise tüm yönler için yararlı düzlemde yeterli aydınlığın sağlanamadığı uzaklıktan sonrası için günışığı ve yapay aydınlatmanın birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatma sistemlerine gereksinim vardır.

Çizelge 6.11 Ortalama gök için engelli durumda, 500 lm/m^2 nin sağlandığı pencereden yaklaşık uzaklıklar

YÖN	GÜN	SAAT		
		9:00	12:00	16:00
KUZEY	21 Mart	0.5 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Haziran	0.5 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Eylül	0.5 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Aralık	-	0.5 m.	-
DOĞU	21 Mart	0.5 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Haziran	1.5 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Eylül	0.5 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Aralık	0.5 m.	0.5 m.	-
GÜNEY	21 Mart	0.5 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Haziran	1 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Eylül	0.5 m.	1 m.	0.5 m.
	21 Aralık	0.5 m.	0.5 m.	-
BATI	21 Mart	0.5 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Haziran	0.5 m.	0.5 m.	1 m.
	21 Eylül	0.5 m.	0.5 m.	0.5 m.
	21 Aralık	-	0.5 m.	-

Aydınlık düzeyi: Aydınlık düzeyinin en yüksek ($E_{\max}$) ve en düşük ($E_{\min}$) değeri arasındaki oran pencerenin baktığı yöne göre değişim göstermektedir. Bu durum Çizelge 6.12' de gösterilmiştir. Çizelgeden yararlanılarak aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- Kuzeye bakan penceresi olan hacimde, $E_{\min} / E_{\max}$ değerleri saate göre çok değişim göstermemektedir. $E_{\min} / E_{\max}$ değeri yaklaşık olarak %15-17 olmaktadır.

Doğuya bakan penceresi olan hacimde, saat 12:00 ve 16:00 için oranlar aynıdır. Bu saatler için $E_{\min} / E_{\max}$ değeri yaklaşık olarak %15' tir. Saat 9:00' da ise güneşin azimut açısına (α_s) bağlı olarak pencerenin gördüğü gök parçasının ışıklılığı fazla olduğu için söz konusu oranlar küçük çıkmıştır. Oranın yaklaşık %6 olması pencereye yakın noktada en yüksek değerine ulaşan aydınlık düzeyinin hacmin derinliklerine gidildikçe saat 12:00 ve 16:00' ya göre daha fazla azaldığını göstermektedir. Dolaysız güneş ışığı yalnızca 21 Haziran' da gözleme noktalarına gelebilmiştir.

Güneye bakan penceresi olan hacimde $E_{\min} / E_{\max}$ değeri, 9:00 ve 16:00 saatleri için yakın değerlerde olup, yaklaşık %10-13 arasında değişmektedir. Saat 12:00' de ise bu oran %5' e düşmektedir. En yüksek aydınlık düzeyi ile en düşük aydınlık düzeyi arasındaki farkın en

yüksek olduğu gün ve saat 21 Eylül 12:00' dir (Çizelge 6.12, Şekil 6.49).

Ortalama gök modelinde dış yatay aydınlık düzeyi güneşin açısı yanında bulanıklılık, bulutluluk ve güneşlenme olasılığı gibi değişkenlere de bağlı olduğundan 21 Eylül ile 21 Mart günleri için eşit sonuçlar alınmamıştır.

Çizelge 6.12 Ortalama gök engelli durum için yön, gün ve saatlere göre en düşük (E_{min}) ve en yüksek (E_{max}) aydınlık düzeyleri (lm/m^2)

YÖN	GÜN	SAAT								
		9:00			12:00			16:00		
		E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_{max}
KUZey	21 Mr.	117	737	0,1587	146	889	0,1642	90	625	0,144
	21 Hz.	137	741	0,1848	154	792	0,1944	124	712	0,1962
	21 Eyl.	118	605	0,1950	136	628	0,2165	95	530	0,1792
	21 Ar.	59	439	0,1343	102	698	0,1461	24	201	0,1194
DOĞU	21 Mr.	116	1404	0,0826	145	974	0,1488	91	639	0,1424
	21 Hz.	137	15821	0,0086	153	945	0,1619	126	642	0,1962
	21 Eyl.	116	1651	0,0702	135	758	0,1781	97	560	0,1732
	21 Ar.	58	513	0,1130	100	700	0,1428	24	201	0,1194
GÜNEY	21 Mr.	116	968	0,1198	145	2471	0,0586	90	682	0,1319
	21 Hz.	137	1471	0,0931	153	1418	0,1078	123	695	0,1769
	21 Eyl.	116	967	0,1199	134	3065	0,0437	94	648	0,1450
	21 Ar.	58	542	0,1070	100	2028	0,0493	24	201	0,1194
BATI	21 Mr.	117	740	0,1581	145	974	0,1488	90	1223	0,0735
	21 Hz.	139	668	0,2080	153	945	0,1619	123	4431	0,0277
	21 Eyl.	119	610	0,1950	135	758	0,1781	94	1766	0,0532
	21 Ar.	59	437	0,1350	100	700	0,1458	24	201	0,1194

• Aydınlık düzeyleri yöne ve saate bağlı olarak farklı değerlerde bulunmuşlardır. Bu gök koşulunda dolaysız güneş ışığı hesaplara katıldığı için belirli gün ve saatler bir araya toplanarak bir genelleme yapmak olası değildir. Bu nedenle, ortalama gök koşullarında yapılan hesaplamalardan elde edilen bulgular aşağıdaki gibi sıralanabilir.

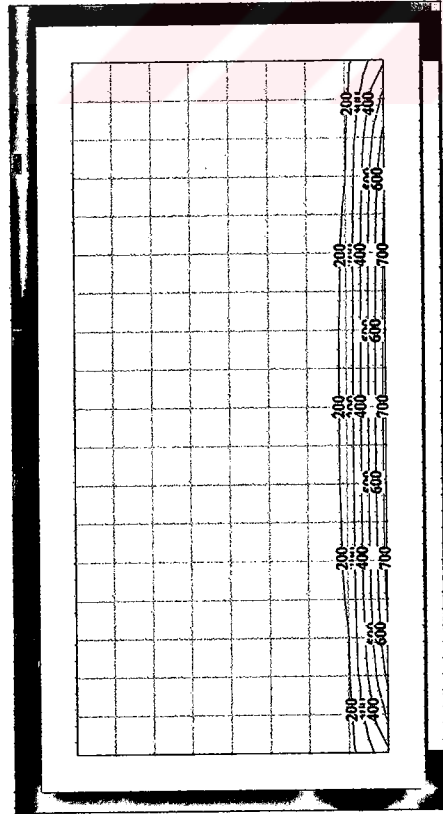
- ◆ Saat 9:00' da, kuzey, doğu ve güney yönleri için en yüksek aydınlık düzeyi 21 Haziran' da bulunmuştur. Batı yönünde en yüksek aydınlık düzeyi 21 Mart' ta oluşmaktadır. En düşük aydınlık düzeyi ise tüm yönler için 21 Aralık' ta bulunmuştur.
- ◆ Saat 12:00' de, batı ve doğu yönleri için en yüksek aydınlık düzeyi 21 Mart' ta bulunmuştur. Güney yönü için en yüksek aydınlık düzeyinin bulunduğu gün 21 Eylül; kuzey yönü için ise 21 Haziran olmuştur. 21 Aralık'ta yönlerden bağımsız olarak en düşük

değerler ortaya çıkmıştır.

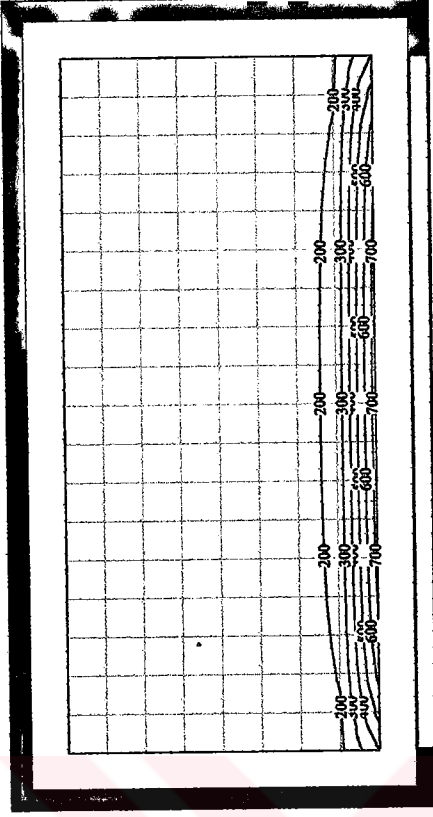
- ◆ Saat 16:00' da, tüm yönler için en yüksek aydınlık düzeyi 21 Haziran' da bulunmuştur. 21 Aralık'ta yönlerden bağımsız olarak en düşük değerler ortaya çıkmıştır.

- Günlerden bağımsız olarak bakıldığında en yüksek aydınlık düzeyinin bulunduğu saat yönlerine göre değişim göstermektedir. Kuzey ve güney yönleri için en yüksek aydınlık düzeyi saat 12:00' de bulunmuştur. Doğu yönünde güneşin azimut açısına (α_s) bağlı olarak saat 9:00' da en yüksek aydınlık düzeyi bulunmuştur (Çizelge 6.12, Şekil 6.44). Batı yönünde ise saat 16:00' da en yüksek aydınlık düzeyine ulaşılmıştır.

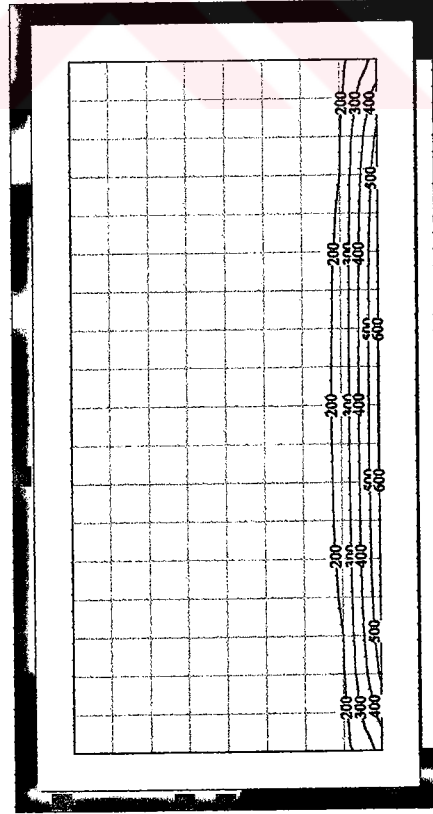




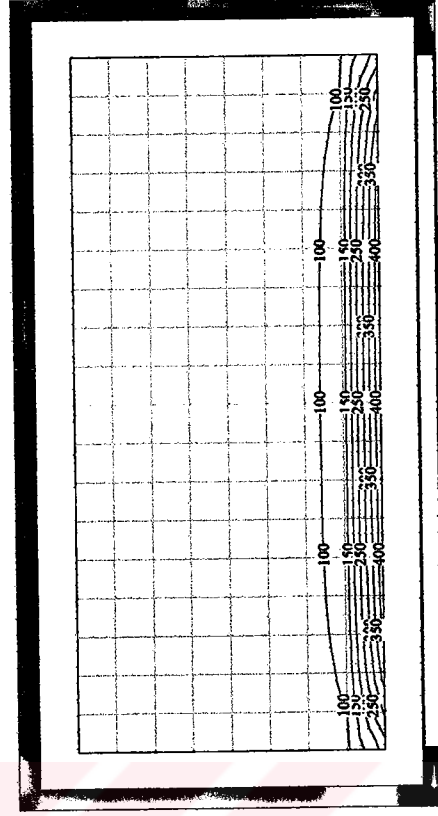
21 Mart



21 Haziran

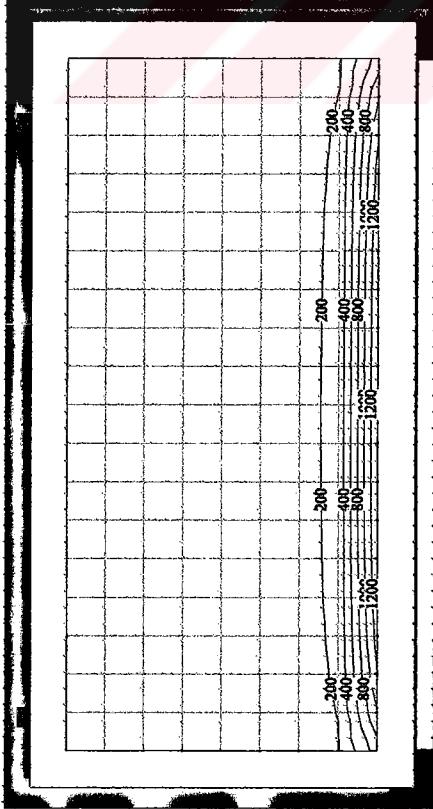


21 Eylül

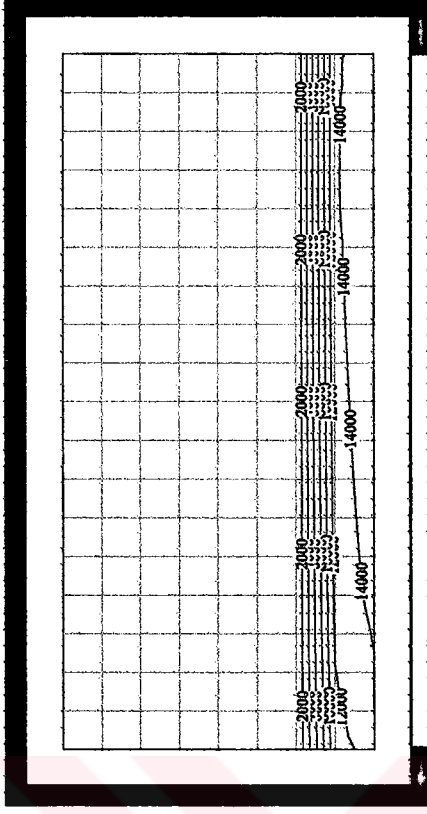


21 Aralık

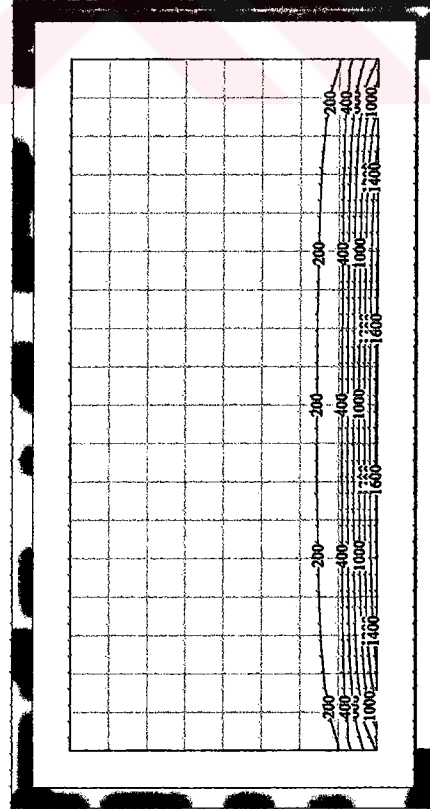
Şekil 6.43 Ortalama gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: kuzey; Saat: 9:00.



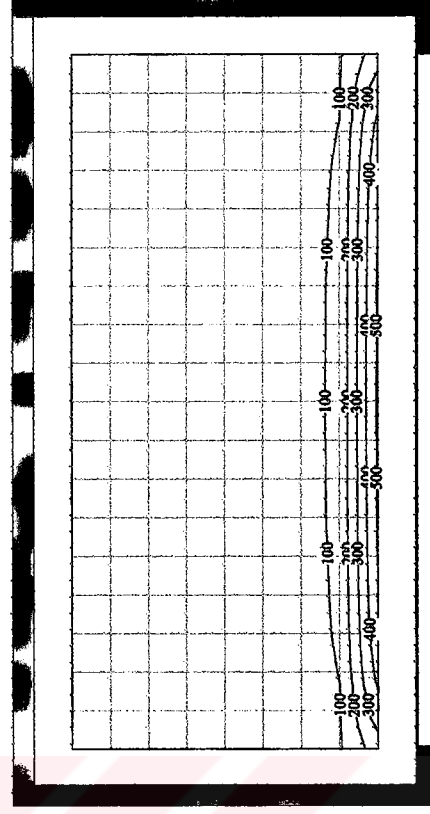
21 Mart



21 Haziran

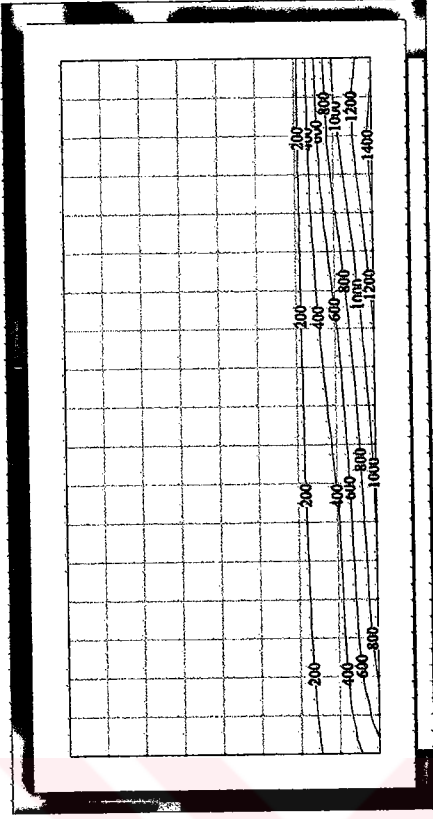


21 Eylül

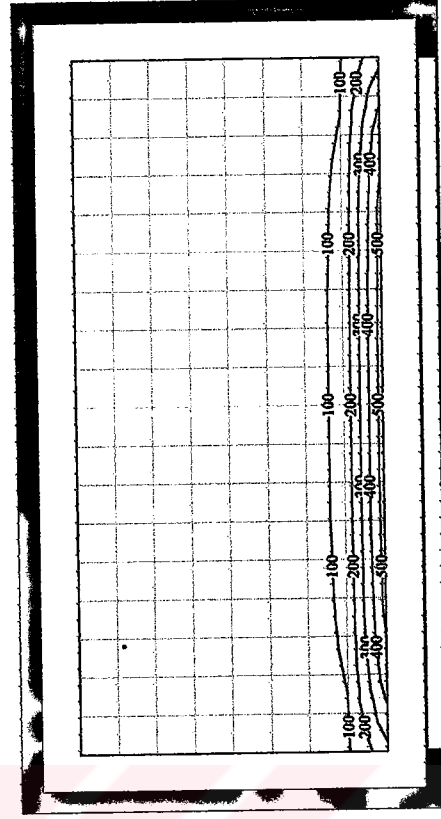


21 Aralık

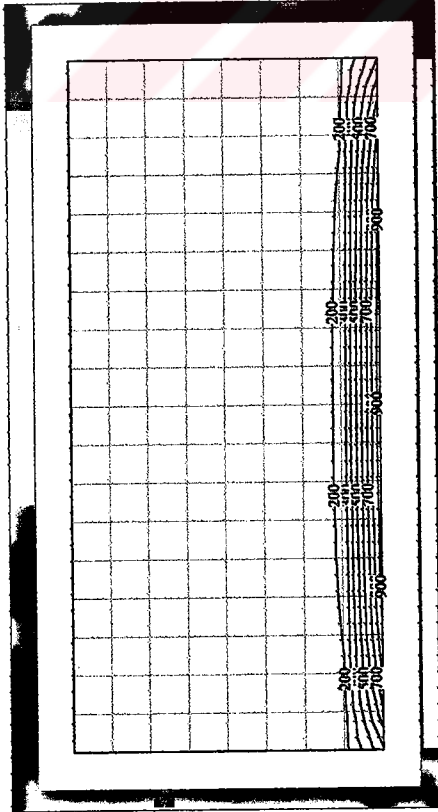
Şekil 6.44 Ortalama gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: doğu; Saat: 9:00.



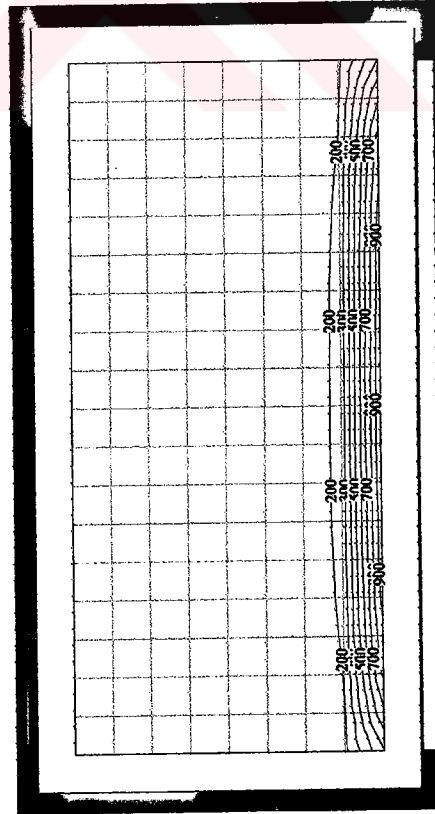
21 Haziran



21 Aralık

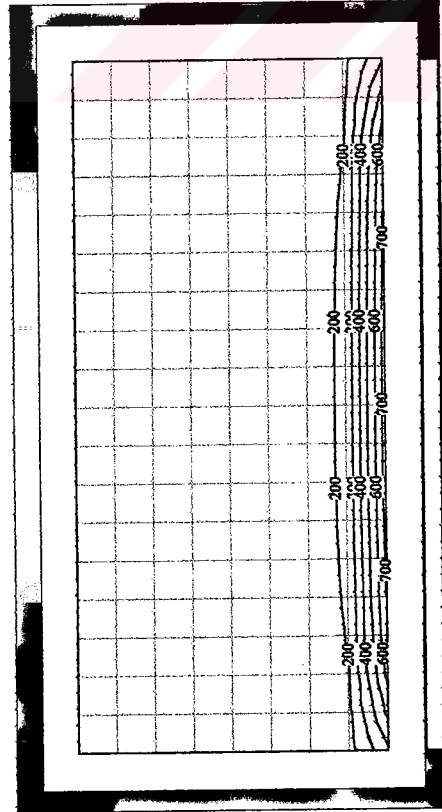


21 Mart

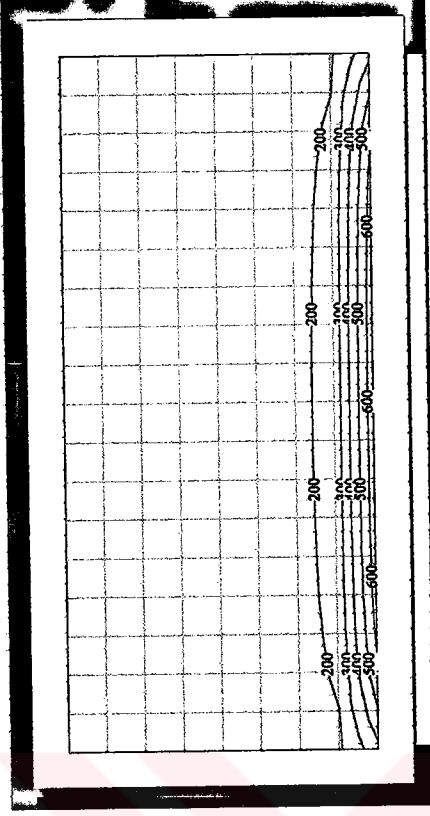


21 Eylül

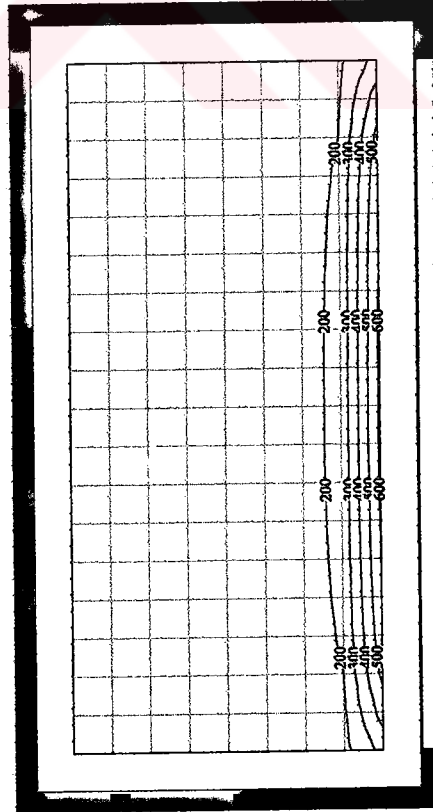
Şekil 6.45 Ortalama gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: güney; Saat: 9:00.



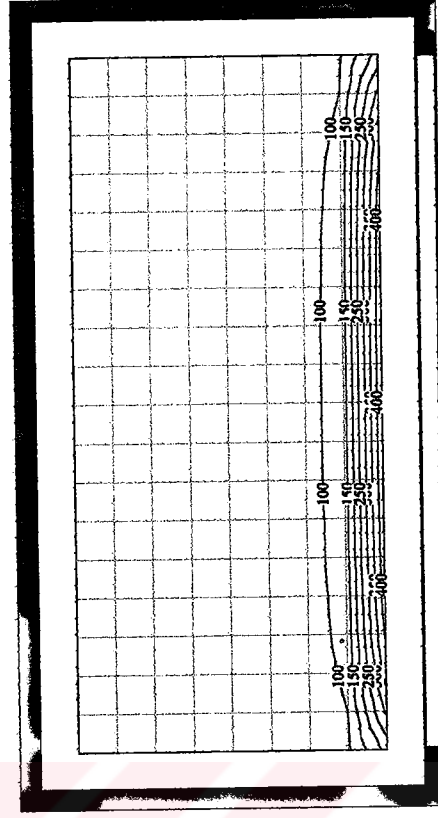
21 Mart



21 Haziran

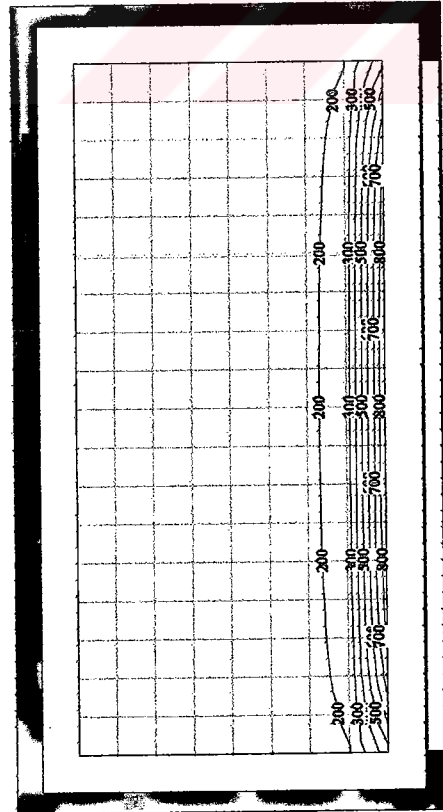


21 Eylül

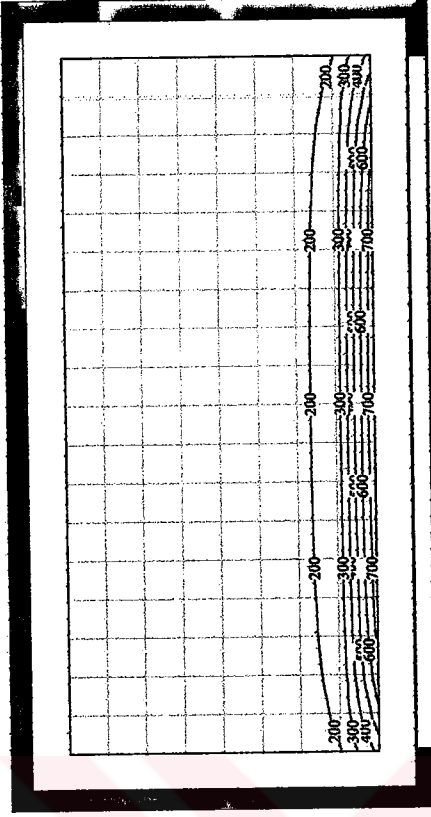


21 Aralık

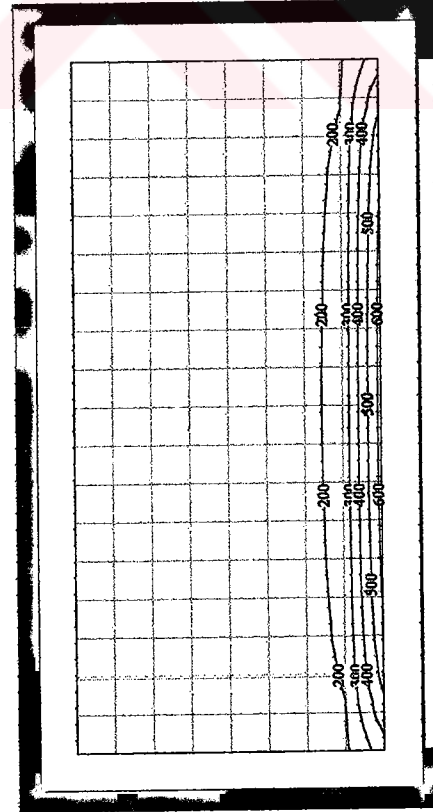
Şekil 6.46 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: batı; Saat: 9:00.



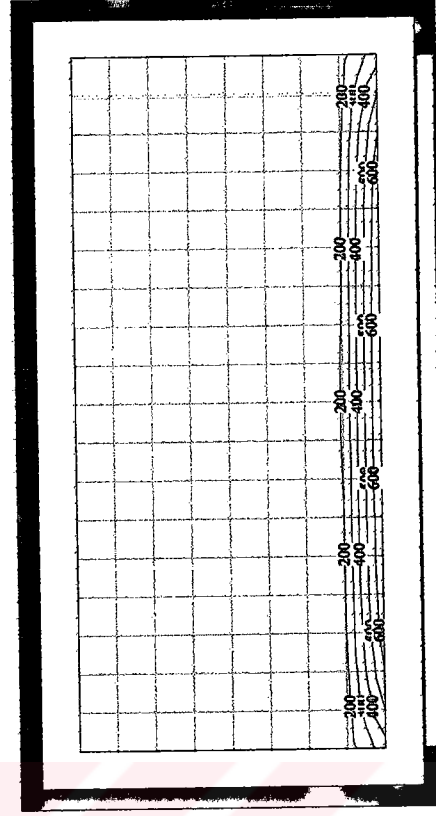
21 Mart



21 Haziran

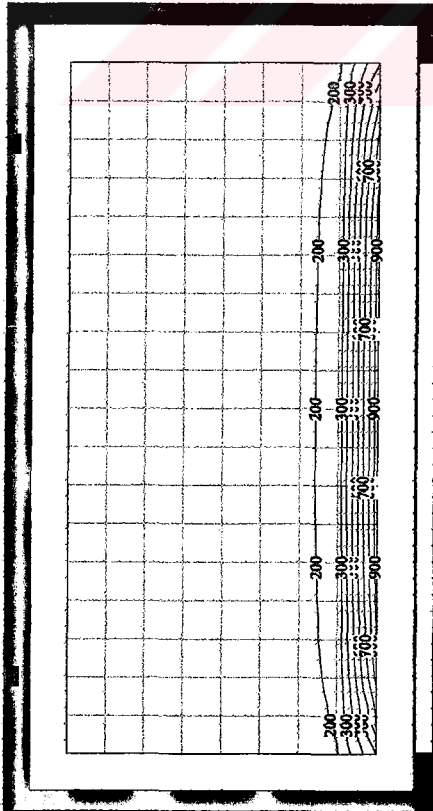


21 Eylül

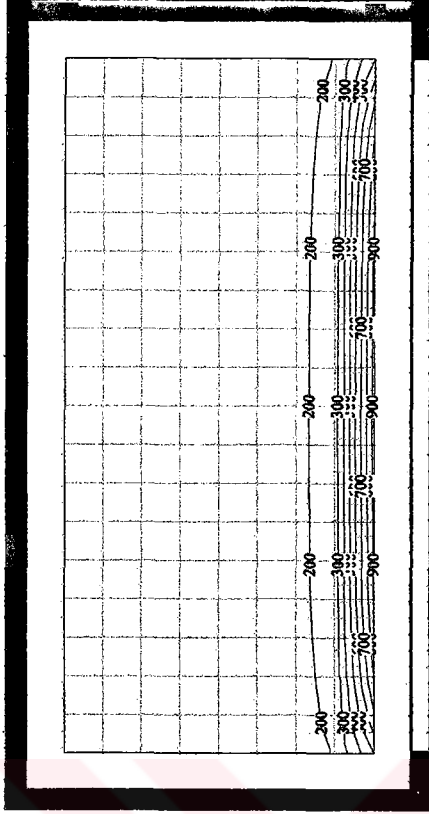


21 Aralık

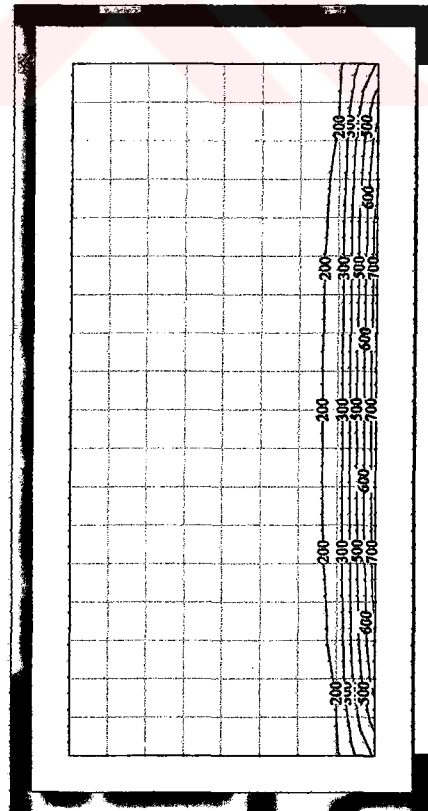
Şekil 6.47 Ortalama gök güneşiği aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: kuzey; Saat: 12:00.



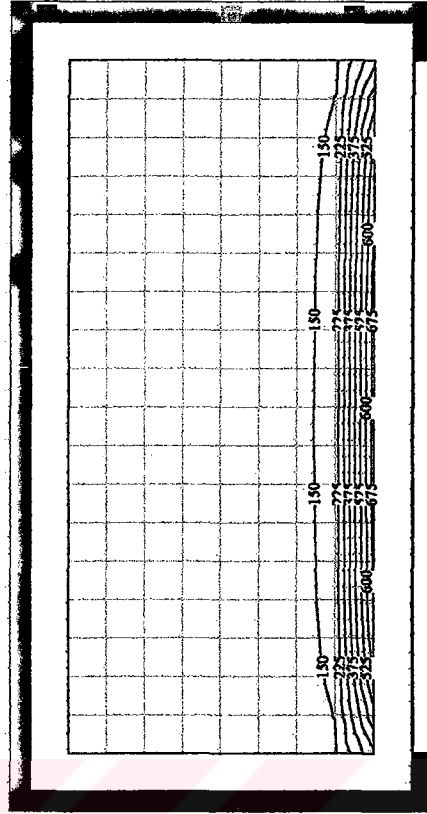
21 Mart



21 Haziran

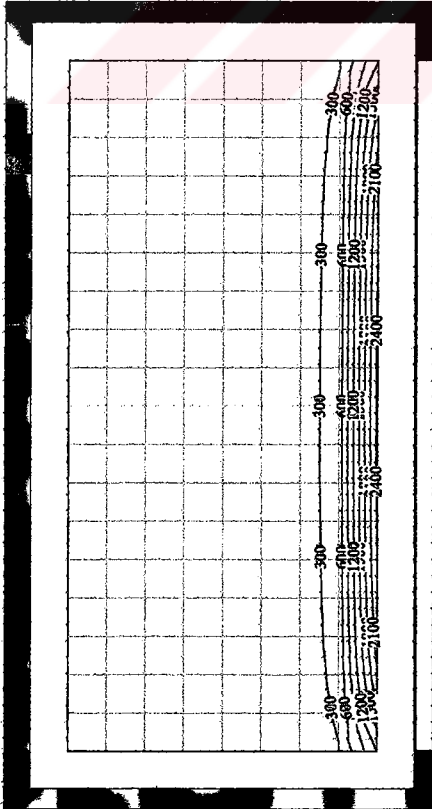


21 Eylül

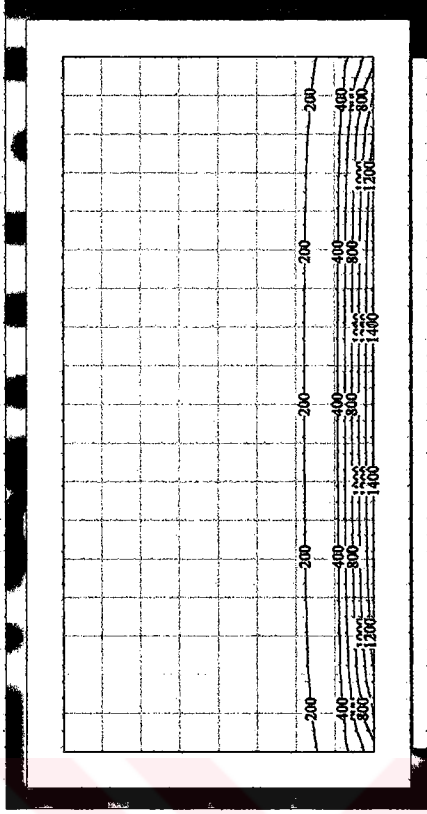


21 Aralık

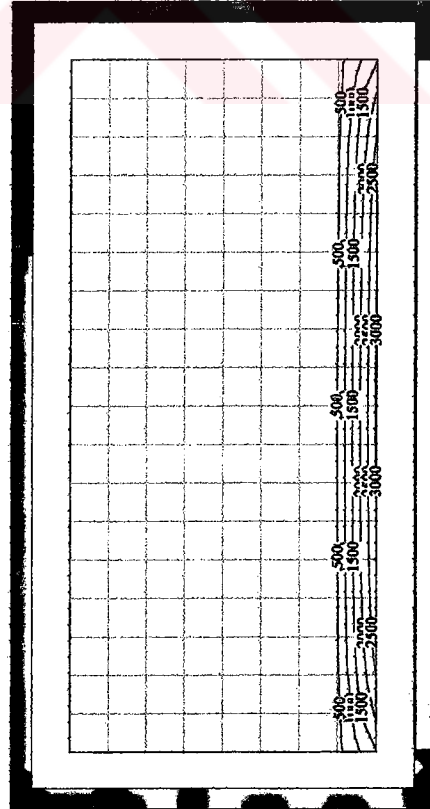
Şekil 6.48 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: doğu; Saat: 12:00.



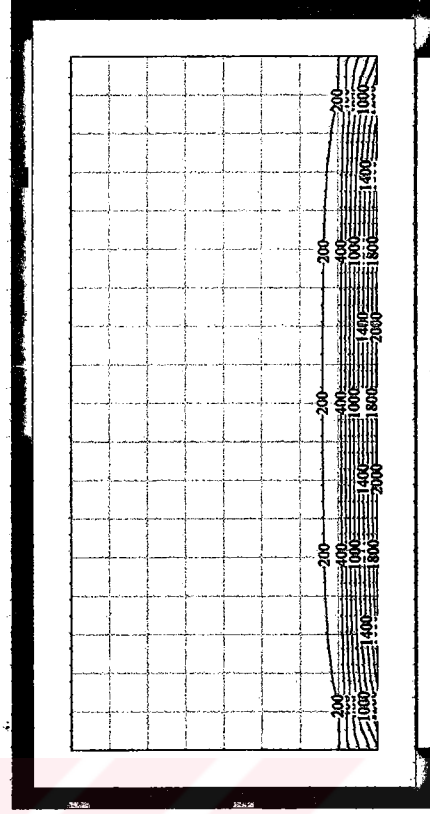
21 Mart



21 Haziran

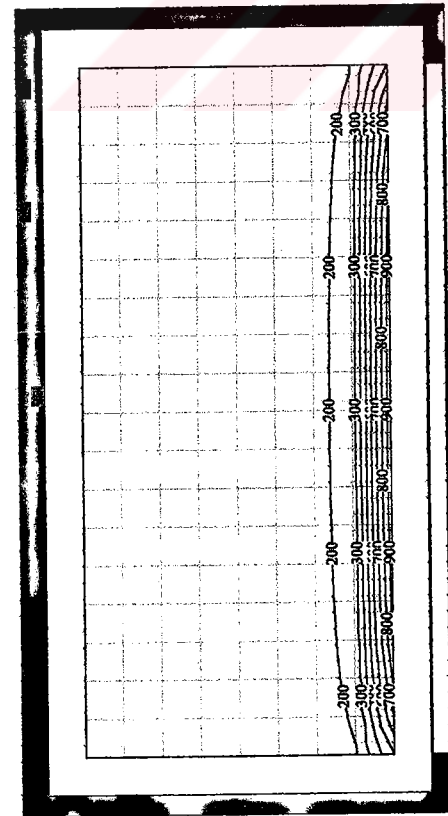


21 Eylül

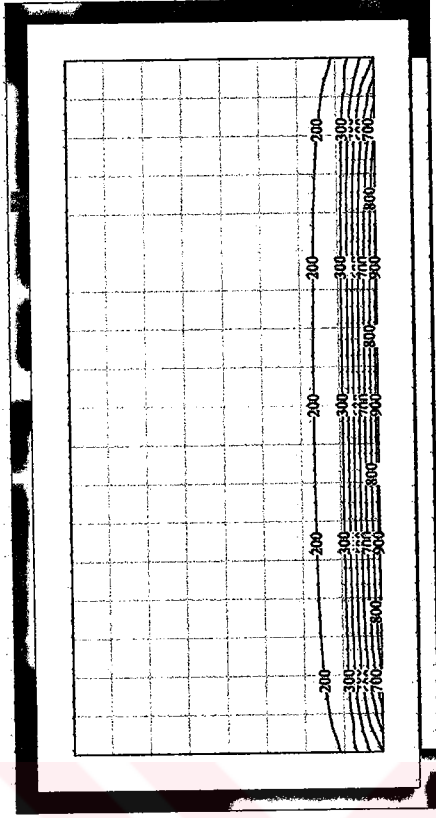


21 Aralık

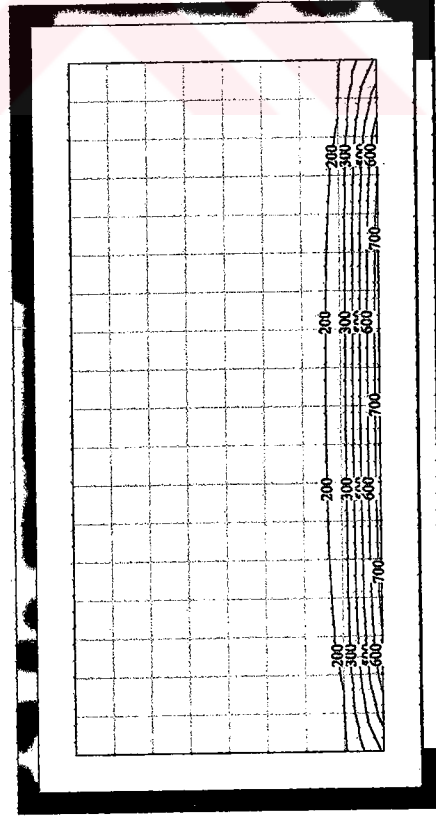
Şekil 6.49 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: güney; Saat: 12:00.



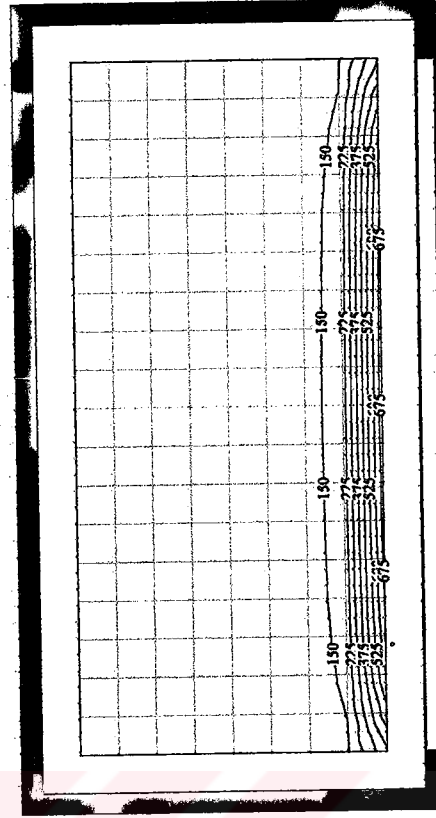
21 Mart



21 Haziran

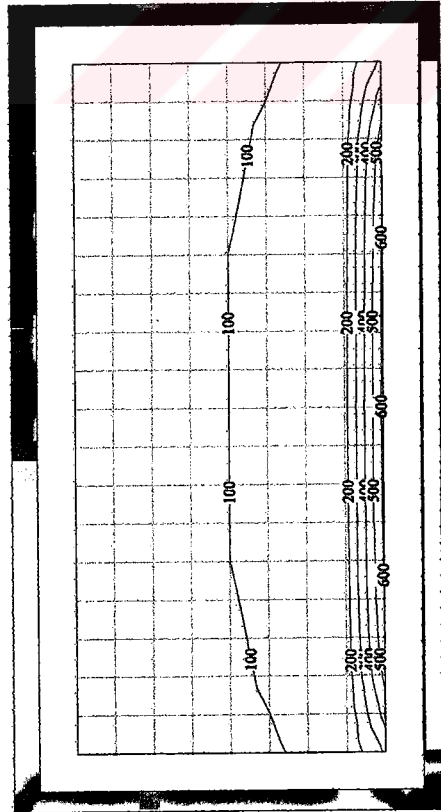


21 Eylül

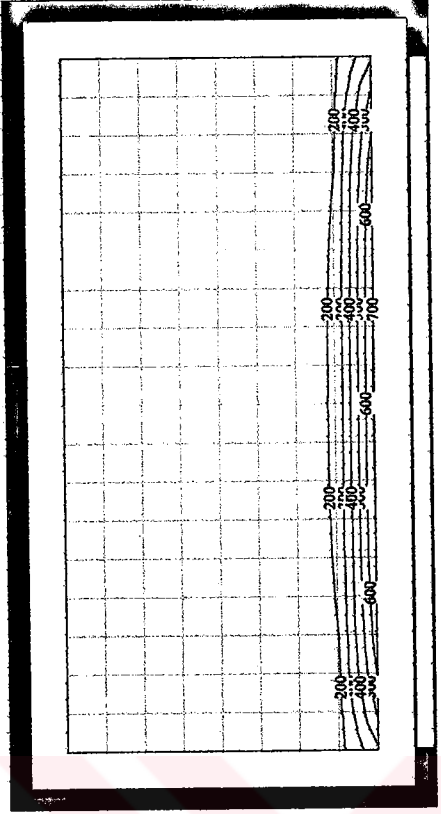


21 Aralık

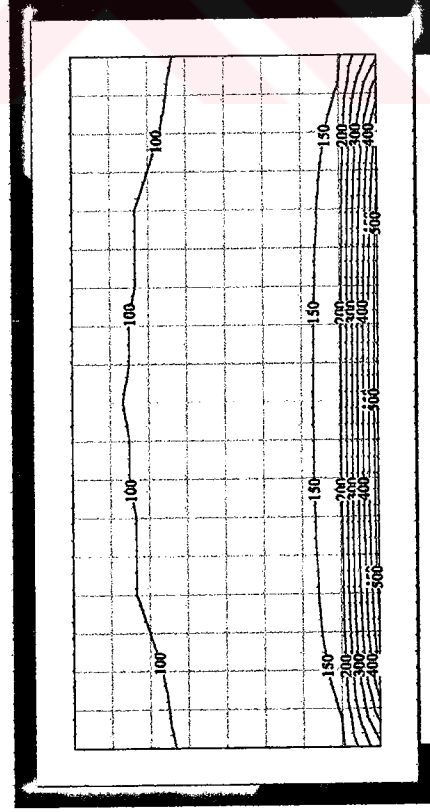
Şekil 6.50 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: batı; Saat: 12:00.



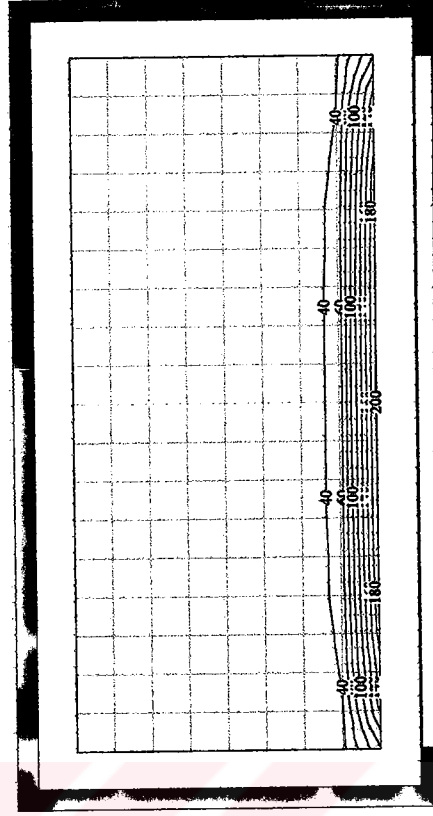
21 Mart



21 Haziran

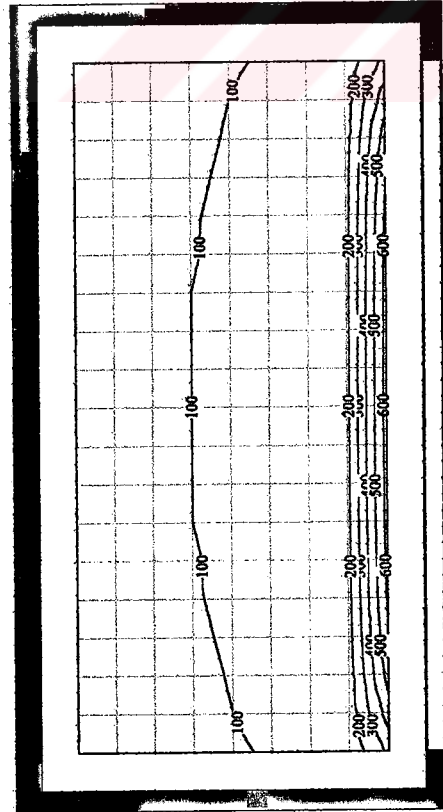


21 Eylül

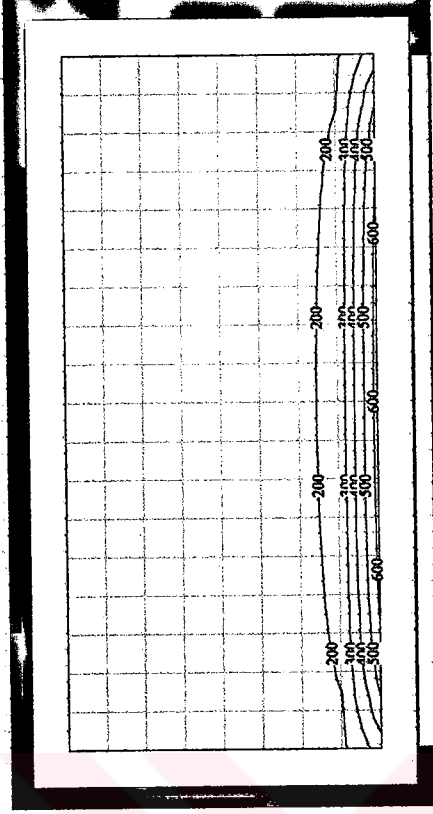


21 Aralık

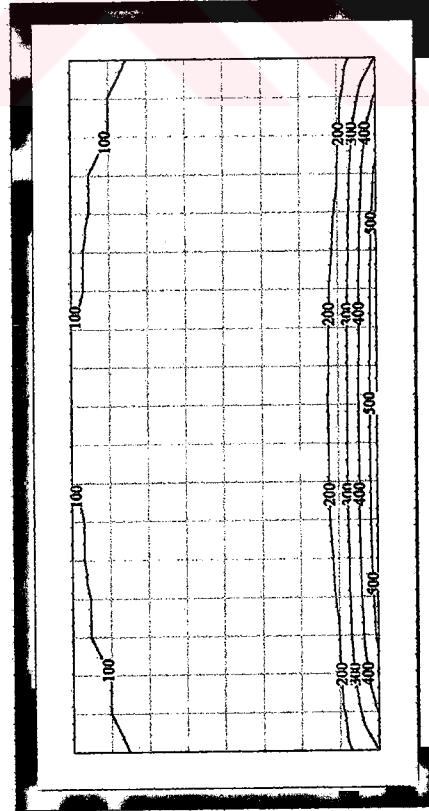
Şekil 6.51 Ortalama gök güneşiği aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: kuzey; Saat: 16:00.



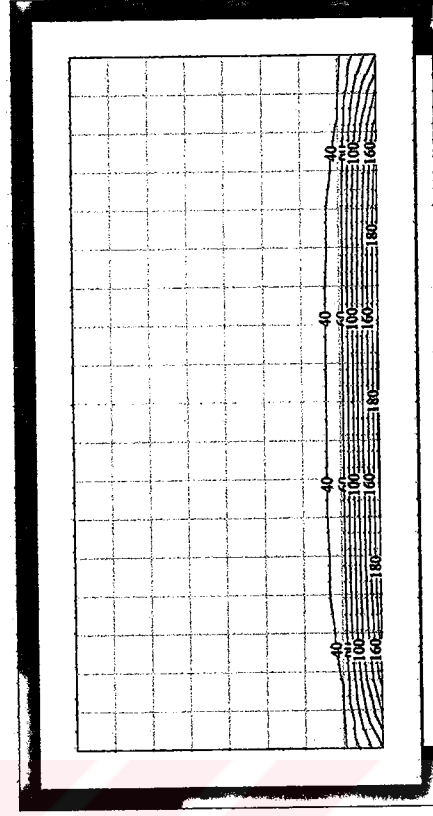
21 Mart



21 Haziran

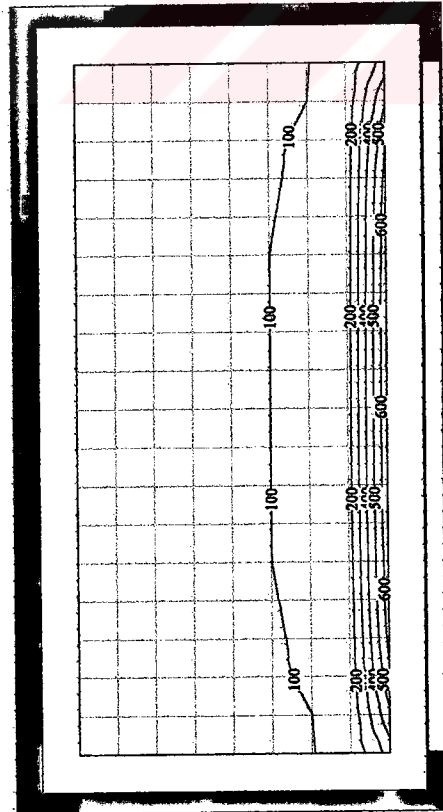


21 Eylül

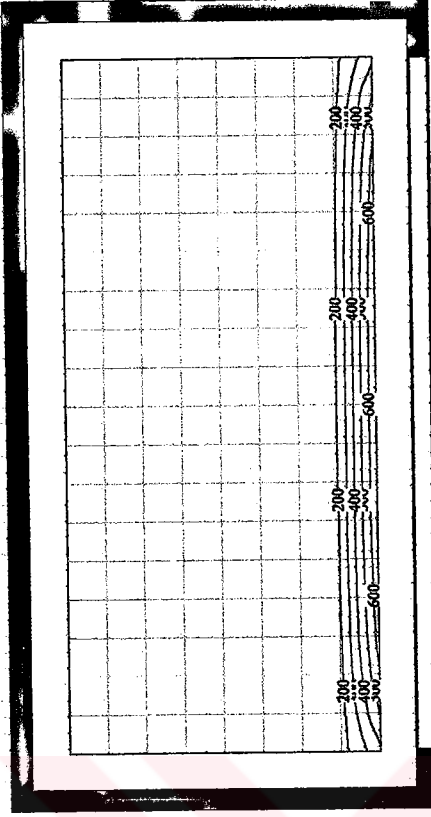


21 Aralık

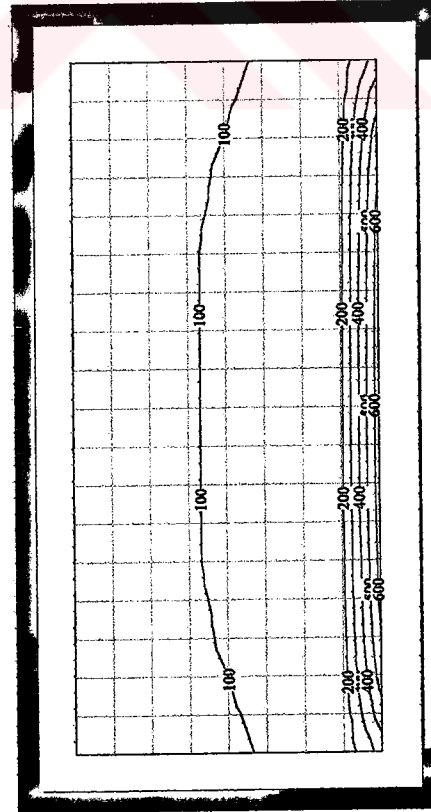
Şekil 6.52 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: doğu; Saat: 16:00.



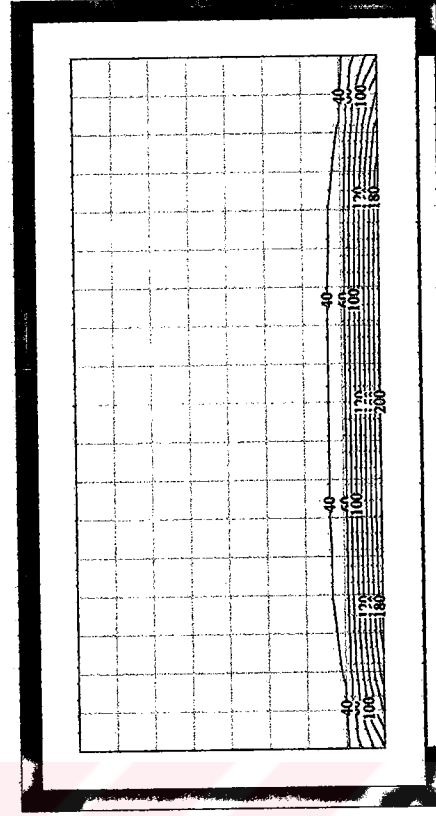
21 Mart



21 Haziran

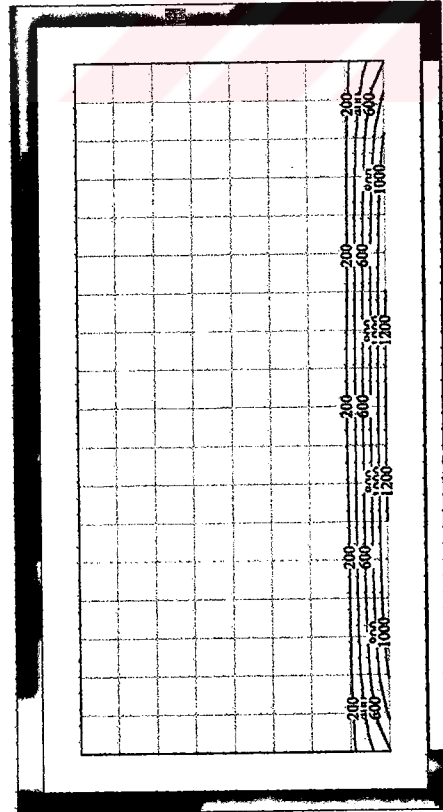


21 Eylül

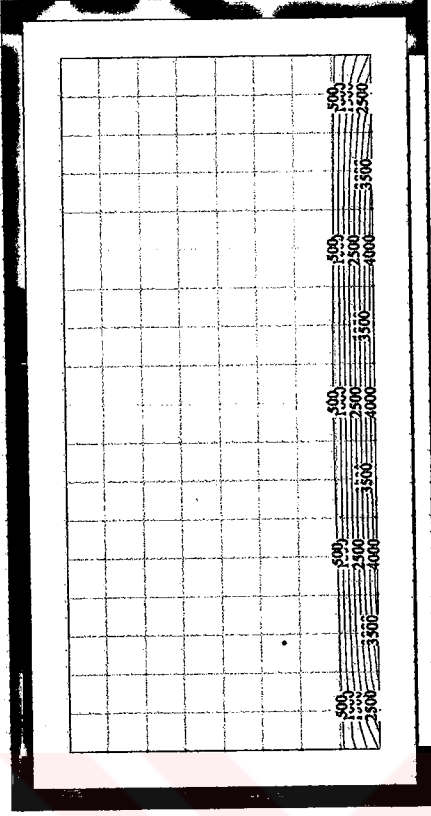


21 Aralık

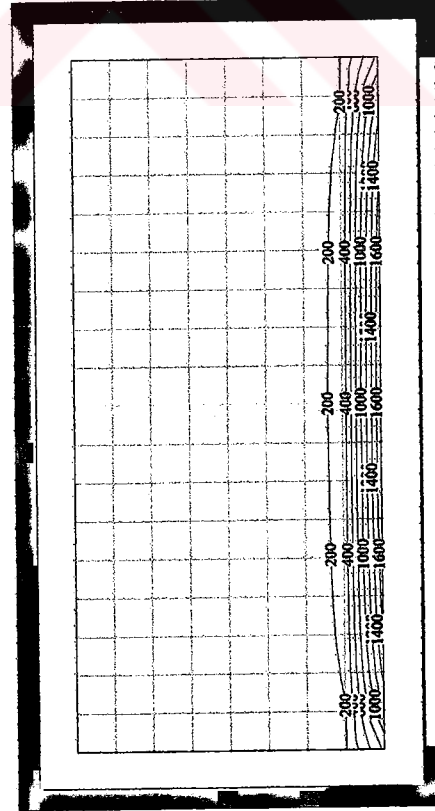
Şekil 6.53 Ortalama gök günışığı aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: güney; Saat: 16:00.



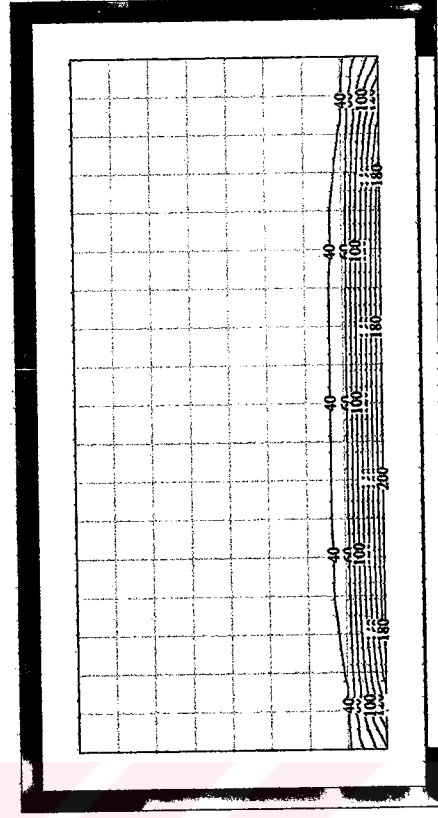
21 Mart



21 Haziran



21 Eylül

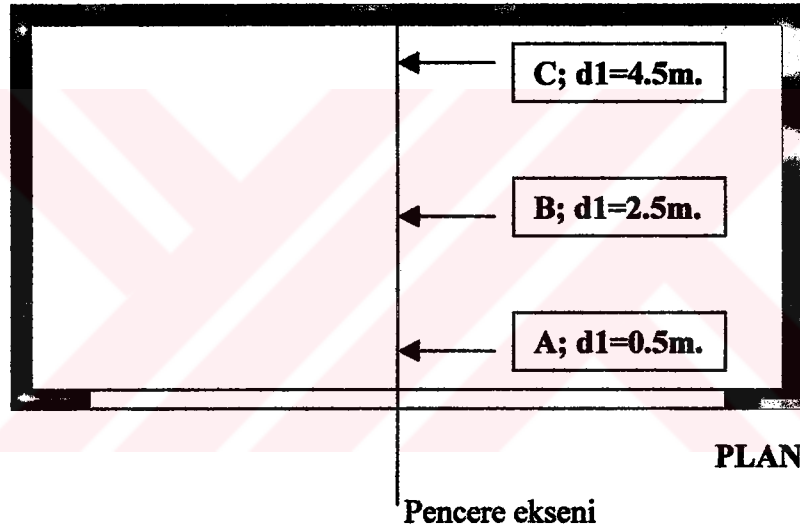


21 Aralık

Şekil 6.54 Ortalama gök güneşi aydınlık dağılımı; Engel: var; Yön: batı; Saat: 16:00.

7. SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

CIE ölçün kapalı gök, CIE ölçün açık gök ve ortalama gök modeli için yapılan hesapların sonuçları, aydınlık düzeyi dağılımlar biçiminde 6. bölümde verilmiş ve her gök koşulu kendi içinde değerlendirilmiştir. Bu bölümde ise her üç modelin engelsiz ve engelli durumları için pencere eksenini üzerinde ve pencereden 0.50 m., 2.50 m. ve 4.50 m. uzaklıktaki 3 gözleme noktasında oluşturdukları günışığı aydınlığının karşılaştırması yapılmıştır. Karşılaştırmada kullanılan gözleme noktalarının konumları Şekil 7.1' de; aydınlık düzeyi değerleri ise grafikler biçiminde Şekil 7.2 – 7.10 arasında verilmiştir. Grafikler, x ekseninde, hesap yapılan gün ve saatler; y ekseninde ise her bir gök modeli için elde edilen aydınlık düzeyi değerleri (lm/m^2) yer alacak biçimde düzenlenmiştir. Gözleme noktası konumu grafik başlığı, sonuçların alındığı yön ise şeklin bulunduğu sayfanın başlığı olarak gösterilmiştir.



Şekil 7.1 Grafiklerin hazırlanmasında kullanılan gözleme noktalarının gösterimi.

7.1 Engelsiz Durum

A noktası($d_1 = 0.5$ m.): Penceresi kuzeye bakan hacimde gök modelleri arasında aydınlık düzeyi bakımından büyük bir ayrım yoktur. En yüksek aydınlık düzeyi ortalama gök modelinde 21 Haziran saat 12:00' de yaklaşık 2700 lm/m^2 , en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 400 lm/m^2 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 7.2).

Penceresi doğuya bakan hacimde, güneşin girmediği saatlerde 3 model arasında büyük ayrımlar yoktur. Güneşin girdiği saatlerde ise ortalama gök aydınlık düzeyleri diğer göklerden daha yüksek olmuştur. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi ortalama gök modelinde 21

Haziran saat 9:00' da yaklaşık 36.500 lm/m²; en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 300 lm/m² olarak gerçekleşmiştir (Şekil 7.3).

Penceresi batıya bakan hacimde, doğu yönüyle benzer biçimde güneşin girmediği saatlerde 3 gök modeli arasında büyük ayrımlar yoktur. Güneşin girdiği saatlerde ise ortalama gök modeli sonuçları diğer göklerden daha yüksek olmuştur. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi 21 Eylül saat 12:00' de ortalama gök modelinde yaklaşık 12.000 lm/m²; en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 300 lm/m² olarak gerçekleşmektedir (Şekil 7.5).

Penceresi güneye bakan hacimde ise diğer yönlerden daha farklı bir grafik oluşmaktadır. Hacme güneş girdiği durumlarda genellikle ortalama gök sonuçları diğer göklerden daha yüksek olmaktadır. Güneşin girmediği saatlerde ise en düşük aydınlık düzeyi genellikle kapalı gök modelinde gerçekleşmektedir. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi 21 Eylül saat 16:00' da ortalama gök modelinde yaklaşık 38.000 lm/m², en düşük aydınlık düzeyi ise 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 300 lm/m² olarak bulunmuştur (Şekil 7.4).

B noktası (d1=2.5 m.): Penceresi kuzeye bakan hacimde gök modelleri arasında aydınlık düzeyi bakımından büyük bir ayrım yoktur. En yüksek aydınlık düzeyi ortalama gök modelinde 21 Haziran saat 12:00' de yaklaşık 980 lm/m², en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 70 lm/m² olarak gerçekleşmiştir (Şekil 7.2).

Penceresi doğuya bakan hacimde, güneşin girmediği saatlerde gök modelleri arasında büyük ayrımlar yoktur. Güneşin girdiği saatlerde ise ortalama göğün oluşturduğu aydınlık düzeyleri diğer göklerden daha yüksek olmuştur. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi ortalama gök modelinde 21 Aralık saat 9:00' da yaklaşık 2900 lm/m²; en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 70 lm/m² olarak gerçekleşmiştir (Şekil 7.3).

Penceresi batıya bakan hacimde, doğu yönüyle benzer biçimde güneşin girmediği saatlerde 3 gök modeli arasında büyük ayrımlar yoktur. Güneşin girdiği saatlerde ise ortalama gök modeli sonuçları diğer göklerden daha yüksek olmuştur. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi 21 Eylül saat 16:00' da ortalama gök modelinde yaklaşık 8800 lm/m²; en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 70 lm/m² olarak gerçekleşmektedir (Şekil 7.5).

Penceresi güneye bakan hacimde ise diğer yönlerden daha farklı bir grafik oluşmaktadır. İncelenen gün ve saatlerde genellikle ortalama ve açık gök modeli sonuçları birbirine oldukça

yakın olmakta, kapalı gök ise söz konusu iki gök modelinden daha düşük değerde sonuç vermektedir. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi 21 Aralık saat 12:00' de ortalama gök modelinde yaklaşık 11.300 lm/m^2 , en düşük aydınlık düzeyi ise 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 70 lm/m^2 olarak bulunmuştur(Şekil 7.4).

C noktası ($d_1=4.5 \text{ m.}$): Penceresi kuzeye bakan hacimde, gün ve saatlerden bağımsız olarak, açık ve ortalama gök modellerinin sonuçları yaklaşık olarak aynı olup, kapalı gök modelinin sonuçları ise söz konusu iki gökten daha düşüktür. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi açık ve ortalama gök modelinde 21 Haziran saat 12:00' de yaklaşık 550 lm/m^2 , en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 40 lm/m^2 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 7.2).

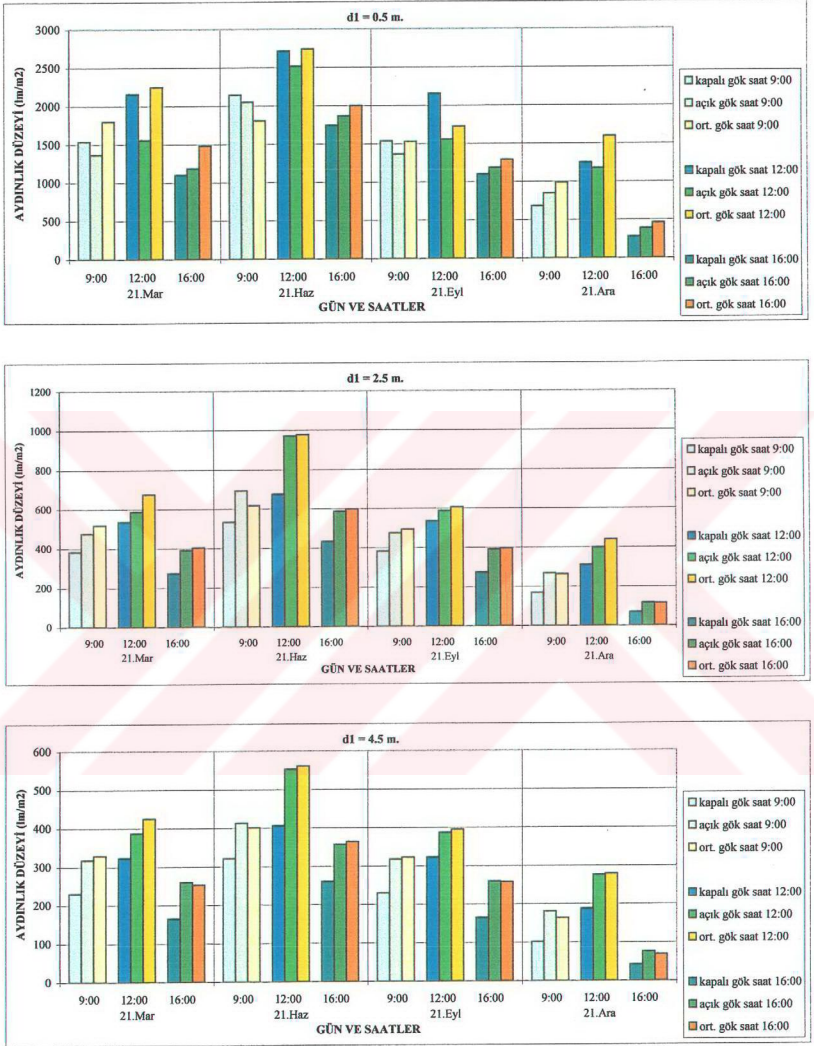
Penceresi doğuya bakan hacimde, kuzeyle benzer biçimde, açık ve ortalama gök modeli aydınlık düzeyi değerleri birbirine çok yakın olup, kapalı gök modeli değerleri bu iki gökten daha düşüktür. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi açık ve ortalama gök modelinde 21 Haziran saat 12:00' de yaklaşık 700 lm/m^2 ; en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 40 lm/m^2 olarak gerçekleşmiştir(Şekil 7.3).

Penceresi batıya bakan hacimde, doğu yönüyle benzer biçimde açık ve ortalama gök modeli sonuçları birbirine benzer olup kapalı gök sonuçlarından daha yüksektir. Örnek olarak; en yüksek aydınlık düzeyi 21 Eylül saat 16:00' da ortalama gök modelinde yaklaşık 8800 lm/m^2 ; en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 70 lm/m^2 olarak gerçekleşmektedir . (Şekil 7.5).

Penceresi güneye bakan hacimde ise ilk iki gözleme noktasından daha farklı bir durum oluşmaktadır. Bu yöndeki sonuçlar da doğu ve batı yönüyle benzerlik göstermektedir. İncelenen gün ve saatlerde genellikle ortalama ve açık gök modeli sonuçları birbirine oldukça yakın olmakta, kapalı gök ise söz konusu iki gök modelinden daha düşük değerde sonuç vermektedir. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi 21 Aralık saat 9:00' da ortalama gök modelinde yaklaşık 2800 lm/m^2 , en düşük aydınlık düzeyi ise 21 Aralık saat 16:00' da kapalı gök modelinde yaklaşık 40 lm/m^2 olarak bulunmuştur (Şekil 7.4).

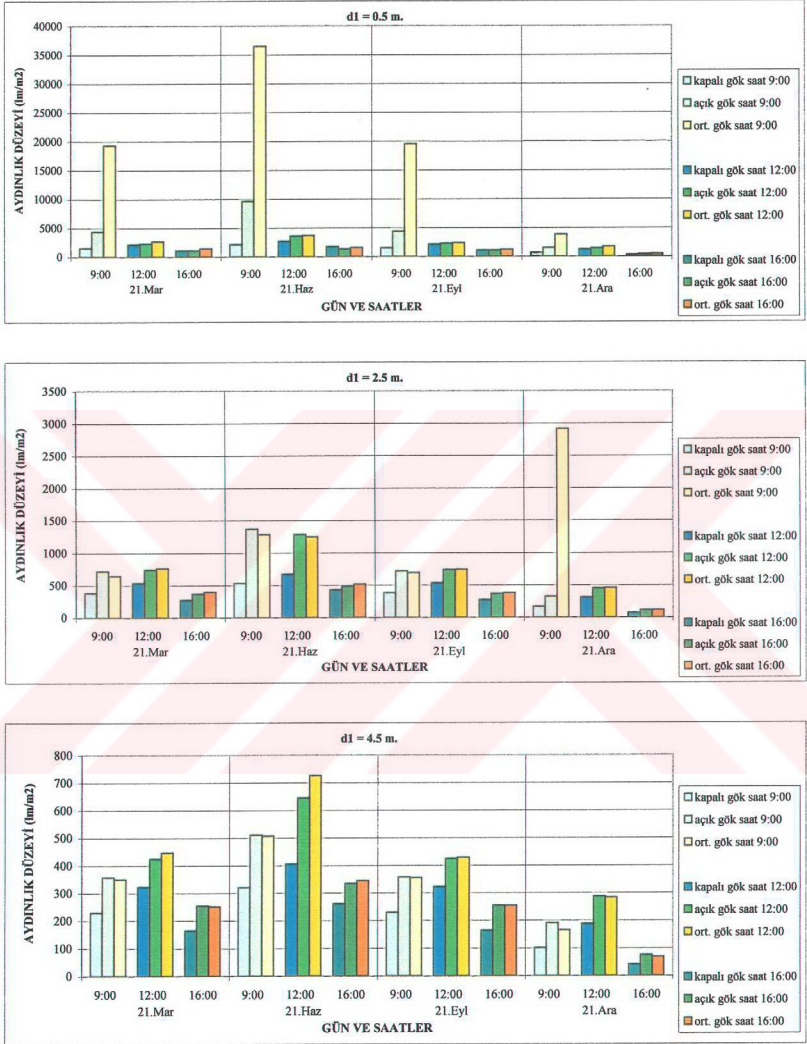
Engelsiz durumda, her üç gözleme noktası için yukarıda verilen karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında, güneş nedeniyle A noktasında açık ve ortalama gök değerleri, kapalı gökten büyük ayrımlar gösterirken, C noktasında ise kapalı gökle diğerleri arasında büyük bir ayrım olmadığı saptanmıştır.

ENGELSİZ DURUM - YÖN :kuzey



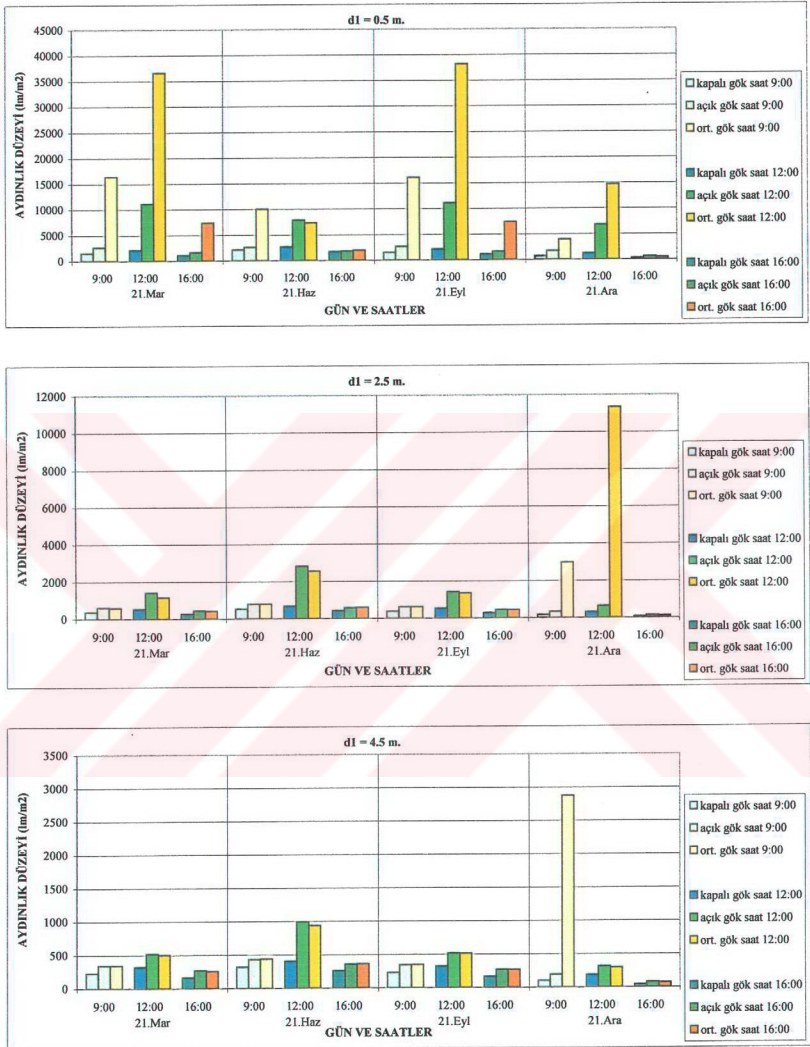
Şekil 7.2 Kuzey yönünde, engelsiz durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.

ENGELSİZ DURUM - YÖN : doğu



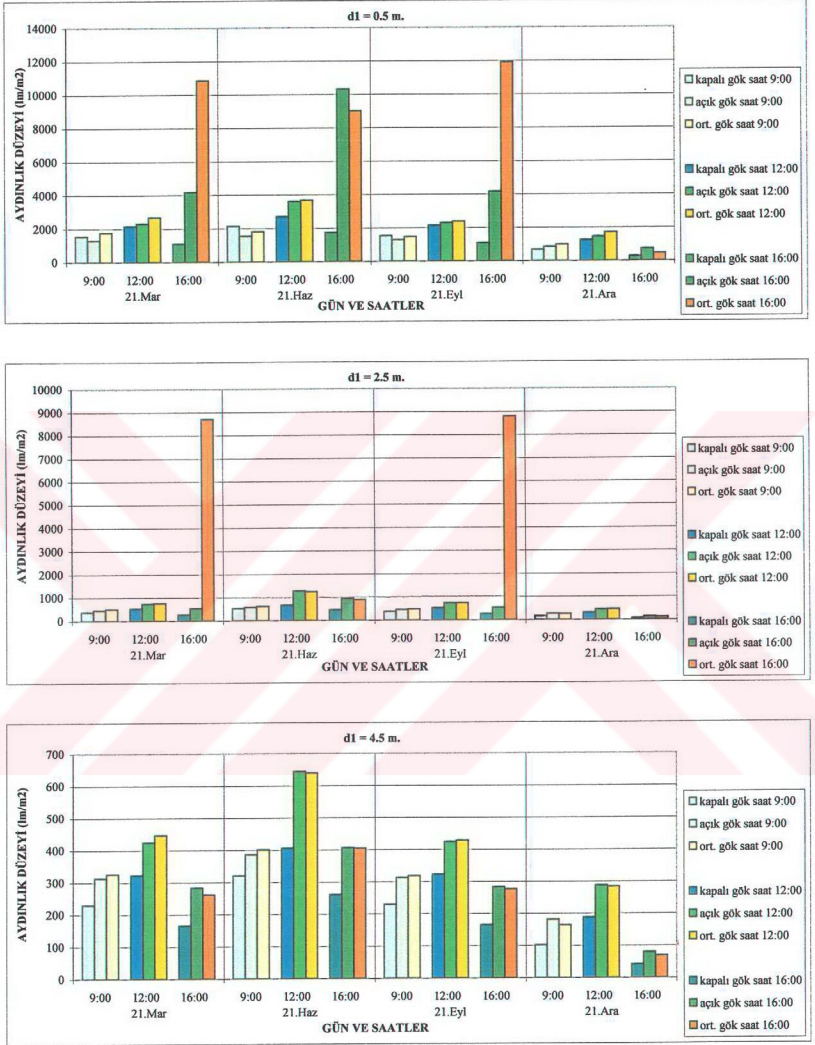
Şekil 7.3 Doğu yönünde, engelsiz durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.

ENGELSİZ DURUM - YÖN : güney



Şekil 7.4 Güney yönünde, engelsiz durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.

ENGELSİZ DURUM - YÖN : batı



Şekil 7.5 Batı yönünde, engelsiz durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.

7.2 Engelli Durum

A noktası ($d_l = 0.5 \text{ m}$): Penceresi kuzeye bakan hacimde gök modelleri arasında aydınlık düzeyi bakımından büyük bir ayrım yoktur. En yüksek aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Haziran saat 12:00' de yaklaşık 1300 lm/m^2 , en düşük aydınlık düzeyi yine kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 130 lm/m^2 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 7.6).

Penceresi doğuya bakan hacimde, güneşin girmediği saatlerde 3 model arasında büyük ayrımlar yoktur. Güneşin girdiği saatlerde ise ortalama gök aydınlık düzeyleri diğer göklerden daha yüksek olmuştur. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi ortalama gök modelinde 21 Haziran saat 9:00' da yaklaşık 15.400 lm/m^2 ; en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 130 lm/m^2 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 7.7).

Penceresi batıya bakan hacimde, doğu yönüyle benzer biçimde güneşin girmediği saatlerde 3 gök modeli arasında büyük ayrımlar yoktur. Güneşin girdiği saatlerde ise açık gök modeli sonuçları diğer göklerden daha yüksek olmuştur. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi 21 Haziran saat 16:00' da açık gök modelinde yaklaşık 5200 lm/m^2 , en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 130 lm/m^2 olarak gerçekleşmektedir (Şekil 7.9) .

Penceresi güneye bakan hacimde, hacme güneş girdiği durumlarda yine açık gök sonuçları diğer göklerden daha yüksek olmaktadır. Güneşin girmediği saatlerde ise en düşük aydınlık düzeyi genellikle kapalı gök modelinde gerçekleşmektedir. Ortalama gök ile kapalı gök sonuçları birbirine oldukça yakın değerlerde gerçekleşmektedir. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi 21 Aralık saat 12:00' de açık gök modelinde yaklaşık 3900 lm/m^2 , en düşük aydınlık düzeyi ise 21 Aralık saat 16:00' da kapalı gök modelinde yaklaşık 130 lm/m^2 olarak bulunmuştur (Şekil 7.8).

B noktası ($d_l=2.5 \text{ m}$): Penceresi kuzeye bakan hacimde açık gök aydınlık düzeyleri diğer gök modellerinden daha fazla olmaktadır. Kapalı gök ile ortalama gök sonuçları ise birbirine oldukça yakındır. En yüksek aydınlık düzeyi açık gök modelinde 21 Mart/21 Eylül saat 12:00' de yaklaşık 400 lm/m^2 , en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 25 lm/m^2 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 7.6).

Penceresi doğuya bakan hacimde, kuzey yönüyle benzer biçimde, açık gök sonuçları diğerlerinden daha yüksek olmaktadır. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi açık gök modelinde 21 Haziran saat 16:00' da yaklaşık 400 lm/m^2 ; en düşük aydınlık düzeyi kapalı ve

ortalama gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 25 lm/m^2 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 7.7).

Penceresi batıya bakan hacimde, açık gök aydınlık düzeyleri diğer gök modellerinden daha fazla olmaktadır. Kapalı gök ile ortalama gök sonuçları ise birbirine oldukça yakındır. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi 21 Haziran saat 9:00' da açık gök modelinde yaklaşık 400 lm/m^2 ; en düşük aydınlık düzeyi kapalı ve ortalama gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 25 lm/m^2 olarak gerçekleşmektedir (Şekil 7.9).

Penceresi güneye bakan hacimde de diğer yönlerden pek farklı bir grafik oluşmamaktadır. İncelenen gün ve saatlerde ortalama ve kapalı gök modeli sonuçları birbirine oldukça yakın olmakta, açık gök ise söz konusu iki gök modelinden daha yüksek değerlerde sonuç vermektedir. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi 21 Haziran saat 12:00' de açık gök modelinde yaklaşık 320 lm/m^2 , en düşük aydınlık düzeyi ise 21 Aralık saat 16:00' da kapalı ve ortalama gök modelinde yaklaşık 25 lm/m^2 olarak bulunmuştur (Şekil 7.8).

C noktası ($d_1=4.5 \text{ m}$): Penceresi kuzeye bakan hacimde, gün ve saatlerden bağımsız olarak, kapalı ve ortalama gök modellerinin sonuçları yaklaşık olarak aynı olup, açık gök modelinin sonuçları ise söz konusu iki gökten daha yüksektir. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi açık gök modelinde 21 Mart/21 Eylül saat 12:00' de yaklaşık 320 lm/m^2 , en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 20 lm/m^2 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 7.6).

Penceresi doğuya bakan hacimde, kuzeyle benzer biçimde, kapalı ve ortalama gök modeli aydınlık düzeyi değerleri birbirine çok yakın olup, açık gök modeli değerleri bu iki gökten daha yüksektir. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi açık gök modelinde 21 Haziran saat 16:00' da yaklaşık 320 lm/m^2 ; en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 20 lm/m^2 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 7.7).

Penceresi batıya bakan hacimde, incelenen gün ve saatlerden bağımsız olarak, kapalı ve ortalama gök sonuçları birbirine oldukça yakın olmaktadır, açık gök sonuçları söz konusu iki gökten daha yüksek bulunmuştur. Örnek olarak; en yüksek aydınlık düzeyi 21 Haziran saat 9:00' da açık gök modelinde yaklaşık 320 lm/m^2 ; en düşük aydınlık düzeyi kapalı gök modelinde 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 20 lm/m^2 olarak gerçekleşmektedir (Şekil 7.9).

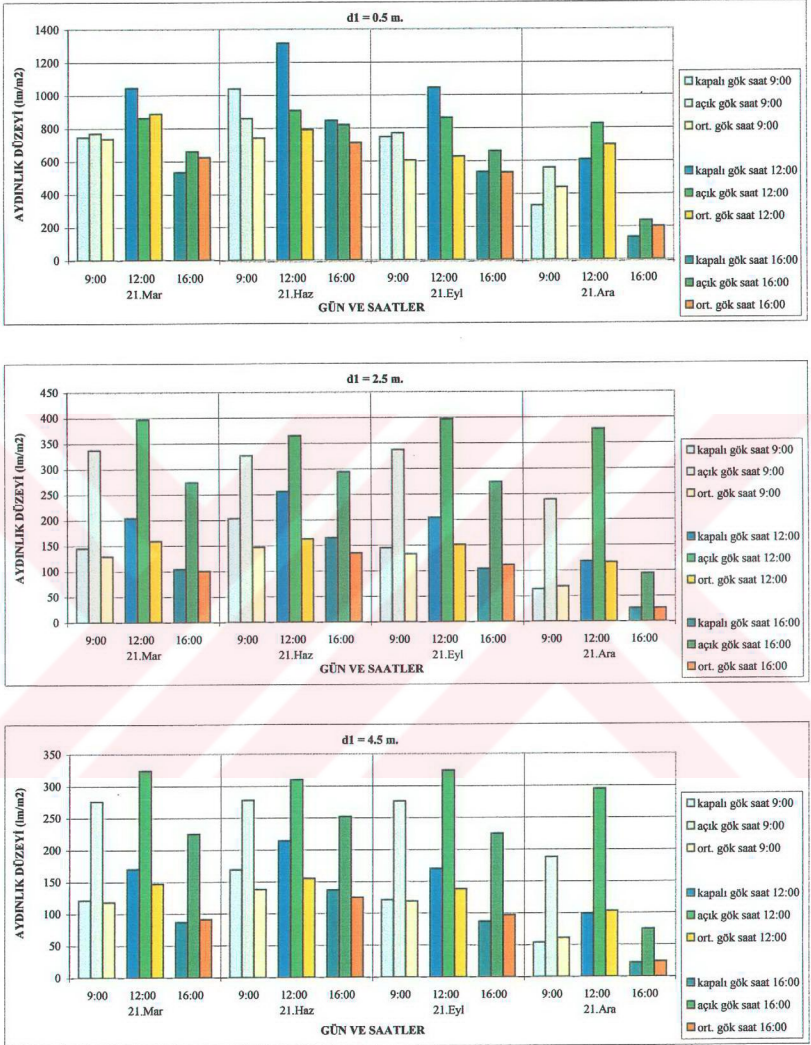
Penceresi güneye bakan hacimde ise ilk iki gözleme noktasından daha farklı bir söz konusu değildir. Bu yöndeki sonuçlar da doğu ve batı yönüyle benzerlik göstermektedir. İncelenen

gün ve saatlerde genellikle ortalama ve kapalı gök modeli sonuçları birbirine oldukça yakın olmakta, açık gök ise söz konusu iki gök modelinden daha yüksek değerde sonuç vermektedir. Örneğin; en yüksek aydınlık düzeyi 21 Haziran saat 12:00' de açık gök modelinde yaklaşık 280 lm/m^2 , en düşük aydınlık düzeyi ise 21 Aralık saat 16:00' da yaklaşık 20 lm/m^2 olarak gerçekleşmektedir (Şekil 7.8).

Engelli durumda, her üç gözleme noktası için yukarıda verilen karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında, A noktasında genellikle açık ve ortalama gök değerleri birbirine yakın olup, kapalı gök genellikle daha düşük değerdedir. C noktasına gidildiğinde ise kapalı gökle ortalama gök birbirine yakın olup, açık gök daha yüksek değerdedir.

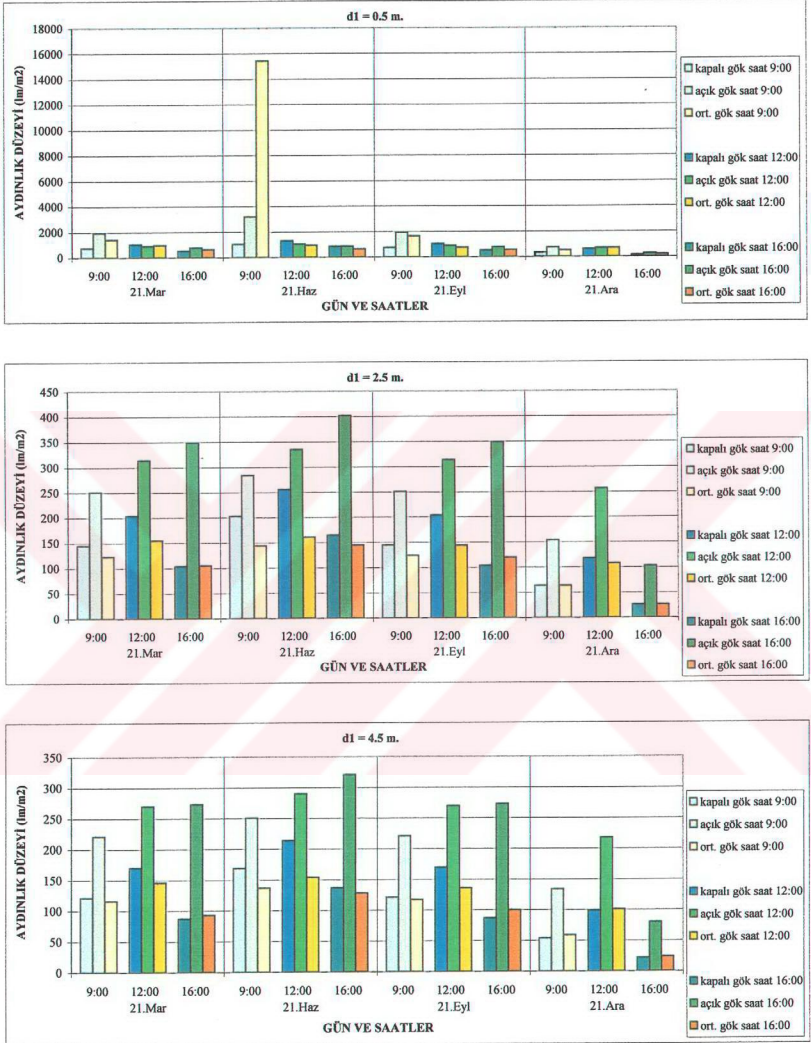


ENGELLİ DURUM - YÖN : kuzey



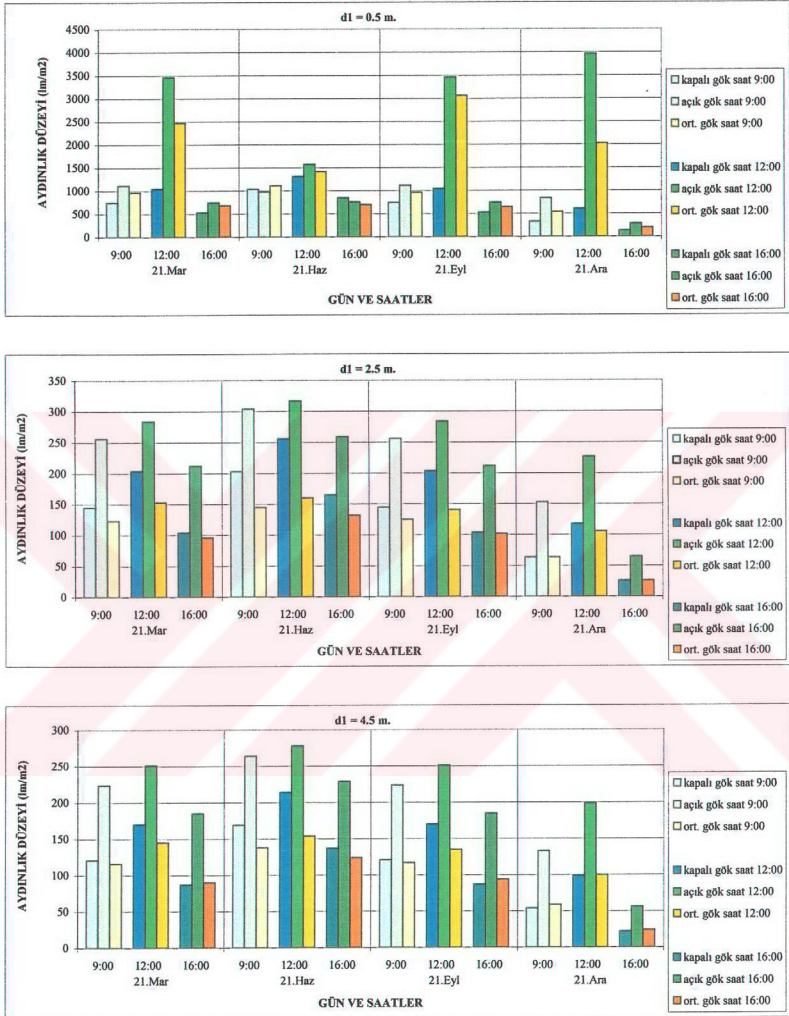
Şekil 7.6 Kuzey yönünde, engelli durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.

ENGELLİ DURUM - YÖN : doğu



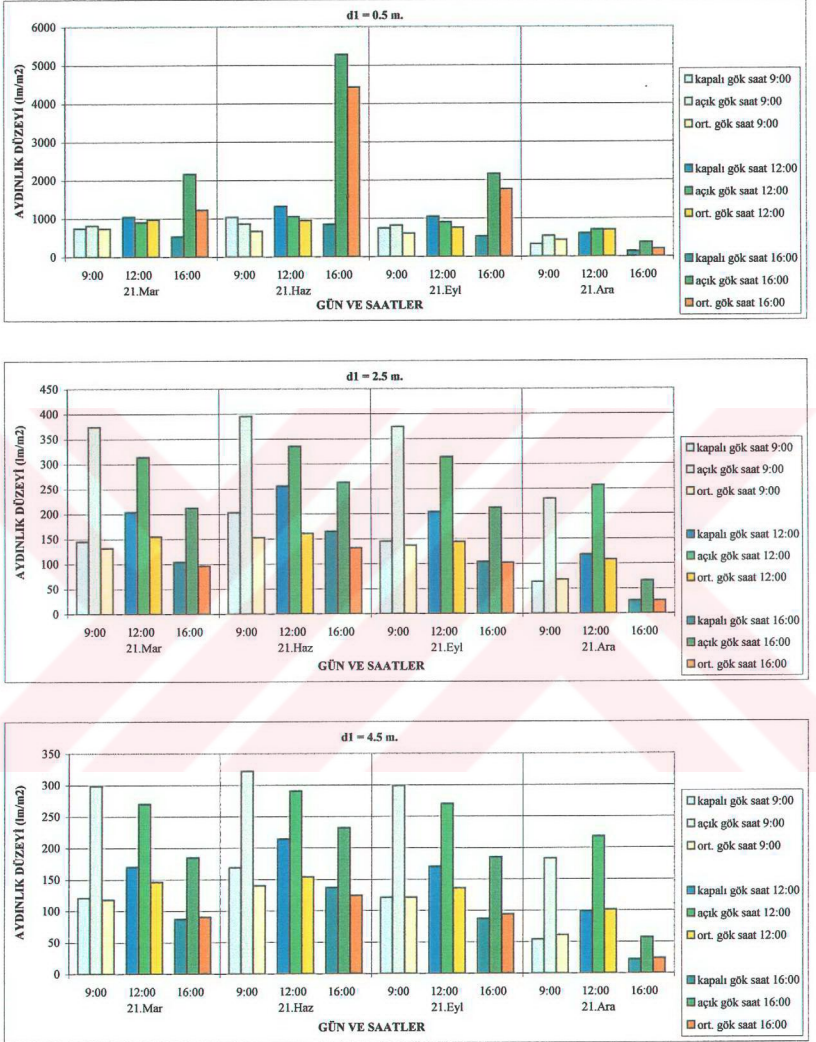
Şekil 7.7 Doğü yönünde, engelli durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.

ENGELLİ DURUM - YÖN : güney



Şekil 7.8 Güney yönünde, engelli durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.

ENGELLİ DURUM - YÖN : batı



Şekil 7.9 Batı yönünde, engelli durum için, hacim içinde 3 gözleme noktasında gök modellerinin karşılaştırılması.

8. SONUÇ ve ÖNERİLER

Doğal aydınlatma düzenleri tasarımlarında en önemli konu, hacim içi aydınlık düzeyinin temel belirleyicisi olan doğal ışık kaynaklarının gerçek özelliklerinin saptanmasıdır. Bu bağlamda, pek çok araştırmacı ve kuruluş, kuramsal ve / ya da matematiksel yaklaşımların ağırlık kazandığı çeşitli gök koşulları ve modelleri önermişlerdir. Bu tez çalışmasında, Türkiye/İstanbul' daki doğal aydınlatma ve buna bağlı bütünsel aydınlatma düzenlerinin tasarımında gök modelleri seçimi için yol gösterici verilere ulaşabilmek amacıyla Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından önerilen üç referans göğün (CIE ölçün kapalı gök, CIE ölçün açık gök, ortalama gök) hacim içi aydınlık düzeyi dağılımları aracılığı ile karşılaştırması yapılmıştır.

Karşılaştırma, boyutları ve saydamlık oranı belirli bir mekanda 4 yön (kuzey, doğu, güney, batı), 4 gün (21 Mart, 21 Haziran, 21 Eylül, 21 Aralık), 3 saat (9:00, 12:00, 16:00) için, engelsiz ve engelli durumlarda, hacmin değişik noktalarındaki aydınlık düzeylerinin hesaplanması ve aydınlık dağılımının belirlenmesi biçiminde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen hesap sonuçları, 6. bölümde aydınlık düzeyi dağılımları, 7. bölümde grafikler olarak verilmiş ve değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları, aydınlık düzeyi ve dağılımı bakımından aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Kapalı gök modeline göre elde edilen günışığı aydınlık düzeyi değerleri büyük çoğunlukla, ötekilere göre daha düşüktür.
- Kuzey yönü için hem aydınlık dağılım biçimi, hem de aydınlık düzeyleri bakımından her üç modelin sonuçları arasında büyük ayrımlar yoktur.
- Doğu ve batı yönlerinde, hacme, güneşin girmedığı saatlerde üç gök modeli arasında büyük ayrım olmayıp, güneşin girdiği durumlarda ise ortalama gök modeli sonuçları daha yüksek olmaktadır.
- Güney yönünde açık ve ortalama gök sonuçları birbirine çok yakın, kapalı gök sonuçları ise bunlara göre daha düşüktür.

Bu belirlemeler doğrultusunda, doğal aydınlatma tasarımlarında kullanılabilecek referans gök koşulları için aşağıdaki öneriler yapılabilir:

- Kuzey yönü için, ele alınan her üç referans gök, hem engelsiz hem de engelli durumda kullanılabilir.
- Doğu ve batı yönleri için, engelsiz durumda, güneşin içeri girmedığı saatlerde kapalı gök, güneşin içeri girdiği saatlerde ise açık veya ortalama gök kullanılabilir. Engelli durumda ise, güneşin, engellenmediği saatlerde açık ve ortalama gök; engellendiği saatlerde kapalı

gök kullanılabilir.

- Güney yönü için, dolaysız güneş ışığının hesaba katıldığı ortalama gök, hem engelsiz hem de engelli durum için kullanılabilir.

Mimari tasarımda yol gösterici olması amacıyla yapılan bu çalışmada, hacim içinde var olan günışığı aydınlık düzeyi hesaplarında ortalama gök koşulunun her durum için kullanılabildiği görülmektedir. Bu nedenle, güneş, açık ve kapalı gök koşullarının birlikte ele alındığı ortalama göğün hesaplamalarda kullanılması daha doğru bir yaklaşım olacaktır.



KAYNAKLAR

Anon, (1985), DIN 5034, Teil 2.

Anon, (1987), İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği (3030 Sayılı Kanun Kapsamı Dışında Kalan Belediyeler Tip İmar Yönetmeliği), <http://www.ibb.gov.tr/ibbtr/144/14402/02/disindakalan/index.htm>, 27 Kasım 2000.

Anon, (1992), Handbuch für Beleuchtung, Ecomed, Fachverlag.

Anon, (1994), Code for Lighting, CIBSE.

Anon, (1994), Spatial Distribution of Daylight – Luminance Distributions of Various Reference Skies, CIE, Publication No. 110, Austria.

Anon, (1996), Spatial Distribution of Daylight – CIE Standard Overcast Sky and Clear Sky, CIE, Publication No. S 003/E, Austria.

Anon, (2000), Lighting Handbook, IESNA, New York.

Aydınlı, S., (1981), Über die Berechnung der zur Verfügung Stehenden Solarenergie und des Tageslichtes, VDI Zeitschriften, Düsseldorf.

Baker, N., Fanchiotti, A., Steamers, K., (1998), Daylighting in Architecture, European Reference Book, James&James Ltd.

Berköz, E., Küçükdoğan, M., ve diğerleri, (1995), Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, Tübitak, INTAG 201, İstanbul.

Enarun, D., (1996), "Bulletin of the Technical University of Istanbul (Adaptation of Aydınlı's Average Sky Model to Turkey)", İTÜ, vol. 49: 481-495.

Hopkinson, R.G., Petherbridge, P., Longmore, J., (1966), Daylighting, Heinemann, London.

Krochmann, J., (1963), Über die Horizontalbeleuchtungsstärke der Tageslichtbeleuchtung, Lichttechnik, Vol. 15: 559.

Küçükdoğan, M., Enarun, D., Ünver, R., Yener, A., (1993), "Eine Anwendung des Mittleren Himmelsmodells für die Türkei", LUX – Europa, Edinburgh, ss.606-613.

Robbins, C., (1986), Daylighting Design and Analysis, Van Nostrand Reinhold Com., New York.

Seshadri, T. N., (1960), Equations of Sky Components with a "CIE Standard Overcast Sky", Proc. Indian Acad. Scian., Vol.51(A).

Steffy, G. R., (1990), Architectural Lighting Design, Van Nostrand Reinhold Com., New York.

Ünver, R., (1984), Düşey Pencere Hacımlerde Yatay Düzlemdeki Doğal Aydınlığın Günlüğü Çarpanına Bağlı Olarak Hesaplanması, Yıldız Üniversitesi Yayınları, Sayı 176, İstanbul.

Ünver, R., (1990), Günlüğünün Hacımlerde Oluşturduğu Aydınlığın Hesaplanması, Yıldız Üniversitesi Yayınları, Yayın No 208, İstanbul.

Ünver, R., Yener, A., Enarun, D., Küçükdoğu, M., (1996), "An Application Model for the Efficient Use of Daylight in Residential Buildings", International Conference-Lighting 96, Varna.

Ünver, R., Karabiber, Z., (1998) "Optimum Window Design for Visual and Acoustical Comfort", EPIC 98, Ecole Nationale des Travaux Puplics de l'Etat, Lyon, ss.57-62.

Ünver, R., Yener, A., (2000), "Internal Illuminances in Istanbul for Overcast and Average Skies", International Light and Lighting Conference 2000, Bükreş, 11-13 Mayıs 2000.

Ünver, R., Yener, A., (2000), "Kapalı ve Ortalama Gök İçin İç Aydınlık Düzeylerinin Karşılaştırılması", 3. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, 23-24 Kasım 2000.

Ünver, R., (2000), Güneşliği Hesabı Ders Notları,(yayınlanmamış).

Sirel, Ş., (1997), Aydınlatma Terimleri Sözlüğü, Yem Yayın, İstanbul.

Yener, A., (1998), "Ein Model zur Bestimmung der Tageslichtverteilung in Innenräumen", LICHT 98, Bregenz, ss.190-197.

EKLER

- Ek 1 Ortalama gök engelsiz durum için QBasic' te yazılan bilgisayar programı
- Ek 2 Tezde kullanılan simgelerin CIE karşılıkları

Ek 1 Ortalama gök engelsiz durum için QBasic' te yazılan bilgisayar programı

```

REM .....ORTG-2.....ORTALAMA GOK ENGELSİZ DURUM.....7 MAYIS 2001
REM .....SADECE SONUÇLARI YAZDIRAN PROGRAM.....7 MAYIS 2001

REM .....hd1 ve hd2'ye if loop'u eklendi.....27 NISAN 2001
REM .....ORTGK-05'ten kopya.....ORT. GOK ENGELSİZ DURUM.....27 NISAN 2001
REM .....ORTGK-05.....ORTGK-04'ten kopya.....ORT. GOK ENGELSİZ DURUM..09/01/2001

REM PENCERE TİPİ ; ORTADAN SİMETRİK
REM HESAP İLİ (HI) ; HESAP İLİ ENLEMİ (HIE)
REM TASAR GÜNÜ (TG) ; TASAR SAATİ (TS)
REM TASAR SAATİ GÜNEŞ AZİMUT AÇISI (TSA)
REM TASAR SAATİ GÜNEŞ YÜKSELİŞ AÇISI (TSG)
REM GÜNEŞLENME OLASILIĞI (SSW)
REM GÜNEŞ DÜZELTME ÇARPANI (RS) ; GOK DÜZELTME ÇARPANI (RH)
REM DUVAR YANSITMA ÇARPANI (RD)
REM DOSEME YANSITMA ÇARPANI (RDO) ; TAVAN YANSITMA ÇARPANI (RT)
REM BİNA DİSİ YERİN YANSITMA ÇARPANI (RY)
REM PENCERE CAMI YANSITMA ÇARPANI (RC)
REM DOĞRAMA KALINLIK ÇARPANI (DC)
REM CAM KIRILILIK ÇARPANI (CK)
REM CAM ISIĞI GEÇİRME ÇARPANI (YAYINIK ISIĞI) (T)
REM DİREKT GÜN ISIĞI İÇİN (TG)
REM DÜZELTMELER (DUZ = DC * CK * T)
REM SAYDAMLIK ORANI-PENCERE ALANI/DUVAR ALANI (X)
REM ODA YÜKSEKLİĞİ (H) ; ODA DERİNLİĞİ (D) ; ODA GENİSLİĞİ (A)
REM GOZLEME NOKTASI DERİNLİĞİ (D1) ; GOZLEME NOKTASI YÜKSEKLİĞİ (GH)
REM PARAFET YÜKSEKLİĞİ (PH) ; LENTO YÜKSEKLİĞİ (LH)
REM PENCERE YÜKSEKLİĞİ (H1) ; PENCERE GENİSLİĞİ (W)
REM SOL PENCERE GENİSLİĞİ (W1) ; SAG PENCERE GENİSLİĞİ (W2)
REM PENCERE GENİSLİK AÇISI (PB)
REM SOL PENCERE GENİSLİK AÇISI (pb1) ; SAG PENCERE GENİSLİK AÇISI (pb2)
REM PENCERE YÜKSEKLİK AÇISI (PG)
REM CEPHE DUVARI AZİMUT AÇISI (DA)
REM DUVAR AZİMUTUNA GÖRE DUVARBASİ AÇISI (dba)
REM DUVAR AZİMUTUNA GÖRE DUVARSONU AÇISI (dsa)
REM DUVAR AZİMUTUNA GÖRE PENCERE GENİSLİK AÇISI (dapb)
REM DUVAR AZİMUTUNA GÖRE SOL PENCERE GENİSLİK AÇISI (dapb1)
REM DUVAR AZİMUTUNA GÖRE SAG PENCERE GENİSLİK AÇISI (dapb2)
REM 1.PENCERE KAPALI GÖKTE, GOK BİLESENİ (EW1)
REM 2.PENCERE KAPALI GÖKTE, GOK BİLESENİ (EW2)
REM G.N. GELEN GÜNEŞ ISIĞI FORMULÜ (a1)
REM PENCERE DUVARINA GELEN GÜNEŞ ISIĞI FORMULÜ (A2)
REM 1.PENCERE AÇIK GÖKTE GOK BİLESENİ FORMULÜ (BW1)
REM 2.PENCERE AÇIK GÖKTE GOK BYLERENİ FORMULÜ (BW2)
REM İÇ YANSIMA BİLESENİ FORMULÜ (DI)
REM 1.PENCERE KAPALI GÖKTE GOK BİLESENİ FORMULÜ (EW1)
REM 2.PENCERE KAPALI GÖKTE GOK BİLESENİ FORMULÜ (EW2)
REM G.N. AYDINLIK DÜZEYİ (E1)
REM TOPLAM ODA ALANI (so)
REM ODA ORTALAMA YANSITMA ÇARPANI (R)
REM ZENİTLE NOKTA ARASINDAKİ AÇI (IPS)
REM GÜNEŞLE NOKTA ARASINDAKİ AÇI (ETA)
REM TABLODAN GİRİLEN DEĞER (EHH1)
REM PENCERE EGİM AÇISI (PEA)
REM GÜNEŞİN GELİŞ AÇISI (GEL)

```

* *****

5 CLS

```

REM ....VERİLER.....SAYDAMLIK ORANI (X) %50.....
HI$ = "İSTANBUL": HIE = 40.58: TG$ = "21 EYLÜL": TS$ = "SAAT 16:00"
tsg = 22.2: tsa = 249.2: ssw = .71: DA = 360
DC = .85: CK = .8: T = .75
DUZ = DC * CK * T: BKK = .9
RD = .6: RDO = .2: RT = .8: rc = .14: RY = .2: RE = .3
ph = .85: lh = .25: dk = .3: X = .5: h = 2.6
hl = h - ph - lh: p1 = 3.14159265#
D = 5: A = 10: W = 8.66
YH = 15.5: EU = 0

```

```

REM ....RS VE RH HESABI.....
a0r = 7.44: alr = -19.7: a2r = 22.16: a3r = -9.06
b0r = 1.65: b1r = -1.64: b2r = 1.97: b3r = -1.03
rs = a0r + (b1r * ssw) + (a2r * ssw ^ 2) + (a3r * ssw ^ 3)
rh = b0r + (b1r * ssw) + (b2r * ssw ^ 2) + (b3r * ssw ^ 3)

```

REM ...DIS YATAY AYDINLIKLAR HESABI.....

```

REM ...AÇIK GÖK DIS YATAY AYDINLIK....ehak....
eg = 0
tsgr = tsg * pi / 180
tsq2 = tsq / 18.9
EHH = 280 * ATN(tsgr2) * 180 / pi
ehak = EHH

```

```

REM .... GÜNEŞ DIS YATAY AYDINLIK....ES....
ES = (85000 * (1 - COS(2 * tsgr)) / 2) + (6500 * (1 - COS(4 * tsgr)) / 2)

```

```

REM .... KAPALI GÖK DIS YATAY AYDINLIK....EK....
EK = 300 + 21000 * SIN(tsgr)
Eort = ES * ssw * rs + ((ehak * ssw) + (EK * (1 - ssw))) * rh

```

```

REM FONKSIYON TANIMLANMASI
DIM T(8, 3), f(8)
DEF FNL(m) = SIN(tsg) * COS(m) + COS(tsg) * SIN(m) * COS(zrr)
DEF FNETA(m) = ABS(ATN(FNL(m) / SQR(1 - FNL(m) * FNL(m))) - 1.5708)
DEF FNL2(m) = (1 - EXP(-.32 / (COS(m)))) * (.856 + 16 * EXP(-3 * FNETA(m))
  + .3 * (1 + COS(2 * FNETA(m))) / 2) / (.27385 * (.856 + 16 * EXP(-3 * mr)) + .3
  * (1 + COS(2 * mr)) / 2)
DEF FNIN(m) = FNL2(m) * COS(m) * SIN(m)

REM IZGARA ARALIGI
PB = (A - W) / 2: PBW = PB + W: h1 = h - ph - lh
MB = .5
MS = A - .5
ddl = .5 + dk

FOR m1 = MB TO MS STEP .5
FOR d1 = ddl TO D STEP .5

  pgr = ATN(h1 / d1): pg = CINT(pgr * 180 / pi)
  IF DA <= 90 THEN dba = DA + 270: dsa = DA + 90
  IF DA > 90 AND DA < 270 THEN dba = DA - 90: dsa = DA + 90
  IF DA >= 270 THEN dba = DA - 90: dsa = DA - 270

  zrr = (ABS(tsa - DA)) * pi / 180: REM GÜNESİN YATAY KONUMU
  prr = ATN((A - W) / 2) / D)
  gel = COS(tsg) * COS(zrr)
  alfr = ABS(ATN(gel / SQR(1 - gel * gel)) - 1.5708)
  alf = CINT(alfr * 180 / pi)
  mr = (90 - tsg) * pi / 180
  GOSUB CAM

  IF m1 < PB GOTO 50
  IF m1 = PB GOTO 60
  IF PB < m1 AND m1 < PBW GOTO 70
  IF m1 = PBW GOTO 80
  IF PBW < m1 GOTO 85

50  W1 = PB - m1: W2 = W1 + W
    pb1r = ATN(W1 / d1): pb1 = pb1r * 180 / pi
    pb2r = ATN(W2 / d1): pb2 = pb2r * 180 / pi
    dapb11 = DA: dapb11r = dapb11 * pi / 180
    dapb12 = DA + pb1: dapb12r = dapb11 * pi / 180
    dapb21 = DA: dapb21r = dapb21 * pi / 180
    dapb22 = DA + pb2: dapb22r = dapb22 * pi / 180

    IF tsa >= dsa AND tsa = 270.5 GOTO P3A
    IF dba >= tsa AND tsa >= dsa GOTO P3A
    IF dba > tsa AND tsa <= dapb12 THEN
      IF zrr = 0 GOTO P2A2
      IF zrr > prr GOTO P2A
      IF zrr <= prr GOTO P2A2
    END IF

    IF dba < tsa AND tsa <= dapb12 THEN
      IF zrr = 0 GOTO P2A2
      IF zrr > prr GOTO P2A
      IF zrr <= prr GOTO P2A2
    END IF

    IF dapb22 <= tsa AND tsa > dsa THEN
      IF zrr = 0 GOTO P2A2
      IF zrr > prr GOTO P2A
      IF zrr <= prr GOTO P2A2
    END IF

    IF dapb22 <= tsa AND tsa < dsa THEN
      IF zrr = 0 GOTO P2A2
      IF zrr > prr GOTO P2A
      IF zrr <= prr GOTO P2A2
    END IF

    IF dapb12 < tsa AND tsa < dapb22 THEN
      IF tsg >= pg GOTO P2A2
      IF tsg < pg GOTO P1A
    END IF

60  W1 = W: W2 = 0
    pb1r = ATN(W1 / d1): pb1 = pb1r * 180 / pi
    pb2r = ATN(W2 / d1): pb2 = pb2r * 180 / pi
    dapb11 = DA + pb1: dapb11r = dapb11 * pi / 180
    dapb12 = DA: dapb12r = dapb12 * pi / 180
    dapb21 = 0
    dapb22 = 0

    IF tsa >= dsa AND tsa = 270.5 GOTO P3A1
    IF dba >= tsa AND tsa >= dsa GOTO P3A1
    IF dba > tsa AND tsa <= dapb11 THEN
      IF zrr = 0 GOTO P2A3
      IF zrr > prr GOTO P2A1
      IF zrr <= prr GOTO P2A3
    END IF

    IF dba < tsa AND tsa <= dapb11 THEN
      IF zrr = 0 GOTO P2A3
      IF zrr > prr GOTO P2A1
      IF zrr <= prr GOTO P2A3
    END IF

```

```

IF dapb12 <= tsa AND tsa > dsa THEN
  IF zrr = 0 GOTO P2A3
  IF zrr > prr GOTO P2A1
  IF zrr <= prr GOTO P2A3
END IF
IF dapb12 <= tsa AND tsa < dsa THEN
  IF zrr = 0 GOTO P2A3
  IF zrr > prr GOTO P2A1
  IF zrr <= prr GOTO P2A3
END IF
IF dapb11 < tsa AND tsa < dapb12 THEN
  IF tsg >= pg GOTO P2A3
  IF tsg < pg GOTO P1A1
END IF
70 W1 = m1 - PB: W2 = W - W1
pb1r = ATN(W1 / d1): pb1 = pb1r * 180 / pi
pb2r = ATN(W2 / d1): pb2 = pb2r * 180 / pi
dapb11 = DA - pb1: dapb11r = dapb11 * pi / 180
dapb12 = DA: dapb12r = dapb12 * pi / 180
dapb21 = DA: dapb21r = dapb21 * pi / 180
dapb22 = DA + pb2: dapb22r = dapb22 * pi / 180

IF tsa >= dsa AND tsa = 270.5 GOTO P3A1
IF dba >= tsa AND tsa >= dsa GOTO P3A1
IF dba > tsa AND tsa <= dapb11 THEN
  IF zrr = 0 GOTO P2A3
  IF zrr > prr GOTO P2A1
  IF zrr <= prr GOTO P2A3
END IF
IF dba < tsa AND tsa <= dapb11 THEN
  IF zrr = 0 GOTO P2A3
  IF zrr > prr GOTO P2A1
  IF zrr <= prr GOTO P2A3
END IF
IF dapb22 <= tsa AND tsa > dsa THEN
  IF zrr = 0 GOTO P2A3
  IF zrr > prr GOTO P2A1
  IF zrr <= prr GOTO P2A3
END IF
IF dapb22 <= tsa AND tsa < dsa THEN
  IF zrr = 0 GOTO P2A3
  IF zrr > prr GOTO P2A1
  IF zrr <= prr GOTO P2A3
END IF
IF dapb11 < tsa AND tsa < dapb22 THEN
  IF tsg >= pg GOTO P2A3
  IF tsg < pg GOTO P1A1
END IF
80 W1 = W: W2 = 0
pb1r = ATN(W1 / d1): pb1 = pb1r * 180 / pi
pb2r = ATN(W2 / d1): pb2 = pb2r * 180 / pi
dapb11 = DA - pb1: dapb11r = dapb11 * pi / 180
dapb12 = DA: dapb12r = dapb12 * pi / 180
dapb21 = 0
dapb22 = 0

IF tsa >= dsa AND tsa = 270.5 GOTO P3A1
IF dba >= tsa AND tsa >= dsa GOTO P3A1
IF dba > tsa AND tsa <= dapb11 THEN
  IF zrr = 0 GOTO P2A3
  IF zrr > prr GOTO P2A1
  IF zrr <= prr GOTO P2A3
END IF
IF dba < tsa AND tsa <= dapb11 THEN
  IF zrr = 0 GOTO P2A3
  IF zrr > prr GOTO P2A1
  IF zrr <= prr GOTO P2A3
END IF
IF dapb12 <= tsa AND tsa > dsa THEN
  IF zrr = 0 GOTO P2A3
  IF zrr > prr GOTO P2A1
  IF zrr <= prr GOTO P2A3
END IF
IF dapb12 <= tsa AND tsa < dsa THEN
  IF zrr = 0 GOTO P2A3
  IF zrr > prr GOTO P2A1
  IF zrr <= prr GOTO P2A3
END IF
IF dapb11 < tsa AND tsa < dapb12 THEN
  IF tsg >= pg GOTO P2A3
  IF tsg < pg GOTO P1A1
END IF
85 W2 = m1 - PB - W: W1 = W + W2
pb1r = ATN(W1 / d1): pb1 = pb1r * 180 / pi
pb2r = ATN(W2 / d1): pb2 = pb2r * 180 / pi
dapb11 = DA - pb1: dapb11r = dapb11 * pi / 180
dapb12 = DA: dapb12r = dapb12 * pi / 180
dapb21 = DA - pb2: dapb21r = dapb21 * pi / 180
dapb22 = DA: dapb22r = dapb22 * pi / 180

```

```

IF tsa >= dsa AND tsa = 270.5 GOTO P3A
IF dha >= tsa AND tsa >= dsa GOTO P3A
IF dha > tsa AND tsa <= dapb11 THEN
  IF zrr = 0 GOTO P2A2
  IF zrr > prr GOTO P2A
  IF zrr <= prr GOTO P2A2
END IF
IF dha < tsa AND tsa <= dapb11 THEN
  IF zrr = 0 GOTO P2A2
  IF zrr > prr GOTO P2A
  IF zrr <= prr GOTO P2A2
END IF
IF dapb21 <= tsa AND tsa > dsa THEN
  IF zrr = 0 GOTO P2A2
  IF zrr > prr GOTO P2A
  IF zrr <= prr GOTO P2A2
END IF
IF dapb21 <= tsa AND tsa < dsa THEN
  IF zrr = 0 GOTO P2A2
  IF zrr > prr GOTO P2A
  IF zrr <= prr GOTO P2A2
END IF
IF dapb11 < tsa AND tsa < dapb21 THEN
  IF tsg >= pg GOTO P2A2
  IF tsg < pg GOTO P1A
END IF

REM ...ENGELSİZ DURUM FORMÜLLER.....

P1A: REM ...HER İKİ PENCERE İÇİN G.N. GÜNES ALIR.....
REM .....ml<PB VEYA ml>PBW.....

GOSUB A1: REM G.N. GELEN GÜNES
GOSUB B: REM AÇIK GÖK GB
GOSUB EW1: REM 1.PENCERE KAPALI GÖK GB
GOSUB EW2: REM 2.PENCERE KAPALI GÖK GB
GOSUB DI: REM İÇ YANSIMA BİLESENİ

GUNE = CINT(A1 * ssw * rs * DC * CK * TG)
Agok = CINT((ABS(BW2 - BW1) + DI) * ssw * rh * ehak * DUZ)
Kgok = CINT((ABS(EW2 - EW1) + DI) * (1 - ssw) * rh * EK * DUZ)
EI = (GUNE + Agok + Kgok)

GOTO 5000

P1A1: REM ...HER İKİ PENCERE İÇİN G.N. GÜNES ALIR.....
REM .....PB<ml<PBW.....

GOSUB A1: GOSUB B: GOSUB EW1: GOSUB EW2: GOSUB DI

GUNE = CINT(A1 * ssw * rs * DC * CK * TG)
Agok = CINT((BW2 + BW1 + DI) * ssw * rh * ehak * DUZ)
Kgok = CINT((EW2 + EW1 + DI) * (1 - ssw) * rh * EK * DUZ)
EI = (GUNE + Agok + Kgok)

GOTO 5000

P2A: REM .....HER İKİ PENCERE GÜNES ALIR(ABS).....
REM .....ml<PB VEYA ml>PBW.....

GOSUB A2: GOSUB B: GOSUB EW1: GOSUB EW2: GOSUB DI

GUNE = CINT((A2 * ES2) * ssw * rs * DC * CK * TG)
Agok = CINT((ABS(BW2 - BW1) + DI) * ssw * rh * ehak * DUZ)
Kgok = CINT((ABS(EW2 - EW1) + DI) * (1 - ssw) * rh * EK * DUZ)
EI = (GUNE + Agok + Kgok)

GOTO 5000

P2A1: REM .....HER İKİ PENCERE GÜNES ALIR (+).....
REM .....PB<ml<PBW.....

GOSUB A2: GOSUB B: GOSUB EW1: GOSUB EW2: GOSUB DI

GUNE = CINT((A2 * ES2) * ssw * rs * DC * CK * TG)
Agok = CINT((BW2 + BW1 + DI) * ssw * rh * ehak * DUZ)
Kgok = CINT((EW2 + EW1 + DI) * (1 - ssw) * rh * EK * DUZ)
EI = (GUNE + Agok + Kgok)

GOTO 5000

P2A2: REM .....HER İKİ PENCERE GÜNES ALIR(ABS).....
REM .....ml<PB VEYA ml>PBW.....

GOSUB B: GOSUB EW1: GOSUB EW2: GOSUB DI

Agok = CINT((ABS(BW2 - BW1) + DI) * ssw * rh * ehak * DUZ)
Kgok = CINT((ABS(EW2 - EW1) + DI) * (1 - ssw) * rh * EK * DUZ)
EI = (Agok + Kgok)

GOTO 5000

P2A3: REM .....HER İKİ PENCERE GÜNES ALIR (+).....
REM .....PB<ml<PBW.....

GOSUB B: GOSUB EW1: GOSUB EW2: GOSUB DI

Agok = CINT((BW2 + BW1 + DI) * ssw * rh * ehak * DUZ)
Kgok = CINT((EW2 + EW1 + DI) * (1 - ssw) * rh * EK * DUZ)
EI = (Agok + Kgok)

GOTO 5000

```

```

P3A: REM .....HER IKI PENCERE İÇİN G.N. VE PENCERE GÜNES ALMAZ(ABS)...
      REM .....m1<PB VEYA m1>PBW.....

      GOSUB B: GOSUB EW1: GOSUB EW2: GOSUB DI

      Agok = CINT((ABS(BW2 - BW1) + DI) * ssw * rh * ehak * DUZ)
      Kgok = CINT((ABS(EW2 - EW1) + DI) * (1 - ssw) * rh * EK * DUZ)
      EI = (Agok + Kgok)
      GOTO 5000

P3A1: REM .....HER IKI PENCERE İÇİN G.N. VE PENCERE GÜNES ALMAZ(+)...
      REM .....PB<m1<PBW.....

      GOSUB B: GOSUB EW1: GOSUB EW2: GOSUB DI

      Agok = CINT((BW2 + BW1 + DI) * ssw * rh * ehak * DUZ)
      Kgok = CINT((EW1 + EW2 + DI) * (1 - ssw) * rh * EK * DUZ)
      EI = (Agok + Kgok)
      GOTO 5000

5000 : PRINT "-----"
      PRINT "          ORTALAMA GÖK ENGELSİZ DURUM"
      PRINT "-----"
      PRINT HI$, TG$, TS$
      PRINT "EO =" ; : PRINT USING "#####"; Eort; : PRINT "    dk =" ; dk, "DA ="
; DA
      PRINT "ES =" ; : PRINT USING "#####"; ES; : PRINT "    EA =" ; : PRINT USI
NG "#####"; ehak; : PRINT "    EK =" ; : PRINT USING "#####"; EK
      PRINT "tsgr =" ; tsgr, "tsa =" ; tsa, "ssw =" ; ssw, "Agok =" ; Agok, "Kgok =" ; K
gok, "GUNE =" ; GUNE
      PRINT "a =" ; A, "d =" ; D, "W =" ; W, "hd1 =" ; hd1, "hd2 =" ; hd2
      PRINT "-----"
      LPRINT "d1=" ; d1, "m1=" ; m1, "EI=" ; EI
      PRINT "dba=" ; dba, "dsa=" ; dsa, "zko(1)=" ; zko(1), "zko(2)=" ; zko(2)
      PRINT "AW1=" ; : PRINT USING "#####"; AW1; : PRINT "    AW2=" ; : PRINT US
ING "#####"; AW2; : PRINT "    EW1=" ; : PRINT USING "#####"; EW1; : PRINT "
EW2=" ; : PRINT USING "#####"; EW2
      PRINT "BW1=" ; : PRINT USING "#####"; BW1; : PRINT "    BW2=" ; : PRINT US
ING "#####"; BW2; : PRINT "    GW1=" ; : PRINT USING "#####"; GW1; : PRINT "
GW2=" ; : PRINT USING "#####"; GW2
      PRINT "KW1=" ; : PRINT USING "#####"; KW1; : PRINT "    KW2=" ; : PRINT US
ING "#####"; KW2; : PRINT "    YW1=" ; : PRINT USING "#####"; YW1; : PRINT "
YW2=" ; : PRINT USING "#####"; YW2
      PRINT "DI=" ; : PRINT USING "#####"; DI; : PRINT "    pbl=" ; : PRINT USI
NG "#####"; pbl; : PRINT "    pb2=" ; : PRINT USING "#####"; pb2; : PRINT "
ze=" ; ze
      NEXT d1, m1
      END

      REM .....ALT PROGRAMLAR.....

      A1: REM .....G.N. da GÜNESİN AYDINLIGI.....
      A1 = (85000 * (1 - COS(2 * tsgr)) / 2) + (6500 * (1 - COS(4 * tsgr)) / 2)
      RETURN

      A2: REM ....PENCERE DUVARINDA GÜNESİN AYDINLIGI.....

      ES = (85000 * (1 - COS(2 * tsgr)) / 2) + (6500 * (1 - COS(4 * tsgr)) / 2)
      ES1 = ABS(COS(zrr) / TAN(tsgr))
      ES2 = ABS(COS((pi / 2) - zrr))

      IF eg = 0 OR daeba = dap1 THEN
      Ad2 = ES * ES1
      END IF
      DIM E(3000)

      adp2 = PB
      xko(1) = adp2 / TAN(zrr); wpen = W / TAN(zrr)
      IF xko(1) > D THEN xko(1) = D
      xko(2) = xko(1) + wpen
      IF xko(2) > D THEN xko(2) = D
      xko(3) = xko(2); xko(4) = xko(1)

      h1p1 = adp2 / COS((pi / 2) - zrr); hd1 = ABS(TAN(tsgr) * h1p1)
      h1p2 = (W + adp2) / COS((pi / 2) - zrr); hd2 = ABS(TAN(tsgr) * h1p2)
      IF hd1 > h THEN hd1 = 2.35
      IF hd2 > h THEN hd2 = 2.35
      zk(1) = h - (.85 + .25 + hd1); zk(2) = h - (.85 + .25 + hd2)

      fark = ABS(zk(1) - zk(2)) / 2

      IF zk(1) < zk(2) THEN zko(1) = zk(1) + fark ELSE zko(1) = zk(1) - fark

      zko(2) = zko(1)
      zko(3) = 0; zko(4) = 0

      xml = d1; yml = m1

      FOR I = 1 TO 4
      D(I) = SQR((xko(I) - xml) ^ 2 + yml ^ 2 + zk(1) ^ 2)

```

```

NEXT I
  enku = L(1)
  FOR I = 1 TO 4
    IF L(I) >= enku THEN enku = enku ELSE enku = D(1)
  NEXT I

xs = ABS(xko(1) - xko(2)): zs = ABS(zko(1) - zko(4))
IF xs >= z THEN enbk = xs ELSE enbk = zs

IF enku >= 10 * enbk GOTO dilek1

WHILE enku < 10 * enbk
  enbk = enbk / 2
WEND

k = 0
FOR I = xko(1) TO xko(2) STEP enbk
  k = k + 1

  NEXT I
n = 0
FOR j = zko(3) TO zko(1) STEP enbk
  n = n + 1
  NEXT j
IF k = 0 THEN k = k + 1
IF n = 0 THEN n = n + 1
CAN = RD * Ad2 * wpen * zko(1) * pi / (n * k)

  s = 0: A2 = 0
  FOR I = 1 TO k
    FOR j = 1 TO n
      s = s + 1
      xk = xko(1) + (I - 1 / 2) * enbk: zk = zko(1) - (j - 1 / 2) * enbk
      ara = (xk - xml) ^ 2 + yml ^ 2 + zk ^ 2
      cosgam = zk / SQR(ara)

      E(s) = CAN / ara * cosgam
      A2 = A2 + E(s)
    NEXT j, I
    GOTO son
  dilek1: xk = ABS(xko(1) - xko(2)) / 2: zk = ABS(zko(1) - zko(4)) / 2
      ara = (xk - xml) ^ 2 + yml ^ 2 + zk ^ 2
      cosalf = zk / SQR(ara)
      A2 = CAN / ara * cosgam
  son:

RETURN

B: REM ....AÇIK GÖKTE, GÖK BILERENİ.....

om1 = 7.6752 + .061096 * tsg - 5.9344E-04 * tsg ^ 2
om2 = om1 - 1.6018E-04 * tsg ^ 3 + 3.8082E-06 * tsg ^ 4
om = om2 - 3.3126E-08 * tsg ^ 5 + 1.0343E-10 * tsg ^ 6

  s1 = 0: s2 = pgr
  GOSUB 100
  BW1 = pb1r / om * in
  BW2 = pb2r / om * in

RETURN

EW1: REM ....1.PENCERE KAPALI GÖKTE, GÖK BİLESENİ.....

v = W1 ^ 2 + d1 ^ 2
p = d1 ^ 2 + h1 ^ 2
bb = W1 * h1
z = W1 ^ 2 + h1 ^ 2 + d1 ^ 2

G = (ATN(W1 / d1))
y = (ATN(W1 / SQR(p)))
u = (ATN((bb / SQR(v * p)) / SQR(1 - bb ^ 2 / (v * p))))
EE1 = W1 / SQR(z)
YY = d1 / SQR(p)
E1E = .068 * (G - y * YY)
E2E = .091 * u
E3E = .091 * (h1 * d1 * EE1 / p)
EW1 = (E1E + E2E - E3E)
RETURN

EW2: REM ....2.PENCERE KAPALI GÖKTE, GÖK BİLESENİ.....

v = W2 ^ 2 + d1 ^ 2
p = d1 ^ 2 + h1 ^ 2
bb = W2 * h1
z = W2 ^ 2 + h1 ^ 2 + d1 ^ 2

G = (ATN(W2 / d1))
y = (ATN(W2 / SQR(p)))
u = (ATN((bb / SQR(v * p)) / SQR(1 - bb ^ 2 / (v * p))))
EE1 = W2 / SQR(z)
YY = d1 / SQR(p)
E1E = .068 * (G - y * YY)
E2E = .091 * u
E3E = .091 * (h1 * d1 * EE1 / p)
EW2 = (E1E + E2E - E3E)
RETURN

```

```

DI: REM ...IÇ YANSIMA BİLESENİ....
h1 = h - ph - lh
X = W * h1
SO = 2 * (A * h + A * D + D * h)
RR = (A * D * (RT + RDO) + RD * D * h * 2 + RD * (A * h * 2 - X))
R = (RR + rc * X) / SO
TD = A * D: CW = (A + D * 2) * (h1 * .5 + lh)
RCW = (RT * TD + RD * CW) / (TD + CW)
FW = (A + D * 2) * (h1 * .5 + ph)
RFW = (RDO * TD + RD * FW) / (TD + FW)

ea = 0: EAR = ea * pi / 180
FO = .3188 - .1822 * SIN(EAR) + .0773 * COS(2 * EAR)

EA2R = ATN(2 * TAN(EAR))
FUF = .03286 * COS(EA2R) - .03638 * EA2R
FU = FUF + .01819 * SIN(2 * EA2R) + .06714

DI = W * h1 * (FO * RFW + FU * RCW) / (SO * (1 - R)) * BKK
RETURN

```

```

REM .....ALTPROGRAMLARIN ALTPROGRAMLARI.....

```

```

100 REM integral alan program
FA = FNIN(s1): FB = FNIN(s2)

```

```

      k = 1
      T(1, 1) = (s2 - s1) / 2 * (FA + FB)
FOR k = 2 TO 5
  de = (2 ^ (k - 1)) - 1
  I = 0
  FOR j = 3 TO de + 2 STEP 2
    m = s1 + (j - 2) * (s2 - s1) / 2 ^ (k - 1)
    I = I + 1
    f(I) = ((s2 - s1) / 2 ^ (k - 1)) * FNIN(m)
    f(I) = f(I) + f(I - 1)
  NEXT j
  T(1, k) = T(1, (k - 1)) / 2 + f(I)
NEXT k

FOR pe = 2 TO 5: y = 5 - pe
FOR k = 1 TO y + 1
  T(pe, k) = (4 ^ (pe - 1) * T((pe - 1), (k + 1)) - T((pe - 1), k)) / (4 ^
(pe - 1) - 1)
NEXT k, pe
in = T(5, 1)
RETURN

```

```

CAM:
RESTORE meral
DIM cae(10)

I = 0
FOR cpe = 0 TO 90 STEP 10
  I = I + 1
  READ cae: cae(I) = cae

  IF alf <= cpe THEN GOTO CISLEM
NEXT cpe
CISLEM: cfe = cpe - alf: k = (cae(I) - cae(I - 1)) / 10
      TG = cae(I) - k * cfe
meral: DATA .81,.81,.81,.81,.8,.77,.71,.59,.29,0.
RETURN

```

Ek 2 Terimlerin tezde kullanılan simgelerinin CIE karşılıkları

Tez Simgesi	Terim	CIE Simgesi
E_i	ortalama göğün gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi	E_{int}
E_{ig}	güneşin gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi	E_{is}
E_{ia}	açık göğün gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi	E_{icl}
E_{ik}	kapalı göğün gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyi	E_{ioc}
GO	güneşlenme olasılığı	SSP
R_{gn}	güneş ışınımına ilişkin düzeltme çarpanı	R_{sn}
R_{gk}	gök ışınımına ilişkin düzeltme çarpanı	R_{sk}
γ_s	güneşin yükseklik açısı	γ_s
E_{dg}	güneşin oluşturduğu dış yatay aydınlık düzeyi	E_{es}
DKÇ	doğrama kalınlık çarpanı	B
GÇ	günüşiği çarpanı	D
GB	günüşiği çarpanının gök bileşeni	$D_s;SC$
DYB	günüşiği çarpanının dış yansıma bileşeni	$D_e;ERC$
İYB	günüşiği çarpanının iç yansıma bileşeni	$D_i;IRC$
E_{da}	açık göğün oluşturduğu dış yatay aydınlık düzeyi	E_{ecl}
E_{dk}	kapalı göğün oluşturduğu dış yatay aydınlık düzeyi	E_{eoc}
CKÇ	pencere camının kirlilik çarpanı	M
BKK	iç boya ve kaplamaların eskime ve kirlenmesine ilişkin düzeltme çarpanı	MF
IGÇ	pencere camının ışık geçirime çarpanı	T
GB_a	açık göğün gök bileşeni	$D_{sc};SC_c$
GB_k	kapalı göğün gök bileşeni	$D_{soc};SC_{oc}$
$L(\epsilon, \delta)$	göğün ϵ ve δ ile belirlenmiş bir noktasının ışıklılığı	$L(\epsilon, \delta)$
L_z	başucu (zenit) ışıklılığı	L_z
ϵ	gök noktası ile başucu arasındaki açı	ϵ
β	pencere genişlik açısı	β
δ	gök noktası ile güneş arasındaki açı	δ
$\emptyset$	gözleme noktasından görülen gök parçasının genişlik açısı (üst kenar)	$\emptyset$
$\emptyset_1$	gözleme noktasından görülen gök parçasının genişlik açısı (alt kenar)	$\emptyset_1$
θ	gözleme noktasından görülen gök parçasının yükseklik açısı	θ
γ_e	engel yükseklik açısı	γ_o

r_e	engel yüzeyinin yansıtma çarpanı	r_o
E'_F	engel üzerinde oluşan aydınlık	E'_F
da	duvar azimutu	α_w
PA	pencere alanı	WA
R	iç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanı	R
$C1$	pencere yüksekliğinin yarısından geçen yatay düzlemin üst bölümünden hacme giren ışık akısının bir fonksiyonu	$C1$
$C2$	pencere yüksekliğinin yarısından geçen yatay düzlemin alt bölümünden hacme giren ışık akısının bir fonksiyonu	$C2$
R_{fw}	pencere yüksekliğinin yarısından geçen yatay düzlemin alt bölümünde kalan iç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanı	R_{fw}
R_{cw}	pencere yüksekliğinin yarısından geçen yatay düzlemin üst bölümünde kalan iç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanı	R_{cw}
T_s	belirli bir zaman aralığındaki güneşlenme süresi	T_s
T_m	belirli bir zaman aralığı	T_m
$E_{gn\delta}$	güneşin yatay düzlemde oluşturduğu dolaysız ışınımın ölçülmüş değeri	E_{snmean}
E_{gnh}	güneşin yatay düzlemde oluşturduğu dolaysız ışınımın hesaplanan değeri	E_{snpred}
$E_{gk\delta}$	göğün yatay düzlemde oluşturduğu yaygın ışınımın ölçülmüş değeri	E_{skmean}
E_{gkh}	göğün yatay düzlemde oluşturduğu yaygın ışınımın hesaplanan değeri	E_{skpred}



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	30.05.1977	
Doğum yeri	Sivas	
Lise	1990-1993	Sivas Lisesi
Lisans	1993-1997	Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fak. Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	1997-1998	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İngilizce Hazırlık Programı
	1998-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı
Çalıştığı kurum	1998-2000	Veksan Aydınlatma A.Ş.